

## **CUPRINS**

|                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Reguli de lucru în laboratorul de metrologie<br>al Centrului Universitar „Metronom” ..... | 4  |
| 2. Considerații generale .....                                                               | 5  |
| Lucrarea de laborator nr.1                                                                   |    |
| EVALUAREA CONFORMITĂȚII PRODUSELOR<br>PRIN EROAREA DE MĂSURARE .....                         | 6  |
| Lucrarea de laborator nr.2                                                                   |    |
| EVALUAREA CONFORMITĂȚII PRODUSELOR<br>PRIN INCERTITUDINEA DE MĂSURARE.....                   | 14 |
| Lucrarea de laborator nr.3                                                                   |    |
| CONTROLUL STATISTIC AL PROCESELOR<br>ÎN BAZA DIAGramei FRECVENȚEI .....                      | 25 |
| Lucrarea de laborator nr.4                                                                   |    |
| CONTROLUL STATISTIC AL PROCESELOR<br>ÎN BAZA FIȘEI DE CONTROL .....                          | 34 |
| BIBLIOGRAFIE .....                                                                           | 45 |

## **1. Reguli de lucru în laboratorul de metrologie al Centrului Universitar „Metronom”**

1.1 Cadrul didactic asigură un instructaj al studenților cu privire la securitatea efectuării lucrărilor de laborator.

1.2 Fiecare student semnează în registru că a fost instruit și va respecta regulile protecției muncii în laborator.

1.3 Studenții trebuie să însușească cunoștințele teoretice principale și modul de efectuare a lucrării.

1.4 Înainte de a începe lucrarea să se verifice legătura la pământ a standurilor metalice și a corpurilor metalice ale echipamentelor.

1.5 Schema se montează de un student, apoi se verifică de ceilalți membri ai echipei și se prezintă profesorului.

1.6 Punerea sub tensiune a instalațiilor se va face numai cu permisiunea profesorului și în prezența acestuia.

1.7 În timpul lucrărilor este strict interzisă atingerea cu mâna a bornelor sau altor părți ale echipamentelor sub tensiune.

1.8 Modificarea montajelor se va face după scoaterea de sub tensiune, iar schema modificată se va prezenta pentru control profesorului.

1.9 După efectuarea lucrării se vor scoate obligatoriu toate aparatele și echipamentele de sub tensiune prin deconectarea întrerupătoarelor respective. Tot utilajul se va pune în ordine și se va preda profesorului.

1.10 Rezultatele măsurărilor se prezintă profesorului.

## **2. Considerații generale**

Măsurările prezintă elementul cheie a aparatului decizional din cadrul proceselor de inspecție, control, asigurare și management al calității. Anume de calitatea, de precizia datelor rezultate din măsurări depinde corectitudinea și eficacitatea măsurilor întreprinse în scopul gestionării calitatii.

Spre exemplu necesitatea măsurărilor corecte a performanțelor proceselor, în scopul demonstrării capabilității lor de a obține rezultatele planificate, precum și a caracteristicilor produselor, pentru asigurarea conformității lor cu cerințele specificate, sunt cerințe obligatorii ale standardului internațional ISO 9001:2008 pentru sisteme de management al calității.

Conform conceptului contemporan măsurările sunt procese distincte, performanțele cărora depind de echipamentul metrologic utilizat, metodele de măsurare, personalul implicat și condițiile de mediu. Deci asigurarea calității rezultatelor măsurărilor, inclusiv și asigurarea preciziei măsurărilor necesită cunoștințe bogate și capacități practice de management al proceselor. Acumularea acestor cunoștințe și aplicarea lor eficientă în practica măsurărilor prezintă unul din obiectivele lucrărilor de laborator la disciplina dată.

Însă asigurarea calității proceselor și produselor nu se mărginește doar cu asigurarea preciziei măsurărilor. Pentru gestionarea eficace a proceselor de producție se cere o prelucrare, interpretare și utilizare adecvată a rezultatelor măsurărilor. Deci intervine necesitatea de familiarizare cu metodele și mecanismele controlului statistic al proceselor, ceea ce prezintă al doilea obiectiv al lucrărilor de laborator.

În rezultatul îndeplinirii lucrărilor de laborator studenții vor fi capabili să evalueze conformitatea produselor în baza rezultatelor măsurărilor caracteristicilor acestora cu exprimarea erorii sau incertitudinii de măsurare, precum și să stabilească măsuri de control și îmbunătățire a proceselor în baza diagramei frecvenței și fișelor de control, îndeplinite în urma măsurării caracteristicilor produselor rezultate din aceste procese.

## Lucrarea de laborator nr.1

### EVALUAREA CONFORMITĂȚII PRODUSELOR PRIN EROAREA DE MĂSURARE

**Scopul lucrării:** *studiul principiului de evaluare a conformității produselor în baza datelor experimentale exprimate prin eroarea de măsurare*

#### Programul principal al lucrării:

1. Studiați:
  - ✓ procedurile de evaluare a conformității;
  - ✓ termenii și definițiile din domeniul evaluării conformității;
  - ✓ metodele și mijloacele de măsurare a rezistenței electrice;
  - ✓ termenii și definițiile din domeniul măsurărilor;
  - ✓ clasificarea și determinarea erorilor de măsurare;
2. Îndepliniți programul de lucru.
3. Întocmiți și susțineți referatul.

## 1. BREVIAR

### 1.1 Evaluarea conformității produselor

*Evaluarea conformității* este o procedură prin care se stabilește îndeplinirea cerințelor specificate pentru un anumit produs. Evaluarea conformității se efectuează în scopul asigurării calității fie prin procedura de certificare sau cea de declarație de conformitate a producătorului.

*Certificarea* este o procedură prin care o terță parte dă o asigurare în scris, precum că produsul, procesul sau serviciul este conform cerințelor specificate.

*Declarația de conformitate a producătorului* este o procedură prin care un producător sau furnizor dă o asigurare în scris precum că produsul, procesul sau serviciul este conform cerințelor specificate[1]

Cu toate că procedurile de certificare și declarație de conformitate deferă esențial una de alta, ca dovadă a îndeplinirii cerințelor specificate, în fond, ambele folosesc rezultatele măsurărilor caracteristicilor produselor în laboratoare competente și autorizate.

În consecință, evaluarea conformității rezultă într-o operație de comparare a cerințelor pentru produs, specificate în documentele tehnice și caracteristicile efective ale produsului, stabilite în rezultatul măsurărilor sau prin observare și judecare.

Prin urmare, corectitudinea și precizia măsurărilor influențează în mod direct rezultatele evaluării conformității. Important este că metodele de măsurare și prelucrare a datelor utilizate la elaborarea specificației pentru produs să fie identice cu cele practicate în laboratoarele de încercări a produselor. Deci, dacă se utilizează metoda de exprimare a preciziei măsurărilor prin eroarea de măsurare în procesul de proiectare și elaborare a specificației produsului, tot această metodă trebuie folosită și la încercările acestuia.

## 1.2 Termeni și definiții din domeniul măsurărilor

- *Mărimea* - o proprietate comună unei mulțimi de obiecte, evenimente, sisteme, stări sau fenomene de aceeași natură, care poate fi deosebită calitativ și evaluată cantitativ. Dacă proprietatea care caracterizează mulțimea respectivă este de natură fizică, mărimea se numește *mărime fizică*.
- Evaluarea cantitativă a unei mărimi prin procedee experimentale este *măsurarea acestei mărimi*.
- O mărime supusă operației de măsurare se numește *măsurand*.
- *Exactitatea de măsurare* este definită prin gradul de concordanță între rezultatul unei măsurări și o valoare adevărată a măsurandului.
- *Uniformitatea măsurărilor* presupune efectuarea acestora folosind aceleași unități de măsură de către toți utilizatorii, în toate întreprinderile.
- *Eroarea de măsurare* – abaterea rezultatului măsurării față de valoarea (convențional) adevărată a măsurandului [2].

### 1.3 Clasificarea erorilor de măsurare

- ❖ *Eroarea absolută* - suma algebrică dintre rezultatul măsurării și valoarea (convențional) adevărată a măsurandului

$$\Delta X = X_a - X_m \quad (1.1)$$

unde:

$X_a$  - valoarea adevărată

$X_m$  - rezultatul măsurării

- ❖ *Eroarea relativă* - raportul dintre eroarea absolută și valoarea (convențional) adevărată a măsurandului.

$$\delta_x = \frac{\Delta X}{X_a} = \frac{X_a - X_m}{X_a} = 1 - \frac{X_m}{X_a} \quad (1.2)$$

- ❖ *Abateră medie pătratică experimentală* (standard)

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (1.3)$$

unde:

$x_i$  - rezultatul celei de-a  $i$ -a măsurări.

$\bar{x}$  - media aritmetică a rezultatelor luate în considerație.

- ❖ *Eroarea aleatorie* - componenta erorii de măsurare care variază imprezvizibil, atât ca valoarea absolută cât și ca semn atunci când se măsoară în condiții de repetabilitate

*Notă: Erorile aleatorii nu pot fi eliminate prin intermediul unor corecții aplicate rezultatului brut al măsurării.*

- ❖ *Eroarea sistematică* - componenta erorii de măsurare care rămâne constantă, atât ca valoare absolută cât și ca semn, atunci când se măsoară în condiții de repetabilitate, sau care variază într-un mod prezvizibil atunci, când condițiile se modifică.

