

Waldemar BOJAR, Patryk LIPKA  
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Bydgoszcz  
wald@utp.edu.pl, patrykclipka@wp.pl

## WPŁYW INNOWACYJNOŚCI PRZEDSIĘBIORSTWA NA JEGO KONKURENCYJNOŚĆ W OTACZAJĄCYM ŚRODOWISKU

**Streszczenie:** Przedmiotem badań są działania w utrzymaniu ruchu maszyn w przedsiębiorstwie X. Celem badań była diagnoza, analiza i ocena istniejącego stanu w zakresie utrzymania ruchu w firmie oraz zaproponowanie innowacyjnych rozwiązań w zakresie wzrostu efektywności utrzymania ruchu maszyn. Sformułowano hipotezę badawczą mówiącą, iż redukcja liczby awarii maszyn jest możliwa dzięki proinnowacyjnym działaniom w utrzymaniu ruchu maszyn. Na początku zdiagnozowano sytuację utrzymania ruchu w okresie od stycznia 2016 roku do grudnia roku 2016. Następnie opisano proces wprowadzenia elektronicznego systemu zgłaszania awarii na przełomie 2016 i 2017 roku, który miał zgodnie z zasadami TPM obejmować również wprowadzenie działań prewencyjnych – lepszego wykorzystania zasobów technicznych oraz zintegrowania działów produkcji i utrzymania ruchu w celu podniesienia efektywności eliminacji awarii. Badania obejmowały monitorowanie wskaźników OEE, MTTR, MTTF, MTBF oraz analizę czasów przywrócenia maszyny do sprawności. Efekty przeprowadzonej zmiany badano od stycznia 2017 roku do grudnia roku 2017, a otrzymane wyniki pozwoliły na pozytywne zweryfikowanie postawionej hipotezy badawczej oraz sformułowanie propozycji rozwojowych działu utrzymania ruchu na kolejny rok. Propozycje te oparto głównie na wskaźniku OEE oraz na wskaźnikach efektywności oceny utrzymania ruchu, których dalsza poprawa może być przedmiotem dalszych badań efektów działań proinnowacyjnych w utrzymaniu ruchu maszyn w przedsiębiorstwie produkcyjnym.

**Słowa kluczowe:** utrzymanie ruchu, innowacyjność, System Utrzymania Ruchu, wskaźniki oceny – MTBF, MTTR, MTTF.

## THE IMPACT OF THE COMPANY'S INNOVATION ON ITS COMPETITIVENESS IN THE SURROUNDING ENVIRONMENT

**Abstract:** The subject of the research are activities in maintenance of machinery in the company X. The aim of the research was to diagnose, analyze and evaluate the existing condition in the scope of maintenance in the company and to propose innovative solutions in the area of machine maintenance efficiency

increase. A research hypothesis was formulated that the reduction in the number of machine breakdowns is possible due to pro-innovative actions in maintaining machine movement. At the beginning, the situation of maintenance was diagnosed in the period from January 2016 to December 2016. Next, the process of introducing the electronic system of reporting failures at the turn of 2016 and 2017 was described, which in accordance with TPM principles also included the introduction of preventive measures – better use of technical resources and integration production and maintenance departments in order to increase the efficiency of elimination of failures. The tests included monitoring of OEE, MTTR, MTTF and MTBF indicators as well as analysis of recovery times of the machine to efficiency. The effects of the conducted change were tested from January 2017 to December 2017, and the results obtained allowed for a positive verification of the research hypothesis and the formulation of development proposals for the maintenance department for the next year. These proposals were based mainly on the OEE index and on the maintenance efficiency assessment indexes, which further improvement may be the subject of further research into the effects of pro-innovation activities in the maintenance of machinery in the production enterprise.

**Keywords:** equipment maintenance, innovativeness, Maintenance System, assessment indicators – MTBF, MTTR, MTTF.

## 1. Wprowadzenie

Globalizacja, ostra konkurencja i wymagający klienci stanowią główne czynniki zmuszające organizacje do podejmowania działań innowacyjnych, które decydują o tym, czy dane przedsiębiorstwo dążąc do zaspokojenia potrzeb klientów, utrzyma konkurencyjność swoich produktów (Drucker, 2005). Stąd firmy poszukują metod i modeli biznesu pozwalających im się odróżnić od konkurenta, a zatem przełamać barierę komodytyzacji i zaproponować klientowi coś zupełnie odmiennego w ramach produktu poszerzonego (Walczak, 02.05.2017). Z drugiej strony w warunkach ostrej konkurencji pojawia się konieczność obniżania kosztów m.in. poprzez efektywniejsze utrzymanie ruchu obiektów technologicznych, co może zapewnić przewagę konkurencyjną (Burchart-Korol, 2007; Koźmiński, 1999; Woźnicka; 02.05.2017).

Mogą temu celowi służyć rozwiązania innowacyjne umożliwiające danej organizacji wyprzedzenie konkurencji i wzrost atrakcyjność swojego produktu (Knosala, 2017).

W świetle powyższych uwarunkowań przedmiotem badań w niniejszym opracowaniu są proefektywnościowe działania w procesie utrzymania ruchu maszyn w przedsiębiorstwie X. Ich celem badań była diagnoza, analiza i ocena istniejącego stanu w zakresie utrzymania ruchu w firmie oraz zaproponowanie innowacyjnych rozwiązań w zakresie wzrostu efektywności utrzymania ruchu maszyn.

Skracany ciągłe czas realizacji zamówień i wymagana jakość produktów na wysokim poziomie stanowią oczekiwania klientów, ale często duża niepewność dotycząca stanu

technicznego maszyn powoduje zaburzenie procesu planowania produkcji i problemy z realizacją zamówień.

