



UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI
Facultatea Calculatoare, Informatică și Microelectronică
Departamentul Informatică și Ingineria Sistemelor

Unitatea de curs
MECANICA FINĂ

TEMA 4 BAZELE PROIECTĂRII MAȘINILOR

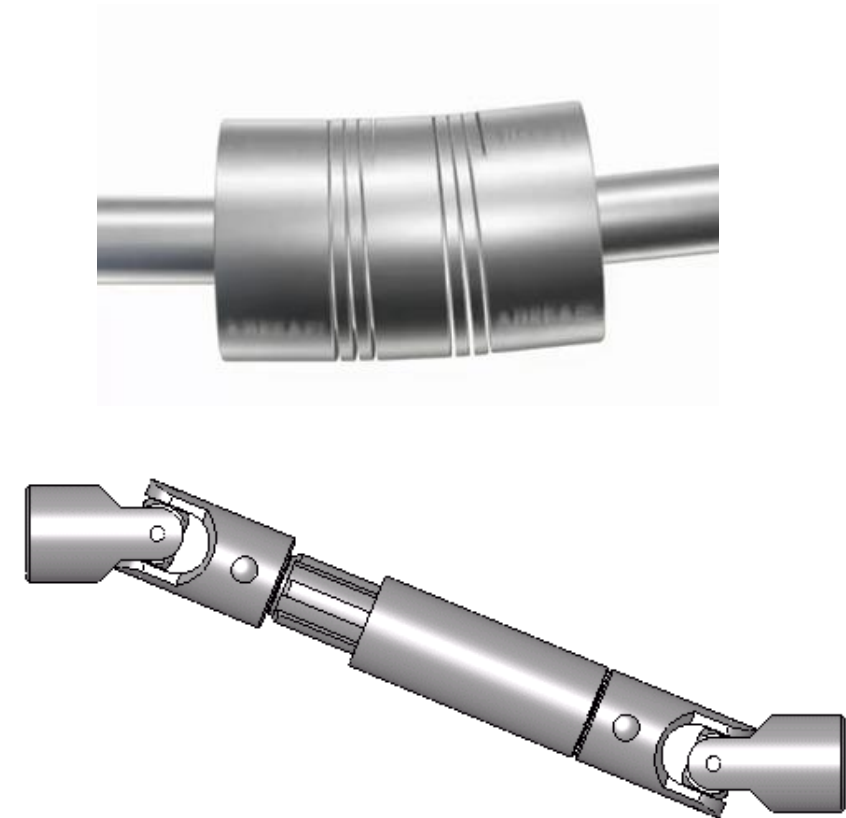
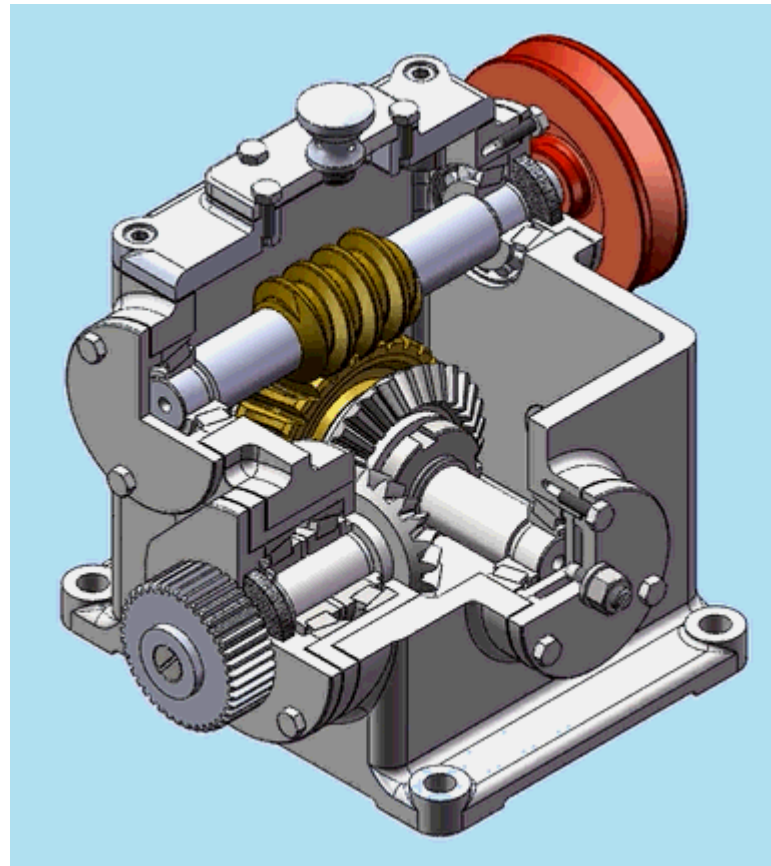
- Titularul unității de curs: **Ion BODNARIUC**



TEMA 4. BAZELE PROIECTĂRII MAȘINILOR

CONȚINUT

- 4.1. Introducere. Noțiuni de bază. Clasificarea mașinilor. Capacitatea de funcționare. Siguranța în exploatare. Tipuri de sarcini.
- 4.2. Transmisii Mecanice
- 4.3. Arbori și Osii
- 4.4. Lagăre
- 4.5. Cuplaje
- 4.6. Asamblări





TEMA 4. BAZELE PROIECTĂRII MAȘINILOR

4.1. Introducere. Noțiuni de bază.

MAȘINA (lucru mecanic)- Sistem tehnic alcătuit din piese cu mișcări determinate, care transformă o formă de energie în altă formă de energie sau în lucru mecanic util.

