M. ALEXANDRU

M. BĂRZESCU

Drăngoi
Carmen
Valeria

MATERIALE DE CONSTRUCȚII ȘI INSTALAȚII

Manual pentru licee industriale cu profil de construcții, clasa a X-a

Ing. **MARIA ALEXANDRU** prof.
Ing. **MIRCEA BĂRZESCU**

MATERIALE DE CONSTRUCȚII ȘI INSTALAȚII

Manual pentru licee industriale
cu profil de construcții, clasa a X-a

EDITURA DIDACTICĂ ȘI PEDAGOGICĂ – BUCUREȘTI, 1982

Manualul este reeditat după ediția 1980, elaborată conform programei școlare aprobate de Ministerul Educației și Învățământului cu nr. 3448/79

Contribuția autorilor:
ing. **Maria Alexandru** — capitolele I, II, III;
ing. **Mircea Bârzescu** — capitolele IV, V, VI, VII, VIII.

Referenți: ing. *Alexandrina Minciu*

ing. *Veronica Florea*, prof. gr. II
ing. *Valentina Antonescu*, prof. gr. I
ing. *Anghel Ghenea*
ing. *Dumitru Popa*, prof. gr. I

Redactor: ing. MARIANA CĂRBUNAR
Tehnoredactor: PARASCHIVA GAȘPAR
Coperta: IONESCU FLORIN

PARTEA ÎNTÎI

Materiale de construcții

CAPITOLUL I

MATERIALE PENTRU INSTALAȚII DE ALIMENTĂRI CU APĂ ȘI CANALIZĂRI

I.1. TUBURI, ȚEVI ȘI PIESE DE LEGĂTURĂ PENTRU CONDUCTE DE PRESIUNE

În instalațiile de alimentare cu apă, interioare și exterioare, se folosesc conducte denumite „de presiune", deoarece presiunea de regim exercitată de lichide în aceste conducte este totdeauna superioară presiunii atmosferice, putînd atinge, în unele cazuri, valori destul de mari, impuse de consumatori.

Din cadrul acestora fac parte:
— tuburile de presiune din fontă;
— țevile de instalații din oțel, negre sau galvanizate;
— țevile de presiune din plumb;
— țevile din materiale plastice (PVC sau polietilenă);
— tuburile din azbociment;
— tuburile din beton armat precomprimat sau centrifugat;
— tuburile din bazalt;
— tuburile din gresie-ceramică.

În sectorul de construcții-montaj se utilizează pentru instalații și așa-numitele țevi din oțel pentru construcții; acestea sînt fabricate cu pereții mai groși decît țevile de instalații. Pentru a le diferenția în sistemul de notații, pe desene și în documentația tehnico-economică, este necesar a se indica la țevile de instalații numai diametrul nominal ex-

primat în milimetri, de exemplu : $D_n = 25$ mm, iar la cele de construcții diametrul exterior și grosimea peretelui conductei, în milimetri, de exemplu : $D(76 \times 3$ mm).

Sistemul de notație al conductelor prevede, în unele cazuri, necesitatea de a se indica prin inițiale : diametrul nominal, lungimea de fabricație, presiunea nominală și sistemul de îmbinare, deoarece ele pot fi prevăzute cu mufe (TM), cu flanșe (TF), sau și cu mufe și cu flanșe (TMF). De exemplu, tubul $A_c D_n$ 400, P_n 10 bar/STAS 7345/65, unde :

D_n este diametrul nominal ;
P_n — presiunea nominală ;
A_c — azbociment.

I.1.1. TUBURI ȘI PIESE DE LEGĂTURĂ DE PRESIUNE, DIN FONTĂ

Tuburile de presiune din fontă se utilizează la realizarea rețelelor exterioare de alimentare cu apă și, în unele cazuri, chiar pentru instalații interioare, în clădiri industriale. Ele se fabrică prin procesul turnării prin gravitație, fiind prevăzute pentru îmbinare fie cu mufe, fie cu flanșe (TM sau TF). Tuburile cu mufe sînt diferențiate în două clase (A și B), care diferă între ele prin grosimea pereților S, după cum urmează : pentru clasa A,

$$S = \frac{11}{12}(7 + 0{,}02\ D_n),$$

iar pentru clasa B,

$$S = 7 + 0{,}02\ D_n.$$

Lungimea de fabricație a tuburilor cu mufe poate fi de 3 000, 4 000 și 5 000 mm, iar a celor cu flanșe de 2 000, 3 000 și 4 000 mm. Aceste tuburi pot rezista pînă la 10 daN/cm^2.

Tuburile de presiune din fontă se fabrică cu diametrul nominal D_n cuprins între 50 și 1 000 mm.

Piesele de legătură (fig. I.1) sînt prevăzute fie cu mufe, fie cu flanșe, fie și cu mufă și cu flanșă. În notația fiecărei piese se specifică toate caracteristicile, felul ramificației, unghiul de înclinare, diametrul nominal etc. (ca și pentru tuburile respective).

Tuburile și piesele de legătură sînt protejate cu un strat de bitum care să nu prezinte fisuri și să nu fie deteriorat ; deoarece se livrează neambalate, se transportă cu atenție ca să nu se spargă. Se utilizează

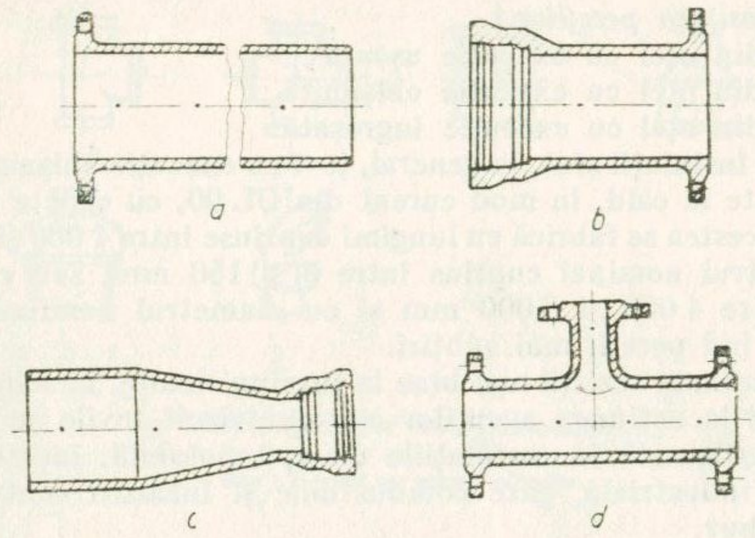


Fig. I.1. Piese de legătură pentru tuburi de presiune din fontă :
a — cu flanșe ; *b* — cu mufă și flanșă ; *c* — reducție cu mufă ; *d* — ramificație cu flanșă.

mijloace mecanizate pentru încărcare-descărcare, de aceea este necesar să se verifice sistemul de prindere, balansul tuburilor și integritatea cablurilor.

Tuburile se depozitează pe suprafețe plane în aer liber, ferite de loviri, sortate pe tipuri și dimensiuni.

I.1.2. ȚEVI ȘI PIESE DE LEGĂTURĂ DIN OȚEL (FITINGURI)

Țevile din oțel sînt diversificate, avînd caracteristici diferite și utilizări multiple și se clasifică după cum se prezintă în continuare.

După sistemul de fabricație :
— țevi din oțel fără sudură, laminate la cald ;
— țevi din oțel fără sudură, laminate la rece ;
— țevi din oțel sudate elicoidal ;
— țevi din oțel sudate longitudinal.

După modul de protecție contra coroziunii :
— țevi din oțel, negre ;
— țevi din oțel, zincate (galvanizate).

După felul capetelor țevii :
— cu capete filetate ;
— cu capete nefiletate.

După grosimea pereților :
— țevi din oțel cu execuție ușoară ;
— țevi din oțel cu execuție obișnuită ;
— țevi din oțel cu execuție îngroșată.

Țevile de instalații sînt, în general, țevi cu execuție obișnuită și îngroșată, laminate la cald, în mod curent din OL 00, cu capete filetate sau nefiletate. Acestea se fabrică cu lungimi cuprinse între 4 000 și 12 000 mm și cu diametrul nominal cuprins între 6 și 150 mm, sau cu lungimea cuprinsă între 4 000 și 8 000 mm și cu diametrul nominal între 6 și 100 mm, avînd pereții mai subțiri.

Țevile laminate rezistă mai bine la presiuni înalte, la solicitările prin încovoiere și la acțiunea agenților corosivi, decît țevile sudate. Țevile zincate se utilizează în instalațiile de apă potabilă, iar țevile negre pentru apă industrială, gaze combustibile și încălziri centrale cu apă caldă sau abur.

Țevile filetate necesită protejarea filetului prin aplicarea unei unsori consistente, avînd la unul din capete înșurubată o mufă care servește la îmbinare.

Țevile din oțel carbon OLT 32, 35, 45, 55, 65 sau din oțel aliat, laminate la cald, sînt caracterizate prin pereți mai groși, cu diametrul exterior de la 25 la 530 mm și cu grosimea pereților între 2,5 și 36 mm ; lungimile lor variază între 1 500 și 12 500 mm. Se utilizează curent în rețelele de distribuție ale instalațiilor și în construcțiile metalice. Notațiile se fac precizînd diametrul exterior și grosimea respectivă a peretelui conductei.

Țevile din oțel sudate sînt destinate în special instalațiilor de transportat apă, gaze sau abur. Țevile se marchează prin vopsire sau poansonare.

Livrarea țevilor se face fie în legături etichetate, cele cu diametrul exterior pînă la 57 mm, fie libere, cele cu diametrul exterior mai mare de 57 mm. Depozitarea lor se face pe rastele sau în stive, de preferință în depozite acoperite.

Piesele de legătură (coturi, curbe, teuri, cruci, mufe, reducții, dopuri, piulițe olandeze) sînt prevăzute cu filet interior cilindric sau cu filet exterior conic și sînt protejate cu un lac incolor rezistent la coroziune. Ele pot fi din fontă maleabilă și din oțel forjat, negre sau zincate. Pe suprafața lor sînt marcate : diametrul nominal, marca întreprinderii, marca oțelului, standardul de fabricație (fig. I.2). Se transportă ambalate în lăzi sau conteinere și se depozitează în magazii închise, sortate pe tipuri și dimensiuni.

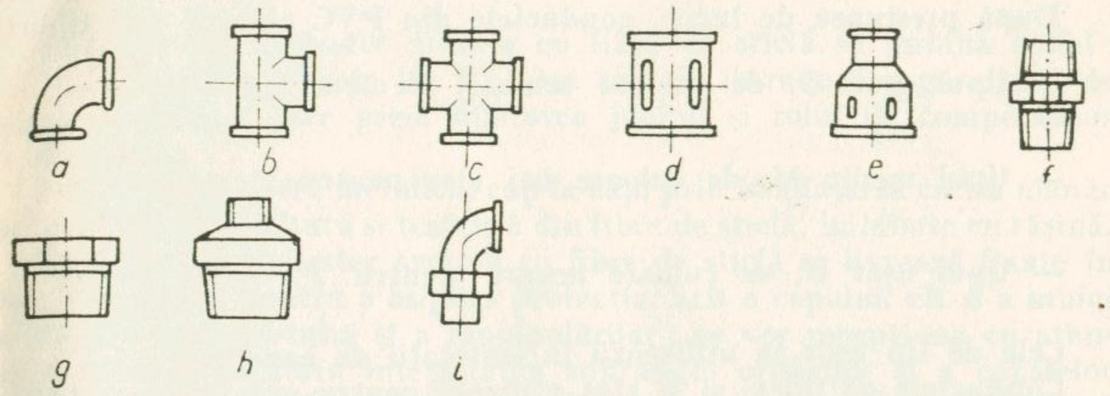


Fig. I.2. Fitinguri din fontă maleabilă :
a — cot ; *b* — teu ; *c* — cruce ; *d* — mufă ; *e* — mufă redusă ; *f* — niplu ; *g* — reducție ; *h* — dop ; *i* — cot cu racord olandez.

I.1.3. ȚEVI DE PRESIUNE DIN PLUMB

Țevile din plumb se utilizează în instalații interioare pentru executarea legăturilor între robinetele amplasate pe obiectele sanitare și conductele din oțel, sau în alte situații, cînd sînt necesare unele legături de racord scurte.

Pereții îngroșați ai conductelor fac posibilă deosebirea dintre țevile de presiune din plumb și cele de scurgere. În notațiile dimensionale pe planuri intervin atît diametrul exterior, cît și grosimea peretelui, separate printr-o linie oblică (de exemplu : Pb 28/4 mm).

Îmbinările între conductele din plumb se fac prin lipire, iar între plumb și oțel se fac prin intermediul unor piese speciale, care permit spre plumb lipirea și spre oțel filetarea.

Aceste țevi se livrează în colaci a căror masă nu trebuie să depășească 100 kg. Transportul impune atenție pentru a nu se lovi, fiind ușor deformabile ; se depozitează în magazii închise.

I.1.4. CONDUCTE ȘI PIESE DE LEGĂTURĂ DIN MATERIAL PLASTIC

Conductele din policlorură de vinil (PVC) sau din polietilenă se folosesc atît în instalațiile interioare, cît și în cele exterioare, înlocuind pe scară largă conductele metalice.

După presiunea de lucru, conductele din PVC sînt de trei tipuri :

— tipul greu G, de culoare cenușie, pentru $P_n = 10 \frac{daN}{cm^2}$;

— tipul mediu M, de culoare bej clar pentru $P_n = 6 \frac{daN}{cm^2}$;

— tipul ușor U, de culoare neagră pentru $P_n = 2{,}5 \frac{daN}{cm^2}$.

Cele de tip ușor se utilizează în instalații de canalizări.

Conductele de tip G și M sînt utilizate pentru apă rece și caldă, a cărei temperatură nu depășește +40°C.

Conductele de tip G se fabrică cu diametrul exterior cuprins între 10 și 90 mm, iar țevile de tip M, cu diametrul exterior între 10 și 210 mm.

Îmbinarea țevilor se face prin lipire, prin intermediul fitingurilor din PVC, sau prin filet, în care caz fitingurile sînt prevăzute, ca și țevile, cu filet.

Fitingurile, cu sau fără filet, servesc nu numai la îmbinări, ci și la schimbări de direcție, ramificații, schimbări de secțiune etc.

Conductele din material plastic sînt mai avantajoase decît cele din celelalte materiale, deoarece sînt mai ușoare, mai ieftine, mai durabile, nu se corodează, se prelucrează și se fasonează mai ușor decît cele din metal ; nu pot fi utilizate pentru temperaturi depășind maximum 90°C, deoarece se deformează. Pe timp de îngheț devin casante, fapt care le îngustează domeniile de utilizare.

Conductele se livrează în funcție de diametrul nominal, astfel : pînă la 40 mm se livrează sub formă de pachete protejate cu manșon de hîrtie, iar peste 40 mm, libere, necesitînd însă un transport atent.

Tuburile din poliester armate cu fibre de sticlă se utilizează în situațiile în care sînt de rezolvat următoarele probleme : agresivitatea fluidului vehiculat, agresivitatea solului și etanșeitatea perfectă în cazul aducțiunilor de apă potabilă și industrială, a rețelelor tehnologice pentru lichide și gaze, a canalizărilor de ape menajere și industriale. Aceste tuburi înlocuiesc cu succes tuburile de presiune din fontă și pe cele de scurgere, din beton, azbociment, bazalt și gresie.

Tuburile din poliester armate cu fibre de sticlă se fabrică prin înfășurare, gama diametrelor nominale fiind cuprinsă între 50 și 800 mm și presiunea nominală pînă la 16 daN/cm², sau prin centrifugare, pentru D_n cuprins între 800 și 1 200 mm, destinate numai pentru scurgerea liberă a lichidelor. Lungimea lor variază între 3 000 și 6 000 mm. Ele sînt de trei tipuri : greu (G), mediu (M) și ușor (U).

Tuburile din poliester armate cu fibre de sticlă se îmbină astfel :

— cu mufă și cep de tip P, între care se introduce o garnitură de cauciuc specială, care preia dilatarea jucînd și rolul de compensator de dilatație ;

— cu flanșă liberă metalică, cap la cap, prin bandajarea cu un număr de benzi din împletitură și țesătură din fibre de sticlă, îmbibate cu rășină.

Tuburile din poliester armate cu fibre de sticlă se livrează fixate în stelaje de lemn, pentru a asigura protecția, atît a cepului, cît și a mufei pe durata transportului și a manipulărilor ; se vor recepționa cu atenție, pentru a constata integritatea suprafeței cepurilor și a canalelor pentru garniturile din interiorul mufelor. Aceste tuburi nu trebuie să prezinte zgîrieturi, incrustații de nisip, pămînt aderent etc.

În cazul folosirii stivuitoarelor mecanice, nu se permite ca furcile stivuitoarelor să vină în contact cu suprafața țevilor, ci cu a stelajului din lemn pe care sînt fixate. În cazul utilizării macaralelor, pentru tuburile mari nu se folosesc cabluri metalice, ci numai funii intacte, pentru a evita zgîrierea suprafeței tuburilor.

I.1.5. TUBURI ȘI PIESE DE LEGĂTURĂ DIN AZBOCIMENT

Tuburile și piesele de legătură din azbociment se folosesc ca înlocuitoare ale tuburilor de presiune din fontă, în rețelele exterioare de alimentare cu apă potabilă sau cu apă industrială. Azbestul, ca rocă naturală, în combinație cu cimentul și apa, se caracterizează printr-o bună comportare la presiune și impermeabilitate, fapt care permite utilizarea tuburilor din azbociment pe scară largă, fiind mai ușoare și economisind cantități considerabile de metal. Aceste tuburi au dezavantajul că sînt mai puțin rezistente la trepidații și șocuri mecanice, fapt care le limitează domeniul de utilizare.

Tuburile din azbociment se fabrică cu diametrul cuprins între 80 și 900 mm și cu lungimea de 3 000 și 5 000 mm și sînt marcate vizibil, pe fața exterioară, cu data fabricației, diametrul nominal și presiunea nominală.