W związku z tym sformułowano hipotezę badawczą mówiącą, iż redukcja liczby awarii maszyn jest możliwa dzięki proinnowacyjnym działaniom w utrzymaniu ruchu maszyn.

Problem badawczy analizowano na podstawie dokumentacji z firmy produkcyjnej z branży szklarskiej opierając się na doświadczeniach z innych firm produkcyjnych oraz w oparciu o przegląd literatury przedmiotu. Analiza wyników pochodzących z raportów zmianowych dotyczących częstości napraw i skuteczności zgłaszania problemów do Systemu Utrzymania Ruchu S.U.R.-FBD dotyczy okresu od stycznia 2016 do grudnia 2017. Natomiast wyniki przed i po wprowadzeniu działań usprawniających przedstawiono w postaci graficznej analizy porównawczej.

## **2. Rozwiązania informatyczne w utrzymaniu ruchu i eksploatacji obiektów technicznych**

Obecnie stosowane są i rozwijane rozmaite metody i narzędzia wykorzystujące IT do wsparcia procesów zarządzania parkiem maszynowym w celu podniesienia jakości i niezawodności ich pracy oraz obniżki kosztów (Freeman, 1984; Clarkson, 1994).

Często w dużych przedsiębiorstwach wytwórczych stosowane są wielorakie standardy zintegrowanych systemów informacyjnych zarządzania różnych klas, jak np. ERP (Clark, 2003). Często jednak problem utrzymania infrastruktury technicznej, wymagane wysokie stopnie niezawodności, sprawności i przewidywalności stanu maszyn, urządzeń i instalacji oraz urządzeń pomiarowo-kontrolnych jest tak ważny, iż firmy wdrażają specjalnie dedykowane w tym celu systemy, jak np. system Maximo. System ten ma strukturę modułową, która pozwala na logiczne uporządkowanie danych charakterystycznych dla analizowanego obszaru. Z drugiej strony układ taki nie pozwala na odrębne funkcjonowanie poszczególnych modułów. Standard oprogramowania Maximo pozwala zarządzać pracą działu Utrzymania Ruchu oraz pracami jednostek odpowiedzialnych za serwis (Legutko, 2004). Na rynku polskim oferowane są różnorodne rozwiązania klasy CMMS. System Queris CMMS jest kompletnym systemem utrzymania ruchu zaprojektowanym i stworzonym przez praktyków z tego obszaru. Zapewnia on m. in. takie funkcjonalności, jak: stały podgląd sytuacji parku maszynowego w czasie rzeczywistym, zgłaszanie awarii i przestoju w czasie rzeczywistym, harmonogramowanie przeglądów, pracy i zadań, rozbudowany moduł analiz i raportowania oraz zarządzanie personelem i przepływami pracy (<https://queris.pl/system-cmms/>, 25.05.2018).

Kolejne rozwiązanie pod nazwą 4TECH służy do przeprowadzania analizy obiegu informacji w przedsiębiorstwach w zakresie gospodarki remontowej i utrzymania ruchu, będące

podstawą do oceny korzyści i możliwości wykorzystania systemu informatycznego do wspomagania tych procesów (<http://www.4tech.com.pl/>, 21.05.2018).

Standardowy system wspomagający codzienną pracę utrzymania ruchu pn. „Aretics Maintenance” jest oparty na oprogramowaniu zapewniającym intuicyjny interfejs użytkownika, prostotę w obsłudze oraz pełny zakres funkcji niezbędnych do zarządzania, operacji oraz rozwoju efektywnego utrzymania ruchu. Dostosowany jest do wymogów małych, jak i dużych przedsiębiorstw, zawiera m.in. moduł ekonomiczny pozwalający na rozliczenie prac na poszczególne MPK oraz rodzaje kosztów (<http://www.utrzymanieruchu.pl/menu-gorne/artukul/article/it-expert-sp-z-oo-aretics/>, 18.05.2018).

Oprócz opisanych powyżej rozwiązań kompleksowych w zakresie utrzymania ruchu, znane i rozwijane są także bardziej szczegółowe i precyzyjne rozwiązania w tym zakresie oparte na diagnostyce drganiowej. M.in. system OPTIMUM wykorzystuje metodę pozwalającą uszeregować symptomy uszkodzeń od najbliższej do najdalej oddalonego od punktu idealnego a potem wybrać do analizy te symptomy, które niosą najwięcej informacji o stanie obiektu. Metoda ta nie daje jednak obrazu o udziale poszczególnych symptomów w uszkodzeniu głównym. Dlatego stosuje się wielokryterialną metodę SVD, dzięki zastosowaniu której otrzymujemy uszeregowanie symptomów wraz z procentowym opisem udziału poszczególnych symptomów w opisie stanu danego obiektu (Żółtowski, 2012), np. symptom x 20%, symptom x 45%, co umożliwi ocenę jakościową i ilościową każdej zmiany stanu obiektu technicznego (Żółtowski, 2013).

Natomiast System Utrzymania Ruchu S.U.R.-FBD wdrożony do przedsiębiorstw z branży szklarskiej należących do największego światowego koncernu produkującego szkło w sektorze motoryzacyjnym oraz w obszarze szkła technicznego i architektonicznego, swoje działanie opiera głównie na integracji Działu Produkcji z działem Utrzymania Ruchu. System ten oparty jest o nowoczesne rozwiązanie informatyczne klasy CMMS, przeznaczone dla Służb Utrzymania Ruchu, którego głównym celem jest automatyzacja prac związanych między innymi z zarządzaniem środkami trwałymi infrastruktury, prowadzeniem gospodarki remontowej, prowadzeniem przeglądów technicznych i konserwacji maszyn, prowadzeniem gospodarki magazynowej UR, zarządzaniem zamówieniami na materiały i części zamienne oraz raportowaniem i generowaniem statystyk (<http://sur.pl/>, 30.05.2018). System ten składa się z wielu modułów jak m.in. zlecenia bieżące, zapotrzebowania, magazyn, obiekty, części, raportowanie zaawansowane MTTR, MTBF, efektywność produkcji i wiele innych. Moduły te mogą działać niezależnie od siebie bądź współpracować ze sobą, tworząc niezbędne informacje na temat stanu technicznego obiektów technologicznych.