Energia —

- **Cinetică** (de mișcare) – mărime scalară egală cu semiproductul dintre masa punctului material și pătratul vitezei lui. $E_c = \frac{mv^2}{2}$ (J)
- **Potențială** – energia unui sistem fizic, dependentă numai de poziția sau configurația diferitelor părți ale sistemului. Acest potențial poate fi convertit în orice altă formă de energie, de exemplu în energie cinetică și poate efectua lucru mecanic într-un proces. Unitatea de măsură a energiei potențiale Joule $E_p = mgh$ (J).

Energia Electrică
Energia Mecanică
Energia Hidraulică

Energia Termică
Energia Eoliană
Energia Solară

Energia Nucleară
Energia Animală
Energia Umană



TEMA 4. BAZELE PROIECTĂRII MAȘINILOR

4.1. Introducere. Noțiuni de bază.

Lucru mecanic - este o mărime fizică definită ca produsul dintre componenta forței care acționează asupra unui corp în direcția deplasării punctului ei de aplicație și mărimea drumului parcurs. E o mărime ce caracterizează schimbarea stării dinamice a sistemului.

1. Deplasări.

2. Modificări:

- de dimensiuni;
- de formă;
- de structură;
- de proprietăți.

3. Obținerea de informație.

(ceasornic, șubler)

Legătura dintre energie și lucru mecanic se efectuează cu ajutorul motorului.



P (kW) – puterea – viteza de consum a energiei $P=dE/dt$.

T (Nm) – momentul de torsiune (răsucire).

F (N) – forța - mărimea interacțiunii. $F=ma$. ($F=1N=1kg1m/s^2$)

a (m/s²) – accelerația – schimbarea stării de mișcare.

inertia – proprietate corpului de a-și păstra starea de repaus sau de mișcare în care se află atât timp cât nu este supus acțiunii unei forțe exterioare. Măsura inerției este masa corpului.

v (m/s) – viteza liniară – raportul dintre distanța parcursă și durata deplasării corpului $v=dl/dt$.

ω (rad/s) – viteza unghiulară – o mărime vectorială axială, având modulul egal cu limita raportului dintre unghiul orientat, descris de raza vectoare, și intervalul de timp corespunzător, când acest timp tinde la zero $\omega=d\Theta/dt$.

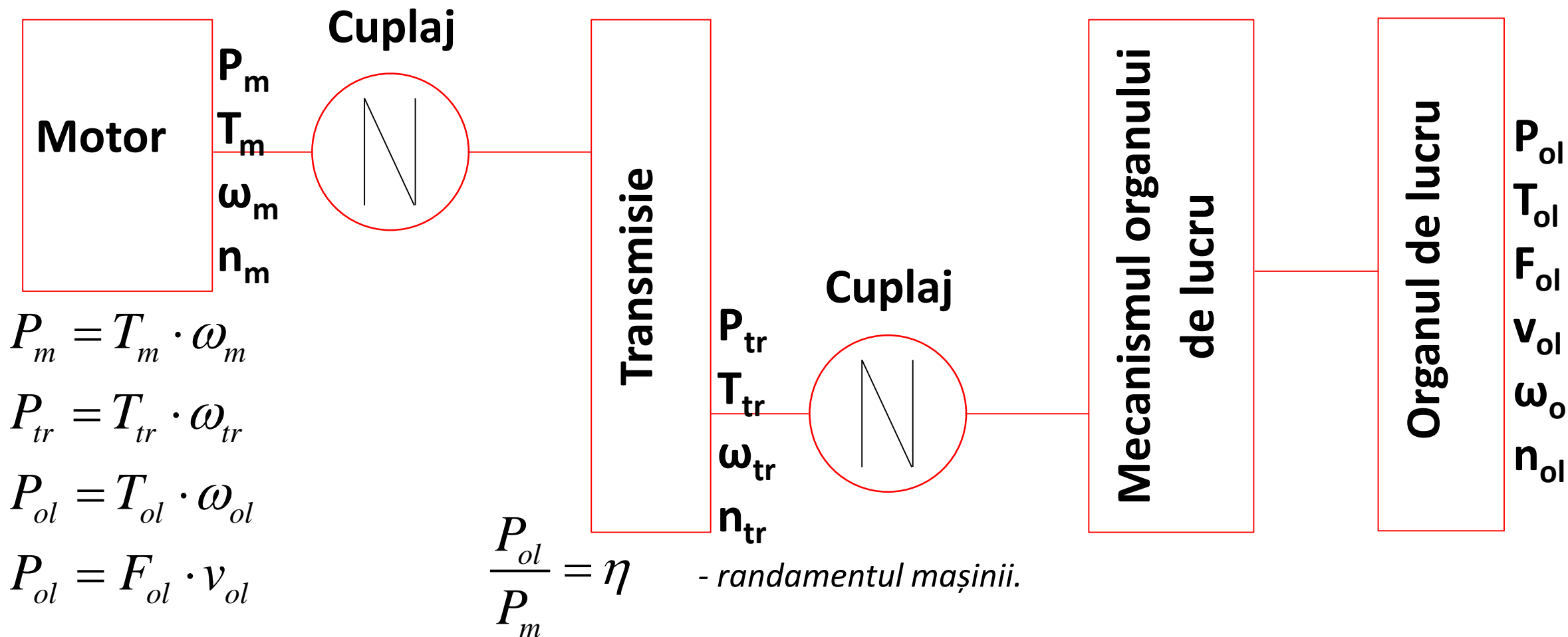
n (rot/min) – turația (numărul de rotații) - mișcarea circulară a unei piese în jurul unui ax.



