

ANALIZA EFEKTYWNOŚCI RÓŻNYCH STRATEGII UTRZYMANIA RUCHU

Streszczenie: Wzrastający w ostatnich latach stopień automatyzacji i zaawansowania technologicznego maszyn i urządzeń sprawia, że firmy produkcyjne mają względem nich coraz większe wymagania. Obiekty techniczne mogą je spełnić, jeżeli w organizacji wprowadzi się odpowiednie strategie zarządzania utrzymaniem ruchu. Celem artykułu jest porównanie efektywności różnych strategii utrzymania ruchu i wskazanie takiej, która po wdrożeniu może przynieść przedsiębiorstwu największe korzyści w konkretnych warunkach produkcyjnych. W artykule zostanie przedstawiony rozwój podejścia do utrzymania ruchu w przedsiębiorstwach, wady i zalety wybranych strategii oraz wskazane zostaną przykładowe determinanty wdrożenia konkretnego programu utrzymania ruchu maszyn w firmach produkcyjnych.

Słowa kluczowe: niezawodność, utrzymanie ruchu, strategie utrzymania ruchu, TPM

1. WSTĘP

Przez utrzymanie ruchu w przedsiębiorstwie rozumie się wszystkie aktywności i procesy w ramach szeroko pojętej produkcji związane w głównej mierze z zapewnieniem dostępności infrastruktury technicznej firmy, a także zaplanowaniem jej właściwej eksploatacji [1]. Sprawne utrzymanie ruchu przyczynia się do zwiększenia efektywności każdego przedsiębiorstwa.

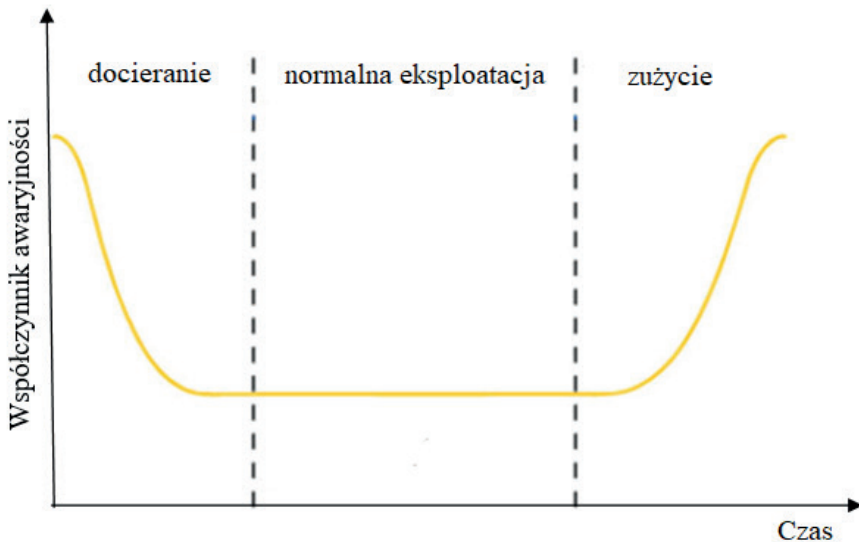
Wzrastający w ostatnich latach stopień automatyzacji oraz zaawansowania maszyn i urządzeń sprawia, że firmy produkcyjne mają względem nich coraz większe wymagania i oczekiwania związane np. z niezawodnością, produktywnością, jakością. Obiekty techniczne mogą je spełnić, jeżeli w organizacji wprowadzi się odpowiednie strategie zarządzania utrzymaniem ruchu. Strategia utrzymania ruchu jest ciągiem decyzji dotyczących zapobiegania awariom maszyn oraz ich usuwania [2].

Celem tego artykułu jest porównanie efektywności stosowania najważniejszych strategii utrzymania ruchu i wskazanie tej, która po wdrożeniu może przynieść przedsiębiorstwu największe korzyści w warunkach produkcyjnych, w jakich ono działa.

