

**ECHIPAMENTE TEHNOLOGICE DE CONTROL  
ÎN MECANICA FINĂ**

**Suport proiect**

**Cioată Florentin  
Munteanu Adriana**

**2014**

**Pentru uz studentesc**

**PROIECT**  
**la disciplina**  
**ECHIPAMENTE TEHNOLOGICE DE CONTROL**  
**ÎN MECANICA FINĂ**

**Structura proiectului de an.**

**Copertă**

**Cuprins**

**Tema proiectului**

**Introducere**

**Capitolul I: Proiectarea dispozitivului tehnologic portabil pentru măsurarea adâncimii canalului de pană la piese de tip arbore**

- I.1. Analiza temei de proiectare și stabilirea datelor inițiale.
- I.2. Stabilirea metodei de măsurare a adâncimii canalului de pană.
- I.3. Stabilirea schemei de principiu a dispozitivului tehnologic de control
- I.4. Proiectarea unei variante constructive a dispozitivului tehnologic de control.

**Capitolul al II- lea. Determinarea erorii limită de măsurare a dispozitivului tehnologic portabil pentru măsurarea adâncimii canalului de pană**

- II.1. Metodologia de calcul al erorii limită de măsurare. Considerații teoretice.
- II. 2. Calcularea erorii limită de măsurare a dispozitivului tehnologic de control.

**Concluzii**

**Bibliografie**

**Anexe**

**PROIECT**  
**la disciplina**  
**ECHIPAMENTE TEHNOLOGICE DE CONTROL**  
**ÎN MECANICA FINĂ**

**ETAPE**

**ETAPA I- A**

**Stabilirea temei de proiectare. Structura proiectului de an.  
Proiectarea dispozitivului tehnologic de control**

***Conținut***

**Tema proiectului** este stabilită de către îndrumător (temă comună), sau, fiecare student poate alege o temă dintr- o listă pusă la dispoziție. Tema proiectului va fi însoțită de desenul de execuție al piesei de controlat, conform indicațiilor care se vor da în cadrul etapei.

**Structura proiectului** de an la disciplina ETC este în fișierul „Structura proiectului”.

**Proiectarea dispozitivului tehnologic de control**

În etapa I- a se vor realiza următoarele activități:

- desenul instrumentului indicator (comparator cu cadran sau comparator digital), prin relevarea instrumentului ales pus la dispoziție (studentii au la dispoziție șublere pentru măsurare);
- stabilirea datelor inițiale necesare proiectării dispozitivului de control (se vor stabili de comun aciord cu îndrumătorul);
- stabilirea metodei de măsurare a parametrului considerat (dacă nu este stabilită prin tema proiectului, se stabilește conform indicațiilor îndrumătorului);
- metoda de măsurare va fi prezentată cu următoarele elemente:
  - schema de măsurare;
  - echipamente necesare;
  - tehnica măsurării;
- stabilirea schemei de principiu a dispozitivului de control, pe baza metodei de măsurare;
- schema de principiu va fi prezentată cu următoarele elemente:
  - reprezentare grafică cu semne convenționale folosite în construcția de mașini;
  - tehnica măsurării.

**Notă:** desenele se vor executa în AutoCAD și se vor salva în document Word, pentru a fi incluse în textul proiectului final.

**ETAPA A II- A**

**Proiectarea dispozitivului tehnologic de control (continuare).**

***Conținut***

Se vor realiza activitățile:

- definitivarea schemei de principiu a dispozitivului de control;
- proiectarea unei variante constructive a dispozitivului de control (realizarea desenului de ansamblu al dispozitivului de control);
- stabilirea condițiilor tehnice de execuție ale elementelor din structura dispozitivului de control proiectat (ajustaje, toleranțe dimensionale și geometrice, valori maxime pentru parametrii de rugozitate), conform indicațiilor îndrumătorului.

### **ETAPA A III- A**

#### **Proiectarea dispozitivului tehnologic de control (continuare).**

##### ***Conținut***

Se vor realiza activitățile:

- definitivarea desenului de ansamblu al dispozitivului de control;
- elaborarea desenelor de execuție ale reperelor nestandardizate din structura dispozitivului de control.

### **ETAPA A IV- A**

#### **Calcularea erorii limită de măsurare a dispozitivului tehnologic de control.**

##### ***Conținut***

Se vor realiza activitățile:

- stabilirea metodei de calcul (conform indicațiilor îndrumătorului);
- stabilirea etapelor de calcul;
- identificarea surselor de erori parțiale;
- identificarea tipului de erori parțiale,
- calcularea erorii parțiale generată de imprecizia dimensională;
- calcularea erorii parțiale generată de jocurile din îmbinările mobile.

### **ETAPA A V- A**

#### **Calcularea erorii limită de măsurare a dispozitivului tehnologic de control (continuare).**

##### ***Conținut***

Se vor realiza activitățile:

- calcularea erorii parțiale generată de imprecizia de formă microgeometrică;
- calcularea erorii parțiale generată de imprecizia de formă macrogeometrică;
- calcularea erorii parțiale generată de imprecizia de orientare și de poziție relativă;
- calcularea erorii parțiale generată de deformațiile elastice;
- calcularea erorii parțiale generată de deformațiile de contact;
- stabilirea erorii parțiale generată de instrumentul indicator;
- calcularea erorii parțiale generată de reglarea la zero;
- calcularea erorii limită de măsurare a dispozitivului de control.

### **ETAPA A VI- A**

#### **Calcularea erorii limită de măsurare a dispozitivului tehnologic de control (continuare).**

##### ***Conținut***

Se vor realiza activitățile:

- completarea tabelului centralizator al erorilor parțiale;
- calcularea ponderii erorilor parțiale în eroarea limită;
- reprezentarea grafică a ponderilor (trasarea histogramei sau a poligonului ponderilor);
- interpretarea rezultatelor obținute și concluzii.

### **ETAPA A VII- A**

#### **Completarea proiectului. Predarea proiectului. Notarea activității la proiect.**

## Introducere

Suprafețele plane și cilindrice reprezintă tipurile de suprafețe cele mai răspândite după care se realizează îmbinările fixe și mobile ale pieselor din structura utilajelor, instalațiilor și echipamentelor, ansamblurilor mecanice.

Pentru asigurarea funcționării îmbinărilor conform performanțelor stabilite, parametrii dimensionali și geometrici ai suprafețelor funcționale trebuie realizați în limitele toleranțelor specificate.

Verificarea conformității acestor parametri caracteristici cu valorile prescrise se realizează prin măsurarea lor.

Alegerea unor tehnologii de control care să utilizeze mijloace de măsurare performante poate avea efecte negative asupra eficienței economice a realizării reperelor. De aceea se impune folosirea de dispozitive de control cu precizie corespunzătoare toleranțelor stabilite, cel puțin în unele faze ale prelucrării reperelor, adică utilizarea dispozitivelor de control tehnologice. Aceasta ar determina reducerea timpului de control și al costului acestuia prin faptul că dispozitivele tehnologice de control pot fi realizate în cadrul pregătirii de fabricație a unităților care produc reperatele considerate.

Este foarte necesară și răspândită utilizarea dispozitivelor tehnologice de control portabile, deoarece se impune cunoașterea dimensiunilor efective rezultate la prelucrarea pieselor înainte de a fi scoase din dispozitivele de prindere pe mașinile- unelte pe care s-au prelucrat, pentru a se putea lua măsurile necesare în scopul aducerii dimensiunii efective între limitele prescrise. Scoaterea pieselor grele și instalarea lor pe instalații de măsurare staționare duce la consum de timp inutil, cost mare al prelucrării și în multe cazuri în imposibilitatea realizării prinderii și fixării pieselor în vederea remedierii rebuturilor remediabile.

Analiza stadiului actual al cunoștințelor în domeniul controlului dimensional duce la concluzia că au fost create și pot fi încă create numeroase și diverse alte tipuri, soluții, variante de dispozitive tehnologice de control al dimensiunilor liniare și unghiulare; această diversitate se datorează, în principal, diversității parametrilor și pieselor de controlat, precum și diversității sistemelor tehnice în care sunt integrate dispozitivele tehnologice, respectiv, parametrilor constructivi și funcționali ai acestora.

Având în vedere diversitatea mare a echipamentelor de măsurare de acest gen, trebuie luată în considerare problematica esențială a acestor dispozitive și anume: **eroarea de măsurare** care poate valida sau nu calitatea echipamentului și valabilitatea măsurărilor efectuate. Este neapărat necesar ca, încă din faza de proiectare a echipamentului de control, să se cunoască eroarea limită cu care acesta va măsura, dacă aceasta corespunde cu toleranța specificată parametrului de controlat (16,6% din toleranța prescrisă), pentru a se evita pierderile financiare, prin executarea unui echipament de control care nu este conform cu condițiile specificate.

Proiectul prezintă rezultatul activității de proiectare a unui dispozitiv tehnologic portabil pentru controlul adâncimii canalului de pană executat în arborii cu suprafețe cilindrice.

Cerințele temei propuse pe care trebuie să le îndeplinească dispozitivul de control proiectat sunt:

- sa fie echipat cu instrument indicator pentru determinarea valorii absolute a parametrului măsurat;
- reglarea rapidă a dispozitivului de control, folosind chiar piesa de controlat;
- blocarea ușoară și sigură a elementelor reglabile în poziția de măsurare;
- grad mare de manevrabilitate a dispozitivului;

- grad mare de universalitate a dispozitivului;
- simplitatea constructivă;

Pentru rezolvarea temei propuse, s-a stabilit o metodă de măsurare de bază (reprezentativă) a adâncimii canalelor de pană executate în piese de tip arbore cu suprafețe cilindrice.

Proiectul este finalizat prin documentația de execuție pentru dispozitivul tehnologic de control proiectat; cuprinde o parte scrisă, structurată pe cinci capitole și o parte grafică, constituită din desenul de asamblu și desenele de reper și planșe de prezentare (schema de măsurare, schema de principiu a dispozitivului proiectat, schema reglării și măsurării cu dispozitivul de control, modelele fizice ale erorilor de măsurare parțiale și componente, tabelul centralizator al erorilor de măsurare componente, diagrama ponderilor erorilor componente în eroarea limită totală.).

Primul capitol cuprinde partea de proiectare a dispozitivului tehnologic de control, pornind de la analiza temei, a cerințelor și datelor inițiale, continuând cu alegerea schemei optime de măsurare, stabilirea variantei constructive; sunt prezentate elemente din structura dispozitivului tehnologic de control, funcționarea, reglarea și măsurarea cu acest dispozitiv de control, precum și instrucțiuni de montare.

În al doilea capitol este prezentată metodologia de determinare, prin calcul, a erorii limită de măsurare pentru dispozitivul de control, erorile componente identificate precum și cauzele apariției acestora.

Dispozitivul de control conceput și proiectat are următoarele caracteristici funcționale și constructive:

- *parametrul controlat*: adâncimea canalului de pană la arbori cu suprafețe cilindrice netede;
- *tipul echipamentului*: pentru control pasiv;
- *metoda de măsurare aplicată*: metoda directă;
- *modul de reglare la zero*: pe suprafața cilindrică a piesei de controlat,
- *număr de parametri controlați*: pentru control uniparametric;
- *grad de mobilitate*: dispozitiv tehnologic de control portabil portabil;
- *variante de orientare- poziționare*: cu elemente de poziționare- fixare a instrumentului (aparaturii) de măsurare și elemente de orientare- poziționare a dispozitivului de control față de piesa controlată;
- *instrumentul (aparaturii) de măsurare utilizat*: instrument indicator, valoarea diviziunii: 0,01 mm, eroarea maximă tolerată:  $\pm 0,01$  mm;
- eroarea limită de măsurare a dispozitivului de control (calculată):           mm;
- *dimensiuni de gabarit*: LxlxH: LLLxlllxHHH mm;
- *greutate*: 0,6 kg.

## **ETAPA I- A**

### **Stabilirea temei de proiectare. Structura proiectului de an. Proiectarea dispozitivului tehnologic de control**

#### ***Conținut***

**Tema proiectului** este stabilită de către îndrumător (temă comună), sau, fiecare student poate alege o temă dintr- o listă pusă la dispoziție. Tema proiectului va fi însoțită de desenul de execuție al piesei de controlat, conform indicațiilor care se vor da în cadrul etapei.

**Structura proiectului** de an la disciplina ETC este în fișierul „Structura proiectului”.

#### **Proiectarea dispozitivului tehnologic de control**

În etapa I- a se vor realiza următoarele activități:

- desenul instrumentului indicator (comparator cu cadran sau comparator digital), prin relevarea instrumentului ales pus la dispoziție (studentii au la dispoziție șublere pentru măsurare);
- stabilirea datelor inițiale necesare proiectării dispozitivului de control (se vor stabili de comun acord cu îndrumătorul);
- stabilirea metodei de măsurare a parametrului considerat (dacă nu este stabilită prin tema proiectului, se stabilește conform indicațiilor îndrumătorului);
- metoda de măsurare va fi prezentată cu următoarele elemente:
  - schema de măsurare;
  - echipamente necesare;
  - tehnica măsurării;
- stabilirea schemei de principiu a dispozitivului de control, pe baza metodei de măsurare;
- schema de principiu va fi prezentată cu următoarele elemente:
  - reprezentare grafică cu semne convenționale folosite în construcția de mașini;
  - tehnica măsurării.

**Notă:** desenele se vor executa în AutoCAD și se vor salva în document Word, pentru a fi incluse în textul proiectului final.

## ELABORAREA ETAPEI I- A

### Stabilirea temei de proiectare.

#### Tema proiectului:

Să se proiecteze un dispozitiv tehnologic portabil pentru controlul adâncimii canalului de pană la piese tip alezaj (butuci) cu dimensiunile:

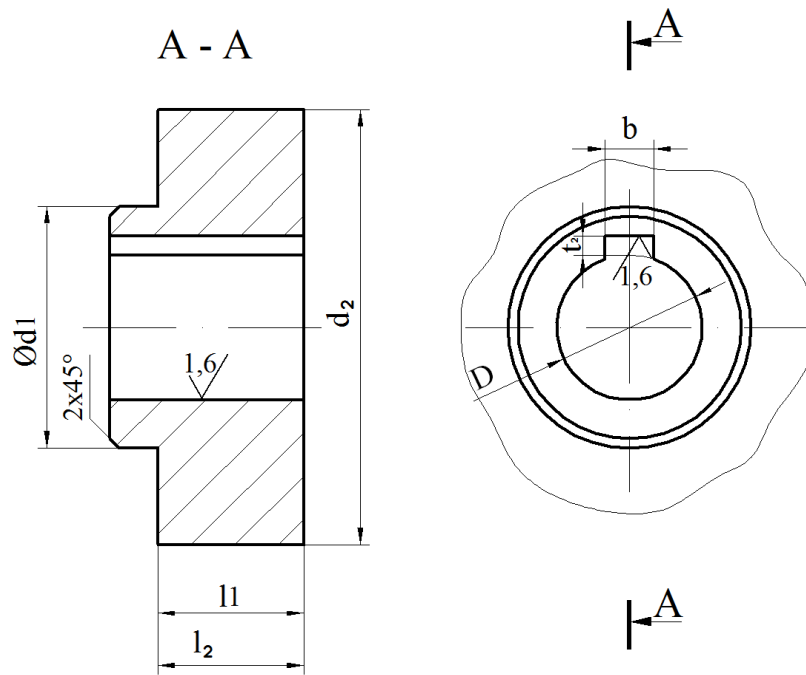
- diametrul butucului  $D = 200H7$  mm;
- lungimea butucului,  $l =$  mm;
- adâncimea canalului de pană:  $t_2 =$  mm;
- lățimea canalului de pană:  $b =$  mm.

Să se calculeze eroarea limită de măsurare a dispozitivului tehnologic de control proiectat.

#### Precizări:

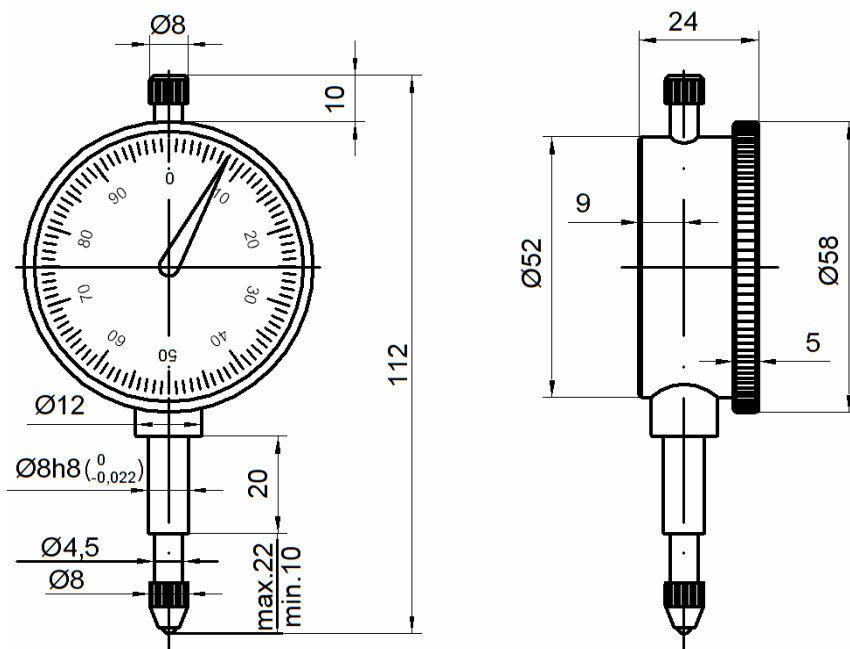
- piesa de controlat este un volant, fig. 1;
- dispozitivul de control va fi echipat cu instrument indicator (comparator cu cadran sau comparator digital) cu valoarea diviziunii de 0,01 mm;
- dimensiunile constructive și de montare ale instrumentului indicator sunt date în fig. 2;
- proiectul dispozitivului de control se va finaliza cu documentația de execuție (desen de ansamblu și desene de reper);
- componentele erorii limită de măsurare calculată se vor prezenta într- un tabel centralizator care va fi însoțit de un grafic (histogramă sau poligon) al ponderilor erorilor componente în eroarea limită de măsurare.