*Notă: În multe cazuri, erorile sistematice pot fi determinate prin utilizarea unor metode speciale de măsurare sau prin calcul. Deoarece nu întotdeauna este posibilă determinarea și chiar dacă este posibilă ea se face cu o anumită incertitudine, este necesară împărțirea erorilor sistematice în:*

- erori sistematice determinate care pot fi eliminate din rezultatul brut al măsurărilor prin aplicarea corecțiilor, obținându-se rezultatul corectat al măsurărilor;
  - erori sistematice nedeterminabile –trebuie evaluate și luate în considerație la calculul incertitudinii compuse.
- ❖ **Rezultatul brut**- rezultatul măsurării fără aplicarea corecțiilor și fără specificarea incertitudinii de măsurare.
- Notă: În cazul unor măsurări directe singulare, rezultatul brut este identic cu indicația mijlocului de măsurare.*
- ❖ **Repetabilitatea măsurărilor** - concordanța dintre rezultatele măsurărilor repetate, efectuate, asupra aceleiași măsurand în condiții de repetabilitate specificate [3,4].

*Note: 1. Cantitativ repetabilitatea se exprimă printr-un indicator statistic al împrăstierii rezultatelor în domeniul măsurărilor. Ca indicatori principali ai împrăstierii se utilizează abaterea medie pătratică experimentală și amplitudinea.*

*2. Noțiunea de repetabilitate a măsurărilor este mai largă decât cea de fidelitate a mijlocului de măsurare. Repetabilitatea subsumează pe lângă fidelitatea mijlocului de măsurare și efectele de variabilitate determinate de toți factorii care influențează rezultatele măsurărilor efectuate în condiții de repetabilitate.*

#### **1.4 Analiza performanței mijloacelor de măsurare în baza graficului cu figuri geometrice**

*Graficul cu figuri geometrice prezintă o clasificare grafică, cu cinci elemente, a variației dintr-o serie de date. Datele sunt clasificate după: cea mai mică valoare, cuantila secundă, mediana, cuantila treime și cea mai mare valoare. Graficul cu figuri geometrice poate fi folosit în diverse scopuri, inclusiv și pentru compararea variației rezultatelor măsurării diferitor mijloace de măsurare.*

Pentru construirea graficului, rezultatele măsurărilor pentru fiecare mijloc de măsurare, efectuate pe unul și același lot de produse,

se calculează eroarea relativă pentru fiecare produs din lot și se aranjează în ordinea crescândă. Se determină amplitudinea variației (valoarea cea mai mică minus, valoarea cea mai mare dintr-o populație), se determină cele cinci valori menționate anterior și se construiește graficul indicat în figura 1.1.

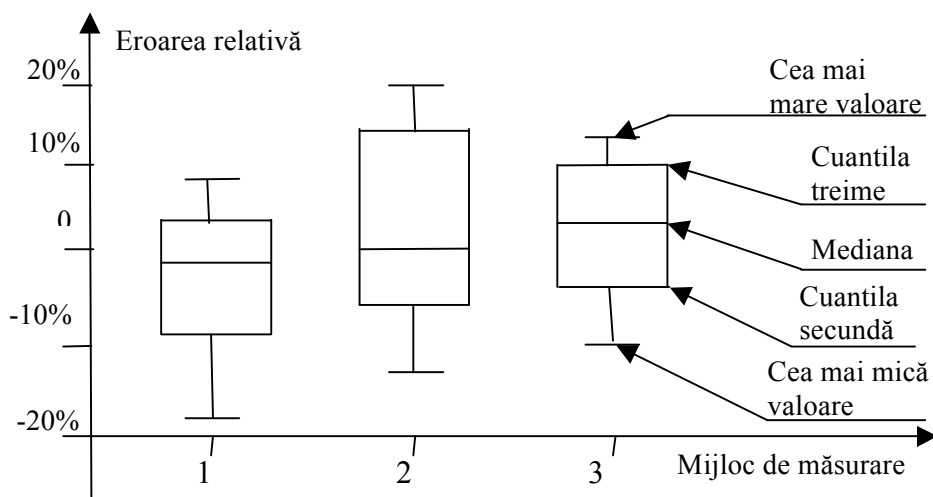


Fig. 1.1 Graficul cu figuri geometrice

Graficul cu figuri geometrice este un instrument eficient pentru selectarea mijloacelor de măsurare în procesul de evaluare a conformității produselor.

## 2. DESCRIEREA LOCULUI DE LUCRU

Lucrarea de laborator se efectuează în laboratorul de metrologie al Centrului Universitar „Metronom”. Produsele supuse încercărilor și mijloacele de măsurare a caracteristicilor produselor date se stabilesc și se distribuie de către persoana responsabilă de organizarea și desfășurarea lucrării de laborator.



### 3. PROGRAMUL DE LUCRU

3.1. În condiții de laborator, măsurăți caracteristica, indicată de persoana responsabilă, la 4 eșantioane de produse finite a câte 15 produse în fiecare eșantion. Măsurările caracteristicii fiecărui produs se efectuează cu 2 tipuri de mijloace de măsurare, instalate la locul de lucru. Rezultatele măsurărilor se înregistrează în tabelele 1.1 -1.8. Forma tabelelor este indicată în figura 1.2.

| Număr produs în lot | Numarul lotului: |                  |            |               |                           | Comparare $\delta_x / \delta_{x\text{ spec.}}$ , conform/neconform |
|---------------------|------------------|------------------|------------|---------------|---------------------------|--------------------------------------------------------------------|
|                     | $X_a$            | $X_m$            | $\Delta X$ | $\delta_x \%$ | $\delta_{x\text{ spec.}}$ |                                                                    |
| 1                   |                  |                  |            |               |                           |                                                                    |
| 2                   |                  |                  |            |               |                           |                                                                    |
| 3                   |                  |                  |            |               |                           |                                                                    |
| .                   |                  |                  |            |               |                           |                                                                    |
| .                   |                  |                  |            |               |                           |                                                                    |
| 15                  |                  |                  |            |               |                           |                                                                    |
| S=                  |                  | Mijloc măsurare: |            |               |                           |                                                                    |

Fig.1.2 Forma tabelelor 1.1-1.8

*Notă. Valorile  $X_a, \delta_{x\text{ spec.}}$  se indică în specificația sau marcajul produselor supuse măsurărilor. În scopul îndeplinirii prezentei lucrări de laborator aceste caracteristici se stabilesc de către persoana responsabilă.*

### 4. PRELUCRAREA REZULTATELOR

4.1 Determinați eroarea absolută  $\Delta X$  și eroarea relativă  $\delta_x$  pentru fiecare produs din loturile 1-4, precum și abaterea medie pătratică experimentală S pentru fiecare lot și le indicați în tabelele respective.

4.2 Comparați eroarea relativă calculată în rezultatul măsurărilor  $\delta_x$  cu eroarea relativă specificată pentru produs și determinați, dacă produsul respectiv se încadrează sau nu în limitele specificate. În cazul când produsul se încadrează în limitele specificate, el este *conform*, iar în caz contrar – *neconform*. Indicați în coloana “Comparare  $\delta_x / \delta_{x\text{ spec}}$ ” rezultatele comparării.

4.3 Reieșind din datele tabelelor îndeplinite, formulați decizia de conformitate sau neconformitate a loturilor de produse supuse încercărilor.

4.4 Specificați impactul tipului mijlocului de măsurare asupra rezultatelor măsurărilor și deciziei de conformitate.

4.5 Stabiliți diferența dintre eroarea relativă și abaterea medie pătratică experimentală și trageți concluzii despre specificul lor de aplicare la evaluarea conformității.

4.6 Construiți graficul cu figuri geometrice a variației erorii relative  $\delta_x$ , pentru măsurările efectuate asupra unui lot de produse, indicat de persoana responsabilă, cu două tipuri de mijloace de măsurare.

4.7 Formulați concluzii referitoare la rolul selectării mijlocului de măsurare în procesul de evaluare a conformității producției.

## 5 CONȚINUTUL REFERATULUI

5.1 Tema și scopul lucrării

5.2 Termeni și definiții referitoare la evaluarea conformității și eroarea de măsurare

5.3 Tabelele cu rezultatele experimentale și calculele efectuate

5.4 Graficul cu figuri geometrice

5.5 Concluzii

## 6 ÎNTREBĂRI DE CONTROL

- Care-i scopul evaluării conformității?
- Ce este o procedură de evaluare a conformității?

- Care-i diferența dintre procedurile de certificare și declarație de conformitate a produselor?
- Care-i rolul măsurărilor în procesul de evaluare a conformității produselor?
- Prin ce se caracterizează precizia măsurărilor?
- Ce tipuri de erori se folosesc pentru stabilirea conformității produsului cu cerințele specificate?
- Care sunt avantajele graficului cu figuri geometrice la selectarea mijloacelor de măsurare?