2. PROCES ROZWOJU PODEJŚCIA DO UTRZYMANIA RUCHU

Wykres funkcji intensywności uszkodzeń obiektu technicznego, czyli tzw. krzywa wannowa, której przykładowy przebieg pokazano na rysunku 1, ma kluczowe znaczenie w całej teorii niezawodności. W przebiegu krzywej można wyróżnić trzy etapy. Pierwszy z nich to wstępny okres eksploatacji. W tym czasie dominują awarie związane z ukrytymi wadami materiałów i konstrukcji lub niewłaściwą kontrolą. Drugi etap to czas, w którym maszyna jest po tzw. do-tarciu i częstość uszkodzeń kształtuje się na stałym poziomie. Awarie występujące w tym okresie są najczęściej wywoływane przez różne czynniki losowe. Z kolei na trzecim etapie obserwuje się duży wzrost niezdatności powstających wskutek starzenia się podzespołów obiektów technicznych [2, 3].

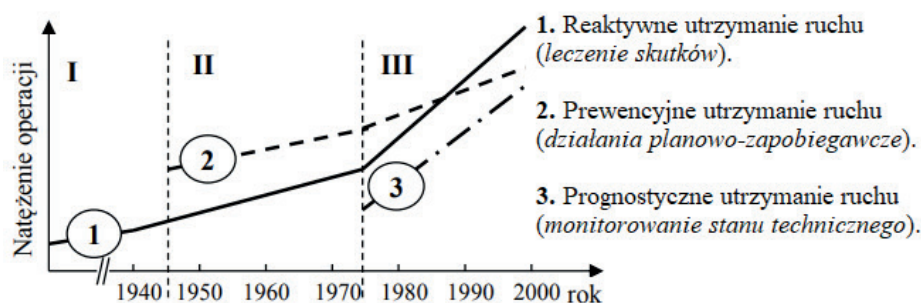
Dział utrzymania ruchu w każdym z przedsiębiorstw powinien przede wszystkim dążyć do wydłużania krzywej wannowej – szczególnie na drugim etapie, tak aby opóźnić fazę starzenia się i obniżyć poziom awaryjności w kluczowej fazie funkcjonowania maszyn. Ponadto powinno się skracać pierwszą fazę życia maszyny, a tym samym czas wdrożenia urządzenia. Jest to możliwe dzięki opracowaniu na przestrzeni lat strategii i metod pozwalających na zarządzanie utrzymaniem ruchu maszyn w przedsiębiorstwie.



Rysunek 1. Przykładowy przebiegu tzw. krzywej wannowej (wykres funkcji intensywności uszkodzeń)

Źródło: opracowanie własne na podstawie [2, 3]

Jeżeli wziąć pod uwagę historię rozwoju nowoczesnego przemysłu (od drugiej rewolucji przemysłowej), to można wyróżnić trzy okresy rozwoju głównych nurtów zarządzania utrzymaniem ruchu. Przedstawiono je na rysunku 2.



Rysunek 2. Trzy okresy rozwoju i trzy sposoby utrzymania ruchu maszyn i urządzeń

Źródło: [2]

Pierwszy z okresów, głównie przed II wojną światową, odnosił się do reaktywnego utrzymania ruchu, czyli maszynę remontowano dopiero po wystąpieniu awarii. Głównym zadaniem była tylko doraźna naprawa obiektu technicznego i przywrócenie jego możliwości produkcyjnych. W tamtych latach stosowanie takiej metody miało podstawy ze względu na zaawansowanie mechaniczne maszyn, które było na stosunkowo niskim poziomie. Nawet wystąpienie awarii nie przekładało się na duże straty produkcyjne, także z powodu dość niskich poziomów osiągniętej wówczas wydajności. Ze względu na niski stopień zaawansowania maszyn w tym okresie nie było potrzeby podejmowania działań zapobiegawczych oprócz podstawowych czynności, takich jak np. smarowanie i regularne czyszczenie [2]. Dla przedsiębiorstw priorytetem była głównie produkcja, obszar taki jak utrzymanie ruchu maszyn traktowano jako działalność pomocniczą i doraźną. Reaktywne utrzymanie ruchu wiązało się z poglądem przedsiębiorców na temat kondycji maszyn, zgodnie z którym częstość awarii maszyn zależę od ich wieku i nieodwracalnych skutków ich starzenia się.