$d_1 = 1,6 \cdot D$	$d_2 = 3 \cdot D$	$l_1 = 1,2 \cdot D$	$l_2 = 1,6 \cdot D$
---------------------	-------------------	---------------------	---------------------

**Fig. 1**  
Volant



**Fig. 2**  
Comparator cu cadran

## Proiectarea dispozitivului tehnologic de control

### Analiza temei de proiectare și stabilirea datelor inițiale

În cadrul proiectului se cere proiectarea a unui dispozitiv tehnologic portabil pentru controlul adâncimii canalului de pană executat în piese de tip alezaj cu suprafețe cilindrice netede (butucul unui volant, conform fig. 1).

Dispozitivul tehnologic de control trebuie să îndeplinească următoarele cerințe:

- să fie portabil;
- să fie echipat cu instrument indicator;
- să fie posibilă reglarea rapidă a instrumentului indicator;
- reglarea dispozitivului de control să fie realizată măsurări terminale de lungime (cale plan- paralele);
- să se poată manevra ușor;
- să prezinte siguranță în exploatare;
- să se caracterizeze prin simplitate constructivă;
- să fie calculată eroarea limită de măsurare a dispozitivului proiectat.

Analizând cerințele pe care trebuie să le satisfacă dispozitivul care trebuie proiectat, se evidențiază faptul că o serie de elemente ale acestuia sunt caracteristice unui dispozitiv tehnologic de control. Se poate considera, deci, că dispozitivul de control care trebuie proiectat se încadrează în categoria dispozitivelor tehnologice de control, integrate într-un sistem tehnologic de prelucrare a suprafețelor cilindrice exterioare netede ale pieselor de tip arbore.

Dispozitivele tehnologice sunt elemente componente integrate în sistemele tehnologice de prelucrare, folosite în stadiul de fabricație a pieselor, în succesiunea operațională: prelucrare, control, asamblare.

După tipul sistemului tehnologic în care sunt integrate, dispozitivele tehnologice utilizate în construcția de mașini sunt:

- dispozitive pentru prelucrări prin aschiere;
- dispozitive pentru control;
- dispozitive pentru asamblare.

În literatura de specialitate sunt date mai multe definiții ale dispozitivelor de control, fiecare evidențind anumite caracteristici specifice: orientare-poziționare a piesei de controlat, respectiv, a aparatului de măsurare, momentul în care se execută controlul: de recepție, interfazic sau control final, tipul măsurandului: semifabricat, piesă finită sau ansamblu, productivitatea operației de control, natura parametrului controlat, etc.

Dispozitivele de control sunt dispozitive care au rolul de a orienta –poziționa piesele și mijloacele de măsurare în conformitate cu cerințele procesului de control și de a păstra această orientare-poziționare în tot timpul controlului.

Din analiza acestor definiții rezultă că un dispozitiv de control are următoarele caracteristici de bază:

- este un grup de elemente (piese, ogane de mașini, instrumente, aparate de măsurare) cu legătură determinată între ele;
- îndeplinește o anumită funcție în cadrul sistemului tehnologic din care face parte: funcția de măsurare;
- este un mijloc de măsurare, deoarece furnizează o informație de măsurare;
- este un mijloc de măsurare cu funcția suplimentară de orientare-poziționare și de prindere a măsurandului și/ sau a aparatului de măsurare.

Deasemenea, se pot contura o serie de particularități ale dispozitivului de control față de celelalte mijloace de măsurare (măsurări, instrumente, aparate, mașini și instalații de măsurat):

- realizează operația de măsurare cu ajutorul altor mijloace de măsurare (măsură, instrumente, aparate) și a unor elemente de orientare-poziționare, fixare a acestora și a măsurandului;
- dacă la celelalte categorii de mijloace de măsurare, elementele de orientare-poziționare ale piesei de controlat (plăci, mese fixe/ mobile, prisme, dornuri, vârfuri de centrare) respectiv pentru orientarea și fixarea aparatului de măsurare folosit (suport, console, etc) sunt accesorii, în cazul dispozitivelor de control, aceste elemente fac parte din structura lor formând un ansamblu unitar;
- incertitudinea de măsurare a măsurilor, instrumentelor, aparatelor utilizate reprezintă o componentă a incertitudinii dispozitivului de control; exactitatea măsurării cu dispozitivele de control este dată de ansamblul unitar format din elemente de măsurare și elemente de orientare-poziționare ale acestora și a piesei de controlat.

Conform caracteristicilor de bază ale dispozitivelor și în conformitate cu particularitățile dispozitivelor tehnologice de control, se va proiecta un dispozitiv tehnologic de control, cu următoarele caracteristici:

- -pentru controlul adâncimii canalului de pană la alezaje cilindrice;
- -pasiv;
- -pentru măsurare prin metoda diferenței (metodă directă de măsurare a lungimilor);
- -control uniparametric;
- -portabil;
- -cu elemente de poziționare-fixare a instrumentului (aparatului) de măsurare și de orientare-poziționare a dispozitivului de control față de piesa controlată.

#### ***Date inițiale.***

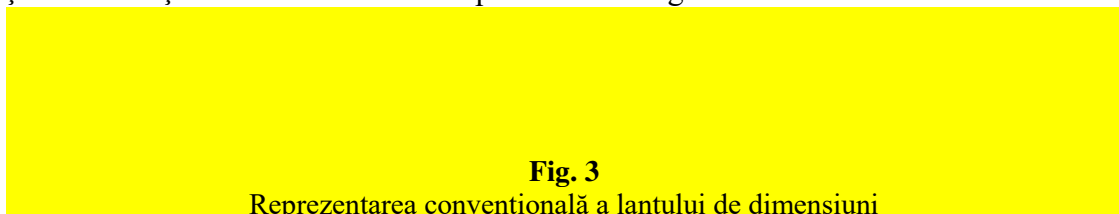
Datele inițiale stabilite prin temă, se referă la domeniul de valori pentru elementele dimensionale caracteristice ale canalului de pană de controlat și ale butucului în care este executat canalul de pană:

- diametrul alezajului în care este executat canalul de pană:  $D =$  [ ] mm;
- lungimea butucului:  $l =$  [ ] mm;
- lățimea canalului de pană:  $b =$  [ ] mm;
- adâncimea canalului de pană:  $t_2 =$  [ ] mm.

#### ***Date necesare.***

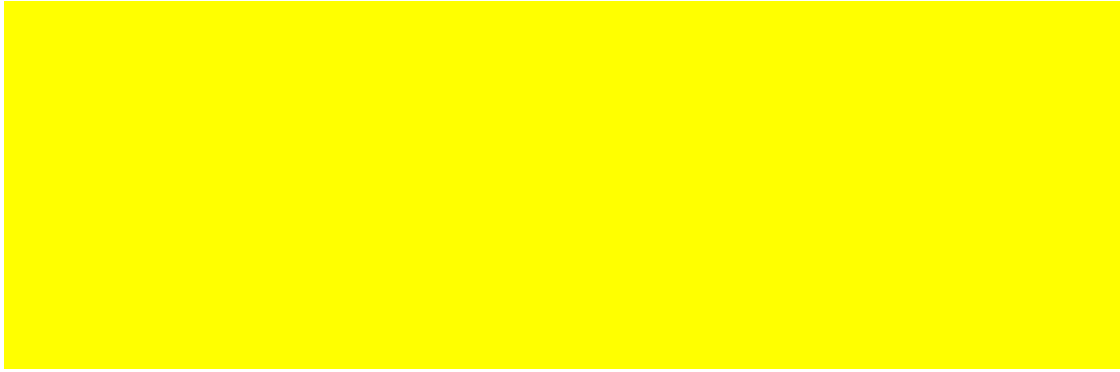
Adâncimea  $t_2$ , a canalului de pană din butuc, definită drept distanța de la generatoarea superioară a suprafeței cilindrice interioare la suprafața plană a fundului canalului de pană (fig. 1), nu se poate măsura nemijlocit, deoarece suprafața cilindrică interioară a butucului este întreruptă în dreptul canalului de pană.

De aceea, dimensiunea care se va măsura, este distanța  $T$ , de la generatoarea inferioară a suprafeței cilindrice interioare la suprafața plană a fundului canalului de pană. Dimensiunea  $T$ , se calculează prin rezolvarea problemei directe a unui lanț de dimensiuni, constituit din: diametrul  $D$ , al butucului, adâncimea  $t_2$  și dimensiunea  $T$ . Reprezentarea convențională a lanțului de dimensiuni este prezentată în fig. 3.



**Fig. 3**  
Reprezentarea convențională a lanțului de dimensiuni

### ***Calcularea dimensiunii T***



**Notă:** în continuare, dimensiunea calculată T, se va considera drept adâncimea canalului de pană din butuc.

### **Stabilirea metodei de măsurare a adâncimii canalului de pană**

Din analiza metodelor și mijloacelor de măsurare a adâncimii canalelor de pană la piese de tip alezaj cu suprafețe cilindrice s-au evidențiat următoarele aspecte:

- se aplică metoda evaluării directe, utilizându-se instrumente universale de măsurat lungimi: șublere de exterior, micrometre de interior;
- se aplică metoda diferenței, utilizându-se instrumente și aparate indicatoare de măsurat lungim, reglate la zero cu măsuri terminale de lungime;
- universale de măsurat lungimi: șublere de exterior, micrometre de interior;
- sunt multe metode care folosesc dispozitive de control staționare care necesită o serie de accesorii pentru orientarea- poziționarea piesei de controlat; productivitatea operației de control este redusă, necesitând timp suplimentar pentru orientarea- poziționarea piesei de controlat în poziția de măsurare și pentru reglarea la zero.
- adâncimea canalului de pană se poate măsura la locul de prelucrare a piesei, nefiind necesară scoaterea ei de pe mașina- unealtă pe care se execută canalul de pană;

Pentru măsurarea adâncimii canalului de pană al volantului, se aplică metoda diferenței, utilizându-se un dispozitiv portabil de control, echipat cu instrument indicator

Dimensiunea de controlat este o dimensiune interioară.

Datorită faptului că se folosește un instrument indicator, acesta trebuie reglat la zero pe o piesă model sau pe un bloc de cale plan- paralele care materializează valoarea nominală a dimensiunii de controlat.

Prin metoda diferenței se va determina abaterea dimensiunii efective față de valoarea nominală a ei.

Schema de măsurare este prezentată în fig. 4.



**Fig. 4**

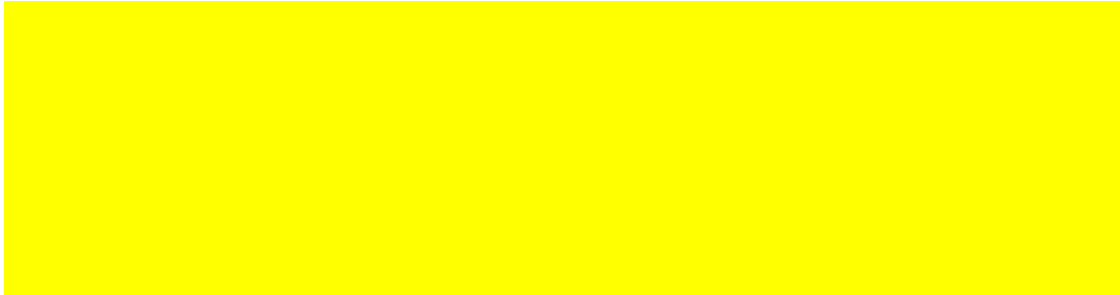
Schema de măsurare

### ***Tehnica măsurării.***



### **Stabilirea schemei de principiu a dispozitivului tehnologic de control**

Pe baza metodei de măsurare prezentată în fig. 4, se stabilește o schemă de principiu a dispozitivului de control, schemă caracterizată prin prin simplitate și rapiditate a controlului (fig. 5); datorită simplității, schema de principiu a dispozitivului de control aproape se identifică cu schema de măsurare a metodei de măsurare.



**Fig. 5**

Schema de principiu a dispozitivului de control

### ***Tehnica măsurării.***



## **ETAPA A II- A**

### **Proiectarea dispozitivului tehnologic de control (continuare).**

#### **Conținut**

Se vor realiza activitățile:

- definitivarea schemei de principiu a dispozitivului de control;
- proiectarea unei variante constructive a dispozitivului de control (realizarea desenului de ansamblu al dispozitivului de control);
- stabilirea condițiilor tehnice de execuție ale elementelor din structura dispozitivului de control proiectat (ajustaje, toleranțe dimensionale și geometrice, valori maxime pentru parametrii de rugozitate), conform indicațiilor îndrumătorului.

## **ELABORAREA ETAPEI A II- A**

### **Proiectarea unei variante constructive a dispozitivului de control**

Pornind de la schema de principiu a dispozitivului de control (fig. 5, etapa I-a) și cunoscând cerințele pe care trebuie să le îndeplinească acesta, s-a elaborat o variantă constructivă a dispozitivului tehnologic portabil destinat măsurării adâncimii canalului de până la alezaje cilindrice.

Caracteristic acestui dispozitiv de control, este faptul că toate elementele componente ale acestuia sunt asamblate la un element de bază care îndeplinește mai multe funcții:

- funcția de orientare a dispozitivului de control în raport cu piesa de controlat;
- funcția de fixare a instrumentului indicator (suport al acestuia);
- funcția de corp al dispozitivului de control.

#### **Stabilirea condițiilor tehnice de execuție.**

Pentru elaborarea completă a documentației de execuție a variantei constructive pentru dispozitivul de control proiectat, este necesară stabilirea condițiilor tehnice de execuție ale elementelor din structura variantei proiectate.

Se vor stabili următoarele condiții tehnice de execuție:

#### **• pentru ansamblu:**

- pentru îmbinările mobile se recomandă ajustajul H7/ h6;
- pentru îmbinările fixe greu demontabile se recomandă ajustajul H7/ s6;
- pentru îmbinările fixe ușor demontabile se recomandă ajustajul H6/ k5 (în cazul îmbinărilor care asigură centrarea pieselor);
- pentru îmbinările filetate cu filet metric, se recomandă ajustajul cu joc: 6H/ 6h (în cazul îmbinărilor filetate de reglare și care fac parte din mecanismul de transmitere a informației de măsurare) și ajustajul cu joc: 6H/ 6g (în cazul îmbinărilor filetate pentru fixarea/ blocarea pieselor);

#### **• pentru elementelor din structura dispozitivului de control proiectat:**

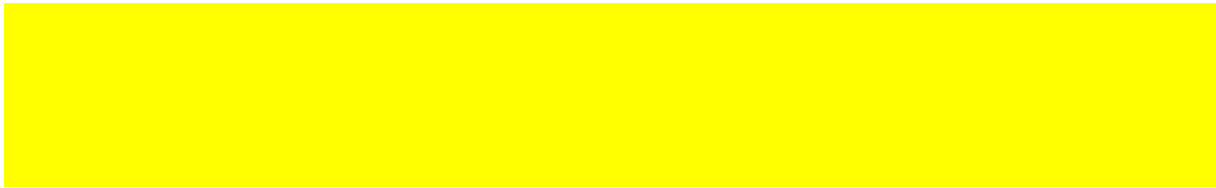
- pentru suprafețele elementelor din structura mecanismului de transmitere a informației de măsurare, se recomandă treapta de toleranțe VII, pentru toleranțe geometrice individuale;
- pentru toleranțe dimensionale generale se recomandă treapta de execuție m;
- pentru toleranțe geometrice generale se recomandă treapta de execuție K;
- pentru suprafețele active și suprafețele după care se îmbină piesele, se recomandă valoarea maximă a parametrului de rugozitate  $R_a = 0,8 \mu\text{m}$ ;

- pentru suprafețele neactive și suprafețele care nu formează îmbinări, se recomandă valoarea maximă a parametrului de rugozitate  $R_a = 3,2 \mu\text{m}$ ;
- pentru teșiturile muchilor se recomandă:  $0,5 \times 45^\circ$ ;
- pentru raze de curbură ale suprafețelor de racordare, se recomandă:  $R = 2 - 5 \text{ mm}$ ;

• **condiții de material recomandate:**

- pentru corpul dispozitivului: oțel carbon;
- pentru elemente supuse la uzare: oțel carbon de calitate; tratament termic: călire, revenire, min. 54 HRC;
- pentru elemente din îmbinări mobile din structura mecanismului de transmitere a informației de măsurare: oțel carbon de calitate; tratament termic: călire, revenire, min. 54 HRC;
- pentru alte elemente din îmbinări mobile: oțel carbon.

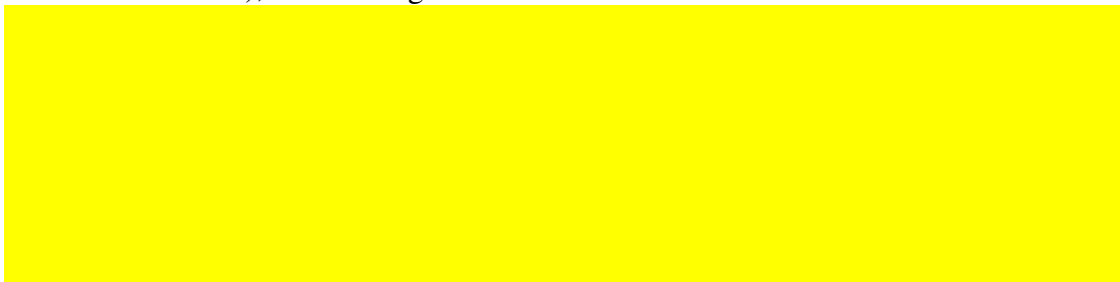
**Structura dispozitivului tehnologic de control.** Dispozitivul tehnologic de control proiectat prezentat în desenul de ansamblu din anexe se evidențiază printr-o mare simplitate constructivă deoarece este format numai din [ ] elemente componente (din care [ ] elemente standardizate) și instrumentul indicator; aceste componente constituie un ansamblu care îndeplinește toate cerințele unui dispozitiv de control: orientarea- poziționarea în raport cu piesa de controlat și poziționarea și fixarea aparatului de măsurare.