TEMA 4. BAZELE PROIECTĂRII MAȘINILOR

4.1. Introducere. Noțiuni de bază.

Sistemul Mașină





TEMA 4. BAZELE PROIECTĂRII MAȘINILOR

4.1. Introducere. Noțiuni de bază.

Clasificarea mașinilor- funcțional mașinile se pot împarte în:

*Mașini energetice se folosesc pentru a transforma o formă de energie în lucru mecanic și invers. În primul caz aceste mașini se numesc **motoare**, iar în al doilea – **generatoare**.*

Mașini tehnologice se folosesc pentru fabricarea, schimbarea formei și proprietăților corpurilor.

Mașini de transportare se utilizează pentru deplasarea corpurilor în spațiu.

Mașini pentru prelucrarea informației se împart în mașini de calcul (cibernetice), de control și de dirijare.

Caracteristicile mașinii:

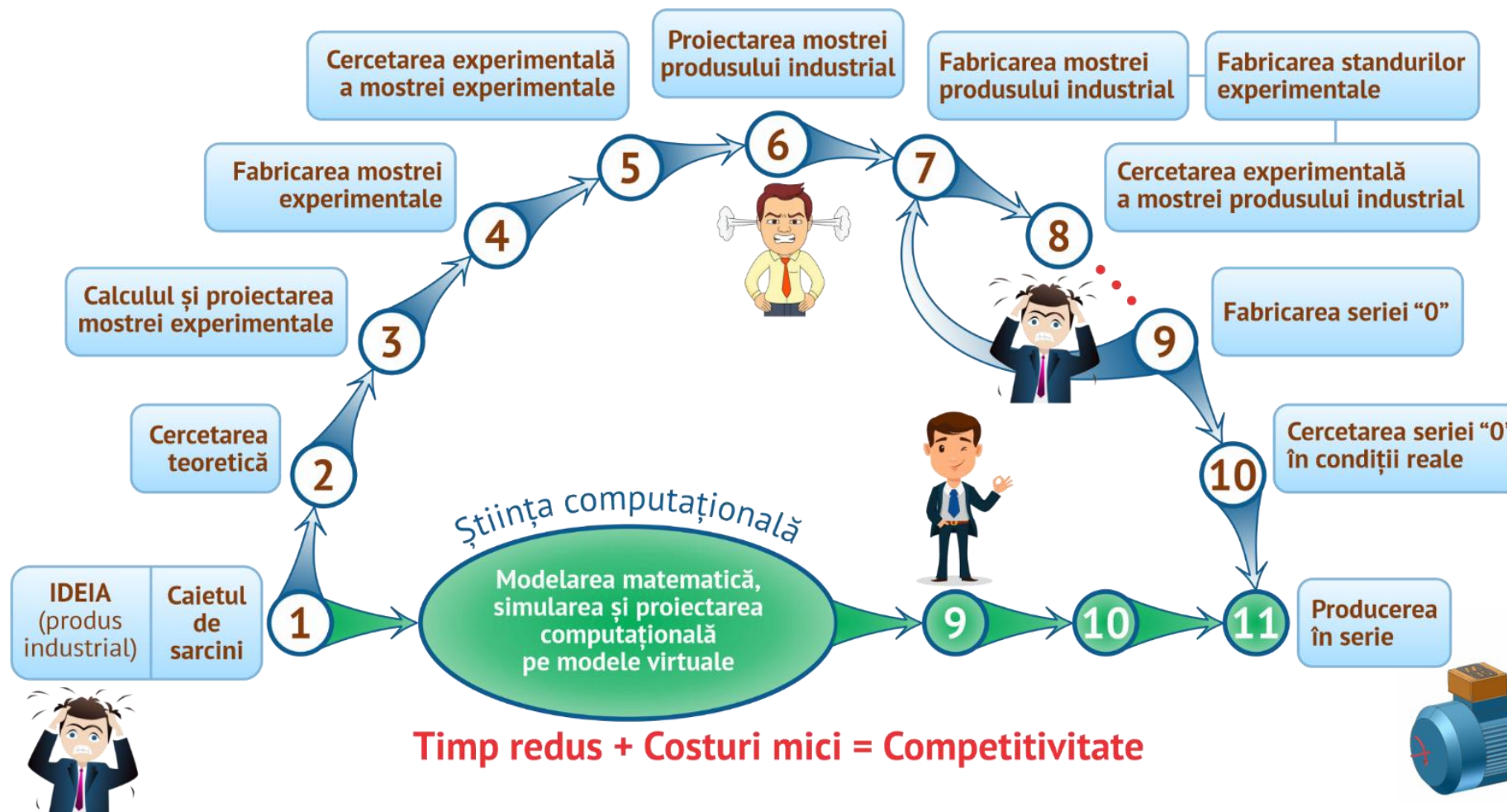
- *Funcția*
- *Productivitatea*
- *Eficacitatea – Consumul de energie*
- *Puterea*
- *Forța organului de lucru*
- *Viteza organului de lucru*
- *Randamentul*
- *Dimensiunile de gabarit*
- *Masa*
- *Fiabilitatea*
- *Prețul*
- *Caracteristici ecologice*
- *Siguranța personală*
- *Design-ul*
- *Caracteristici specifice tipului dat de mașină.*



