

UNIVERSITATEA „DUNAREA DE JOS” GALATI
FACULTATEA DE MECANICA
CATEDRA GRAFICA MECANISME SI TOLERANTE

REFERAT
al studentului
NECULAU DECEBAL GABRIEL

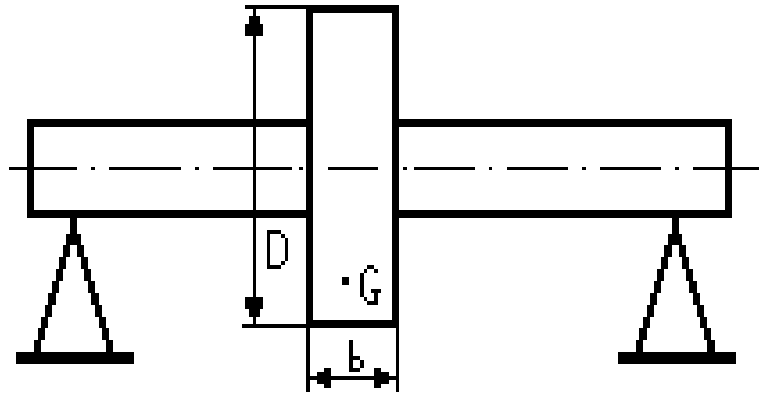
MASINI PENTRU ECHILIBRAREA ROTORILOR

INDRUMATOR
Sef Lucr. Dr. Ing. Veresoiu Silvia

Echilibrarea statica experimentală a rotorilor

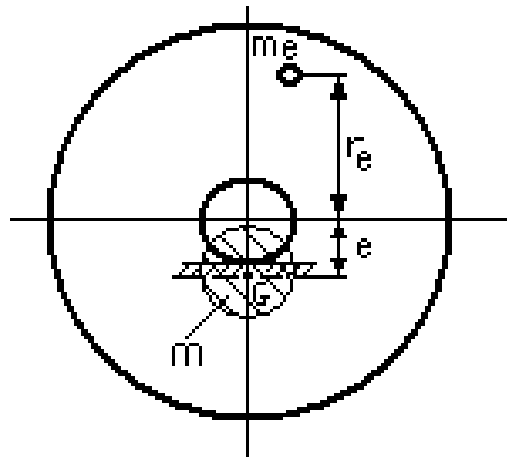
Avand in vedere importanta si larga raspandire a echilibrării corpurilor in rotatie, tehnologia legata de aceasta operatie este standartizata STAS 10728 – 76 iar diferitele grade de echilibrare sunt consemnate in STAS 10729 – 76 .

Echilibrarea statica se considera suficienta la rotorii ce functioneaza cu turatii mici sau la discuri la care $D/b > 10$

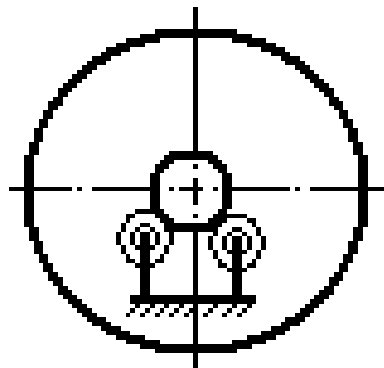


Discul se aseaza pe doua prisme. Discul se rostogoleste pe prisme pana cand centrul sau de greutate ajunge in partea cea mai de jos.

Echilibrarea se realizeaza prin adaugarea pe verticala la partea superioara a unei mase suplimentare (m_e) la distanta (r_e) pentru a se produce echilibrarea statica.

