

WSKAŹNIKOWA OCENA EFEKTYWNOŚCI FUNKCJONOWANIA MASZYN NA PRZYKŁADZIE WYBRANEGO PRZEDSIĘBIORSTWA – STUDIUM PRZYPADKU

Katarzyna ANTOSZ, Andrzej PACANA

Streszczenie: W artykule przedstawiono wskaźnikową ocenę funkcjonowania maszyn na przykładzie jednego z podkarpackich przedsiębiorstw. Dobrze funkcjonujące przedsiębiorstwo powinna posiadać sprawne i właściwie funkcjonujące maszyny i urządzenia. Analizując prace maszyn można zebrać wiele informacji, dzięki którym będzie możliwe znalezienie ewentualnych błędów w ich funkcjonowaniu oraz podjęcie działań pozwalających na eliminację tych problemów oraz znalezienie sposobów usprawniających ich działanie.

Słowa kluczowe: utrzymanie ruchu, efektywność maszyn, wskaźnik OEE, eksploatacja, zarządzanie infrastrukturą

1. Wprowadzenie

Umocnienie przedsiębiorstwa w warunkach ciągle zmieniającego się otoczenia wymaga koncentracji, obserwacji naczelnego kierownictwa na problematyce formowania warunków jak i mechanizmów jego rozwoju, a wpływ na to mają procesy globalizacji. W aktualnych warunkach konkurencyjność przedsiębiorstwa nie zawęża się jedynie do zasięgu krajowego, lecz wymagana jest perspektywa globalna. Modyfikacjom ulega również sam proces globalizacji. Kształtowanie właściwego poziomu konkurencyjności osiągane jest przez zdobycie odpowiedniego poziomu produktywności przedsiębiorstwa. Celem każdego przedsiębiorstwa jest osiągnięcie jak najwyższego stopnia produktywności, ponieważ charakteryzując się wyższą od średniej w branży produktywnością, osiągać może większy zysk pozwalający osiągać cele strategiczne, a w tym zwiększać konkurencyjność.

Właściwy pomiar poziomu produktywności w każdym zakładzie pozwala na analizowanie efektywności działania zakładu na tle innych przedsiębiorstw. Pozwala także na ocenę efektywności wykorzystania zapasów, zasobów finansowych oraz ludzkich, które znajdują się w jego dyspozycji. Jednym z warunków wysokiej produktywności jest jakość i wydajność posiadanej infrastruktury technicznej. Dobrze funkcjonujące przedsiębiorstwo powinno posiadać sprawne i właściwie funkcjonujące maszyny i urządzenia. Analizując pracę maszyn można zbierać wiele informacji [1], dzięki którym jest możliwe znalezienie potencjalnych błędów w ich funkcjonowaniu. Na bazie zidentyfikowanych błędów możliwe jest podjęcie metod i działań pozwalających na eliminację tych problemów oraz znalezienie sposobów na usprawnienie ich działania. Zagadnienie to ma szczególne znaczenie, gdyż pozwala określić najlepsze metody dbania o efektywność maszyn oraz tworzy metody doskonalenia parku maszyn i usprawnia działania pracowników utrzymania ruchu. Dzięki tym usprawnieniom przedsiębiorstwo może usprawnić proces produkcji i zwiększyć swoją konkurencyjność.

2. Efektywność funkcjonowania maszyn

2.1. Efektywność eksploatacji

Efektywność eksploatacji to jeden z czynników określających własności w zbiorze przedmiotów i systemów. Na sprawność systemu wpływ mają czynniki przedeksploatacyjne, a więc konieczne działania i nakłady pierwotne związane z danymi cechami systemu, cechami otaczającymi ten system, oraz czynniki eksploatacyjne rozpoznawane w procesie eksploatacji. W sytuacji eksploatacji obiektu, jest możliwe mówienie o technicznej efektywności urządzenia określaną jako relację między uszkożeniem urządzenia, a jego prawdopodobną zdolnością umożliwiającą wykonywanie zadań w systemie. Stopień zdatości maszyny potrzebuje zdefiniowania dwóch kluczowych pojęć: zdatość zadaniowa i funkcjonalna. Zdatość zadaniowa - to zdolność do realizacji działania 'z' w określonym przedziale czasu ' Δt ' bądź innej wielkości. Zdatość funkcjonalna - to zdolność do realizowania zadań ze zbioru w określonym czasie 't', które są możliwe do realizacji dzięki maszynie [2, 3].