Sytuacja zaczęła się zmieniać z początkiem lat 50. XX wieku, gdy zaczęto używać maszyn sterowanych numerycznie (rys. 2). Wzrost zaawansowania maszyn pod względem ich sterowania i złożoności wymusił na wielu przedsiębiorcach podjęcie działań mających na celu zapobieganie zbyt częstym awariom i usterkom obiektów technicznych. Zaczęto dostrzegać, że niesprawna maszyna może np. zatrzymać całą linię produkcyjną, a więc ma bezpośredni wpływ na zachowanie ciągłości produkcji. To sprawiło, że powstała strategia prewencyjnego utrzymania ruchu, która obejmowała działania planowo-zapobiegawcze. Celem tak prowadzonego utrzymania ruchu było wykonywanie czynności remontowych, konserwacyjnych i przeglądowych zgodnie z zaplanowanym harmonogramem, czyli w ustalonych odstępach czasu lub po wykonaniu przez maszynę odpowiedniej pracy. Przełom ten spowodował, że zaczęto wskazywać na zależność procesów produkcyjnych od stanu technicznego maszyn. Dosyć szybko zauważono, że stosowanie strategii prewencyjnego utrzymania ruchu przyczynia się do zmniejszenia liczby awarii i czasu przestojów z nimi związanych, obniżenia kosztów utrzymania ruchu w przedsiębiorstwie oraz zwiększenia dostępności maszyn i mocy przerobowych [2].

Druga połowa lat 70. XX wieku to początki kolejnego trendu w utrzymaniu ruchu – podjęcia progностycznego (rys. 2). Trend ten był odpowiedzią na zwiększającą się liczbę maszyn

eksploatowanych w zakładach przemysłowych, których koszt był coraz większy ze względu np. na wzrastający poziom zaawansowania mechanicznego i wydajność. Nowe podejście miało zapewnić bezawaryjną pracę urządzeń i maszyn w całym okresie ich użytkowania [2]. Drugim powodem była także rosnąca wydajność średnia w przedsiębiorstwach.

3. ANALIZA EFEKTYWNOŚCI RÓŻNYCH STRATEGII UTRZYMANIA RUCHU

Każde podejście do utrzymania ruchu w przedsiębiorstwie ma inne zalety. Które jest zatem najlepsze? Dobór strategii może zależeć od specyfiki przedsiębiorstwa, złożoności procesu produkcyjnego, długości serii produkcyjnej, organizacji pracy w firmie lub stopnia zaawansowania technicznego parku maszynowego. Odpowiednią strategię należy zatem dobierać po kompleksowej analizie wspomnianych cech danego przedsiębiorstwa. Która koncepcja będzie najefektywniejsza w danych warunkach konkretnego przedsiębiorstwa?

Rozważania warto rozpocząć od najmniej złożonego podejścia, jakim jest reaktywne utrzymanie ruchu, które przewiduje jedynie działania doraźne po wystąpieniu awarii lub usterki. Do głównych zalet takiej strategii można zaliczyć niski poziom kosztów początkowych (do czasu wystąpienia awarii) czy też możliwość stosowania jej, gdy chodzi o maszyny o małej krytyczności. W związku z tym metoda ta sprawdza się w szczególności w przypadku maszyn, których praca nie ma dużego wpływu na ciągłość produkcji, a potencjalna awaria nie wygeneruje znaczących kosztów serwisowych. Ta strategia może mieć również zastosowanie, gdy personel nie jest wystarczająco przeszkolony z utrzymania sprawności maszyn i urządzeń, a wszystkie zadania związane z tym obszarem zleca się firmom zewnętrznym.

Jeśli w przedsiębiorstwie stosuje się program czysto reaktywny, nie będzie konieczne poniesienie kosztów stworzenia dodatkowych stanowisk pracy i innych, ale wyłącznie do czasu wystąpienia awarii. W rzeczywistości, w czasie gdy oszczędza się na kosztach utrzymania ruchu, tak naprawdę wydaje się więcej pieniędzy niż w przypadku stosowania innego podejścia. Bez działań konserwacyjnych skraca się żywotność maszyn, co z kolei powoduje szybsze i częstsze uleganie awariom i usterek. Jest to zwiększony koszt, którego nie zaobserwowano by, gdyby program konserwacji był bardziej proaktywny. Największą wadą takiego rozwiązania są zatem zwiększone koszty spowodowane nieplanowanymi przestojami maszyn i koszty związane z usunięciem samej awarii maszyny (gdy stosuje się tylko reaktywne podejście, często mamy do czynienia z awariami krytycznymi). Do rzadziej zauważanych wad takiego podejścia można zaliczyć nieefektywne wykorzystanie zasobów ludzkich, wywołane tym, że personel zakładu nie jest zaangażowany w dbałość o stan maszyn i urządzeń.

