

## 16. LOSOWOŚĆ W TECHNICE

Cel wykładu

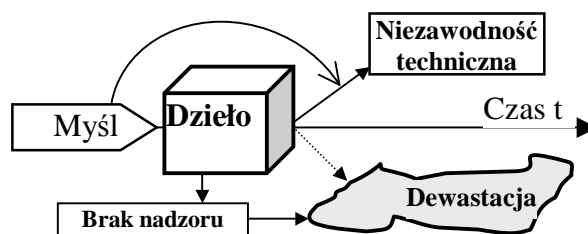


### 16.1. Zmienność i nieokreśloność

Uleganie zmianom wraz z upływem czasu jest podstawową własnością nie tylko tego, co żyje (życie to ruch), ale także każdego konkretnego (naturalnego i sztucznego). Skutki tych zmian są tylko częściowo do przewidzenia i stąd powstaje ich nieokreśloność.

**Wszelkie dzieło ludzkie istnieje dzięki myśli:**

- jeżeli z góry trwanie dzieła wspierane jest przez myśl, to może być zapewniona pożądana niezawodność techniczna,
- jeżeli jego trwaniu nie towarzyszy myśl podtrzymująca, następuje dewastacja.



Zbyt często zapominamy o własnościach materii; w naturze wszystko ulega rozpadowi.

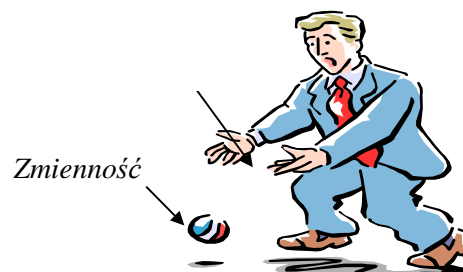
Tam, gdzie nie dopływa nowa myśl, występuje zjawisko entropii, która jest miarą nieporządku. Entropia osiąga wartość maksymalną, gdy system osiąga stan całkowitego nieporządku, czyli chaosu. Nieporządek (entropia) wzrasta wraz z upływem czasu – jest to prawo fizyki.

Entropii przeciwstawiamy informację. Z informacji powstaje organizacja. Aby zbudować samochód, potrzebne są pewne informacje, które zawarto w podręczniku konstruktora. Im bardziej skomplikowany pojazd, tym większa ilość informacji jest potrzebna i przeciwnie - żeby za pomocą tych samych blach usypać stertę żelastwa na złomowisku - nie potrzeba żadnej informacji. Entropia kupy złomu będzie o wiele większa niż entropia samochodu. Informacja jest więc tym, co umożliwia zmniejszenie naszej niepewności co do właściwości konkretnych – to miara porządku.

Nieokreśloność jest właściwością przedmiotu w stosunku do człowieka jako podmiotu.

Nieokreśloność jest terminem stanowiącym przeciwstawienie „określoności”, która oznacza właściwość poznania, polegającego na możliwości określenia wszystkich cech przedmiotu.

Pojmowanie nieokreśloności stanowi podstawę uznania tego, że pozostaje jedynie możliwość względnego określenia konkretnych – zasada Heisenberga (1927 r.).



**Działamy w sferze konkretnych (zmienność) i w sferze abstrakcji (nieokreśloność).**

W sferze abstrakcji możliwa jest bezwzględna określoność, dzięki temu, że sami ją tworzymy i nazywamy. Stąd też pod względem jednoznaczności istnieje większa możliwość w sferze abstrakcji („papier wszystko przyjmie”) niż w sferze materii. Matematyka jest więc pewniejsza od fizyki.

Ze względu na naturalną zmienność materii, działania techniczne są dwójakiego rodzaju:

1. Przeciwstawianie się niepożądanym zmianom, np. szybkiemu zużyciu.
2. wywoływaniu zmienności pożądanym, np. obróbka skrawaniem.