Funkcjonowanie maszyny w systemie produkcyjnym obejmuje następujące etapy: wprowadzenie maszyny do systemu, funkcjonowanie maszyny w systemie eksploatacji oraz wyłączenie maszyny z systemu eksploatacji. Po włączeniu maszyny do procesu eksploatacji następuje odbiór techniczny urządzenia. Gdy warunki eksploatacji są właściwe następuje przekazanie do użytku, następnie należy monitorować stan maszyn jak i analizować niezdatności oraz wykonywać okresowe przeglądy. Jeżeli stan techniczny nie jest zadowalający podejmuje się decyzje czy urządzenie sprzedać, czy też je poddać złomowaniu. Znaczącą rolę w zarządzaniu maszynami w przedsiębiorstwie pełnią służby utrzymania ruchu. Zagadnienia utrzymania maszyn w każdej firmie wiąże się z wieloma problemami jak np.:

- Projektowanie sprzętu technicznego jak i maszyn tak, aby w coraz prostszy sposób można było się nimi posługiwać, ale kosztem coraz trudniejszego utrzymania maszyn w stanie zdatości, ponieważ wiąże się to z bardziej skomplikowaną konstrukcją.
- Im urządzenia oraz konstrukcje są bardziej skomplikowane, tym są kosztowniejsze, tak więc należy podjąć szczególne starania, aby mogły być użytkowane jak najdłużej, ze względów ekonomicznych.
- Wysoka wydajność obecnych maszyn powoduje, że straty wywołane awariami są bardzo wysokie.
- Szansa wystąpienia defektów w maszynach automatycznych jest dużo większa niż w maszynach konwencjonalnych.
- Awarie stwarzają duże zagrożenie dla przyrody i społeczeństwa.
- Większa konkurencyjność powoduje zmniejszenie dochodów przedsiębiorstwa, a ich utrzymanie jest zasługą systemu maszyn technologicznych przedsiębiorstwa [1, 2].

Wymienione problemy określają główny cel organizacji utrzymania ruchu, którym jest osiągnięcie właściwych zdolności produkcyjnych zakładu w obrębie wydajności, efektywności oraz jakości uwzględniając minimalne koszty.

Zdefiniowane cele w sferze eksploatacji to:

- ułatwienie spełnienia wymogów klienta przez oferowanie wymaganej jakości wyrobów, bądź usług przy użyciu właściwie przygotowanych do użycia maszyn oraz urządzeń produkcyjnych.

- Maksymalizacja ekonomicznego czasu użycia wyposażenia produkcyjnego.
- Utwierdzenie oraz utrzymanie kryteriów bezpiecznej eksploatacji parku maszynowego jak i eliminacja i uniemożliwienie rozwoju zagrożeń.
- Ograniczanie kosztów produkcji, bądź własnych, które są bezpośrednio związane z obsługą oraz naprawą parku maszynowego, jak i minimalizacja częstotliwości przerw podczas procesu eksploatacji.
- Maksymalizowanie umiejętności produkcyjnych obiektów oraz wyposażenia.

Zamierzenia zwracające szczególną uwagę na eksploatowane obiekty techniczne jak również czynniki około eksploatacyjne dzielimy na:

- Zamierzenia dotyczące obiektów technicznych.
- Zamierzenia dotyczące działań w danym obszarze eksploatacyjnym.
- Zamierzenia dotyczące pozostałych „członków” danego obszaru.

W zakładach produkcyjnych głównym wykonawcą tych zamierzeń są Służby Utrzymania Ruchu, które realizują określone zadania w tej sferze. Działania te są uzależnione od rodzaju oraz charakteru służby.

2.2. Metody zarządzania maszynami

Zarządzanie parkiem maszyn jest bardzo ważnym elementem funkcjonowania przedsiębiorstwa. Aby maszyny mogły efektywnie funkcjonować należy wykorzystać odpowiednią strategię zarządzania maszynami. Wyróżnić można cztery podstawowe podejścia wykorzystywane do zarządzania maszynami w przedsiębiorstwie.

Corrective Maintenance - podejście to jest standardowym przykładem podejścia reaktywnego w utrzymaniu maszyn. Cechą charakterystyczną tego podejścia jest eksploatacja maszyn, aż do chwili zwiększonej intensywności uszkodzeń maszyny lub urządzenia. W ramach tego podejścia najczęściej używana jest metoda remontów pouszkodzeniowych, która polega na przeprowadzeniu remontu dopiero po pojawieniu się uszkodzenia wywołującego utratę zdolności do dalszego użytkowania. Zakres remontu pouszkodzeniowego określa się na podstawie przeglądu wykonywanego po pojawieniu się uszkodzenia i obejmuje on zabiegi i czynności, których realizacja zapewnia przywrócenie obiektowi stanu zdadności. Metoda ta realizowana jest tylko dla tych maszyn i urządzeń, gdzie następstwa uszkodzeń nie wywołują zagrożenia, nie powiększają kosztów eksploatacji i nie naruszają zasad bezpieczeństwa pracy [2, 3, 4, 5].

