

PODSTAWY EKSPLOATACJI MASZYN

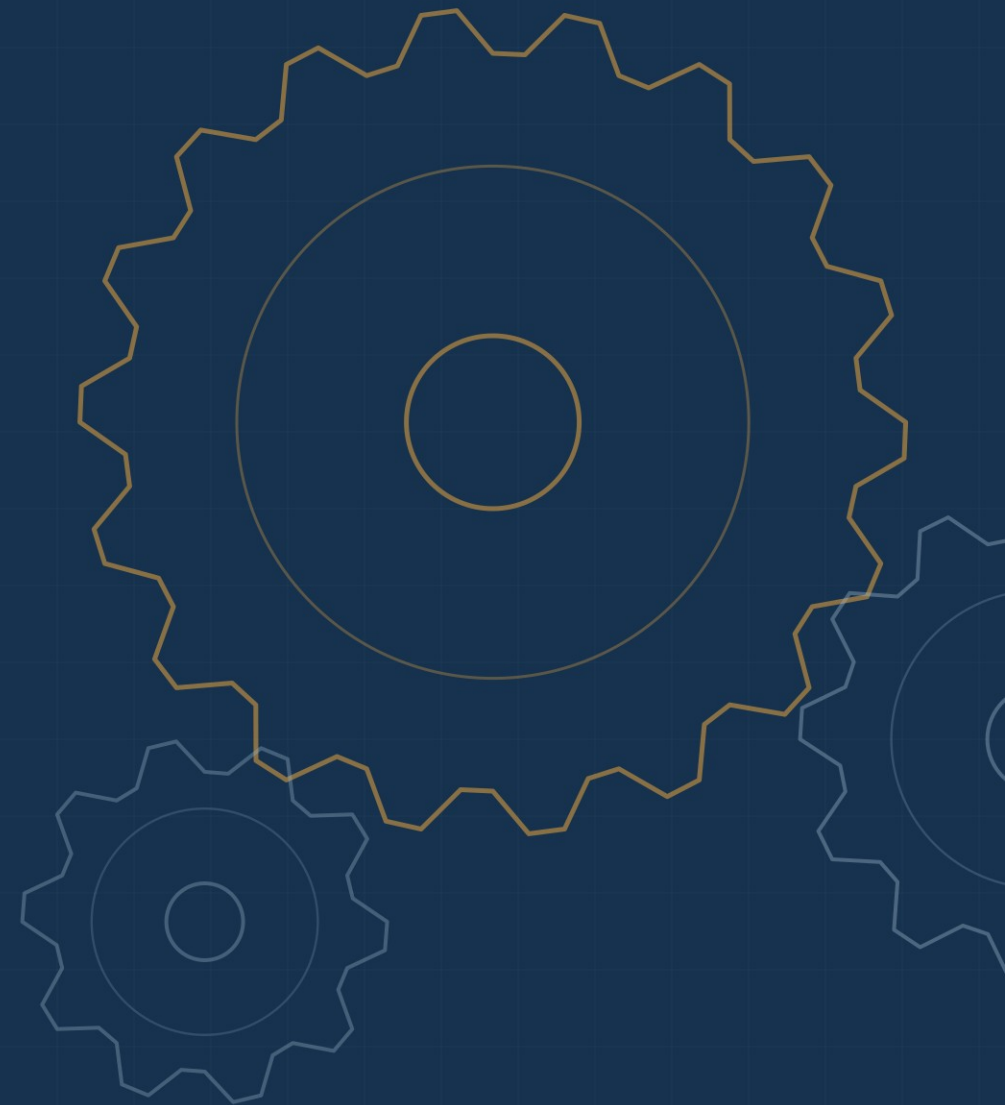
Wykład 5

Trwałość i zużycie maszyn

dr inż. Radosław Gościński

Akademia Techniczno-Artystyczna Nauk Stosowanych w Warszawie

Wykład opracowany na podstawie książki „Inżynieria eksploatacji maszyn” Bronisława Słowińskiego



Plan wykładów

W1

Wprowadzenie do problematyki eksploatacji

W2

Działanie ze środkami technicznymi

W3

Systemowe ujęcie eksploatacji

W4

Utrzymanie ruchu maszyn

W5

Trwałość i zużycie maszyn

W6

Elementy diagnostyki maszyn

W7

Podstawy badań eksploatacyjnych

W8

Elementy teorii niezawodności

W9

Prognostowanie niezawodności

W10

Metody poprawy niezawodności

W11

Procesy obsługi technicznej

Dzisiaj: W5. Trwałość i zużycie maszyn

01

Dyspozycyjność maszyn i urządzeń

Gotowość, niezawodność i współczynnik gotowości



Dyspozycyjność (gotowość) – pojęcie

Dyspozycyjność (gotowość) jest właściwością odnoszącą się do zdolności bycia zdatnym (niekiedy podkreśla się: gdy występuje potrzeba jego użytkowania) do wypełniania określonych funkcji. Aby urządzenie techniczne było zdatne musi być:

- odpowiednio zasilone,
- sprawne technicznie.

Ten pierwszy aspekt jest poza dyskusją. Ten drugi można zwiększyć przez odpowiednie strategie eksploatacyjne oraz działania w zakresie niezawodności. Niskie koszty eksploatacji oraz duża dyspozycyjność maszyn, pojazdów lub też innych urządzeń technicznych, to podstawowe czynniki wpływające nie tylko na rentowność przedsiębiorstwa, ale także na realizowane procesy. Stąd też w kierunku poprawy tych czynników zmierza świadoma polityka eksploatacyjna. Dyspozycyjność najczęściej charakteryzuje procent czasu, w ramach którego maszyna jest zdolna do świadczenia oczekiwanych usług.



KLUCZOWA MYŚL

Dyspozycyjność najczęściej charakteryzuje **procent czasu**, w którym maszyna jest zdolna do świadczenia oczekiwanych usług.

Atrybuty oceny eksploatacyjnej maszyny

ATRYBUTY OCENY EKSPLOATACYJNEJ MASZYNY

Cechy pozytywne

 **DYSPOZYCYJNOŚĆ** (availability)

 **NIEZAWODNOŚĆ** (reliability)

 **BEZPIECZEŃSTWO** (safety)

 **NOWOCZESNOŚĆ** (modernity)

Cechy negatywne

 **DEFEKTY** (faults)

 **NIEZDATNOŚCI** (impracticability)

 **BŁĘDY** (errors)

 **AWARIE** (failures)

Dyspozycyjność a niezawodność

Wysoka dyspozycyjność maszyn i urządzeń jest nierozzerwalnie związana z ich niezawodnością. Według normy terminologicznej **PN-93/N-50191** „niezawodność obiektu to zespół właściwości, które opisują gotowość obiektu i wpływające na nią nieuszkodzalność, obsługiwalność i zapewnienie środków obsługi”. Z tego wynika, że gotowość (dyspozycyjność) jest pojęciem nadrzędnym nad niezawodnością.

Przedmiotem badań i analiz niezawodności jest każde uszkodzenie, każdy błąd i defekt powodujący awarię urządzenia, natomiast przedmiotem analiz dyspozycyjności jest stosunek czasu użytkowania urządzenia do całego potencjalnego czasu jego pracy. Odpowiednikiem dyspozycyjności jest zatem bardziej efektywność niż niezawodność.



KLUCZOWA MYŚL

Gotowość jest pojęciem **nadrzędnym** wobec niezawodności – dziś terminologię porządkuje norma **IEC 60050-192**.

Warunki dyspozycyjności maszyny

Większa niezawodność poszczególnych elementów maszyny zapewnia dłuższy okres ich pracy, a tym samym decyduje o sprawności (dyspozycyjności) całej maszyny. Wobec powyższego, aby maszyna była dyspozycyjna winna być:



Niezawodna



Przygotowana do pracy

(zasilona w materiały eksploatacyjne i odpowiedni osprzęt)



Dopuszczona do użytku

(w świetle określonych przepisów, np. ruchu drogowego)

Współczynnik gotowości kg

Z punktu widzenia dyspozycyjności istotna jest relacja pomiędzy tymi okresami. Ilościowo relację tę można opisywać odpowiednim wskaźnikiem.