Badania przeprowadzone na początku XXI wieku w Stanach Zjednoczonych wykazały, że ponad 55% przedsiębiorstw stosuje reaktywne podejście do utrzymania ruchu (w szczególności sektor małych i średnich przedsiębiorstw) [4].

Kolejny rodzaj strategii – prewencyjne utrzymanie ruchu – jest związany z zaplanowanymi działaniami mającymi na celu zapobieganie powstawaniu awarii i usterek maszyn. Zaplanowane działania wchodzące w skład prewencji w utrzymaniu maszyn mogą obejmować m.in. wymianę pasków i filtrów, dbałość o prawidłowe napięcie lin, czyszczenie cewek wewnętrznych i zewnętrznych, smarowanie silników i łożysk, czyszczenie oraz testowanie funkcji sterowania i kalibracji oraz malowanie w celu ochrony przed korozją [2]. Prewencyjne

podejście ma za zadanie łagodzić degradację (starzenie się) maszyn w celu przedłużenia okresu użytkowania bez awarii oraz umożliwiać wczesne wykrywanie symptomów zbliżającej się awarii lub usterki. Terminy wykonywania tego typu prac wynikają zazwyczaj z zaleceń producenta urządzenia lub przepisów prawa.

Pomimo że prewencyjne utrzymanie ruchu ma wiele zalet, zwłaszcza w porównaniu z podejściem reakcyjnym, nie jest pozbawione wad. Jako główne zalety takiego podejścia można wskazać elastyczność w kontekście dostosowywania odpowiednich terminów przeglądów i remontów maszyn oraz fakt, że można zaoszczędzić szacunkowo od 12% do 18% kosztów w porównaniu z podejściem reaktywnym [3]. Właściwe wdrożenie i stosowanie prewencji przyczynia się do zwiększenia żywotności komponentów (części) maszyn, zmniejszenia awaryjności, a tym samym zwiększenia niezawodności parku maszynowego. Niestety przeglądy również wymagają zatrzymania urządzenia, dlatego do przerw dochodzi, ale planuje się je, dzięki czemu nie wpływają znacząco na zachowanie ciągłości produkcji. Należy również zwrócić uwagę na fakt, że okresowa inspekcja jest czasochłonna i wymaga zaangażowania personelu, który nierzadko trzeba w tym zakresie dodatkowo przeszkolić.

Do wad podejścia prewencyjnego utrzymania ruchu zalicza się także niepotrzebne wykonanie remontów, np. w przypadku nowych maszyn i urządzeń, oraz możliwość przypadkowego uszkodzenia podzespołów maszyny podczas zaplanowanej konserwacji. Podejście to sprawdzi się w przypadku maszyn wykorzystywanych do wytwarzania długich serii produkcyjnych o średniej i wysokiej krytyczności.

Wdrażając tę strategię utrzymania ruchu, należy również zwrócić uwagę na to, aby zaplanować odpowiednią częstość przeglądów maszyn. Zarówno przeglądy zbyt częste, jak i te przeprowadzane zbyt rzadko mijają się z celem i z różnych przyczyn są nieoptyczne.