Scheduled Maintenance - podejście to inaczej opisywane jest jako systemem prac zapobiegawczo remontowych. Jest to jedna ze skuteczniejszych metod zarządzania parkiem maszyn technologicznych. Najważniejszym wyznacznikiem wykorzystania tego podejścia jest resurs eksploatacyjny będący jednym z istotniejszych wskaźników jakości eksploatacji mechanicznych obiektów w teorii i praktyce eksploatacyjnej. Resurs jest miarą zdolności obiektu do wykonania określonych rodzajów użytkowania. Dla wszystkich obiektów mechanicznych da się wyznaczyć taki zasób pracy L określony, np. liczbą godzin pracy, po której wymaga on określonego rodzaju obsługi technicznej (OT1, OT2, ...) lub wymiany na nowy. Dla właściwej pracy obiektu ważnym problemem jest ustalenie wartości resursów między obsługowych, czyli okresowej obsługi i jej zakresów [2, 3, 4, 5].

Condition Based Maintenance - podejście według stanu polega na kontrolowaniu stanów technicznych maszyn i określaniu na tej podstawie informacji diagnostycznych, pozwalających na podejmowanie rozsądnych decyzji w systemie eksploatacji oraz w jego otoczeniu. Można wyodrębnić dwa sposoby oceny stanu technicznego: ciągły (monitorowanie stanu) lub okresowy w wybranych chwilach czasu – zmienna odległość

czasowa pomiędzy kolejnymi ocenami. Dzięki tej strategii można prowadzić eksploatację do momentu pojawienia się uszkodzenia [2,3].

Podjęcie mieszane – w praktyce bardzo często opiera się na częściowym sztywnym planie działań, a po części na wykonywanej ciągle bądź okresowo diagnostyce.

2.3. Wskaźniki oceny efektywności maszyn

Nieodłącznym elementem odpowiedzialnym za ocenę efektywności funkcjonowania urządzeń w firmie jest wykorzystywanie różnorodnych mierników. Wszelkie informacje otrzymane z pomiarów danych wskaźników to podstawowa baza informacji na temat konieczności podejmowania różnego typu decyzji. Wiele jest sposobów, dzięki którym jesteśmy w stanie uzyskać informacje na temat tego, czy dobrze działają poszczególne maszyny jak również maszyny technologiczne, lecz najważniejsze jest aby ustalić co jest mierzone. Trzeba, więc bazować na odpowiednich miernikach, które służą do oceniania prowadzonych działań, w powiązaniu z określonymi celami organizacji [2,3]. Do oceny efektywności systemu możemy stosować różne kryteria oceny. W pracach [6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13] autorzy proponują kryteria oceny systemu, które zostały zestawione w tabeli 1. Do każdego z określonych kryteriów stosowane są różnego rodzaju wskaźniki.

Tabela 1. Wskaźniki oceny efektywności maszyn. Źródło: opracowanie własne na podstawie [6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13].

Lp.	Rodzaj kryterium	Przykładowe rodzaje wskaźników
1.	Ekonomiczne	<ul style="list-style-type: none"> • Wskaźnik rentowności • Koszty stałe i zmienne utrzymania maszyn • Wskaźnik kosztów remontów kapitalnych, średnich i bieżącego utrzymania maszyn • Koszt utrzymywania części zamiennych
2.	Techniczno-eksploatacyjne	<ul style="list-style-type: none"> • Wskaźnik niezawodności maszyn, • Wskaźnik wydajności • Wskaźnik czasu postoju maszyn • Wskaźnik uszkodzeń i awarii maszyn • Wskaźnik gotowości technicznej • Wskaźnik wykorzystania maszyny • Wskaźnik zmianowości
3.	Informacyjno - operacyjne	<ul style="list-style-type: none"> • Wskaźnik utechnicznienia • Wskaźnik średniego wieku maszyn • Wskaźnik intensywności obsługi naprawczej • Wskaźnik zaspokojenia potrzeb naprawczych • Wskaźnik zatrudnienia służb utrzymania ruchu • Wskaźnik terminowości wykonania napraw kapitalnych, średnich, bieżących i przeglądów, • Wskaźnik łatwości konserwacji (maintainability)
4.	Dotyczące bezpieczeństwa	<ul style="list-style-type: none"> • Liczba wypadków przy obsłudze i użytkowaniu maszyn • Liczba powstałych zagrożeń przy obsłudze i użytkowaniu maszyn