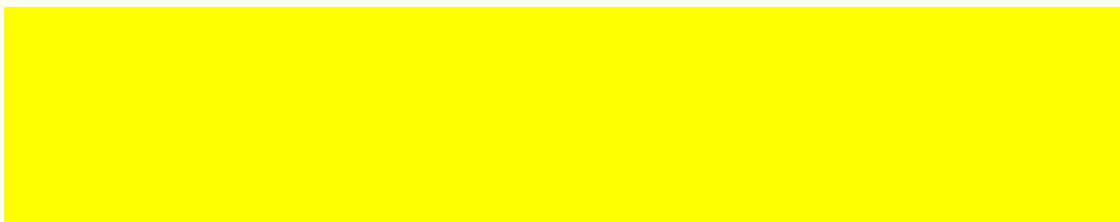
**Reglarea la zero și măsurarea cu dispozitivul tehnologic de control.**

**Reglarea la zero**

Un avantaj al dispozitivului de control proiectat este faptul că, pentru reglarea la zero a lui, se folosesc măsuri terminale de lungime care materializează cu precizie mare dimensiunea nominală (blocuri de cale plan- paralele cu lungimea egală cu valoarea nominală a dimensiunii de controlat), conform fig. 1.

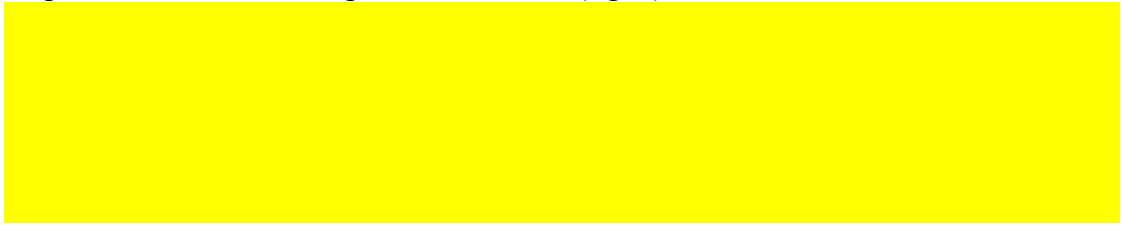


**Fig. 1**  
Schema de reglare la zero



### **Măsurarea cu dispozitivul de control proiectat**

Pentru măsurarea adâncimii  $T$ , a canalului de pană la piese de tip alezaj (butuci), cu dispozitivul de control, se procedează astfel (fig. 2):



**Fig. 2**  
Măsurarea cu dispozitivul



## ETAPA A III- A

### Proiectarea dispozitivului tehnologic de control (continuare).

#### Conținut

Se vor realiza activitățile:

- definitivarea desenului de ansamblu al dispozitivului de control (stabilirea ajustajelor pentru imbinări);
- elaborarea desenelor de execuție ale reperelor nestructurizate din structura dispozitivului de control (stabilirea condițiilor tehnice de execuție).

#### ELABORAREA ETAPEI A III- A

##### Condiții tehnice de execuție stabilite.

Pentru completarea documentației de execuție (desen de ansamblu și desene de execuție) a variantei constructive de dispozitiv de control proiectat, s- au stabilit următoarele condiții tehnice de execuție ale elementelor din structura variantei proiectate [...].

##### Desen de ansamblu:

- pentru îmbinarea mobilă instrument indicator- corp dispozitiv: ajustajul **8 H7/ h6**;
- pentru îmbinările mobile tije de ghidare- corp dispozitiv: ajustajul **5H8/ h6**;
- pentru îmbinările fixe greu demontabile talpă – tije de ghidare: ajustajul **5S7/ h6**;
- pentru îmbinarea filetată palpator fix- corp dispozitiv: ajustajul **M16x1- 6H/ 6h**;
- pentru îmbinările filetate șuruburi de blocare- corp dispozitiv: **M5- 6H/ 6g**.

##### Desene de execuție:

- **toleranțe dimensionale individuale:**

- pentru dimensiunile de montare ale reperelor se stabilesc toleranțe individuale conform ajustajelor specificate;
- pentru distanța dintre axele suprafețelor cilindrice interioare cu  $\Phi 5S7$ , din talpă, respectiv, cu  $\Phi 5H8$ , din corpul dispozitivului se stabilește dimensiunea teoretic exactă, [ ] mm (pe desen se înscrie drept cotă încadrată).

- **toleranțe geometrice individuale:**

- pentru abaterea la circularitate a suprafeței cilindrice interioare cu  $\Phi 8H7$ , din corpul dispozitivului: toleranța la circularitate, [ ] (treapta de toleranțe VII);
- pentru abaterea la circularitate a suprafețelor cilindrice interioare cu  $\Phi 5S7$ , din talpă: toleranța la circularitate, [ ] mm (treapta de toleranțe VII);
- pentru abaterea la cilindricitate a suprafețelor cilindrice interioare cu  $\Phi 5H8$ , din corpul dispozitivului: toleranța la cilindricitate, [ ] (treapta de toleranțe VII);
- pentru abaterea la cilindricitate a suprafețelor exterioare cu  $\Phi 5h7$ , ale tijelor de ghidare: toleranța la cilindricitate, [ ] (treapta de toleranțe VII);
- pentru abaterea la perpendicularitate a suprafeței frontale față de axa suprafeței cilindrice a palpatorului fix: toleranța la perpendicularitate, [ ] mm;
- pentru abaterea la coaxialitate a suprafețelor cilindrice interioare cu  $\Phi 8H7$  și  $M16x1-6H$ , din corpul dispozitivului: toleranța la coaxialitate, [ ] (treapta de toleranțe VII);
- pentru abaterea la poziția nominală a suprafețelor cilindrice interioare cu  $\Phi 5H8$ , din corpul dispozitivului: toleranța la poziția nominală, [ ] (treapta de toleranțe VII);

- ***toleranțe dimensionale și geometrice generale:***
  - pentru toleranțe dimensionale generale se recomandă treapta de execuție **m**;
  - pentru toleranțe geometrice generale se recomandă treapta de execuție **K**.
- ***valori pentru parametri de rugozitate:***
  - pentru suprafața activă a palpatorului fix: valoarea maximă a parametrului de rugozitate  $R_a = 0,8 \mu\text{m}$ ;
  - pentru suprafețele după care se îmbină piesele, se recomandă valoarea maximă a parametrului de rugozitate  $R_a = 1,6 \mu\text{m}$ ;
  - pentru suprafețele neactive și suprafețele care nu formează îmbinări, se recomandă valoarea maximă a parametrului de rugozitate  $R_a = 3,2 \mu\text{m}$ ;
- ***materiale stabilite pentru repere:***
  - pentru palpatorul fix:
  - pentru talpă: oțel S355JR (OL 50), SR EN 10025;
  - pentru tijele de ghidare: oțel S355JR (OL 50), SR EN 10025;
  - pentru corp: oțel 1C45 (OLC 45), SR EN 10083;
- ***alte condiții tehnice stabilite:***
  - tratament termic pentru oțel 1C45: călire, revenire, min. 54 HRC;
  - pentru teșiturile muchiilor:  $0,5 \times 45^\circ$ ;

## **ETAPA A IV- A**

### **Calcularea erorii limită de măsurare a dispozitivului tehnologic de control.**

#### **Conținut**

Se vor realiza activitățile:

- stabilirea metodei de calcul (conform indicațiilor îndrumătorului);
- stabilirea etapelor de calcul;
- identificarea surselor de erori parțiale;
- identificarea tipului de erori parțiale,
- calcularea erorii parțiale generată de imprecizia dimensională;
- calcularea erorii parțiale generată de jocurile din îmbinările mobile.

## **ELABORAREA ETAPEI A IV- A**

### **Calcularea erorii limită de măsurare a dispozitivului tehnologic de control.**

#### **Metodologia de calcul al erorii limită de măsurare. Considerații teoretice.**

Metodologia de calcul al erorii limită de măsurare a fost elaborată și aplicată la controlul abaterilor de poziție relativă a suprafețelor la piese tip carcasă din construcția de mașini [1], poate fi considerată cea mai completă, fiind caracterizată prin următoarele aspecte

- datorită faptului că la controlul parametrilor geometrici (abateri de formă, orientare, poziție relativă, etc.), se măsoară dimensiuni liniare și/ sau unghiulare, iar factorii care intervin în timpul măsurării sunt aceiași, metoda se poate utiliza cu deplină siguranță pentru determinarea erorii limită de măsurare a dimensiunilor liniare;
- metoda de calcul al erorii limită de măsurare este laborioasă, necesitând identificare tuturor surselor de erori și stabilirea influenței acestora asupra erorii totale; constă în alegerea , în mod convențional a unei operații reprezentative de control și a unui mijloc reprezentativ de control;
- la operația reprezentativă de control se stabilesc fazele operației: reglarea , la zero a dispozitivului de control; așezarea , orientarea și fixarea piesei de controlat în dispozitivul de control stabil sau așezarea ,orientarea , dispozitivului portabil pe piesa de controlat; citirea cu ajutorul instrumentelor indicatoare a abaterilor dimensiunilor măsurate ,față de cotele de reglare.

Mijlocul de control reprezentativ are în componență un număr limitat de elemente, mecanisme și subansamble de orientare, rezemare, centrare, fixare, măsuri (etalioane) de reglare la zero, etaloane pentru materializarea bazelor de măsurare, elemente de susținere ale instrumentelor indicatoare, elemente de sesizare (palpare) transmitere și amplificare, prezentate sintetic în tab. 1.

**Elementele dispozitivului de control reprezentativ**

**Tabelul 1**

<b>Nr. grupă</b>	<b>Denumirea grupei de elemente</b>	<b>Poziția din desenul de ansamblu</b>
1	Elemente de asezare si rezemare	
2	Elemente si mecanisme de centrare si fixare	
3.	Aparate indicatoare	
4.	Suportți pentru susținerea aparatelor indicatoare	
5.	Elemente si mecanisme de palpare, transmitere și amplificare	

6.	Măsurii pentru reglarea la zero	
7.	Elemente și mecanisme de stângere	
8.	Elemente auxiliare	
9.	Corp sau placă de bază	

Structura dispozitivului tehnologic de control, reglarea la zero și măsurarea adâncimii canalului de pană cu dispozitivul proiectat, sunt prezentate în etapa a II- a.

La aplicarea metodologiei de determinare a erorii limită a unei metode de măsurare date s- au evidențiat următoarele etape:

**E1. analiza metodei de măsurare** (schema de măsurare și tehnica măsurării) și a documentației de execuție a dispozitivului de control cercetat (desen de ansamblu și desen de reper), precum și a altor specificații date (caiet de sarcini, instrucțiuni de montare și de exploatare a dispozitivului, etc.), în scopul stabilirii condițiilor în care se efectuează măsurarea cu dispozitivul de control analizat;

**E2. identificarea surselor de erori** componente, a tipurilor acestora (după subordonarea metrologică);

**E3. elaborarea modelului fizic și stabilirea relațiilor de calcul** pentru toate erorile parțiale (elementare) identificate;

**E4. identificarea condițiilor tehnice** de execuție și montare a elementelor din structura dispozitivului de control ( din analiza desenului de ansamblu și a desenelor de reper );

**E5. calcularea valorilor maxime** ale erorilor sistematice și a **limitelor intervalelor de variație** pentru erorile aleatoare;

**E6. calcularea erorii limită** a dispozitivului de control. În cazul în care s- au identificat **m** erori componente sistematice remediabile și **n- m** erori componente aleatoare, eroarea limită se poate calcula prin două metode:

- **metoda de calcul teoretic (la limită)**, prin sumarea algebrică a erorilor componente sistematice și sumarea valorilor absolute ale erorilor componente aleatoare;

- **metoda de calcul practic (probabilistic)**, care constă în sumarea algebrică a erorilor componente sistematice și sumarea pătratică a erorilor componente aleatoare.

În cazul dispozitivului de control analizat, se va aplica metoda de calcul practic, relația de calcul a erorii limită de măsurare a dispozitivului de control fiind:

$$\Delta_{mc} = \sum_{i=1}^m \Delta_i \pm \sqrt{\sum_{j=m+1}^n \delta_j^2}, \quad (1)$$

în care  $\Delta_i$ ,  $i = 1.....m$ , sunt erorile sistematice remediabile identificate și pentru care s- au calculat valorile maxime, iar  $\delta_j$ ,  $j = m + 1.....n$ , sunt erorile aleatoare și erorile sistematice neremediabile identificate și pentru care s- au calculat limitele de variație.

Pentru obținerea erorii limită de măsurare a dispozitivului tehnologic de control portabil destinat măsurării adâncimii canalului de pană la piese tip alezaj, se aplică metodologia de calcul prezentată, parcurându- se, succesiv, etapele stabilite.

## **E1. Analiza metodei de măsurare**

Din analiza metodei aplicate pentru măsurarea adâncimii canalului de pană cu dispozitivul de control proiectat, se evidențiază următoarele aspecte:

- este folosită o metodă directă de măsurare;
- se utilizează un instrument indicator;
- se efectuează reglarea la zero a instrumentului indicator;
- se folosesc măsuri terminale de lungime pentru reglare (aparatură de măsurare se reglează la zero cu bloc de cale plan- paralele care materializează valoarea nominală a dimensiunii de controlat);
- se realizează orientarea dispozitivului față de piesa de controlat (pe suprafața piesei controlate);

## **E2. Identificarea surselor de erori de măsurare.**

Sursele de erori la aplicarea oricărei metode de măsurare a parametrilor dimensionali și geometrici generează patru categorii de erori de măsurare, fiecare din ele fiind compuse din mai multe componente: erori de măsurare datorită mediului exterior; erori de măsurare datorită măsurandului; erori de măsurare datorită mijlocului de control; erori de măsurare datorită operatorului.

Eroarea generată de mijlocul de măsurare folosit reprezintă componenta principală a erorii limită de măsurare și este formată din mai multe erori componente (tab. 2.) care depind de natura și complexitatea operației de măsurare, de complexitatea mijlocului de control și de condițiile de folosire a acestuia.

Analizând metoda de măsurare aplicată și documentația de execuție a dispozitivului de control, s-au identificat următoarele surse de erori:

- imprecizia dimensională a elementelor care determină planul de măsurare;
- jocul în asamblările mobile;
- imprecizia de formă microgeometrică a suprafețelor din lanțul de transmitere a informației de măsurare;
- imprecizia de formă macrogeometrică a suprafețelor elementelor care compun lanțul de măsurare și asigură orientarea dispozitiv- piesă de controlat;
- imprecizia orientării și a poziției relative a suprafețelor elementelor din lanțul de măsurare;
- imprecizia de orientare a dispozitivului de control în raport cu piesa de controlat;
- deformațiile elastice;
- deformațiile de contact;
- instrumentul indicator;
- reglarea dispozitivului de control.

În tabelul 2 sunt prezentate erorile componente identificate la dispozitivul tehnologic de control proiectat.

Componentele erorii limită a dispozitivului de control

Tabelul 2

Erori de măsurare componente	
Pentru mijloace de măsurare, în general	Pentru dispozitivul analizat
Eroare caracteristică principiului metodei sau al mijlocului de control	Nu este generată eroare de măsurare
Eroare datorată impreciziei dimensionale a elementelor și mecanismelor ce determină planul de măsurare și raportul de transmitere	Eroarea generată de inegalitatea brațelor tălpii; determină înclinarea axei comune a palpatoarelor fix și mobil față de planul de simetrie vertical al canalului de pană.
Eroare datorată jocurilor din ansamblări mobile	Eroarea generată de jocurile din asamblările: - corp- instrument indicator, respectiv, corp- palpator fix; determină necoaxialitatea axelor celor două palpatoare, - corp- tije de ghidare; determină inegalitatea brațelor tălpii.
Eroare datorată impreciziei formei microgeometrice	Eroarea generată de rugozitatea suprafețelor sferice ale palpatoarelor fix și mobil.
Eroare datorată impreciziei formei macrogeometrice	Eroarea generată de abaterea de la forma dată a suprafețelor sferice ale palpatoarelor fix și mobil.
Eroare datorată impreciziei orientării și poziției relative a suprafețelor	Eroarea generată de neparalelismul axelor suprafețelor cilindrice interioare ale găurilor de ghidare din corp; determină inegalitatea brațelor tălpii.
	Eroarea generată de necoaxialitatea suprafețelor cilindrice interioare din brațele corpului (în care se montează instrumentul indicator și palpatorul fix); determină necoaxialitatea axelor palpatoarelor fix și mobil.
	Eroarea generată de abaterea de la simetrie a axelor suprafețelor cilindrice interioare ale găurilor de ghidare, față de axa comună a suprafețelor cilindrice interioare din brațele corpului; determină inegalitatea brațelor tălpii.
Eroare datorată impreciziei de montare a elementelor și mecanismelor din structura mijlocului de măsurare	Nu este generată eroare de măsurare
Eroare datorată impreciziei de materializare a suprafețelor de măsurare și a celor de referință	Nu este generată eroare de măsurare
Eroare datorată impreciziei de bazare a piesei de controlat	Eroarea generată de orientarea necorespunzătoare a dispozitivului de control în raport cu piesa de controlat; orientarea incorectă determină: - înclinarea axei palpatoarelor față de planul normal pe axa de rotație a butucului; - înclinarea axei palpatoarelor față de planul de simetrie vertical al canalului de pană.
Eroare datorată deformațiilor	Eroarea generată de deformarea elastică a corpului, sub

elastice	acțiunea greutateii acestuia; determină necoaxialitatea axelor palpatoarelor fix și mobil.
Eroare datorată deformațiilor de contact	Eroarea generată de deformațiile de contact ale materialelor piesei de controlat și palpatoarelor: - deformația de contact a palpatorului fix și a piesei sub acțiunea greutateii dispozitivului de control; - deformația de contact a palpatorului mobil și a piesei sub acțiunea forței de măsurare.
Eroare datorată gradului de uzare	Nu este generată eroare de măsurare.
Eroare caracteristică a aparatelor indicatoare	Eroarea generată de eroarea maximă tolerată a instrumentului indicator.
Eroare de reglare la zero	Eroarea generată de abaterea față de valoarea nominală a lungimii măsurii de lungime folosită pentru reglarea la zero.