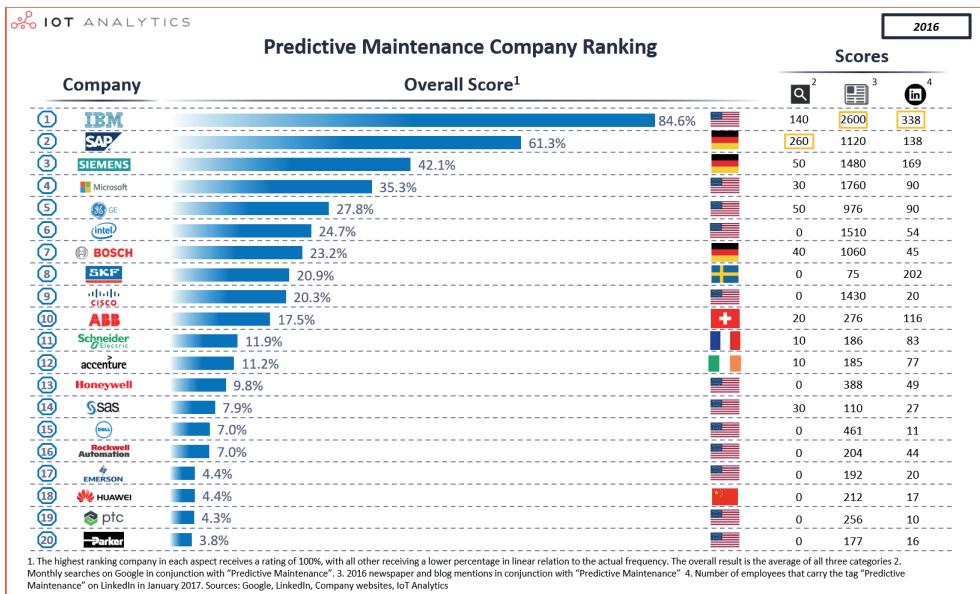
Stosowanie działań planowych i profilaktycznych zgodnie z podejściem prewencyjnym wydaje się uzasadnione w przypadkach rutynowych kontroli, np. kontroli dokładności geometrycznej maszyny lub codziennych czynności zapewniających utrzymanie maszyn (np. czyszczenie, smarowanie, regulowanie napięcia lin itp.). Ponadto częściowe nawet wdrożenie tego podejścia może być przydatne podczas analizy, planowania lub harmonogramowania aktywności związanych z utrzymaniem ruchu w przedsiębiorstwie, a także gdy dane statystyczne wskazują, że obiekt techniczny ulega awariom w sposób powtarzalny, schematyczny [2]. Warte podkreślenia jest to, że dobrze opracowany program konserwacji predykcyjnej niemal całkowicie wyeliminuje awarie zaliczane do grupy awarii krytycznych.

Strategia prewencyjna nie sprawdzi się, gdy intensywność zużycia podzespołów (części) maszyn nie jest stała w czasie ich eksploatacji. Czas pracy maszyny bez awarii między uszkodzeniami ulega bowiem skróceniu w miarę upływu czasu użytkowania [2].

Prognostyczne podejście do utrzymania ruchu w przedsiębiorstwach wiąże się natomiast z monitorowaniem stanu technicznego maszyn, także za pomocą algorytmów analitycznych, w celu przewidywania awarii przed jej wystąpieniem [4]. Strategia ta oparta jest na diagnostyce maszyn, dzięki której zyskuje się pewną informację o tym, jakie elementy nadają się np. do wymiany. Po zbadaniu elementu maszyny podejmuje się odpowiednią decyzję o ewentualnej wymianie lub konserwacji, np. wymianie zużytych pasków napędowych w maszynach CNC czy też wymianie oleju, łożyska itp. Paski napędowe to części maszyn, które dosyć szybko mogą ulec zużyciu, dlatego tak ważne jest, aby we właściwym czasie je wymienić, ponieważ taka prosta usterka, jeśli zostanie zbagatelizowana, może doprowadzić

do znacznych przestoju w pracy. We wcześniej omawianej strategii prewencyjnej stanu poszczególnych komponentów można było się jedynie domyślać (np. na podstawie teoretycznie zdefiniowanych przez producenta czasów ich trwałości), dlatego podejście prognostyczne, w którym badany jest stan rzeczywisty, wydaje się bardziej słuszne. Pojawia się zatem pytanie: czy jest tak zawsze? By na nie odpowiedzieć, należy przeanalizować wszystkie wady i zalety strategii, odnosząc je do rzeczywistych potrzeb danego przedsiębiorstwa. Do głównych zalet prognostycznego podejścia można zaliczyć zwiększoną żywotność części maszyn, umożliwienie podjęcia działań naprawczych z odpowiednim wyprzedzeniem, znaczne zmniejszenie czasów przestoju maszyn i urządzeń produkcyjnych czy też zaoszczędzenie od 8% do 12% kosztów w porównaniu z podejściem prewencyjnym [3]. Na niekorzyść takiego programu zarządzania utrzymaniem ruchu przemawiają natomiast znaczne zwiększenie nakładów finansowych na sprzęt diagnostyczny oraz konieczność przeszkolenia personelu (potrzeba znacznie bardziej zaawansowanego pakietu szkoleń niż w przypadku strategii prewencyjnej). Nie ulega wątpliwości, że jednymi z najważniejszych czynników, które determinują wdrożenie strategii prognostycznej, są wysokie zaawansowanie technologiczne parku maszynowego oraz produkcja masowa.

Przedstawiony na rysunku 3 ranking z 2016 roku pokazuje, że podejście predykcyjne w utrzymaniu ruchu najczęściej stosują firmy z branży informatycznej i elektrotechnicznej. Wraz z rozwojem technologicznym rosnąć będzie znaczenie podejścia prognostycznego, a tym samym będą się rozwijać w dalszym ciągu systemy, dzięki którym maszyny same będą się diagnozować [5].