Îmbinarea lor se face cu mufe, necesitînd o prelucrare de subțiere prin strunjire a capătului de îmbinare (fig. I.3, *b*), sau cu cuplaje Gibault (fig. I.3, *a*). Etanșeitatea se realizează prin inele de cauciuc fixate pe canale prevăzute special la extremitățile tubului. Se pot îmbina și prin mufe și flanșe din fontă, sistem utilizat pentru schimbări de direcție (coturi), schimbări de secțiune (reducții), ramificații și îmbinări între tuburi și armături. În cazul acesta, piesele de legătură din fontă au un capăt drept pentru tubul din azbociment cu flanșă sau mufă.

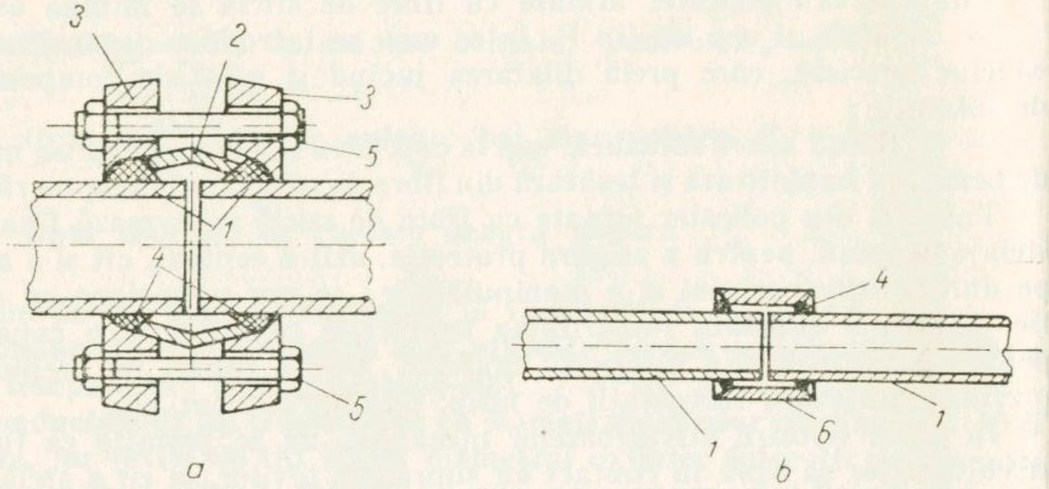


Fig. I.3. Îmbinarea tuburilor din azbociment :
a — cu cuplaje Gibault ; *b* — cu manșon ; *1* — tub din azbociment ; *2* — manșon din oțel ; 3 — flanșe ; *4* — inele de cauciuc ; *5* — buloane ; *6* — manșon.

Transportul și operațiile de încărcare-descărcare a tuburilor se efectuează cu atenție, pentru a fi ferite de trepidații și șocuri mecanice. Stivuirea lor limitează înălțimea la maximum 2 m. Ele se depozitează pe suprafețe plane, pe care să nu se acumuleze apa rezultată din ploi etc. Inelele din cauciuc pentru etanșare se ambalează în lăzi sau conteinere și se depozitează în magazii.

I.1.6. TUBURI DIN BETON ARMAT

Tuburile din beton armat pot fi : tuburi din beton armat centrifugat și tuburi din beton armat precomprimat.

Tuburile din beton armat centrifugat au domeniul de utilizare corespunzător tipului de fabricație, astfel : tipul I este folosit în alimentări cu apă, irigații și canalizări (sub presiune), iar tipul II este folosit la transportul apei prin curgere liberă și la canalizări.

Se fabrică pentru presiuni pînă la 2,5 daN/cm², avînd D_n cuprins între 400 și 1 400 mm și lungimea între 2 500 și 3 500 mm. Se produc în mod curent tuburile cu D_n de 800, 1 200 și 1 400 mm, celelalte diametre necesitînd acordul între părțile interesate.

Tuburile din beton armat precomprimat se execută cu diametrul nominal D_n cuprins între 400 și 1 500 mm, cu lungimea de 5 000 mm și pentru P_n între 10 și 1 daN/cm².

Îmbinarea lor se realizează cu mufe din beton, iar etanșarea, cu garnituri din cauciuc.

Piesele de legătură (coturi) sînt confecționate din tole de oțel sudate, protejate cu bitum contra coroziunii.

Pentru transport se folosesc trailere, pe care sînt fixate stelajele cu tuburi. Ele se depozitează pe suprafețe plane, pe reazeme de lemn (longrine), aflate la aproximativ 80 cm de capete.

Pentru a evita rostogolirea lor, tuburile se asigură cu pene. Pentru manipulare se folosesc mijloace mecanizate, tuburile agățîndu-se obligatoriu din două puncte. Se admite rularea lor pe plane orizontale, numai pe două longrine de lemn, cu condiția să nu se ruleze pe mufă sau pe porțiunea de îmbinare de la capătul fără mufă al tubului. Marcarea se efectuează pe suprafața exterioară, cu vopsea contrastantă, cuprinzînd marca de fabrică, diametrul nominal, numărul de ordine, anul de fabricație și presiunea nominală, de exemplu PROGRESUL 800-21 14753-1971, $P_n = \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$; cu specificația „A nu se lovi".

I.2. TUBURI, ȚEVI ȘI PIESE DE LEGĂTURĂ PENTRU CONDUCTE DE SCURGERE

Tuburile și piesele de legătură folosite în instalațiile de canalizare interioare și exterioare se caracterizează prin solicitări la presiuni mai mici, dar la acțiuni de coroziune foarte mari, de aceea sfera de utilizare a tuburilor este determinată de natura apelor de scurgere; acestea pot fi: ape uzate menajere, ape industriale, ape provenite din precipitații atmosferice și din topirea zăpezii. Un alt criteriu pentru alegerea conductelor de canalizare este și natura terenului și a solului în care se utilizează aceste tuburi.

După materialul din care sînt executate ele pot fi :
- tuburi și piese din fontă ;
- tuburi din plumb ;
- tuburi și piese din material plastic de tip ușor ;
- tuburi din materiale ceramice ;
- tuburi din beton simplu.

I.2.1. TUBURI ȘI PIESE DE SCURGERE DIN FONTĂ

Tuburile și piesele de scurgere din fontă se execută în două tipuri :
— tipul I, tuburi și piese ce se supun probelor de încercare la etanșeitate la presiunea hidraulică de 1 daN/cm² ;

— tipul II, tuburi și piese ce se supun probelor de încercare la etanșeitate la presiunea hidraulică de 0,4 daN/cm^2.

Ele se fabrică cu diametrul nominal cuprins între 50 și 200 mm și cu lungimea cuprinsă între 150 și 2 000 mm.

Pe suprafața interioară și exterioară a tuburilor și pieselor de legătură se aplică un strat protector obținut prin gudronare la cald.

Piesele de legătură pentru canalizări cuprind ramificațiile simple sau duble, cu diferite unghiuri de înclinare, curbe de etaj (coturi), piese de curățire etc. Piesele de curățire servesc la curățirea conductelor în cazul înfundării conductelor de scurgere.

Tuburile și piesele din fontă se transportă aranjate ordonat în stive, evitîndu-se spargerea lor prin lovire, la încărcare și descărcare ; se depozitează în stive, sortate pe tipuri și dimensiuni.

I.2.2. TUBURI DE SCURGERE DIN PLUMB

Tuburile din plumb se folosesc la racordarea obiectelor sanitare la coloanele de scurgere din fontă sau la sifoanele de pardoseală. Grosimea pereților este inferioară grosimii tuburilor de presiune. Ele se fabrică cu diametrul exterior cuprins între 34 și 105 mm și cu lungimea de 2 000 mm.

Transportul și depozitarea se fac în condiții care să evite lovirile tuburilor. Uneori, tuburile se ambalează sau se protejează cu talaș.

I.2.3. TUBURI ȘI PIESE DE LEGĂTURĂ (FASONATE) DIN MATERIAL PLASTIC

Pentru canalizări interioare se folosesc țevile din policlorură de vinil de tipul U, de culoare neagră, atît pentru ape uzate menajere, cît și pentru evacuarea apelor pluviale de pe terase, ca înlocuitoare a tuburilor din fontă. Se evită utilizarea lor acolo unde temperatura apelor ar putea depăși anumite limite admisibile.

Aceste tuburi se îmbină prin lipire cu adezivi.

Gama de fabricație a pieselor fasonate cuprinde : mufe, coturi, reducții, ramificații simple și duble, manșoane de dilatație, piese de

curățire, dopuri și capace. Diametrul lor variază între 32 și 160 mm. Pe fiecare tub se prevede o mufă de îmbinare.

Transportul și depozitarea cer aceleași precauții ca la tuburile din policlorură de vinil de tipul M și G.

I.2.4. TUBURI DIN MATERIALE CERAMICE

Tuburile din materiale ceramice pot fi din bazalt artificial și din gresie ceramică. Ele sînt folosite în special pentru evacuarea apelor uzate industriale care conțin agenți agresivi (acizi și baze).

Tuburile sînt glazurate la interior și exterior. Cele din bazalt se fabrică cu lungimea de 1 000 mm și diametrul nominal de 75 ; 100 ; 125 și 150 mm, sau cu lungimea de 1 500 mm și diametrul nominal cuprins între 200 și 1 000 mm.

Tuburile din gresie ceramică antiacidă au diametrul cuprins între 50 și 300 mm, utilizîndu-se și la transportul unor lichide extrem de corosive, în instalații tehnologice. Tuburile din gresie ceramică obișnuită se fabrică cu diametrul nominal cuprins între 75 și 1 000 mm.

Tuburile din materiale ceramice se îmbină cu mufe sau cu flanșe, iar pentru etanșarea îmbinării lor se prevăd inele de cauciuc montate atît în șanțurile practicate în peretele interior al mufei, cît și pe suprafața exterioară a tubului care se îmbină. Tuburile care sînt prevăzute cu garnituri se transportă în stelaje de lemn, în lăzi sau în conteinere, iar cele fără garnituri sînt ambalate în talaș sau paie. Ele se depozitează în locuri acoperite, ferite de rostogoliri.

I.2.5. TUBURI DIN BETON SIMPLU

Tuburile din beton simplu au formă circulară, simbolizată cu C, sau ovoidală, simbolizată cu O.

După modul de așezare, tuburile se execută cu sau fără talpă. Cele ovoidale au obligatoriu talpă (fig. I.4).

Îmbinarea acestor tuburi se realizează cu mufă sau cu cep și buză.

Operațiile de încărcare-descărcare și transport impun atenție, pentru a le feri de lovituri și șocuri. Depozitarea lor se face pe suprafețe plane.

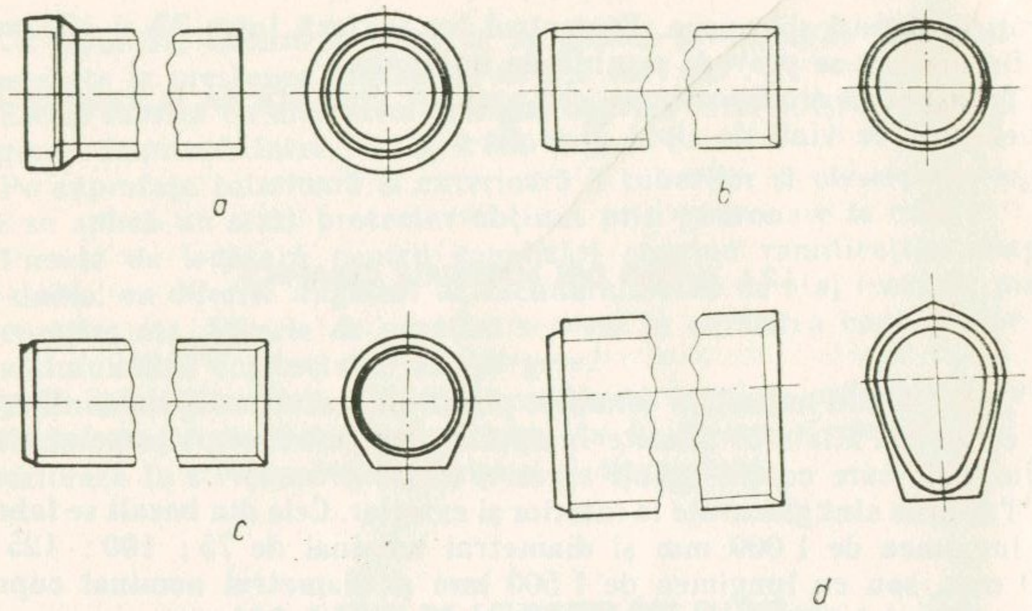


Fig. I.4. Tuburi din beton :
a — cu mufă ; *b* — cu cep şi buză ; *c* — cu talpă ; *d* — ovoidal.

I.3. ARMĂTURI PENTRU CONDUCTE DE INSTALAŢII

Armăturile sînt dispozitive montate pe conducte sau pe părţile componente ale instalaţiei destinate transportului, depozitării şi distribuirii fluidelor.

Criteriile de clasificare a armăturilor sînt multiple.

După funcţia pe care o au, armăturile pot fi :

— armături de trecere ;
— armături de reglare ;
— armături de siguranţă ;
— armături de reţinere ;
— armături de evacuare a aerului ;
— armături de preluare a surplusului de energie.

În funcţie de materialul corpului armăturii, ele pot fi : armături din oţel, fontă, bronz, alamă, material plastic.

După natura fluidului de lucru, armăturile pot fi pentru : apă, abur, gaze, produse chimice etc.

După modul de racordare la conducte, armăturile pot fi : cu mufe filetate, cu flanşe, cu capete pentru sudare sau lipire, mixte (lipire şi sudare).

După modul de acţionare, armăturile pot fi : cu acţionare manuală (directă sau prin reductor), cu acţionare mecanică, electrică, hidraulică, pneumatică (directă sau la distanţă).

După valoarea presiunii de regim, armăturile pot fi : pentru joasă presiune, pentru presiune înaltă etc.

Din punct de vedere constructiv, armăturile prezintă unele elemente de bază comune, şi anume : elementul sau organul de acţionare şi organul de execuţie a comenzii primite. Organul de execuţie este compus din corpul armăturii şi organul de închidere. Organul de închidere necesită constructiv două suprafeţe de etanşare : una fixă numită scaun şi alta mobilă, care prin deplasare asigură funcţionarea armăturii (excepţie fac armăturile de reglare). După forma organului de etanşare, se diferenţiază următoarele tipuri de organe de închidere : cu ventil, cu sertar-pană, cu clapetă-valvă, cu clapetă-fluture, cu cep, cu sertar de distribuţie.

I.3.1. ARMĂTURI DE TRECERE

Robinetul cu ventil are corpul din fontă sau oţel, turnat sau forjat, şi se utilizează pentru apă, abur, gaze etc.

Presiunile şi diametrele nominale sînt în funcţie de tipul constructiv (cele din fontă au P_n cuprinsă între 6 şi 25 daN/cm^2, iar cele din oţel au P_n cuprinsă între 25 şi 400 daN/cm^2).

Părţile componente ale robinetului cu ventil sînt : corpul robinetului *8*, capacul robinetului *7*, ventilul sau supapa *1*, tija de acţionare *5*, roata de manevră *6*, presgarnitura *10*, garniturile de etanşare *2* şi *9*, scaunul ventilului *4*, prevăzut cu orificiul *3* (fig. I.5).

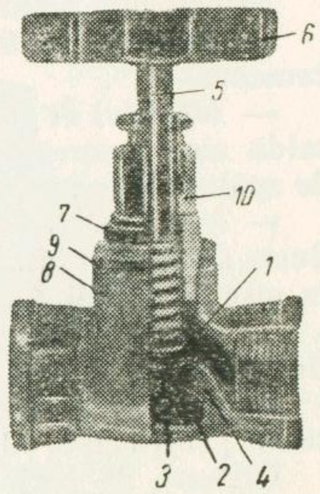


Fig. I.5. Robinet cu ventil.

Robinetul poate avea o tijă cu filetul la interior, fapt care nu-i permite utilizarea pentru fluide cu temperaturi mai mari de 150°C. Pentru temperaturi mai mari de 150°C, robinetul este prevăzut cu o tijă cu filet la exterior.

Robinetele cu ventil se pot diferenţia nu numai după filetul tijei, ci şi după forma constructivă a corpului ; din acest punct de vedere, pot fi : drepte (v. fig. I.5), cu tijă înclinată, de colţ (fig. I.6).

După forma ventilului, robinetele pot fi : cu ventil plan, conic, sferic.

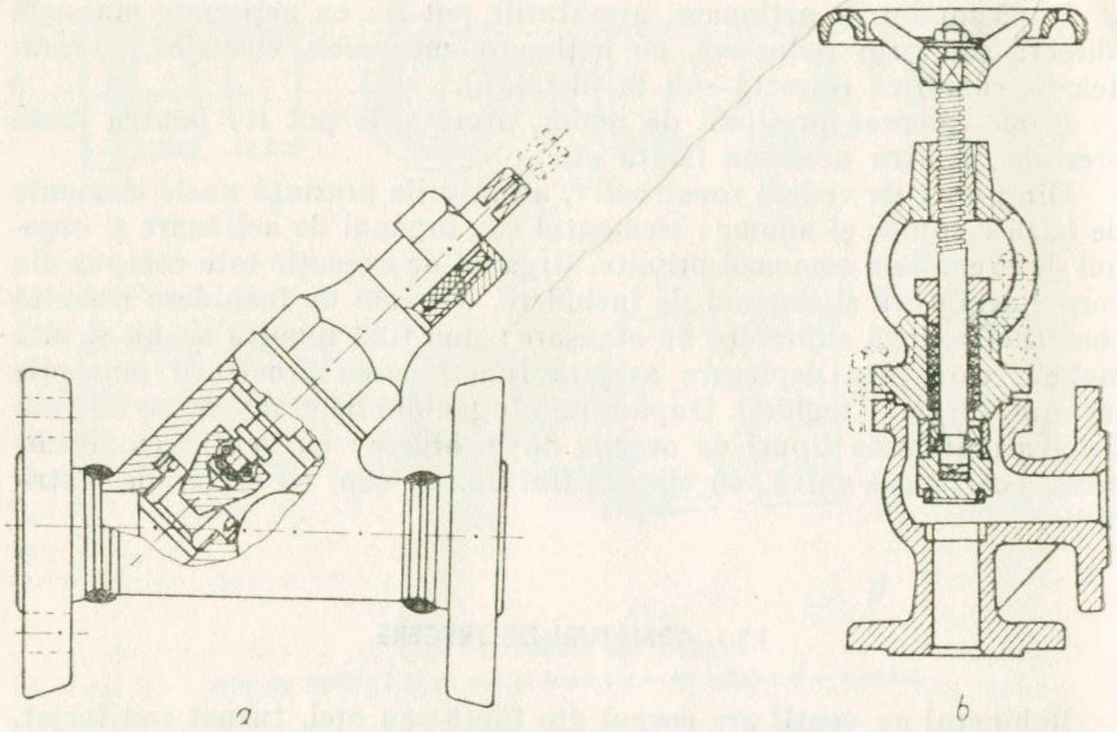


Fig. I.6. Tipuri de ventil :
a — cu tijă înclinată ; *b* — de colț.