Dział Produkcji w przypadku awarii, usterki czy regulacji wprowadza do systemu S.U.R. dane w module Zlecenia, gdzie podawane są informacje, takie jak: sekcja, linia, obiekt, typ awarii, wpływ zlecenia na produkcję, rodzaj zlecenia oraz opis problemu.

Dział Utrzymania Ruchu przy pomocy omawianego systemu diagnostyczno-analizującego organizuje działania w zakresie UR, aby określony przez Dział Produkcji problem wyeliminować w możliwie najkrótszym czasie.

### **3. Zarządzanie utrzymaniem ruchu w przedsiębiorstwie X**

Przedsiębiorstwo X jest liderem w produkcji szyb zespolonych stosowanych w budownictwie. Proces produkcyjny w produkcji szkła architektonicznego jest bardzo zróżnicowany, jeżeli chodzi o typy, formy i odmiany produkcji. Półprodukty wykonywane są w różnych typach produkcji. W wielkoseryjnej na stanowiskach specjalizowanych (stół do cięcia szkła LISEC ESL-60/30RS – potocznie zwany jumbo), w masowej na stanowiskach specjalnych (giętarka ramek LISEC BSV45/NK, zasypywarka ramek LISEC A1RL, butylarka LISEC LBH-25V) jak również w typie jednostkowym (wykonywanie zespołów specjalistycznych). Następnie półprodukty, wytwarzane są w oparciu o liniową formę organizacyjną składającą się z 4 stanowisk (myjki LISEC VHW-25/6M nazywanej w skrócie myjką, stacji nakładania ramek LISEC PSLN-25/16, prasy LISEC FPS-U, automatu LISEC VFL-1D/25 nazywanego w skrócie automatem), wykorzystywanych do uzyskania produktu końcowego.

Tak zróżnicowany proces produkcyjny jest bardzo trudny do nadzorowania i wymaga szerokiego pola widzenia wszystkiego tego, co może mieć wpływ na wydajność, zdolność produkcyjną i niezawodność produkcji. Dlatego uzasadnione jest wdrożenie metod kaizen oraz Lean Management, które prowadzą do doskonalenia procesu produkcyjnego przy jednoczesnym odrzuceniu wszystkich działań niepodnoszących wartości dodanej (Łazicki; 2014).

Do ważnych aspektów doskonalenia procesu produkcyjnego należy utrzymanie ruchu obiektów technologicznych. Proces ten wymaga zastosowania odpowiedniego systemu, który w danej branży i w specyficznych uwarunkowaniach techniczno-organizacyjnych, logistycznych i ekonomicznych sprawdza się w danej firmie najlepiej (Downarowicz, 2000).

Utrzymanie ruchu obejmuje zbiór czynności, które składają się na ciągłość przebiegu procesu produkcji poprzez ich wpływ na bezawaryjność pracy obiektów technologicznych. W przedsiębiorstwie X utrzymanie ruchu ograniczało się dotychczas do postępowania zgodnie z metodologią BM (ang. Breakdown Maintenance), czyli do działań podejmowanych dopiero w momencie powstania awarii, a nazywanej potocznie metodą „gaszenia pożarów” (Matejczyk, 2010). W firmie X taki stan rzeczy był praktykowany, ponieważ przestoje spowodowane awariami nie miały wyraźnego negatywnego wpływu na planowane wskaźniki ekonomiczne przedsiębiorstwa, mimo że obiekty technologiczne były stare i poprzynoszone z innych oddziałów (Kłos, 02.05.2017). Dlatego w przedsiębiorstwie wykorzystywano strategię

tolerowanych uszkodzeń charakteryzującą się brakiem działań prewencyjnych (Drelichowski, 2012). Użytkowanie obiektów technologicznych odbywało się do momentu wystąpienia awarii a następnie były podejmowane odpowiednie działania naprawcze. Nie prowadzono również żadnych zapisów z awarii, które mogłyby posłużyć w przyszłości do szybszej naprawy bądź do eliminacji takich zdarzeń (Muhlemann, 1997).

Na przełomie lat 2016 i 2017 przedsiębiorstwo X dokonało znaczącej zmiany w sposobie utrzymania ruchu maszyn, która miała poprawić efektywność procesów utrzymania ruchu. Wprowadzono elektroniczny system zgłaszania awarii zwany S.U.R.-FBD (System Utrzymania Ruchu).

Zmiana ta miała, zgodnie z zasadami TPM (ang. Total Productive Maintenance), dotyczyć zwiększenia efektywności wykorzystania posiadanych maszyn. Dodatkowo ważnym aspektem było doprowadzenie do sytuacji braku awarii i nieplanowanej obsługi maszyn oraz eliminacji zbędnych przerw, które są przeszkodą w redukcji kosztów produkcyjnych (Brzeski, 02.05.2017). Dlatego tak ważnym elementem jest eliminacja wszystkich czynników, które wpływają negatywnie na założony cel wzrostu efektywności wykorzystania dostępnych zasobów technicznych.

TPM zakłada zmianę podejścia pracowników wszystkich działów do wykonywanych obowiązków i zaangażowania ich w działania podejmowane przez Dział Utrzymania Ruchu (DUR). Korzyści z tego płynące mają przekonać pracowników do aktywnego udziału w działalności przedsiębiorstwa i zwiększenia ich skłonności do zgłaszania swoich pomysłów.