## Lucrarea de laborator nr.2

### EVALUAREA CONFORMITĂȚII PRODUSELOR PRIN INCERTITUDINEA DE MĂSURARE

**Scopul lucrării:** *studiul principiului de evaluare a conformității produselor în baza datelor experimentale exprimate prin incertitudinea de măsurare*

#### Programul principal al lucrării:

1. Recapitulați:
  - ✓ procedurile de evaluare a conformității;
  - ✓ termenii și definițiile din domeniul evaluării conformității;
  - ✓ metodele și mijloacele de măsurare a rezistenței electrice;
  - ✓ termenii și definițiile din domeniul măsurărilor.
2. Studiați:
  - ✓ Termenii și definițiile referitor la incertitudinea de măsurare;
  - ✓ Tipurile de incertitudine;
  - ✓ Metodele de calcul și exprimare a incertitudinii;
  - ✓ Termenii și definițiile referitor la etalonarea mijloacelor de măsurare;
  - ✓ Procedura de etalonare a mijloacelor de măsurare
3. Îndepliniți programul de lucru
4. Întocmiți și susțineți referatul

## 1. BREVIAR

### 1.1 Incertitudinea de măsurare

1.1.1 Estimarea erorii de măsurare a fost utilizată timp îndelungat în calitate de metodă de bază pentru caracterizarea preciziei de măsurare. Prin definiție, eroarea de măsurare este abaterea rezultatului măsurării față de valoarea adevărată a măsurandului. Însă, așa cum este imposibil de a determina cu o precizie absolută valoarea adevărată a

măsurandului, este imposibilă și determinarea abaterii de la valoarea adevărată.

Adăugător, datorită progresului tehnic și implementării pe larg a abordărilor de proces și de sistem, s-a stabilit că procedurile existente de măsurare în baza erorii de măsurare, având un caracter static, nu pot fi utilizate la măsurarea caracteristicilor proceselor, cărora le este specifică variația în timp. Cu atât mai mult, că din punct de vedere a acestor noi abordări, însăși procedura de măsurare este un proces variabil, și pentru determinarea caracteristicilor de calitate ale acestuia sunt necesare metode bazate pe tehnicile statistice de măsurare, prelucrare a datelor și exprimare a rezultatelor.

Aceste premise au stat la temelia dezvoltării unui nou concept al măsurărilor, corespunzător metodelor statistice de control al proceselor, și bazat pe determinarea preciziei de măsurare prin estimarea și exprimarea incertitudinii de măsurare.

Trecând prin multiple etape de concepere, fundamentare și dezvoltare acest concept a fost sistematizat în prestandardul european ENV 13005 „Ghid pentru exprimarea incertitudinii de măsurare” [5].

### 1.1.2 Termeni și definiții

1) *incertitudinea de măsurare* este parametrul asociat rezultatului unei măsurări, care caracterizează dispersia valorilor ce în mod rezonabil, pot fi atribuite măsurandului.

2) *incertitudinea standard* - incertitudine a rezultatului unei măsurări exprimată printr-o abatere standard.

3) *evaluare de tip A a incertitudinii* - metodă de evaluare a incertitudinii prin analiza statistică a șirurilor de observații, care include:

-evaluarea mediei aritmetice " $\bar{q}$ " a unui șir de "n" măsurări cu rezultatele  $q_1, \dots, q_n$

$$\bar{q} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n q_k \quad (2.1)$$

-evaluarea variației experimentale a observațiilor

$$S^2(q_k) = \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (q_k - \bar{q})^2 \quad (2.2)$$

- calcularea abaterii standard experimentale

$$S(q_k) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (q_k - \bar{q})^2} \quad (2.3)$$

*Estimația variației distribuției de probabilitate a lui  $q$  și a abaterii standard experimentale  $S(q_k) = \sqrt{S^2(q_k)}$ , caracterizează variabilitatea valorilor  $q_k$  observate sau, mai adecvat, dispersia acestora în jurul mediei  $\bar{q}$ .*

*Estimația cea mai bună a lui  $\sigma^2(\bar{q}) = \sigma^2/n$ , respectiv a variației medii teoretice este exprimată prin*

$$S^2(\bar{q}) = \frac{S^2(q_k)}{n} \quad (2.4)$$

*Variația experimentală a mediei  $S^2(\bar{q})$  și abaterea standard a mediei  $S(\bar{q})$ , egală cu rădăcina pătrată pozitivă a lui  $S^2(\bar{q})$ , exprimă cantitativ cât de bine estimează  $\bar{q}$  media teoretică  $\mu_q$  a lui  $q$  și oricare din ele poate fi folosită drept măsură a incertitudinii lui  $q$ .*

Pentru o mărime de intrare  $X_i$  determinată pe baza a  $n$  observații (măsurări) repetate independente  $X_{i,k}$ , **incertitudinea standard**

$$U(x_i) = S(\bar{x}_i), \quad (2.5)$$

$$\text{unde } S(X_i) = \sqrt{S^2(\bar{x}_i)} = \sqrt{\frac{S^2(x_i)}{n}} \quad (2.6)$$

Din comoditate,  $U^2(x_i) = S^2(\bar{x}_i)$  și  $U(x_i)$  sunt uneori denumite **varianță de tip A** și, respectiv, **incertitudine standard de tip A**.

4) **evaluarea de tip B a incertitudinii**- metodă de evaluare a incertitudinii prin alte metode decât analiza statistică a șirurilor de observații.

Pentru o estimatie  $x_i$  a unei mărimi de intrare  $X_i$  care nu a fost obținută pe baza unor observații repetate, **varianța estimată**  $U^2(x_i)$  **asociată** sau **incertitudinea standard**  $U(x_i)$  este evaluată printr-o analiză științifică bazată pe toate informațiile de care se dispune despre posibila variabilitate a lui  $x_i$ .

Ansamblul de informații acumulate poate include:

- rezultatele unor măsurări anterioare;
- experiență sau cunoașterea generală referitoare la comportarea și proprietățile materialelor și mijloacelor de măsurare utilizate;
- specificațiile fabricanților;
- datele specificate în certificatele de etalonare sau alte certificate;
- incertitudinea atribuită valorilor de referință preluate din lucrări și manuale.

Pentru comoditate, varianța  $U^2(x_i)$  și incertitudinea  $U(x_i)$  evaluate în acest mod sunt denumite uneori **varianță de tip B** și, respectiv, **incertitudine standard de tip B**.

5) **incertitudine standard compusă**  $U_c(y)$  - incertitudine standard a rezultatului unei măsurări, atunci când acel rezultat este obținut pe baza valorilor unor mărimi diferite, egală cu rădăcina pătrată pozitivă a unei sume de termeni, termenii repectivi fiind varianțele sau covarianțele

acelor mărimi, ponderate în conformitate cu variația rezultatului măsurării în funcție de variația mărimilor respective.

Incertitudinea standard a lui  $y$ , unde  $y$  este estimația măsurandului  $Y$  și, deci, rezultatul măsurării, se obține combinând în mod adecvat incertitudinile standard ale estimațiilor de intrare  $X_1, X_2, \dots, X_N$ .

*Note; 1. Această abordare se datorează faptului că în majoritatea cazurilor un măsurand  $Y$  nu este măsurat direct ci este determinat indirect, pe baza altor mărimi  $X_1, X_2, \dots, X_N$  prin intermediul unei relații funcționale.*

*2. Prin  $X_1, X_2, \dots, X_N$  se identifică **mărimile de intrare** de care depinde **mărimea de ieșire**  $Y$ .*

Această **incertitudine standard compusă** a estimației  $y$  se notează cu  $U_c(y)$ .

$$U_c(y) = \sqrt{U_c^2(y)}, \quad (2.7)$$

$$U_c^2(y) = \sum_{i=1}^N \left[ \frac{\partial f}{\partial X_i} \right]^2 U^2(X_i) \quad (2.8)$$

unde,

$$\frac{\partial f}{\partial X_i} = c_i \text{-coeficient de pondere a lui } X_i \text{ în estimația lui } y, \text{ atunci}$$

cind  $c_1 = 1$

$$U_c^2(y) = \sum_{i=1}^N U^2(X_i) \quad (2.9)$$

Fiecare  $U(x_i)$  este o incertitudine standard calculată conform metodei de evaluare **de tip A** sau **de tip B**. Incertitudinea standard compusă  $U_c(y)$  este o abatere standard estimată (calculată) și caracterizează dispersia valorilor ce în mod rezonabil, pot fi atribuite măsurandului  $Y$ .



Estimația măsurandului  $Y$ , notată  $y$ , se obține din ecuația  $Y = f(X_1, X_2 \dots X_N)$  folosind estimațiile de intrare  $x_1, x_2 \dots x_n$  pentru valorile celor  $N$  mărimi de intrare  $X_1, X_2 \dots X_N$ . Astfel estimația de ieșire  $y$ , care reprezintă rezultatul măsurării, este exprimată prin

$$y = f(x_1, x_2 \dots x_n); \quad (2.10)$$

$$y = \bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n Y_k = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n f(x_{1,k}, x_{2,k} \dots x_{N,k}) \quad (2.11)$$

6) *incertitudinea extinsă*  $U$  – mărime care definește un interval în jurul rezultatului unei măsurări, interval în care este de așteptat să fie cuprinsă o fracțiune ridicată a distribuției valorilor ce, în mod rezonabil pot fi atribuite măsurandului.

$$U = kU_c(y), \quad (2.12)$$

unde  $U_c(y)$  – incertitudinea standard compusă,  $k$  – factor de putere.