Robinetele cu ventil pot fi racordate la conducte prin flanșe, prin filet (cu mufe filetate) și prin sudură (prin capete de sudare), sau la un capăt prin filet și la celălalt capăt prin lipire pe tubul de plumb sau de material plastic, în care caz intervine racordul cu piuliță olandeză.

Principalele tipuri de robinete cu ventil sînt :

— *robinetul pentru montaj îngropat*, de 16 mm, utilizat în apartamente ;

— *robinetul de colț*, de 16 mm, utilizat la racordurile de apă rece și caldă ale lavoarelor, și de 10 mm, pentru alimentarea rezervorului de spălare a vasului de closet ;

— *hidrantul de grădină*, folosit pentru stropit, se montează pe conducte subterane în cutii speciale, sau în cămine de vizitare, uneori chiar în nișe în pereții clădirilor ;

— *robinetul cu plutitor*, destinat menținerii unui anumit nivel al lichidului într-un rezervor.

Robinetul cu sertar (vană) poate fi din fontă sau oțel și se utilizează pentru apă, abur, gaze etc.

Organul de închidere-deschidere este sertarul care este în formă de placă sau de pană.

Corpul robinetului este de formă plană, ovală sau rotundă, iar tija de comandă poate fi cu filet interior sau exterior.

Părțile componente ale robinetului cu sertar (fig. I.7) sînt : corpul robinetului *1*, capacul robinetului *5*, sertarul sau vana *2*, tija *3*, garnitura *7*, roata de manevră *6* și secțiunea de trecere *4* care permite trecerea fluidului.

Robinetele cu sertar permit circulația fluidului în ambele sensuri, iar etanșarea se obține prin presiunea exercitată de sertar pe corpul robinetului. Garniturile sînt confecționate din cauciuc, azbest, material plastic, clingherit, carton, sfoară impregnată etc. Se fabrică pentru diametre nominale cuprinse între 40 și 200 mm, cu presiunea nominală cuprinsă între 1 și 25 daN/cm^2 ; în cazuri speciale pînă la presiunea de 400 daN/cm^2.

Modurile de racordare la conducte sînt asemănătoare cu cele specificate la robinetul cu ventil.

Robinetul cu cep. Organul de închidere-deschidere al secțiunii de trecere a fluidului este cepul. Acesta, prin rotire în corpul robinetului, permite trecerea fluidului prin orificiul practicat transversal în cep, ce va elibera mai mult sau mai puțin secțiunea pe care o obturează, în funcție de poziția în care se află. Cursa de rotire a cepului este limitată de un opritor.

Tipurile uzuale de robinete cu cep sînt : cu strîngere, cu cutie de etanșare, cu autoetanșare cu arc, cu ungere. Robinetele cu cep prezintă unele avantaje, ca : elemente puține, de construcție simplă și robustă, siguranță în exploatare și întreținere ușoară. Are însă dezavantajul

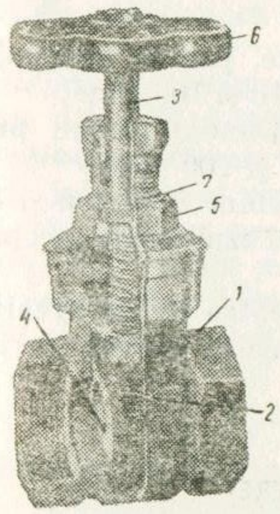


Fig. I.7. Robinet cu sertar.

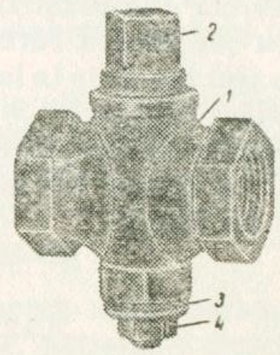


Fig. I.8. Robinet cu cep cu strîngerea piuliței :
1 — corp ; *2* — cap pătrat ; *3* — rondelă ; *4* — piuliță hexagonală.

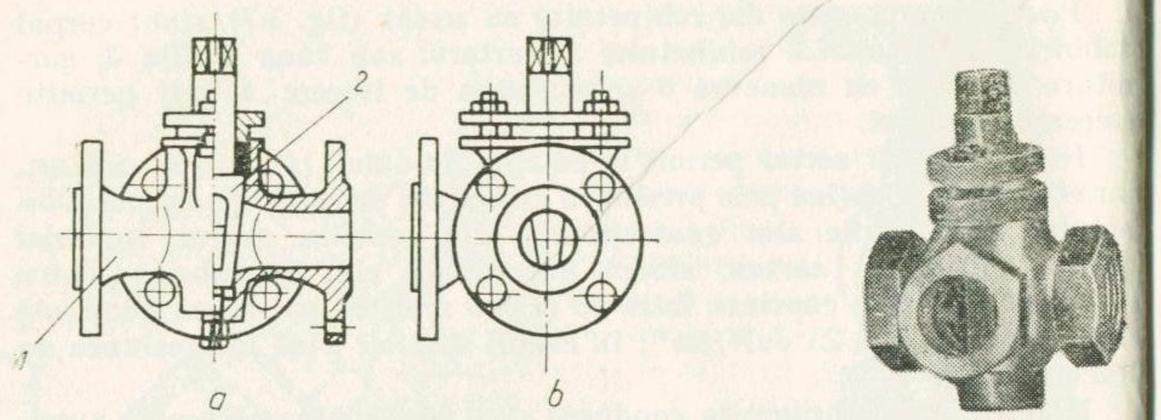


Fig. I.9. Robinet cu cep cu trei căi :
a — secțiune ; *b* — vedere laterală ; *c* — vedere din față ; *1* — corp ; *2* — cep.

că necesită suprafață foarte mare de etanșare, ce impune o prelucrare atentă și oarecum dificilă a formei conice. În figura I.8 este reprezentat robinetul cu cep cu strîngerea piuliței (*4*). Rondela *3* constituie siguranța contra deșurubării piuliței. La baza mare (superioară) a cepului 2 este prevăzut capul pătrat pe care se fixează cheia de manevră, detașabilă. Pe capul pătrat se află crestată o linie care indică sensul închis sau deschis, în funcție de poziția ei față de axul longitudinal al conductei.

În instalații, robinetele cu cep se utilizează cu precădere pentru gaze naturale, fiind de două tipuri :

— tipul I, robinet cu cep cu mufe filetate, pentru presiuni nominale de 1 daN/cm², cu diametrul cuprins între 10 și 100 mm ;

— tipul II, robinetul cu cep cu corpul înfundat pentru presiunea de 10 daN/cm², cu diametrul cuprins între 65 și 100 mm.

Pentru racordarea furtunului se folosesc robinete cu cep și cap fluture, care sînt montate în laboratoare sau pentru uzul casnic al aparatelor consumatoare de gaz.

Robinetele cu cep pot fi cu două, trei sau patru căi de circulație ale fluidului. În figura I.9 este reprezentat robinetul cu cep cu trei căi, prevăzut cu flanșe.

I.3.2. ARMĂTURI DE REȚINERE

Armăturile de reținere servesc la asigurarea curgerii fluidului într-un singur sens de circulație. O eventuală inversare de sens este împiedicată de organul de reținere al robinetului, care se mai numește și clapetă sau ventil de reținere. Armăturile de reținere sînt : cu ventil, cu

clapetă, cu bilă, cu fluture. Se folosesc pentru apă, vapori, aer comprimat, gaze etc.

În figura I.10 este prezentat robinetul de reținere cu ventil, utilizat în instalațiile de apă și abur pentru temperaturi de maximum 120°C. Se fabrică pentru diametre nominale cuprinse între 10 și 100 mm și presiunea nominală de 10 daN/cm².

Robinetul de reținere cu clapetă se utilizează pentru temperatura maximă de 225°C și presiunea pînă la 10 daN/cm². Închiderea clapetei se realizează fie sub acțiunea propriei greutăți, fie sub acțiunea unei pîrghii cu contragreutate sau a unui arc elicoidal.

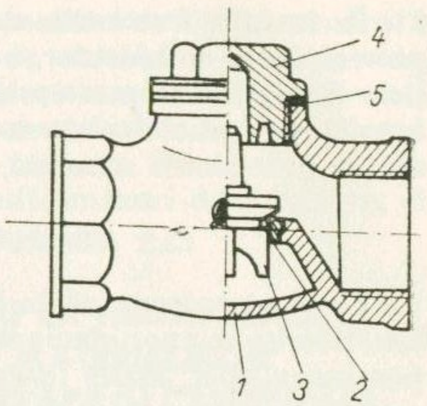


Fig. I.10. Robinet cu reținere cu ventil :
1 — corp ; *2* — inel de etanșare ; *3* — ventil ; *4* — capac ; *5* — garnitură.

I.3.3. ARMĂTURI DE REGLARE

Armăturile de reglare servesc la reglarea și menținerea parametrilor funcționali ai fluidului de lucru. Ele pot fi independente sau integrate în instalația de automatizare pentru reglarea parametrului respectiv (presiune, temperatură etc.).

Cele mai simple armături de reglare folosite în instalații sînt :

— *clapetele de reglare*, care pot reduce secțiunea de trecere a fluidului prin rotirea clapetei cu ajutorul unui mîner, realizînd reglarea debitului ;

— *reductoarele de presiune*, care servesc la menținerea unei presiuni constante și mai mică față de presiunea de intrare a fluidului, prin micșorarea secțiunii de trecere a fluidului. Aceasta se realizează cu ventil acționat prin intermediul unei tije de către o membrană sau un piston, ce se află sub acțiunea presiunii fluidului ;

— *regulatoarele de presiune*, de uz casnic sau industriale, care se folosesc pentru distribuția și transportul gazelor naturale, în scopul de a reduce și a menține presiunea constantă, fie la consumatori, fie la rețea.

I.3.4. ARMĂTURI DE SIGURANȚĂ

Armăturile de siguranță asigură menținerea unor parametri tehnologici în limitele admise. Ele pot fi simple, acționate direct de presiunea fluidului (supapele de siguranță), sau complexe, acționate prin impuls, de către o sursă de energie auxiliară (supapele de siguranță cu impuls).

Armăturile de siguranță simple pot fi : cu ventil și contragreutate, cu arc etc.

În instalații se utilizează, în mod curent, armăturile de siguranță pe recipiente de hidrofor, boilere, cazane de încălzire centrală etc. Supapele de siguranță pun instalația în legătură cu atmosfera, cînd presiunea crește peste valoarea stabilită, menținînd-o astfel pînă cînd se revine la valoarea normală, cînd armătura realizează o închidere sigură.

I.3.5. ARMĂTURI DE REȚINERE A IMPURITĂȚILOR

Fluidele antrenează în instalație impurități care pot perturba buna funcționare a unor elemente. Acestea trebuie reținute chiar înainte de pomparea apei, astfel la capătul de aspirație al pompelor se montează *sorburi* cu separatoare de impurități. Pe lîngă rolul de a reține impuritățile, sorbul evită circulația fluidului în sens invers sensului de aspirație, fiind prevăzut cu un ventil sau cu clapetă de reținere (fig. I.11).

Tot pentru reținerea impurităților (nămolului) din rețelele termice, se montează *separatorul de nămol*, prevăzut cu o sită pentru reținere ; poate fi cu fund demontabil, care permite curățirea lui direct, sau cu fund fix, în cazul conductei de intrare cu D_n de peste 250 mm.

I.3.6. ARMĂTURI DE AERISIRE

Armăturile de aerisire servesc la evacuarea aerului din instalațiile de apă și abur fără pierderi de fluid, sau în unele cazuri permit, pe lîngă evacuare, și intrarea aerului, cînd instalația se golește de apă.

Armăturile de aerisire și dezaerisire pot fi acționate manual sau automat (fig. I.12).

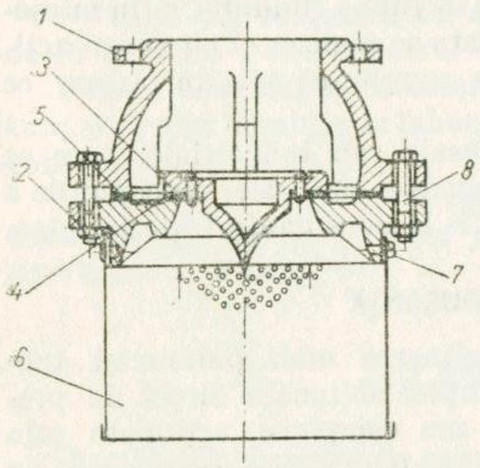


Fig. I.11. Sorb cu ventil de reținere :
1 — capac ; 2 — scaun ; 3 — ventil ; 4, 5 — garnituri de etanșare ; 6 — sită ; 7, 8 — șuruburi.

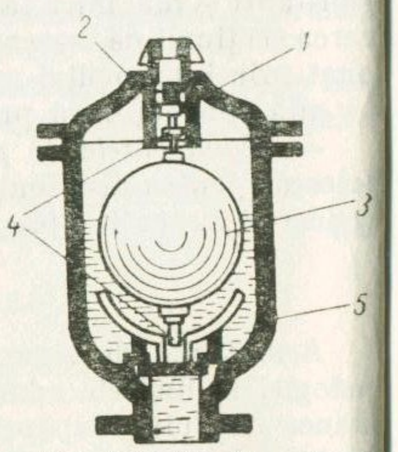


Fig. I.12. Ventil automat de dezaerisire :
1 — ventil ; 2 — scaun ; 3 — plutitor ; 4 — ștuț (orificiu) ; 5 — suport plutitor.

În funcție de sensibilitatea fiecărui tip de armătură se procedează la sisteme de ambalare cît mai eficiente. Ele se ambalează în cutii, conteinere, care le asigură integritatea tuturor parametrilor menționați de către producător. Sortarea pe tipuri și caracteristici se depozitează în magazii, pe rafturi sau în cutii. Altele, care au dimensiuni foarte mari și nu sînt expuse deteriorărilor, nu necesită măsuri de ambalare, ci numai atenție la transport și depozitare.

I.4. MĂSURI DE PROTECȚIE A MUNCII LA MANIPULAREA, TRANSPORTUL ȘI DEPOZITAREA MATERIALELOR PENTRU INSTALAȚII DE ALIMENTĂRI CU APĂ ȘI CANALIZĂRI

Echipamentul de protecție acordat personalului care manipulează materialele este stabilit prin normativul republican eliberat de Ministerul Muncii în anul 1975.

Astfel, la manipulările de conducte care pot provoca eroziuni, tăieturi, zgîrieturi, se utilizează palmare, mănuși de protecție, iar în picioare, contra loviturilor, se poartă bocanci cu bombeuri metalice sau alt gen de încălțăminte specială. Pentru genunchi se utilizează genunchiere. În cazul în care materialele se încarcă-descarcă de la înălțime, se impune purtarea căștii de protecție, de tipul căștii pentru construcții-montaj, iar pe timp friguros și un capișon călduros. Echipamentul de protecție mecanică la manipulări necesită și o salopetă pe timp normal sau mantale impermeabile pe timp ploios.

Considerînd masa mare de materiale ce se încarcă-descarcă, se impune existența unor mijloace mecanizate de ridicat și transportat. Se utilizează macarale deplasabile, cărucioare sau instalații speciale ; în acest caz se prevăd limitatoare de sarcină la instalațiile de ridicat.

Pentru conducte se folosesc dispozitive speciale pentru agățare și ridicare.

De asemenea, pentru manipularea conductelor trebuie să se verifice dacă legarea este corectă și dacă lanțurile, cablurile sau frînghiile sînt în bună stare.

Pentru stivuirea unor materiale, se pot utiliza stivuitoare mecanice. Furcile acestora trebuie să fie suficient de lungi, pentru a cuprinde complet talpa stelajului, distanța între furci fiind de circa 1 m, iar după ridicarea stelajului, în timpul deplasării stivuitorului trebuie verificat balansul pachetului de țevi. Dacă se folosesc macarale, pentru tuburile din materiale plastice se utilizează dispozitivul balanță, prevăzut cu funii și nu cu cabluri metalice.

În timpul transportului cu autocamioane, se verifică dacă legăturile sînt bine efectuate, pentru a nu exista riscul deplasării rastelului sau a tuburilor, la frînările bruște ale mijloacelor de transport.

CAPITOLUL II

OBIECTE SANITARE, ACCESORII ȘI ARMĂTURI PENTRU OBIECTE SANITARE

II.1. OBIECTE SANITARE

II.1.1. GENERALITĂȚI

Instalațiile sanitare au ca elemente componente, pe lîngă conducte și armături, și obiectele sanitare al căror rol este de a permite folosirea apei în anumite scopuri și de a asigura evacuarea apei după ce aceasta, prin acumulare, sau în timpul folosirii, devine apă uzată.

