

22. UTRZYMANIE RUCHU MASZYN

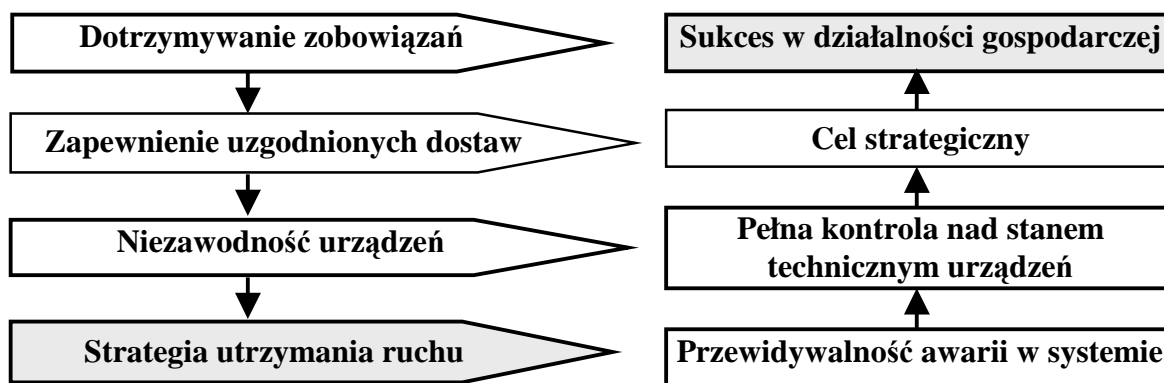
Cel wykładu



22. 1. Znaczenie utrzymania ruchu maszyn

Upowszechnienie zarządzania procesowego, a tym samym umiejętności analizy zagadnień utrzymania ruchu, to podstawa przełamania słabości konkurencyjnej polskiego przemysłu.

Warunkiem osiągnięcia sukcesu w działalności każdej firmy jest dotrzymywanie zobowiązań. Osiągnięcie tego wymaga zagwarantowania niezawodności aparatu produkcyjnego, czyli pełnej kontroli nad stanem technicznym maszyn, urządzeń i zaplecza. To z kolei wymaga umiejętności przewidywania uszkodzeń i możliwości sprawnego przywracania im stanu akceptowalnego.



Strategie utrzymania ruchu maszyn i urządzeń technicznych

1. **Zorientowana na zysk.** Celem tej strategii jest zaplanowanie działań powodujących maksymalizację zysku. Polega ona m.in. na: wycofaniu z eksploatacji urządzeń technicznych nie przynoszących zysku oraz ograniczeniu nakładów inwestycyjnych do niezbędnego minimum, podtrzymującego możliwość prowadzenia działalności.
2. **Zorientowana na minimalizację kosztów.** Celem takiej strategii jest zaplanowanie działań powodujących maksymalne obniżanie poziomu kosztów. Może to być osiągnięte np. przez likwidację działów pomocniczych i wprowadzenie outsourcingu.
3. **Zorientowana na maksymalizację czasu pracy.** Celem tej strategii jest utrzymywanie maszyn i urządzeń produkcyjnych w gotowości technicznej przez zaplanowany czas. Można to uczynić przez ponoszenia nakładów na utrzymanie sprawności i gotowości technicznej własnego potencjału technologicznego, wynikającej z przyjętej prowadzenie polityki eksploatacyjnej.

Utrzymanie ruchu to codzienna, systematyczna praca, związana z wykonywaniem zaplanowanych jednorazowych lub okresowych zadań w celu zapobiegania degradacji stanu technicznego urządzeń i występowaniu awarii lub (gdy do nich dojdzie), usuwaniem ich w celu przywrócenia urządzeniom ich pełnej funkcjonalności.