Obniżenie kosztów produkcji o 30%, stworzenie bezwypadkowych stanowisk pracy, spełnianie wymagań klientów, wypracowanie procedur redukujących powstanie problemów jakościowych są to, obok powiększenia kompetencji i zaangażowania pracowników, jedne z najważniejszych korzyści płynących z wdrożenia TPM (Matejczyk; 2010).

W chwili obecnej każda awaria jest zgłaszana przez operatora do przełożonego, który dokonuje wpisu do S.U.R.-FBD oraz informuje pracownika DUR o rozpoczętej awarii. Pracownik utrzymania ruchu sprawdza wpis i udaje się na miejsce wystąpienia awarii dokonując naprawy. W tym samym czasie w S.U.R.-FBD tworzy się historia napraw, którą pracownicy DUR wykorzystują do planowania, wraz z kierownikiem zakładu, do wykonywania działań prewencyjnych.

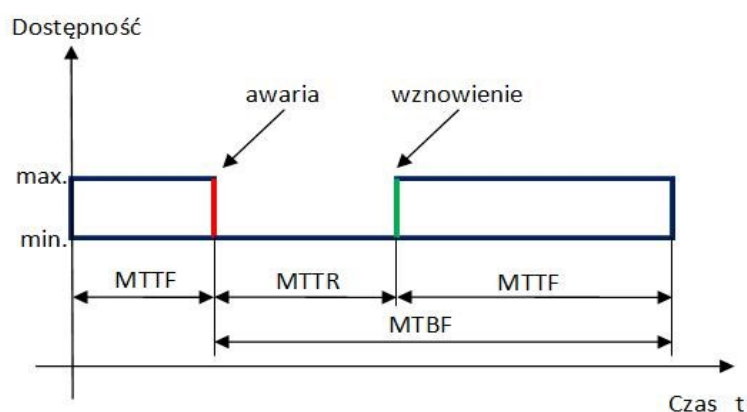
#### **4. Badanie efektów wprowadzenia elektronicznego systemu zgłaszania awarii**

Celem uzyskania pełnej informacji o skuteczności wprowadzonych zmian, przeprowadzono analizę stanu w zakresie utrzymania ruchu, jaka była w przedsiębiorstwie X w roku 2016. Dokonano szczegółowego badania etapów procesu naprawy maszyn oraz analiz wskaźników:

całkowitej efektywności wyposażenia OEE, średniego czasu do wystąpienia awarii MTTF, średniego czasu trwania naprawy MTTR oraz średniego czasu pomiędzy awariami MTBF (Mączyński; 10.02.2018; Pająk, 2006).

Systematyczne badania wyżej wymienionych wskaźników pozwalają określać stan parku maszynowego i sprawnie nim zarządzać oraz monitorować efektywność pracy pracowników działu utrzymania ruchu.

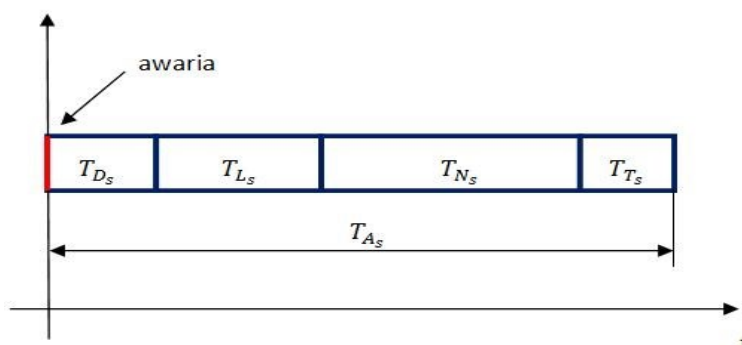
Na rysunku poniżej przedstawiono graficznie poszczególne wskaźniki w skali czasu w odniesieniu do dostępności obiektu technologicznego.



**Rysunek 1.** Schemat wskaźników efektywności oceny utrzymania ruchu dla obiektu technologicznego. Źródło: opracowanie własne.

Przygotowanie sprawnego systemu napraw obiektów technologicznych wymaga ciągłego zbierania danych o czasach trwania awarii. W momencie pojawienia się zakłócenia produkcyjnego w postaci wyłączenia z ruchu maszyny problem zgłaszany jest do Działu Utrzymania Ruchu, gdzie pracownik tego działu rozpoczyna proces przywrócenia obiektu do użytku.

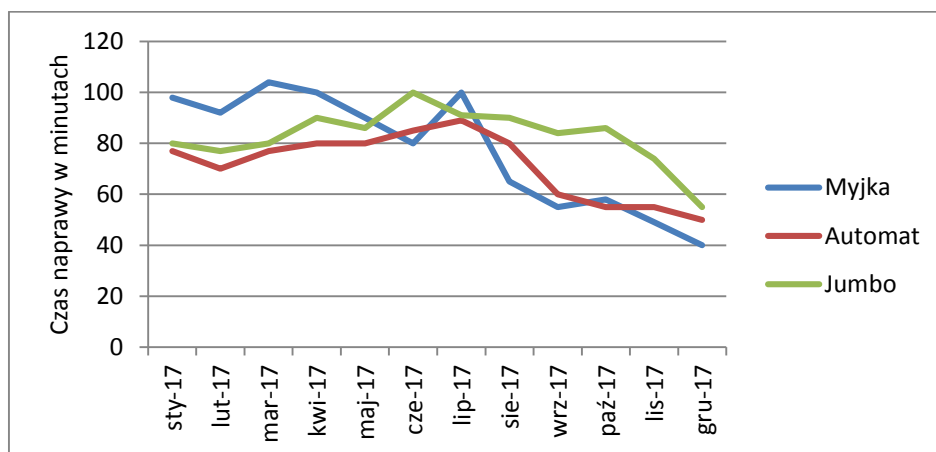
Na rysunku poniżej przedstawiono poszczególne etapy naprawy maszyny.