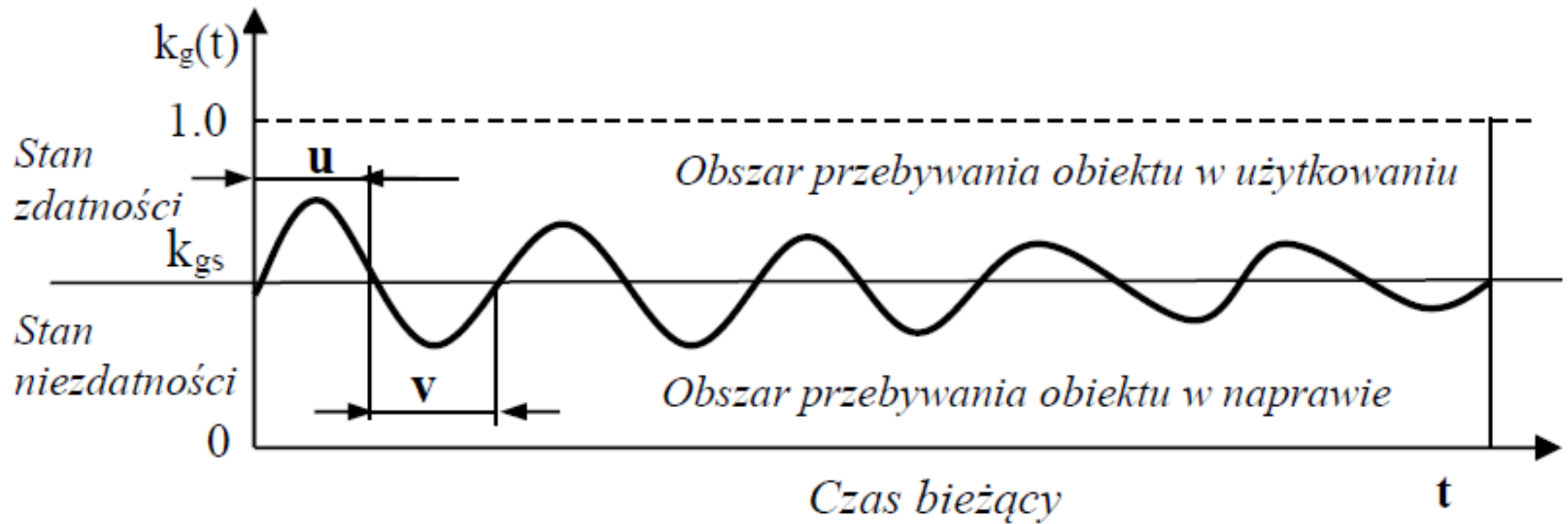
Charakterystyką ilościową tak rozumianej gotowości (dyspozycyjności) jest współczynnik gotowości kg,, definiowany jako udział czasu w stanie gotowości do pracy w całym rozpatrywanym okresie eksploatacji. Jest to funkcja, której wartości ze wzrostem czasu bieżącego t dążą do granicy zwanej stacjonarną wartością współczynnika gotowości kgs.



KLUCZOWA MYŚL

Ze wzrostem czasu współczynnik gotowości dąży do wartości **stacjonarnej kgs**.

Przebieg współczynnika gotowości obiektu naprawialnego



Przebieg współczynnika gotowości dla obiektów naprawialnych

Stacjonarny współczynnik gotowości technicznej

Gotowość do pracy obiektów nienaprawialnych wiąże się tylko z wartością **u**. Dla obiektów naprawialnych wartość tzw. **stacjonarnego współczynnika gotowości technicznej** **k_g** opisuje średni czas do uszkodzenia – ang. **MTTFF (Mean Time To First Failure)** – określony wzorem:

$$k_g = \frac{u}{u + v}$$

$$0 \leq k_g \leq 1$$



średni czas między uszkodzeniami

MTBF – Mean Time Between Failures



średni czas przywrócenia zdolności

MTTR – Mean Time To Repair

(dla obiektów nienaprawialnych $v = 0$, współczynnik k_g ma wartość równą 1)

Przykład: współczynnik gotowości obrabiarki

DANE (rok pracy obrabiarki CNC)

- czas pracy między uszkodzeniami: łącznie **3 800 h**
- liczba uszkodzeń: **20**
- łączny czas napraw: **200 h**

OBLICZENIA

$$u = MTBF = 3800 / 20 = 190 \text{ h}$$

$$v = MTTR = 200 / 20 = 10 \text{ h}$$

$$k_g = 190 / (190 + 10) = 0,95$$

95%

czasu obrabiarka jest w stanie gotowości do pracy

Jak podnieść gotowość do 0,97?

- zwiększyć MTBF do ok. 323 h (profilaktyka, lepsza niezawodność), albo
- skrócić MTTR do ok. 5,9 h (części na stanie, diagnostyka, organizacja napraw).

02

Zmiana stanu technicznego maszyn

Historia stanów, parametry strukturalne i użytkowe



Fizyczne starzenie się maszyny

Charakterystyki obiektu technicznego związane z atrybutami negatywnymi dotyczą w głównej mierze tego, co wynika z fizycznego starzenia się maszyny.

Pojęciem tym nazywa się proces naturalnych zmian, zachodzących w materiałach części maszyn na skutek wymuszeń wewnętrznych i zewnętrznych, powodujących nieodwracalne zmiany właściwości użytkowych tych części. Część z tych zmian można wyeliminować, części zapobiegać, ale (niestety) wraz z upływem czasu zmiany te stają się coraz intensywniejsze.

Na każdym obiekcie technicznym czas odciska bowiem swoje piętno w wymiarze historycznym i bieżącym:

- w wymiarze historycznym – obserwowany jako proces unowocześniania obiektów,
- w wymiarze bieżącym – jako proces degradacji stanu przez zużywanie i uszkodzenia



KLUCZOWA MYŚL

Czas odciska piętno w wymiarze **historycznym** (unowocześnianie) i **bieżącym** (degradacja stanu).

Stan obiektu i historia stanów

W skali bieżącej „historia życia obiektu technicznego” wyznaczana jest więc ciągiem zmieniających się jego stanów technicznych. Kolejne momenty, w których śledzimy obiekt, nazywamy krokami. Stanem jakiegoś obiektu a w chwili t , nazwiemy więc zbiór liczb x :

$$a(t) = (x_1, x_2, \dots, x_n)$$

Zbiór uporządkowany stanów obiektu a , wziętych w tej kolejności w jakiej się one realizują w czasie t , nosi nazwę historii stanów S :

$$S = a(k), a(k+1), a(k+2), \dots, a(k+n)$$

Możemy powiedzieć, że dla danego obiektu, czas jest ciągiem jego stanów technicznych lub (w sferze informacyjnej) ciągiem stanów naszej świadomości o istotnych cechach F tego obiektu (np. mocy, wydajności, prędkości, itp.).

Diagnoza, retrospekcja i prognoza

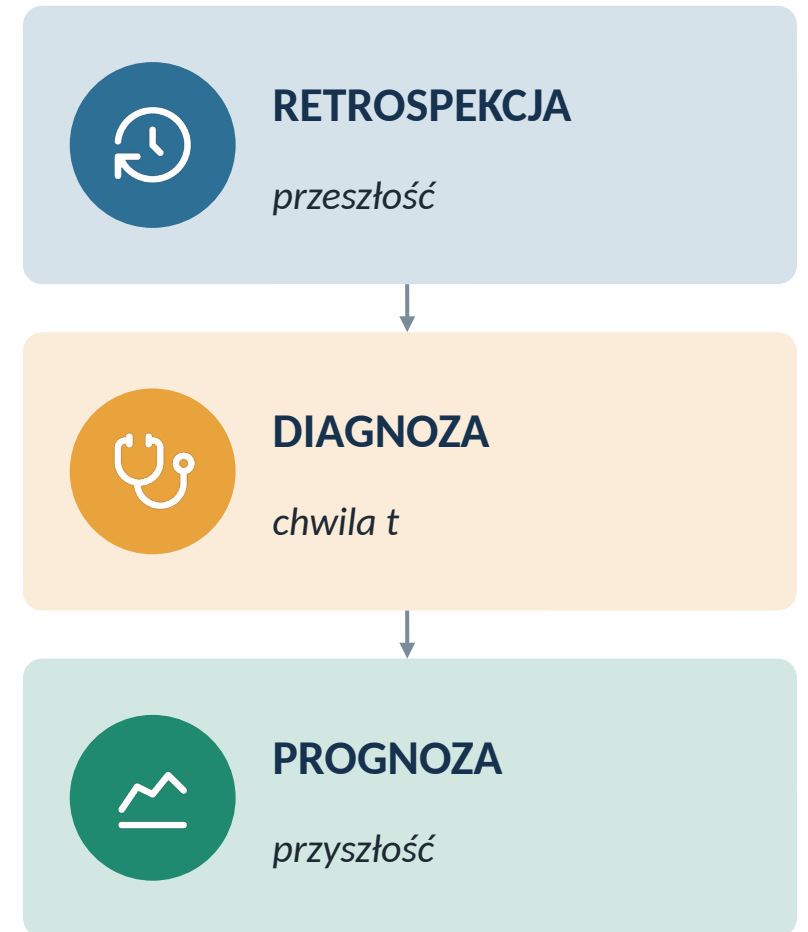
Przyjmijmy np., że mamy do czynienia ze zjawiskiem k , które występuje w obiekcie technicznym i przejawia się w postaci różnych jego charakterystyk:

