

OBIECTIVELE ȘI PROBLEMATICA CERCETĂRIILOR EXPERIMENTALE ÎN TEHNOLOGIE

De altfel, aceleași 3 obiective: obținerea de date pentru proiectare, elucidarea unor fenomene, testarea unor prototipuri, sunt avute în vedere, în general, în cercetare indiferent în ce domeniu se realizează aceasta.

Dacă presupunem că s-a realizat un material nou. Acesta nu poate fi folosit dacă nu i se cunosc caracteristicile. Atunci când vrem să-l folosim într-un produs, la proiectare sunt necesare calcule. Dacă se impune să calculăm dimensiunile unei piese realizată din materialul respectiv de forma unui arbore solicitat la întindere trebuie să folosim relația:

$$\sigma_{ad} = \frac{\sigma_r}{k} = \frac{4F}{\pi d^2}$$

de unde:

$$d = \sqrt{\frac{4Fk}{\pi\sigma_r}}$$

Pentru a calcula diametrul d al arborelui forța F se cunoaște, coeficientul k de siguranță se alege. Trebuie, însă, să se cunoască σ_r rezistența la rupere a materialului. Această rezistență se poate cunoaște numai pe baza unei cercetări experimentale care să determine valoarea lui σ_r pentru proiectare.

Probleme similare apar cu acest material și în cazul în care se impune să-l prelucrăm prin așchiere. Atunci când proiectăm procesul tehnologic trebuie să folosim relația:

$$T = C \cdot v^a \cdot s^b \cdot t^c$$

specifică materialului. Pentru a putea stabili parametri procesului de așchiere pentru acest material și pentru un procedeu și sculă dată trebuie să se cunoască constantele C , a , b , c .

În proiectare, la calculul regimului, durabilitatea T a sculei se impune, avansul s și adâncimea t de așchiere se stabilesc pe alte criterii și se calculează viteza v de așchiere.

Adesea se impune și cercetarea unor fenomene sau procese pentru cunoașterea lor în vederea modelării și stăpânirii lor. Modelele matematice legate de procesul de așchiere au fost stabilite în urma unor cercetări.

Procesul de electroeroziune, de exemplu, pentru a putea fi folosit la prelucrarea unor suprafețe pe piese a trebuit să fi cercetat pe o perioadă mare de timp. S-a plecat inițial de la observația că la întrerupătoarele folosite în instalațiile electrice, lamelele de contact se găuresc după un timp de utilizare ca urmare a unor descărcări electrice. Pentru a realiza descărcări electrice între electrodul sculă și piesa de prelucrat, dar controlate, au fost necesare cercetări care să stabilească legile care stau la baza fenomenului.

Activitatea tehnologului este legată de fabricarea de piese sau produse în cadrul unor sisteme tehnologice de producție. Problematika cercetărilor experimentale este legată de fenomenele și procesele care au loc în aceste sisteme și are ca scop obținerea de date pentru realizarea unuia din cele trei obiective. Având în vedere că sistemele tehnologice cât și procesele care au loc în ele sunt foarte complexe, datele de bază în tehnologie sunt obținute pe cale experimentală, în măsură foarte mare.

Cel mai simplu sistem tehnologic este cel al unei mașini-unealte având structura din figura 1. în cadrul lui prelucrându-se una sau mai multe suprafețe pe o piesă.