Podstawową cechą do oceny systemu maszyn jest ich niezawodność oraz łatwość konserwacji. Do oceny tych dwóch cech stosuje się następujące wskaźniki. Niezawodność jest najczęściej mierzona za pomocą wskaźnika MTBF (od ang. Mean Time Between Failure, tj. średni czas pomiędzy awariami lub częstość awarii), a łatwość konserwacji za pomocą wskaźnika MTTR (od ang. Mean Time To Repair tj. średni czas naprawy) [11].

Sposoby obliczania tych wskaźników są następujące:

- **MTBF (Mean Time Between Failures)** – średni czas pomiędzy awariami lub częstość awarii. Wskaźnik rozumiany jest, jako średni czas pracy pomiędzy awariami w określonym czasie.

Wskaźnik ten obliczany jest według wzoru (1).

$$MTBF = \frac{\text{czas pracy}}{\text{liczba awarii w tym czasie}} \quad (1)$$

- **MTTR (Mean Time To Repair)** – średni czas naprawy. Wskaźnik rozumiany jest, jako średni czas trwania rzeczywistej naprawy od momentu zgłoszenia do momentu jej zakończenia. Obliczany jest według wzoru (2).

$$MTTR = \frac{\text{czas wykonanych napraw}}{\text{liczba awarii}} \quad (2)$$

Kolejnym wskaźnikiem, którego ważną rolę w doskonaleniu procesu produkcyjnego podkreślono w pracy [12] jest wskaźnik OEE.

- **OEE (Overall Equipment Effectiveness)** – Całkowita Efektywność Wyposażenia. Wskaźnik ten liczony jest, jako iloczyn trzech innych parametrów według wzoru (3).

$$OEE = \text{Dostępność} \times \text{Wydajność} \times \text{Jakość} \times 100\% \quad (3)$$

Dostępność obliczana jest według wzoru:

$$D = \frac{\text{czas zmiany} - \text{czas przestoju}}{\text{czas zmiany}} \quad (4)$$

gdzie:

$$\text{czas przestoju} = \text{konserwacje} + \text{przebrojenia} + \text{awarie} + \text{inne} \quad (5)$$

Wydajność obliczana jest według wzoru:

$$O = \frac{\text{produkcja wykonana (dobra + zła jakość)}}{\text{czas zmiany} \times \text{wydajność znamionowa}} \quad (6)$$

Jakość obliczana jest według wzoru:

$$J = \frac{\text{produkcja wykonana} - \text{braki}}{\text{produkcja wykonana}} \quad (7)$$

OEE zwraca się w stronę procesu, tzn. bierze pod uwagę nie tylko czas dostępności maszyn, ale również wydajność (wydajność rzeczywista / wydajność nominalna) i współczynnik jakości (ilość sztuk dobrych / cała produkcja). Jego istota polega na porównywaniu wykorzystania maszyny do wykorzystania idealnego, które zachodzi wówczas, gdy produkcja i jej przygotowanie prowadzone są zgodnie z planem [7,12].

3. Wyniki badań

3.1 Metodyka i zakres badań

W opracowaniu zaprezentowano wyniki badań przeprowadzonych w wybranym przedsiębiorstwie podkarpackim. Głównym celem badań była identyfikacja wykorzystywanych mierników do oceny skuteczności maszyn. Pracę zrealizowano w następujących etapach: wybór przedsiębiorstwa, zebranie informacji dotyczących maszyn oraz przebiegu procesu nadzoru, analiza uzyskanych wyników, propozycja zmian w zakresie stosowanych wskaźników oceny maszyn, ocena efektywności zaproponowanych zmian. Analizowane przedsiębiorstwo jest firmą produkującą wyroby dla przemysłu motoryzacyjnego. Podstawowym rodzajem maszyn wykorzystywanym na analizowanym obszarze to prasy hydrauliczne i mechaniczne. Do analizy wykorzystano dane z badań własnych oraz dane z pracy [14].