$$k \{ a, F_1, F_2, F_3, F_4, \dots, F_n \}$$

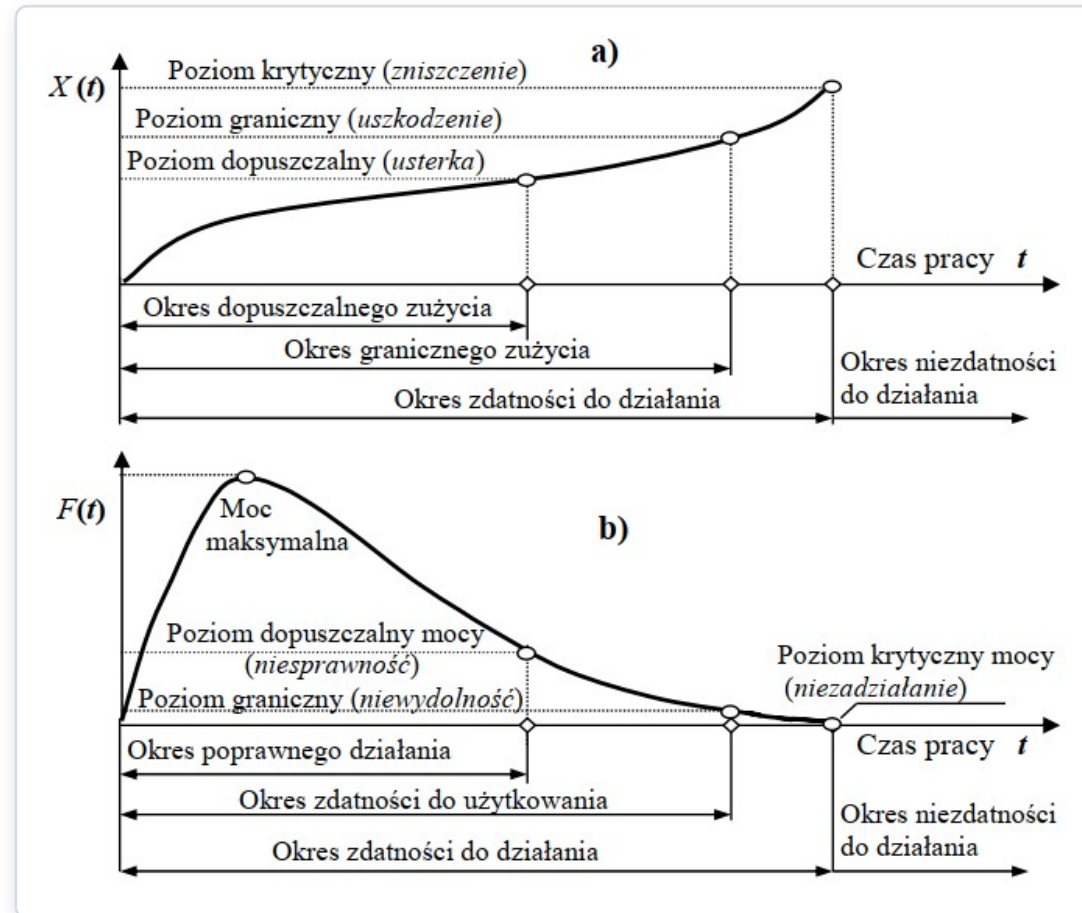
przy czym: a – pewien dowolny obiekt techniczny, $F_1 \dots F_n$ – wielkości charakteryzujące obiekt a , zależne tylko od czasu t .

To, jaki jest stan techniczny tego obiektu w danej chwili t , możemy ustalić w wyniku działania określanego jako diagnoza (gr. diagnosis – rozpoznanie).

Chwila jest jednak tylko pewnym, bardzo krótkim momentem czasu i w rzeczywistości stale będziemy mieli do czynienia, albo z przeszłością, którą rozpoznajemy w wyniku retrospekcji, albo z przyszłością, którą przewidujemy w wyniku prognozy (następny slajd).



Parametry strukturalne (a) i użytkowe (b)



Schemat powiązania parametrów strukturalnych (a) i użytkowych (b)

Stany dopuszczalne, graniczne i krytyczne

Parametr strukturalny X (a)

Dopuszczalne – np. z uwagi na kojarzone wymiary (pasowanie),

Graniczne – ze względu na możliwość dokonania zabiegu naprawczego,

Krytyczne – ze względu na nagły (niekontrolowany) wzrost intensywności zużywania się elementu, stwarzający zagrożenie dla całej maszyny.

Zaistnieć w tym względzie mogą więc: usterki, uszkodzenia i zniszczenia.

Parametr użytkowy F (b)

Dopuszczalne – w ramach dopuszczalnej tolerancji, np. mocy,

Graniczne – ze względu na niedopuszczalny spadek wartości danego parametru użytkowego,

Krytyczne – ze względu na uruchomienie maszyny.

Zdarzenia występujące w tym zakresie określane są jako: niesprawności, niewydolności i niezadziałania.

03

Trwałość maszyn i jej rodzaje

Trwałość a niezawodność, rozkład trwałości, trwałość ekonomiczna



Trwałość – kryterium oceny funkcjonalności

Zagadnienie trwałości, jako jedno z podstawowych kryteriów oceny funkcjonalności urządzeń, od wielu dziesiątek lat nurtuje środowiska naukowe oraz konstruktorów, wytwórców i użytkowników tych urządzeń. Odnosi się to zwłaszcza do tych przypadków, gdzie wymagane jest bezwzględne spełnienie kryterium wymaganej trwałości urządzenia w danych warunkach eksploatacyjnych. W warunkach tych ustala się bowiem **trwałość rzeczywista**.

Przy urządzeniach użyteczności publicznej (rynkowych) użytkownik nabywając jakieś urządzenie, np. telewizor, czułby się poszkodowany przez dostawcę, gdyby urządzenie to nie pracowało chociaż przez jakiś czas. To założenie jest jednym z aspektów gry rynkowej. Trwałość tę określa się pewnymi rygorami prawnymi, znanymi ogólnie pod postacią gwarancji.



KLUCZOWA MYŚL

Trwałość – zdolność obiektu do wypełniania funkcji w danych warunkach **aż do osiągnięcia stanu granicznego**.

Trwałość a niezawodność

Producent wie, że nieodzowną częścią jego gwarancji jest pewna długotrwałość pracy urządzenia, sięgająca znacznie poza prawnie zagwarantowany okres gwarancji, do której zobowiązał się umową. Dlatego zgadza się niejednokrotnie wydłużyć ten okres. Granicę wyznacza: kalkulacja handlowa, badania niezawodności oraz informacje o trwałości konkurencyjnych wyrobów.

Z punktu widzenia inżynierii eksploatacji ważne jest to powiązanie pomiędzy trwałością a niezawodnością. Istnieje pomiędzy nim związek, ale nie są to pojęcia tożsame. Jedno i drugie pojęcie dotyczy zmian w czasie, ale opisywane jest inną funkcją i odnosi się do różnej liczności badanych obiektów:



Trwałość T

to właściwość dotycząca jednego (konkretnego) obiektu i opisywana jest funkcją czasu,



Niezawodność R

to właściwość dotycząca zbioru obiektów danego typu i opisywana jest poziomem prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia.