### **E3. Elaborarea modelului fizic și stabilirea relațiilor de calcul pentru erorile parțiale (elementare)**

În urma identificării surselor de erori componente se observă că din toate sursele posibile de erori prezentate, nu este prezentă (nu a fost identificată) o singură sursă – principiului metodei sau mijlocului de control, fapt explicabil prin simplitatea atât a metodei aplicate (metoda directă), cât și a dispozitivului de control folosit.

Pentru erorile componente care este posibil să fie generate, se stabilește gradul în care influențează eroarea limită, prin determinarea valorilor maxime (în cazul erorilor componente sistematice remediabile), sau a limitelor intervalului de variație (în cazul erorilor componente aleatoare și a celor sistematice neremediabile).

În acest scop, se stabilește modelul fizic pentru a reprezenta modul în care eroarea componentă analizată influențează mărimea măsurată (reprezentare schematizată), apoi, se determină relația de calcul, fie pentru valoarea maximală, fie pentru limitele intervalului de variație, considerându-se cazul la limită (cel mai nefavorabil).

Se face precizarea că, erorile componente sistematice care depind de parametri variabili (abatere limită, toleranțe dimensionale sau geometrice, valori maxime admise, etc), se consideră erori sistematice neremediabile și se compun cu erorile aleatoare, mărind, astfel, limitele intervalului de incertitudine.

Pentru erorilor componente identificate, se vor determina relațiile de calcul, în succesiunea prezentată în tabelul 2.

#### **1. Calcularea erorii componente caracteristică principiului metodei sau mijlocului de control, $\delta_1$**

Această eroare componentă este generată de principiul metodei de control și/ sau de principiul de funcționare sau de construcție a dispozitivului tehnologic de control.

Datorită simplității constructive a dispozitivului de control proiectat și pentru că se aplică o metodă simplă și directă de măsurare, se poate considera că aceste posibile surse de erori nu generează eroare componentă în cazul dispozitivului de control analizat. Deci:  $\delta_1 = 0$ .

#### **2. Calcularea erorii componente datorată impreciziei dimensionale a elementelor și mecanismelor ce determină planul de măsurare și raportul de transmitere, $\delta_2$**

Eroarea componentă  $\delta_2$ , este constituită din două erori parțiale:

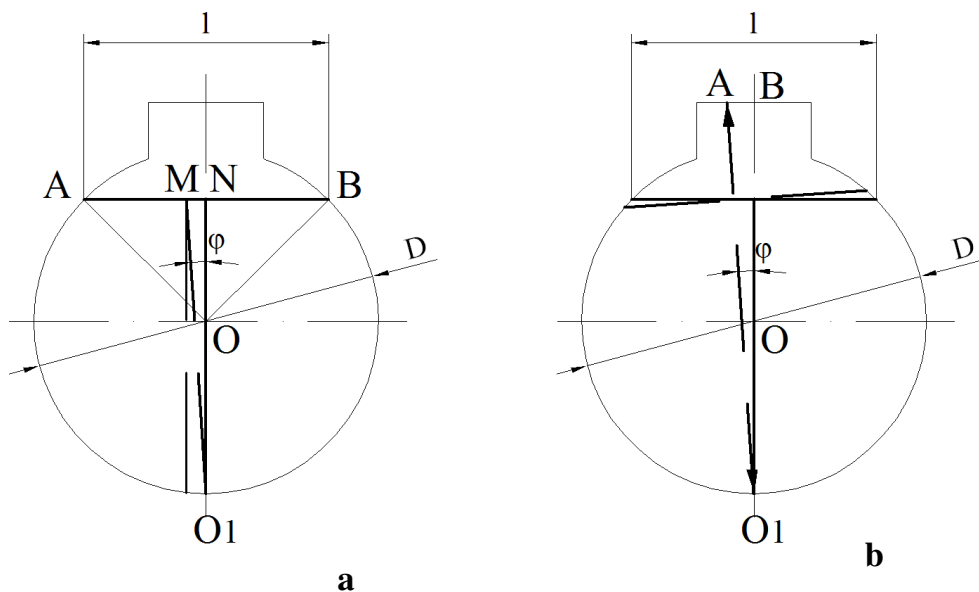
- eroarea parțială  $\delta_2'$ , generată de imprecizia dimensională a elementelor care transmit informația de măsurare și determină raportul de transmitere;
- eroarea parțială  $\delta_2''$ , generată de imprecizia dimensională a elementelor care determină planul de măsurare.

• Eroarea parțială generată de imprecizia dimensională a elementelor care transmit informația de măsurare și determină raportul de transmitere se datorează abaterilor dimensionale ale elementelor din structura mecanismului de multiplicare a deplasării palpatorului mobil. Din desenul de ansamblu al dispozitivului de control, se observă că mișcarea palpatorului mobil se transmite direct, fără multiplicare, direct la instrumental indicator, nefiind influențată de abaterea diametrului palpatorului mobil. Se poate considera că  $\delta_2' = 0$ .

• Eroarea parțială generată de imprecizia dimensională a elementelor care determină planul de măsurare se datorează impreciziei dimensionale a brațelor tălpii (lungimi inegale ale brațelor) care trebuie să asigure orientarea palpatoarelor fix și mobil cu axa comună în planul de simetrie vertical al canalului de pană (de fapt, egalitatea lungimilor brațelor tălpii asigură orientarea axei comune a palpatoarelor după diametrul butucului, în orice poziție unghiulară a axei commune; orientarea axei commune pe direcția planului de simetrie a canalului de pană este asigurată de către operator).

Inegalitatea  $\Delta l$ , a lungimilor brațelor tălpii determină orientarea axei comune a palpatoarelor după o coardă și nu pe diametru, față de care se înclină cu unghiul  $\varphi$ .

Unghiul  $\varphi$  se determină astfel (fig. 5.a):



**Fig. 5**

Schema de calcul a erorii  $\delta_2''$

în  $\Delta OBN$ , se calculează segmentul  $ON$ :

$OB = D/2$ ;  $BN = l/2$ , iar:

$$ON = \sqrt{OB^2 - BN^2} = \frac{1}{2} \sqrt{D^2 - l^2} \quad (2)$$



În  $\Delta O_1MN$ , se calculează unghiul  $\varphi$ :  
 $MN = \Delta l$ ;  $NO_1 = OO_1 + ON$ ;  $OO_1 = D/2$ , iar:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{MN}{NO_1} = \frac{\Delta l}{OO_1 + ON} = \frac{\Delta l}{\frac{D}{2} + \frac{1}{2}\sqrt{D^2 + l^2}} = \frac{2\Delta l}{D + \sqrt{D^2 + l^2}} \quad (3)$$

Datorită faptului că unghiul  $\varphi$  este foarte mic, se poate aproxima (cu o eroare de aproximare neglijabilă):

$$\operatorname{tg} \varphi \approx \varphi, \varphi \text{ luat în radiani.}$$

Atunci, unghiul  $\varphi$  se obține cu relația:

$$\varphi = \frac{2\Delta l}{D + \sqrt{D^2 + l^2}}, [\text{rad}]. \quad (4)$$

După determinarea unghiului  $\varphi$ , de înclinare a axei comune a palpatoarelor, se calculează eroarea parțială  $\delta_2''$ , dată de relația (fig. 5.b):

$$\delta_2'' = AO_1 - BO_1,$$

în care:

- $AO_1 = T_e$ , este valoarea măsurată a adâncimii canalului de pană;
- $BO_1 = T_0$ , este valoarea adevărată a adâncimii canalului de pană, care trebuie

determinată.

În  $\Delta O_1AB$ :

$$\cos \varphi = \frac{BO_1}{AO_1} = \frac{T_0}{T_e}, \quad (5)$$

iar:

$$T_0 = T_e \cos \varphi,$$

Atunci:

$$\delta_2'' = T_e - T_0 = T_e (1 - \cos \varphi). \quad (6)$$

Dar:

$$1 - \cos \varphi = 2 \sin^2 \frac{\varphi}{2} \quad (7)$$

Datorită faptului că unghiul  $\varphi$  este foarte mic, se poate aproxima (cu o eroare de aproximare neglijabilă):

$$\sin \varphi / 2 \approx \varphi / 2, \varphi \text{ luat în radiani.}$$

Atunci, eroarea parțială  $\delta_2''$ , se obține cu relația:

$$\delta_2'' = 2T_e \sin^2 \frac{\varphi}{2} = 2T_e \frac{\varphi^2}{4} = T_e \frac{\varphi^2}{2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{4\Delta l^2}{\left(D + \sqrt{D^2 - l^2}\right)^2} \quad (8)$$

Se obține:

$$\delta_2'' = T_e \frac{2\Delta l^2}{\left(D + \sqrt{D^2 - l^2}\right)^2} \quad (9)$$

La limită, se consideră cazul acoperitor (cel mai dezavantajos), în care abaterea lungimii  $l$ , este egală cu toleranța la simetrie  $IT_{\equiv}$ , prescrisă, lungimilor brațelor tălpii. Atunci, eroarea parțială  $\delta_2''$ , este:

$$\delta_2'' = T_e \frac{2IT_{\equiv}^2}{\left(D + \sqrt{D^2 - l^2}\right)^2}. \quad (10)$$

Eroarea componentă  $\delta_2$ , se obține prin sumarea pătratică a erorilor parțiale:

$$\delta_2 = \sqrt{\delta_2'^2 + \delta_2''^2} \quad (11)$$

Dar, eroarea parțială  $\delta_2'$ , este egală cu zero.

Deci eroarea componentă  $\delta_2$ , este dată de relația:

$$\delta_2 = T_e \frac{2IT_{\equiv}^2}{\left(D + \sqrt{D^2 - l^2}\right)^2}. \quad (12)$$

**Tipul erorii componente  $\delta_2$ :** eroarea componentă  $\delta_2$ , este o eroare sistematică neremediabilă, proporțională cu valoarea măsurată a adâncimii canalului de pană.

### 3. Calcularea erorii componente datorată jocurilor din ansamblări mobile, $\delta_3$ .

Eroarea componentă  $\delta_3$ , este generată de jocul din îmbinările mobile ale dispozitivului de control. S-au identificat două modalități prin care jocul din îmbinările mobile generează erori componente:

- jocul din îmbinările mobile ale mecanismului de transmitere a informației de măsurare determină înclinarea axei palpatorului fix și/ sau mobil;
- jocul din îmbinările mobile ale mecanismelor auxiliare determină orientarea necorespunzătoare a dispozitivului de control în raport cu piesa de controlat.

Eroarea componentă generată de jocul din îmbinările mobile ale mecanismului de transmitere a informației de măsurare este constituită din două erori parțiale (fig. 6.a):

- eroarea parțială  $\delta_3'$ , datorată jocului din îmbinarea mobilă corp- palpator fix, formată cu ajustajul 8H7/ h6;

- eroarea parțială  $\delta_3''$ , datorată jocului din îmbinarea mobilă corp- instrument indicator, formată cu ajustajul 8H7/ h6;

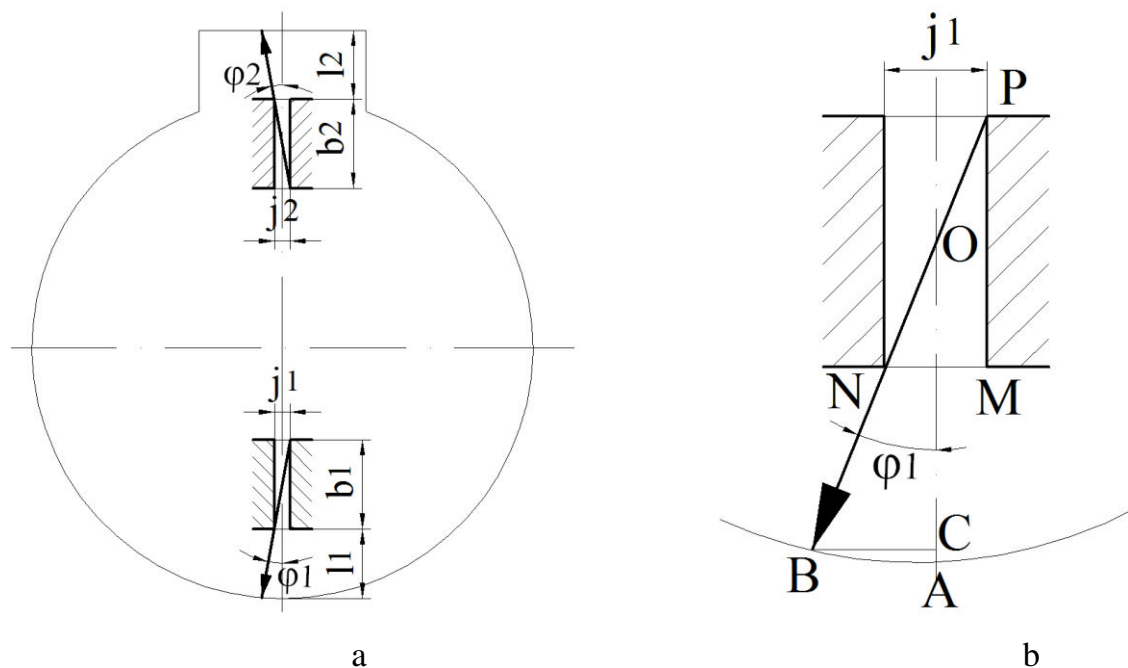
*Observație:* datorită soluției constructive stabilită pentru fixarea la corp a instrumentului indicator și a palpatorului fix (prinderea cu șurub pe direcție normală pe axa comună), în cazul ambelor erori parțiale  $\delta_3'$  și  $\delta_3''$ , jocul din îmbinări poate determina necoaxialitatea (excentricitatea) axelor palpatoarelor fix și mobil, sau necoaxialitatea încrucișată a acestora față de axa comună.

Pentru calcularea acestor erori parțiale, se consideră cazul cel mai avantajos (necoaxialitatea încrucișată), în care jocul determină înclinarea axei fiecărui palpator față de axa comună a lor.

Se va calcula eroarea parțială  $\delta_3'$ , (eroarea parțială  $\delta_3''$ , se calculează în același mod), după care, eroarea componentă  $\delta_3$ , se obține prin sumarea pătratică a erorilor parțiale.

- **Calcularea erorii parțiale  $\delta_3'$ .**

Eroarea parțială  $\delta_3'$ , este egală cu segmentul AC (fig. 6.b) și se datorează înclinării cu unghiul  $\varphi_1$ , a axei palpatorului fix, provocată de jocul  $j_1$ .



**Fig. 6**  
Schema de calcul a erorii  $\delta_3'$

Calcularea unghiului  $\varphi_1$ : în  $\Delta MNP$ :

$MN=j_1$ ;  $MP=b_1$ ,

$b_1$  este lungimea îmbinării mobile.

Se calculează:

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{MN}{MP} = \frac{j_1}{b_1}. \quad (13)$$

Datorită faptului că unghiul  $\varphi$  este foarte mic, se poate aproxima (cu o eroare de aproximare neglijabilă):

$\operatorname{tg} \varphi_1 \approx \varphi_1$ ,  $\varphi_1$  luat în radiani, iar unghiul  $\varphi_1$  se obține cu relația:

$$\varphi_1 = \frac{j_1}{b_1}, \text{ [rad]}. \quad (14)$$

Eroarea parțială  $\delta_3'$ , se obține astfel:

$\delta_3' = AC = OA - OC$ ;  $OA = OB = l_1 + b_1/2$ ,

unde  $l_1$  este lungimea palpatorului fix.

În  $\triangle BOC$ :

$$\cos \varphi_1 = \frac{OC}{OB}, \quad (15)$$

Se obține:

$$OC = OB \cos \varphi = \left( l_1 + \frac{b_1}{2} \right) \cos \varphi. \quad (16)$$

Atunci:

$$\delta_3' = OA - OC = \left( l_1 + \frac{b_1}{2} \right) (1 - \cos \varphi). \quad (17)$$

Dar:

$$1 - \cos \varphi_1 = 2 \sin^2 \frac{\varphi_1}{2}$$

Datorită faptului că unghiul  $\varphi_1$  este foarte mic, se poate aproxima (cu o eroare de aproximare neglijabilă):

$\sin \varphi_1/2 \approx \varphi_1/2$ ,  $\varphi_1$  luat în radiani.

Atunci, eroarea parțială  $\delta_3'$ , se obține cu relația:

$$\delta_3' = 2 \left( l_1 + \frac{b_1}{2} \right) \sin^2 = 2 \left( l_1 + \frac{b_1}{2} \right) \frac{\varphi_1^2}{4} = \left( l_1 + \frac{b_1}{2} \right) \frac{j_1^2}{2b_1^2} \quad (18)$$

La limită, se consideră cazul acoperitor (cel mai dezavantajos), în care jocul în îmbinare are valoarea maximă,  $j_{\max}$ ; eroarea parțială  $\delta_3'$ , este:

$$\delta_3' = \left( l_1 + \frac{b_1}{2} \right) \frac{j_{1\max}^2}{2b_1^2}. \quad (19)$$

**Calcularea erorii parțiale  $\delta_3''$ .**

Eroarea parțială  $\delta_3''$ , se datorează înclinării cu unghiul  $\varphi_2$ , a axei palpatorului mobil, provocată de jocul  $j_2$  (fig. 6.a). Din figură se observă că palpatorul mobil vine în contact cu suprafața plană a fundului canalului de pană. De aceea, eroarea parțială  $\delta_3''$ , se calculează ca și eroarea parțială  $\delta_2''$ , cu ajutorul relației (9), în care abaterea dimensională  $\Delta l$ , este înlocuită cu jocul  $j_2$ .