Valoarea factorului de putere (extindere)  $k$  este aleasă pe bază nivelului de incertitudine cerut pentru intervalul de la  $y-U$  pînă la  $y+U$ . În general  $k$  este cuprins în intervalul de la 2 pînă la 3.

Rezultatul unei măsurări se exprimă sub forma

$$Y = y \pm U, \quad (2.13)$$

ceea ce se interpretează astfel: cea mai bună estimație a valorii atribuite măsurandului  $Y$  este  $y$ , iar intervalul de la  $y-U$  pînă la  $y+U$  este un interval în care se poate considera că este cuprinsă o mare parte a distribuției valorilor ce în mod rezonabil pot fi atribuite lui  $Y$ , sau

$$y-U \leq Y \leq y+U \quad (2.14)$$

7) în cazul cînd măsurandul  $Y$  (ca mărime de ieșire) poate fi măsurat direct, prin intermediul a  $m$  măsurări repetate  $y_1, y_2 \dots y_m$ , în condiții identice, incertitudinea standard compusă experimentală

$$U_c(y)_e = \pm \sqrt{\frac{1}{m-1} \sum_{k=1}^m (y_k - \bar{y}_e)^2}, \quad (2.15)$$

unde,

$$\bar{y}_e = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m y_{x_k} \quad (2.16)$$

În cazul dat, incertitudinea extinsă experimentală  $U_e$  se calculează conform expresiei 2.12, iar rezultatul măsurărilor măsurandului  $Y_e$  se exprimă precum urmează

$$Y_e = \bar{y}_e \pm U_e \quad (2.17)$$

## 1.2 Etalonarea mijloacelor de măsurare

Etalonarea mijloacelor de măsurare, utilizate la încercările de laborator în scopul evaluării conformității produselor, este prevăzută de standardul internațional ISO/IEC 17025 [6] care stabilește cerințe pentru laboratoarele de încercări și etalonări. Etalonarea se efectuează de laboratoare acreditate în baza unor proceduri aprobate de Organismul Național de Metrologie [7].

Există diverse principii și metode de etalonare, însă în scopul didactic se va utiliza procedura care prevede:

- 1) efectuarea măsurărilor repetate asupra unui măsurand de referință cu mijlocul de măsurare supus etalonării, în condiții identice;
- 2) determinarea mediei aritmetice a șirului de măsurări și a incertitudinii standard compuse experimentale, utilizând formulele 2.16 și 2.15;
- 3) Calcularea incertitudinii extinse conform formulei 2.12;
- 4) exprimarea rezultatelor etalonării conform relației 2.17;
- 5) îndeplinirea pașilor 1) – 3) pentru valorile selectate a măsurandului de referință.

## 1.3 Evaluarea conformității produselor prin incertitudinea de măsurare

Evaluarea conformității produselor prin incertitudinea de măsurare este o realitate obiectivă, fiindcă în practica internațională rezultatele măsurărilor caracteristicilor produselor se exprimă prin

incertitudinea de măsurare și nu prin eroarea măsurărilor, cum este obișnuit să se procedeze în țările CSI. Odată ce caracteristicile specificate ale produselor sunt exprimate cu incertitudinea de măsurare, este firesc ca și rezultatele încercărilor de laborator, efectuate în scopul evaluării conformității, să fie exprimate asemănător, ceea ce permite să se opereze cu aceiași termeni și să se excludă erorile ce țin de confundarea celor două metode de exprimare a rezultatelor măsurărilor. În cazul dat, evaluarea conformității produselor rezultă în compararea datelor primite din laboratorul de încercări cu cele din specificația produsului și stabilirea conformității sau neconformității produsului.

Pentru evaluarea conformității produselor în scopul didactic sunt necesare următoarele operații:

- 1) efectuarea măsurărilor repetate cu mijlocul de măsurare etalonat a caracteristicii specificate (rezistență electrică, curent de consum, tensiune de alimentare etc.) a unui produs din eșantionul prelevat, în condiții identice;
- 2) determinarea mediei aritmetice a șirului de măsurări și a incertitudinii standard compuse experimentale, utilizând formulele 2.16 și 2.15;
- 3) calcularea incertitudinii extinse conform formulei 2.12;
- 4) exprimarea rezultatelor măsurării conform relației 2.17;
- 5) îndeplinirea pașilor 1) – 3) pentru toate produsele din eșantionul prelevat;
- 6) compararea rezultatelor măsurărilor cu cerințele specificate și formularea deciziei de conformitate sau neconformitate a eșantionului prelevat și supus încercărilor.

## **2. DESCRIEREA LOCULUI DE LUCRU**

Lucrarea de laborator se efectuează în laboratorul de metrologie al Centrului Universitar „Metronom”. Produsele supuse încercărilor și mijloacele de măsurare a caracteristicilor produselor date se stabilesc și se distribuie de către persoana responsabilă de organizarea și desfășurarea lucrării de laborator.

### 3.PROGRAMUL DE LUCRU

#### 3.1.Etalonarea mijlocului de măsurare

În condiții de laborator, efectuați câte nouă măsurări repetate a trei rezistențe de referință (de la magazinul de rezistențe), cu două mijloace de măsurare (unul analogic și unul digital) supuse etalonării, la indicația persoanei responsabile. Rezultatele măsurărilor se înregistrează în tabelele 2.1 și 2.2, indicate în figura 2.1

| Nr<br>d/<br>o  | Rezultatele măsurărilor $y_1, \dots, y_9, \Omega$ |   |   |   |   |   |   |   |   | Mărimi calculate |            |       |       |
|----------------|---------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|------------------|------------|-------|-------|
|                | 1                                                 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | $\bar{y}_e$      | $U_c(y)_e$ | $U_e$ | $Y_e$ |
| R <sub>1</sub> |                                                   |   |   |   |   |   |   |   |   |                  |            |       |       |
| R <sub>2</sub> |                                                   |   |   |   |   |   |   |   |   |                  |            |       |       |
| R <sub>3</sub> |                                                   |   |   |   |   |   |   |   |   |                  |            |       |       |

Fig. 2.1 Forma tabelelor 2.1 și 2.2

#### 3.2 Efectuarea încercării eșantionului de produse cu exprimarea incertitudinii de măsurare

În condiții de laborator, îndepliniți câte șapte măsurări repetate a rezistenței fiecărui produs din lotul de șapte produse cu caracteristici diferite, prezentate de persoana responsabilă. Rezultatele măsurărilor se înregistrează în tabelul 2.3.

Tabelul 2.3

| Nr<br>d/o      | Rezultatele măsurărilor |  |  |  |  |  |  | Mărimi calculate |            |       |       | $Y_{e, spec.}$ | Conf.<br>sau<br>neconf. |
|----------------|-------------------------|--|--|--|--|--|--|------------------|------------|-------|-------|----------------|-------------------------|
|                | $y_1 \dots y_7, \Omega$ |  |  |  |  |  |  | $\bar{y}_e$      | $U_c(y)_e$ | $U_e$ | $Y_e$ |                |                         |
| P <sub>1</sub> |                         |  |  |  |  |  |  |                  |            |       |       |                |                         |
| P <sub>2</sub> |                         |  |  |  |  |  |  |                  |            |       |       |                |                         |
| ...            |                         |  |  |  |  |  |  |                  |            |       |       |                |                         |
| P <sub>7</sub> |                         |  |  |  |  |  |  |                  |            |       |       |                |                         |

## 4. PRELUCRAREA REZULTATELOR

### 4.1 Etalonarea mijloacelor de măsurare

4.1.1 Folosind datele din tabelele 2,1 și 2.2 determinați media aritmetică  $\bar{y}_e$ , incertitudinea standard compusă experimentală  $U_c(y)_e$ , incertitudinea extinsă experimentală  $U_e$ , și valoarea măsurandului  $Y_e$  pentru șirurile de măsurări  $y_1...y_9$ , a celor trei rezistențe de referință  $R_1- R_3$ , efectuate cu mijloacele de măsurare indicate de persoana responsabilă.

Pentru efectuarea calculelor utilizați formulele 2.12, 2.15-2.17 din prezentul îndrumar. Factorul de putere  $k$  este egal cu 3.

4.1.2 Comparați incertitudinea celor două mijloace de măsurare și argumentați care dintre ele poate fi selectat pentru încercările produselor în scopul evaluării conformității.

### 4.2 Evaluarea conformității produselor

4.2.1 Folosind datele din tabelul 2.3 determinați media aritmetică  $\bar{y}_e$ , incertitudinea standard compusă experimentală  $U_c(y)_e$ , incertitudinea extinsă experimentală  $U_e$ , și valoarea măsurandului  $Y_e$  pentru șirurile de măsurări  $y_1...y_7$ , a celor șapte produse  $P_1- P_7$ . Formulele de calcul sunt indicate în p. 4.1.1 a prezentei lucrări de laborator. Factorul de putere  $k$  este egal cu 3.

4.2.2 Utilizând valoarea specificată a caracteristicii produsului, indicată de persoana responsabilă, și rezultatele calculelor efectuate, evaluați conformitatea celor șapte produse supuse încercărilor și înregistrați rezultatele în tabelul 2.3.