Rodzaje trwałości

Ze względu na miarę trwałości wyróżnia się:



Trwałość użytkową
mierzoną czasem
użytkowania obiektu,



Trwałość obsługową
mierzoną czasem
obsługiwania obiektu,

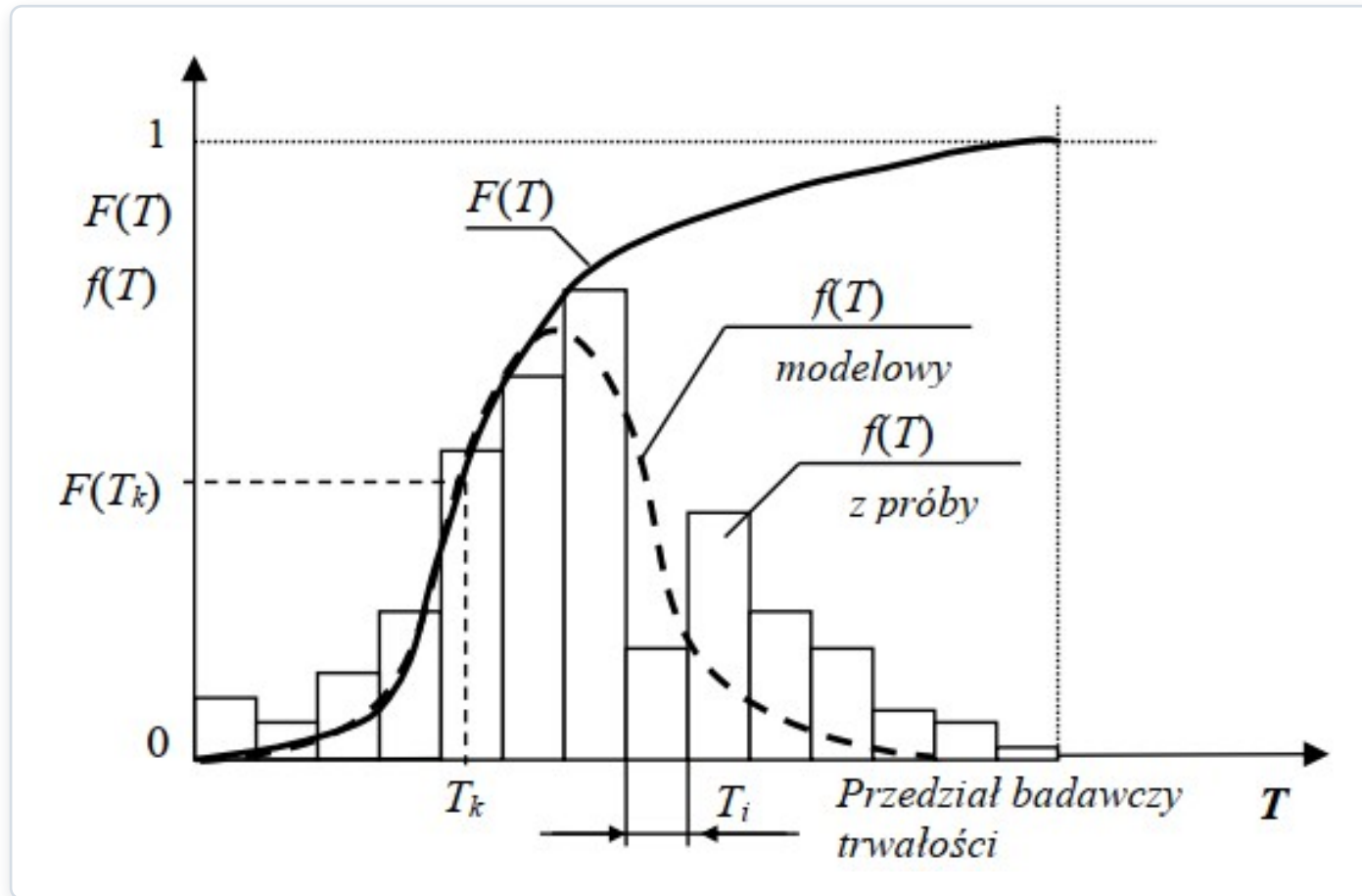


Trwałość eksploatacji
mierzoną czasem
bieżącym (eksploatacji).

Właściwości obiektu technicznego, podatne na konsekwencje zużycia fizycznego, stanowią o jego wartości użytkowej lub inaczej o trwałości technicznej (fizycznej). Natomiast właściwości podatne na konsekwencje zużycia ekonomicznego stanowią o wartości wymiennej lub inaczej o jego trwałości ekonomicznej.

Trwałość urządzeń, które budujemy, podobnie jak długość ludzkiego życia, nie jest więc określona a priori (przed doświadczeniem). W porównaniu ze skalą ludzkiego życia, jest ona zawarta między zerem a nieskończonością.

Rozkład trwałości $f(T)$ i dystrybuanta $F(T)$



Rozkład trwałości $f(T)$ oraz dystrybuanta trwałości $F(T)$

Mając informacje o trwałości T pewnej liczby obiektów można wyznaczyć rozkład trwałości $f(T)$, tj. funkcję gęstości prawdopodobieństwa tych uszkodzeń. Łącząc wartości prawdopodobieństw z poszczególnych przedziałów tego rozkładu, można otrzymać łączny rozkład uszkodzeń, czyli dystrybuantę trwałości $F(T)$ tych obiektów.

Dystrybuanta trwałości i tribologia

Znając dystrybuantę trwałości, pokazaną przykładowo na poprzednim slajdzie, można określić populację $F(T_k)$, obiektów o okresie trwałości T_k , czyli zbiór obiektów, które ulegną uszkodzeniom do czasu T_k .

Dystrybuanta $F(T)$ wskazuje również na fakt, że istnieje taki moment, w którym uszkodzeniu ulegną wszystkie obiekty.

Nauką zajmującą się tymi zagadnieniami, dotyczącymi ustalania różnych czynników wpływających na trwałość, jest **tribologia** (czasami spotykana też pod nazwą trybologia). Jest to nauka o procesach zachodzących w ruchomym styku ciał stałych.



KLUCZOWA MYŚL

Tribologia – nauka o procesach zachodzących w ruchomym styku ciał stałych.

Zagadnienia tribologii

Tribologia jest ważna przy konstruowaniu i eksploatacji maszyn, bowiem w zakresie jej zainteresowań leżą takie zagadnienia jak:



Ustalenie racjonalnych (ze względów technicznych) granic trwałości,



Opracowanie metod badań eksploatacji maszyny i urządzeń,



Badanie warunków eksploatacji,



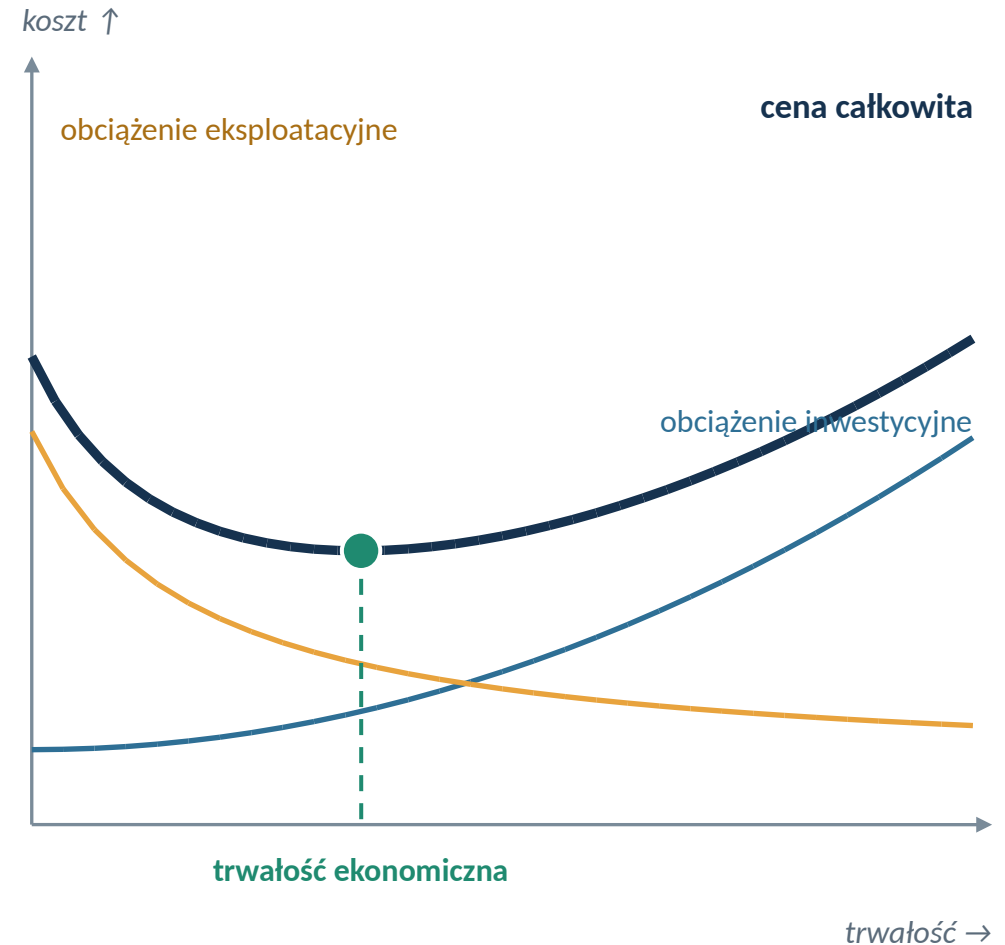
Określenie zależności między trwałością a okresem użytkowania,