Rysunek 3. Ranking firm stosujących strategię predykcyjną

Źródło: [5]

W tabeli 1 przedstawiono zestawienie podstawowych, opisanych powyżej strategii utrzymania ruchu wraz z ich głównymi wadami i zaletami.

Tabela 1. Zestawienie podstawowych strategii utrzymania ruchu

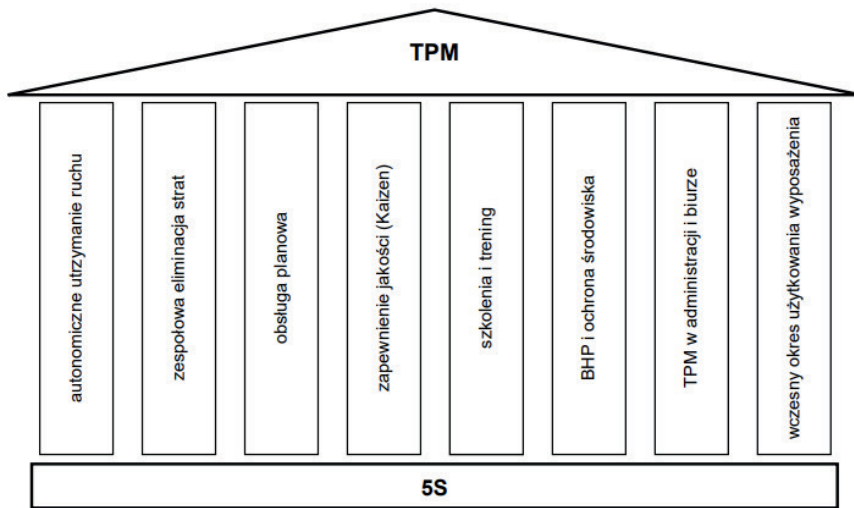
Strategia	Główny cel	Zaleta	Wada
Reaktywna	naprawa maszyn tylko gdy się popadają	niski koszt wdrożenia	potencjalne duże koszty naprawy maszyn
Prewencyjna	konserwacja i naprawy maszyn według ustalonego harmonogramu	strategia możliwa do wdrożenia bez specjalistycznej wiedzy	ryzyko braku odzwierciedlenia w harmonogramie czynności rzeczywistego stanu infrastruktury technicznej, ryzyko konieczności zbyt wczesnej renowacji maszyn
Prognostyczna	monitorowanie stanu technicznego maszyn i na tej podstawie podejmowanie odpowiednich działań	terminowe i świadome monitorowanie stanu maszyn, daje możliwość zapobiegania wystąpieniu awarii	potencjalne wysokie koszty ciągłego monitorowania maszyn

Źródło: opracowanie własne na podstawie [2]

W ramach strategii prewencyjnej i prognostycznej powstało wiele kompleksowych metod, które pozwalają na całościowe zarządzanie ruchem maszyn w przedsiębiorstwach. Są to np. RCM (*reliability centered maintenance*) – oparta na niezawodności obiektów technicznych, oraz TPM (*total productive maintenance*) – jedna z metod *lean manufacturing* mająca na celu maksymalizację dostępności i produktywności [6].

Na rysunku 4 przedstawiono osiem głównych filarów metodologii TPM. Składową wyróżniającą TPM wśród innych metod jest autonomiczne utrzymanie ruchu, czyli działania związane z utrzymaniem maszyn i urządzeń w najlepszym stanie technicznym i czystości prowadzone przez samych operatorów [6].

Wszystkie przedsiębiorstwa produkcyjne są nastawione na uzyskanie jak największej dyspozycyjności maszyn i urządzeń przy minimalnych nakładach ponoszonych na ich utrzymanie. W związku z tym najbardziej opłacalne jest stosowanie utrzymania ruchu zorientowanego na produkcję, a więc metoda TPM, która stawia właśnie przede wszystkim na zwiększenie udziału operatorów maszyn w ich dozorowaniu, a także przekazanie im odpowiedzialności i uprawnień dotyczących działań prewencyjnych [6].