TEMA 4. BAZELE PROIECTĂRII MAȘINILOR

4.1. Introducere. Noțiuni de bază.

Etapele succesive de realizare a produsului industrial





TEMA 4. BAZELE PROIECTĂRII MAȘINILOR

4.1. Introducere. Noțiuni de bază.

Organele de mașini sunt piese sau subansamble, având un rol funcțional bine determinat, care intră în componența mașinilor și mecanismelor și, datorită formei și funcției lor asemănătoare, pot fi calculate și proiectate separat după metode unificate de calcul și proiectare.

Calculul de proiectare și proiectarea se face reieșind din condițiile de funcționare a mașinii pentru care se efectuează proiectul.



TEMA 4. BAZELE PROIECTĂRII MAȘINILOR

4.1. Introducere. Noțiuni de bază. Clasificarea Organelor de Mașini (OM)

1. **OM** simple – executate ca o singură piesă
2. **OM** compuse (ansambluri).
3. **OM** de utilizare generală
4. **OM** de utilizare specială.

OM de utilizare generală:

1. OM ale transmisiilor – **roți** (dințate, melcate, de curea, de lanț etc.).
2. OM de susținere a roților – **arbori și osii**.
3. OM de rezemare – **lagăre de alunecare, lagăre de rostogolire (rulmenți)**
4. OM de ghidare – **cu alunecare și cu rostogolire**.
5. OM de stocare (acumulare) a energiei mecanice – **arcuri, elemente elastice**.
6. OM de legătură a arborilor – **cuplajele mecanice**.
7. OM de asamblare – **șuruburi, piulițe, pene, nituri, clei, sudură**.
8. **Batiuri, carcase, rame**.



TEMA 4. BAZELE PROIECTĂRII MAȘINILOR

4.1. Introducere. Noțiuni de bază. Capacitatea de funcționare a OM

Capacitatea de funcționare reprezintă starea în care mașina își îndeplinește funcția fără defectări și cu parametrii în limitele stabilite de proiectant.

Capacitatea de funcționare se apreciază cu o serie de cerințe care se numesc **criterii ale capacității de funcționare**:

1 Criteriul de rezistență.

Rezistența – *proprietatea materialului de a se opune ruperii (deformării).*

OBIECTUL

Construcția și sarcinile

*tensiunile normale σ și
tangențiale τ*

$$\sigma \leq [\sigma]; \tau \leq [\tau]$$

MATERIALUL

Caracteristicile materialului

*tensiunile limită normale și
tangențiale*

$$\sigma_{lim}, \tau_{lim}$$



TEMA 4. BAZELE PROIECTĂRII MAȘINILOR

4.1. Introducere. Noțiuni de bază. Capacitatea de funcționare a OM

1 Criteriul de rezistență.

Pentru asigurarea capacității de funcționare a mecanismelor din condiția de rezistență este necesar de:

1. ales materialele elementelor cinematice a mecanismului;
2. creat forma fiecărui element cinematic;
3. determinat secțiunile periculoase;
4. efectuat calculul de rezistență în secțiunile periculoase din următoarele trei condiții:
 - a. **calcului de proiectare** – se determină dimensiunile în secțiunea periculoasă;
 - b. **calcului de verificare** – se determină tensiunile în secțiunea periculoasă;
 - c. **calculul sarcinii admisibile** – se determină forța maximă în secțiunea periculoasă

Condiția de rezistență se apreciază cu tensiunile de încărcare și se compară cu cele admisibile ale materialului.