3.2. Przebieg procesu nadzoru nad maszynami w analizowanym przedsiębiorstwie

W firmie prowadzony jest nieustanny nadzór oraz kontroluje się pracę maszyn wykonując okresowe przeglądy oraz wymagane remonty. Zarządzanie maszynami jest realizowane zgodnie z założeniami strategii Scheduled Maintenance. Każda awaria wiąże się z postojami, które skutkują późniejszymi stratami dla firmy. Dlatego do kontroli poszczególnych obszarów oraz dbania o właściwe utrzymanie techniczne maszyn w przedsiębiorstwie jest przydzielone wielu pracowników. Przeglądy techniczne są wykonywane na podstawie harmonogramu: rocznego i miesięcznego. Harmonogram przeglądów jest opracowywany przez Specjalistę ds. Planowania Utrzymania Ruchu oraz po wcześniejszym uzgodnieniu z Koordynatorem ds. Utrzymania Ruchu oraz Specjalistami ds. Produkcji i Utrzymania Ruchu. Jest zatwierdzony i rozpowszechniony.

Przed rozpoczęciem przeglądu przygotowany jest zakres prac i niezbędne części zamienne oraz w razie gdy jest wymagane informowane o terminie przeglądu są zewnętrzne firmy współpracujące. Każdy przegląd ma przygotowany szczegółowy zakres prac składający się z czynności wykonywanych standardowo na danym urządzeniu jak i działań, które wprowadzono do zakresu przeglądowego na podstawie analizy zanotowanych usterek. Przeglądy, przeprowadzane są przez pracowników utrzymania ruchu oraz firmy serwisowe zgodnie z zakresem, czyli usuwają zauważone usterki, wykonują naprawy, regulację oraz konserwację podzespołów. Po zakończeniu prac przeglądowych urządzenie jest ponownie uruchamiane do produkcji. Po przeglądzie sporządzany jest raport z przeglądu. Protokoły z wykonanych prac przeglądowych są podpisywane przez dozór utrzymania ruchu.

3.3. Ocena efektywności funkcjonowania maszyn

Aby móc właściwie ocenić efektywność maszyn należy: dobrać właściwe wskaźniki oceny oraz określić i zebrać zakres danych potrzebnych do ich wyznaczenia.

Do tej pory firma starała się obliczać wskaźniki efektywności maszyn związane w wydajnością dostępnością i jakością. Niestety robiła to nieregularnie. Analizą nie były objęte wszystkie stanowiska robocze, nie uzyskiwała przez to pełnej informacji o efektywności swoich stanowisk produkcyjnych. Zdecydowano się na ocenę efektywności z wykorzystaniem powszechnie dostępnych wskaźników. Do oceny efektywności

wykorzystano wskaźnik wydajności, jakości i dostępności, które są składowymi wskaźnika OEE. Aby móc wyznaczyć wartości tych wskaźników zgromadzono dane dotyczące wykorzystania maszyn, wielkości wyprodukowanych wyrobów, liczby wyrobów niezgodnych, planowanych i nieplanowanych przestojów. Do obliczenia określonych wskaźników wykorzystano dane z roku 2014.

Początkowo do obliczenia wartości składowych wskaźnika OEE oraz całkowitej jego wartości wykorzystywano standardowe wzory [3-7]. W tabeli 2 przedstawiono otrzymane wartości wskaźnika OEE i jego składowych na stanowisku prasy I za okres od 1-11. 2014 r. W grudniu maszyna nie pracowała.

Tabela 2. Wartości wskaźników dla prasy I.

Wskaźniki [%]	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11
Dostępność	91,90	91,34	89,53	88,91	88,84	88,44	87,68	87,51	88,17	89,22	90,83
Wydajność	94,45	95,31	96,71	96,36	96,51	96,63	96,91	96,60	96,96	96,72	97,66
Jakość	98,90	98,90	98,97	98,89	98,86	98,78	98,74	98,78	98,79	98,90	98,94
OEE	85,88	86,10	85,69	84,72	84,76	84,42	83,90	83,50	84,46	85,34	87,76
Cel OEE	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85

Na podstawie obliczonych wartości wskaźnika OEE na podstawie widać, że największa jego wartość osiągnięto w listopadzie 87,76%, a najniższą w sierpniu 83,50%. W grudniu wskaźnika OEE nie liczone, ponieważ uległa ona dłuższej awarii. Dodatkowo w tabeli umieszczono cel do jakiego chce dążyć firma. Cel ten wyznaczono na poziomie światowym czyli 85%. [11] Jak widać z powyższej tabeli wartości wskaźników z analizowanego okresu są zbliżone, a niektóre przewyższają tę wartość.