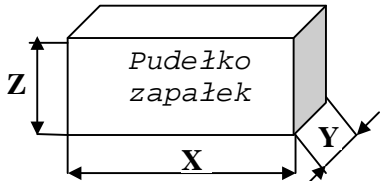
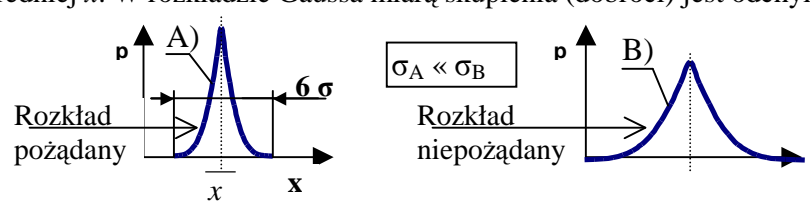
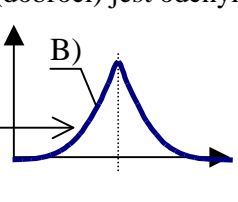
Pożądana zmienność jest zjawiskiem bardziej widocznym aniżeli niepożądana i dlatego jest bardziej rozpoznana niż ta, będąca skutkiem czasu (np. więcej myślimy o rodzaju obróbki niż o tempie zużycia).

Świadomość występowania nieokreśloności wyraża się stosowaniem tolerancji.

Tolerancja określa dopuszczalną zmienność. Jest ona sprawą świadomości, a nie jest sprawą niewiedzy czy też dobrych czy złych umiejętności konstruktora. Świadomości, która wynika z przekonania, iż działania wykonane na konkretnym (np. obróbka skrawaniem) nie będą identyczne. Technicy wiedzą, że dla wymiarów bardziej istotnych tolerancja jest opisana na rysunku w postaci odchyłek górnej ( $x_g$ ) i dolnej ( $x_d$ ), a dla wymiarów mniej istotnych podawana jest w tzw. „tolerancji warsztatowej”, przyjmowanej według 14 klasy dokładności.

Rozwiązywanie problemów nieokreśloności polega na stosowaniu metod probabilistycznych.