Obiectele sanitare se pot asemăna cu niște cuve (formă generalizată) sau rezervoare de dimensiuni și forme variate. Condițiile pe care trebuie să le îndeplinească obiectele sanitare sînt :

— să reziste la acțiunile mecanice, chimice și la variațiile de temperatură, la care sînt expuse pe timpul folosirii lor ;

— să fie impermeabile și cît mai refractare la reținerea în pereții lor a murdăriei (suprafețe lucioase și lise) ;

— să permită o întreținere ușoară (înlăturarea depunerilor) ;

— să fie comode, igienice și estetice ;

— să asigure o funcționare cît mai eficientă, contribuind la economisirea apei ;

— să necesite un montaj cît mai simplu, cu un consum minim de energie ;

— să fie de calitate cît mai ridicată și să prezinte un cost de producție scăzut.

Clasificarea obiectelor sanitare. Obiectele sanitare se clasifică după următoarele criterii, astfel :

— după destinația obiectului sanitar — pentru uzul menajer, pentru spitale și clinici, pentru laboratoare ;

— după vîrsta celor care le folosesc — pentru adulți și pentru copii ;

— după numărul ocupanților — pentru folosire individuală și pentru folosire colectivă (spălătoare etc.) ;

— după materialul din care sînt fabricate — din porțelan sanitar, semiporțelan, fontă emailată, oțel galvanizat, inox, gresie, material plastic armat cu fibre de sticlă.

Destinația obiectelor sanitare. Obiectele sanitare destinate încăperilor de baie și bucătăriilor apartamentelor de locuit sînt : lavoarul, cada de baie, bideul, vasul de closet, chiuveta, spălătorul simplu sau compartimentat.

În clădirile publice, cămine, vestiare etc. se întîlnesc curent lavoare, spălătoare colective, pisoare individuale sau colective, dușuri cu sau fără cuvă și vase de closet obișnuite, cu scaun sau cu tălpi (turcești), fîntîni de băut apă etc.

Indiferent de locul unde se montează, funcționarea obiectului fiind aceeași, ele diferă prin formă, dimensiuni sau material, înțelegînd că cele de folosire colectivă necesită dimensiuni mai mari.

Materialele de fabricație. Materialele cele mai utilizate sînt prezentate în continuare.

— *Porțelanul sanitar* este folosit la majoritatea obiectelor sanitare (lavoare, bideuri, vase de closet). El rezultă din amestecul în anumite proporții a argilei albe (caolin) cu siliciu, feldspat și cretă, amestec copt pînă la vitrifiere, la 1 400°C, împreună cu stratul de email aplicat pe suprafețele obiectelor.

Culoarea alb strălucitoare sau galben, maro, bleu etc. și suprafața lisă dau aspect foarte plăcut obiectelor sanitare. Porțelanul sanitar este un produs omogen, nealterabil, rezistent la acizi, impermeabil, cu stratul de email nefisurabil. El poate fi de calitatea I și de calitatea a II-a.

— *Fontă emailată* este destinată fabricării căzilor de baie, cuvelor de duș, spălătoarelor și chiuvetelor precum și a tălpilor vaselor de closet. Emailul se aplică numai pe fețele văzute ale obiectelor.

Prezintă avantajul că sînt rezistente la acțiunile mecanice și la greutățile ce le mențin (volum de apă, persoane etc.).

— *Tolele din oțel galvanizat sau inox* servesc pentru obiectele sanitare destinate spălătoriilor, bucătăriilor sau unor laboratoare.

— *Poliesterii armați cu fibre de sticlă* sînt înlocuitori ai porțelanului sanitar, urmînd ca pentru unele obiecte să capete amploare de serie în anii ce urmează.

— *Gresiile* sînt argile obișnuite și vitrifiate, care servesc la confecționarea unor obiecte sanitare de mari și de mici dimensiuni, supuse acțiunilor corosive.

Transport, recepție, depozitare. Obiectele sanitare constituie materiale pretențioase la transport și depozitare, de aceea se impune atenție deosebită la manevrele de încărcare-descărcare și la operațiile de ambalare. De obicei, ele se ambalează în lăzi sau conteinere protejate cu talaș sau paie. Cele din fontă se protejează cu carton ondulat sau cu paie și se ambalează cu rame de lemn.

Pe timpul transportului, obiectele mari vor fi fixate în stelaje de scînduri, pentru a evita șocurile la frînări sau porniri bruște.

Obiectele sanitare se depozitează în magazii închise, separat pe tipuri și calități.

Verificarea calității obiectelor sanitare se efectuează pe loturi de obiecte de același fel și de aceeași mărime. Se verifică calitatea emailului, aspectul, dimensiunile, uniformitatea marginilor, planeitatea pereților etc.

II.1.2. LAVOARE

Lavoarele servesc la spălatul mîinilor și igiena feței. Tipul de lavoar se alege în funcție de destinația clădirii și spațiul ce-l ocupă în băile locuințelor și hotelurilor, SAS-uri, W.C.-uri publice, clădiri administrative, medicale, în vagoane de căi ferate, cabine de vapoare etc.

Dacă gradul de estetică primează, lavoarele vor fi din porțelan sanitar, iar dacă se impune rezistență la șocuri mecanice sau la acțiuni corosive, se vor monta lavoare din fontă emailată sau din gresie.

Lavoarele din faianță sînt de două feluri: fără spătar (tip A) și cu spătar (tip B), fabricate în următoarele mărimi: 400; 500; 550; 600; 650 și 700 mm (fig. II.1).

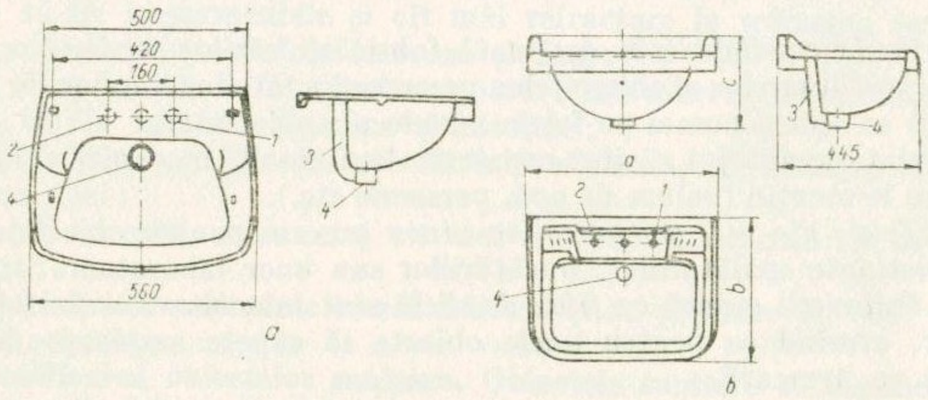


Fig. II.1. Lavoare:
a — de porțelan sanitar; *b* — din fontă emailată (vedere din față; vedere în plan; vedere laterală); *1* și *2* — orificii pentru bateria amestecătoare sau robinetele de apă rece și caldă; *3* — preaplin; *4* — orificii pentru ventil.

Lavoarele din fontă emailată se execută în două variante: varianta I cu bordură rotundă și varianta a II-a cu bordură dreptunghiulară.

Ambele variante sînt fabricate în următoarele mărimi: 500; 550; 600 și 650 mm cu specificația că, cele de 500 și 650 mm se execută numai la comandă.

Pentru construcții cu finisaje deosebite se fabrică lavoare de 700 mm. Acestea se fixează pe un piedestal din porțelan sanitar (fig. II.2). Pentru hoteluri se fabrică lavoarul de 600 mm, care se montează pe console speciale, tip cleme.

Lavoarele de dimensiuni mici sînt destinate grădinițelor de copii.

Pentru destinații speciale, în spitale, policlinici, se fabrică lavoare fără spătar, de 650 mm. Se montează pe console și nu sînt prevăzute cu preaplin cum sînt celelalte tipuri.

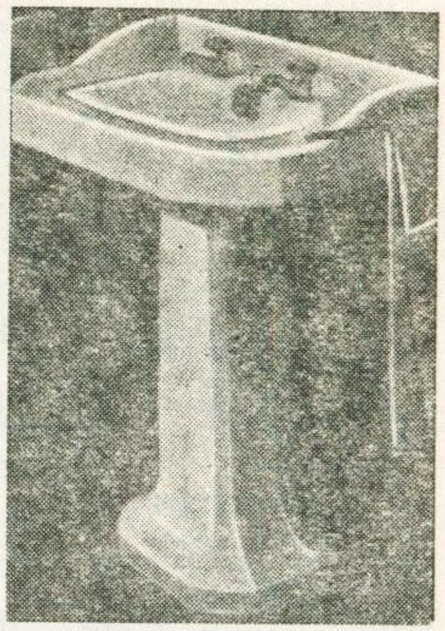


Fig. II.2. Lavoar montat pe piedestal.

Mai există lavoare destinate frizeriilor, fără spătar, de 650 mm, și lavoare destinate grupurilor sanitare de pe vagoanele de cale ferată, de călători.

II.1.3. VASE DE CLOSET

Vasele de closet sînt de tip obișnuit, cu scaun sau cu tălpi (turcesc), primele fiind fabricate din porțelan sanitar, iar cele cu tălpi, din fontă emailată.

La vasele de closet cu scaun, se disting mai multe forme de fabricație prezentate în continuare.

— După modul de evacuare a apei, vasele pot fi: cu evacuare laterală, cu evacuare verticală în interior, sau vertical exterior. Acestea determină modul de racordare a vasului la coloana de canalizare.

— După forma interioară a vasului, pot fi: cu oglindă de apă, cu plan înclinat, cu pîlnie.

— După sistemul de racordare la rezervorul de spălare, pot fi: rezervoare de spălare montate la înălțime mare, la înălțime mică sau direct pe vas.

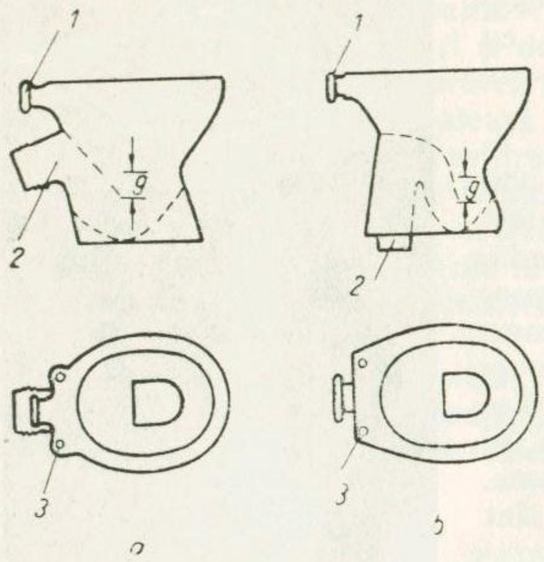


Fig. II.3. Vase de closet :
a – vas cu pîlnie și evacuare laterală (CPL) ; *b* – vas cu plan inclinat și evacuare verticală (CIV) ; *1* – racord la țeava de spălare ; *2* – racord la canalizare ; *3* – orificiu pentru fixarea ramei ; *g* – gardă hidraulică.

— După sistemul de funcționare, pot fi : prin absorbție și prin sifonare.

Notația tipurilor de vase de closet precizează forma interioară și evacuarea. Variantele de vase de closet fabricate sînt :

— vase de closet tip *COL*, cu oglindă și evacuare laterală ;

— vase de closet tip *COV*, cu oglindă de evacuare verticală ;

— vase de closet tip *CPL* cu pîlnie și evacuare laterală (fig. II.3, *a*) ;

— vase de closet tip *CIV*, cu plan înclinat și evacuare verticală ; (fig. II.3, *b*).

— vase de closet tip *CIL* cu plan înclinat și evacuare laterală ;

— vase de closet tip *CK*, cu oglindă și scurgere interioară, pentru copii ;

— vase de closet tip *CX* (vase speciale de absorbție), cu rezervorul montat pe vas, cu evacuare verticală, folosite în clădiri cu estetică deosebită ;

— vase de closet din fontă emailată, cu tălpi, folosite pentru grupuri sanitare publice din gări, stadioane etc. (fig. II.4).

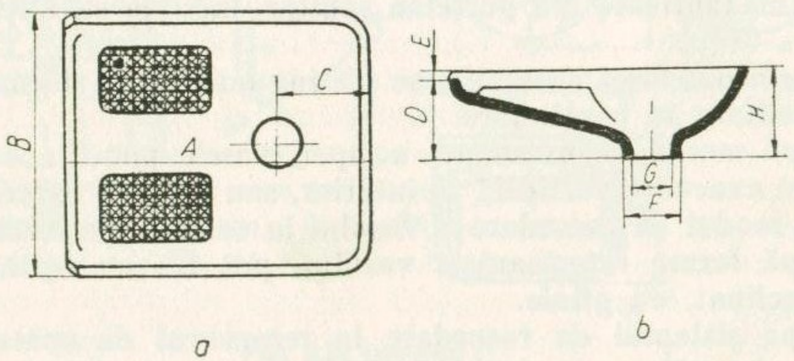


Fig. II.4. Vas de closet cu tălpi :
a – vedere în plan ; *b* – vedere laterală.

II.1.4. BIDEURI

Bideul este un obiect sanitar *destinat uzului intim de către sexul feminin*. Se montează în camerele de baie din locuințe, hoteluri și în grupurile sanitare din unitățile unde lucrează un număr mare de femei.

Bideurile pot fi de tipul : cu distribuția apei printr-un canal practicat sub marginea superioară a vasului (fig. II.5), sau cu jet de apă ascendent. Se fabrică din porțelan sanitar glazurat, fiind prevăzute cu preaplin care permite evacuarea apei.

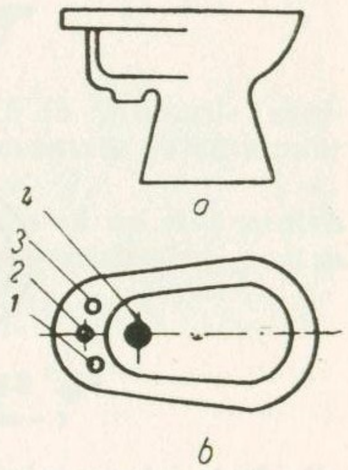


Fig. II.5. Bideu :
a – vedere laterală ; *b* – vedere în plan ; *1* și *3* – orificii pentru montajul robinetelor de apă caldă și rece ; *2* – orificiu pentru fixarea lanțului pentru dop ; *4* – orificiu pentru ventilul de scurgere.

II.1.5. CĂZI DE BAIE ȘI CUVE DE DUȘ

Căzile de baie se fabrică din fontă emailată, în mărimi diferite, putînd fi montate îngropat sau aparent. Lungimea căzilor de baie poate fi de 1 700 ; 1 500 și 1 200 mm, iar înălțimea de 420 sau 450 mm. Ele sînt destinate adulților și copiilor.

Toate căzile pentru adulți se prevăd din fabricație cu două orificii : un orificiu pentru preaplin practicat la partea superioară a peretelui vertical îngust și un alt orificiu pentru scurgere, prevăzut cu un ventil de scurgere cu dop, practicat pe fundul căzii spre peretele cu preaplin. Fundul este puțin înclinat, asigurînd astfel scurgerea apei din cadă spre orificiul de evacuare a apei.

Pentru montajul îngropat, cada de baie se poate regla ca înălțime prin picioare metalice reglabile. Pentru montajul aparent, picioarele sînt fixe (fig. II.6).

Cuvele pentru duș sînt destinate colectării apei ce provine de la bateria dușului. Se fabrică din fontă emailată sau gresie artificială. Sînt prevăzute numai cu orificiu de scurgere prin intermediul căruia se racordează la sifonul de scurgere. Aceste cuve au forma pătrată (880 × 880 mm) și se pot monta fie în pardoseală îngropat, fie pe pardoseală, placate în exterior cu plăci de faianță sau mozaic (fig. II.7).

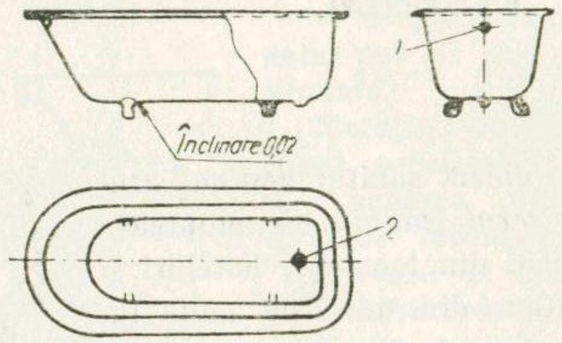


Fig. II.6. Cadă de baie din fontă emailată :
1 — orificiu pentru preaplin ; 2 — orificiu de golire.