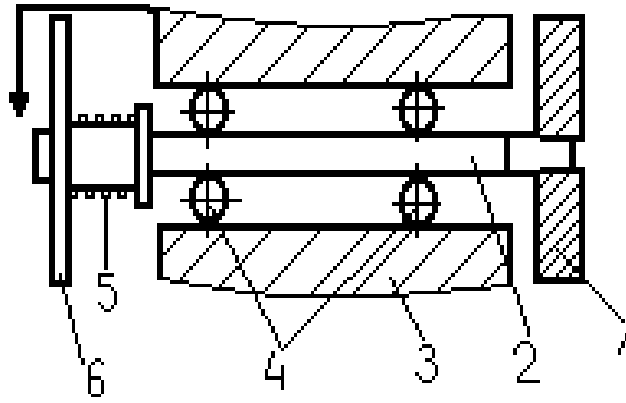


$$m_e \cdot r_e = m \cdot e$$



In locul prisme se pot folosi 2 rulmenti asezati unul langa celalalt.

Pentru echilibrarea statica se mai folosesc si dispozitive care permit determinarea masei de echilibrarea.

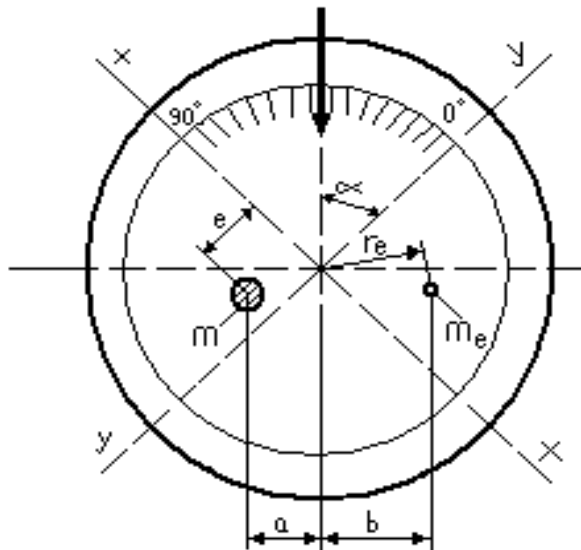


- 1 – disc volant
- 2 – arbore
- 3 – lagar
- 4 – rulmenti
- 5 – arc presare
- 6 – cadran

Discul volant 1 este montat pe axul arborelui 2 pe care sunt montati in lagarul 3 rulmentii 4. Prin intermediul arcului de presare 5 este apasat cadranul 6 gradat.

Dupa montare se fixeaza cadranul la 0° si la distanta r_e se plaseaza masa m_e rotind discul sub unghi α citibil pe cadranul 6.

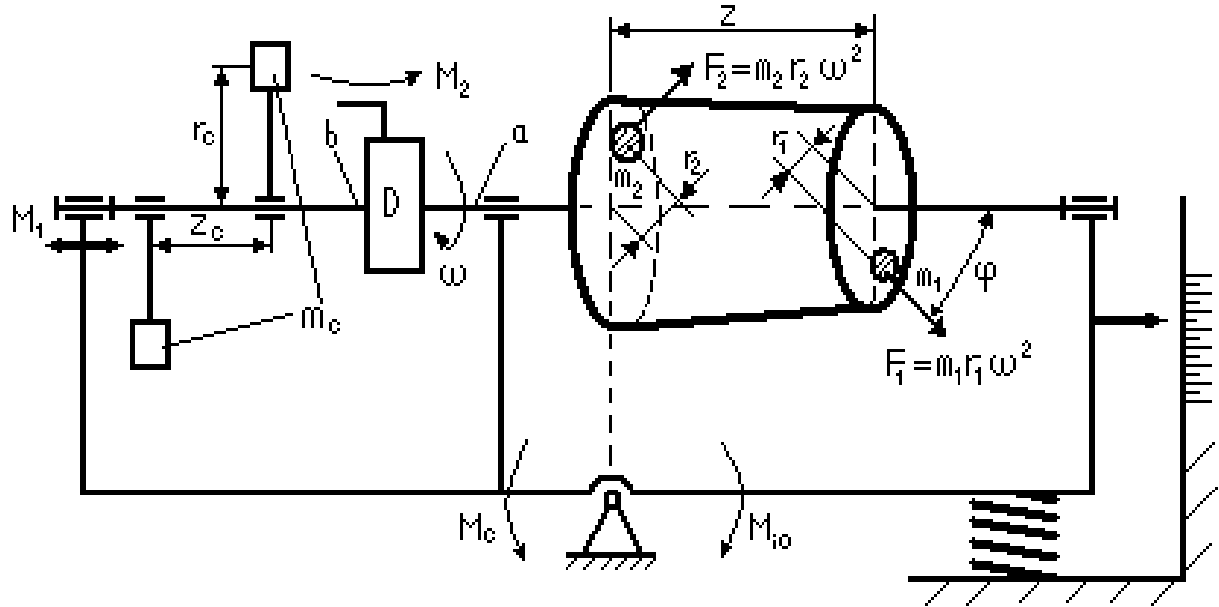
$$\begin{aligned}
 m \cdot a &= m_e \cdot b \quad \Rightarrow \\
 m_e \cdot \sin \alpha &= m_e \cdot r_e \cdot \cos \alpha \quad \Rightarrow \\
 m \cdot e &= m_e \cdot r_e \cdot \operatorname{ctg} \alpha \quad \Rightarrow \\
 e &= (m_e / m) \cdot r_e \operatorname{ctg} \alpha
 \end{aligned}$$