TEMA 4. BAZELE PROIECTĂRII MAȘINILOR

4.1. Introducere. Noțiuni de bază. Capacitatea de funcționare a OM

1 Criteriul de rezistență.

Tensiunile de încărcare sunt de două tipuri:

1. tensiuni normale – σ (întindere, comprimare, strivire, încovoiere)

$$\sigma = \frac{N}{A} \leq [\sigma] \quad - \text{ condiția de rezistență la întindere, comprimare, strivire;}$$

$$\sigma = \frac{M}{W} \leq [\sigma] \quad - \text{ condiția de rezistență la încovoiere.}$$

unde: W – moment de rezistență axial

2. tensiuni tangențiale – τ (forfecare, răsucire)

$$\tau = \frac{Q}{A} \leq [\tau] \quad - \text{ condiția de rezistență la forfecare;}$$

$$\tau = \frac{M_r}{W_p} \leq [\tau] \quad - \text{ condiția de rezistență la răsucire.}$$

unde: W_p – moment de rezistență polar

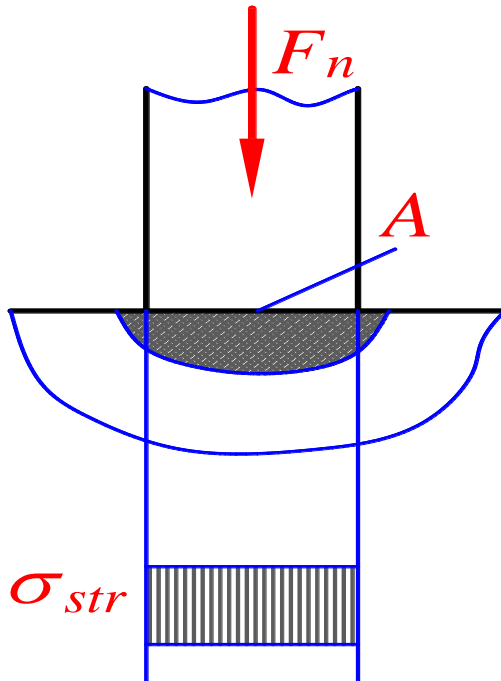


TEMA 4. BAZELE PROIECTĂRII MAȘINILOR

4.1. Introducere. Noțiuni de bază. Capacitatea de funcționare a OM *1 Criteriul de rezistență.*

Solicitarea pe suprafața de contact

La încărcări pe suprafețe de contact se supune deformației suprafața de contact.
Pentru calculul simplificat se utilizează tensiuni convenționale de strivire σ_{str} .



$$\sigma_{str} = \frac{F_n}{A} \leq [\sigma_{str}] - \text{condiția de rezistență la strivire}$$



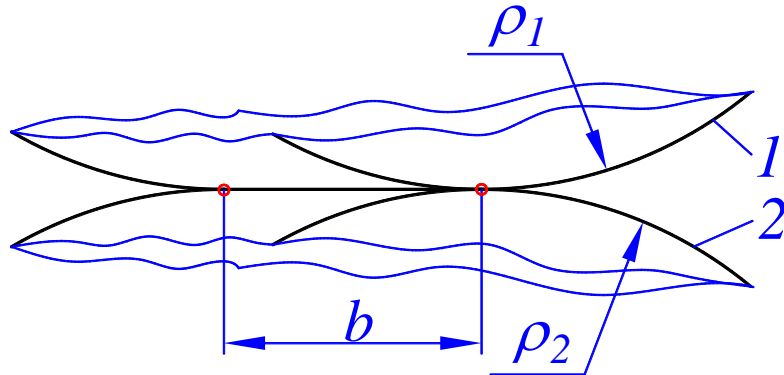
TEMA 4. BAZELE PROIECTĂRII MAȘINILOR

4.1. Introducere. Noțiuni de bază. Capacitatea de funcționare a OM

1 Criteriul de rezistență.

Solicitarea pe linia de contact

Contactul liniar este caracterizat de razele de curbură ρ_1 și ρ_2 și lungimea liniei de contact b .



Legea lui HOOKE – în limitele de elasticitate tensiunea corpului este direct proporțională cu alungirea relativă.

$$\sigma = E \cdot \varepsilon$$

unde: E – modulul de elasticitate (*caracteristică de elasticitate longitudinală a materialului*);
 ε – alungirea relativă.