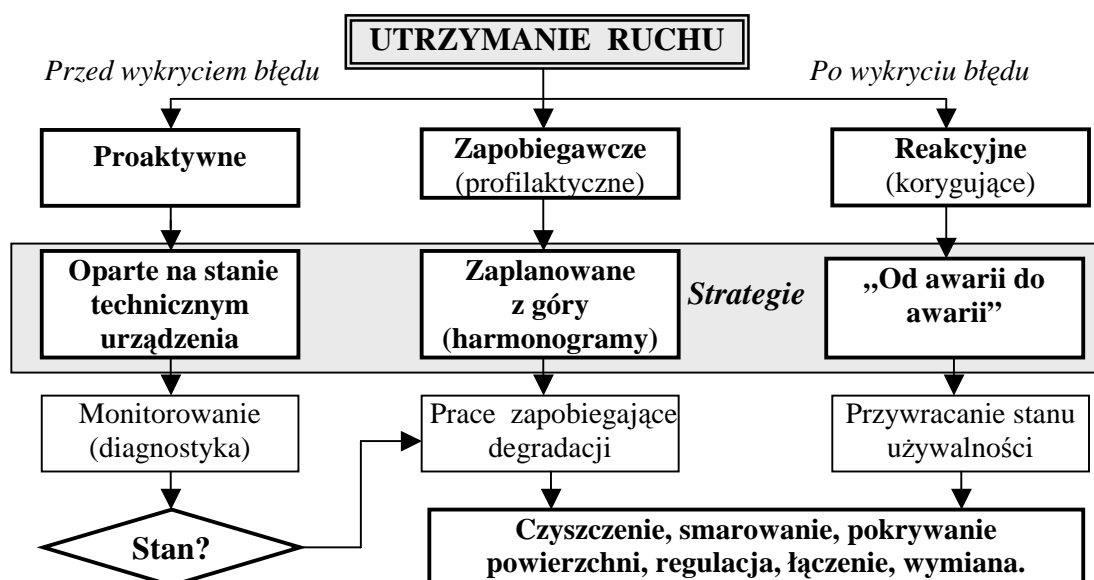
Mówiąc o współczesnych strategiach utrzymania ruchu, w sposób naturalny porusza się zagadnienia dotyczące **niezawodności**. O tym, jak wielką wagę przywiązują do tego organizacje przemysłowe, świadczą coraz częściej spotykane wydzielone organizacyjnie komórki służb niezawodności. Jest to także związane z logistyką produkcji, a zaliczane współcześnie do zarządzania i sterowania produkcją. Do zapewnienia pełnej zdolności produkcyjnej przedsiębiorstwa niezbędny jest dobrze zorganizowany i sprawnie zarządzany system utrzymania ruchu. Od niego zależy wydajność, jakość, koszt produkcji, bezpieczeństwo pracy.

Kiedy mówi się o strategiach utrzymania ruchu, trzeba zdawać sobie sprawę z dynamiki zmian, którym podlega ta dziedzina. W warunkach ostrej konkurencji, gdy wymagane jest osiąganie coraz wyższej wydajności, stosowane urządzenia techniczne są coraz bardziej złożone i wymagają właściwego nadzoru. Spowodowało to także wzrost zainteresowania się **teorią niezawodności**, jako dziedziny wiedzy pozwalającej przewidzieć (z określonym prawdopodobieństwem) okres poprawnej pracy maszyny lub innego urządzenia technicznego.