Se obține:

$$\delta_3'' = \left( l_2 + \frac{b_2}{2} \right) \frac{j_2^2}{2b_2^2}. \quad (20)$$

La limită, se consideră cazul acoperitor (cel mai dezavantajos), în care jocul în îmbinare are valoarea maximă,  $j_{\max}$ ; eroarea parțială  $\delta_3''$ , este:

$$\delta_3'' = \left( l_2 + \frac{b_2}{2} \right) \frac{j_{2\max}^2}{2b_2^2}. \quad (21)$$

Eroarea componentă  $\delta_3$ , se obține prin sumarea pătratică a erorilor parțiale:

$$\delta_2 = \sqrt{\delta_3'^2 + \delta_3''^2}.$$

Deci eroarea componentă  $\delta_3$ , este dată de relația:

$$\delta_3 = \frac{1}{2} \sqrt{\left( l_1 + \frac{b_1}{2} \right)^2 \frac{j_{1\max}^4}{b_1^4} + \left( l_2 + \frac{b_2}{2} \right)^2 \frac{j_{2\max}^4}{b_2^4}}. \quad (22)$$

**Tipul erorii componente  $\delta_3$ :** eroarea componentă  $\delta_3$ , este o eroare sistematică neremediabilă.

*Observație:* eroarea componentă generată de jocul din îmbinările mobile ale mecanismelor auxiliare, se datorează jocului din îmbinarea mobilă corp- tije de ghidare, formată cu ajustajul 6H8/ h7; acest joc determină inegalitatea brațelor tălpii.

## **ETAPA A IV- A**

### **Calcularea erorii limită de măsurare a dispozitivului tehnologic de control (continuare)**

#### ***Conținut***

Se vor realiza activitățile:

- calcularea erorii parțiale generată de imprecizia de formă microgeometrică;
- calcularea erorii parțiale generată de imprecizia de formă macrogeometrică;
- calcularea erorii parțiale generată de imprecizia de orientare și de poziție relativă;
- calcularea erorii parțiale generată de deformațiile elastice;
- calcularea erorii parțiale generată de deformațiile de contact;
- stabilirea erorii parțiale generată de instrumentul indicator;
- calcularea erorii parțiale generată reglarea la zero;
- calcularea erorii limită de măsurare a dispozitivului de control.

## **ELABORAREA ETAPEI A IV- A**

### **Calcularea erorii limită de măsurare a dispozitivului tehnologic de control (continuare)**

#### **E3. Elaborarea modelului fizic și stabilirea relațiilor de calcul pentru erorile parțiale (continuare).**

##### ***4. Calcularea erorii parțiale generată de imprecizia de formă microgeometrică, $\delta_4$ .***

Eroarea componentă  $\delta_4$ , este generată de imprecizia formei microgeometrice a suprafețelor și se datorează rugozității suprafețelor active ale elementelor din structura dispozitivului de control care transmit informația de măsurare. Datorită faptului că abaterea dimensiunii care se măsoară, se transmite direct la vârful de măsurare sferic al instrumentului indicator (palpatorul mobil), se consideră numai două perechi de suprafețe aflate în contact: piesă- palpator mobil și palpator fix- piesă. La suprafețele aflate în contact, se produce o netezire a asperităților în zona de contact a acestora, care determină modificarea rezultatului măsurării.

Pentru două suprafețe aflate în contact și având parametrul de rugozitate  $Ra_1$ , respectiv  $Ra_2$ , eroarea de transmitere a informației de măsurare se calculează cu relația [Sturzu]:

$$\delta_4 = \pm 0,5(Ra_1 + Ra_2), \quad (24)$$

unde  $Ra_1$  și  $Ra_2$  sunt valorile parametrului de rugozitate  $Ra$ , al suprafețelor aflate în contact, exprimate în  $\mu m$ .

Pentru dispozitivul de control proiectat, se consideră următoarele perechi de suprafețe active aflate în contact:

- piesă de controlat - palpator mobil sferic, cu  $Ra_{pc}$  și  $Ra_{pm}$ ;
- palpator fix – piesă de controlat, cu  $Ra_{pf}$  și  $Ra_{pc}$ .

Eroarea de măsurare parțială generată de imprecizia de formă macrogeometrică se obține cu relația:

$$\delta_4 = \pm 0,5 \left[ (Ra_{pm} + Ra_{pc}) + (Ra_{pc} + Ra_{pf}) \right],$$

sau:

$$\delta_4 = \pm 0,5 (2Ra_{pc} + Ra_{pm} + Ra_{pf}) \quad (25)$$

Tipul erorii  $\delta_4$ : eroarea componentă  $\delta_4$ , este o eroare sistematică neremediabilă și variază în intervalul  $\pm\delta_4$ .

### 5. *Calcularea erorii parțiale generată de imprecizia de formă macrogeometrică, $\delta_5$ .*

Eroarea  $\delta_5$ , generată de imprecizia de formă macrogeometrică se datorează abaterilor macrogeometrice ale suprafețelor elementelor care realizează raportul de transmitere și care vin în contact unele cu altele.

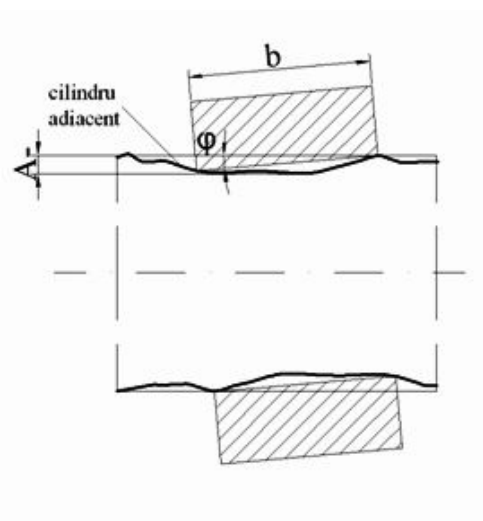
S-au identificat următoarele erori parțiale ale erorii  $\delta_5$ :

- eroarea parțială  $\delta'_5$ , generată de abaterea de la rectilinitatea generatoarelor palpatorului fix;
- eroarea parțială  $\delta''_5$ , generată de abaterea de la forma dată a palpatoarelor mobil și fix.
- Eroarea parțială  $\delta'_5$ , generată de abaterea de la rectilinitatea generatoarelor palpatorului fix și a alezajului din corpul dispozitivului; determină o înclinare a axei palpatorului fix, cu unghiul  $\varphi$ , față de direcția de măsurare (fig. 7.). Valoarea unghiului  $\varphi$  se determină cu relația:

$$\varphi = \text{arctg} \frac{A_-}{b_1} \cong \frac{A_-}{b_1} \quad [\text{rad}] \quad (26)$$

în care:

- A- reprezintă abaterea de la rectilinitate a generatoarelor arborelui cilindric;
- $b_1$  este lungimea suprafeței de contact a acestuia cu suprafața interioară a găurii din corpul dispozitivului.



**Fig. 7**

- unghiul  $\varphi$  având valoare foarte mică,  $\text{tg}\varphi$  se aproximează cu valoarea acestuia în radiani.

Eroarea parțială  $\delta'_5$ , se obține cu relația 18 (etapa a IV- a), deoarece se datorează înclinării cu unghiul  $\varphi$ , a axei palpatorului fix; în relația 18, se înlocuiește unghiul determinat de joc, cu abaterea de la rectilinitate a generatoarelor.

$$\delta'_5 = \left(1_1 + \frac{b_1}{2}\right) \frac{A_-^2}{2b_1^2}, \quad (27)$$

La limită, se consideră toleranța abaterii de la rectilinitate, obținându- se:

$$\delta'_5 = \left(1_1 + \frac{b_1}{2}\right) \frac{IT_-^2}{2b_1^2}. \quad (28)$$

*Observație:* dacă pe desenul de execuție al palpatorului sferic, nu s- a prescris toleranță la rectilinitatea generatoarelor, se ia în considerare toleranța abaterii la cilindricitatea suprafeței de contact a palpatorului fix cu corpul.

- eroarea parțială  $\delta_5''$ , generată de abaterea de la forma dată a palpatoarelor mobil și fix.

Palpatorul fix vine în contact cu suprafața cilindrică interioară a butucului. În zona de contact cu piesa de controlat, palpatorul fix are formă sferică. Abaterea de la forma sferică (abaterea de la forma dată a suprafeței) a palpatorului fix și abaterea de la circularitate a suprafeței cilindrice interioare a piesei de controlat, generează o componentă a erorii parțiale  $\delta_5''$  (fig. 8.a).

Considerându- se numai abaterea la forma dată a suprafeței palpatorului fix, se obține componenta  $\delta_{pf}$  a erorii parțiale  $\delta_5''$  [Sturzu]:

$$\delta_{pf} = \pm \frac{A_{pf}}{2}, \quad (29)$$

în care  $A_{pf}$ , este abaterea la forma dată a suprafeței palpatorului fix.



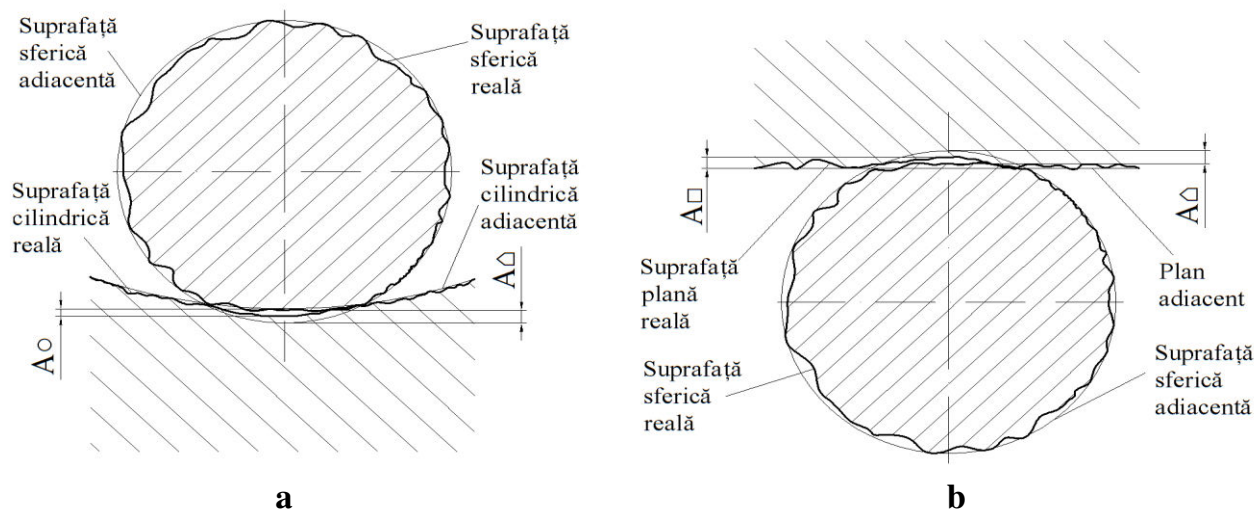


Fig. 8.

Palpatorul mobil este, de fapt, vârful de măsurare al instrumentului indicator și vine în contact cu suprafața plană a fundului canalului de pană; forma palpatorului este sferică, iar abaterea de la forma sferică (abaterea de la forma dată a suprafeței) a acestuia, împreună cu abaterea de la planitate a fundului canalului de pană generează a doua componentă a erorii parțiale  $\delta_5''$  (fig. 8.b).

Considerându-se numai abaterea la forma dată a suprafeței palpatorului fix, se obține componenta  $\delta_{pm}$  a erorii parțiale  $\delta_5''$  [Sturzu]:

$$\delta_{pm} = \pm \frac{A_{pm}}{2}, \quad (30)$$

în care  $A_{pm}$ , este abaterea la forma dată a suprafeței palpatorului fix.

Pentru a obține eroarea parțială  $\delta_5''$ , se sumează pătratic cele două erori componente:

$$\delta_5'' = \pm \frac{1}{2} \sqrt{\delta_{pf}^2 + \delta_{pm}^2} = \pm \frac{1}{2} \sqrt{A_{pf}^2 + A_{pm}^2} \quad (31)$$

La limită, se iau în considerare toleranțele la forma dată a celor două suprafețe sferice  $IT_{pf}$  și  $IT_{pm}$  obținându-se:

$$\delta_5'' = \pm \frac{1}{2} \sqrt{IT_{pf}^2 + IT_{pm}^2} \quad (32)$$

Eroarea componentă  $\delta_5$ , se obține prin sumarea pătratică a erorilor parțiale  $\delta_5'$  și  $\delta_5''$ :

$$\delta_5 = \sqrt{\delta_5'^2 + \delta_5''^2} = \pm \sqrt{\left(l_1 + \frac{b_1}{2}\right)^2 \frac{IT_-^4}{4b_1^4} + \frac{1}{4} \left(IT_{pf}^2 + IT_{pm}^2\right)^2},$$

sau:

$$\delta_5 = \pm \frac{1}{2} \sqrt{\left(l_1 + \frac{b_1}{2}\right)^2 \frac{IT_-^4}{b_1^4} + \left(IT_{pf}^2 + IT_{pm}^2\right)^2} \quad (33)$$

Tipul erorii  $\delta_5$ : eroarea componentă  $\delta_5$ , este o eroare sistematică neremediabilă și variază în intervalul  $\pm\delta_5$ .

### **6. Calcularea erorii parțiale generată de imprecizia de orientare și de poziție relativă a suprafețelor, $\delta_6$ .**

Eroarea componentă  $\delta_6$ , este generată de abaterele de orientare și de poziție relativă a suprafețelor elementelor din structura dispozitivului de control și care modifică valoarea efectivă a parametrului măsurat. Conform tabelului 2 (etapa a IV- a), s- au identificat trei erori parțiale generate de imprecizia orientării și poziției relative a suprafețelor:

- eroarea partiala  $\delta_{61}$ , generata de abaterea de la paralelismul axelor suprafețelor cilindrice interioare ale găurilor de ghidare din corp, față de axa comună a suprafețelor cilindrice interioare din brațele corpului; determină inegalitatea brațelor tălpii;
- eroarea partiala  $\delta_{62}$ , generata de abaterea de la coaxialitate a suprafețelor cilindrice exterioară și interioară din corp, în care se montează instrumentul indicator, respectiv palpatorul fix; determină înclinarea palpatoarelor fix și mobil, față de axa comună a lor;
- eroarea partiala  $\delta_{63}$ , generata de abaterea de la simetrie a axelor suprafețelor cilindrice interioare ale găurilor de ghidare, față de axa comună a suprafețelor cilindrice interioare din brațele corpului; determină inegalitatea brațelor tălpii.

Datorită celor trei abateri de orientare și de poziție relativă, eroarea parțială  $\delta_6$ , este constituită din trei erori elementare:  $\delta_{61}$ ,  $\delta_{62}$  și  $\delta_{63}$ .

- Eroarea datorită abaterii de la paralelism al axelor suprafețelor cilindrice interioare ale găurilor de ghidare din corp, față de axa comună a suprafețelor cilindrice interioare din brațele corpului  $\delta_{61}$ ; determină înclinarea tălpii față de planul de simetrie al canalului de pană cu unghiul  $\varphi$  (fig. 9). Înclinarea tălpii față de planul de simetrie al canalului de pană, provoacă inegalitatea  $\Delta l$ , a lungimilor brațelor tălpii (fig. 9.b).

Abaterea  $\Delta l$ , se determină astfel (fig. 9.b):

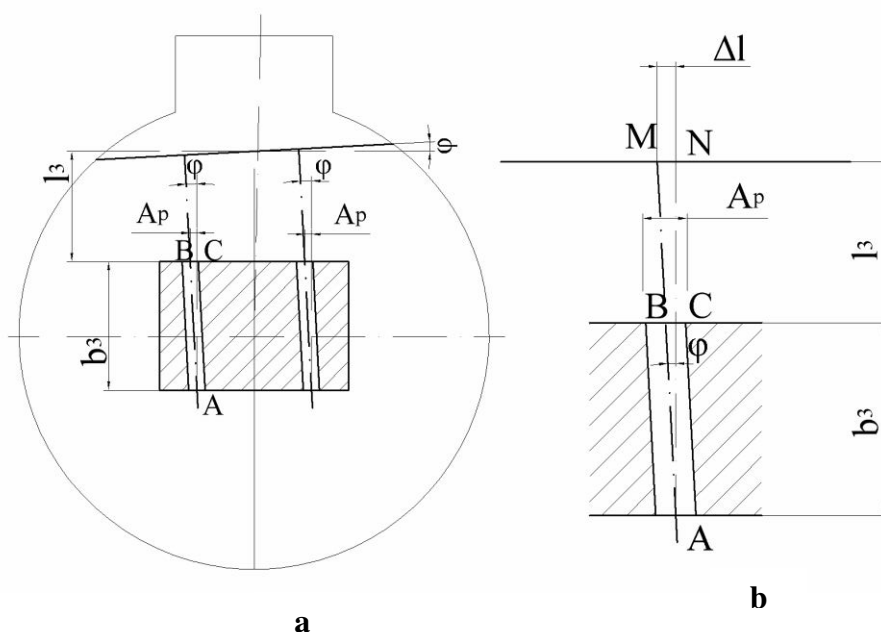


Fig. 9

în  $\Delta ABC$  și  $\Delta AMN$ , triunghiuri asemenea, se calculează segmentul  $MN$ , cunoscându-se:

$$AC=b_3; BC=A_p, AN=b_3+l_3, MN=\Delta l.$$

Se scrie relația de asemănare:

$$\frac{BC}{MN} = \frac{AC}{AN}.$$

Se obține:

$$\Delta l = \frac{A_p (b_3 + l_3)}{b_3}. \quad (34)$$

Eroarea elementară  $\delta_{61}$ , se determină cu relația 9 (etapa a IV- a):

$$\delta_{61} = T_e \frac{2A_p^2 (b_3 + l_3)^2}{b_3^2 \left( D + \sqrt{D^2 - l^2} \right)^2} \quad (35)$$

La limită, se ia în considerare toleranța  $IT_p$ , la paralelismul axelor suprafețelor cilindrice interioare ale găurilor de ghidare din corp, față de axa comună a suprafețelor cilindrice interioare din brațele corpului, obținându-se:

$$\delta_{61} = T_e \frac{2IT_p^2 (b_3 + l_3)^2}{b_3^2 \left( D + \sqrt{D^2 - l^2} \right)^2} \quad (36)$$

• Eroarea  $\delta_{62}$ , datorită abaterii la coaxialitate a suprafețelor cilindrice exterioară și interioară din corp, în care se montează instrumentul indicator, respectiv palpatorul fix; determină înclinarea palpatoarelor fix și mobil, față de axa comună a lor, cu unghiul  $\varphi_1$ , respectiv,  $\varphi_2$ , (fig. 10.a). Înclinarea axelor celor două palpatoare, generează același tip de eroare elementară ca și eroarea parțială generată de jocurile din îmbinările mobile; deci, cele două erori componente,  $\delta_{62}$  și  $\delta_{62}$ , ale erorii elementare  $\delta_{62}$ , se vor calcula în același mod.