3.4. Propozycje zmian w wyznaczaniu wskaźników.

Firma była zadowolona z wyników jakie osiąga. Jednak szczegółowa analiza zauważyła, że obliczając wskaźnik dostępności uwzględniamy zarówno przestoje planowane i nieplanowane. Dlatego zaproponowano, aby spróbować wykazać oddzielnie wpływ przestojów planowanych i nieplanowanych na wartość wskaźnika OEE. Opracowano oddzielnie wskaźnik dla przestojów planowanych tzw. Planowanie, natomiast stosowany do tej pory wskaźnik dostępności uwzględniał przestoje i zdarzenia nieplanowane na stanowisku.

Wskaźnik Planowanie wyznaczono wg następującego wzoru (8):

$$\text{Planowanie} = \frac{\text{Całkowity dostępny czas} - \text{zaplanowane przestoje}}{\text{całkowity dostępny czas}} \quad (8)$$

Planowanie (czas dostępny netto) czas jest całkowity czas dostępny na miesiąc przy uwzględnieniu, że mamy 1440 minut/dzień, od którego odjęto wszystkie planowane przestoje jak: krajowe lub lokalne święta, wyłączenia produkcji, pełny Kanban, PM i inne postoje planowane.

Dostępność natomiast obliczono wg wzoru (9):

$$\text{Dostępność} = \frac{\text{Planowanie (czas dostępny netto)} - \text{nieplanowane przestoje}}{\text{czas dostępny netto}} \quad (9)$$

Dostępność (Czas pracy netto) jest używany do kalkulowania wydajności. Wydajność daje nam informację na temat tego, jak dobrze maszyna jest wykorzystana gdy pracuje. Nieplanowane przestoje to awarie, straty prędkości czy bieg jałowy i inne.

Pozostałe wskaźniki *Wydajność* i *Jakość* obliczane były standardowo.

Całkowita wartość wskaźnika OEE będzie obliczana następująco (10):

$$\text{OEE} = \text{Planowanie} \times \text{Jakość} \times \text{Wydajność} \times \text{Dostępność} \quad (10)$$

3.5. Ocena efektywności proponowanych zmian.

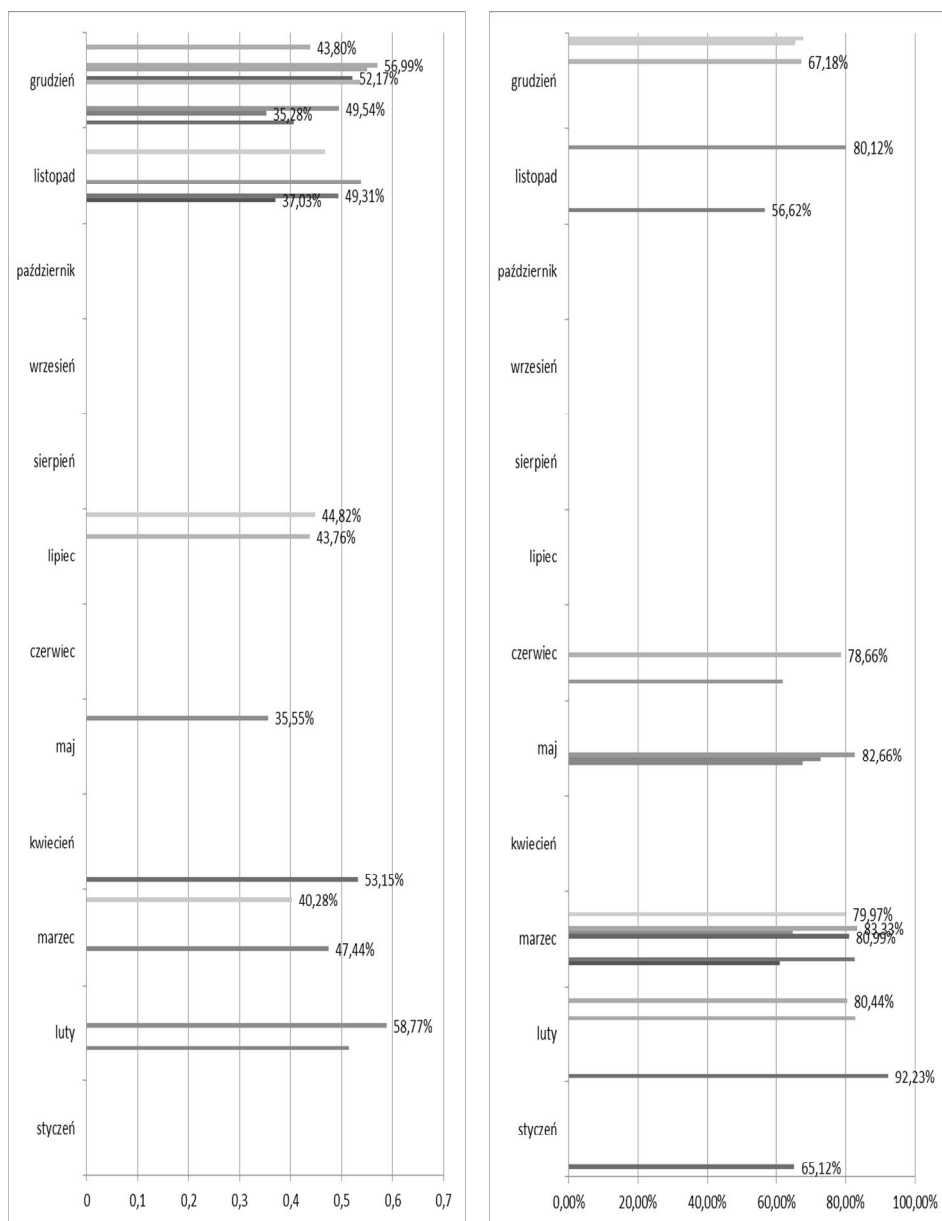
Po zmianie sposobu obliczania wskaźników, wykorzystując zebrane dane przeliczono ich wartości ponownie. W tabeli 3 przedstawione uzyskane wyniki.