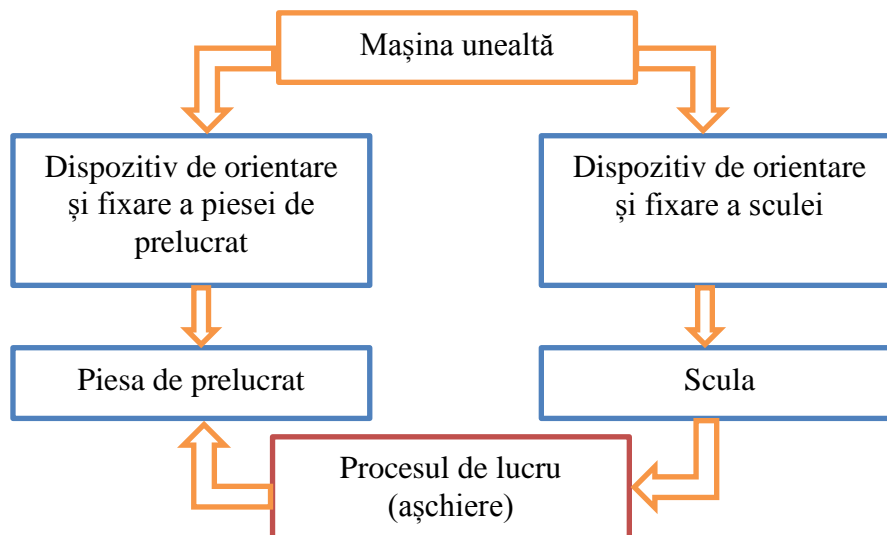


Fig.1

Cuplarea mai multor astfel de sisteme poate forma o linie tehnologică în care se poate prelucra sau realiza o piesă în întregime. Cuplarea mai multor linii formează atelierele și secțiile unei întreprinderi în care se pot realiza produse complete.

Tehnologul având ca sarcină proiectarea, realizarea și exploatarea acestor sisteme, problematica cercetărilor care se impun a fi făcute este legată de: procesele de așchiere sau de lucru, sculele, dispozitivele, piesele de prelucrat și interacțiunile dintre ele, în timpul lucrului pe o mașină-unealtă, precum și de interacțiunile în cadrul unor sisteme mai complexe: linii, secții etc.

Cercetările legate de procesele de lucru .așchiere la prelucrarea prin așchiere, tăiere prin deformare plastică, deformare plastică la matrițare, eroziune electrică la prelucrarea prin eroziune etc. au ca obiective elucidarea fenomenelor intime din procesele respective pentru a le putea folosi în condiții optime. De exemplu aceste obiective pot fi legate de modul de formare a așchiei la prelucrarea prin așchiere și interconexiunile sale cu uzura sculelor, calitatea suprafețelor prelucrate ș.a.

La prelucrarea unei piese prin așchiere cu o sculă dată se folosește un regim de așchiere dat de cei trei parametri v , s , t (viteză de așchiere, avans, adâncime de așchiere) care determină o durabilitate T a sculei, o calitate a suprafeței prelucrate, niște valori ale forțelor de așchiere etc. Aceste dependențe necesare proiectării sunt determinate numai pe cale experimentală.

Fără cunoașterea acestor mărimi pentru un caz dat este exclusă posibilitatea proiectării acestor sisteme. Dacă nu se cunoaște, de exemplu, forța de așchiere nu se pot proiecta nici sculele, nici dispozitivele și nici nu se poate alege mașina-unealtă.

Tipuri de mărimi și date obținute la experimentări

Mărimile care apar în cercetarea experimentală în tehnologie corespund, în general, unor mărimi mecanice: forțe, deplasări, viteze, timp, accelerații, turații, tensiuni mecanice, deformații elastice etc. Deasemenea, ele pot fi și de altă natură: temperaturi, iluminare etc.

Caracterul acestor mărimi poate fi, în extreme, static sau dinamic, având de a face cu mărimi statice și respectiv dinamice. Mărimile statice sunt considerate acele mărimi care rămân aproximativ constante în timp sau au o evoluție lentă încât, mijlocului de măsurare folosit i se

lasă timpul necesar pentru a prezenta valoarea mărimii măsurate. Mărimile dinamice sunt acele mărimi care au o variație relativ rapidă în timp sau funcție de o altă mărime, impunând mijloacelor de măsurare să fie suficient de rapide pentru a urmări variațiile respective. În prima categorie se pot enumera: duritatea unei piese măsurată repetat, mărimea unei forțe de așchiere pentru condiții constante de lucru, uzura unei scule la un moment dat etc. În a doua categorie se pot enumera: variația forței de așchiere pe o rotație a unei piese la strunjire, vibrațiile piesei de prelucrat, variația forței la tăierea unei table subțiri etc. Aceste mărimi capătă valori multiple într-un timp foarte scurt. De exemplu, dacă se taie o tablă de 2 mm cu viteza de 30 m/minut rezultă că tăierea acesteia are loc în 0,004 secunde. Pentru a măsura evoluția acestei forțe trebuie o aparatură rapidă.