4.2.3 Comparând rezultatele lucrărilor de laborator nr.1 și nr.2, specificați prin ce se deosebește evaluarea conformității în baza erorii de măsurare de cea în baza incertitudinii de măsurare.

4.2.4 Trageți concluzii referitor la precizia și eficiența metodelor de evaluare a conformității specificate în p.4.2.3.

## 5. CONȚINUTUL REFERATULUI

5.1 Tema și scopul lucrării

5.2 Termeni și definiții referitoare la incertitudinea de măsurare, etalonarea mijloacelor de măsurare și evaluarea conformității prin incertitudinea de măsurare.

5.3 Tabelele cu rezultatele experimentale și calculele efectuate

5.4 Concluzii

## 6. ÎNTREBĂRI DE CONTROL

- Care-i scopul evaluării conformității?
- Ce este incertitudinea de măsurare?
- Ce prezintă estimarea de **tip A** și de **tip B** a incertitudinii?
- Cum se calculează incertitudinea standard?
- Ce este incertitudinea standard compusă și incertitudinea extinsă?
- Care sunt etapele de etalonare a unui mijloc de măsurare?
- De ce se cere ca mijloacele de măsurare utilizate la evaluarea conformității să fie etalonate?
- Care sunt pașii de evaluare a conformității produselor prin incertitudinea de măsurare?
- Cu ce se deosebește evaluarea conformității prin incertitudinea de măsurare de cea prin eroarea de măsurare?
- Care sunt avantajele evaluării conformității prin incertitudinea de măsurare?

## Lucrarea de laborator nr.3

### CONTROLUL STATISTIC AL PROCESELOR ÎN BAZA DIAGramei FRECVENȚEI

**Scopul lucrării:** *studiul metodei de control statistic al proceselor în baza diagramei frecvenței*

#### **Programul principal al lucrării:**

1. Studiați:

- ✓ Termenii și definițiile referitoare la controlul statistic al proceselor;
- ✓ Proprietățile diagramei frecvenței în cazul unei distribuții normale a rezultatelor măsurării;
- ✓ Etapele de efectuare a controlului statistic al procesului în baza diagramei frecvenței
- ✓ Relațiile dintre forma diagramei frecvenței și starea procesului supus controlului statistic;

2. Îndepliniți programul de lucru

3. Întocmiți și susțineți referatul

### **1.BREVIAR**

#### **1.1 Controlul statistic al proceselor**

Conform unei afirmații din Manualul Calității Juran , majoritatea proceselor decizionale în controlul calității se bazează pe un fundament statistic - definit, în sens restrâns, drept colectarea, analizarea și prelucrarea datelor, sau, mai vast, „știința luării deciziilor în caz de incertitudine”.

Pentru controlul statistic sunt relevante următoarele definiții [8]:

a) *proces* – ansamblu de activități corelate sau în interacțiune care transformă elementele de intrare în elemente de ieșire;

b) *starea de control statistic* – starea în care variațiile dintre rezultatele de eșantionare observate pot fi atribuite unui sistem de cauze aleatorii care nu pare să se schimbe în timp;

c) *proces sub control, proces stabil* – procesul în care fiecare din indicatorii de calitate ( de exemplu, media și variabilitatea sau fracțiunea neconformităților etc.) este într-o stare de control statistic;

d) *cauze aleatorii* – factorii, în general, mulți la număr, dar fiecare de mică importanță, care contribuie la variație, dar nu trebuie în mod obligatoriu identificați;

e) *cauze atribuibile (sistematice)* – factori (de obicei sistematici) a căror contribuție la schimbarea unei caracteristici de calitate sau a unui nivel al procesului poate fi determinată și identificată.

*Note: 1. Cauzele atribuibile sunt desemnate uneori ca și cauze speciale ale variației.*

*2. Multe cauze neimportante ale variației sunt sistematice, dar poate fi neeconomic să fie luate în considerație sau controlate. În acest caz ele trebuie tratate ca și cauze aleatorii.*

Diagrama frecvenței și fișele de control sunt instrumentele de bază pentru controlul statistic al proceselor tehnologice, inclusiv și a proceselor de măsurare. În calitate de date inițiale pentru construirea diagramei frecvenței și fișelor de control se folosesc rezultatele măsurărilor sau monitorizării caracteristicilor eșantioanelor de produse, prelevate în mod aleatoriu la ieșirea procesului supus controlului.

## 1.2 Diagrama frecvenței

Diagrama frecvenței este o imagine a distribuției unei serii de măsurări, un rezumat grafic a variației dintr-o serie de date. Patru concepte ce au legătură cu variația dintr-o serie de date subliniază utilitatea diagramei [8].

- Valorile dintr-o serie de date au, aproape întotdeauna, o variație.
- Variația urmează un model.



- Modelele de variație sunt dificil de observat în tabelele numerice simple.
- Modelele de variație sunt mai ușor de observat atunci când datele sunt rezumate grafic, într-o histogramă.

În cazul utilizării diagramei frecvenței, analiza constă în identificarea și clasificarea modelului de variație arătat de diagramă, apoi raportarea la ceea ce se cunoaște referitor la modelul caracteristic la condițiile fizice în care au fost create datele, pentru a explica ce factor din aceste condiții ar fi putut să dea naștere modelului.

Se știe că în majoritatea cazurilor variația urmează un model de distribuție din cele obișnuite: distribuția *normală*, distribuția *exponențială*, distribuția *Weibul*, distribuția *Poisson*, distribuția *binominală* etc. Însă rezultatele experimentale arată că procesele tehnologice, de regulă, urmează modelul de distribuție *normală* (figura 3.1).

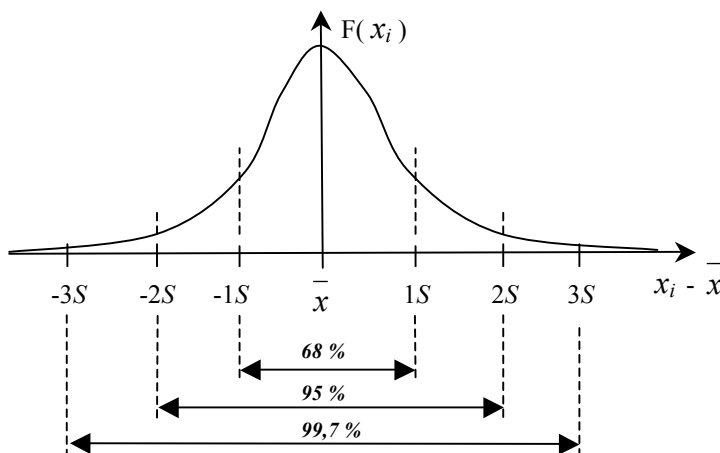


Fig. 3-1 Modelul distribuției normale

Caracteristicile de bază a distribuției normale sunt:

1) *media procesului*

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (3.1)$$

unde,

$x_i$  – seria de date rezultate din măsurări,

$n$  – mărimea eșantionului.

2) *amplitudinea procesului R* - diferența dintre valoarea cea mai mare și cea mai mică din seria de date.

3) *abaterea standard S* – măsură a distanței la stînga sau la dreapta mediei procesului, marcată în pași.

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (3.2)$$

Pentru distribuția normală diapazonul  $\pm 1S$  arată că 68% din rezultatele măsurărilor se vor încadra în acest diapazon,  $\pm 2S$  - 95% din rezultate și  $\pm 3S$  - 99,7% din rezultate se vor încadra în acest diapazon.

4) *Capabilitatea procesului*  $C_p = 6S$  sau  $C_p = \pm 3S$ .

1.2.1 Controlul statistic al procesului în baza diagramei frecvenței

Activitățile necesare pentru efectuarea controlului statistic în baza diagramei frecvenței pot fi divizate în două subgrupe.

*La etapa de planificare a controlului:*

- a) selectarea procesului supus controlului;
- b) selectarea caracteristicii semnificative a produsului rezultat din procesul selectat;
- c) determinarea mărimii lotului și a eșantionului de produse prelevate;
- d) prelevarea probelor, măsurarea caracteristicii selectate și înregistrarea datelor;
- e) prelucrarea datelor și determinarea frecvenței datelor de aceeași mărime sau a datelor corespunzătoare unui diapazon de

mărimi, atunci când amplitudinea datelor se împarte în câteva diapazoane;

f) construirea histogramei și aproximarea ei cu o curbă;

g) în cazul în care curba obținută nu corespunde modelului distribuției normale, se întreprind măsuri de ajustare a procesului și se repetată construirea histogramei până la obținerea modelului țintă;

h) dacă curba corespunde modelului distribuției normale, atunci în procesul selectat se introduc dereglări intenționate și se construiește repetat histograma procesului pentru a determina cum aceste dereglări acționează forma distribuției rezultatelor;

i) în rezultatul îndeplinirii alineatelor g) și h) se stabilește modelul de distribuție și indicii de calitate a procesului specificați, posibilele forme de distorsiune a modelului și cauzele care le provoacă, pentru a fi transmise personalului implicat în controlul statistic al procesului.