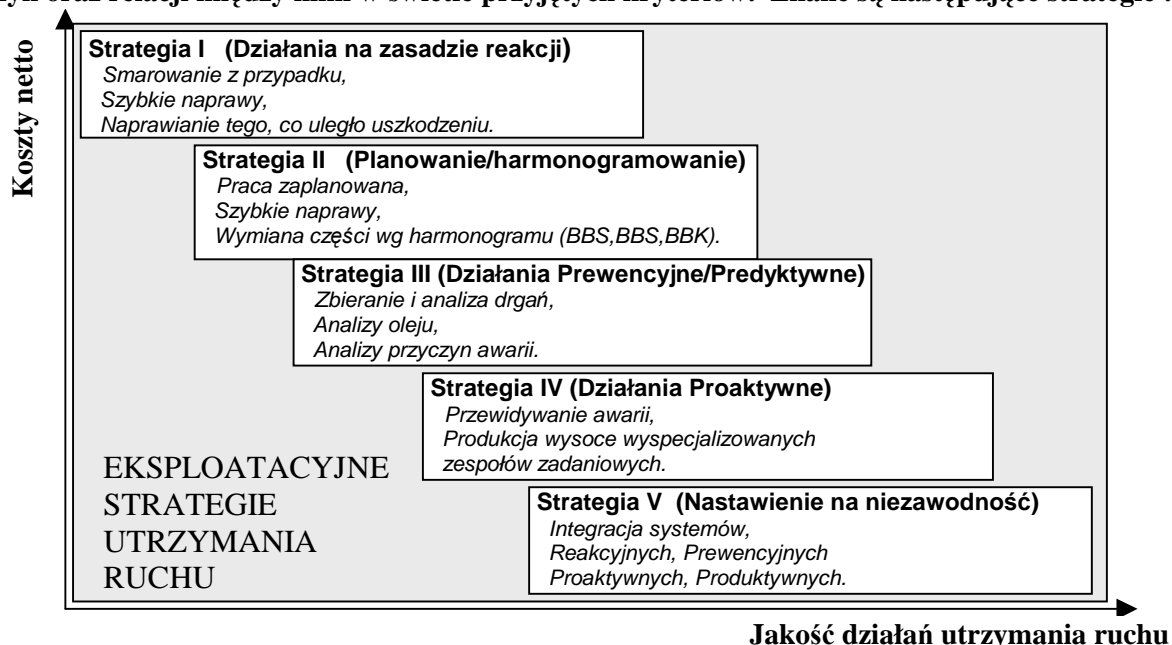
22. 2. Strategie utrzymania ruchu maszyn

Strategia utrzymania ruchu jest zbiorem długofalowych celów i przedsięwzięć realizacyjnych.

Początkowo racjonalna eksploatacja maszyn wiązała się z obsługiwaniem technicznym przeprowadzanym po uszkodzeniu. Następnie przyszedł okres planowania resursów lub przebiegów. Osiągnięcie maksymalnej wydajności zakładu produkcyjnego w najbardziej efektywny sposób wymaga **zmiany** tradycyjnego reaktywnego (naprawczego) utrzymania ruchu na **proaktywne**, oparte na znajomości stanu technicznego maszyn i urządzeń. To z kolei wymusiło konieczność diagnozowania bieżącego stanu technicznego urządzeń (patrz rysunek).



Strategia eksploatacyjna polega na ustaleniu sposobów prowadzenia użytkowania i obsługiwanie maszyn oraz relacji między nimi w świetle przyjętych kryteriów. Znane są następujące strategie :



W firmach osiągających całkowitą efektywność urządzeń powyżej 80%, tylko 10% czasu poświęca się na naprawy. Reszta czasu jest przeznaczana na wcześniej zaplanowane i harmonogramowane prace zapobiegawcze (nastawienie się na niezawodność). Prace te są wykonywane podczas wybranych przestojów technologicznych, a proces produkcyjny cechuje stabilność i przewidywalność.

Podstawą dobrej strategii jest sprawne łączenie i zarządzanie danymi. Umożliwiają to CMMS – skomputeryzowane systemy zarządzania utrzymaniem ruchu.

22. 3. Funkcja ryzyka

Z rodzajem strategii utrzymania ruchu maszyn i urządzeń związany jest aspekt bezpieczeństwa ich eksploatacji.

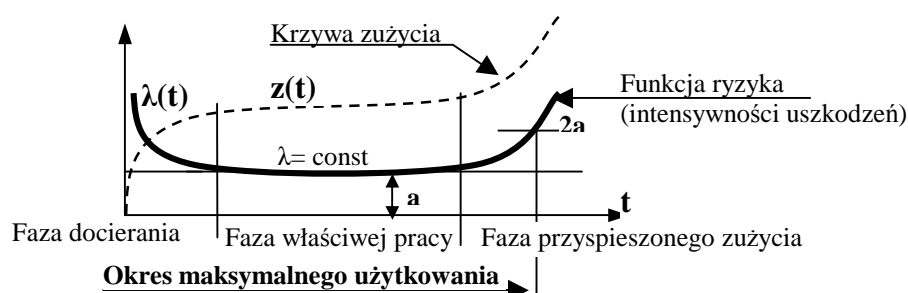
Użytkownik podejmując decyzję o tym, czy kupić droższą, ale trwalszą maszynę czy też tańszą – bardziej zawodną, powinien przewidzieć moment celowej wymiany użytkowanej maszyny lub urządzenia. Niezmiernie ważne jest ustalenie, kiedy to ma nastąpić. W tym zakresie należy opierać się na określonych danych z badań eksploatacyjnych, najlepiej na tzw. „krzywej wannowej”.