cunoscand relatia $m_e \cdot r_e = m \cdot e$ se poate stabili masa de echilibrare m_e . In practica adaptand m_e si r_e unitatile de dezechilibrului g mm sunt trecute pe cadranul indicator 6.

Echilibrarea dinamica prin metoda compararii

Schema de principiu



În sistemul care oscilează datorită dezechilibrului din planul I care generează momentul:

$$M_{i0} = m_1 \cdot r_1 \cdot \omega \cdot z \sin \varphi \quad (1)$$

se introduce un moment de comparație M_c egal și de sens contrar lui M_{i0} fapt care conduce la încetarea oscilațiilor.

În acest scop arborele și al rotorului I se cuplează prin intermediul diferențialului D cu arborele b pe care sunt montate masele de comparație m_c la distanța r_c , masa m_c din stanga poate fi reglată prin maneta M_1 de-a lungul arborelui b cu posibilitatea modificării Z_c . Prin manevrarea manetei M_2 a diferențialului se poate roti axul b față de a. Când nu este manevrată maneta M_2 arborii a și b au aceeași turată.

Punând în mișcarea de rotație rotorul datorită dezechilibrului întregul sistem va oscila. Se manevrează manetele M_1 și M_2 până sistemul nu mai oscilează. În această situație manetele M_1 și M_2 se blochează.

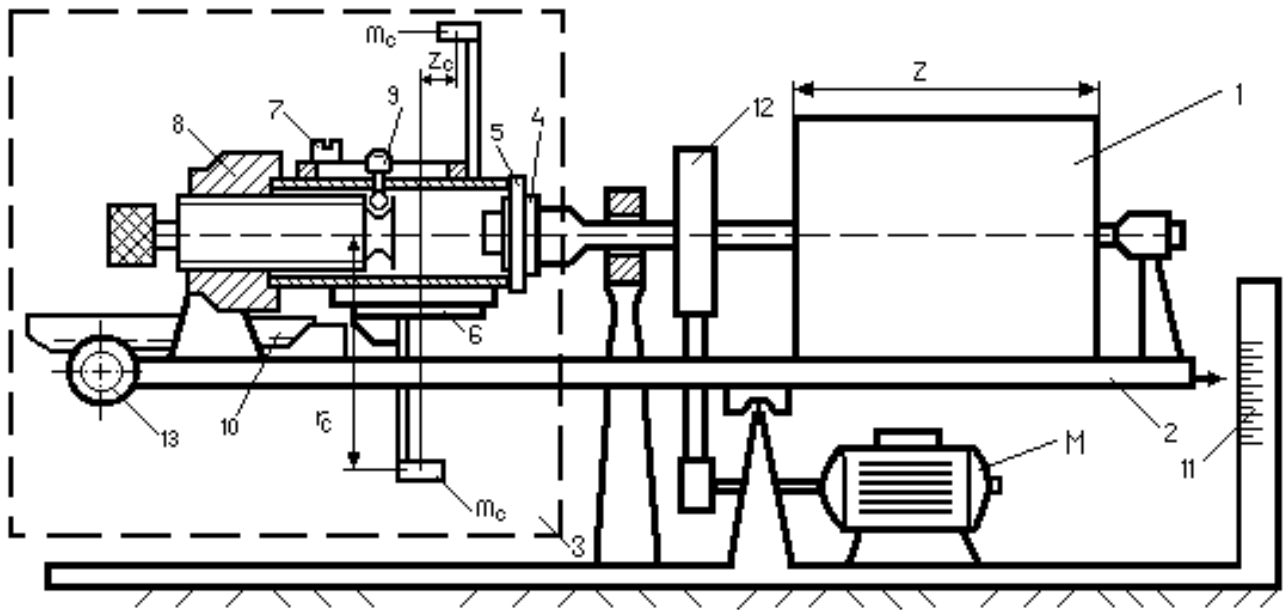
$$M_c = m_c \cdot r_c \cdot \omega \cdot z_c \cdot \sin (180^\circ + \varphi) \quad (2)$$