#### *La etapa de efectuare a controlului statistic:*

1) eșantionarea, efectuarea încercărilor și înregistrarea datelor;

2) prelucrarea datelor, construirea diagramei frecvenței (histogramei approximate), și calcularea indicilor de calitate a procesului ( media, amplitudinea, abaterea standard, capacitatea);

3) compararea diagramei construite și a indicatorilor de calitate calculați cu modelul de distribuție și indicii de calitate specificați și, în caz de divergențe, întreprinderea măsurilor de ajustare a procesului, ținând cont de cauzele și efectele stabilite la etapa de planificare a controlului (alineatul i) ).

În figura 3.2 sunt reprezentate unele situații posibile din cadrul controlului procesului și recomandări de ajustare.

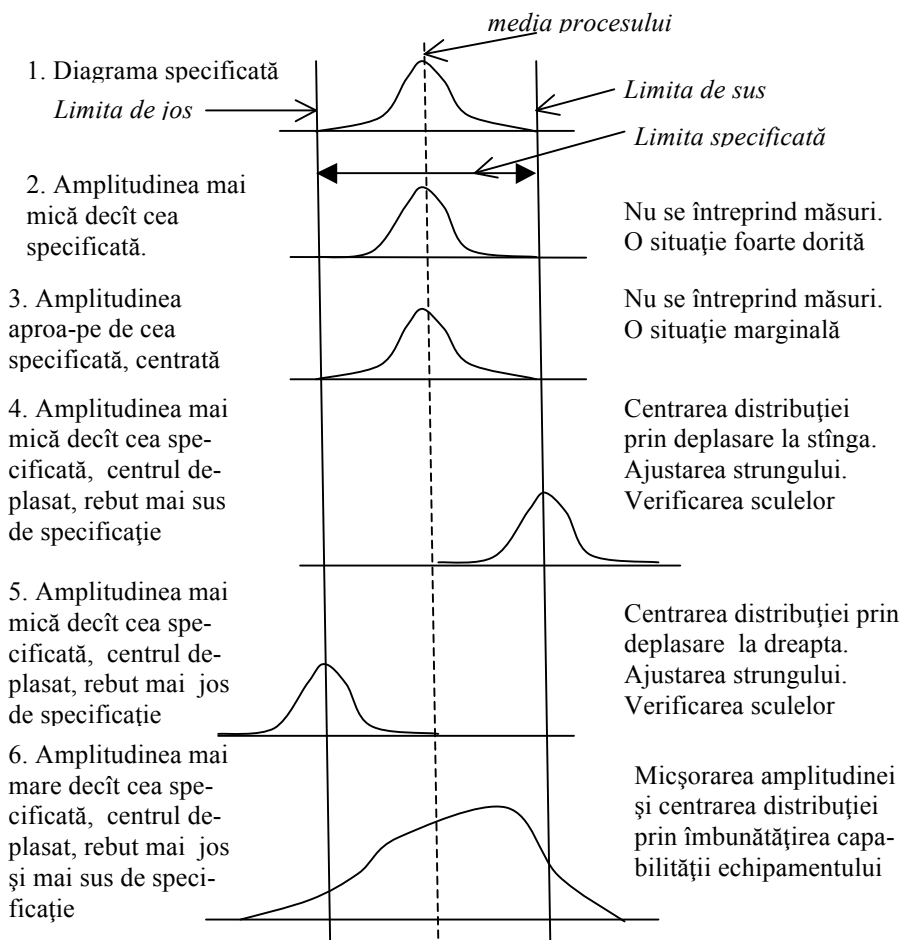


Fig. 3.2. Situații posibile din cadrul controlului procesului și recomandări de ajustare.

## 2. DESCRIEREA LOCULUI DE LUCRU

Lucrarea de laborator se efectuează în laboratorul de metrologie al Centrului Universitar „Metronom”. Eșantioanele de produse supuse

încercărilor în scopul controlului procesului și mijloacele de măsurare a caracteristicilor produselor date se stabilesc și se distribuie de către persoana responsabilă de organizarea și desfășurarea lucrării de laborator.

### 3. PROGRAMUL DE LUCRU

În condiții de laborator, efectuați măsurarea rezistenței celor trei eșantioane a câte 35 produse, prelevate de la trei procese tehnologice diferite și transmise în laborator de către persoana responsabilă. Rezultatele măsurărilor se înregistrează în tabelul 3.1.

Tabelul 3.1

| Rezultatele măsurării | Eșantionul nr.1 | Eșantionul nr.2 | Eșantionul nr.3 |
|-----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $X_1$                 |                 |                 |                 |
| $X_2$                 |                 |                 |                 |
| $X_3$                 |                 |                 |                 |
| ...                   |                 |                 |                 |
| $X_{35}$              |                 |                 |                 |

### 4. PRELUCRAREA REZULTATELOR

4.1 Folosind datele din tabelul 3.1:

- 1) construiți histogramele frecvenței celor trei procese tehnologice de la care sau prelevat eșantioanele de produse;
- 2) aproximați histogramele construite cu curbe, pentru a obține diagrama frecvenței proceselor tehnologice respective;
- 3) pentru fiecare diagramă a frecvenței calculați indicii de calitate a procesului:
  - media procesului  $\bar{x}$
  - amplitudinea procesului  $R$
  - abaterea standard  $S$
  - capacitatea procesului  $C_p$ .

4.2 Comparați forma diagramelor frecvenței obținute cu modelul distribuției normale și trageți concluzii referitor la indicii de

calitate a celor trei procese tehnologice, inclusiv centrarea procesului și distorsiunile diagramei frecvenței.

4.3 Comparați indicii calculați de calitate a proceselor supuse controlului cu cei specificați și trageți concluzii dacă este sau nu procesul respectiv sub control.

*Notă. Media, amplitudinea și capabilitatea specificată a*

*proceselor se va comunica de către persoana responsabilă.*

4.4 Ținând cont de situațiile posibile din cadrul controlului procesului și recomandările de ajustare, indicate în capitolul 1 a prezentei lucrări de laborator, formulați propuneri de ajustare a proceselor tehnologice supuse controlului, în caz de necesitate.

## **5. CONȚINUTUL REFERATULUI**

5.1 Tema și scopul lucrării

5.2 Termeni și definiții referitoare la controlul statistic al procesului și diagrama frecvenței

5.3 Tabelul cu rezultatele experimentale

5.4 Diagramele frecvenței proceselor controlate

5.5 Calculele efectuate a indicilor de calitate a proceselor supuse controlului statistic

5.6 Concluzii referitor la calitatea proceselor supuse controlului și propuneri de ajustare

## **6. ÎNTREBĂRI DE CONTROL**

- Care-i scopul controlului statistic al procesului?
- Ce este starea de control statistic?
- Ce înseamnă proces sub control sau proces stabil?
- Care sunt cauzele aleatorii și cele sistematice ale variației procesului?
- Care-i definiția și care sunt caracteristicile diagramei frecvenței în cazul repetării modelului de distribuție normală?
- Care sunt pașii de realizare a controlului statistic în baza diagramei frecvenței?

- Care sunt indicii de calitate a procesului?
- Cu ce se deosebesc indicii de calitate a procesului de indicii de calitate a produsului, rezultat din acest proces?

## Lucrarea de laborator nr.4

### CONTROLUL STATISTIC AL PROCESELOR ÎN BAZA FIȘEI DE CONTROL

**Scopul lucrării:** *studiul metodei de control statistic al proceselor în baza fișei de control*

#### Programul principal al lucrării:

1. Recapitulați:
  - ✓ Termenii și definițiile referitoare la controlul statistic al proceselor;
  - ✓ Cauzele de variație a proceselor tehnologice.
2. Studiați:
  - ✓ Proprietățile, tipurile și formele fișelor de control;
  - ✓ Formulele de calcul ale caracteristicilor fișelor de control;
  - ✓ Etapele de realizare a unei fișe de control;
  - ✓ Particularitățile realizării fișei de control pentru media aritmetică și amplitudine  $\bar{x}$ ,  $R$  ;
  - ✓ Relațiile dintre forma fișei de control și starea procesului supus controlului statistic.
3. Îndepliniți programul de lucru
4. Întocmiți și susțineți referatul

## 1.BREVIAR

### 1.1 Fișele de control

Este incontestabil faptul că diagrama frecvenței prezintă un instrument util și eficient de control statistic al proceselor. Însă, pentru procesele dinamice din cadrul tehnologiilor de producere *în masă*, aplicarea diagramei este limitată de următorii factori:

- Perioada de eșantionare este foarte mare din cauza numărului considerabil de mostre prelevate (50-100 mostre), măsurări și calcule,



necesare pentru construirea diagramei, fapt ce nu permite controlul operativ al procesului și, prin urmare, diminuează eficiența acestuia.

- Indicii de calitate și starea procesului supus controlului se determină numai la finele construirii diagramei frecvenței, ceea ce nu permite implicarea operativă, la momentul corespunzător, pentru ajustarea procesului și menținerea lui în limitele specificate.

Pentru depășirea acestor limite se utilizează fișele de control.

*Fișa de control* reprezintă un grafic pe care sunt reprezentate limitele de control superioară și/sau inferioară și pe care sunt plasate valorile unei anumite statistici realizate asupra unei serii de eșantioane, în general în ordine cronologică, sau după numerele de eșantion. Frecvent acest grafic prezintă o linie centrală, care ajută la descrierea tendinței de despărțire a valorilor reprezentate către fiecare dintre cele două limite de control [8].