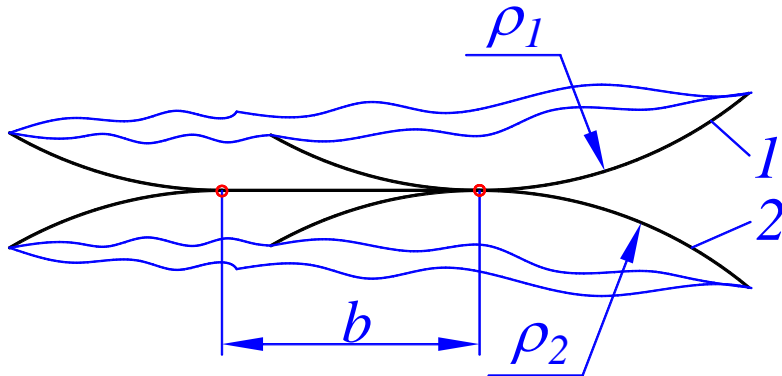
TEMA 4. BAZELE PROIECTĂRII MAȘINILOR

4.1. Introducere. Noțiuni de bază. Capacitatea de funcționare a OM

1 Criteriul de rezistență.

Tensiuni de contact (tensiuni Hertz-iene) σ_H

Contactul linear este caracterizat de razele de curbură ρ_1 și ρ_2 și lungimea liniei de contact b .



$$\sigma_H = \sqrt{\frac{q}{\rho_{red}} \cdot \frac{E_{red}}{2\pi(1-\mu^2)}} \leq [\sigma_H]$$

unde: $[\sigma_H]$ – tensiunea de contact admisibilă, se determină în dependență de duritatea materialului;

q – sarcina specifică de distribuție a forței pe linia de contact $q = F_n / b$.

ρ_{red} – raza redusă a suprafețelor de contact $\rho_{red} = (0 \dots \infty)$ $\frac{1}{\rho_{red}} = \frac{1}{\rho_1} \pm \frac{1}{\rho_2}$

E_{red} – modulul de elasticitate redus $E_{red} = \frac{2 \cdot E_1 \cdot E_2}{E_1 + E_2}$

μ – coeficientul lui Poisson (caracteristică de deformare)



TEMA 4. BAZELE PROIECTĂRII MAȘINILOR

4.1. Introducere. Noțiuni de bază. Capacitatea de funcționare a OM

2 Criteriul de rigiditate.

Rigiditatea – proprietatea corpurilor de a se opune deformării mecanice și modificării dimensiunilor sub acțiunea unor forțe.

3 Criterii tribologice.

Sistemele tribologice (tribosisteme) reprezintă aspectul constructiv ale cuplelor cinematice. Sistemul tribologic este un sistem de corpuri solide, lichide, gazoase care se află în contact în mișcare relativă, și în care se produc fenomene de frecare și uzură.

Frecarea reprezintă rezistența care se opune mișcării unui corp ce se găsește în contact cu alt corp. Aceasta se datorează forțelor de frecare, cauzate de întrepătrunderea asperităților și neregularităților microscopice ale celor două suprafețe aflate în contact.

După natura mișcării relative a corpului considerat, tipurile principale de frecări sunt frecarea de alunecare și frecarea de rostogolire.

Fenomenul de frecare are drept măsură forța de frecare care apare între suprafețele în mișcare sau în repaus.

Uzura se caracterizează prin înlăturarea de pe suprafețele de contact a corpurilor solide a materialului. În rezultatul uzurii se schimbă forma și dimensiunile corpului aflat în contact. Uzura se caracterizează cu **grosimea stratului înlăturat**, cu **masa** și **volumul materialului înlăturat**.



TEMA 4. BAZELE PROIECTĂRII MAȘINILOR

4.1. Introducere. Noțiuni de bază. Capacitatea de funcționare a OM

4 Criteriul de rezistență la vibrații.

Vibrație – mișcare oscilatorie periodică a unui corp sau a particulelor unui mediu, efectuată în jurul unei poziții de echilibru, cu frecvență relativ înaltă și amplitudine mică. Se apreciază cu amplitudina și frecvența.

Rezonanța mecanică este tendința unui sistem mecanic de a acumula mai multă energie când frecvența oscilațiilor este egală cu rezonanța naturală a sistemului decât la orice altă frecvență. Poate cauza vibrații violente sau chiar distrugere completă, incluzând avioane, mașini, trenuri, vapoare, clădiri, platforme petroliere și poduri.

În timpul proiectării unui obiect, inginerii trebuie să se asigure că frecvențele rezonante mecanice ale părților componente nu sunt egale cu frecvențele oscilatoare ale motoarelor sau altor părți oscilatoare, un fenomen cunoscut ca **rezonanță distructivă**.



TEMA 4. BAZELE PROIECTĂRII MAȘINILOR

4.1. Introducere. Noțiuni de bază. Capacitatea de funcționare a OM

5 Criteriul de rezistență la temperatură.

6 Criteriul de rezistență la coroziune.

Prin **coroziune** se înțelege în mod obișnuit transformarea materială a suprafețelor de metal, cauzată de influența mediului de contact. Ca rezultat se compune oxidul metalului respectiv. În cazul fierului acest oxid este rugina.

Coroziunea naturală este, cel mai frecvent, un proces nedorit prin care multe metale cu potențiale de oxidare pozitive sau slab negative sunt transformate în compuși chimici ai lor. Bine cunoscută și deosebit de păgubitoare pentru economie este ruginirea fierului. Pentru ca fierul să ruginască este necesară prezența simultană a aerului și apei.