$$M_c + M_{i0} = 0 \quad (3)$$

și ținând seama de relația (1) obținem:

$$m_1 \cdot r_1 = m_c \cdot r_c \cdot (z_c/z) \quad (4)$$

Masina pentru echilibrarea dinamică a rotorilor



Elemente componente:

- | | |
|--------------------|--------------------|
| 1 – rotor | 8 – lagar |
| 2 – cadru oscilant | 9 – stift |
| 3 – diferencial | 10 – cremaliera |
| 4 – bucsa | 11 – rigla gradata |
| 5 – stift legatura | 12 - cuplaj |
| 6 – bucsa | 13 – roata dintata |
| 7 – butuc | M – motor |

Anularea totala a dezechilibrului este nerealizabila, dar echilibrarea se face cu un dezechilibru rezidual care poate fi mai mare la rotorii foarte mari si mai mica la rotorii cu masa mica.

$$e = U \cdot a / m \text{ [g} \cdot \text{m/kg]} \approx \mu \text{ m}$$

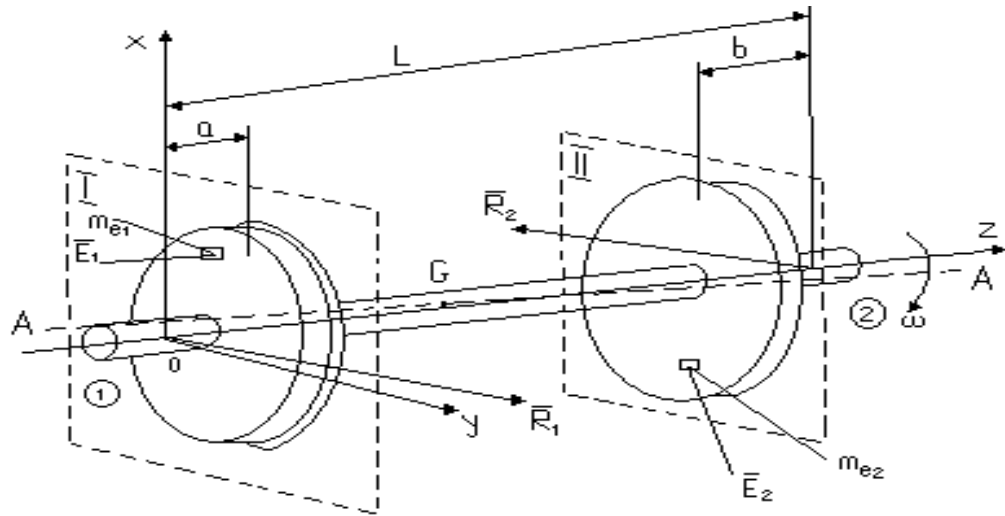
unde: e - invers proportional cu ω
 $e \cdot \omega = c \text{ constant}$
 c = calitatea echilibrarii

si este echivalent cu deplasarea centrului de greutate fata de axa de rotatie.