**Rysunek 2.** Etapy procesu naprawy obiektu eksploatacyjnego. Źródło: Banaszak, Klos, Mleczko, 2011, s. 177.

Po wystąpieniu awarii rozpoczyna się okres zdiagnozowania przyczyn awarii  $T_{D_s}$ , który obejmuje przybycie pracownika DUR i analizę skutków awarii. Następnie rozpoczyna się obsługa logistyczna  $T_{L_s}$ , która jest czasem sprowadzenia pracowników serwisu, bądź wykonania części zamiennych. Okres  $T_{N_s}$  jest czasem działań mających przywrócić obiekt technologiczny do pełnej sprawności. Ostatni etap  $T_{T_s}$  obejmuje czynności związane z testowaniem maszyny po naprawie (Banaszak, 2011). Wynikiem zsumowania wszystkich etapów jest czas  $T_{A_s}$ , który określa efektywność przywrócenia maszyny do sprawności. Jest ona tym lepsza, im poszczególne czasy będą krótsze. Dlatego w procesie zwiększenia efektywności przywracania maszyn po awarii do zdadności, każdy etap jest ważny i należy pracować nad skróceniem czasu każdej czynności.

Pierwszym elementem od wprowadzenia zmian, jaki przeanalizowano, było porównanie czasów przywrócenia maszyny do sprawności. Z uwagi na fakt, że czasy w roku 2016 były dość długie, zakładano, że wprowadzone usprawnienia spowodują skrócenie napraw.

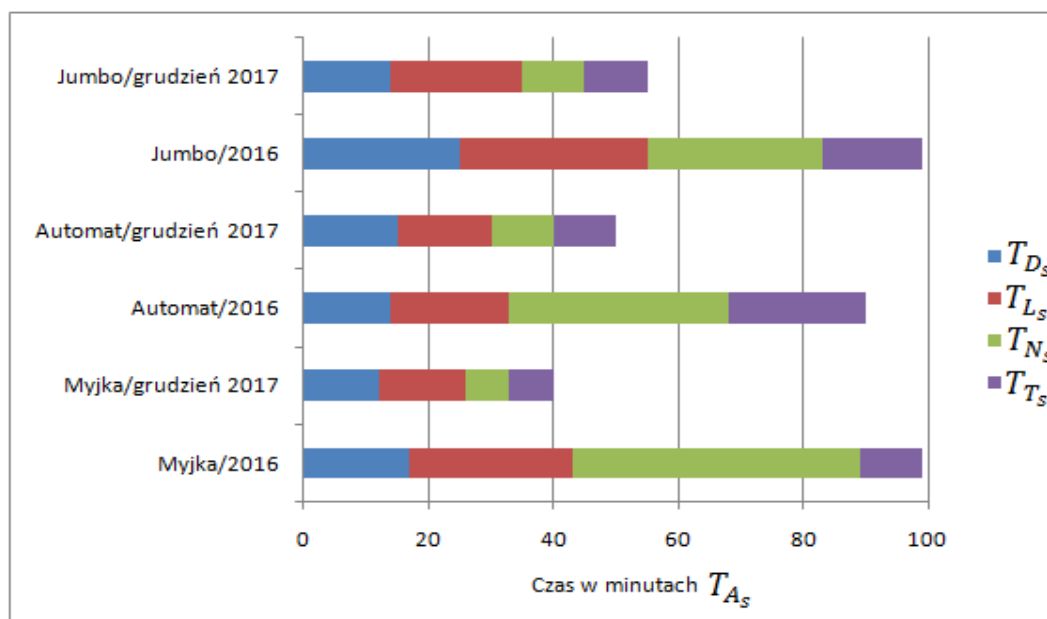


**Rysunek 3.** Porównanie czasów przywrócenia maszyn do sprawności  $T_{A_s}$  w roku 2017. Źródło: opracowanie własne.

Tak też się stało, choć nie od razu. Porównanie czasów przywrócenia maszyn do sprawności  $T_{A_s}$  po wprowadzeniu usprawnień w pierwszych miesiącach roku 2017 nie było zadowalające. W przypadku maszyny *jumbo* czasy te miały tendencję wzrostową. Minęło około pół roku od wdrożenia nowego systemu, zanim wprowadzone zmiany w Dziale Utrzymania Ruchu zaczęły przynosić efekty. Pod koniec roku czasy te w przypadku trzech najbardziej awaryjnych maszyn spadły o połowę, co uznano za wynik pozytywny.

Następnie zbadano czasy poszczególnych etapów w procesie przywrócenia maszyny do pełnej sprawności  $T_{A_s}$  i porównano je z rokiem poprzednim.



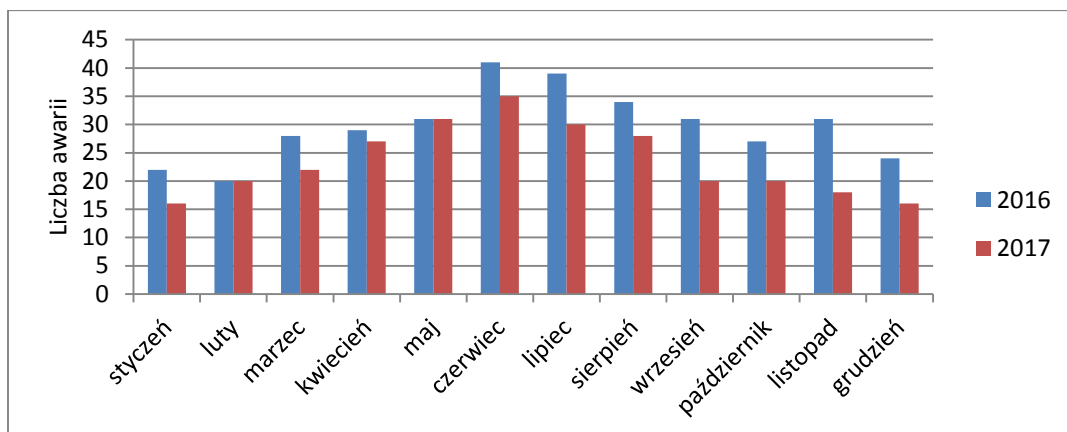


**Rysunek 4.** Wizualizacja etapów naprawy badanych maszyn na koniec badanego okresu po wprowadzeniu usprawnień wraz z danymi z roku 2016. Źródło: opracowanie własne.