Rysunek 4. Filary metody TPM

Źródło: opracowanie własne na podstawie [7]

W tabeli 2 przedstawiono najlepsze strategie i metody, które sprawdzą się w odniesieniu do konkretnych rodzajów produkcji – długości serii produkcyjnych. W przypadku produkcji jednostkowej wystarczające może okazać się podejście reakcyjne, gdyż ten typ produkcji wiąże się wytwarzaniem niepowtarzalnych produktów – po jednej sztuce lub maksymalnie po kilka sztuk, najczęściej za pomocą uniwersalnego sprzętu i oprzyrządowania, które można łatwo zastąpić lub szybko oraz skutecznie naprawić. Ważne jest także to, że produkcję jednostkową cechuje również duża liczba procesów ręcznego montażu i operacji wykańczania, dlatego nie ma potrzeby wprowadzania rozbudowanych programów konserwacji maszyn i urządzeń, których udział procesowy w tym wypadku może być ograniczony [8].

Tabela 2. Zalecane strategie w odniesieniu do rodzaju produkcji

Typ organizacji produkcji	Zalecana strategia lub/i metoda
Produkcja jednostkowa	reaktywna
Produkcja seryjna	planowo-zapobiegawcza (także TPM)
Produkcja masowa	prognostyczna (także TPM)

Źródło: opracowanie własne na podstawie [8, 9]

W przypadku produkcji seryjnej najczęściej najlepszym rozwiązaniem jest stosowanie predykcji, w ramach której funkcjonuje podejście planowo-zapobiegawcze. Może to się okazać skuteczne, ponieważ podczas produkcji seryjnej maszyny są dostosowane do konkretnych

produktów, jednak po zakończeniu danej serii są przezbrajane na produkt o innych parametrach, dlatego harmonogramowanie np. przeglądów maszyn po każdej serii produkcyjnej wydaje się uzasadnione. Dodatkowo w tym typie produkcji zazwyczaj dominuje specjalistyczny sprzęt i wyposażenie techniczne, które wymaga regularnych oraz zaplanowanych konserwacji [8].

Jeżeli natomiast przyjrzyć się produkcji masowej, która charakteryzuje się małą różnorodnością wyrobów oraz ciągłością procesu, to najwłaściwszym rozwiązaniem jest wdrożenie strategii prognostycznej. Jest to słuszne, ponieważ w tym typie produkcji – podobnie jak w przypadku produkcji seryjnej – dominuje specjalistyczny sprzęt oraz wyposażenie techniczne, a także procesy w dużym stopniu są zmechanizowane i zautomatyzowane. Warto zaznaczyć, że maszyny dostosowane są do produkcji konkretnych produktów bez konieczności ich przezbrajania, dlatego tak ważne jest ich ciągłe monitorowanie i w razie potrzeby podjęcie odpowiednich działań zaradczych przed wystąpieniem awarii, tak aby móc zachować podstawowe cechy produkcji masowej, takie jak np. ciągłość procesu produkcyjnego czy minimalny czas trwania cyklu produkcyjnego [8].

Metody predykcyjne zalecane są zatem przede wszystkim przedsiębiorstwom, w których wykonywane są powtarzalne procesy produkcyjne. Wówczas możliwe jest pozyskanie porównywalnych danych, które okazują się przydatne przy prognozowaniu zużycia elementów maszyn. Im bardziej produkcja przypomina produkcję jednostkową, tym częściej maszyny są przezbrajane, tym więcej czynności jednocześnie wykonują i tym trudniej skutecznie prognozować wystąpienie awarii obiektów technicznych [8, 9].

4. PODSUMOWANIE

Dobór odpowiedniej strategii czy też sposobu utrzymania ruchu w przedsiębiorstwie zależy przede wszystkim od cech konstrukcyjnych maszyn, a także ich przeznaczenia produkcyjnego. Maszyny zaawansowane technologicznie, bardzo kosztowne lub działające w ramach zautomatyzowanych linii produkcyjnych wymagają innej staranności w utrzymaniu niż np. maszyny konwencjonalne, o prostej budowie i małej liczbie podzespołów. Dla tych pierwszych bardziej zasadną strategią będzie prewencyjne utrzymanie ich w sprawności, czyli np. zastosowanie metody TPM lub strategii prognostycznej. Dla tych drugich wystarczające może okazać się podejście reakcyjne, z ewentualnymi elementami programu planowo-zapobiegawczego. Ramowy program utrzymania ruchu w przedsiębiorstwie warto więc dobierać, uwzględniając cechy konkretnych maszyn oraz zgodnie z warunkami ich eksploatacji. W tym celu można wykorzystać np. analizę krytyczności parku maszynowego, w której po wyborze odpowiednich kryteriów oceny maszyn, takich jak np. obciążenie pracą, liczba awarii krytycznych, zamienność w razie wystąpienia awarii, wpływ na produkcję, stopień automatyzacji, dostępność części i serwisu, wpływ na środowisko czy BHP, dokonuje się priorytetyzacji obiektów technicznych. Pomocne może okazać się również zwrócenie uwagi na to, z jaką organizacją pracy mamy do czynienia w danym przedsiębiorstwie, na jakim poziomie jest świadomość personelu co do właściwej eksploatacji maszyn, jak wygląda kwestia szkoleń wewnętrznych itp. Należy też ustalić, z jakim typem produkcji ma się do czynienia. Właściwym podejściem w przypadku produkcji masowej może okazać się prognostyka, a w przypadku produkcji