Calitatea echilibrarii este data de STAS 10729 – 76 echilibru specific admisibil e clasificat in 11 grade de calitate.

Echilibrarea dinamica a rotilor de la vehiculele feroviare

Datorita conditiilor reale de executie si de montaj osia montata nu are centrul de greutate situat exact pe axa de rotatie, de asemenea, una din axele principale de inertie ale osiei montate, care ar trebui sa coincida riguros cu axa de rotatie, se abate de la aceasta.



La antrenarea osiei montate in miscarea de rotatie uniforma, sistemul fortelor de inertie centrifugala nu este in echilibru. In asemenea conditii se spune ca osia montata este dezechilibrata.

In figura este prezentata o osie montata rezemata pe fusurile 1 si 2. sistemul de coordonate rectangulare $Oxyz$ este legat de osia montata. Sistemul de coordonate este orientat astfel ca axa Oz sa coincida cu axa fusurilor 1 si 2, deci cu axa de rotatie. Osia montata se roteste in jurul acestei axe cu viteza unghiulara ω .

Centrul de greutate G al osiei montate nu se afla in aceasta situatie pe axa de rotatie Oz . De asemenea, axa principala de inertie AA nu coincide cu axa de rotatie.

Principalele cauze care conduc la dezechilibru sunt:

- neomogenitatea materialelor din care s-au executat piesele osiei montate, din procesele de prelucrare (laminare, forjare, aschiere etc.);
- dispunerea cu abateri a componentelor subansamblului osie montata;
- abateri de la forma cilindrica a componentelor ansamblului;
- necoaxialitatea suprafetelor de montaj pentru componentele ansamblului fata de suprafetele fusurilor osiei.

Prin conditii mai severe impuse la executie si montaj aceste abateri pot fi atenuate. Cresterea rapida a costului cu sporirea restrictiilor tehnologice limiteaza insa utilizarea acestor posibilitati.

Din cauza acestora, sistemul fortelor de inertie nu este in echilibru, el produce o forta rezultanta F_i si un moment resultant M_i care, in ipoteza reducerii in originea O_a sistemului de coordonate, au valorile:

$$\overline{F}_i = m\omega^2 x_G \mathbf{i} + m\omega^2 y_G \mathbf{j}; \quad (1)$$

$$\overline{M}_i = I_{yz}\omega^2 \mathbf{i} + I_{xz}\omega^2 \mathbf{j}. \quad (2)$$

In expresiile de mai sus, in afara notatiilor deja precizate, \mathbf{i} si \mathbf{j} sunt versorii O_x , respectiv O_y ; m este masa osiei montate; x_G si y_G sunt coordonatele centrului de greutate; I_{xz} si I_{yz} sunt momentele de inertie centrifugala ale osiei montate, diferite de zero din cauza necoincidenței axei de inertie cu axa Oz .

Pentru retinerea osiei montate in reazeme, in acestea se produc reactiunile R_1 si R_2 :

$$\overline{R}_1 = X_1 \mathbf{i} + Y_1 \mathbf{j}; \quad (3)$$

$$\overline{R}_2 = X_2 \mathbf{i} + Y_2 \mathbf{j} \quad (4)$$

Ale caror componente X_1 si Y_1 , respectiv X_2 si Y_2 sunt date de:

$$X_1 = -m\omega^2 x_G + 1/L I_{xz}\omega^2; \quad (5)$$

$$Y_1 = -m\omega^2 y_G + 1/L I_{yz}\omega^2;$$

$$X_2 = -1/L I_{xz}\omega^2; \quad (6)$$

$$Y_2 = -1/L I_{yz}\omega^2.$$

In relatiile de mai sus L este distanta dintre reazeme rezultata din conditiile de echilibru dinamic al corpului rigid care este osia montata.