## 16. 2. Wielkości losowe

<b>Każdą mierzalną cechę konkretów należy rozpatrywać jako wielkość losową.</b>	
<p>Z prowadzonych rozważań wynika, że mamy różne kłopoty z poznawaniem i wytwarzaniem konkretów ze względu na ich nieokreśloność. Wynikają one z braku identyczności cech konkretów. Przykładowo weźmy pod uwagę masę 10 pudełeczek zapalek ważonych łącznie. Wagę ich można określić z dużą dokładnością; <math>m = 85,6412</math> g, stąd masa jednego pudełeczka: <math>85,6412 \text{ g}/10 = 8,56412</math> g. W rzeczywistości jednak:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- prawdopodobieństwo wykrycia pudełek o identycznej masie jest równe 0,</li> <li>- nie istnieje możliwość wykrycia pudełeczek, których masa jest równa wartości <math>8,56412</math> g.</li> </ul>	
<b>Im bardziej złożony i zmienny jest wyrób, tym więcej występuje czynników losowych, co skłonni jesteśmy przypisywać przypadkowi, a co faktycznie jest wynikiem ograniczeń i niemożności naszego poznania na drodze instrumentalnej za pomocą przyrządów.</b>	
 <p style="text-align: center;">Pudełko zapalek</p>	<p>Nieokreśloność unaocznia się wtedy, kiedy za pomocą jakiegokolwiek narzędzia pomiarowego pragniemy wyznaczyć główne wymiary konkretnego przedmiotu, choćby tego pudełka zapalek (rys.). Stosując zwykłą linijkową miarkę możemy orzec, co następuje:</p> <p style="text-align: center;"><math>X = \text{około } 80 \text{ mm}, Y = \text{około } 74 \text{ mm}, Z = \text{około } 54 \text{ mm}</math></p>
<p>i nie wiemy w istocie rzeczy, jakie są rzeczywiste wymiary. W doświadczeniu tym konkretnym jest paczka opakowana w papier (na niewiele przydałby się więc pomiar dokładniejszym narzędziem, np. suwmiarką). Podjęte pomiary innych pudełek umożliwiłyby jedynie stwierdzenie, że:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- w zakresie rozpatrywanych wymiarów nie ma dwóch identycznych pudełek,</li> <li>- istnieje zbiór wymiarów jako narzędziowo oszacowanych wielkości losowych. Zatem:</li> </ul>	
<b>Nieokreśloność wyklucza pytanie o rację – bo wobec tego co nieokreślone, nie można zadać żadnego określonego pytania.</b>	
<p>Natura konkretnych zdarzeń nie jest wynikiem działania złośliwego ducha – cechy losowości dają się rozpoznać. Zbiory wielkości losowych określonych klas konkretów mają bowiem „swoje prawa”. Zbiorem metod umożliwiających identyfikację tych praw jest statystyka matematyczna.</p>	
<b>Wytwarzanie jest procesem stochastycznym, w którym występują wielkości losowe.</b>	
<p>Stochastyczny <i>gr.</i> – <i>odgadywać, spodziewać się;</i>          Probalistyczny <i>łac.</i> – <i>prawdopodobieństwo, wiarygodność.</i></p>	
<b>Opisem naturalnego rozrzutu wartości rzeczywistych jest rozkład normalny (Gaussa).</b>	
<p>W takim rozkładzie czymś w rodzaju wymiaru nominalnego jest średnia wartość wymiaru, wokół której skupione są wartości wymiarów z odchyłkami. Na osi <math>x</math> podawane są wartości badanej wielkości losowej. Oś <math>y</math> służy do wskazywania prawdopodobieństwa <math>p</math> zdarzeń w jednoznacznie określonym przedziale wartości zdarzeń. Możemy więc mówić o prawdopodobieństwach skupienia tych wartości wokół wartości średniej <math>x</math>. W rozkładzie Gaussa miarą skupienia (dobroci) jest odchylenie standardowe <math>\sigma</math> (patrz rysunek).</p>	
 <p style="text-align: center;">Rozkład pożądany</p>	 <p style="text-align: center;">Rozkład niepożądany</p>
<p>Pola pomiędzy krzywymi obrazują rozmiary nieokreśloności zdarzeń losowych - zakres działania przypadku</p>	
<b>W historii techniki można wyróżnić dwa sposoby panowania nad skutkami procesu stochastycznego:</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>Dopasowywanie elementów maszyny</b> – <i>technikami dodatkowej obróbki w trakcie montażu,</i></li> <li>2. <b>Wymienność elementów bez dodatkowej obróbki</b> – <i>oparta na wyznaczeniu odpowiednich odchyłek od wymiaru nominalnego, dopuszczalnych w zabiegach obróbki elementów.</i></li> </ol>	
<p>Najczęściej korzystamy z możliwości „panowania” nad losowością cech wytworu za pomocą tolerancji, czyli obszaru, w którym mają się znajdować wielkości rzeczywiste z dostatecznie dużą pewnością.</p>	
<b>W konkretnych zdarzeniach nic sienie dzieje bez odchyłek w stosunku do nominalów.</b>	