Fierul nu rugineste în aer uscat și în apă deoxigenată.



TEMA 4. BAZELE PROIECTĂRII MAȘINILOR

4.1. Introducere. Noțiuni de bază. Capacitatea de funcționare a OM *7 Criteriul de tehnologicitate.*

Tehnologicitatea este însusirea construcției piesei, ansamblului, mașinii-unelte sau instalației prin care acestea, fiind eficiente și sigure în exploatare, se pot executa la volumul de producție stabil, asigurându-se consumul de material și de muncă minim, deci și un cost scăzut.

Minimalizarea importantei **tehnologicității**, ignorarea rolului ei de însușire a construcției mașinilor-unelte și instalațiilor poate duce la mărirea substanțială a volumului de muncă și consumului de material necesar fabricării produselor și în consecință la creșterea costului.

La aprecierea tehnologicității construcției mașinilor și instalațiilor trebuie luate în considerare câteva elemente principale:

- raționalitatea schemelor tehnologice a mașinilor sau instalațiilor;
- raționalitatea schemelor cinematice;
- unificarea (tipizarea, normalizarea, standardizarea) pieselor și ansamblurilor, precum și a materialelor și diverselor elemente constructive ale pieselor ca: filete, module ale roților dințate, diametre ale găurilor, canale de pană, caneluri, raze de rotunjire a suprafețelor etc. și a preciziei și rugozității suprafețelor prelucrate.



TEMA 4. BAZELE PROIECTĂRII MAȘINILOR

4.1. Introducere. Noțiuni de bază. Capacitatea de funcționare a OM

8 Criteriul de economicitate.

Economicitate – capacitatea sau însușirea de a fi economic, avantajos, convenabil, rentabil.

9 Criteriul de ecologitate.

Ecologitate – capacitatea mașinii sau instalației de a diminua poluarea mediului înconjurător.

10 Criteriul de ergonomie și design.

Ergonomie – disciplină care se ocupă cu studiul condițiilor și al metodelor de muncă, al interacțiunii dintre om, mașină și mediul de muncă în diferite tipuri de sisteme industriale, în vederea normalizării raționale a acestora, a îmbunătățirii metodelor și mijloacelor de producție.

Design – domeniu multidisciplinar interesat de ansamblul factorilor (social-economici, funcționali, tehnici, ergonomici, estetici etc.) care contribuie la aspectul și calitatea produsului de serie, a produsului industrial. Modalitate de prezentare estetică a unui lucru.



TEMA 4. BAZELE PROIECTĂRII MAȘINILOR

4.1. Introducere. Noțiuni de bază. Siguranța în exploatare

La proiectarea organelor de mașini capacitatea de funcționare se asigură pe două căi:

Deterministă;

Probabilistică – aleatorie.

Cale deterministă

Asigurarea capacității de funcționare pe cale deterministă se apreciază cu ajutorul coeficientului de siguranță S :

$$S = \frac{Q_{\text{lim}}}{Q_{\text{ef}}} \leq [S]$$

Unde: $Q_{\text{lim}}, Q_{\text{ef}}$ – valoarea limită și efectivă a parametrului față de care se execută asigurarea.

$$Q_{\text{lim}} = \sigma_r; \sigma_c; \sigma_e \quad Q_{\text{ef}} = \frac{F}{A}; \frac{M}{W}; \frac{T}{W_p}$$

$[S]$ – valoarea admisibilă a coeficientului de siguranță.

Valoarea $[S]$ se alege din condiția responsabilității mecanismului sau a construcției.



TEMA 4. BAZELE PROIECTĂRII MAȘINILOR

4.1. Introducere. Noțiuni de bază. Siguranța în exploatare



unde este mai sigur omul că nu va păți nimic, dacă va cădea ?

Mărirea siguranței conduce la extinderea gabaritelor și creșterea masei construcției.



TEMA 4. BAZELE PROIECTĂRII MAȘINILOR

4.1. Introducere. Noțiuni de bază. Siguranța în exploatare

Calea probabilistică

Pentru sistemele complexe se asigură siguranța din punct de vedere statistic. La proiectare se impune condiția ca $[S] \rightarrow S_{\min. pos.}$ – valori minim posibile. Asigurarea capacității de funcționare se face la nivel de calitate a produsului.

Conceptul de **CALITATE** a unui produs, cuprinde o categorie de caracteristici care reprezintă siguranța în funcționare și care formează baza calității serviciului pe care produsul respectiv îl oferă utilizatorilor.

Caracteristicile care condiționează siguranța în funcționare sunt următoarele:

- fiabilitatea;
- mentenabilitatea;
- disponibilitatea.

Aceste caracteristici au o pondere deosebită în cadrul calității produsului.