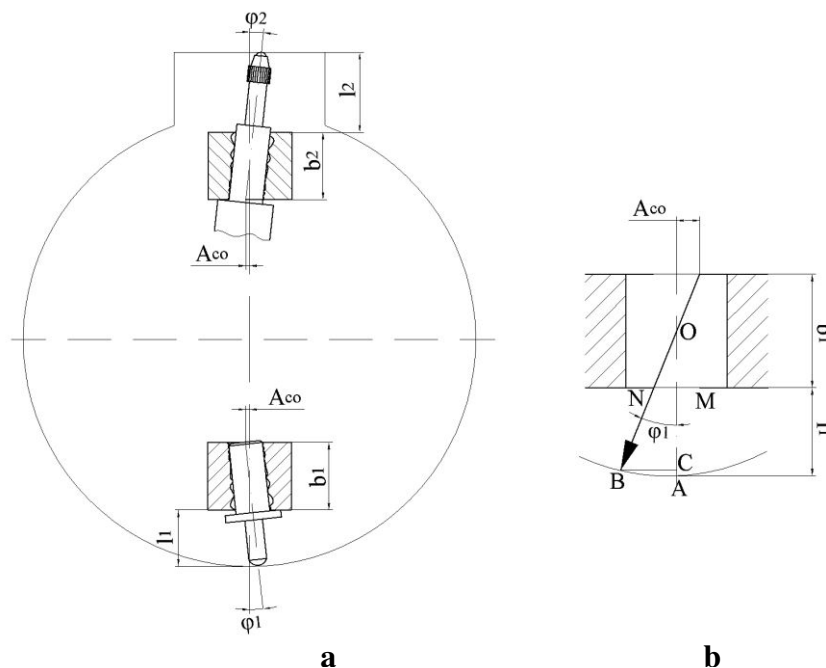


Fig. 10

Calcularea componentei  $\delta_{62}$ .

Se calculează unghiului  $\varphi_1$  (fig. 10.b): în  $\triangle OMC$ :

$MN = A_{co}$ ;  $OM = b_1$ ,

$b_1$  este lungimea îmbinării mobile.

Se calculează:

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{MN}{OM} = \frac{A_{co}}{b_1}. \quad (37)$$

Datorită faptului că unghiul  $\varphi_1$  este foarte mic, se poate aproxima (cu o eroare de aproximare neglijabilă):

$\operatorname{tg} \varphi_1 \approx \varphi_1$ ,  $\varphi_1$  luat în radiani, iar unghiul  $\varphi_1$  se obține cu relația:

$$\varphi_1 = \frac{A_{co}}{b_1}, \text{ [rad]}. \quad (38)$$

Componenta  $\delta_{62}'$ , se calculează cu relația 19 (etapa a IV- a), în care se consideră cazul acoperitor, la limită, când abaterea de la coaxialitate se înlocuiește cu toleranța la coaxialitate prescrisă:

$$\delta_{62}' = \left( l_1 + \frac{b_1}{2} \right) \frac{IT_{co}^2}{2b_1^2}. \quad (39)$$

Calcularea componentei  $\delta_{62}''$ :

Considerând faptul că, pentru ambele abateri la coaxialitate se prescrie aceeași toleranță, componenta  $\delta_{62}''$ , se calculează cu aceeași relație (39):

$$\delta_{62}'' = \left( l_2 + \frac{b_2}{2} \right) \frac{IT_{co}^2}{2b_2^2}. \quad (40)$$

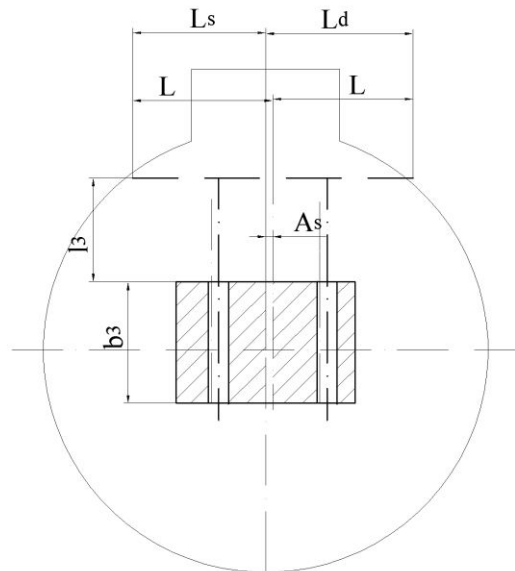
Eroarea parțială  $\delta_{62}$ , se obține prin sumarea pătratică a celor două componente:

$$\delta_{62} = \sqrt{\delta_{62}'^2 + \delta_{62}''^2} = \frac{IT_{co}^2}{2} \sqrt{\frac{1}{b_1^4} \left( l_1 + \frac{b_1}{2} \right)^2 + \frac{1}{b_2^4} \left( l_2 + \frac{b_2}{2} \right)^2}. \quad (41)$$

- Eroarea  $\delta_{63}$ , datorită abaterii de la simetrie a axelor suprafețelor cilindrice interioare ale găurilor de ghidare, față de axa comună a suprafețelor cilindrice interioare din brațele corpului; determină inegalitatea brațelor tălpilor (fig. 11).

Datorită abaterii  $A_s$ , de la simetria axelor suprafețelor cilindrice interioare, lungimile brațelor tălpilor devin inegale determinând înclinarea axei comune palpator fix- palpator mobil, față de planul de simetrie al canalului de pană. Eroarea generată este de același tip cu eroarea generată de imprecizia dimensională, calculându- se cu aceeași relație (relația 19), în care jocul maxim se înlocuiește cu abaterea la simetrie, iar, la limită, cu toleranța la simetrie prescrisă:

$$\delta_{63} = \left( l_3 + \frac{b_3}{2} \right) \frac{IT_s^2}{2b_3^2}. \quad (42)$$



**Fig. 11**

Eroarea parțială  $\delta_6$ , se calculează prin sumarea pătratică a celor trei cerori elementare:

$$\delta_6 = \sqrt{\delta_{61}^2 + \delta_{63}^2 + \delta_{63}^2}. \quad (43)$$

Se obține:

Tipul erorii  $\delta_6$ : eroarea componentă  $\delta_6$ , este o eroare sistematică neremediabilă și variază în intervalul  $\pm\delta_6$ .

- **Calcularea erorii parțiale generată de imprecizia de montare a elementelor și mecanismelor din structura mijlocului de măsurare .  $\delta_7$ .**

Datorită simplității constructive a dispozitivului de control, montarea elementelor componente ale acestuia se realizează ușor și rapid, nu sunt necesare reglări sau ajustări suplimentare; se poate considera că eroarea  $\delta_7=0$ .

- **Calcularea erorii parțiale generată de imprecizia de materializare a suprafețelor de măsurare și a celor de referință  $\delta_8$ .**

Din analiza schemei de măsurare și a schemei de principiu a dispozitivului de control, se observă că parametrul care se măsoară (adâncimea canalului de pană) este o dimensiune liniară dintre o suprafață plană (fundul canalului de pană) și o suprafață cilindrică interioară (generatoarea cea mai de jos a acesteia); pentru materializarea acestor suprafețe nu sunt necesare elemente suplimentare care să genereze erori de măsurare componente. De asemenea, faptul că se măsoară o dimensiune liniară și nu o abatere de orientare sau de poziție relativă, nu sunt necesare suprafețe de referință care să se constituie în baze de referință și care să necesite o materializare a lor. Se poate considera, deci, că eroarea componentă  $\delta_8=0$ .

- **Calcularea erorii parțiale generată de imprecizia de bazare a piesei de controlat  $\delta_9$ .**

Conform schemei de măsurare și a schemei de principiu a dispozitivului de control, la măsurarea adâncimii canalului de pană cu dispozitivul de control proiectat, nu piesa se

orientează față de dispozitiv, ci dispozitivul de control, fiind portabil, se orientează în raport cu piesa de controlat, astfel încât, palpatorul fix să vină în contact cu generatoarea cea mai de jos a suprafeței cilindrice interioare, iar palpatorul mobil să atingă suprafața plană a fundului canalului de pană.

Dispozitivul de control trebuie astfel orientat încât axa comună a palpatoarelor fix și mobil să ocupe următoarea poziție în raport cu piesa de controlat:

- să se afle în planul de simetrie al canalului de pană care trece prin generatoarea inferioară a suprafeței cilindrice interioare;
- să se afle în planul normal pe axa piesei de controlat.

Poziția axei comune a palpatoarelor fix și mobil, în cele două plane (axial și normal), este stabilită de către operator, prin bascularea dispozitivului de control în fiecare din cele două plane (la obținerea valorii minime a indicației instrumentului sau în punctul de întoarcere a arătătorului), conform tehnicii măsurării.

Aprecierea, de către operator a acestui punct, se poate face cu o eroare  $\Delta i$ , de  $\pm$  o jumătate de diviziune a instrumentului indicator. Această eroare de apreciere determină înclinarea axei comune a palpatoarelor față de poziția nominală a acestora în cele două plane considerate, cu unghiul  $\varphi_1$ , respectiv,  $\varphi_2$  (fig. 12. a și b).

Atunci, eroarea parțială  $\delta_8$ , se constituie din două erori elementare:

- o eroare componentă  $\delta_8'$ , generată de înclinarea, cu unghiul  $\varphi_1$ , a axei comune a palpatoarelor în plan axial;
- o eroare componentă  $\delta_8''$ , generată de înclinarea, cu unghiul  $\varphi_2$ , a axei comune a palpatoarelor în plan normal.

Calcularea erorii elementare  $\delta_8'$  (fig. 12. c).

Eroarea elementară  $\delta_8'$ , reprezintă diferența:

$$\delta_8' = AC - AB,$$

în care AC reprezintă valoarea măsurată a paramerului T, iar AB este valoarea adevărată a acestia. Diferența dintre ele reprezintă tocmai eroarea de apreciere a punctului de întoarcere a arătătorului instrumentului indicator  $\Delta i$ , de către operator.

Deci, eroarea elementară  $\delta_8'$ , este dată de relația:

$$\delta_8' = \pm \Delta i.$$

Calcularea erorii elementare  $\delta_8''$ .

Considerându-se că eroarea de apreciere a punctului de întoarcere a arătătorului instrumentului indicator  $\Delta i$ , de către operator, la poziționarea dispozitivului de control în plan normal, are aceeași valoare, se obține:

$$\delta_8'' = \pm \Delta i.$$

Eroarea parțială  $\delta_8$ , se obține prin sumarea pătratică a erorilor elementare  $\delta_8'$  și  $\delta_8''$ :

$$\delta_8 = \pm 2^{1/2} \cdot \Delta i. \quad (44)$$

○ **Calcularea erorii parțiale generată de deformațiile elastice  $\Delta_1$ .**

Această eroare componentă este generată de deformarea elastică a elementelor componente (dimensionate necorespunzător) din structura dispozitivelor de control, care se deformează elastic atunci când sunt solicitate de către propria greutate sau de greutatea altor elemente pe care trebuie să le susțină, sau de lipsa de rigiditate a acestora.

În cazul dispozitivului de control analizat, singurul element al acestuia care ar putea să se deformeze elastic sub acțiunea propriei greutăți și a greutății elementelor montate pe el (instrument indicator, tije de ghidare, șuruburi, etc), este corpul 1, al dispozitivului de control (vezi desenul de ansamblu). Corpul dispozitivului este dimensionat corespunzător, având o construcție robustă, deci, fiind rigid, nu se va deforma atât de mult încât să genereze o eroare de măsurare semnificativă.

Se poate considera:  $\Delta_1 = 0$ .

**11. Calcularea erorii parțiale generată de deformațiile de contact  $\Delta_{22}$ .**

Această eroare componentă este generată de deformarea elementelor din structura mecanismului de transmitere a informației de măsurare, sub acțiunea forței de măsurare, la dispozitive de control prevăzute cu palpator. În cazul dispozitivului de control analizat, singurul element solicitat de forța de măsurare dezvoltată de către instrumentul indicator, este palpatorul sferic al acestuia care se deformează împreună cu materialul piesei, în zona de contact cu suprafața plană (a fundului canalului de pană). Se consideră cazul contactului de tip palpator sferic- suprafață plană (cu precizarea că, atunci când palpatorul sferic este în contact cu suprafața cilindrică, diametrul ei este foarte mare în raport cu diametrul palpatorului); atunci, eroarea componentă  $\Delta_2$ , se determină cu relația:

$$\Delta_2 = k_3 \sqrt[3]{F^3 \cdot \frac{1}{d_p}}, \quad (45)$$

unde:

- $k = 19 \cdot 10^{-6}$ , este un coeficient numeric care depinde de tipul contactului, de natura materialelor în contact, etc,
- $F$  – este forța de măsurare dezvoltată de instrumentul comparator;
- $d_p$  – este diametrul palpatorului sferic al instrumentului indicator.

*Tipul erorii componente:* eroare sistematică remediabilă cu semn pozitiv.

**12. Calcularea erorii parțiale generată de gradul de uzare  $\delta_{10}$ .**

Datorită faptului că se analizează dispozitivul de control aflat în faza de proiectare, deci se poate considera că:  $\delta_{10} = 0$ .

**13. Stabilirea erorii parțiale generată de instrumentul indicator  $\delta_{11}$ .**

Fiind eroarea parțială generată de aparatele indicatoare din structura dispozitivelor de control, eroarea  $\delta_{11}$  este egală cu eroarea maximă tolerată a instrumentului indicator.

*Tipul erorii componente:* eroare aleatoare.



#### **14. Calcularea erorii componente de reglare la zero, $\delta_{12}$ .**

Reglarea la zero a dispozitivului de control proiectat, se realizează pentru valoarea nominală a dimensiunii care se măsoară, valoare materializată cu ajutorul blocurilor de cale plan- paralele. Deci, eroarea parțială,  $\delta_{12}$ , reprezintă eroarea de materializare a valorii nominale a dimensiunii care se măsoară, de către calele plan- paralele.

Se evidențiază faptul că valoarea nominală a adâncimii canalului de pană, poate fi materializată din trei cale plan- paralele, astfel:

- o cală plan- paralelă de ordinul unităților de mm (din seria a III- a din trusa de cale plan- paralele);
- o cală cală plan- paralelă de ordinul zecilor de mm (din seria a IV- a din trusa de cale plan- paralele);
- o cală cală plan- paralelă cu lungimea nominală de 100 mm.

Considerând erorile  $\delta_{c3}$  și  $\delta_{c4}$ , abaterea maxime admise de la lungimea mediană a calelor plan- paralele din seriile a III- a și a IV- a și eroarea  $\delta_{c0}$ , abaterea maximă admisă de la lungimea mediană a calei plan paralele cu lungimea nominală de 100 mm, eroarea parțială  $\delta_{12}$ , se obține cu relația:

$$\delta_{12} = \pm (\delta_{c3} + \delta_{c4} + \delta_{c0}). \quad (46)$$

*Tipul erorii componente:* eroare aleatoare

*Observație:*

- **ETAPA A VI- A**

**Calcularea erorii limită de măsurare a dispozitivului tehnologic de control (continuare).**

***Conținut***

Se vor realiza activitățile:

- completarea tabelului centralizator al erorilor parțiale;
- calcularea ponderii erorilor parțiale în eroarea limită;
- reprezentarea grafică a ponderilor (trasarea histogramei sau a poligonului ponderilor);
- interpretarea rezultatelor obținute și concluzii.

**ELABORAREA ETAPEI A VI- A**

În etapele a IV-a și a V- a al proiectului s- au parcurs următoarele etape din cadrul metodologiei de calculare a erorii limită de măsurare:

E1. analiza metodei de măsurare;

E2. identificarea surselor de erori componente (parțiale);

E3. elaborarea modelului fizic și stabilirea relațiilor de calcul pentru toate erorile parțiale (elementare) identificate.

După stabilirea relațiilor de calcul pentru toate erorile componente (parțiale) identificate, se poate calcula eroarea limită de măsurare a dispozitivului de control proiectat, cu ajutorul relației 1 (eapa a IV- a).

În acest scop, este necesară parcurgerea, în continuare, a etapelor specificate pentru determinarea erorii limită de măsurare.

**E4. Identificarea condițiilor tehnice de execuție și montare a elementelor din structura dispozitivului de control**

În urma identificării erorilor componente, a stabilirii tipului acestora (sistematice sau aleatoare) și a stabilirii relațiilor de calcul al acestora, se determină valoarea numerică a erorilor parțiale, prin stabilirea valorilor tuturor parametrilor care intră în relațiile de calcul al erorilor componente din analiza documentației tehnice a dispozitivului de control (desenul de ansamblu și desenele de execuție) și a altor lucrări (standarde, norme, instrucțiuni, îndrumare de proiectare, manuale, etc).