Otrzymane dane widoczne na rys. 4 wskazują, jak wiele w okresie jednego roku udało się zmienić. Porównując rok 2016 ze stanem, jaki był w grudniu roku 2017, widać, jakie etapy udało się najbardziej skrócić. W przypadku *myjki* działania w postaci zaangażowania operatorów w obsługę codzienną i przekazywanie informacji do pracowników utrzymania ruchu wykorzystano do odpowiednich zabiegów prewencyjnych i zapoznania się ze stanem maszyny do tego stopnia, że czas napraw udało się skrócić z około 50 minut do około 10 minut, czyli aż 5-krotnie.

Etapy naprawy *automatu* oraz *jumbo* zostały skrócone dzięki regularnym przeglądom prewencyjnym, które pozwalają na wczesne znalezienie awaryjnych elementów i ich wymianę lub przygotowanie ich do wymiany, aby w przypadku wystąpienia awarii szybko dokonać naprawy. W tym przypadku czas diagnozowania pozostał na tym samym poziomie, a okres obsługi logistycznej ograniczał się tylko do udania się do magazynu po daną część, naprawa polegała tylko na wymianie tej części, a testowanie ograniczało się do sprawdzenia tylko tego elementu, a nie całej maszyny.

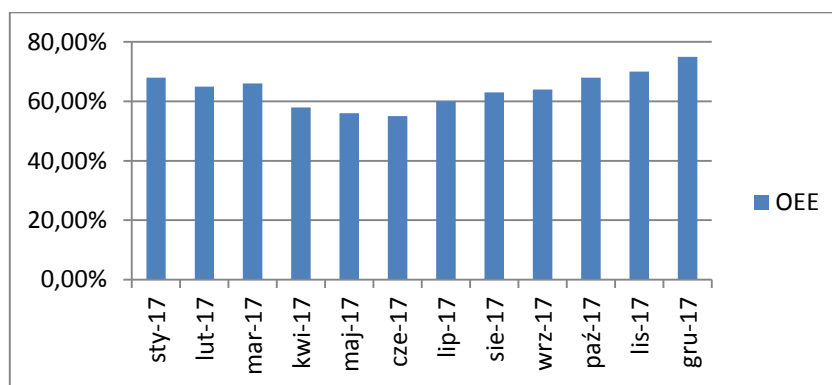
Porównano również liczbę awarii, jaką zanotowano w roku 2017, z rokiem poprzednim.



**Rysunek 5.** Liczba awarii w latach 2016-2017 w przedsiębiorstwie X. Źródło: opracowanie własne.

Zaobserwowano regularny spadek zdarzeń nieplanowanych w każdym miesiącu widoczny na rys. 5. Nadal jednak w miesiącach o zwiększonej produkcji liczba awarii jest większa, ale w przedsiębiorstwie przypuszcza się, że wpływ na to mogą mieć czynniki naturalne, jak m.in. temperatura i wilgotność powietrza, które to powodują nadmierne nagrzewanie się niektórych podzespołów i ich szybsze zużywanie się.

W przypadku badania całkowitej efektywności wyposażenia również zauważono poprawę.



**Rysunek 6.** Wartości wskaźnika OEE w roku 2017. Źródło: opracowanie własne.

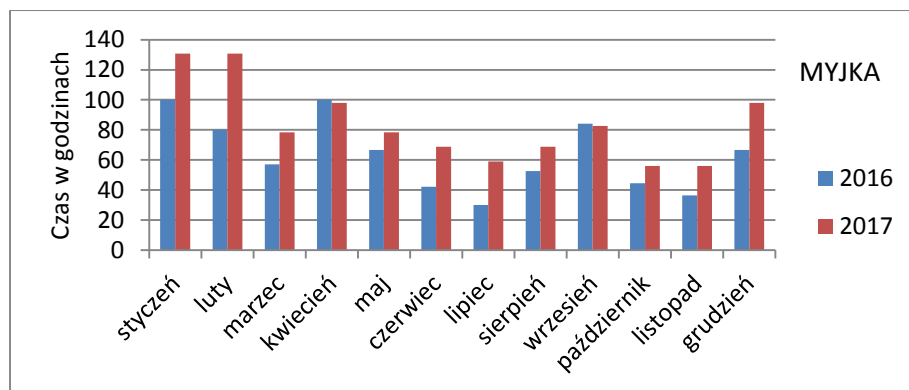
Wyniki efektywności wyposażenia technicznego, które osiągnięto w grudniu 2017 roku oscylowały wokół 75%. Zakładając stan zadowalający w zakresie pomiędzy 60, a 80%, przedsiębiorstwo zbliżyło się do górnej granicy przedziału. Osiągnięto więc wysoki poziom, pracując na maszynach, które są już po okresie amortyzacji i wymagają więcej ingerencji niż maszyny nowe. Możliwe, że w roku 2018 przedsiębiorstwo osiągnie poziom pożądaný, czyli osiągnie ponad 80-procentową efektywność wyposażenia technicznego.