Opracowanie metod badań w zakresie trwałości maszyny, itp.

Trwałość ekonomiczna – minimum kosztów

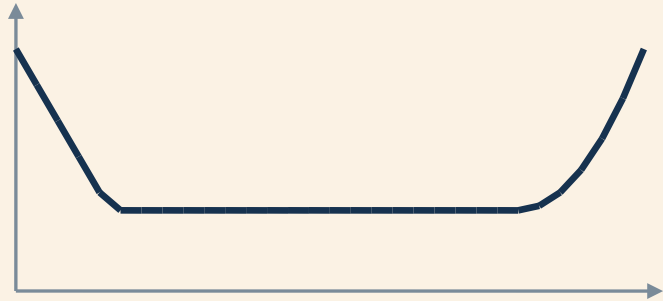
Większa trwałość kosztuje. Można więc rozróżnić urządzenia o oczekiwanej średniej trwałości i o wysokiej trwałości. W tym drugim przypadku może być ona ważniejsza od ceny, np.: satelity, wzmacniacze w kablu ułożonym na dnie oceanu, czy też sprzęt wojskowy. Na ogół krzywa ceny obiektu w zależności od jego trwałości jest sumą krzywej rosnącego obciążenia inwestycyjnego i malejącego obciążenia eksploatacyjnego (zawierającego koszty utrzymania w ruchu i przestoju). Osiąga ona często minimum w operacyjnym przedziale czasu. Będzie to trwałość ekonomiczna wyrobu pod warunkiem, że występująca częstość uszkodzeń umożliwi w miarę znośną eksploatację.



Krzywa „wannowa” i sześć wzorców uszkodzeń

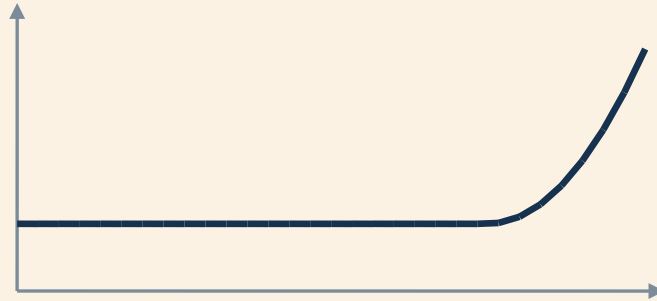
A • krzywa wannowa

4%



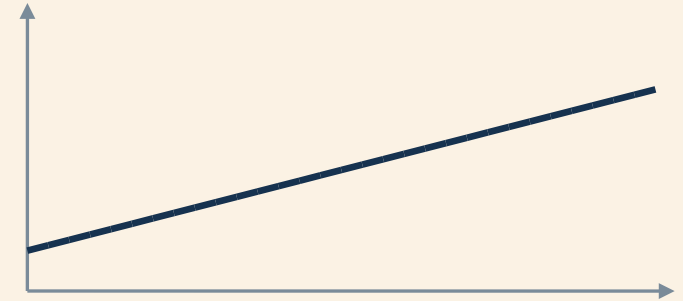
B • stałe, potem zużycie

2%



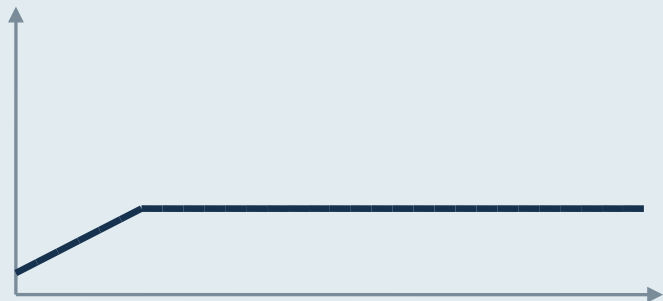
C • powolny wzrost

5%



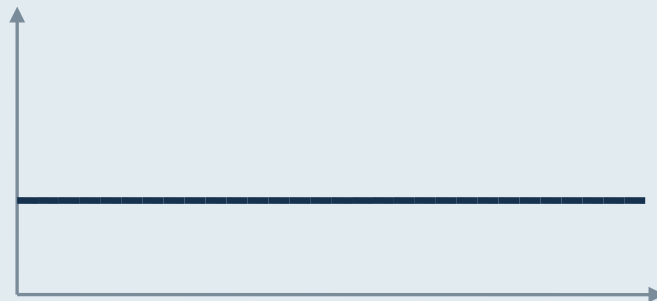
D • niskie na początku, potem stałe

7%



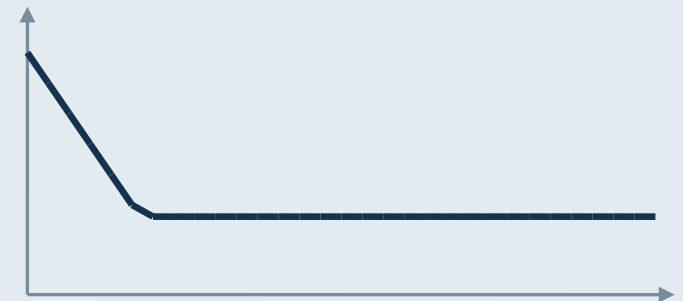
E • losowe (stałe)

14%



F • uszkodzenia wczesne

68%



oś pionowa: intensywność uszkodzeń • oś pozioma: wiek obiektu • żółte – związane z wiekiem ($\approx 11\%$), niebieskie – niezwiązane z wiekiem ($\approx 89\%$) • Nowlan & Heap, 1978

04

Techniczne procesy zużywania części maszyn

Warstwa wierzchnia, krzywa Lorenza i przeciwdziałanie zużyciu



Zużywanie zaczyna się w warstwie wierzchniej

Zużywanie się części elementów czy mechanizmów jest nieodłącznym zjawiskiem towarzyszącym pracy maszyn i innych urządzeń. Zużycie jest wynikiem normalnej pracy elementów a przede wszystkim długotrwałego wzajemnego oddziaływania współpracujących ze sobą części, wysokiej temperatury oraz korozji. Zużywanie pogarsza stan techniczny tych urządzeń, a w krańcowym przypadku uniemożliwia ich prawidłową eksploatację.

Procesy niszczenia maszyn i urządzeń rozpoczynają się w wierzchniej warstwie materiału. Stąd zużywaniem nazywamy procesy zmian zachodzących w obszarze warstwy wierzchniej ciała stałego wskutek współpracy z innymi częściami bądź oddziaływaniem środowiska. Czynniki wywołujące zużycie są powiązane bądź z samą maszyną (w tym realizowanymi przez nią działaniami), bądź też z środowiskiem – korozja.



KLUCZOWA MYŚL

Czynniki zużycia: **sama maszyna** (realizowane działania) lub **środowisko** (korozja).

Zużywanie normalne i przyspieszone

Zużywanie może być **normalne** lub **przyśpieszone**. Zdecydowanie gorsze jest zużycie przyśpieszone, którego przyczyną są niewłaściwe warunki eksploatacji, nieprawidłowa obsługa techniczna, wadliwie wykonywane naprawy, błędy w konstrukcji lub wykonaniu. Zużywanie normalne jest głównie następstwem procesu tarcia. Zużywanie wywołane tarciem ma charakter mechanicznofizyczno-chemiczny i występuje zawsze podczas tarcia suchego i mieszanego.