jednostkowej – mniej złożona koncepcja. Dzięki temu możliwe jest zaproponowanie, w jaki sposób i od jakich maszyn powinno się rozpocząć wdrażanie odpowiednich strategii i. Należy pamiętać, że możliwe jest również stosowanie w jednym zakładzie produkcyjnym różnych strategii, w zależności od wybranego obszaru parku maszynowego. W przypadku maszyn o prostej budowie z powodzeniem można stosować strategię reakcyjną, a np. w odniesieniu do linii produkcyjnych o wysokim poziomie krytyczności należy wdrożyć strategię prewencyjną lub predykcyjną. Warto zauważyć, że jeżeli nawet całkowite wdrożenie któregoś z koncepcji utrzymania ruchu jest niemożliwe w danym przedsiębiorstwie np. ze względów finansowych, to warto zastanowić się nad implementacją tylko wybranych elementów lub podstaw metody czy programu.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Queris, *Utrzymanie ruchu*, <https://queris.pl/baza-wiedzy/utrzymanie-ruchu/> [25.09.2022].
- [2] Słowiński B., *Inżynieria eksploatacji maszyn*, Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej, Koszalin 2014.
- [3] Macha E., *Niezawodność maszyn*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Opolskiej, Opole 2001, „Skrypt – Politechnika Opolska”, nr 237.
- [4] Sullivan G.P., Pugh R., Melendez A.P., Hunt W.D., *Operations & Maintenance Best Practices – A Guide to Achieving Operational Efficiency (Release 3.0)*, Pacific Northwest National Laboratory, Richland, Washington 2010.
- [5] Lueth K.L., *The top 20 companies enabling predictive maintenance*, 2017, <https://iot-analytics.com/top-20-companies-enabling-predictive-maintenance/> [25.09.2022].
- [6] Frąś J., Frąś M., *Metody i narzędzia zarządzania utrzymaniem ruchu maszyn współczesnych systemów produkcyjnych*, „Problemy Nauk Stosowanych” 2018, t. 8, s. 69–80.
- [7] Frąś J., Frąś T., Frąś I., Frąś M., *Współczesne koncepcje zarządzania utrzymaniem ruchu maszyn w systemach produkcyjnych*, „Studia i Prace WNEiZ US” 2018, nr 53, t. 3, s. 65–75.
- [8] Litwińska M., Miernik M., Chabanivskiy K.(C.), *Typy produkcji*, https://mfiles.pl/pl/index.php/Typy_produkcji [25.09.2022].
- [9] Traczyk W., *Różne strategie utrzymania ruchu w zakładzie produkcyjnym*, 2022, <https://magazynprzemyslowy.pl/artykuly/rozne-strategie-utrzymania-ruchu-w-zakladzie-produkcyjnym> [25.09.2022].

ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF DIFFERENT MAINTENANCE STRATEGIES

Summary: The increasing degree of automation and technological sophistication of machinery and equipment in recent years has caused manufacturing companies to impose increasing demands on them. Technical facilities are likely to meet them when appropriate maintenance management strategies are introduced in the organization.

The purpose of the paper is to compare the effectiveness of different maintenance strategies and to identify one that can, when implemented, bring the greatest benefit to the company under specific production conditions. The paper will present the process of development of the maintenance approach in enterprises, the advantages and disadvantages of selected strategies, and identify examples of the determinants that determine the implementation of a specific machinery maintenance program in manufacturing companies.

Keywords: reliability, maintenance, maintenance strategies, TPM