De regulă dinamicitatea unei mărimi se exprimă prin frecvența de oscilație considerând că aceasta este armonică. Dacă perioada de oscilație este t , rezultă că frecvența de oscilație $f = 1/t$.

Indiferent dacă mărimile de măsurat sunt statice sau dinamice, acestea au caracter stohastic, prin faptul că ele sunt afectate cel puțin de erorile de măsurare. Mărimea "adevărată" a parametrului de determinat prin măsurări este inaccesibilă, ea putând fi doar estimată cu o precizie mai mare sau mai mică funcție de numărul de repetări a măsurării și de factorii necunoscuți care determină variații ale acesteia.

Factorii de influență a mărimilor de măsurat pot avea caracter întâmplător sau sistematic. În toate cazurile, pentru orice tip de mărime, măsurările legate de valoarea (valoarea mărimii la un moment dat) unei mărimi trebuie să fie făcute în absența factorilor sistematici de influență, așa încât întotdeauna influența acestora trebuie eliminată. Factorii întâmplători nu pot fi eliminați, ci cel mult diminuați, încât măsurările se fac în prezența lor. Persistența unor factori sistematici denaturează complet rezultatele și pot fi legați de: influența temperaturii, presiunii etc.

Caracterul stohastic al unei mărimi poate fi mai mult sau mai puțin pronunțat. Atunci când se poate ști a priori evoluția unei mărimi se consideră că mărimea este deterministă, iar atunci când nu se poate ști a priori mărimea cu care poate să apară parametrul măsurat, mărimea se consideră aleatoare. Aceste două ipostaze constituie extreme și sunt determinate de faptul că:

- în primul caz, mărimea măsurată este determinată de factori cunoscuți cu legături directe cu mărimea respectivă;
- în al doilea caz, mărimea măsurată este determinată de factori necunoscuți, legătura ei cu factorii cunoscuți fiind slabă.

În regim static se pot face măsurări asupra unor:

- mărimi care rămân aproximativ constante, cum ar fi: duritatea unui lot de piese, mărimea unei forțe în condiții concrete de așchiere fig. 2;

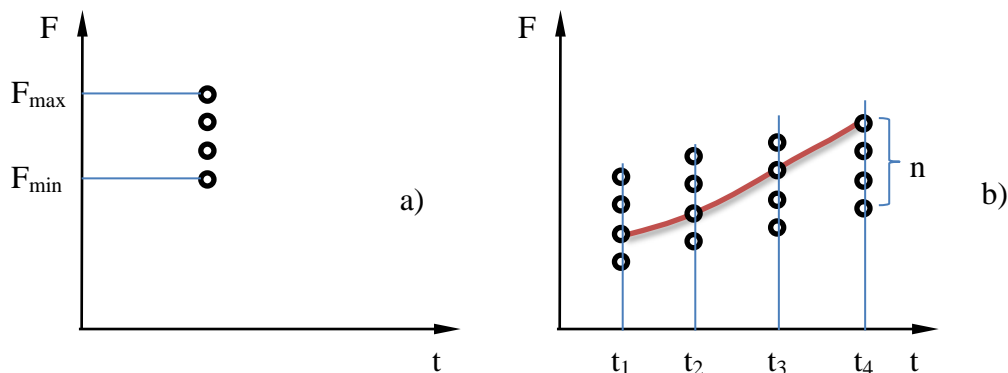


Fig. 2.

- mărimi care depind de unul, doi sau mai mulți parametri, dar care de regulă pot fi variați prin puncte, fig. 2 b.