Zużywanie mechaniczne jest zasadniczym czynnikiem wpływającym na trwałość zespołów maszyn, chociaż występuje ono w połączeniu z innymi rodzajami procesów zużycia, np.: adhezyjnego, dyfuzyjnego, zmęczeniowego



KLUCZOWA MYŚL

Zużywanie przyspieszone: złe warunki eksploatacji, nieprawidłowa obsługa, wadliwe naprawy, błędy konstrukcji lub wykonania.

Mechanizm oddzielania materiału

Ogólnie przyjmuje się, że oddzielanie materiału w procesie zużycia jest wynikiem doraźnego (tj. w czasie trwania jednego cyklu) oddziaływania mechanicznego stykających się elementarnych obszarów, bądź też jest poprzedzone przez inne zjawiska. Zjawiska te determinują wówczas mechaniczne oddzielenie materiału (lub znacznie ułatwiają je) przez zmniejszenie wytrzymałości wierzchnich obszarów materiału i ich spójności z położonymi w głębi warstwami materiału trącego się ciała. Mechaniczne procesy zużycia polegają zatem na stratach materiałowych, które są wynikiem oddzielania cząstek ze współpracujących powierzchni przez mikroskrawanie. Skutkiem tego jest zużycie, które można mierzyć objętościowo, liniowo lub wagowo.



KLUCZOWA MYŚL

Zużycie mierzy się
**objętościowo, liniowo lub
wagowo.**

Procesy niszczenia powierzchni

Proces niszczenia powierzchni dzieli się zatem na dwie grupy:



Doraźne

mikroskrawanie, odrywanie, bądź
ściniwanie nierówności,



Przygotowane

zmęczenie tarciove, powstawanie
połączeń tarciowych.

Podział taki, oprócz aspektu poznawczego, ma także znaczenie praktyczne, ponieważ określa on metody przeciwdziałania procesom niszczenia. W pierwszym przypadku odporność na oddzielanie się materiału jest pewną funkcją jego własności mechanicznych; przeciwdziałanie polega zatem na odpowiednim podwyższaniu tych własności. W drugim przypadku powiększanie odporności na oddzielanie polega na hamowaniu zjawisk je przygotowujących, np. przez odpowiednie smarowanie pary ciernej

Klasyfikacja zużycia w parze ciernej

Para cierna opisywana jest własnościami materiałowymi, konstrukcyjnymi i geometrycznymi, zaś oddziaływanie zewnętrzne – rodzajem ruchu, tarciem, środowiskiem, obciążeniem, jakością obsługi. Efekt oddziaływań tego środowiska na parę cierną może być użyteczny, bądź szkodliwy. Konsekwencją oddziaływań użytecznych, np. w trakcie docierania, jest lepsze wypełnianie przez nią swojej funkcji, efektem szkodliwym jest natomiast zużycie. Rodzaj występującego w parze ciernej zużycia stanowi podstawę jego klasyfikacji, i tak:



Zużycie mechaniczne

procesy przebiegają wskutek oddziaływań mechanicznych,



Zużycie fizykomechaniczne

zużycie mechaniczne połączone z procesami fizycznymi,



Zużycie chemiczno-mechaniczne

mechaniczne połączone z procesami chemicznymi,

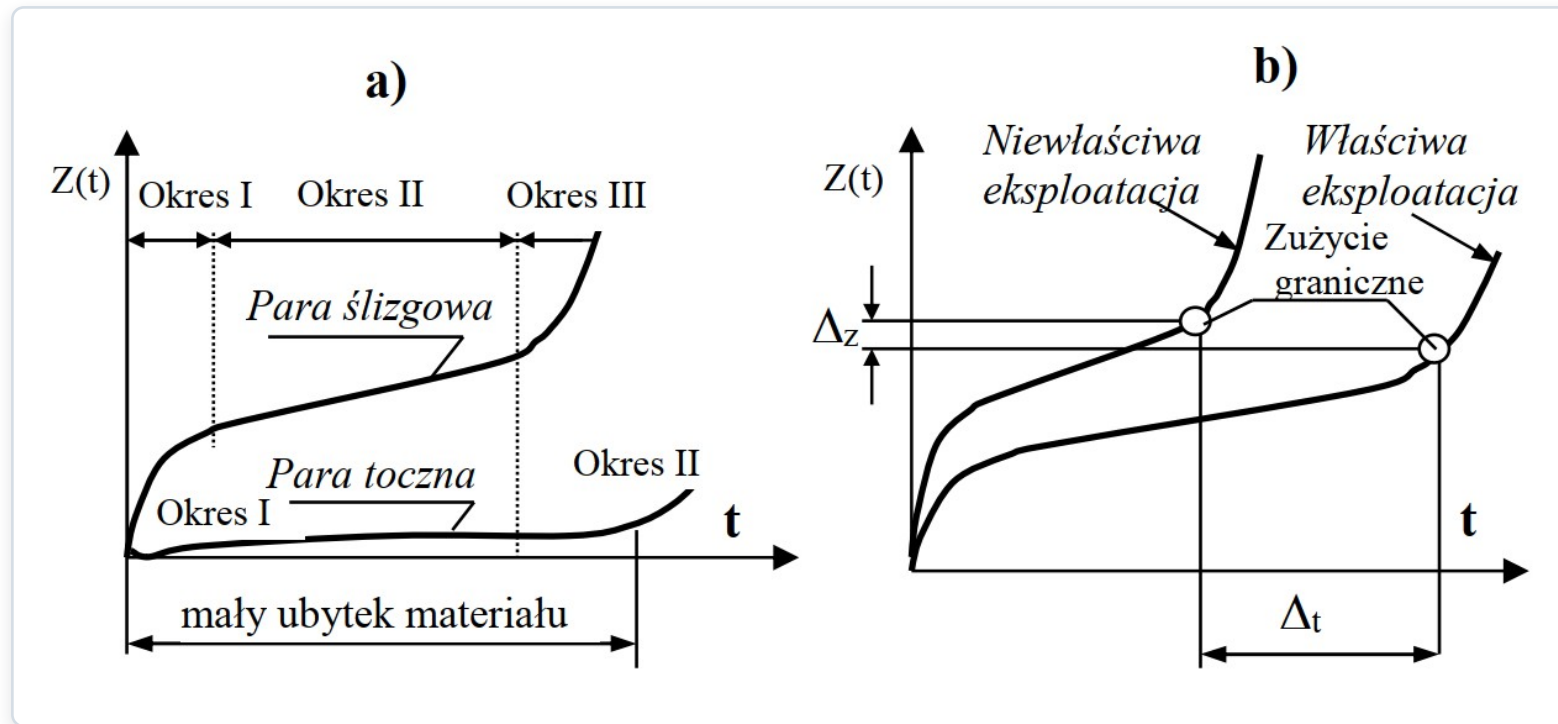


Zużycie kompleksowe

połączenie wszystkich rodzajów zużycia.

Krzywa Lorentza w różnych warunkach eksploatacji

Przebieg krzywej Lorentza, opisującej zużycie techniczne, zależy nie tylko od charakteru procesu tarcia, ale także od warunków eksploatacji. Zwiększone obciążenie powoduje przyspieszone o Δz zużycie pary ciernej.



Przebieg krzywej Lorentza w czasie eksploatacji: a) par o różnym charakterze tarcia, b) par eksploatowanych w różnych warunkach

Przeciwdziałanie zużyciu na każdym etapie

Z punktu widzenia inżynierii eksploatacji ważniejsze jest zatem poznanie istoty problemu, a następnie stosowanie w praktyce działań prowadzących do zmniejszenia zużycia się maszyn. Działania w tym kierunku prowadzi się na wszystkich etapach istnienia maszyn: projektowania i wytwarzania oraz szeroko rozumianej eksploatacji – przykładowo odpowiednio smarując oraz filtrując media robocze (np. oleje, powietrze w silniku spalinowym, powietrze doprowadzone do sprężarki). Przykład ważniejszych sposobów postępowania, prowadzących do mniejszego zużycia części maszyn, przedstawia rysunek na kolejnym slajdzie.