Fișa de control asigură vizualizarea evoluției în timp a *procesului sub control* și întreprinderea măsurilor operative de ajustare a procesului, în caz de necesitate. Forma unei fișe de control este indicată în figura 4.1.

În caz că procesul se află în limitele de control sau, cu alte cuvinte, este un *proces sub control*, înseamnă că el derulează în mod normal și nu se cer măsuri de ajustare.

Atunci când procesul depășește limitele de control, este o *stare de alertă* și se cer întreprinse măsuri corective.

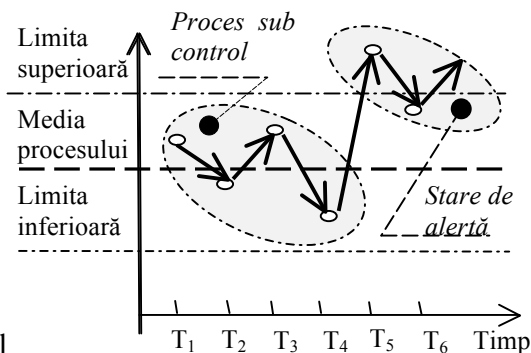


Fig. 4.1 Forma fișei de control

## 1.2 Indicii de calitate ai procesului

Indicii de calitate ai procesului în cazul utilizării fișei de control, în marea lor majoritate, sunt aceiași ca și la utilizarea diagramei frecvenței:

- 1) *media procesului*  $\bar{x}$
- 2) *amplitudinea procesului*  $R$

3) abaterea standard  $S$

4) capacitatea procesului  $C_p$ .

Însă, pentru fișa de control, adăugător la indicii enumerați, se utilizează:

- *Limita de control superioară (LCS) egală cu  $3S$*
- *Limita de control inferioară (LCI) egală cu minus  $3S$*

Important este că formulele de calcul a indicilor de calitate diferă de cele utilizate pentru diagrama frecvenței și sunt specifici pentru fiecare tip și formă a fișei de control.

### 1.3 Tipurile și formele fișelor de control

În dependență de metoda de colectare a datelor despre indicii de calitate a produselor, rezultate din procesele supuse controlului, se deosebesc două tipuri de fișe de control.

*Fișe de control de tip atributiv* – se folosesc atunci când se operează cu date atributive tip: „bun – rău”, „acceptat – rebutat”, „trece – nu trece”, „conform – ne conform” etc.

*Fișe de control pentru variabile* – se utilizează atunci când se cere determinată variația între fiecare unitate de produs, ceea ce poate fi realizat numai în rezultatul măsurărilor.

Formele fișelor de control de tip atributiv și a celor pentru variabile sunt indicate, respectiv, în tabelele 4.1 și 4.2.

Tabelul 4.1

| Forma fișei | Descriere                                                                                     | Mărime eșantion                        |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| <b>p</b>    | Pe fișă se plasează <i>procentul</i> de unități neconforme în eșantion                        | Eșantioanele pot fi de mărimi diferite |
| <b>np</b>   | Pe fișă se plasează <i>numărul</i> de unități neconforme în eșantion                          | Eșantioanele trebuie să fie egale      |
| <b>c</b>    | Pe fișă se plasează <i>numărul</i> de neconformități într-un eșantion                         | Eșantioanele trebuie să fie egale      |
| <b>u</b>    | Pe fișă se plasează <i>numărul</i> de neconformități într-o unitate de produs (într-o mostră) | Eșantioanele pot fi de mărimi diferite |

*Notă. Forma fișei de control se selectează în dependență de specificul procesului supus controlului și obiectivele controlului. Spre exemplu, atunci când produsul se socrate neconform, indiferent de numărul de neconformități depistate (1, 2...N), se utilizează fișa de forma **np**, iar dacă se cere evidențiată fiecare neconformitate a produsului – fișa de forma **u**.*

Tabelul 4.2

| Forma fișei                      | Descriere                                                                 | Mărimă eșantion                                                 |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| $\bar{x}$<br>( $\bar{x}$ – bară) | Pe fișă se plasează media aritmetică a măsurărilor dintr-un eșantion      | Eșantioanele trebuie să fie egale                               |
| $x$<br>(individuale)             | Pe fișă se plasează valorile individuale a măsurărilor ieșirii procesului | O unitate de produs la care se măsoară mai multe caracteristici |
| $\widetilde{x}$<br>(mediană)     | Pe fișă se plasează valoarea mediană a măsurărilor dintr-un eșantion      | Eșantioanele trebuie să fie egale                               |
| $R$<br>(amplitudinea)            | Pe fișă se plasează amplitudinea măsurărilor dintr-un eșantion            | Pot fi și egale și ne egale                                     |

*Notă. Ținând cont de faptul că două eșantioane a unui proces pot avea media aritmetică sau mediana egală iar amplitudinea diferită, în scopuri practice, se folosesc fișe combinate de forma  $\bar{x}, R$ , mediană  $\widetilde{x}, R$  și  $x, R$ .*

#### 1.4 Formulele de calcul ale caracteristicilor de calitate a procesului

După cum s-a menționat anterior, formulele de calcul a caracteristicilor de calitate a procesului depind de tipul și forma fișei de control, utilizată pentru controlul procesului dat. Așa cum aceste

formule sunt pe larg discrise în literatura de specialitate și se studiază în partea teoretică a disciplinei „Controlul și certificarea producției”, în continuare, în scopul prezentei lucrări de laborator, ne vom referi doar la formulele de calcul pentru fișele  $\bar{X}$ ,  $R$ .

- 1) *media aritmetică a măsurărilor în eșantion*

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (4.1)$$

unde,

$x_i$  – seria de date rezultate din măsurări,

$n$  – mărimea eșantionului;

- 2) *media procesului  $\bar{\bar{X}}$*  - media mediilor aritmetice  $\bar{x}$  a  $m$  eșantioane prelevate;  
 3) *amplitudinea procesului  $R$* - valoarea cea mai mare minus, valoare cea mai mică a rezultatelor măsurărilor din eșantion;  
 4) *media aritmetică a amplitudinilor  $\bar{R}$*  - media aritmetică a amplitudinilor celor  $m$  eșantioane prelevate;  
 5) *limita superioară:*

- Pentru fișa  $\bar{X}$   

$$\bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R} \quad (4.2)$$

unde  $A_2=0,577$  pentru un eșantion de 5 unități.

- Pentru fișa  $R$   

$$D_4 \bar{R} \quad (4.3)$$

unde  $D_4=2,114$  pentru un eșantion de 5 unități.

- 6) *limita inferioară:*

- Pentru fișa  $\bar{X}$   

$$\bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R} \quad (4.4)$$

- Pentru fișa  $R$   

$$D_3 \bar{R} \quad (4.5)$$

unde  $D_3=0$  pentru un eșantion de 5 unități.

7) *abaterea standard*

$$S_x = \frac{\bar{R}}{d_2} \quad , \quad (4.6)$$

$$d_2 = 2,326$$

8) *capabilitatea procesului*

$$C = \frac{\bar{X} \pm E_2 \bar{R}}{\bar{R}} \quad , \quad (4.7)$$

unde  $E_2= 1,29$  pentru un eșantion de 5 unități [8].

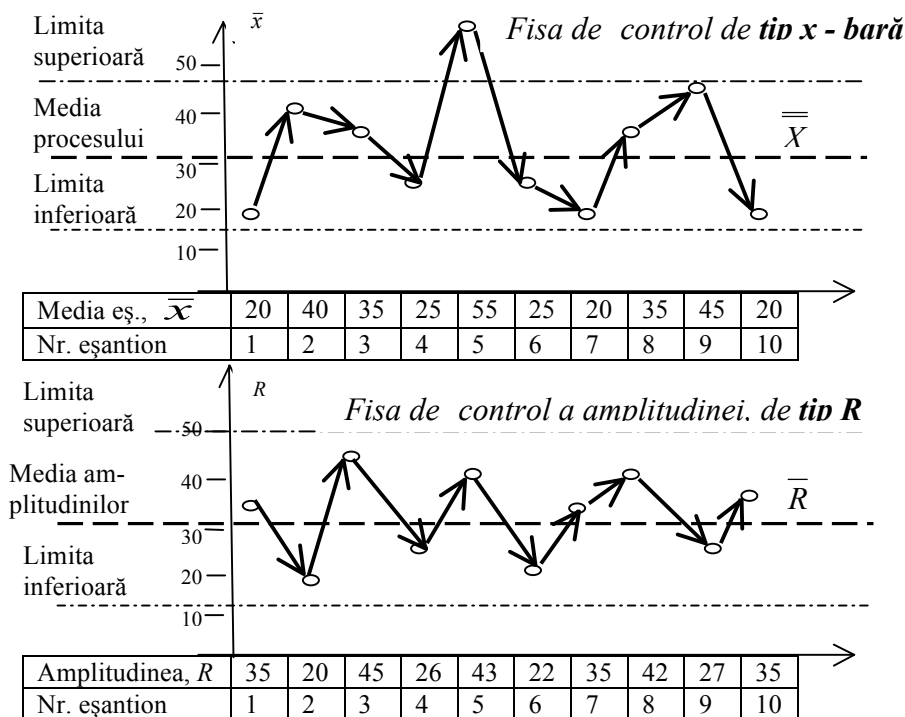
### 1.5 Pași necesari pentru controlul statistic al proceselor în baza fișei de control