Na koniec przeanalizowano wskaźniki efektywności oceny utrzymania ruchu, które miały dać odpowiedź na pytanie, czy udało się zwiększyć wskaźnik oczekiwanego czasu pracy między uszkodzeniami.

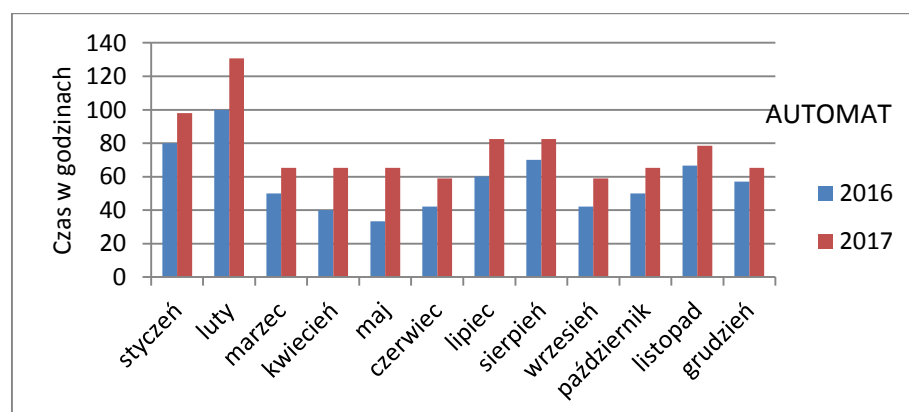
W przypadku wszystkich badanych maszyn uzyskano lepsze wyniki średnich czasów od momentu wystąpienia awarii do momentu zakończenia awarii. Najlepsze wyniki osiągnięto

w przypadku *myjki*, głównie dzięki wiedzy operatorów maszyn. Wyniki zadowolające osiągnięto także w przypadku *automatu*, natomiast średnie w przypadku obiektu *jumbo*. Trzeba również pamiętać, że czasy MTTR podane są w minutach, natomiast wskaźnik oczekiwanego czasu pracy między uszkodzeniami MTBF liczony jest w godzinach, dlatego MTTR nie ma dużego wpływu na MTBF. Natomiast duży wpływ ma eliminacja powstania awarii. Najmocniej MTTF zmienił się dla obiektu *jumbo* od września 2017 do grudnia 2017. Powodem takiej zmiany jest znaczna redukcja awarii. W porównaniu z okresem od maja roku 2017 do sierpnia roku 2017 awarie zmniejszyły się o około 10 zdarzeń w miesiącu.

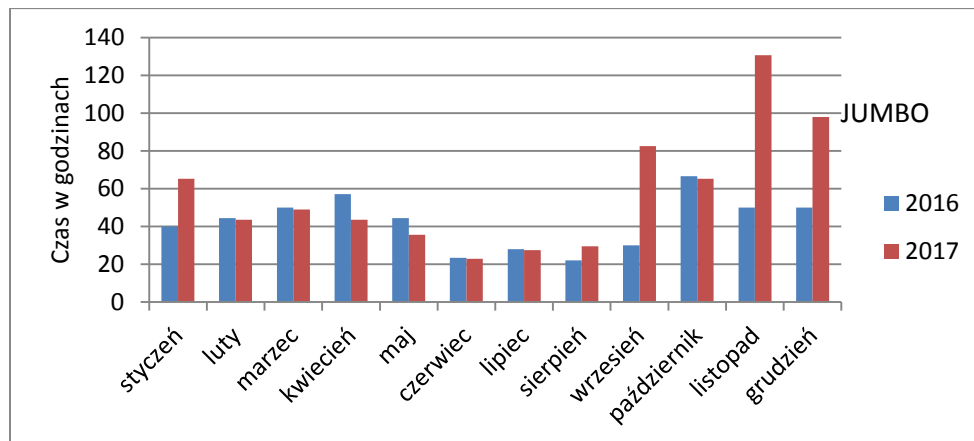
Ostatecznie na rysunkach 7-9 przedstawiono wskaźniki oczekiwanego czasu pracy między uszkodzeniami, które informują o tym, w jakim czasie można spodziewać się awarii. Wynik spodziewany obejmuje polepszenie parametru MTBF wskutek stosowania elektronicznego systemu zgłaszania awarii oraz elementów TPM.



Rysunek 7. Średni czas pomiędzy awariami MTBF dla myjki. Źródło: opracowanie własne.



Rysunek 8. Średni czas pomiędzy awariami MTBF dla automatu. Źródło: opracowanie własne.



**Rysunek 9.** Średni czas pomiędzy awariami MTBF dla jumbo. Źródło: opracowanie własne.

Uzyskano znaczną poprawę wskaźnika MTBF wszystkich trzech najbardziej awaryjnych maszyn. Przez cały 2017 rok prowadzono działania prewencyjne ustalone na poziomie 8 godzin miesięcznie w stosunku do jednej maszyny. Zbierane z systemu SUR dane z poszczególnych awarii były fundamentem do podejmowania właściwych działań prewencyjnych, które dały efekt w postaci zmniejszającej się liczby nieplanowanych postojów. Mniejsza liczba awarii przełożyła się na zwiększenie wskaźnika MTBF.

## 5. Wnioski i podsumowanie

Porównując wyniki po wprowadzeniu elektronicznego systemu wprowadzania awarii, wraz z wprowadzeniem działań prewencyjnych, do sytuacji sprzed działania nowego systemu udowodniono, że redukcja awarii maszyn jest możliwa dzięki proinnowacyjnym działaniom w utrzymaniu ruchu maszyn, co stanowi potwierdzenie postawionej na początku hipotezy badawczej.