KLUCZOWA MYŚL

Zmniejszanie zużycia to zadanie **projektanta, wytwórcy i użytkownika** – np. smarowanie i filtrowanie mediów roboczych.

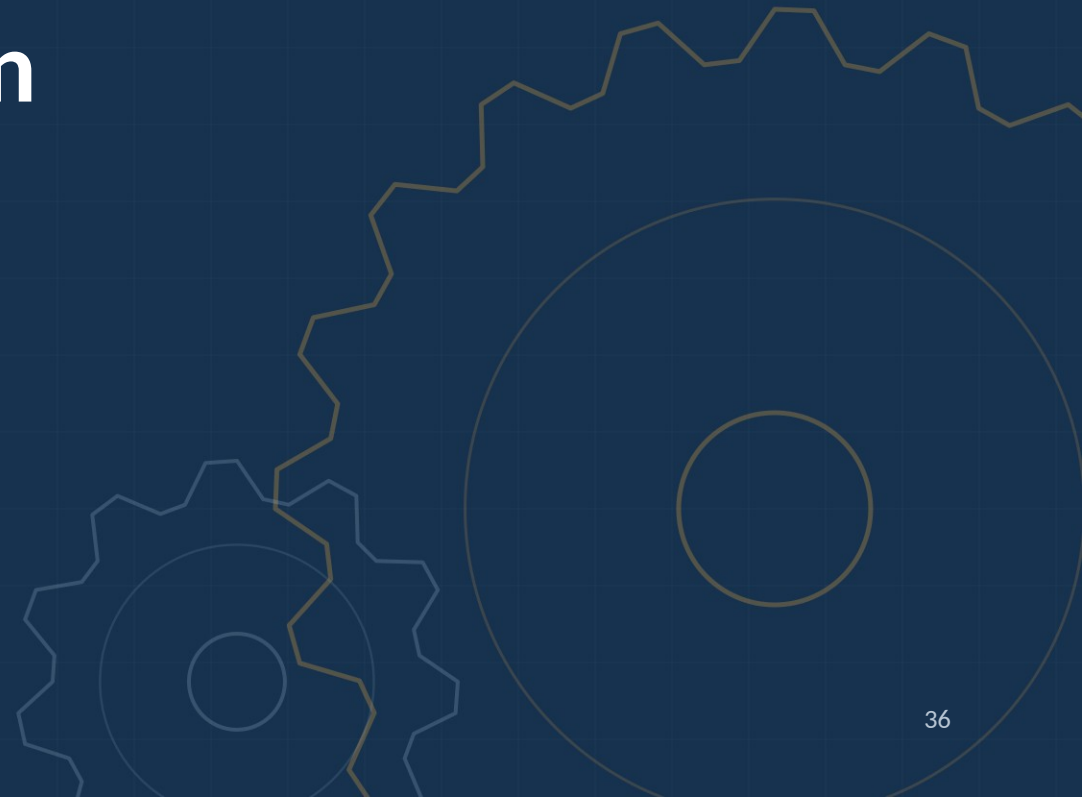
Działania zmniejszające zużycie części maszyn



05

Zużywanie ekonomiczne maszyn

Starzenie moralne, amortyzacja i wycena maszyn



Trzy rodzaje zużycia wg przyczyn

W zakresie czynników powodujących utratę wartości maszyny i urządzeń technicznych, wyróżnia się nie tylko ten jeden, ale trzy rodzaje zużycia:



Zużywanie z przyczyn technicznych

powodowane wyłącznie wewnętrznymi czynnikami fizycznymi (tarcie),



Zużywanie z przyczyn funkcjonalnych

powodowane wewnętrznymi czynnikami wpływającymi na sprawność (energochłonność),



Zużywanie z przyczyn ekonomicznych (starzenie moralne)

powodowane czynnikami zewnętrznymi, np. utratą nowoczesności maszyny.

Ekonomiczność eksploatacji zależna jest z jednej strony od energetycznej sprawności maszyny, czyli od stosunku mocy wykorzystanej do mocy pobranej, z drugiej strony od rentowności maszyny, czyli różnicy pomiędzy wartością produkcji, a kosztami eksploatacji i amortyzacji. Wymagania ekonomiczne uwzględniają ekonomiczność budowy samej maszyny, procesu jej eksploatacji oraz procesu wytwarzania.

Starzenie wskutek postępu technicznego

O ekonomiczności wytwarzania świadczy przede wszystkim koszt własny maszyny, przy założeniu, że spełnia ona wszystkie przewidziane funkcje. Niezależnie zatem od zaprzestania eksploatacji maszyny z powodu zużycia technicznego (któremu można przeciwdziałać), może nastąpić to również z powodów ekonomicznych. Tego rodzaju zużywanie jest konsekwencją starzenia się maszyny, głównie na skutek postępu technicznego i technologicznego (nowoczesność rozwiązań konstrukcyjnych podyktowana jest również względami ekologicznymi i ergonomicznymi).

Stare maszyny na ogół mają niską wydajność, co zwiększa koszty wytworzenia. Nowe maszyny i urządzenia, bardziej wydajne i efektywne, powodują, że dalsze stosowanie posiadanych dotychczas staje się nieopłacalne.



KLUCZOWA MYŚL

Parowozy wycofano po wprowadzeniu trakcji elektrycznej, choć **nie były zużyte fizycznie**.

Inne przyczyny zużycia ekonomicznego

Zużycie ekonomiczne środka trwałego występuje również w wypadku:

- braku zapotrzebowania na wyroby produkowane z zastosowaniem danego urządzenia,
- wyczerpania się złóż, gdyż zainstalowane tam urządzenia nie mogą być już eksploatowane, np. szyby kopalniane, wieże wiertnicze,
- zmiany technologii, np. zastosowanie płyt gipsowych w budownictwie, powodujące zaniechanie używania maszyn do tynkowania.

Podobnie jak przy zużywaniu technicznym, również przy zużywaniu ekonomicznym następuje obniżenie wartości maszyn i urządzeń. Inny jest jednak charakter stosowanych działań. Nie występuje tu ich naprawa ale wymiana. Likwiduje się je, drogą kasacji lub sprzedaży, a w ich miejsce kupuje nowe.



KLUCZOWA MYŚL

Przy zużyciu ekonomicznym nie naprawia się – **wymienia się** (substytucja).

Umorzenie i amortyzacja środków trwałych

Zużywanie ekonomiczne maszyn i urządzeń powoduje, że zakłady zmuszone są do ich wymiany, jeśli chcą utrzymać swoją zdolność produkcyjną, a w konsekwencji pozycję na rynku. Prowadzi to do modernizacji, czyli do inwestycji na odnowienie. Odzwierciedleniem procesu zużycia ekonomicznego infrastruktury technicznej w przedsiębiorstwie są zatem następujące działania:



Umorzenie środków trwałych

polegające na corocznym zmniejszeniu ich wartości o wyliczoną kwotę i tym samym ustaleniu ich wartości bieżącej,