În concluzie mărimile supuse măsurărilor pot fi din următoarele categorii:

- măsurători statice:
 - o constante:
 - de o singură dimensiune.
 - o variabile:
 - de o variabilă.
 - de două variabile.
 - de mai multe variabile.
- măsurători dinamice:
 - o deterministe:
 - periodice.
 - neperiodice.
 - o aleatoare:
 - staționare.
 - nestacionare.

Datele obținute la măsurări se prezintă, în general, sub forma unor șiruri de date, chiar dacă ele au fost achiziționate la măsurare sub alte forme (de ex.: grafice), ele pot fi transformate în șiruri, rezultând șiruri care pot fi:

- de o singură dimensiune, cele rezultate la măsurarea unor mărimi statice constante;
- dependente de una, două sau mai multe variabile, cele rezultate la măsurarea unor mărimi statice variabile;
- dependente de timp sau o altă variabilă, la măsurarea unor mărimi dinamice.

Modelarea unor procese din tehnologie

Pentru a putea cerceta un proces este necesară adoptarea unui model matematic după care se produce acesta. În general, se pot adopta modele matematice analitice, analitico-empirice, empirice. Modelele analitice se pot adopta în cazul unor procese sau fenomene care se produc după anumite legi. Modelele empirice se pot adopta pentru procese sau fenomene despre care nu se cunosc legile intime de desfășurare a lor.

În tehnologie, datorită complexității proceselor care apar, dar și a simplității abordării unor cercetări, se folosesc, de regulă, modelele empirice și numai în cazuri particulare cele analitico-empirice.

Într-un model empiric se poate considera procesul ca o “cutie neagră”, în sensul că nu se cunosc legile după care se desfășoară procesul respectiv, în intimitatea sa. Se consideră că asupra acestei “cutii negre” acționează o serie de factori X_1, X_2, \dots denumiți mărimi de intrare, fig. 3, iar la ieșire rezultă mărimile de ieșire Y_1, Y_2, \dots , de regulă, cele care sunt rezultat al procesului respectiv și care interesează direct sau indirect. Este evident că asupra “cutiei negre” acționează și alți factori Z_1, Z_2, \dots , de regulă cei de mediu care pot influența ieșirile. Acești factori de mediu trebuie ținuti sub control pentru a nu denatura rezultatele cercetărilor.

Mărimile de intrare ale procesului poartă adesea numele de mărimi independente. Acestea au valori impuse într-un interval de variație a lor. Mărimile de ieșire poartă numele de mărimi dependente, dat fiind faptul că valorile lor depind de valorile celor de intrare.

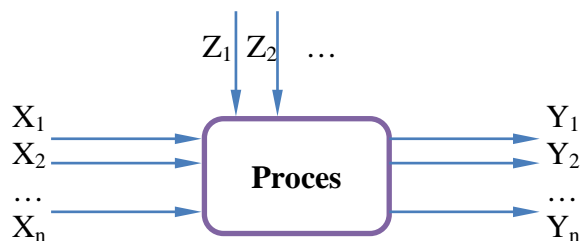


Fig. 3.

Utilizarea sistemului tehnologic al unei mașini-unelte are ca rezultat final prelucrarea uneia sau mai multor suprafețe pe o piesă. Suprafața sau suprafețele prelucrate trebuie să se obțină în anumite condiții legate de:

- preciziile de formă, de poziție și dimensională a suprafeței piesei;
- rugozitatea suprafeței;
- productivitatea prelucrării;
- durabilitatea sculei care determină timpul de lucru al acesteia până la înlocuirea acesteia și în măsură esențială costurile prelucrării;
- costurile prelucrării etc.

Fiecare din aceste mărimi pot fi considerate ca mărimi de ieșire în cercetarea proceselor de lucru din sistemul tehnologic, sau a elementelor acestui sistem, după necesitate.