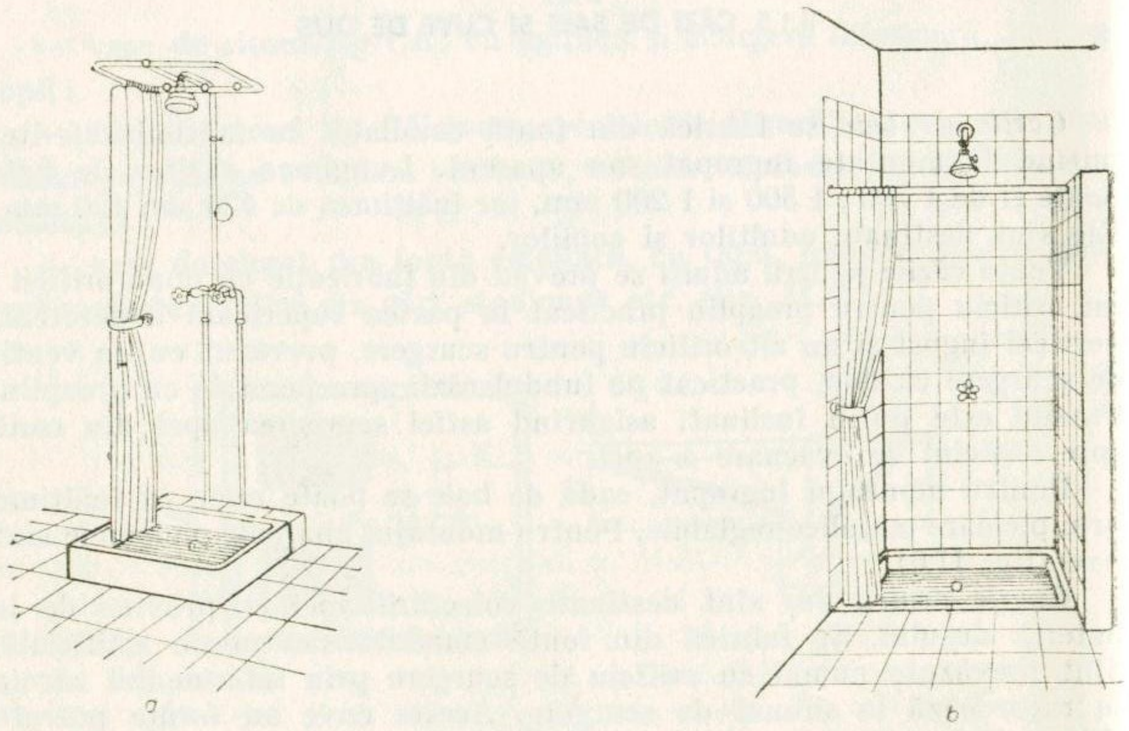


Fig. II.7. Cuvă de duș :
a — montată aparent ; b — montată îngropat.

II.1.6. **PISOARE**

Pisoarele sînt obiecte sanitare ce se montează în grupurile sanitare din clădirile publice și clădirile industriale frecventate de un număr mare de bărbați.

Se fabrică din porțelan sanitar și sînt prevăzute cu un ștuț pentru racordarea la conducta de apă, pentru spălare, și cu un alt ștuț, pentru racordarea la canalizare (fig. II.8).

II.1.7. **SPĂLĂTOARE ȘI CHIUVETE**

Spălătoarele și chiuvetele sînt destinate spălatului veselei și al alimentelor. Se montează în bucătării sau în oficii.

Spălătoarele pot fi simple, formate din cuva de colectare a apei, sau compartimentate, cu sau fără suport pentru veselă (picurător) (fig. II.9). Se fabrică din fontă emailată, din gresie artificială sau din tablă, fie galvanizată, fie inoxidabilă.

Chiuvetele, prin construcție, au placă de perete care are rolul de a le proteja contra stropirii și care permite totodată fixarea pe perete, prin intermediul șuruburilor.

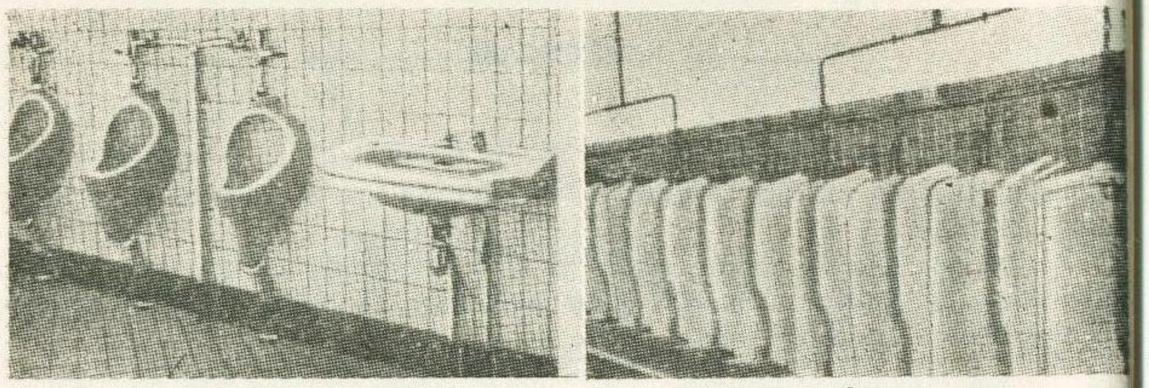
II.1.8. **CABINA SANITARĂ**

Cabinele sanitare sînt dotate cu tot echipamentul — obiecte, conducte, armături și accesorii. Prefabricarea prezintă multe avantaje, comparativ cu procedeul tradițional de montaj al obiectelor la fața locului, pe șantier, ca : economie de forță de muncă, de timp și de materiale, înlăturîndu-se pierderile prin spargerea obiectelor în timpul transportului și manipulărilor pe șantier.

II.2. **ACCESORII PENTRU OBIECTELE SANITARE**

Accesoriile completează sau facilitează funcționarea obiectelor sanitare.

Etajera se montează sub oglinda prevăzută deasupra lavoarului ; poate fi din porțelan, sticlă sau material plastic. Servește la susținerea diverselor obiecte mici de toaletă.



a *b*

Fig. II.8. Pisoare :
a — individuale ; *b* — colective.

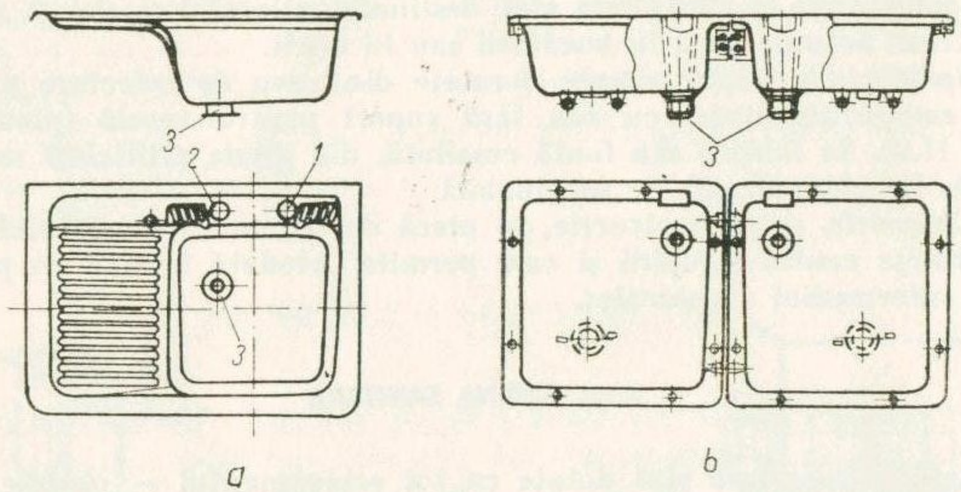


Fig. II.9. Spălătoare din fontă emailată :
a — spălător simplu cu suport ; *b* — spălător dublu ; *1* şi *2* — orificii pentru racordurile de apă rece şi caldă ; *3* — orificii de scurgere.

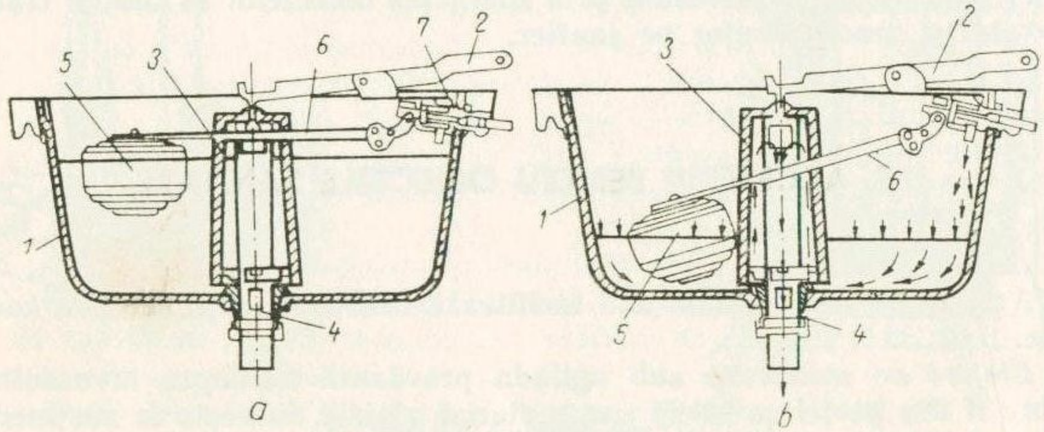


Fig. II.10. Rezervor de spălare pentru closet :
a — plin ; *b* — golit ; *1* — rezervor ; *2* — pîrghie pentru acţionarea clopotului ; *3* — clopot ; *4* — ventil de scurgere ; *5* — plutitor ; *6* — tijă ; *7* — robinet.

Portprosopul serveşte pentru întinderea prosoapelor umede după folosire ; poate fi basculant sau fix, cu un braţ sau cu două.

Portsăpunul serveşte pentru păstrarea săpunului, într-un loc cît mai accesibil, lîngă cada de baie.

Portpaharul este utilizat pentru susţinerea paharului.

Porthîrtia se aşază în apropierea vasului de closet şi susţine sulul de hîrtie sau pachetul de foi de hîrtie igienică.

Rezervorul de spălare pentru vasul de closet are rolul de a completa funcţionalitatea vasului de closet. În el se acumulează o cantitate de apă într-un anumit timp, capabilă să spele vasul de closet. Timpul de umplere este stabilit în funcţie de deschiderea robinetului colţar, iar nivelul apei în rezervor este menţinut de un plutitor, care comandă obturarea secţiunii robinetului colţar (fig. II.10).

Rezervoarele pot fi fabricate din fontă, material plastic şi porţelan.

Consolele de susţinere sînt accesorii care servesc la susţinerea lavoarelor sau a spălătoarelor, ele fiind fixate în dibluri montate în perete.

Piciorul de lavoar (piedestal) este destinat mascării conductelor şi totodată susţinerii lavoarului, în clădiri cu estetică sporită.

II.3. ARMĂTURI PENTRU OBIECTE SANITARE

Armăturile pentru obiectele sanitare, ca şi armăturile pentru conducte au rolul de a distribui şi a evacua lichidele care alimentează obiectele sanitare şi care se acumulează în acestea ; de asemenea, reglează temperatura apei prin amestecarea apei calde cu cea rece (bateriile amestecătoare).

Armăturile sînt solicitate permanent şi deci trebuie să prezinte următoarele caracteristici funcţionale :

— să permită o întreţinere uşoară ;

— să asigure o etanşeitate perfectă la racordările de îmbinare cu obiectul, cu conductele şi chiar ele în sine ;

— să fie rezistente la acţiunea agenţilor prezenţi în fluidele care circulă prin ele ;

— să fie cît se poate de economice, evitînd împrăştierea inutilă a apei, prin mărirea jetului la gura robinetului ;

— să fie funcţionale şi estetice.

Armăturile pot fi : de serviciu şi de evacuare.

Armăturile de serviciu sînt destinate alimentării cu apă rece, caldă sau amestecată a punctelor de consum, respectiv a obiectelor sanitare ; deci, ele pot fi robinete sau baterii amestecătoare.

Atît robinetele cît și bateriile amestecătoare pot fi fabricate din alamă nichelată, cromată în întregime sau parțial, fiind completate cu piese din material plastic. Bateriile amestecătoare pot avea corpul din fontă emailată. Robinetele se fabrică pentru a se putea monta pe obiectul sanitar, în care caz se numesc stative, sau pe perete, în montaj aparent.

Bateriile amestecătoare pentru lavoare sînt prevăzute cu un braț prin care se primește apa caldă amestecată cu cea rece, iar pentru căzile de baie și de duș sînt prevăzute și cu un racord la furtunul flexibil sau cu tijă fixă, care alimentează para de duș. Trecerea fluidului spre furtun sau spre gura bateriei este efectuată prin rotirea unei manete.

Robinetele de serviciu se montează la chiuvete ; ele pot fi de simplu și de dublu servici.

Robinetul de serviciu simplu (fig. II.11) se racordează la conducta de apă prin filet exterior.

Robinetul de serviciu dublu se deosebește de cel simplu prin faptul că gura robinetului este prevăzută cu un filet exterior de care se prinde

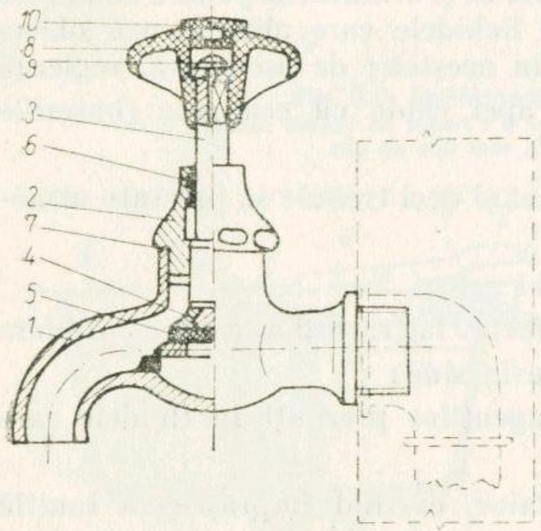


Fig. II.11. Robinet de serviciu simplu : *1* — corp ; *2* — capac ; *3* — tijă ; *4* — ventil ; *5, 6, 7* — garnituri ; *8* — stea de manevră ; *9* — șurub de fixare ; *10* — capsulă.

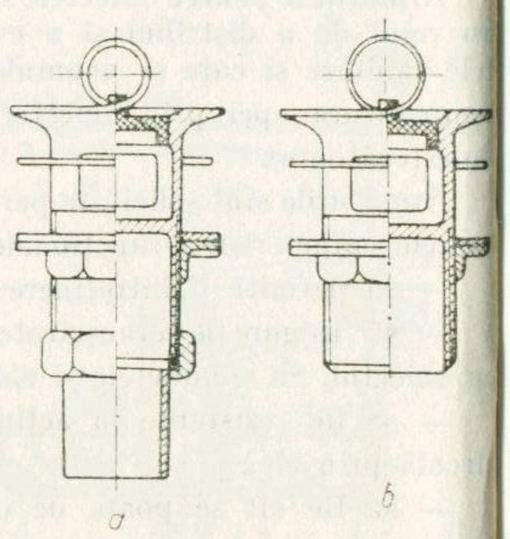


Fig. II.12. Ventil de scurgere : *a* — cu racord de lipit ; *b* — fără racord de lipit.

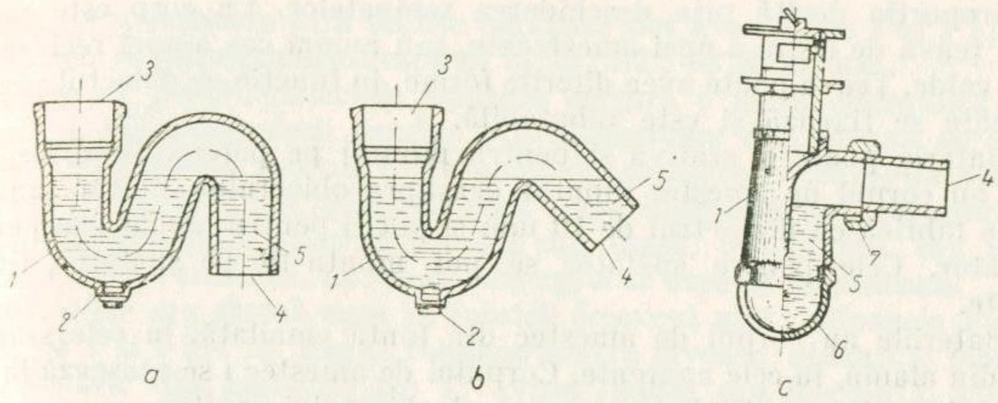


Fig. II.13. Sifoane de scurgere (S, P și butelie) : *a* — din Pb tip *S* ; *b* — tip *P* ; *c* — din alamă tip butelie ; *1* — corpul sifonului ; *2* — dop ; *3, 4* — racorduri ; *5* — gardă hidraulică ; *6* — capac ; *7* — racord olandez.

un racord pentru furtun cu ajutorul unei piulițe olandeze cu fluture. Aceste robinete se execută în trei mărimi : 1/2 ; 3/4 și 1″ (in)*.

Robinetul pentru spălătorul de bucătărie are o țeavă de scurgere a apei, rabatabilă, racordată la corpul robinetului prin intermediul piuliței olandeze. Această țeavă poate alimenta cele două compartimente ale spălătorului dublu. Are diametrul de 1/2 in.

Robinetul pentru lavoar poate avea diferite forme constructive prezentînd un aspect estetic atît prin forma sa, cît și prin forma stelei de manevră, care poate fi executată din porțelan, clemă cromată sau nichelată, sau din material plastic colorat sau transparent. Robinetul este racordat la conducta de apă prin intermediul racordului de lipit și al piuliței olandeze. Robinetul are mărimea 1/2 in.

Robinetul pentru pisoar se compune din corpul robinetului, organul de închidere (ventil cu tijă), capacul de protecție, clopotul de mascare și țeava de legătură la pisoar, care pătrunde în vas la partea superioară.

Robinetul pentru bideu. În corpul robinetului este practicată o fantă, prin care apa curge în canalul de distribuție al bideului. Racordarea la conducta de apă se realizează prin racord de lipit și piuliță olandeză.

Bateriile amestecătoare au rolul de a amesteca apa rece cu apa caldă, în vederea obținerii unei temperaturi dorite la punctul de consum.

Bateriile amestecătoare pentru lavoar se compun din două robinete care comunică cu corpul de amestec. Apa rece și apa caldă se amestecă

* 1 inci = 1″ (țol) = 25,4 mm. În notații țolul se scrie prin cele două virgule la dreapta cifrei, sus, utilizînd în exprimarea diametrelor pînă la 50 mm.

în proporția dorită prin deschiderea robinetelor. La corp este racordată țeava de ieșire a apei amestecate, sau numai cea a apei reci sau a apei calde. Țeava poate avea diferite forme, în funcție de obiectul sanitar pe care se fixează și este rabatabilă.

Bateria poate fi stativă și pentru montaj pe perete. Bateriile stative au corpul de amestec montat deasupra obiectului sanitar sau sub el. Se fabrică cu diametrul de 10 mm și pot fi pentru lavoar sau pentru spălător. Cele pentru spălător se pot monta fie pe spălător, fie pe perete.