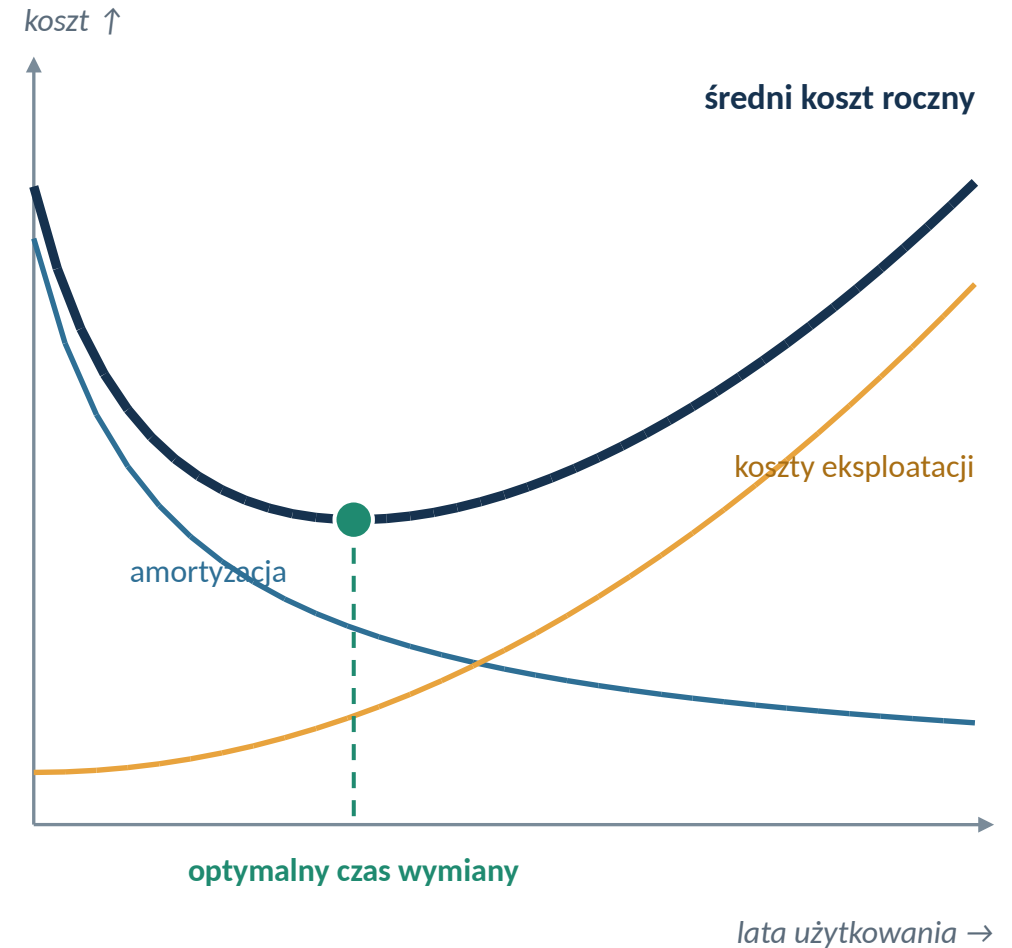
Amortyzacja środków trwałych

polegająca na sukcesywnym, na ogół comiesięcznym, ustalaniu kwoty (odpisu) ich zużycia i wliczaniu jej w koszty działalności gospodarczej.

Optymalny moment wymiany maszyny

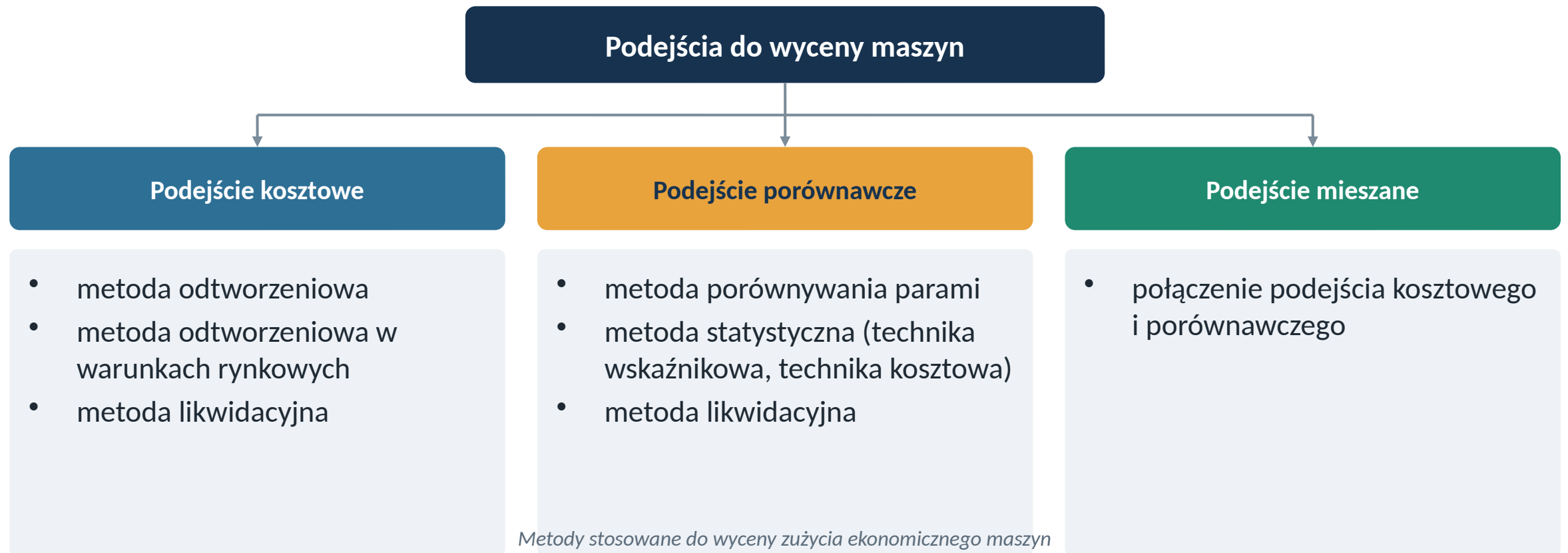
Zwykle jest tak, że z upływem czasu koszty eksploatacji rosną (przeglądy, konserwacja, naprawy i remonty), a wartość środka trwałego maleje. Próbuje się zatem ustalić optymalny okres jego użytkowania. Funkcja opisująca minimalizację kosztów użytkowania środka trwałego, tzw. wartość rezydualna, jest uzależniona od dwóch zmiennych decyzyjnych: kosztów eksploatacji i kosztów amortyzacji. Do wyznaczania optymalnego momentu wymiany urządzenia na nowe (czyli optymalnej wartości rezydualnej) potrzebne są następujące dane:

- wartość nowego urządzenia (ewentualnie funkcja zmiany ceny nowego urządzenia w czasie),
- funkcja spadku wartości netto w czasie lub model amortyzacji.



Metody wyceny zużycia ekonomicznego maszyn

Trzecim, ale równie istotnym, czynnikiem jest sama metoda wyceny. W tym zakresie można wyróżnić bowiem kilka różnych podejść



Metoda odtworzeniowa – zależności

Najczęściej stosuje się metodę odtworzeniową lub odtworzeniową w warunkach rynkowych:

przy metodzie odtworzeniowej

$$W_o = W_p \cdot (1 - Z_p) \cdot K$$

w warunkach rynkowych (współczynnik rynkowy E)

$$W_o = W_p \cdot (1 - Z_p) \cdot K \cdot E$$

współczynnik nowoczesności (zużycie ekonomiczne)

$$K = 1 - \alpha \cdot (t_e - 1)$$

gdzie:

W_o – wartość odtworzeniowa maszyny,

Z_p – zużycie potencjału eksploatacyjnego,

W_p – wartość początkowa maszyny,

K – współczynnik nowoczesności konstrukcji (zużycie moralne i stopień przydatności),

E – współczynnik rynkowy,

α – współczynnik empiryczny (ekspercki): 0,01–0,03; z wyjątkiem urządzeń elektronicznych,

t_e – liczba lat eksploatacji urządzenia.

Przykład: wycena używanej obrabiarki

DANE

- wartość początkowa (koszt odtworzenia) **$W_p = 500\ 000\ \text{zł}$**
- zużycie potencjału **$Z_p = 0,40$**
- wiek maszyny **$t_e = 8\ \text{lat}$**
- współczynnik ekspercki **$\alpha = 0,02$**
- współczynnik rynkowy **$E = 0,95$**

1. Współczynnik nowoczesności

$$K = 1 - 0,02 \cdot (8 - 1) = 0,86$$

2. Metoda odtworzeniowa

$$W_o = 500\ 000 \cdot 0,60 \cdot 0,86 = 258\ 000\ \text{zł}$$

3. W warunkach rynkowych

$$W_o = 258\ 000 \cdot 0,95 \approx 245\ 100\ \text{zł}$$

Pytania kontrolne



1. Zdefiniuj dyspozycyjność (gotowość). Od czego zależy i czym różni się od niezawodności?
2. Podaj wzór na współczynnik gotowości kg . Oblicz kg dla $MTBF = 190$ h i $MTTR = 10$ h.
3. Omów stany dopuszczalne, graniczne i krytyczne dla parametru strukturalnego i użytkowego.
4. Czym różni się trwałość od niezawodności? Wymień rodzaje trwałości.
5. Narysuj krzywą wannową. Co pokazały badania Nowlana i Heapa?
6. Wymień trzy rodzaje zużycia wg przyczyn. Jak wycenia się zużycie ekonomiczne maszyny?

Dziękuję za uwagę

Następny wykład: W6. Elementy diagnostyki maszyn

dr inż. Radosław Gościński