Parametrii sau mărimile de intrare de exemplu, pentru prelucrarea prin așchiere pentru fiecare din parametrii de ieșire pot fi :

- parametrii procesului de așchiere: viteza, avansul, adâncimea de așchiere;
- elemente ale piesei: material, structură, rigiditatea acesteia etc.;
- căldura care se degajă în procesul de așchiere;
- elemente ale mașinii-unelte, dispozitivelor, sculelor: rigiditatea acestora, precizia lor etc.;
- vibrațiile care apar în sistem etc.

Sub forma generală dependențele mărimilor dependente (cele de ieșire) se pot exprima ca funcții de mărimile independente (de intrare) sub forma:

$$Y_1 = f(X_1, X_2, \dots) \quad Y_2 = f(X_1, X_2), \dots$$

Forma concretă a acestor funcții corespund modelelor matematice ale procesului. Aceste modele sunt empirice. La varierea intrărilor X_i pe anumite intervale rezultă variații ale ieșirilor Y_i , variații care corespund unor expresii matematice sau ecuații.

Pentru a determina forma ecuației care corespunde modului de variație a lui Y_1 ca funcție de intrări, se variază numai o intrare, de exemplu X_1 , și se măsoară ieșirea Y_1 care interesează. Se trasează graficul dependenței respective la scară. Se compară graficul cu curbele unor funcții cunoscute. Similar se procedează și cu celelalte mărimi de intrare. În final se găsește o funcție care corespunde formei dependenței obținută. Funcția se stabilește sub formă generală, urmând ca valorile constantelor care intră în ecuația respectivă să fie determinată folosind datele obținute la măsurări în cadrul experiențelor care se realizează.

Pentru a înțelege modul cum se poate stabili un model se va exemplifica procedeul descris pe cazul cel mai simplu, în care o singură ieșire depinde de o singură intrare. Să presupunem că pentru strunjirea unui material se cere să se stabilească modelul durabilității T a sculei ca funcție de viteza de așchiere, în condițiile în care toți ceilalți parametri sunt menținuți constanți: avansul sculei, adâncimea de așchiere, materialul piesei, materialul sculei și geometria acesteia etc. Durabilitatea sculei reprezintă timpul în care aceasta așchiază efectiv

până ce se uzează pe fața de așezare la o valoare standard care poate fi 0,75 mm, de exemplu. Pentru a stabili modelul dependenței dintre T și v se fac experimentări. Pentru o valoare V_1 a lui v se măsoară în timp, periodic, uzura sculei până ce aceasta depășește 0,75 mm. Similar se procedează și pentru alte valori ale vitezei V_2, V_3, V_4, V_5 într-un interval ales. Se trasează graficele uzurii ca funcție de timp pentru fiecare viteză, fig. 4. La intersecția orizontalei $VB_{0,75}$ cu curbele obținute la trasarea prin punctele rezultate la măsurarea uzurii se obțin timpurile în care scula așchiază. Astfel pentru vitezele alese se obțin: $T_1 = 113$ minute; $T_2 = 72$; $T_3 = 40$; $T_4 = 25$; $T_5 = 15$.

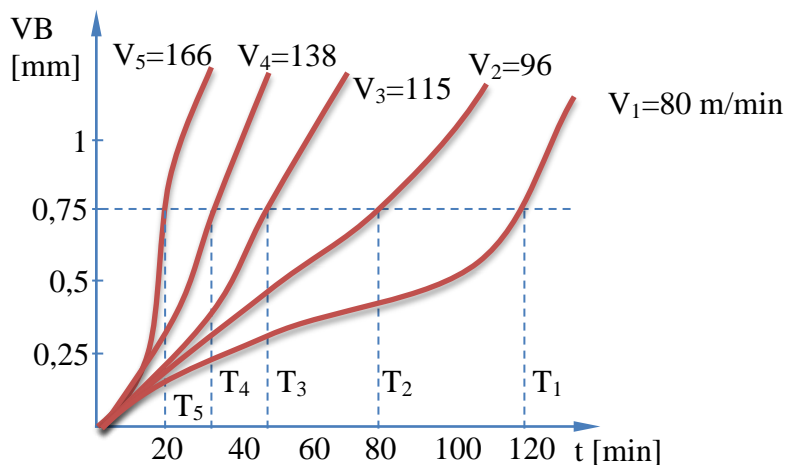


Fig. 4.