Mărimile ( parametri ) din relațiile de calcul al erorilor componente pot fi:

- parametri dimensionali caracteristici dispozitivului de control – valorile lor se obțin din analiza documentației de execuție ( desen de ansamblu și desene de reper) a dispozitivului studiat;
- toleranțe dimensionale ale dimensiunilor elementelor din structura dispozitivului de control, care participă la transmiterea informației de măsurare – valorile lor se obțin din analiza desenelor de reper ale elementelor considerate;
- toleranțe geometrice pentru suprafețele elementelor din structura dispozitivului de control, care participă la transmiterea informației de măsurare – valorile lor se obțin din analiza desenelor de reper ale elementelor considerate;
- valori ale parametrului de rugozitate pentru suprafețele elementelor din structura dispozitivului de control, care participă la transmiterea informației de măsurare – se obțin din analiza desenelor de reper ale elementelor considerate;

- eroarea tolerată a aparatului indicator utilizat – valoarea acestuia se obține din documentația însoțitoare a aparatului (certificat de verificare metrologică), sau știind clasa de precizia a aparatului;
- eroarea tolerată a măsurilor folosite pentru reglarea la zero – valorile lor se obțin din documentația însoțitoare a trusei de cale plan- paralele;
- mărimi mecanice (forțe, mase, greutate) – valorile lor se obțin din analiza documentației de execuție, prin calcul, norme, instrucțiuni, recomandări, etc;
- caracteristici fizice și mecanice ale elementelor structura din dispozitivului de control (rezistență admisibilă, duritate, module de elasticitate, momente de inerție, etc)- valorile lor se obțin din analiza documentației de execuție, a standardelor, a normelor, a instrucțiunilor, a documentației de specialitate;
- constante, coeficienți numerici – valorile lor se obțin din analiza standardelor, a normelor, a instrucțiunilor, a lucrărilor de specialitate;

Valorile numerice ale parametrilor din relațiile de calcul stabilite pentru erorile de măsurare componente, sunt prezentate în tabelul 3.

### **E5. Calcularea valorilor numerice ale erorilor componente.**

După identificarea condițiilor tehnice de execuție și de montare a elementelor din structura dispozitivului de control și stabilirea valorilor tuturor parametrilor care intră în relațiile de calcul al erorilor componente, se calculează valorile maxime (în cazul erorilor componente sistematice remediabile), limitele intervalelor de variație (în cazul erorilor componente aleatoare și a celor sistematice neremediabile), prin înlocuirea valorilor numerice ale parametrilor în relațiile de calcul al erorilor componente.

Se face precizarea că, în cazul în care aceeași sursă generează mai multe erori parțiale (elementare), eroarea componentă corespunzătoare se determină prin sumarea pătratică a erorilor parțiale calculate.

Valorile numerice ale erorile de măsurare componente calculate, sunt prezentate în tabelul 3.

### **E6. Calcularea erorii limită a dispozitivului de control.**

Determinarea, prin calcul, a erorii limită de măsurare, se face pe cale analitică; după calcularea fiecărei erori componente identificate, se calculează eroarea limită aplicându- se metoda de calcul practic (metoda probabilistică), obținându- se două componente distincte ale erorii limită de măsurare:

- ***o componentă sistematică***, constituită din suma algebrică a erorilor componente sistematice remediabile (cu ajutorul căreia se va determina corecția rezultatului brut al măsurării);
- ***o componentă aleatoare***, constituită din sumarea pătratică a erorilor componente aleatoare și sistematice neremediabile, care reprezintă incertitudinea de măsurare a dispozitivului de control analizat.

În cazul dispozitivului de control analizat, au fost identificate și determinate valoric 9 erori parțiale cu valori diferite de zero, din care o eroare sistematică remediabilă:  $\Delta_2$  și 8 erori aleatoare și/ sau sistematice neremediabile:  $\delta_2, \delta_3, \delta_4, \delta_5, \delta_6, \delta_9, \delta_{11}, \delta_{12}$ .

Pentru calcularea erorii limită de măsurare a dispozitivului de control proiectat, se aplică relația (1), în care  $n = 8$ , iar  $m = 1$ , adică,

Relația (1) de calcul a erorii limită a dispozitivului de control devine:

$$\Delta_{mc} = \Delta_2 \pm \sqrt{\delta_2^2 + \delta_3^2 + \delta_4^2 + \delta_5^2 + \delta_6^2 + \delta_9^2 + \delta_{11}^2 + \delta_{12}^2} . \quad (47)$$

Precizare: la simbolizarea erorilor componente s- a păstrat ordinea stabilită la clasificarea acestora, conform tabelului 2, iar în relația (47), s- au introdus numai acele erori componente diferite de valoarea zero.

S- a obținut valoarea erorii limită de măsurare a dispozitivului tehnologic de control:

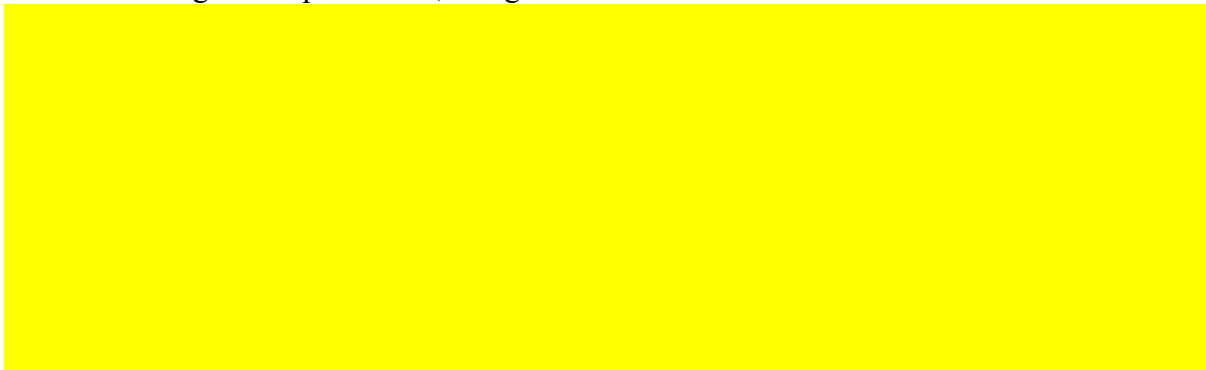
$$\Delta_{mc} = \dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots \text{ mm.}$$

În tabelul centralizator 3, sunt prezentate sintetic următoarele elemente:

- componentele erorii limită identificate (denumire și simbol);
- sursele care le generează;
- modelele matematice (relațiile de calcul) pentru erorile componente;
- valorile numerice ale parametrilor din relațiile de calcul;
- valoarea maximă pentru eroarea sistematică remediabilă;
- limitele calculate ale intervalelor de variație pentru erorile componente aleatoare și sistematice neremediabile;
- ponderea fiecărei erori componente în eroarea limită calculată;
- tipul erorii componente;
- posibilități de remediere.

S-a calculat ponderea fiecărei componente în valoarea erorii limită și se iau în considerare erorile cu pondere peste 10% ,celelalte putându-se neglija.

Ponderile erorilor componente în eroarea limită calculată, s- au reprezentat grafic, sub formă de histogramă a ponderilor, în fig. 13.



**Fig. 13.**  
**Histograma ponderilor erorilor componente**

Histograma ponderilor este un instrument foarte util atunci când se urmărește reducerea erorii limită de măsurare calculată, deoarece evidențiază gradul de influență al fiecărei erori componente asupra erorii limită.

Erorile semnificative care reprezintă mai mult de 10% din eroarea totală a dispozitivului de control se vor lua în considerare pentru găsirea unor soluții în vederea reducerii valorilor acestora , dacă eroarea limită depășește valoarea admisă.

Tabel centralizator al erorilor componente ale erorii limită de măsurare

Tabelul 3

Nr crt	Erori componente						Observații	
	Simbol	Surse care generează		Relația de calcul	Valori parametri caracteristici [mm]	Valoare [mm]		Pondere [%]
0	1	2		3	4	5	6	7
1	$\delta_1$	Principiului metodei sau mijlocului de control		-	-	-	-	-
2	$\delta_2$	Imprecizia dim. a elem și mec ce determină planul de măsurare și rap. de transmit.	Inegalitatea brațelor tălpii	$\delta_2 = T_e \frac{2IT_{\equiv}^2}{(D + \sqrt{D^2 - I^2})^2}$	$T_e =$ mm $IT_{\equiv} =$ mm $D =$ mm $I =$ mm	-	-	Eroare sist. neremed. Se reduce prin micșorarea toleranței dim.
3	$\delta_3$	Jocuri în îmbinări mobile	Jocul din îmbinarea corp- instr. indic. Jocul din îmbinarea corp- palpator fix Jocul din îmbinarea corp- tije de ghidare	$\delta_3 = \frac{1}{2} \sqrt{\left(1_1 + \frac{b_1}{2}\right)^2 \frac{j_{1max}^4}{b_1^4} + \left(1_2 + \frac{b_2}{2}\right)^2 \frac{j_{2max}^4}{b_2^4}}$	$1_1 =$ mm $0_1 =$ mm $1_2 =$ mm $0_2 =$ mm $1_{1max} =$ mm $2_{max} =$ mm			Eroare sist. neremed. Se reduce prin stabilire de ajustaje cu joc mic
4	$\delta_4$	Imprecizia formei microgeometrice:	Rugozitatea suprafe. sferice ale palpatoarelor	$\delta_4 = \pm 0,5 (2Ra_{pc} + Ra_{pm} + Ra_{pf})$	$Ra_{pc} =$ $\mu$ m $Ra_{pm} =$ $\mu$ m $Ra_{pf} =$ $\mu$ m			Eroare sist. neremed. Se reduce prin param. Ra, cu valori mici
5	$\delta_5$	Imprecizia formei macrogeometrice	Abaterea de la forma dată a suprafețelor sfericeale palpatoarelor	$\delta_5 = \pm \frac{1}{2} \sqrt{\left(1_1 + \frac{b_1}{2}\right)^2 \frac{IT_{\equiv}^4}{b_1^4} + (IT_{pf}^2 + IT_{pm}^2)^2}$	$1_1 =$ mm $0_1 =$ mm $IT_{\equiv} =$ mm $IT_{pf} =$ mm $IT_{pm} =$ mm			Eroare sist. neremed. Se reduce prin stabilirea de toleranțe mici de formă.

Tabelul 3 (continuare)

0	1	2	3	4	5	6	7
6	$\delta_6$	Abaterea de la paralelismul axelor supraf. cil. interioare ale găurilor de ghidare din corp	$\delta_{61} = T_e \frac{2IT_p^2 (b_3 + l_3)^2}{b_3^2 (D + \sqrt{D^2 - l^2})^2}$	$l_1 =$ mm $D_1 =$ mm $\frac{D}{2} =$ mm $D_2 =$ mm $D_3 =$ mm $D_3 =$ mm $T_{co} =$ mm $T_s =$ mm			Eroare sist. neremed. Se reduce prin stabilirea de toleranțe de orientare și de poziție relativă cu valori mici
		Abaterea de la coaxialitatea supraf. cil. interioare din corp, în care se montează palpatoarele	$\delta_{62} = \sqrt{\delta_{62'}^2 + \delta_{62''}^2} = \frac{IT_{co}^2}{2} \sqrt{\frac{1}{b_1^4} \left( l_1 + \frac{b_1}{2} \right)^2 + \frac{1}{b_2^4} \left( l_2 + \frac{b_2}{2} \right)^2}$				
		Abaterea de la simetria axelor supraf. cil. interioare ale găurilor de ghidare.	$\delta_{63} = \left( l_3 + \frac{b_3}{2} \right) \frac{IT_s^2}{2b_3^2}$				
7	$\delta_7$	Imprecizia de montare a elem. și mec. din structura mijlocului de măsurare	-	-	-	-	
8	$\delta_8$	Imprecizia de materializare a supraf. de măs. și a celor de referință	-	-	-	-	

**Tabelul 3 (continuare)**

0	1	2		3	4	5	6	7
9	$\delta_9$	Imprecizia de bazare a piesei de controlat:	Orientarea necoresp. a disp. în raport cu piesa (punctul de întoarcere)	$\delta_8 = \pm 2^{1/2} \cdot \Delta_i$	$\Delta_i = 0,5 \text{ div.}$			Eroare sist. neremed. Se reduce prin grad mare de atenție al oper.
10	$\Delta_{10}$	Deformațiile elastice		-	-	-	-	-
11	$\Delta_{11}$	Deformațiile de contact	Deformarea palp. mobil. Dformarea palpatorului fix	$\Delta_2 = k_3 \sqrt{F^3} \cdot \frac{1}{d_p}$	$k=19 \cdot 10^{-6}$ , $F= \text{ N}$ $d_p= \text{ mm}$			Eroare sist. remediabilă. Se reduce prin mărirea durit.
12	$\delta_{12}$	Gradul de uzare		-	-	-	-	
13	$\delta_{13}$	Aparatul de măsurare: eroarea tolerată a instrumentului indicator		$\delta_{11} = \pm \delta_a$	$\delta_a = \pm 0,01 \text{ mm}$	-	-	Eroare aleatoare Se reduce prin utiliz. de aparate precise
14	$\delta_{14}$	Reglarea la zero	Eroarea de materializare a dim. nominale ale celorlalte p- p.	$\delta_{12} = \pm (\delta_{c3} + \delta_{c4} + \delta_{c0})$	$\delta_{c0} = \pm 2 \mu\text{m}$ $\delta_{c3} = \pm 1,5 \mu\text{m}$ $\delta_{c3} = \pm 1,5 \mu\text{m}$			Eroare aleatoare. Se reduce prin utiliz. de măsuri precise
<b>Eroarea limită de măsurare</b>				$\Delta_{mc} = \Delta_2 \pm \sqrt{\delta_2^2 + \delta_3^2 + \delta_4^2 + \delta_5^2 + \delta_6^2 + \delta_9^2 + \delta_{11}^2 + \delta_{12}^2}$				

## Concluzii

- determinarea, prin calcul, a erorii limită de măsurare, se face pe cale analitică, prin calcularea fiecărei erori componente; pentru aceasta, este necesară cunoașterea tuturor condițiilor de măsurare, a caracteristicilor funcționale și de precizie ale elementelor, mecanismelor, instrumentelor și aparatelor din structura mijlocului de măsurare (control):

- cunoașterea modului de efectuare a operației de măsurare;
- cunoașterea condițiilor de mediu în care se face măsurarea ;
- cunoașterea erorii specifice aparatului indicator folosit (documentația însoțitoare);
- cunoașterea condițiilor de precizie pentru toate elementele și mecanisme din structura mijlocului folosit (documentația de execuție);
- cunoașterea condițiilor de precizie ale piesei de controlat, corespunzătoare suprafețelor de bazare și de măsurare ale acesteia (desenul de reper);
- cunoașterea grupelor de erori cărora le aparține fiecare eroare componentă;

- din graficul care ilustrează ponderea erorilor componente în eroarea limită de măsurare, se pot identifica rapid acele erori componente care au o influență prea mare asupra erorii totale; se iau în considerare erorile cu pondere peste 10%, celelalte putându-se neglija. Erorile semnificative care reprezintă mai mult de 10% din eroarea totală a dispozitivului de control se vor lua în considerare pentru găsirea unor soluții în vederea reducerii valorilor acestora, dacă eroarea limită depășește valoarea admisă; în acest fel, pentru a micșora valoarea erorii limită și a crește precizia de măsurare se va acționa în direcția reducerii componentelor cu pondere;

- eroarea limită de măsurare a dispozitivului de control este: - .....±..... mm, cu posibilitatea reducerii acesteia prin micșorarea erorilor componente cu pondere;

- cu ajutorul dispozitivului de control proiectat, se poate măsura adâncimea canalelor de pană cu toleranța  $IT = \pm \dots\dots\dots$ ;

- se evidențiază faptul că dispozitivul de control proiectat are/ nu are precizia de măsurare corespunzătoare toleranței prescrise pentru adâncimea canalului de pană conform temei proiectului (respectă/ nu respectă condiția ca:  $\Delta_{mc} \leq 16,66\% IT$ );

- creșterea preciziei de măsurare a dispozitivului de control, respectiv, micșorarea erorii limită de măsurare a acestuia, se realizează prin reducerea influenței surselor de erori semnificative, în ordinea evidențiată de histograma ponderilor (fig. 13): instrumentul indicator, operatorul (eroarea de bazare și de reglare la zero), abaterile de formă macrogeometrică, abaterile de orientare și poziție relativă;

- din graficul ponderii erorilor componente (fig. 13), se evidențiază faptul că eroarea tolerată a instrumentului indicator utilizat, are influența cea mai mare asupra erorii limită de măsurare; deci, se poate considera că elementele constructive ale dispozitivului de control proiectat generează erori componente mult mai mici decât instrumentul de măsurare;

- prima sursă de eroare, căreia trebuie redusă influența, este instrumentul indicator; aceasta înseamnă că se va utiliza un instrument indicator dintr-o clasă superioară de precizie și/sau cu valoarea diviziunii de 0.005 mm sau chiar de 0,002 mm..



### **Instrumente utilizate:**

- calculator personal;
- sistem de calcul Pentium IV.