Funkcje uzyskane z badań zachowania się danych wyrobów w trakcie eksploatacji są dobrym punktem wyjścia do analiz jakościowych i ewentualnych działań modernizacyjnych w systemie wytwarzania. Jedną z często wykorzystywanych w tym zakresie funkcji jest intensywność uszkodzeń λ , zwana też krzywą ryzyka. Opisuje ona prawdopodobieństwo uszkodzenia się obiektu w przedziale czasu (0 - t). Zależność intensywności uszkodzeń od czasu nazwano funkcją intensywności uszkodzeń (ryzyka) $\lambda(t)$. Można ją wyznaczyć z zależności:

$$\lambda(t) = \frac{1}{\bar{T}}$$

gdzie: \bar{T} – średni okres trwałości danego zbioru maszyn (wyznaczony z badań).

Funkcja $\lambda(t)$ jest więc warunkowym prawdopodobieństwem powstania uszkodzenia wyrobu należącego do danego zbioru w chwili t pod warunkiem, że do tej chwili wyrób pracował bezawaryjnie. Wyznacza się ją zwykle na podstawie badania liczby uszkodzonych wyrobów (próbki) w określonym przedziale czasowym (najczęściej $T = 1000$ godzin). Krzywa $\lambda(t)$ może mieć różny przebieg w zależności od charakteru dominujących uszkodzeń. Najczęściej przyjmuje jednak ona postać zbliżoną do wanny i dlatego nazywana jest krzywą wannową (patrz rysunek)



Funkcja ryzyka (intensywności uszkodzeń) $\lambda(t)$ składa się z trzech wyraźnie różniących się faz:

- docierania („niemowlęcej”), czyli fazy wynikającej z uszkodzeń początkowych w wyniku docierania się elementów do siebie. Intensywność uszkodzeń jest duża, ale szybko zmniejsza się,
- właściwej (sprawnej) pracy, kiedy intensywność uszkodzeń jest prawie stała i zależy tylko od czynników losowych,
- zużycia przyspieszonego („starość”), kiedy wyrób wyczerpał już swój potencjał sprawczy (zestarzał się) i uszkodzenia następują coraz częściej w miarę upływu czasu.

Fazy docierania nie da się uniknąć. Oczywiście jest rzeczą pożądaną, aby była ona jak najkrótsza, dlatego producenci wyrobów przed dostarczeniem ich na rynek mogą przeprowadzać np. proces docierania u siebie tak, aby do użytkownika trafiał wyrób będący już na etapie pełnych swoich zdolności. Są to wówczas wyroby lepiej przez niego oceniane.

Stała wartość intensywności uszkodzeń, utrzymująca się przez większość drugiej fazy, jest zazwyczaj wynikiem określonej intensywności uszkodzeń komponentów (składników) wyrobu.

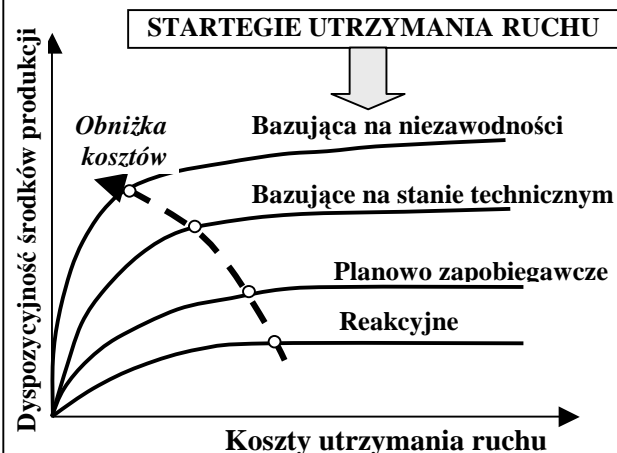
W momencie osiągnięcia podwójnej wartości intensywności uszkodzeń $2a$ (w odniesieniu do ustalonego poziomu a), urządzenie wkracza w fazę trzecią przyspieszonego zużycia. Faza ta nie powinna być przekraczana przy projektowaniu okresu gwarantowanej pracy tego urządzenia.