Perechile de valori V_i, T_i exprimă legăturile dintre mărimea de intrare v și cea de ieșire T . Punctele V_i, T se reprezintă pe un grafic, la scară, fig. 5. Se trasează printre punctele obținute o curbă care corespunde graficului funcției lui T de v . Funcția corespunde unei forme de ecuații. Se compara acest grafic cu graficele unor funcții cunoscute din matematică. De exemplu, în acest caz funcția care are un astfel de grafic este:

$$T = a \cdot V_b$$

în care: a și b sunt constante, iar $b < 0$.

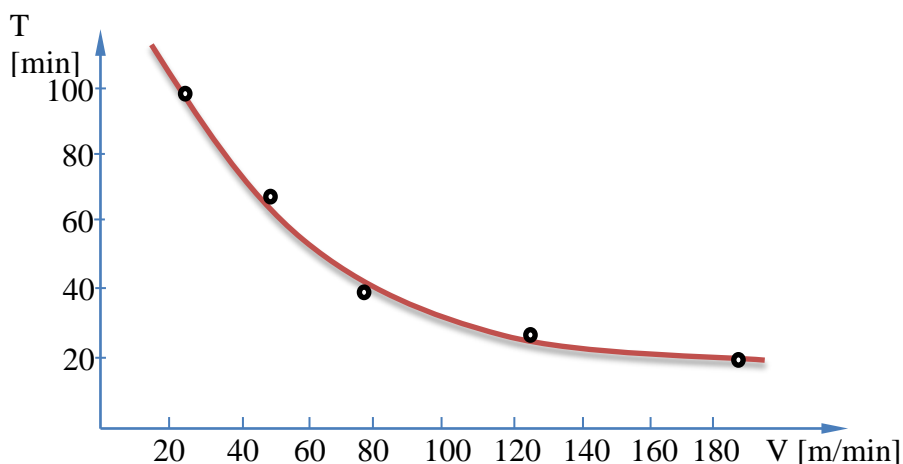


Fig.5

Se poate concluziona că modelul care corespunde dependenței căutate este de forma unei exponențiale. În anumite condiții, prin prelucrarea datelor obținute la experimentări, se pot determina valorile celor două constante a și b .

Dacă, de exemplu, la intrare sunt variați trei parametri: viteza v , avansul s și adâncimea t de așchiere și interesează același parametru de ieșire T , se procedează similar pentru fiecare mărime de intrare în parte, s și respectiv t ca și pentru viteza. Adică se determină dependențele lui T la variația separată a lui v , s și respectiv t . Dacă se obțin grafice similare se poate concluziona, cu aproximație, că modelul care exprimă dependența lui T de cei trei parametri este de forma:

$$T = a \cdot v^b \cdot s^c \cdot t^d$$

în care a , b , c și d sunt constante.

Este desigur o aproximație întrucât nu se ține seama de legăturile dintre intrări. Atunci când s-a variat un parametru, de exemplu v , ceilalți doi s și t au fost menținuți constanți, de regulă, cu valori aflate la mijlocul intervalelor în care aceștia au fost variați.

Modelul stabilit pentru exemplul luat este un model neliniar. La experimentări sunt preferate modelele liniare datorită unor avantaje pe care le au aceste modele. Din acest motiv, ori de câte ori este posibil, se ajunge la modele liniare prin următoarele artificii:

- prin limitarea intervalelor pentru care sunt valabile modelele;
- prin artificii matematice: logaritmări, substituiri de variabile etc.;
- prin ambele metode.

Atunci când nu este posibilă o liniarizare se adoptă modele de ordinul 2 și mai rar de alte ordine, întrucât ecuațiile rezultate sunt dificile în utilizarea practică.