### **Softuri utilizate:**

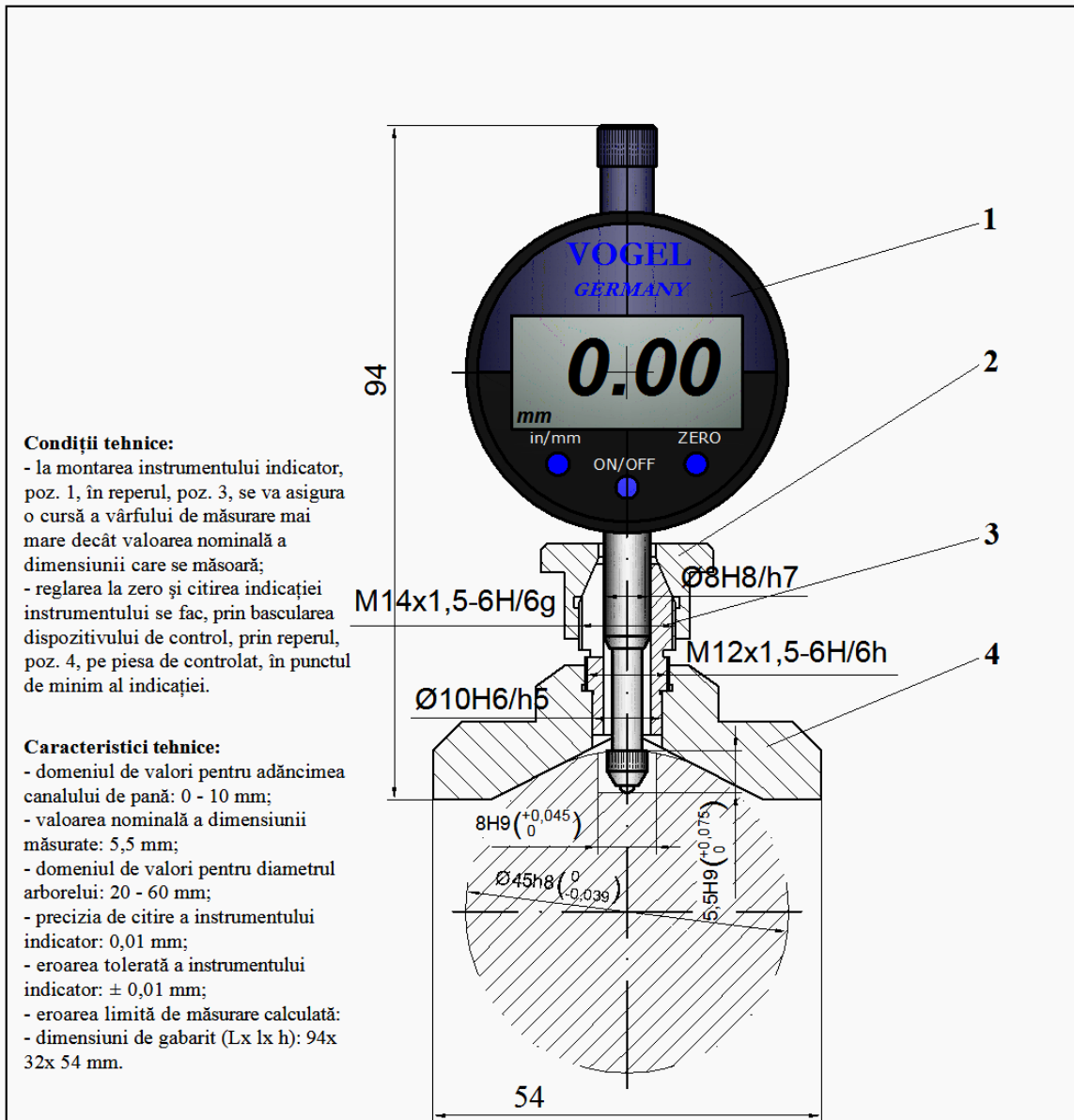
- pachetul Microsoft Office versiunea 2003/ 2007 (programele Word, pentru text și procesare figuri, și Excel, pentru diagrame);
- programul Auto CAD, versiunea 2007.

### **Bibliografie**

1. ALEXANDRU, I. ș.a., Alegerea și utilizarea materialelor metalice, București, Editura Didactică și Pedagogică, 1997.
2. CROITORU, I., UNGUREANU C., Control tehnic, Chișinău, Ed. Tehnica Info, 2004.
3. DEMIAN T. Elemente constructive de mecanică fină, Ed. Didactică și Pedagogică, București, 1980.
4. DODOC, P., Metrologie generală, București, Ed. Tehnică, 1984.
5. DRĂGHICI, I. ș.a., Îndrumar de proiectare în construcția de mașini, vol.1, 2, București, Ed. Tehnică, 1981.
6. MIRCEA, D. Controlul dimensional în construcția de mașini, Iași, Ed. Tehnopress, 2004.
7. MIRCEA, D. Aparate și sisteme de măsurare, Iași, Ed. Tehnopress, 2006.
8. POPA V, ș.a., Toleranțe și control dimensional, Chișinău, Ed. Tehnica Info, 2006.
9. SEGHEDEAN, N. Dispozitive tehnologice de lucru pentru mecanică fină, Iași, Ed. Tehnopress, 2006
10. STURZU, A., Bazele cercetării și proiectării dispozitivelor de control al preciziei de formă și de poziție a suprafețelor, București, Ed. Tehnică, 1977.
11. x x x, STAS 1004- 86, Asamblări cu pene paralele. Dimensiuni
12. x x x, STAS 1005- 86, Asamblări cu pene disc. Dimensiuni
13. x x x, STAS 2810- 86, Mijloace de măsurare. Terminologie.
14. x x x, STAS 7391- 91, Toleranțe geometrice
15. x x x, Organe de mașini. Elemente de asamblare (culegere de standarde).
16. x x x, Sistemul ISO de toleranțe și ajustaje (culegere de standarde).

## ANEXE

### Documentația de execuție a dispozitivului tehnologic de



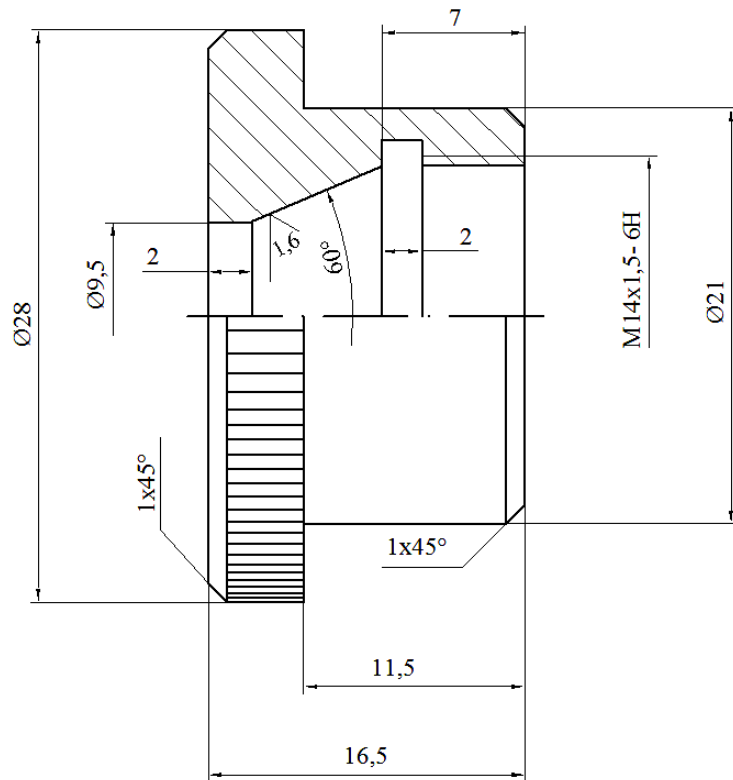
**Condiții tehnice:**

- la montarea instrumentului indicator, poz. 1, în reperul, poz. 3, se va asigura o cursă a vârfului de măsurare mai mare decât valoarea nominală a dimensiunii care se măsoară;
- reglarea la zero și citirea indicației instrumentului se fac, prin bascularea dispozitivului de control, prin reperul, poz. 4, pe piesa de controlat, în punctul de minim al indicației.

**Caracteristici tehnice:**

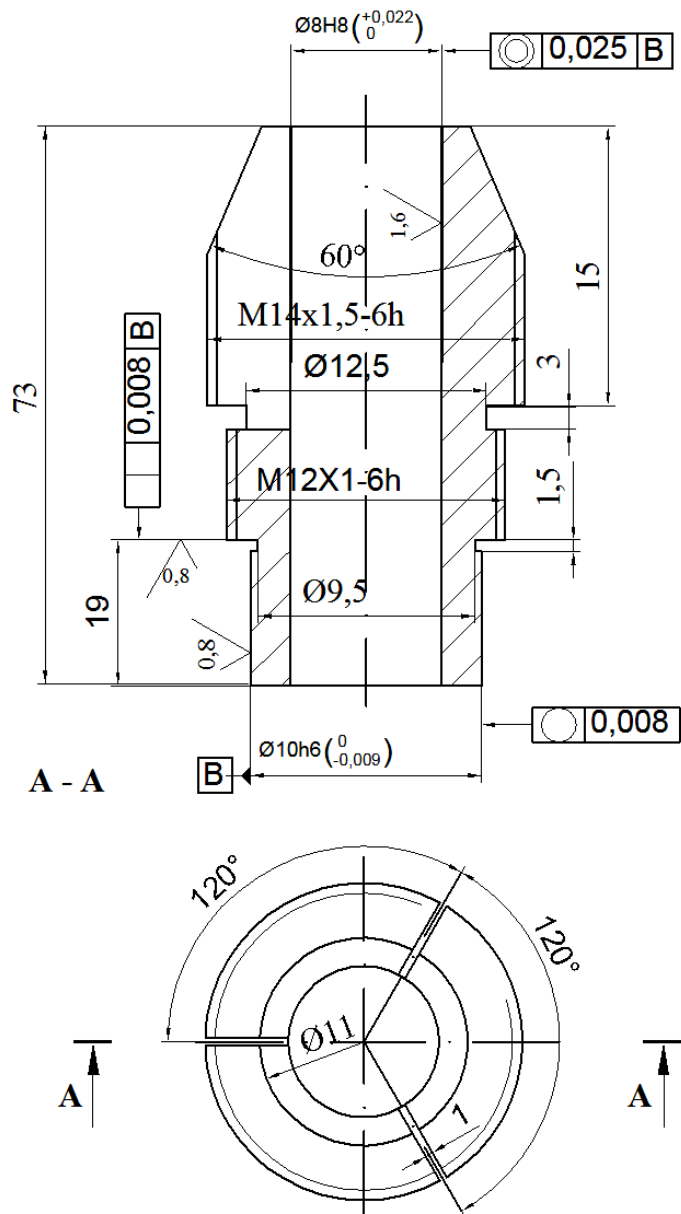
- domeniul de valori pentru adâncimea canalului de până la 0 - 10 mm;
- valoarea nominală a dimensiunii măsurate: 5,5 mm;
- domeniul de valori pentru diametrul arborelui: 20 - 60 mm;
- precizia de citire a instrumentului indicator: 0,01 mm;
- eroarea tolerată a instrumentului indicator: ± 0,01 mm;
- eroarea limită de măsurare calculată:
- dimensiuni de gabarit (Lx lx h): 94x 32x 54 mm.

4.	Prisma	DCP-101.03	1	1C 45 SR EN 10083:1994		
3.	Bucsa elasticizata	DCP-101.02	1	OL 50 SR EN 10025:1994		
2.	Bucsa conica	DCP-101.01	1	Bz 14T SR EN 1982:1999		
1.	Instrument indicator		1	Vogel Germany		
<b>Nr.</b>	<b>Denumirea</b>	<b>Nr. desen sau standard</b>	<b>Buc.</b>	<b>Materialul</b>	<b>Observatii</b>	<b>Masa</b>
STAREA SUPRAFEȚEI 		TOLERANȚE GENERALE SR ISO 2768 -		MATERIALUL	SCARA 2:1	METODA DE PROIECȚIE 
PROIECTAT	NUME Ing. Gherasim G.	NUME PROPRIETAR LEGAL UNIVERSITATEA TEHNICĂ "GH. ASACHI" IAȘI FACULTATEA DE CONSTRUCȚII DE MAȘINI ȘI MANAGEMENT INDUSTRIAL	DENUMIRE DESEN Dispozitiv tehnologic de control portabil destinat controlului adâncimii canalului de până la arbori			
DESENAT	Ing. Gherasim G.		NUMĂR DESEN DCP-101.00			
VERIFICAT	dr. ng. Ciotă F.					
FORMAT	A4					
DATA	An univ. 2013- 14					



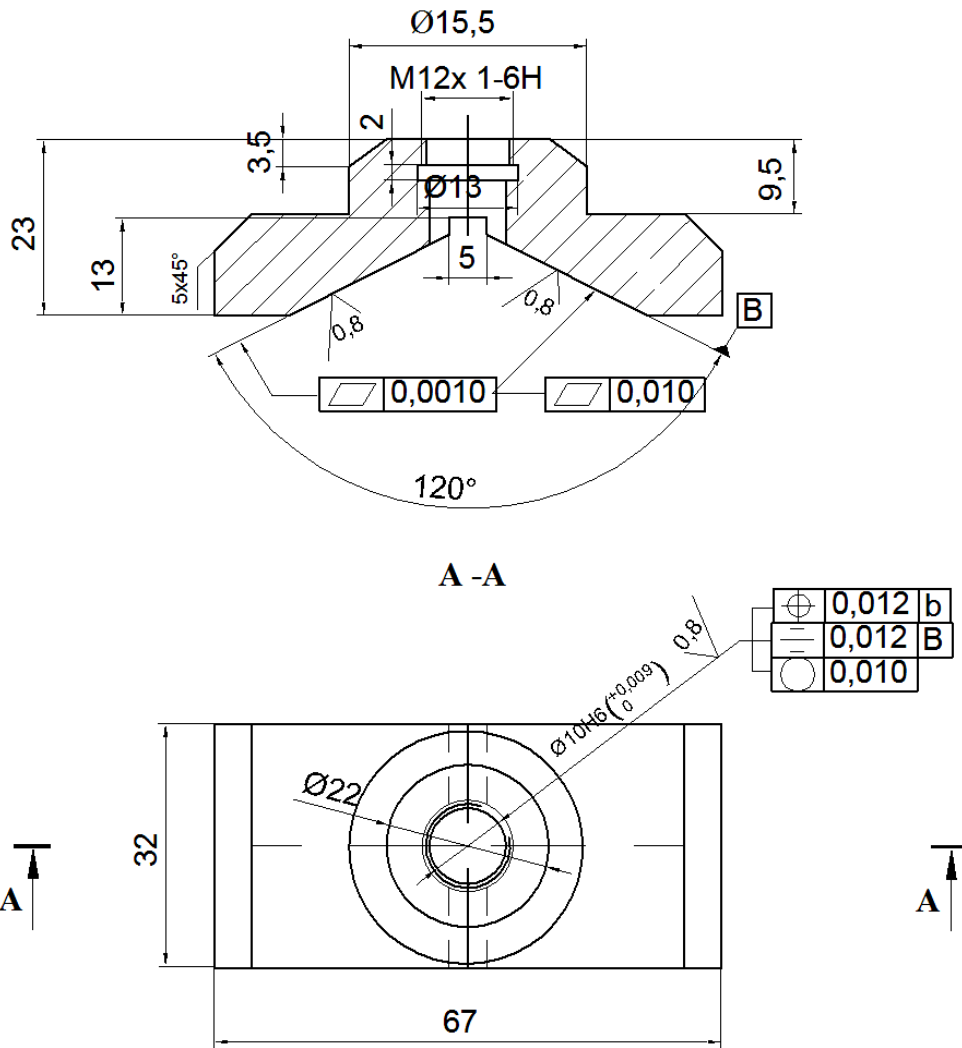
**Condiții tehnice:**  
 - muchiile ascuțite se vor teși la 1x45°

STAREA SUPRAFEȚEI 3,2		TOLERANȚE GENERALE SR ISO 2768- mK	MATERIALUL OL 50 SR EN 10025:1994	SCARA 5:1	METODA DE PROIECȚIE 
PROIECTAT	NUME Ing. Gherasim G.	NUME PROPRIETAR LEGAL	DENUMIRE DESEN		
DESENAT	Ing. Gherasim G.	UNIVERSITATEA TEHNICĂ "GH. ASACHI" IAȘI	<b>BUȘĂ CONICĂ</b>		
VERIFICAT	dr. ing. Cioată F.				
FORMAT	A4	FACULTATEA DE CONSTRUCȚII DE MAȘINI ȘI MANAGEMENT INDUSTRIAL	NUMĂR DESEN		
DATA	An univ. 2013-14		<b>DCP-101.01</b>		



**Condiții tehnice:**  
- muchiile ascuțite se vor teși la 1x45°

STAREA SUPRAFEȚEI 3,2		TOLERANȚE GENERALE SR ISO 2768- mK	MATERIALUL OL 50 SR EN 10025:1994	SCARA 2:1	METODA DE PROIECȚIE
PROIECTAT	NUME Ing. Gherasim G.	NUME PROPRIETAR LEGAL	DENUMIRE DESEN		
DESENAT	Ing. Gherasim G.	UNIVERSITATEA TEHNICĂ "GH. ASACHI" IAȘI	BUCȘĂ ELASTICIZATĂ		
VERIFICAT	dr. ing. Cioată F..	FACULTATEA DE CONSTRUCȚII DE MAȘINI ȘI MANAGEMENT INDUSTRIAL			
FORMAT	A4		NUMĂR DESEN		
DATA	An univ.2013-14		DCP-101.00		



**Condiții tehnice:**

- muchiile ascuțite se vor teși la 1x45°;
- călire, revenire; min.56 HRC.

STAREA SUPRAFEȚEI 3,2		TOLERANȚE GENERALE SR ISO 2768 - mK	MATERIALUL 1C 45 SR EN 10083:1994	SCARA 2:1	METODA DE PROIECȚIE
PROIECTAT	NUME Ing. Gherasim G.	NUME PROPRIETAR LEGAL	DENUMIRE DESEN PRISMĂ		
DESENAT	Ing. Gherasim G.	UNIVERSITATEA TEHNICĂ "GH. ASACHI" IAȘI	NUMĂR DESEN DCP-101.03		
VERIFICAT	dr. ing. Cloat ă F.				
FORMAT	A4	FACULTATEA DE CONSTRUCȚII DE MAȘINI ȘI MANAGEMENT INDUSTRIAL			
DATA	An univ. 2013-14				