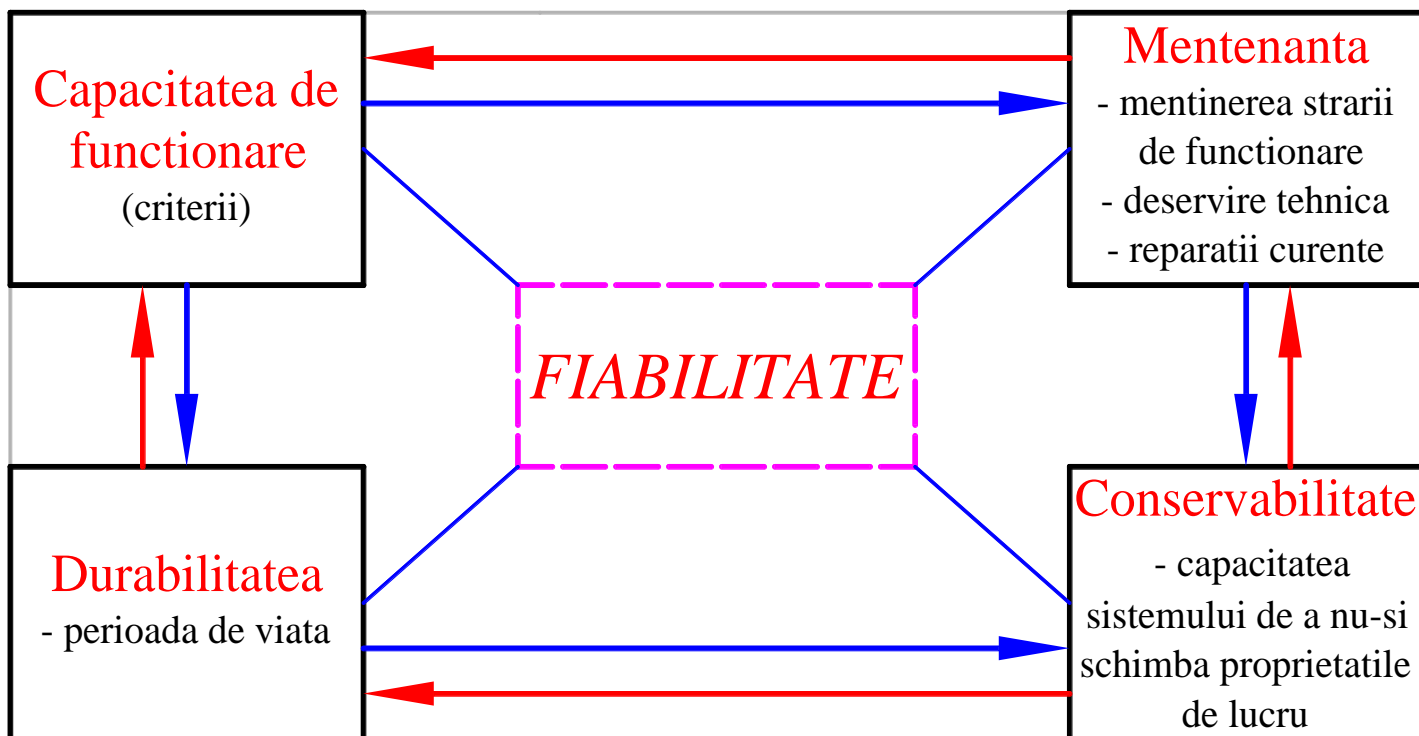


TEMA 4. BAZELE PROIECTĂRII MAȘINILOR

4.1. Introducere. Noțiuni de bază. Siguranța în exploatare

Fiabilitate – totalitatea calităților unui sistem tehnic care determină capacitatea acestuia de a funcționa fără defecțiuni într-un interval de timp în anumite condiții date de exploatare.

Caracteristici de apreciere a fiabilității:



P - Probabilitatea păstrării fiabilității

$$P = \frac{n_f}{n} = \frac{n - n_d}{n}; \quad P = 0 \dots 1$$

unde: n – numărul de sisteme tehnice în eșantionul monitorizat;
 n_d – numărul de sisteme tehnice defectate;
 n_f – numărul de sisteme tehnice rămase în funcțiune



TEMA 4. BAZELE PROIECTĂRII MAȘINILOR

4.1. Introducere. Noțiuni de bază. Tipuri de Sarcini.

Forțe reale: (F) – apar la interacțiunea elementelor sistemului în condiții reale de exploatare sau la încercări a sistemelor reale pe standuri de încercare;

Forțe nominale: (F_{nom}) – sunt forțe care pot fi calculate din anumite premize;

Forțe de calcul: (F_c) – forțele care se folosesc la calculul organelor de mașini.

$$F_c = F_{nom} \cdot k$$

unde: k – coeficient de reducere a forței nominale și are trei componente de bază;

$$k = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3$$

k_1 – coeficient ce ia în considerație factorii constructivi de influență asupra calcului;

k_2 – coeficient ce ia în considerație factorii de exploatare;

k_3 – coeficient ce ia în considerație factorii tehnologici la execuție.

Sarcinile pot avea un caracter permanent sau periodic, cu sarcini constante, variabile și de șoc.