Dacă se are în vedere curba din fig. 5 și se adoptă două intervale de variație pentru v , primul de la 80 la 120 și al doilea de la 120 la 170 curba poate fi aproximată de ecuațiile a două drepte, fiecare fiind valabilă pe intervalele respective:

$$T = A_1 + B_1 v \quad \text{pentru} \quad 80 < v < 120;$$

$$T = A_2 + B_2 v \quad \text{pentru} \quad 120 < v < 170$$

De altfel și ecuația exponențială este valabilă numai pe intervalul experimentat.

Se poate ajunge la o formă liniară pentru ecuația exponențială și prin logaritmare. Astfel, dacă se logaritmează expresia lui T ca funcție de v se obține succesiv:

$$\lg T = \lg a + b \lg v$$

Înlocuind pe $\lg T = Y$; $\lg a = A_0$; $b = A_1$; $\lg v = X$ se obține ecuația unei drepte:

$$Y = A_0 + A_1 X$$

O formă liniară se obține și în cazul lui T ca funcție de cele trei variabile de intrare v , s , t :

$$\lg T = \lg a + b \lg v + c \lg s + d \lg t$$

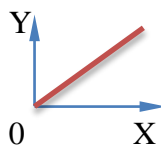
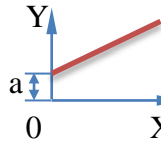
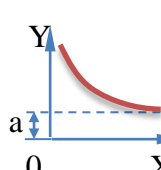
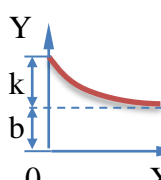
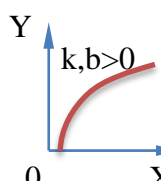
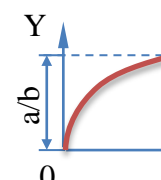
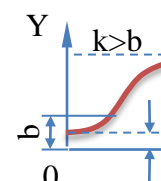
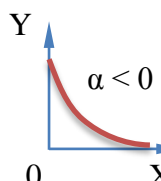
Prin înlocuire se obține:

$$Y = A_0 + A_1 X_1 + A_2 X_2 + A_3 X_3$$

În tabelul 1 sunt date tipurile mai importante de funcții care pot modela procese, formele graficelor acestora, precum și schimbările de variabile practicate pentru liniarizarea modelelor.

În tabelul 1 sunt prezentate numai modele corespunzătoare unor procese dependente de o singură mărime de intrare. Aceste modele pot fi extinse și la procese care pot avea mai multe mărimi la intrare așa cum s-a prezentat anterior pentru durabilitatea T a sculei. Acest mod de "cuplare" a ecuațiilor pentru exprimarea dependențelor de mai multe variabile la intrare poate fi folosit numai dacă variabilele de intrare sunt complet independente între ele. Acest lucru, însă, trebuie verificat.

Modelul mai general care poate exprima dependența mărimii de ieșire ca funcție de ordinul I sau II, de mai multe variabile de intrare, cu luarea în considerare a legăturilor care pot exista între mărimile de intrare se obține prin dezvoltarea în serie Taylor a valorii necunoscute a mărimii Y de ieșire în jurul valorii medii a acesteia.

Nr. crt.	Funcția	Graficul funcției pentru $x > 0, y > 0$	Schimbări de variabile pentru liniarizarea funcției
1	$Y = AX$		-
2	$Y = A_0 + A_1 X$		-
3	$Y = a + \frac{b}{x}$		$X = \frac{1}{x}$ $Y = y$ $A_0 = a$ $A_1 = b$
4	$Y = ke^{-x} + b$		$u = e^{-x}$ $v = y$
5	$Y = k \lg x + b$		$X = \lg x$ $Y = y$
6	$Y = \frac{a}{\frac{1}{x} + b}$		$X = \frac{1}{x}$ $Y = \frac{1}{y}$
7	$Y = \frac{1}{ke^{-x} + b}$		$X = e^{-x}$ $Y = \frac{1}{y}$
8	$Y = a x^\alpha$		$X = \lg x$ $Y = \lg y$

Ecuția la care se ajunge corespunde modelului și poate realiza o estimare mai precisă atunci când se introduc în ecuație și termeni de ordinul doi.