### 16. 3. Pewność i niepewność

<p><b>Przypadkowość charakteryzująca zjawiska opisywane modelami stochastycznymi występuje jedynie wtedy, gdy zjawiskiem rządzą prawa ujawniające się w postaci „stabilizacji częstości” jego występowania.</b></p>						
<p><i>Prawa stochastyczne odgrywają dużą rolę w wielu dziedzinach nauki i techniki, pozwalają bowiem na opisanie zjawisk, które nie są do końca rozpoznawalne. Wykorzystywany jest do tego rachunek prawdopodobieństwa. Modele takie nazywa się losowymi, stochastycznymi lub probabilistycznymi. Dla odróżnienia modele, w których nie korzysta się z pojęć teorii prawdopodobieństwa, noszą nazwę nielosowych lub deterministycznych.</i></p>						
<p><b>Użycie terminu „zmienna losowa” oznacza w efekcie konieczność odwoływania się do próbkowania rzeczywistości.</b></p>						
<p>Ogólnie rzecz biorąc człowiek podejmując określone decyzje może je podejmować w warunkach:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>pewności</b> – każda decyzja pociąga za sobą określone, znane konsekwencje.</li> <li>• <b>niepewności</b> – nie znamy prawdopodobieństw wystąpienia konsekwencji danej decyzji.</li> <li>• <b>ryzyka</b> – każda decyzja pociąga za sobą więcej niż jedną konsekwencję, znamy zbiór możliwych konsekwencji i prawdopodobieństwa ich wystąpienia.</li> </ul> <p><b>Należy pamiętać, że za pojęciem niepewności nie kryje się ignorancja, która uniemożliwia zbudowanie modelu deterministycznego, bowiem są to modele do innej klasy zagadnień:</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;">Modele deterministyczne</td> <td style="text-align: center;">→</td> <td style="padding: 5px;">Mała liczba łatwo dających się opisać przyczyn</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Modele stochastyczne</td> <td style="text-align: center;">→</td> <td style="padding: 5px;">Duża liczba drobnych i mało znanych przyczyn</td> </tr> </table> <p>Niesłuszne byłoby więc mniemanie, że modele deterministyczne są bardziej dokładne czy efektywniejsze od modeli stochastycznych. Trzeba jednak mieć na uwadze, że:</p>	Modele deterministyczne	→	Mała liczba łatwo dających się opisać przyczyn	Modele stochastyczne	→	Duża liczba drobnych i mało znanych przyczyn
Modele deterministyczne	→	Mała liczba łatwo dających się opisać przyczyn				
Modele stochastyczne	→	Duża liczba drobnych i mało znanych przyczyn				
<p><b>W technice niepewność jest parametrem, związanym z wynikiem pomiaru, opisującym rozrzut wartości, które można w uzasadniony sposób przypisać wielkości mierzonej.</b></p> <p>Takim parametrem może być odchylenie standardowe <math>\sigma</math> lub rozstęp R, wskazujące określony poziom ufności. Ważne jest więc, aby przy ocenie brać pod uwagę nie tylko pojedynczy pomiar, ale także całkowity rezultat badania, uzyskany z kolejnych powtórzeń.</p>						
<p>W warunkach niepewności człowiek może formułować jedynie probabilistyczne przewidywania na temat wyników swoich działań. Trzeba bowiem uznać, że idealizacja celów (pewność 100 %) może być racjonalnym zabiegiem jedynie w sferze abstrakcji. W sferze materii jest to jedynie kierunek działania, bowiem występują cztery pojęcia, których miarą są liczby od 0 do 1 (<i>opisujemy je prawdopodobieństwem</i>):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- bezwzględna pewność – równa 1 (<math>p = 1</math>)</li> <li>- względna pewność – mniejsza od 1 i większa od 0 (<math>0 &lt; p &lt; 1</math>)</li> <li>- względna niepewność – mniejsza od 1 i większa od 0 (<math>0 &lt; \alpha &lt; 1</math>)</li> <li>- bezwzględna niepewność – równa 0 (<math>\alpha = 0</math>)</li> </ul>						
<p><b>PEWNOŚĆ + NIEPEWNOŚĆ = JEDNOŚĆ      (<math>p + \alpha = 1</math>).</b></p>						
<p><b>Ta jedność to jest właśnie cała pewność. Jednak racjonalne rozumienie niepewności (<i>przyjęcie a priori założenia o dopuszczalnym błędzie <math>\alpha</math></i>) pozwala praktycznie korzystać z powyższej równości. Lepiej bowiem godzić się na pewien niewielki i znany błąd, niż sądzić, że może uda się.</b></p> <p><b>W tradycyjnej technice zakłada się niepewność (dopuszcza się ryzyko błędnej oceny) na poziomie:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>\alpha = 0,01</math> (ryzyko minimalne),      stąd pewność <math>p = 1 - \alpha = 0,99</math>,</li> <li>- <math>\alpha = 0,05</math> (ryzyko dopuszczalne),      stąd pewność <math>p = 1 - \alpha = 0,95</math>.</li> </ul>						
<p><b>Świadomość niepewności jest więc pierwszym krokiem na działania praktycznego, bo znając jedno możemy obliczać drugie.</b></p>						