Marimile reactiunilor R_1 si R_2 , care incarca reazemele, sunt dependente de excentricitatea centrului de greutate G prin coordonatele x_G si y_G , de masa m a osiei montate, de momentele de inertie centrifugale I_{xz} si I_{yz} si de viteza unghiulara ω .

Reactiunile R_1 si R_2 , ale caror componente sunt date de expresiile (5), respectiv (6), sunt fixe in sistemul de coordonate $Oxyz$, legat de osia montata. Valorile lor pot fi mari la o osie montata neechilibrata. Fata de lagare aceste reactiuni se rotesc odata cu osia montata provocand o incarcare dinamica a reazemelor si a intregului ansamblu. Aceasta situatie poate duce la scurtarea duratei de utilizare a lagarelor si a intregului ansamblu (boghiu, vagon etc.).

Scopul echilibrarii dinamice a osiei montate este ca prin extragerea de material sa aduca centrul de greutate pe axa de rotatie si axa principala de inertie la suprapunerea pe axa de rotatie.

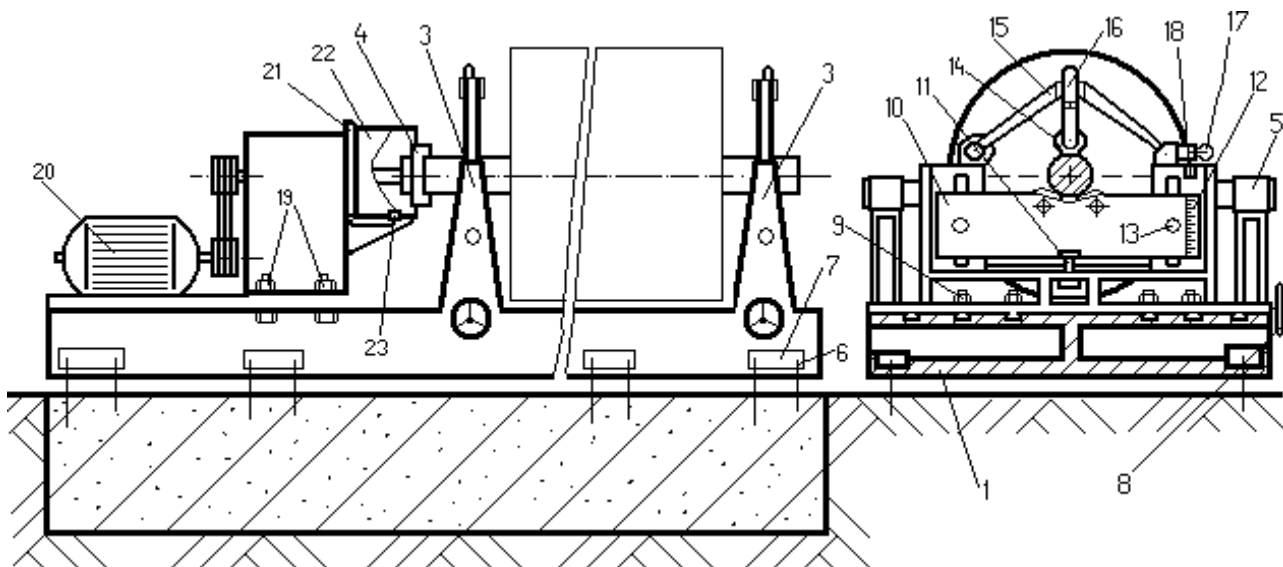
Osia montata se considera corp rigid deoarece frecventele proprii de vibratie sunt mai mari decat frecventa rotatiei de lucru. Conventional, un corp de rotatie se considera rigid daca frecventa sa de rotatie este de 0,7 din cea mai mica frecventa proprie de vibratie.