W czasie wdrażania opisanych innowacji stwierdzono duże możliwości poprawy w zakresie wzrostu efektywności utrzymania ruchu maszyn. Między innymi zaproponowano ustawienie poziomu MTBF na 85% wartości z roku 2017 i w takich odstępach czasu dokonywanie działań prewencyjnych. Dzięki temu przedsiębiorstwo powinno uzyskać wzrost wskaźnika MTTF.

Zaproponowano również kontynuację badań nad polepszeniem wskaźnika MTBF, aby korzystając z wiedzy na temat wpływu danej maszyny na proces produkcyjny, dokonać wyboru maszyn priorytetowych i kluczowych części tych obiektów.

Są to propozycje, które powinny spowodować dalszy wzrost efektywności procesów utrzymania ruchu. Strategia ich wprowadzania zależeć będzie od sytuacji przedsiębiorstwa w następnym roku produkcyjnym.

Konieczne jest zatem kontynuowanie prac badawczych w celu wyznaczenia maszyn priorytetowych i badanie wskaźnika MTBF dla poszczególnych podzespołów wybranego obiektu technologicznego.

## Bibliografia

1. Banaszak, Z., Kłos, S., Mleczko, J. (2011). *Zintegrowane systemy zarządzania*. Warszawa: PWE.
2. Burchart-Korol, D., Furman, J. (2007). *Zarządzanie produkcją i usługami*. Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej.
3. Clark, W.C., Dickson, N.M. (2003). Sustainability science: The emerging research program. *PNAS*, 100(14).
4. Clarkson, M. (1994). *A risk based model of stakeholder theory*. Proceedings of the Second Toronto Conference on Stakeholder Theory. Toronto: Centre for Corporate Social Performance & Ethics, University of Toronto.
5. Downarowicz, O. (2000). *System eksploatacji. Zarządzanie zasobami techniki*. Gdańsk-Radom: Wydawnictwo Instytutu Technologii Eksploatacji.
6. Drelichowski, L., Bojar, W., Żółtowski, M. (2012). *Elementy zarządzania eksploatacją maszyn*. Bydgoszcz: Wydawnictwo Uczelniane Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego.
7. Drucker, P.F. (2005). *Praktyka zarządzania*. Warszawa: Wydawnictwo MT Biznes.
8. Freeman, R.E. (1984). *Strategic management: A stakeholder approach*. Boston, MA: Pitman.
9. Knosala R. (red.) (2017). *Inżynieria produkcji. Kompendium wiedzy*. Warszawa: PWE.
10. Koźmiński, A., Piotrowski, W. (1999). *Zarządzanie. Teoria i Praktyka*. Warszawa: PWN.
11. Legutko, S. (2004). *Podstawy eksploatacji maszyn i urządzeń*. Warszawa: Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne.
12. Łazicki, A. (2014). *Systemy zarządzania przedsiębiorstwem: techniki Lean Management i Kaizen*. Warszawa: Wydawnictwo Wiedza i Praktyka.
13. Matejczyk, M. (2010). *TPM – sposób na bezawaryjność maszyn* (E-book). Warszawa: Wydawnictwo Wiedza i Praktyka.
14. Muhlemann, A.P., Oakland, J.S., Lockyer, J.S. (1997). *Zarządzanie. Produkcja i usługi*. Warszawa: PWN.
15. Pająk, E. (2006). *Zarządzanie produkcją. Produkt, technologia, organizacja*. Warszawa: PWN.
16. Żółtowski, B. (2013). *Badania zagrożeń utraty zdolności środowiskowych systemów technicznych*. Bydgoszcz.

17. Żółtowski, B., Łukasiewicz, M. (2012). *Diagnostyka drganiowa*. Bydgoszcz-Radom.
18. Brzeski, J., Figas, M. (2006). *Wprowadzenie do TPM. Inżynieria i utrzymanie ruchu zakładów przemysłowych*, <http://www.utrzymanieruchu.pl/menu-gorne/artukul/article/wprowadzenie-do-tpm/>, 02.05.2017.
19. Kłos, S., Patalas-Maliszewska, J., *Badania kluczowych problemów w zarządzaniu utrzymaniem ruchu*, [http://www.ptzp.org.pl/files/konferencje/kzz/artuk\\_pdf\\_2014/T2/t2\\_678.pdf](http://www.ptzp.org.pl/files/konferencje/kzz/artuk_pdf_2014/T2/t2_678.pdf), 02.05.2017.
20. Mączyński, W., *Wskaźniki OEE, MTBF i MTTR – czy to coś więcej niż wartości bezwzględne?*, [http://womasolution24.com/wp-content/uploads/2012/10/UR12011\\_2.pdf](http://womasolution24.com/wp-content/uploads/2012/10/UR12011_2.pdf), 10.02.2018.
21. Walczak, M., *System utrzymania ruchu czynnikiem przewagi konkurencyjnej przedsiębiorstwa*. Kraków: Uniwersytet Ekonomiczny, <http://janek.uek.krakow.pl/~kzzo/5.7.pdf>, 02.05.2017.
22. Woźnicka, K., Sikora, K., *Model utrzymania sprawności produkcyjnej maszyn, jako kluczowy czynnik rozwoju przedsiębiorstwa produkcyjnego*, [http://www.ptzp.org.pl/files/konferencje/kzz/artuk\\_pdf\\_2014/T2/t2\\_725.pdf](http://www.ptzp.org.pl/files/konferencje/kzz/artuk_pdf_2014/T2/t2_725.pdf), 02.05.2017.
23. <http://www.4tech.com.pl/>, 21.05.2018.
24. <https://queris.pl/system-cmms/>, 25.05.2018.
25. <http://sur.pl/>, 30.05.2018.
26. <http://www.utrzymanieruchu.pl/menu-gorne/artukul/article/it-expert-sp-z-oo-aretics/>, 18.05.2018.