Tabela 3. Wartości wskaźników dla prasy I po uwzględnieniu zmian.

Wskaźniki [%]	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11
Dostępność	93,2	92,5	90,4	89,3	90,1	90,2	89,1	88,3	89,4	90,5	91,2
Planowanie	87,57	95,68	97,27	86,15	97,5	92,48	96,65	95,85	96,20	96,70	91,36
Wydajność	94,45	95,31	96,71	96,36	96,51	96,63	96,91	96,60	96,96	96,72	97,66
Jakość	98,90	98,90	98,97	98,89	98,86	98,78	98,74	98,78	98,79	98,90	98,94
OEE	85,88	86,10	85,69	84,72	84,76	84,42	83,90	83,50	84,46	85,34	87,76
OEE 1	76,24	83,43	84,16	73,31	83,82	79,62	82,40	80,76	82,38	83,71	54,07
OEE-OEE1	9,64	2,67	1,53	11,41	0,94	4,80	1,50	2,74	2,08	1,63	33,69
Cel OEE	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85

Na podstawie obliczonych wartości wskaźnika OEE na podstawie widać, że zmiana sposobu jego obliczania wpłynęła na jego wartość. We wszystkich przypadkach obniżyła swoją wartość o kilka procent. Największą jego wartość osiągnięto w marcu, a najniższą w listopadzie. W grudniu wskaźnika OEE nie obliczono, ponieważ uległa ona dłuższej awarii. Dodatkowo w tabeli umieszczono różnicę pomiędzy poprzednim OEE, a obecnym OEE1. Największą zmianę zanotowano w miesiącu styczniu i listopadzie.

Wartości OEE obliczono dla pozostałych maszyn. Na rysunku 1 przedstawiono wartości wskaźnika dla maszyn z największym i najmniejszym miesięcznym OEE.



Rys. 1. Maszyny mające największe i najmniejsze wartości wskaźnika OEE.

Najmniejszą wartość wskaźnika OEE 37,28 zanotowano w grudniu. Jak widać z rysunku 1 najczęściej najmniejsze wartości wskaźnika OEE odnotowano w grudniu. Natomiast największą wartość OEE to 92,23%, odnotowano w miesiącu lutym. Największe wartości wskaźnika OEE odnotowano w miesiącu lutym i marcu. Dla maszyn o najniższym wskaźniku OEE w firmie zostały podjęte działania doskonalące.