Pentru echilibrarea osiilor montate pe masinile de echilibrat dinamic se determina, intr-un mod specific masinii, masele de echilibrare m_{e1} si m_{e2} , care trebuie extrase in planele de echilibrare I si II, asa cum se vede in figura 1.31 astfel incat fortele centrifugale produse E_1 si E_2 , impreuna cu fortele de inertie ale osiei montate, sa fie in echilibru si reactiunile R_1 si R_2 sa fie nule. In acest fel centrul de greutate G al osiei montate in urma extragerilor de material este adus pe axa de rotatie, iar axa principala de inertie este suprapusa peste axa de rotatie ($I_{xz} = I_{yz} = 0$).

Printr-o echilibrare cu extragere de material intr-un singur plan, nu se poate anula decat rezultanta F_i a fortelor de inertie ramanand momentul fortelor de inertie M_i dat de relatia (2). Aceasta este echilibrarea statica. Prin aceasta se aduce centrul de greutate pe axa de rotatie, dar axa de inertie nu se suprapune peste axa de rotatie. Reactiunile de reazeme nu se anuleaza. In valorile lor, date de relatiile (5) si (6), raman termenii ce contin pe I_{xz} si I_{yz} , care sunt diferiti de zero. Pentru finisarea echilibrarii in acest caz trebuie anulat si momentul fortelor de inertie M_i prin extragerea de mase de echilibrare.

In anul 1997 firma S.C. Agmus S.A. din Iasi, in colaborare cu firma Prince Software S.R.L., a realizat masina de echilibrat dinamic osii montate MED 3 care a fost omologata de CFR si care permite echilibrarea tuturor timpurilor de osii montate pentru vagoane de cale ferata in doua planuri corespunzatoare celor doua roti.

Echipamentul electronic, de masurare si calcul al masinii determina masele de echilibrare m_{e1} si m_{e2} ce trebuie extrase, ca valoare si pozitie in cele doua plane. Pentru stabilirea maselor de echilibrare, osiile se antreneaza la doua turatii recomandate si anume: n_1 si n_2 . Turatia n_1 se utilizeaza numai pentru echilibrarea prealabila a pieselor foarte dezechilibrate, iar turatia n_2 este turatia preferata, aleasa astfel ca precizia de echilibrare sa fie maxima.



1 - batiu; 2 - reductor; 3 - suportii mobili; 4 - arbore cardanic; 5 - traductoare;
 6 - suruburi; 7 - placa fixare; 8 - sistem de antrenare cu roți dintate și cremaliere;
 9 - suruburi de fixare a batiului; 10 - sanie; 11 - ghidaje; 12 - placuta cu scala gradata; 13 - suruburi; 14 - rola; 15 - placa reglabila; 16 - surub; 17 - dispozitiv cu zavor; 18 - microlimitator; 19 - suruburi; 20 - motor electric; 21 - disc gradat;
 22 - aparatoare de protectie; 23 - limitator de proximitate.

Masina de echilibrat dinamic utilizeaza o osie montata de control sau de etalonare aflata in componenta masinii si care se foloseste la calibrarea aparatului electronic si la verificarea periodica a functionarii masinii.

In practica, prealabil echilibrarii dinamice se verifica daca osiile montate corespund conditiilor stipulate in SR 4138, si anume: dupa presare, dezechilibrele reziduale ale celor doua roți de aceleasi osii trebuie sa se situeze in acelasi plan diametral si de aceleasi parte a axei osiei.

Echilibrarea are rolul de a imbunatati distributia masei osiei montate astfel incat axa sa principala de inertie sa se apropie cat mai mult de axa de rotatie, implicit centrul sau de greutate sa se situeze cat mai aproape de axa de rotatie. In acest fel fortele de inertie centrifugale sunt aproape de echilibru si, in consecinta, fortele care se produc in lagare sunt mai mici. Indepartarea completa a dezechilibrului nu este posibila. Din motive economice se admite o dezechilibrarea reziduala.

Dezechilibrul dinamic al osiei montate poate fi caracterizat cantitativ prin produsul:

$$D_z = m \cdot e, \quad (7)$$

unde:

m – este masa osiei montate;

e – excentricitatea centrului de greutate fata de axa osiei montate.