În practica controlului statistic există mai multe abordări și proceduri de organizare a controlului, însă una din cele mai atractive include următoarele activități:

- a) alegerea caracteristicii de calitate controlată:
  - Selectarea caracteristicii care caracterizează produsul;
  - Determinarea procesului generator al caracteristicii selectate din fluxul de fabricație a produsului;
- b) alegerea tipului și formei fișei de control pentru procesul determinat;
- c) selectarea formulelor de calcul pentru caracteristicile de calitate a procesului, reieșind din forma fișei de control:
- d) asigurarea unui sistem de colectare a datelor, ținând cont de faptul că măsurarea trebuie să fie simplă cu eroarea admisibilă, iar mijloacele de măsurare să fie cu citiri rapide și mijloace de transmitere a datelor;

- e) alegerea eșantionului rațional și a periodicității prelevării eșantioanelor de produse. Pentru fișele variabilelor, de obicei eșantionul se stabilește de 4 sau 5 unități, iar pentru fișele de tip atributiv – de 50-100 unități;
- f) prelevarea probelor, colectarea datelor, prelucrarea datelor, construirea fișei de control și determinarea caracteristicilor de calitate a procesului supus controlului. În cadrul acestor activități se stabilesc caracteristicile de calitate a procesului, se determină cauzele și efectele unor devieri posibile a caracteristicilor de calitate de la cele stabilite și se stabilesc măsuri corespunzătoare de ajustare a procesului;
- g) transmiterea informației despre proces persoanei responsabile de efectuarea controlului statistic al procesului. Persoana responsabilă prelevează cu periodicitatea stabilită eșantioane de produse, colectează și prelucrează datele, construiește fișa de control și calculează caracteristicile de calitate ale procesului, pentru ca în cazul unor eventuale devieri ale acestuia, să întreprindă măsuri corective.
- h) în cadrul efectuării controlului statistic, persoana responsabilă înregistrează noile cauze și efecte de deviere a procesului de la limitele stabilite și înaintează propuneri de completare a măsurilor de ajustare a acestuia.

După cum s-a menționat anterior fiecare fișă de control are specificul său, care rezultă din metoda de prelucrare și interpretare a datelor colectate. Forma fișei de control combinate  $\bar{x}$ ,  $R$  este indicată în figura 4.2.

Fig.4.2 Forma fișei de control combinate  $\bar{x}$ ,  $R$ 

Fișele de control combinate sunt pe larg utilizate în practică, fiindcă permit vizualizarea simultană a două caracteristici de calitate ale procesului și întreprinderea unor măsuri corective mai bine argumentate.

## 2. DESCRIEREA LOCULUI DE LUCRU

Lucrarea de laborator se efectuează în laboratorul de metrologie al Centrului Universitar „Metronom”. Eșantioanele de produse supuse încercărilor în scopul controlului procesului și mijloacele de măsurare

a caracteristicilor produselor date se stabilesc și se distribuie de către persoana responsabilă de organizarea și desfășurarea lucrării de laborator.

### 3.PROGRAMUL DE LUCRU

În condiții de laborator, efectuați măsurarea rezistenței celor 15 eșantioane a câte 5 produse, prelevate de la procesul tehnologic supus controlului statistic și transmise în laborator de către persoana responsabilă. Rezultatele măsurărilor se înregistrează în tabelul 4.3.

Tabelul 4.3

| Numărul eșantionului | Numărul produsului în eșantion | Rezultatul măsurării | Media eșantionului | Amplitudinea eșantionului |
|----------------------|--------------------------------|----------------------|--------------------|---------------------------|
| <b>1</b>             | 1                              |                      |                    |                           |
|                      | 2                              |                      |                    |                           |
|                      | 3                              |                      |                    |                           |
|                      | 4                              |                      |                    |                           |
|                      | 5                              |                      |                    |                           |
| <b>2</b>             | 1                              |                      |                    |                           |
|                      | 2                              |                      |                    |                           |
|                      | 3                              |                      |                    |                           |
|                      | 4                              |                      |                    |                           |
|                      | 5                              |                      |                    |                           |
| <b>...</b>           | <b>...</b>                     | <b>...</b>           | <b>...</b>         | <b>...</b>                |
| <b>15</b>            | 1                              |                      |                    |                           |
|                      | 2                              |                      |                    |                           |
|                      | 3                              |                      |                    |                           |
|                      | 4                              |                      |                    |                           |
|                      | 5                              |                      |                    |                           |



## 4. PRELUCRAREA REZULTATELOR

4.1 Folosind datele din tabelul 4.1:

1) calculați media  $\bar{x}$  și amplitudinea  $R$  rezultatelor măsurărilor celor 15 eșantioane de produse supuse încercărilor.

2) ținând cont de diapazonul valorilor lui  $\bar{x}$  și  $R$ , plasați media și amplitudinea fiecărui eșantion pe fișa de control combinată  $\bar{X}$ ,  $R$ , așa cum se indică în figura 4.1 a prezentului îndrumar;

3) folosind relațiile din capitolul 1 a prezentei lucrări de laborator calculați:

- media procesului  $\bar{\bar{X}}$
- media aritmetică a amplitudinilor  $\bar{R}$
- limita superioară pentru fișa  $\bar{x}$
- limita inferioară pentru fișa  $\bar{x}$
- limita superioară pentru fișa  $R$
- limita inferioară pentru fișa  $R$
- abaterea standard  $S$
- capacitatea procesului  $C_p$ .

4.2 Plasați pe fișa de control combinată media procesului, media aritmetică a amplitudinilor, limitele superioare și limitele inferioare calculate.

4.3 Reieșind din indicii de calitate a procesului calculați, trageți concluzii dacă procesul se află sau nu în limitele calculate și în caz că nu, stipulați măsurile de ajustare ce se cer întreprinse.

4.4 Plasați pe fișa de control combinată media procesului, media aritmetică a amplitudinilor, limitele superioare și limitele inferioare specificate ale procesului, comunicate de către persoana responsabilă. Trageți concluzii dacă procesul este sau nu sub control și în caz că nu, formulați acțiunile corective necesare pentru ajustarea procesului.

4.5 În baza indicilor de calitate calculați și a fișei de control construită, trageți concluzii dacă procesul dat este sau nu capabil să furnizeze produse în limitele specificate.

4.6 Efectuați analiza comparativă a metodelor de control statistic al proceselor în baza diagramei frecvenței și fișei de control. Formulați avantajele și dezavantajele utilizării fișelor de control.

## 5. CONȚINUTUL REFERATULUI

5.1 Tema și scopul lucrării

5.2 Termeni și definiții referitoare la fișa de control și indicii de calitate a procesului

5.3 Tabelul cu rezultatele experimentale

5.4 Calculele efectuate a indicilor de calitate a procesului supus controlului statistic

5.5 Fișa de control combinată  $\bar{x}$ ,  $R$

5.6 Concluzii referitor la calitatea procesului supus controlului și propuneri de ajustare

## 6. ÎNTREBĂRI DE CONTROL

- Ce este controlul statistic al proceselor?
- Ce înseamnă proces sub control sau proces stabil?
- Care-i definiția, tipurile și formele fișelor de control?
- Care-i relația dintre fișele de control și diagrama frecvenței și care-i deosebirea dintre ele?
- Care sunt indicii de calitate ai procesului atunci când se utilizează fișele de control?
- Care-i deosebirea dintre indicii de calitate a procesului calculați și specificați?
- Cu ce se deosebesc indicii de calitate a procesului de indicii de calitate a produsului, rezultat din acest proces?
- Care sunt pașii de realizare a controlului statistic în baza fișei de control?
- Care sunt etapele de construire a fișei de control?
- Care sunt cauzele tipice de ieșire a procesului de sub control și ce măsuri se cer întreprinse pentru ajustarea acestuia?
- Ce este capabilitatea și performanța procesului?

## **BIBLIOGRAFIE**

1. INTERNATIONAL TRADE CENTRE UNCTAD/WTO: Export Quality Management: An Answer Book for Small and Medium-sized exporters. Geneva: ITC, 2001.
2. STANDARD MOLDOVEAN SM 93-2: 1995. Metrologie. Mărimi și unități de măsură. Terminologie.
3. CHICIUC A., CORJAN A. Metrologie, Standardizare și Măsurări. Curs de lecții. UTM, Chișinău – 2002.
4. STANDARD MOLDOVEAN SM 8-4: 1996. Erori de măsurare. Terminologie.
5. STANDARD ROMÂN SR ENV 13005: 2003. Ghid pentru exprimarea incertitudinii de măsurare.
6. STANDARD EUROPEAN EN ISO IEC 17025. Criterii generale pentru competența laboratoarelor de încercări și de etalonări.
7. STANDARD MOLDOVEAN SM 8-10: 2004. Etalonarea mijloacelor de măsurare. Organizarea și modul de efectuare.
8. JOSEPH M. JURAN, A. BLANTON GODFREI: Manualul calității Juran. Traducere din limba engleză după ediția a cincea publicată de editura McGraw-Hill. Editat de SRAC – Societatea Română pentru Asigurarea Calității. Tipărit la Regia Autonomă „MONITORUL OFICIAL”. București, 2004.