Bateriile au corpul de amestec din fontă emailată, la cele stative, sau din alamă, la cele aparente. Corpului de amestec i se atașează lanțul dopului pentru ventilul de scurgere al obiectului sanitar.

Bateriile amestecătoare pentru căzile de baie se deosebesc de cele pentru lavoare, prin faptul că apa amestecată poate fi dirijată printr-un robinet de distribuție cu ventil către cadă sau către duș. Corpul de amestec comunică deci atît cu robinetele de apă rece, apă caldă, cît și cu cel de distribuție, prevăzut cu un mîner ce poate fi rotit în sus sau în jos, după cum apa trebuie dirijată spre duș sau spre țeava de cadă.

Bateria de amestec pentru baie poate fi cu duș fix, avînd o țeavă verticală, sau cu duș flexibil, avînd furtun protejat de o lamă spiralată, metalică, nichelată.

Para de duș, care are rolul de a dispersa jetul în stropi de apă sub presiune pe o anumită rază, poate fi din metal sau din bachelită.

II.3.2. ARMĂTURI DE EVACUARE

Armăturile de evacuare — ventilele de scurgere și sifoanele de scurgere — sînt dispuse pe obiectele sanitare spre partea de evacuare a apei uzate, făcînd legătura între obiectul sanitar și rețeaua de canalizare.

Ventilele de scurgere sînt piese fabricate din alamă, cromate pe fața vizibilă, care se fixează pe orificiul de evacuare al lavoarelor, spălătoarelor, bideurilor; se asigură prin garnituri de cauciuc etanșeitatea între ventil și obiectul sanitar.

Ventilul este prevăzut cu racord de lipit pentru prinderea cu sifonul din plumb, iar pentru sifonul-butelie, cu piuliță olandeză. Ventilele cu racord de lipit au diametrul de 1 ; 1 1/4 ; 1 1/2 și 2 in, iar ventilele pentru prindere prin piulițe olandeze pot avea d_n de 1 și 1 1/4 in. În milimetri, diametrele corespund la 25 ; 32 ; 40 și 50 mm.

Sifoanele pentru obiectele sanitare asigură o gardă hidraulică destinată opririi pătrunderii gazelor urît mirositoare din rețeaua de canalizare, în încăpere. Pentru toate obiectele sanitare cu excepția vaselor de closet din porțelan, sifoanele sînt piese independente, racordate la ventilul de scurgere. Ele se fabrică din fontă, din plumb, din PVC, sau din alamă cromată, în funcție de vasul la care se racordează.

Sifoanele din alamă care se fabrică frecvent sînt: sifoanele butelie cu d_n de 1 și 1 1/4 in. Ele se folosesc pentru lavoare, bideuri și pisoare.

Sifoanele din fontă de tip T, avînd fundul din bachelită, sau alt material plastic, se utilizează pentru lavoare.

Sifoanele din țeavă de scurgere de plumb, avînd diametrul de 50/2 mm, în formă de S sau P, se utilizează pentru chiuvete și spălătoare.

Sifonul din fontă, avînd diametrul de 100 mm, se utilizează la closete cu tălpi, cu scurgere verticală sau înclinată. Vasele de closet din porțelan sanitar sînt prevăzute prin construcție cu sifon care asigură garda hidraulică.

Toate sifoanele necesită o curățire periodică, fapt pentru care ele sînt prevăzute cu capace demontabile sau dopuri de curățire la partea inferioară a corpului.

II.4. NOUTĂȚI ȘI PERSPECTIVE ÎN DOMENIUL INSTALAȚIILOR SANITARE

În domeniul instalațiilor sanitare fabricarea de tipuri noi de cabine sanitare de baie, complet dotate și finisate de fabrică, pe șantier, asigură montajul și racordarea instalațiilor în mod rapid. Aceste cabine permit realizarea unei eficiențe sporite față de sistemele tradiționale, deoarece asigură mărirea gradului de industrializare a lucrărilor și mărirea productivității muncii pe șantier.

Ca înlocuitori ai metalului se vor utiliza poliesterii armați cu fibre pe sticlă, PAS, pentru fabricarea următoarelor obiecte sanitare:

— căzi de baie de 1 700 mm lungime;
— căzi de duș de 750 × 750 mm;
— lavoare de 600 mm;
— spălătoare simple sau duble;

De asemenea, se prevede producerea căzilor de baie de 1 700 mm și a spălătoarelor din tablă emailată cu 1 și 2 compartimente și uscător.

Alte elemente de instalații cuprinse în Programul privind noile materiale și elemente de construcții și instalații pe perioada 1981—1985 sînt:

— țevile și fitingurile din polietilenă pentru presiuni P_n de 4, 6 și 10 bar, cu diametrul nominal D_n peste 150 mm, realizîndu-se o economie de 3 t oțel la 1 t polietilenă;

— țevile și piesele de îmbinare pentru conducte din PVC-U, stabile la apă caldă pînă la 90°C; D_n de 50, 75, 110 și 125 mm P_n de 2,5 bar;

— tuburile și piesele de scurgere din fontă pentru îmbinare cu inele de cauciuc P_n, de 1 bar și D_n de la 50 la 200 mm, ca înlocuitoare a tuburilor de scurgere din plumb;

— tuburile de presiune din fontă, pentru îmbinări cu inele de cauciuc (centrifugate), pentru P_n de 6; 10 și 16 bar au D_n de 100...1 000 mm;

— țevile din oțel zincate cu diametrul de 10...100 mm, reducînd cantități importante de metal;

— tuburile din oțel fără sudură, laminate la cald, pentru construcții (nezincate și zincate), cu pereți subțiri de 2; 3; 4 și 5 mm, la care se obține reducerea consumului de oțel cu circa 10%;

— tuburile ceramice de drenaj cu mufă, de permeabilitate reglabilă, avînd fiabilitate sporită și manoperă de asamblare redusă.

II.5. MĂSURI DE PROTECȚIA MUNCII LA MANIPULAREA, TRANSPORTUL ȘI DEPOZITAREA OBIECTELOR SANITARE, A ACCESORIILOR ȘI ARMĂTURILOR

Avînd în vedere fragilitatea obiectelor sanitare, transportul se face de la caz la caz, în ambalaje speciale containerizate sau în ambalaje individuale, în lăzi, cutii, cadre etc. Cazurile cele mai frecvente de accidente se pot ivi la manipularea acestora, provocîd rănirea muncitorilor prin strivire sau tăiere; astfel, picioarele vor fi protejate cu încălțăminte cu bombeuri, corpul protejat cu salopete, iar capul de o cască, în cazul în care există pericolul căderii ambalajelor de la înălțime.

Se vor verifica legăturile, integritatea firelor funiei sau a cablurilor de ancorare și balansul sau planeitatea cu o ușoară pantă, în cazul în care se utilizează paletizarea cu electrostivuitoare. Pe timpul transportului, se va asigura fixarea sau stivuirea ordonată a acestora pentru a nu se desprinde la o frînare sau pornire bruscă.

CAPITOLUL III

MATERIALE PENTRU INSTALAȚII DE ÎNCĂLZIRE CENTRALĂ

III.1. ȚEVI ȘI PIESE DE LEGĂTURĂ

Agentul termic este condus de la sursa de producere pînă la corpurile de încălzire prin conducte. Ținînd seama de varietatea agentului încălzitor și a temperaturilor sale diferite, de exemplu, apă caldă de 90—95°C, apă fierbinte de 130°C, vapori de apă (abur) de 105—150°C (sau chiar mai ridicată), cărora le corespund anumite presiuni de regim, nu mai pot fi utilizate aceleași conducte și materiale enunțate în capitolul „conducte pentru alimentări cu apă"; acestea nu ar rezista datorită dilatațiilor prea mari, infiltrării vaporilor prin porii pereților sau neetanșeității. Se exclud deci conductele (din material plastic, beton, azbociment, plumb, fontă etc.), care nu rezistă la parametrii agentului termic. Dacă se menționează și faptul că agentul termic — apa — nu are utilizare în scopuri potabile, nu mai este necesară calitatea impusă conductelor de apă potabilă, care era asigurată prin galvanizarea țevilor din oțel.

În domeniul instalațiilor de încălzire centrală, se utilizează, în funcție de parametrii agentului termic, conductele din oțel negre, ele putînd fi trase fără sudură, laminate la cald sau la rece, sudate elicoidal, sudate longitudinal, în execuție îngroșată obișnuită sau ușoară, filetate sau nefiletate. Țevile pot fi îmbinate prin filet, prin sudură sau flanșe.

Piesele de legătură sînt din oțel forjat, fontă maleabilă sau oțel (cazul mufelor).

O atenție deosebită la montare se impune garniturilor de etanșare, care trebuie să reziste la temperaturi ridicate; de exemplu, cauciucul, clingheritul etc.

III.2. CORPURI ȘI APARATE DE ÎNCĂLZIRE

Corpurile de încălzire sînt elemente statice, care primesc căldura de la agentul termic ce le parcurge și o cedează mediului ambiant prin convecție, radiație și conducție ; ele se caracterizează prin putere de emisie calorică și suprafață de încălzire.

Din corpurile de încălzire fac parte : radiatoarele, tuburile și serpentinele de încălzire, registrele, convectoarele, panourile radiante bateriile de încălzire. Dacă aerul cald este agentul purtător de căldură, se mai adaugă următoarele aparate sau agregate de încălzire : aerotermele de perete, de tavan și aparatele de inducție, ventilo-convectoarele, domotermele etc. ; acestea din urmă pot asigura nu numai încălzirea spațiilor, ci și ventilarea mecanică (împrospătarea aerului viciat).

III.2.1. RADIATOARE

Radiatoarele sînt corpuri de încălzire compuse din elemente din fontă sau din tablă de oțel cu elemente asamblate nedemontabil.

Cele din fontă pot fi de tipul :

— cu coloane libere și secțiune circulară ;

— cu coloane unite și secțiune eliptică.

Radiatoarele cu coloane libere se fabrică cu 4 ; 6 și 9 coloane și înălțimea între axele niplurilor de îmbinare a elementelor de 218 ; 472 ; 624 și 777 mm. În notațiile pe planurile de specialitate se utilizează aceste două caracteristici exprimate sub formă de fracție, astfel 777/6 sau 777/4, 218/9 etc., aceasta însemnînd că radiatorul este de tipul cu 6 coloane libere și înălțimea egală cu 777 mm etc. Ele se folosesc pentru următoarele fluide termice : apă caldă, apă supraîncălzită și abur.

Radiatoarele cu coloane unite și secțiune eliptică (fig. III.1), se fabrică cu 2 și 3 coloane, cu înălțimile de 300, 500, 600 și 700 mm ; de asemenea, din notații se deduc radiatoarele care se vor instala, spre exemplu : 600/3 ; 600/2 etc. Sînt utilizate pentru aceiași agenți termici pentru care presiunile de regim corespunzătoare pot fi mai ridicate decît în cazul precedent.

Numărul elementelor care compun radiatoarele variază în funcție de pierderile de căldură determinate prin calcule, pentru încăperile în care se montează. Un radiator format nu poate avea un număr mai mare de 20 de elemente, deoarece datorită greutății pericliteză

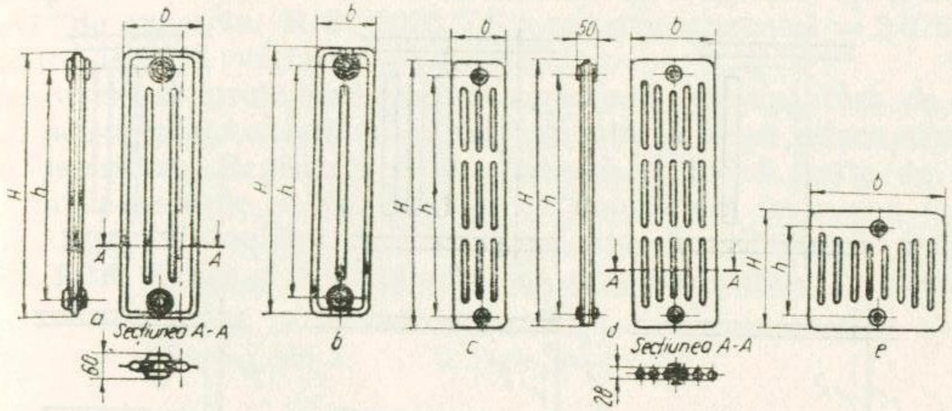


Fig. III.1. Elemente de radiatoare din fontă :
a și *b* — cu coloane unite și secțiune eliptică ; *c*, *d* și *e* — cu coloane libere și secțiuni circulare.

niplurile de îmbinare. De obicei, radiatoarele sînt formate de către fabrica producătoare din cîte 10 elemente, iar la înțelegere cu beneficiarul, pot fi și din 5...15 elemente.

Filetul găurilor de asamblare a elementelor este tipul G $1^1/_4$ in, stînga pe o parte și dreapta pe cealaltă, iar etanșarea lor se face cu garnituri din clingherit pentru abur, sau carton duplex sau triplex, îmbibate cu miniu de plumb și ulei de in fiert, pentru apă caldă. Încercarea rezistenței la presiune și la etanșeitate se face inițial pentru fiecare element în parte, încercare care se face și după asamblarea lor.

În timpul transportului este necesară o bună rigidizare și protejare a corpurilor, pentru a le feri de deteriorări. Orificiile laterale sînt acoperite cu dopuri, fie din fontă, fie din lemn sau material plastic (cînd cele metalice se livrează separat), iar filetele se protejează cu vaselină tehnică sau ulei mineral.

Niplurile și dopurile sînt livrate pe sortimente în cantități de cîte 500 bucăți, protejate și ambalate în lăzi sau conteinere.

Radiatoarele din tablă de oțel pot fi de tipul simplu S sau dublu D, cu înălțimea între axele filetelor de racordare de 300 ; 600 și 700 mm. Se livrează în corpuri gata asamblate, de la 2 la 20 elemente.

III.2.2. SERPENTINE ȘI TUBURI DE ÎNCĂLZIRE

Serpentinele sînt confecționate din țeavă îndoită în formă de S ; pot fi verticale sau orizontale.

Tuburile de încălzire sînt confecționate din țeavă dreaptă, prevăzută la capete cu capace bombate, prin care circulă agentul încălzitor (fig. III.2, *a*, *b*, *c* și *d*).

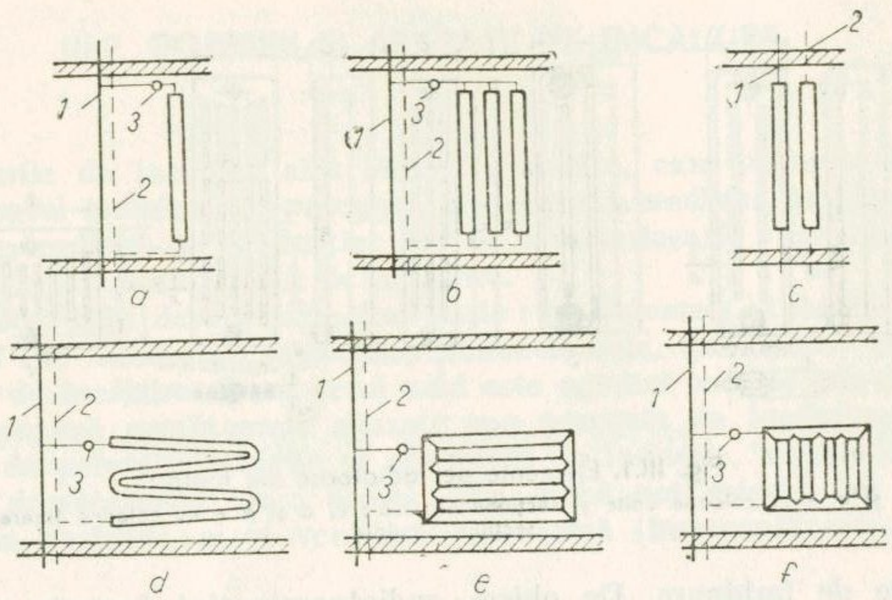


Fig. III.2. Corpuri de încălzire din țevi de oțel :
a, b și *c* — tuburi de încălzire ; *d* — serpentină ; *c* — registru din țevi orizontale ; *f* — registru din țevi verticale ; *1* — conductă de ducere ; *2* — conductă de întoarcere ; *3* — robinet cu ventil de reglaj.

În cazul țevilor de diametre mari, S-urile serpentinei se obțin prin coturi îmbinate cu tronsoane drepte de țevi cu același diametru. Racordarea la rețeaua de încălzire se face prin intermediul flanșelor. Serpentinele se utilizează pentru agenți termici cu temperatură și presiune ridicată (pînă la 200°C și P_n de 16 daN/cm^2). Pentru a evita pericolul de arsuri prin atingere, în fața serpentinei se amplasează măști de protecție.

III.2.3. **REGISTRELE**

Registrele se execută în două variante :
— cu racorduri cu flanșe — varianta F ;
— cu racorduri cu mufe — varianta M.

Ele se confecționează din țeavă OLT-32 de 76 × 3,5 mm sau din țeavă sudată de construcții, de 76 × 3 mm.

Registrele sînt formate dintr-un distribuitor-colector, țevile de legătură între distribuitor-colector, placa indicatoare și racordurile la rețea (cu flanșă sau mufă).

Lungimea registrului este cuprinsă între 576 și 5 076 mm, cu înălțimea cuprinsă între 206 și 986 mm.

În notațiile de planuri se vor menționa atît lungimea, cît și numărul de țevi (de exemplu, R.O. 2076/7 F ; registru orizontal = 2 076 mm ; 7 rînduri de țevi, varianta cu flanșă).

Registrele se protejează contra coroziunii, cu un strat de grund aplicat pe suprafața exterioară. Pentru montarea lor se reface stratul de grund deteriorat. Registrele se depozitează în locuri ferite de intemperii, iar racordurile se vor proteja cu dopuri din lemn sau material plastic, în cazul mufelor, sau cu garnitura din clingherit negăurită, plasată între flanșă și contraflanșă, cu șuruburile puse, în cazul flanșelor.