De exemplu, în cazul unui proces cu două variabile de intrare se pot adopta următoarele modele pentru exprimarea dependenței mărimii Y de ieșire:

$$Y = A_0 + A_1 X_1 + A_2 X_2;$$

$$Y = A_0 + A_1 X_1 + A_2 X_2 + A_{12}X_1X_2;$$

$$Y = A_0 + A_1 X_1 + A_2 X_2 + A_{12}X_1X_2 + A_{11}X_1^2 + A_{22}X_2^2;$$

Prima ecuație nu ține seama de interacțiunile celor două variabile. Cea de a doua ecuație ține seama de interacțiunea dintre variabilele X_1 și X_2 . Cea de a treia având și termeni de ordinul doi asigură o modelare mai precisă.

În cazul a trei variabile de intrare X_1, X_2, X_3 , modelul pentru exprimarea legăturii lui Y ca mărime de ieșire cu variabilele de ieșire poate avea formele:

$$Y = A_0 + A_1 X_1 + A_2 X_2 + A_3 X_3;$$

$$Y = A_0 + A_1 X_1 + A_2 X_2 + A_3 X_3 + A_{12}X_1X_2 + A_{13}X_1X_3 + A_{23}X_2X_3 + A_{123}X_1X_2X_3;$$

$$Y = A_0 + A_1 X_1 + A_2 X_2 + A_3 X_3 + A_{12}X_1X_2 + A_{13}X_1X_3 + A_{23}X_2X_3 + A_{11}X_1^2 + A_{22}X_2^2 + A_{33}X_3^2 \text{ etc.}$$

Din nefericire atunci când se abordează anumite experiențe nu se cunoaște cu exactitate care model asigură precizia necesară de reprezentare a datelor experimentale. Din acest motiv, uneori se impune luarea în considerare a unor modele mai complexe și în măsura în care se constată că anumite influențe sunt neglijabile se poate trece la un model mai simplu. De exemplu, dacă se constată că unii coeficienți rezultă cu valori neglijabile variabilele respective se pot elimina din ecuație. Aceste decizii, însă, pot fi luate după prelucrarea datelor experimentale.

În practică se preferă modelul cel mai simplu care asigură precizia cerută. Nu trebuie pierdut din vedere faptul că modelul trebuie să descrie cu precizia cerută legătura dintre mărimea de ieșire și cele de intrare, mărimi care sunt caracteristice procesului respectiv.

În efectuarea unor experiențe, modelele care se adoptă adesea se bazează pe rezultatele obținute de alți cercetători. Acesta este un motiv esențial pentru o documentare adecvată în abordarea unei teme.

PRELUCRAREA DATELOR EXPERIMENTALE

Necesitatea prelucrării datelor experimentale și forme de prezentare a acestora

Datele experimentale rezultate la măsurarea unor mărimi independente sau dependente între ele, indiferent de forma primară în care se obțin, tabele sau grafice, trebuie prelucrate, în principal din următoarele motive:

- de regulă forma în care se obțin la măsurări nu permit evidențierea fenomenelor studiate;
- atunci când sunt făcute experimentări pentru a obține date pentru proiectare acestea trebuie puse sub o formă convenabilă, de relații sau grafice pentru a putea fi cu ușurință utilizate în proiectare;
- la măsurări repetate pentru aceeași mărime măsurată, ca urmare a apariției unor erori, rezultă mai multe valori, dintre care unele afectate de erori grosolane și trebuie eliminate. Prin prelucrare se stabilesc valorile cele mai probabile pe care le poate lua mărimea măsurată și dispersiile acestor valori sau alți parametri care caracterizează sau evidențiază fenomenul care interesează.

Datele obținute în cercetarea experimentală sub formă de tabele, grafice, înregistrări pe benzi

etc. trebuie prezentate într-o formă care să permită o utilizare corespunzătoare.