Produsul $m \cdot e$ poate fi intr-adevar admis ca marime ce caracterizeaza dezechilibrul dinamic al osiei montate intrucat forta centrifuga produsa la rotirea unui corp este:

$$F_c = m \cdot e \cdot \omega^2 \quad (8)$$

in care ω este viteza unghiulara de rotatie.

Cu cat dezechilibrul $D_z = m \cdot e$ este mai mare cu atat forta centrifuga este mai mare, la aceleasi viteza unghiulara.

Dezechilibrul D_z poate folosi drept marime de comparatie pentru calitatea echilibrarii osiilor montate de acelasi fel, adica avand aceleasi forma, aceleasi dimensiuni, acelasi material si, implicit, aceleasi masa si distributie a acesteia.

Pentru osii montate diferite ca masa, chiar din aceeasi categorie de material rulant, marimea D_z nu mai poate fi adoptata pentru comparatie.

Semnificatii mai complete are excentricitatea masei, rezultata din impartirea dezechilibrului D_z la masa osiei montate:

$$e = m \cdot e / m, \text{ in (g .mm/kg) sau } \mu\text{m.} \quad (9)$$

Aceasta marime are, dupa cum se vede, semnificatia fizica de excentricitate.

Aceasta marime este adoptata pentru caracterizarea gradului de echilibrare a osiilor montate.

Valorile admisibile pentru excentricitatea masei sunt standardizate.

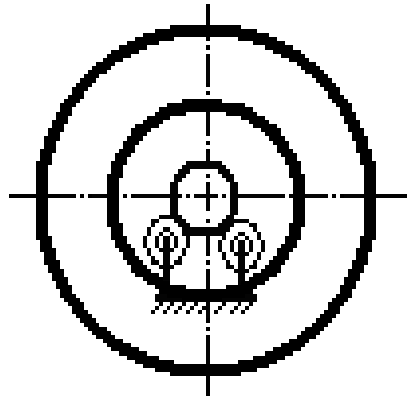
In cadrul unei clase de calitate, la stabilirea valorii admisibile pentru excentricitatea masei (e) s-a avut in vedere constatarea experimentală ca pentru un comportament dinamic asemanator este necesar ca odata cu cresterea turatiei n de lucru valoarea lui e sa fie cat mai mica. S-a admis ca, pentru aceeasi clasa, produsul

$$e \cdot n = \text{ct. sau } e \cdot \omega = \text{ct.} \quad (10)$$

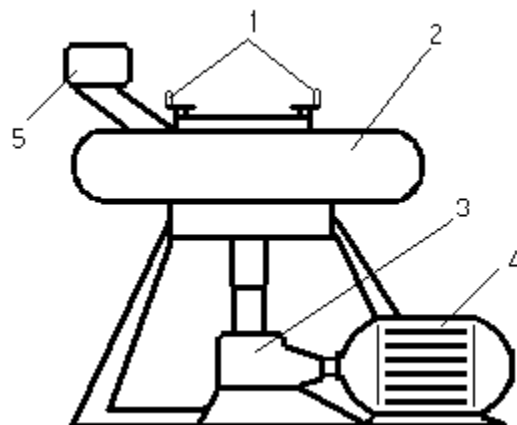
Valoarea acestei constante $e \cdot \omega$ constituie caracteristica fundamentala a unei clase de calitate.

Echilibrarea dinamica a rotilor de la vehiculele auto

Echilibrarea rotilor de la vehiculele auto se face pe doua standuri pe primul se vede centrul de greutate si se semneaza cu creta partea opusa



apoi pe un stand special roțile sunt rotite cu turatie mare. In functie de marimea vibratiilor se stabileste electronic marimea masei de echilibru, si se ataseaza pe geanta la locul insemnat contragreutati din plumb. La verificare, vibratiile trebuie sa scada in limitele prescrise.



Parti componente:

1 – dispozitiv fixare roata; 2 – roata cu anvelopa; 3 – reductor;

4 – motor antrenare; 5 – traductor electronic