III.2.4. **CONVECTOARELE**

Convectoarele sînt corpuri de încălzire la care cedarea căldurii se realizează în cea mai mare proporție prin convecție ; pot fi cu mască (fig. III.3) sau de plintă.

Elementele componente ale unui convector sînt : bateria de încălzire a aerului, confecționată din țevi cu aripioare (lamele) din tablă de oțel (țevile pot fi circulare sau ovale) și masca convectorului, realizată din tablă, material plastic etc. Aceasta are un rol dublu, asigurînd, pe de o parte, un tiraj și o circulație ordonată a aerului rece care intră pe la partea inferioară și iese pe la partea superioară, și un rol de estetică, mascînd corpul de încălzire propriu-zis. În spatele măștii este prevăzută o clapetă pentru reglarea cantității de căldură, permițînd ieșirea debitului de aer cald în anumite cantități. La partea superioară sînt instalate jaluzele, care permit dirijarea circulației aerului cald.

După tipul măștii, convectoarele pot fi :
— cu mască normală (CMN) ;
— cu mască redusă (CMR).

Bateria de încălzire, poate avea două sau trei rînduri de țevi, ele funcționînd cu apă caldă, apă fierbinte sau abur.

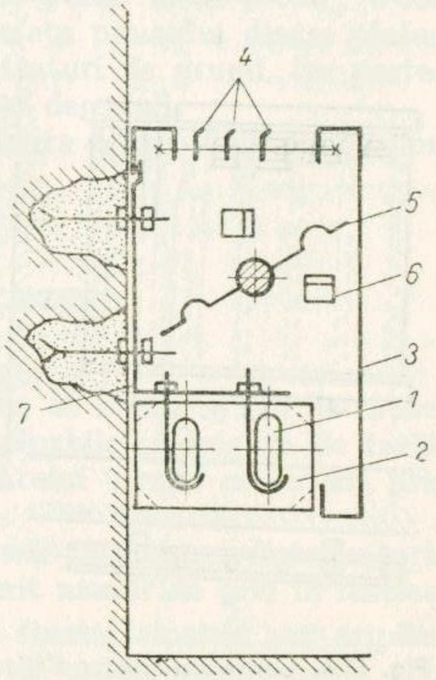


Fig. III.3. Convector cu mască :
1 — țevi plate ; *2* — lamele ; *3* — mască ; *4* — jaluzele ; *5* — clapetă ; *6* — opritor pentru clapetă ; *7* — console.

Convectoarele de plintă au bateria formată dintr-un singur rînd de țevi de încălzire, de formă plată, cu aripioare din oțel, mască cu clapetă de reglaj, console de fixare și elemente de legătură.

Convectoarele se livrează ambalate individual în carton ondulat, iar elementul de încălzire se protejează cu o foaie de polietilenă, racordurile de intrare-ieșire fiind prevăzute cu dopuri din PVC.

Transportul necesită menținerea lor în poziție normală, iar depozitarea pe verticală este acceptată în cel mult două rînduri suprapuse ; se feresc de lovituri și sînt menținute în spații adăpostite.

III.2.5. CONVECTORADIATOARELE

Convectoradiatoarele sînt corpuri de încălzire compuse din registre de încălzire suplimentate cu suprafețe de cedare a căldurii din tablă, pentru intensificarea transmiterii căldurii prin convecție ; pot fi :

— de tipul panou (CRP) (fig. III.4) ;

— de tipul cu coloane (S—P) (fig. III.5).

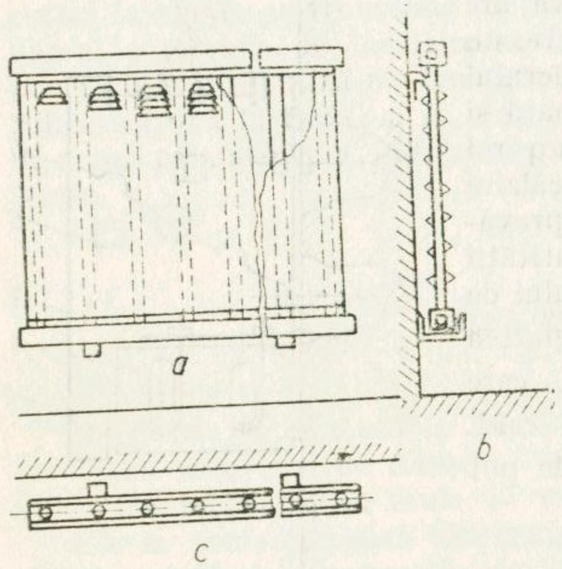


Fig. III.4. Convectoradiator tip panou :
a — vedere din față ; *b* — vedere laterală ; *c* — vedere de sus.

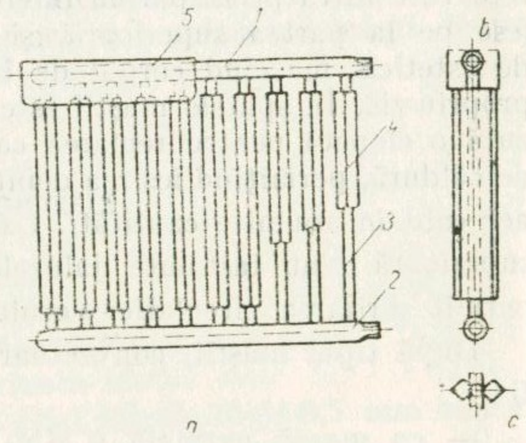


Fig. III.5. Convectoradiator tip S-P, cu o coloană :
a — vedere din față ; *b* — vedere laterală ; *c* — vedere de sus ; *1* — distribuitor ; *2* — colector ; *3* — element fascicular ; *4* — aripioare ; *5* — capac.

Tipurile panou au țevile verticale cu $D_n = 10$ mm, distanțate la 60 mm, iar colectorul și distribuitorul din țevi pătrate de 30 × 30 × × 2,5 mm. În față și în spate sînt fixate plăci din tablă de 0,5 mm grosime cu fante, care permit circulația aerului cald. Aceste plăci dau aspectul de panou. Ca și radiatoarele, ele sînt de diferite înălțimi (472 ; 624 și 777 mm), iar lungimea variază între 180 și 1 620 mm, putînd funcționa cu apă caldă, apă supraîncălzită (în termoficare) sau abur.

Convectoradiatoarele de tipul S—P pot fi cu un rînd sau cu două rînduri de coloane, avînd înălțimea de 600 ; 750 și 1 100 mm, măsurată între axele distribuitorului și colectorului. Ele se livrează ambalate în carton ondulat și se transportă și depozitează în poziție verticală, rezemate pe colector, în spații închise și uscate.

III.2.6. PANOURILE RADIANTE

Panourile radiante amplasate la tavan (PRT) sînt corpuri de încălzire statice care cedează căldura prin radiație (în proporție maximă) și sînt alcătuite din serpentină sau registru, completate cu un ecran de radiație sudat la elementele încălzitoare. Ele se fabrică cu trei sau cinci rînduri de țevi. Lungimea panourilor poate fi de 2 050 ; 4 050 și 6 050 mm și lățimea, de 750 mm. Suprafața panoului dintre plafon este protejată contra coroziunii cu două straturi de grund, iar partea radiantă (opusă), cu un strat de grund și unul de email.

Transportul impune atenție, pentru a se evita deformațiile panourilor, iar depozitarea se face în spații acoperite.

III.2.7. BATERIILE DE ÎNCĂLZIRE

Bateriile de încălzire denumite, după caz, de încălzire sau de răcire, sînt definite ca schimbătoare de căldură, capabile să asigure fie încălzirea, fie răcirea aerului, după natura agentului termic ce circulă prin interiorul țevilor.

O baterie este constituită din următoarele elemente : distribuitorul și colectorul la care sînt racordate un anumit număr de țevi în fascicul sau serpentină. Pe suprafața acestora sînt fixate lamelele sau aripioarele care realizează o suprafață foarte mare de cedare a căldurii.

Prin țevi circulă agentul termic de la distribuitor spre colector, agentul de răcire este apa rece. Țevile care au contact perfect cu ari-

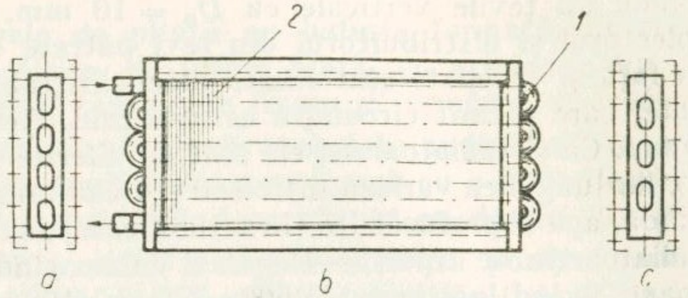


Fig. III.6. Baterie de încălzire cu țevi orizontale :
a și *c* — vederi laterale ; *b* — vedere din față ; *1* — serpentină ; *2* — aripioare.

pioarele permit încălzirea acestora. Aerul parcurge spațiile dintre acest aripioare și astfel se încălzește sau se răcește.

O ramă de fixare confecționată din tablă zincată constituie cadrul de susținere a bateriei.

După destinație, bateriile pot fi : de încălzire, cu țevi orizontale (fig. III.6) și cu țevi orizontale și aripioare din oțel tip BH, de răcire cu apă.

După modul de dispunere a țevilor, pe unul sau pe două rînduri, bateriile sînt : de tipul I sau II.

După materialul din care sînt confecționate, țevile și aripioarele, pot fi : cu țevi din cupru și aripioare din aluminiu și cu țevi din oțel și aripioare din bandă de oțel ondulată (în acest caz se vor zinca la cald).

Bateriile cu țevi orizontale și aripioare din oțel au suprafața de încălzire cuprinsă între 1,95 m^2 și 195,20 m^2 și sînt destinate funcționării cu apă caldă sau supraîncălzită.

Bateriile se livrează protejate cu carton ondulat, iar în timpul transportului și în depozite sînt așezate pe rame de fixare orizontale, pentru a evita deformarea țevilor și a aripioarelor ; se mențin în spații adăpostite contra intemperiilor.

III.2.8. AEROTERMELE

Aerotermele sînt destinate încălzirii cu aer cald a încăperilor înalte, în care încălzirea cu radiatoare nu este economică (ateliere, săli de sport, hale industriale, hangare), realizînd producerea aerului cald chiar la locul de folosire ; ele sînt agregate de încălzire compuse din : bateria de

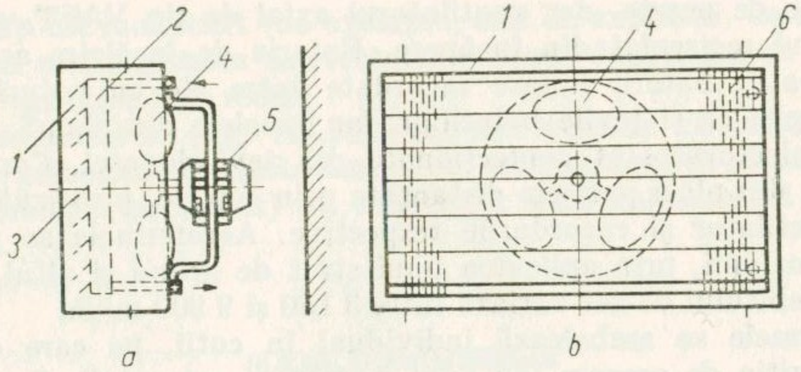


Fig. III.7. Aerotermă de perete A.P. :
a — vedere laterală ; *b* — vedere din față ; *1* — carcasă ; *2* — baterie de încălzire ; *3* — jaluzele ; *4* — ventilator ; *5* — motor electric ; *6* — aripioare.

încălzire, ventilatorul cu electromotor și carcasa prevăzută cu găuri pentru refularea aerului.

După locul unde se montează, aerotermele pot fi : de perete cu ventilator axial sau centrifugal și de tavan. Se construiesc și aeroterme cu turbină, care necesită montaj pe un suport special. Cînd în aerotermă se introduce și aer proaspăt care se amestecă cu cel aspirat în încăpere, aeroterma este prevăzută cu cutie de amestec.

În cazul în care se adoptă sistemul numai aer recirculat, sau numai aer proaspăt, nu mai este necesară cutia de amestec.

Aerotermele de perete de tipul P (fig. III.7) au bateria de încălzire formată din țevi de cupru cu aripioare din aluminiu ; ele pot funcționa cu apă caldă sau apă supraîncălzită, racordarea realizîndu-se cu ajutorul unui racord cu filet sau cu flanșă.

Țevile pot fi dispuse pe unul sau două rînduri, avînd de la 1 pînă la 20 de circuite în paralel. Debitul de aer poate fi de la 1 400 pînă la 11 080 m^3/h.

În figura III.8 este reprezentată o aerotermă de perete cu ventilator centrifugal.

Aerotermele de tavan sînt constituite din aceleași elemente ca și

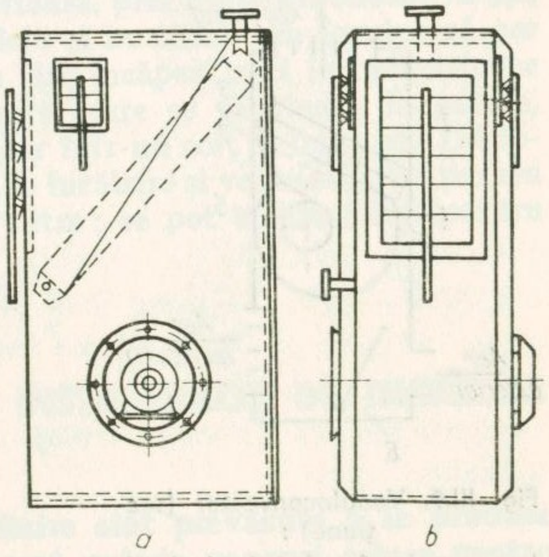


Fig. III8. Aerotermă de perete cu ventilator centrifugal :
a — vedere laterală ; *b* — vedere din față.

aerotermele de perete, dar ventilatorul axial de tip VAFT vehiculează numai aerul recirculat din încăpere. Bateria de încălzire are în componență patru baterii liniare racordate între ele cu coturi. Coturile sînt de cupru ca și țevile bateriilor, iar lamelele din alamă. Distribuitorul și colectorul sînt confecționate din țevi de oțel. Carcasa este constituită din plăci paralele distanțate prin colțare, prevăzute cu găuri pentru ventilator și racordurile respective. Aerotermele se protejează contra coroziunii, prin aplicarea unui strat de grund și altul de email. Mărimea debitului de aer variază între 3 150 și 9 900 m³/h.

Aerotermele se ambalează individual în cutii, pe care este menționată poziția de așezare (cu axul motorului orizontal). Se pot depozita și suprapuse, în cel mult două rînduri, păstrîndu-se aceeași poziție de orizontalitate a axului ventilatorului.

III.2.9. VENTILOCONVECTOARE ȘI EJECTOCONVECTOARE

Ventiloconvectoarele (fig. III.9) se compun din două aparate: ventilatorul și convectorul, care au ca scop nu numai încălzirea aerului, ci și realizarea unei ventilații a încăperii. Cînd aerul nu este suficient de curat se impune amplasarea unui filtru, care să rețină impuritățile. Filtrul este bine să fie lavabil și ușor de întreținut (din fibre sintetice).

Ventiloconvectoarele sînt montate în încăperi care au perioade mari de întrerupere a încălzirii și care necesită repunerea în funcțiune

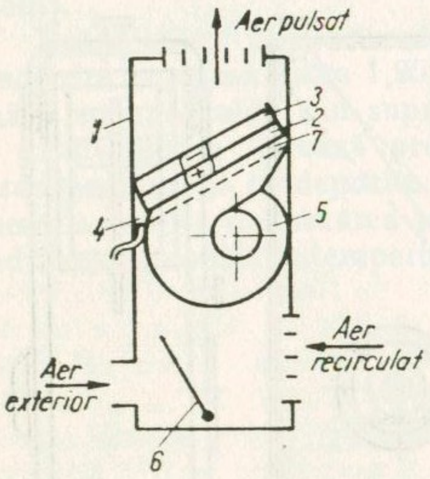


Fig. III.9. Ventiloconvector (secțiune):
1 — carcasă; 2 — baterie de încălzire; 3 — baterie de răcire; 4 — bazin pentru apă condensată; 5 — ventilator centrifugal; 6 — clapetă; 7 — filtru.

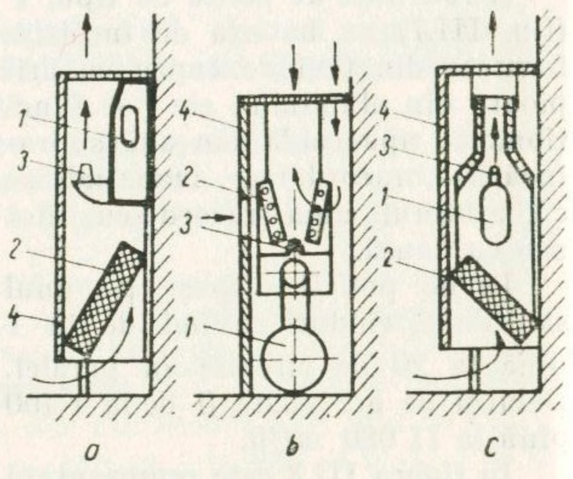


Fig. III.10. Ejectoconvectoare:
a, b, c — secțiuni prin diferite sisteme; 1 — cameră de aer primar; 2 — baterie de încălzire; 3 — duze de injecție; 4 — carcasă.

într-un timp cît mai scurt (de exemplu, săli de expoziții, de spectacole, de întruniri etc.). Bateria convectorului poate funcționa cu apă caldă iarna, iar vara, cu apă rece.

Ejectoconvectoarele (fig. III.10) sînt convectoare cu inducție, funcționînd pe principiul ejecției. Amestecul dintre aerul proaspăt (primar) și cel recirculat (secundar) se realizează prin intermediul duzei de injecție.