Celem działań związanych z utrzymaniem ruchu maszyn i urządzeń technicznych jest określenie wszystkich przedsięwzięć prowadzących do wzrostu okresu ich eksploatacji.

22. 3. Usprawnianie systemów utrzymania ruchu

Efektywność procesu eksploatacji maszyn i urządzeń technicznych ciągle ulega wzrostowi wskutek połączonych wysiłków konstruktora, producenta i użytkownika (konsumenta).

1. Najkorzystniej jest stosować utrzymanie ruchu bazujące na niezawodności. Jeśli jest to tylko możliwe, zawsze należy preferować też utrzymanie oparte na stanie technicznym.
2. Gdy jest to niewykonalne z przyczyn technicznych lub finansowych, powinniśmy wdrożyć utrzymanie zapobiegawcze.
3. Przy braku możliwości lub skutecznych metod utrzymania zapobiegawczego, pozostaje utrzymanie reakcyjne. Dotyczy to prostych awarii.
4. Jeśli nie można monitorować stanu urządzenia, a awaria zagraża bezpieczeństwu ludzi, należy dokonać zmian konstrukcyjnych.



Wiedza niezbędna w projektowaniu systemu utrzymania ruchu maszyn

- Informacje na temat maszyn i urządzeń – opis, kodyfikacja, zależności, stan techniczny,
- Informacje na temat prac aktualnie prowadzonych i planowanych napraw oraz remontów, daty i częstotliwości awarii, najczęstsze przyczyny uszkodzeń, opis usterek, koszty napraw, itp.

TRENDY W UTRZYMANIU RUCHU MASZYN

1. Zastosowanie nowoczesnych rozwiązań technicznych,
2. Specjalistyczne szkolenia podnoszące kwalifikacje personelu,
3. Korzystanie z usług zewnętrznych firm (outsourcing),
4. Wspomaganie działów UR przez systemy komputerowe klasy CMMS.

Algorytm wdrażania lub usprawnienia systemu utrzymania ruchu

1. **Szczegółowa analiza procesu produkcyjnego** w celu określenia wszystkich możliwych uszkodzeń urządzeń, oraz skutków, które mogą one wywołać. Skutki te są później szacowane ze względu na wpływ, jaki mają na bezpieczeństwo, proces produkcji oraz koszty operacyjne.
2. **Inwentaryzacja i skatalogowanie urządzeń.** Dane gromadzone o każdym urządzeniu powinny zawierać informacje o jego producencie, model, numer seryjny, specyfikację zasilania/mediów, lokalizację i przynależność organizacyjną, datę zakupu, stopień zużycia oraz koszt zakupu.
3. **Ustalenie najczęściej powtarzających się awarii poszczególnych urządzeń.** Dokonuje się tego na podstawie zebranych doświadczeń, wybierając po kilka najbardziej istotnych awarii dla każdego urządzenia. Następnie określa się częstotliwość występowania każdej z nich, jej najistotniejsze skutki, oraz wpływ, jaki te skutki mają na proces produkcyjny.
4. **Analiza obecnie stosowanych strategii UR** oraz procedur rejestrowania i śledzenia wykonywanych prac. Powinna ona również przewidywać sposoby magazynowania i zaopatrzenia w części zamienne i materiały oraz informacje o przyczynie i sposobie wykrycia awarii i usterek.
5. **Ustalenie punktów i harmonogramów inspekcji dla utrzymania zapobiegawczego.** Na podstawie problemów odkrytych podczas tych inspekcji generowane są zlecenia pracy.
6. **Zbudowanie efektywnego systemu proaktywnego przy użyciu programów CMMS.** Składa się na niego szereg współdziałających ze sobą elementów, takich jak zapobiegawcze utrzymanie ruchu, system zaopatrzenia i magazynowania części zamiennych, zbieranie informacji, obsługa zadań (przyjmowanie, planowanie i harmonogramowanie), szkolenia pracowników, integracja z produkcją, techniki diagnozowania i analizy błędów, prognozowanie i optymalizacja.

Produkcja jest wspólnym przedsięwzięciem działalności operacyjnej i utrzymania ruchu.