Pierwszym z nich jest ciągłe monitorowanie i analiza uzyskiwanych wskaźników. Brak nieustannej analizy związków jakie zachodzą między procesami może skutkować tym, że udoskonalenie pojedynczego procesu może nie znajdować odzwierciedlenia w poprawie zarządzania całym przedsiębiorstwem. Czynnikiem, który może powodować powstawanie awarii, to człowiek, jak i sposób zarządzania, ale przede wszystkim wadliwość maszyn. Należy zastosować kilka czynności, które mogą wpłynąć na poprawę działania przedsiębiorstwa. Należy: przeprowadzać nieustanne szkolenia pracowników, ciągle monitorować pracę maszyn co pozwoli wskazać błędy, które się na niej popełnia, jak i nieciągłości związane m.in. z niewłaściwym materiałem dostarczanym na maszynę, czy nieodpowiednim sposobem kontroli, wykonywać okresowe przeglądy, oraz dbać, aby maszyny były utrzymane w odpowiedniej kondycji w taki sposób aby nie zatrzymać procesu wytwarzania, zwiększać kontrole jakości materiału, poprawić organizację pracy, wprowadzić zmiany organizacji na stanowisku pracy poprzez wdrożenie np.: 5S, kontrolować temperaturę otoczenia poprzez instalację dodatkowych czujników itp.

4. Wnioski

Ciągłe doskonalenie procesu zarządzania maszynami pozwala przedsiębiorstwu na zwiększenie wydajności produkcji eliminację strat, oraz generowanie większych przychodów. W usprawnieniu procesu zarządzania infrastrukturą działania przedsiębiorstwa ważne jest, aby przeprowadzić odpowiednie pomiary ich efektywności i wydajności, które mogą pomóc w poprawie jakości uzyskiwanych wyrobów. Proces doskonalenia powinien zostać oparty na użyciu odpowiednich narzędzi oraz metody, które zwiększą efektywność działania całego systemu.

Analizowane przedsiębiorstwo, aby zwiększyć całkowitą efektywność systemu, używa wielu narzędzi, wśród których na pierwszym miejscu uwzględniany jest wskaźnik OEE, lecz są również inne narzędzia, które mogą w jakiś sposób zredukować koszty produkcji, jak i podnieść produktywność przedsiębiorstwa.

Literatura

1. Pacana J.: Development of Bevel Gear Motion Transmission Graphs with FEM. Key Engineering Materials Vol. 490 (2012), Trans Tech Publications, Switzerland 2012, str. 83-89, ISSN: 1662-9795
2. Downarowicz O.: Systemy eksploatacji, Zarządzanie zasobami techniki, ITE, Radom, 2000.
3. Kaźmierczak. J.: Eksploatacja systemów technicznych, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2000.
4. Antosz K., Ciecierska B., Podstawy zarządzania parkiem maszyn w przedsiębiorstwie, Oficyna wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2011.
5. Antosz K., Pacana A., Stadnicka D., Zielecki W.: Narzędzia Lean Manufacturing. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2013r.
6. Ljungberg, Ö., (1998), "Measurement of Overall Equipment Effectiveness as a Base for TPM Activities", International Journal of Operations & Production Management, Vol. 18, No 5, pp. 495-507.
7. Lungberg, O., 1998. Measurement of overall equipment effectiveness as a basic for TPM activities. International Journal of Operations and Production Management 18 (5), 495–507.

8. Madera D.: Gospodarka remontowa jako kluczowa część procesu technologicznego, Komputerowe zintegrowane zarządzanie, WNT, Warszawa 2005
9. McKone K. E. Schroeder R. G., Cua K. O., Total productive maintenance: a contextual view, Journal of Operations Management 17 Ż1999. 123–144
10. Mobley, K.R. Maintenance Fundamentals (2nd edition). Elsevier Inc. 2004.
11. Muchiria P., Pintelona L., Geldersa L., Martinb H.: Development of maintenance function performance measurement framework and indicators, International Journal of Production Economics, Volume 131, Issue 1, May 2011, 295-302.
12. Oechsner R., Pfeffer M., Pfitzner L., Binder H., Muller E., Vonderstrass T., From overall equipment efficiency(OEE) to overall Fab effectiveness (OFE) , Materials Science in Semiconductor Processing 5, 2003, 333–339.
13. Antosz K., Städticka D.: Evaluation measures of machine operation effectiveness in large enterprises: study results. Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability. Vol. 17, No. 1, 2015, 107-117.
14. Ptak D.: Analiza i sposób udoskonalenia funkcjonowania maszyn w wybranym przedsiębiorstwie, praca dyplomowa realizowana pod opieką K. Antosz, Rzeszów 2015.

Dr inż. Katarzyna ANTOSZ
Dr hab. inż. Andrzej PACANA, prof. PRz
Katedra Technologii Maszyn i Inżynierii Produkcji
Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa
Politechnika Rzeszowska
al. Powstańców Warszawy 8
35-959 Rzeszów
bud. L-29, Pok, 122c, 142
tel. (17) 8651452, 8651390
e-mail: katarzyna.antosz@prz.edu.pl
app@prz.edu.pl