III.2.10. DOMOTERMELE

Domotermele sînt agregate individuale de încălzire a aerului, capabile să asigure încălzirea și împrospătarea aerului într-un apartament întreg. După elementele componente, se pot asemăna cu o aerotermă, fiind formate dintr-o baterie de încălzire și un ventilator, tubulatura de transport a aerului fiind specifică numai domotermelor.

Motorul electric al ventilatorului este silențios, producînd un zgomot destul de mic, sub 35 Ph. În vederea introducerii aerului cît mai curat, este necesar și un filtru.

Aerul filtrat și încălzit este circulat spre încăperi prin canale, care de obicei se prevăd încă de la construcție în plafon dublu, sau prin tubulatură metalică amplasată la partea superioară a pereților și lăsînd guri de refulare în fiecare cameră.

Aerul este aspirat pe la partea inferioară, prin fante practicate în uși, din încăperi și parțial din exterior. Baia și bucătăria nu furnizează aer pentru recirculare. Pentru birouri sau alte încăperi mici în industrie, se folosesc agregate individuale de cameră, care se montează în perete, în găuri practicate sub ferestre sau chiar într-un colț al ferestrei. Domotermele sînt prevăzute cu baterii mici de încălzire și ventilator, iar pentru reținerea impurităților din aer au și filtre; se pot utiliza iarna pentru încălzire și vara pentru răcire.

III.3. PERSPECTIVE ÎN DOMENIUL INSTALAȚIILOR DE ÎNCĂLZIRE

În domeniul instalațiilor de încălzire sînt prevăzute a se produce diferite aparate și elemente, ca: tipuri noi de panouri solare pentru încălzire și pentru preparat apă caldă menajeră, recuperatoare de căldură pentru instalații de încălzire și ventilație etc.

Pentru termoizolarea conductelor se vor fabrica cochilii din vată minerală, protejate hidrofug cu folii din materiale plastice, cu împîslitură din fibre de sticlă vopsite cu vopsea impermeabilă la apă și vapori precum și cochilii din polistiren cu strat de protecție preaplicat din folii de aluminiu sau sintetice, bitum pulverulent pentru izolarea conductelor montate direct în pămînt. De asemenea se prevede :

— introducerea de noi corpuri de încălzire statice din oțel, avînd putere de emisie calorică sporită, asigurînd reducerea consumului de metal ;

— introducerea de robinete de reglaj, pentru corpuri de încălzire, robinete de aerisire și de golire, pentru agent termic ;

— regulatoare specializate pentru puncte și centrale termice cu reglaj prin două temperaturi, regulatoare directe de temperatură, regulatoare directe de temperatură cu reglaj proporțional care prezintă ca avantaje reducerea consumului de energie în exploatarea instalațiilor de încălzire (a combustibilului).

Aparatele de măsurare folosite sînt : contoarele de apă caldă, pentru puncte, centrale termice și blocuri pentru debite pînă la 150 m^3/h, și contoarele de apă caldă menajeră ; acestea contribuind la reducerea consumului și pierderilor de apă și de energie.

Ministerului Construcțiilor Industriale îi aparține, ca producător în domeniul instalațiilor de încălziri centrale, sarcina de a pune în fabricație : noi cazane de încălzire cu combustibili solizi (AIACS), avînd o gamă de șapte mărimi, între 10 000 și 100 000 kcal/h, care vor asigura reducerea consumului de combustibil cu 10% ; schimbătoare de căldură pentru prepararea apei calde menajere (SCPM), în patru mărimi (4—60 m^2), reducîndu-se consumul de metal cu 30% ; schimbătoare de căldură abur-apă (SCAI) în trei mărimi ; panouri solare în trei mărimi, cu o capacitate de absorbție de circa 65% și greutate de 8 kg/m^2, contribuind prin utilizarea unei noi surse de energie la economisirea cu circa 1 000 tcc/an (tcc = tone combustibil-convențional).

Sînt propuse 15 mărimi de tipul corpuri de încălzire din oțel cu eficiență sporită, care vor reduce consumul de oțel cu 3...5% față de actualele tipuri.

Ținînd seama de sarcina ce revine fiecărui consumator de energie de a economisi, pe orice cale, se menționează și recuperatoarele de căldură cu plăci, cu mediu bifazic, sau cu tuburi termice capabile să asigure mari economii de combustibil (între 10 000 și 20 000 tcc/an).

III.4. MĂSURI DE PROTECȚIE A MUNCII LA MANIPULAREA, TRANSPORTUL ȘI DEPOZITAREA MATERIALELOR PENTRU INSTALAȚII DE ÎNCĂLZIRE CENTRALĂ

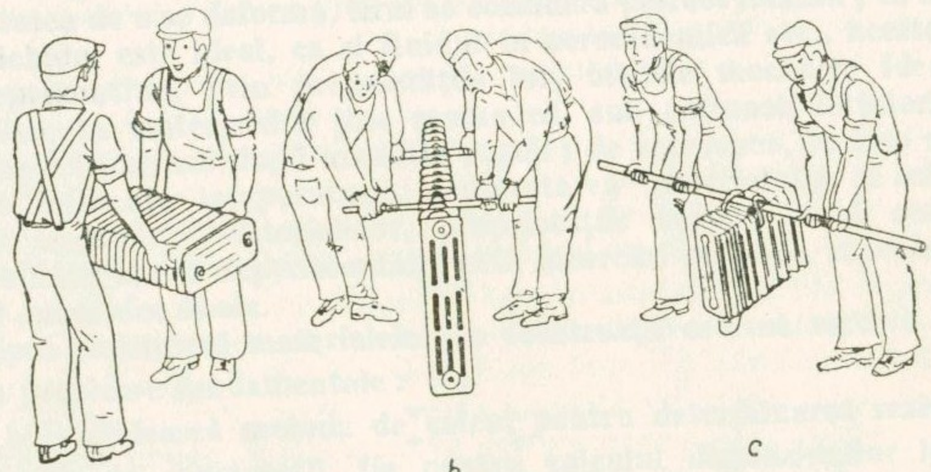
Pe lîngă măsurile specificate la capitolele precedente, care rămîn valabile și în cadrul acestui capitol, se menționează și o serie de măsuri de protecție a muncii, legate de transportul și manipularea corpurilor de radiator, a registrelor, aerotermelor etc., care prezintă un pericol de accidentare, datorită greutății lor mari.

În cazul transportului pe orizontală a corpurilor de încălzire se folosesc cărucioare speciale. Dacă se transportă manual, atunci, în funcție de numărul elementelor unui radiator (de greutatea sa), acesta va fi manipulat de unul sau de doi muncitori, folosind suporturi și bare metalice care să nu se îndoaie la sarcină.

În figura III.11 sînt prezentate modalități de manipulare a radiatoarelor.

În cazul deplasării pe verticală se folosesc mijloace mecanizate. Agregatele vor fi stivuite cu atenție și ancorate pentru a nu aluneca. Se va respecta sarcina maximă prescrisă a încărcăturii, a mijlocului utilizat pentru ridicat.

Dacă se utilizează bile de lemn pentru deplasarea agregatelor, cîrligul se va fixa prin cuie de bilă, ca să evite alunecarea și lovirea lucrătorilor.



a *b* *c*

Fig. III.11. Manipularea corpurilor de radiator.

Palanele folosite pentru ridicat trebuie în prealabil verificate, dacă pot suporta sarcina ce li se atribuie. În cazul în care nu este posibil, se va confecționa un eșafodaj special.

Dacă este necesară ridicarea unui echipament greu, pe măsura ridicării acestuia, se vor așeza sub el capre sau stive de traverse suficient de rezistente, pentru ca în cazul în care s-ar rupe cablul de la dispozitivul de ridicat să reziste la greutatea echipamentului.

Muncitorii care manevrează echipamentul de pe poziții cu echilibru instabil, trebuie să poarte centuri de siguranță legate de elemente de fixare solide, rezistente.

În caz de intervenții de manipulare în spații întunecoase, se vor folosi lămpi electrice portative alimentate cu curent electric cu tensiune redusă (24 V în condiții normale și 12 V în condiții de umiditate sau platforme metalice).

Sculele, uneltele și întreg echipamentul folosite pe timpul operațiilor, trebuie să fie în stare bună, capabile să reziste pe timpul solicitărilor, ținînd seama de faptul că specificul materialelor din instalațiile de încălzire este greutatea lor mare.

La sprijinirea și fixarea acestora nu se vor face improvizații care să nu prezinte stabilitate și siguranță. Postamentele și suporturile se vor verifica atît ca rezistență, stabilitate cît și ca planeitate.

La deplasări, ridicări, coborîri a pieselor grele și de dimensiuni mari se folosesc mijloace corespunzătoare, controlate permanent și sub supravegherea persoanelor în drept.

PARTEA A DOUA

Noțiuni de rezistența materialelor

CAPITOLUL IV

OBIECTUL REZISTENȚEI MATERIALELOR

IV. 1. BAZELE REZISTENȚEI MATERIALELOR

Rezistența materialelor studiază eforturile (forțele interioare) care apar în elementele de construcții și organele de mașini și deformațiile acestora sub acțiunea forțelor exterioare, ținînd seama de caracteristicile fizice și mecanice ale corpurilor.

Mecanica teoretică studiază echilibrul și mișcarea corpurilor, în baza unor ipoteze simplificatoare : corpurile se consideră rigide, fără posibilitatea de a se deforma, firul se consideră perfect flexibil ; în hidraulică, lichidul este ideal, ca și fluidul în aerodinamică etc., aceste corpuri reprezentînd, prin proprietățile lor, modele mecanice ideale.

Rezistența materialelor ține seama că, sub acțiunea forțelor, corpurile se deformează după anumite reguli ; de asemenea, se ține seama că, sub influența temperaturii, comportarea materialului se schimbă etc. În rezistența materialelor, proprietățile corpurilor se stabilesc pe baza unor studii experimentale, prin încercări practice, reprezentînd modele mecanice reale.

Scopul rezistenței materialelor în construcții este să rezolve următoarele probleme fundamentale :

— să stabilească metode de calcul pentru determinarea rezistenței elementelor de construcții, fie pentru calculul dimensiunilor lor, fie pentru verificarea comportării sub acțiunea forțelor la care sînt supuse ;

— să deducă prin calcul felul și mărimea deformațiilor elementelor de construcții sub acțiunea forțelor ;

— să stabilească calitățile pe care trebuie să le aibă elementele de construcții, pentru ca să se asigure acestora stabilitatea formei lor și o siguranță corespunzătoare de funcționare, cu condiția de a fi cît mai ieftine.

O condiție de bază a oricărei realizări tehnice este condiția de economicitate, adică orice element de construcție trebuie realizat cu un consum cît mai mic de material și manoperă, respectînd condițiile de rezistență, rigiditate și stabilitate impuse de rezistența materialelor. De asemenea, trebuie făcută o alegere potrivită a materialului, ținînd seama de condițiile de lucru ale piesei, astfel încît să fie cît mai bine folosit.

Rezistența materialelor este deci disciplina care stabilește metodele de calcul pentru studiul rezistenței, rigidității și stabilității corpurilor, în scopul realizării unor construcții ieftine și sigure în funcționare, considerînd corpurile deformabile sub acțiunea forțelor exterioare. Ea studiază, de asemenea, comportarea diverselor materiale sub încărcări și dă indicații despre modul de alegere a materialului, în funcție de încărcări și de condițiile de lucru.

Ca parte a mecanicii tehnice, rezistența materialelor se bazează pe următoarele elemente :

— rezultatele mecanicii teoretice ;

— rezultatele experimentărilor de laborator sau din practică ale elementelor de construcții sau organelor de mașini ;

— cunoștințele de matematică, folosite ca instrument de calcul ;

— cunoștințele de tehnologie a meseriei, care servesc pentru alegerea materialelor și a metodelor de prelucrare.

Aspectul experimental al rezistenței materialelor are o importanță foarte mare, deoarece urmărește :

— obținerea caracteristicilor mecanice ale materialelor, necesare pentru calcule ;

— verificarea metodelor și formulelor deduse teoretic, prin compararea lor cu fenomenele reale ;

— studiul fenomenului de rupere a materialelor sub acțiunea forțelor, precum și a diverșilor factori ce influențează acest fenomen.

Din cele arătate mai sus rezultă influența reciprocă a teoriei și experimentării pentru dezvoltarea rezistenței materialelor. Dezvoltarea uriașă a tehnicii face necesară apariția de noi materiale și de noi metode de calcul, mărindu-se cerințele de experimentare. Pentru orice realizare tehnică remarcabilă, cunoașterea proprietăților noilor materiale de construcții este la fel de importantă ca și dezvoltarea cunoștințelor teoretice.

IV.2. TIPURI DE SOLICITĂRI. IPOTEZE DE BAZĂ

IV.2.1. CLASIFICAREA CORPURILOR

Elementele de construcție au forme și dimensiuni foarte diferite, totuși există grupuri mari de piese asemănătoare. Drept criteriu pentru asemenea grupări se folosește raportul dintre cele trei dimensiuni ale corpurilor (lungime, lățime și înălțime sau grosime).

Barele și firele sînt corpurile care au lungimea cu mult mai mare decît dimensiunile secțiunii (fig. IV.1), fiind caracterizate prin axa lor longitudinală, care este axa centrelor de greutate ale secțiunilor transversale considerate perpendicular pe axă.

După forma axei longitudinale, barele pot fi drepte sau curbe.

După modul în care variază secțiunea în lungul axei, barele pot fi de secțiune constantă sau de secțiune variabilă.

După forma și dimensiunile secțiunii transversale, barele și firele se clasifică astfel :

— grinzi, stîlpi, arbori, osii etc., dacă secțiunea lor transversală are o formă geometrică (cerc, pătrat, dreptunghi etc.) ;

— bare cu pereți subțiri (fig. IV.2), în cazul în care forma secțiunii transversale este aceea a unui profil laminat de grosime mică (profil *I*, *U*, cornier etc.) ;

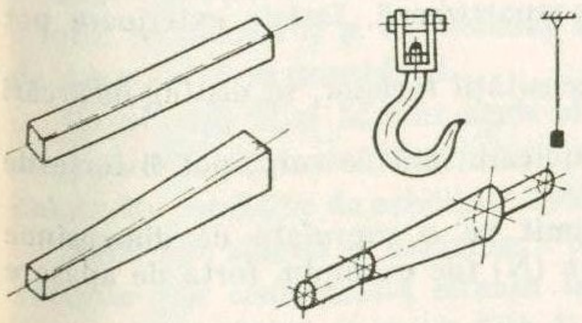


Fig. IV.1. Corpuri sub formă de bare sau fire

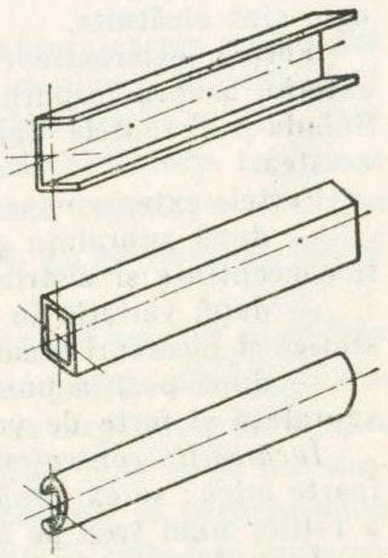


Fig. IV.2. Corpuri sub formă de bare cu pereți subțiri.

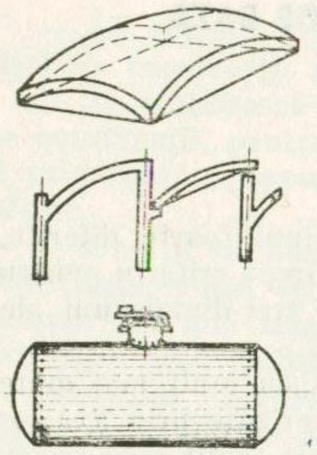


Fig. IV.3. Corpuri sub formă de plăci.

— fire (fig. IV.1), dacă secțiunea transversală este foarte mică în raport cu lungimea ; deoarece își pierd foarte ușor forma axei sub acțiunea încărcărilor, ele pot prelua numai eforturi de întindere.

Plăcile și membranele au una din dimensiuni (grosimea) mult mai mică decît celelalte două dimensiuni ; din această categorie fac parte învelișurile (plăcile de acoperiș), vasele cu pereți subțiri, discurile etc. (fig. IV.3).

După forma suprafeței mediane, plăcile pot fi plane sau curbe, iar după grosime pot fi de grosime constantă sau de grosime variabilă.

Membranele sînt plăci a căror grosime este foarte mică, motiv pentru care nu suportă decît solicitări de întindere.

Corpurile masive au cele trei dimensiuni de același ordin de mărime. În această categorie intră : fundațiile masive, tuburile cu pereți groși, bilele sau rolele rulmenților etc.

IV.2.2. FORȚE EXTERIOARE ȘI INTERIOARE

Corpurile solide își păstrează forma și dimensiunile, datorită forțelor de atracție interioară care există între atomii și moleculele din care sînt alcătuite.

Forțele exterioare (încărcări sau acțiuni) sînt forțele aplicate din exterior asupra corpurilor ; datorită lor, corpurile se deformează, modificîndu-și distanțele dintre molecule și valorile forțelor de atracție dintre acestea.

Forțele exterioare se clasifică după mai multe criterii, astfel :

— după suprafața pe care se repartizează, forțele exterioare pot fi concentrate și distribuite ;

— după variația în timp a intensității forțelor, se disting încărcări statice și încărcări dinamice ;

— după poziția punctelor de aplicare față de corp, pot fi forțe de suprafață și forțe de volum.

Încărcările concentrate se transmit pe o suprafață de dimensiune foarte mică ; se exprimă în Newton (N) (de exemplu, forța de apăsare a roților unui tren pe șină).

Încărcările distribuite se aplică în mod continuu pe o anumită lungime sau suprafață ; se exprimă în newtoni pe unitatea de lungime sau de suprafață (N/m sau N/m^2).

Încărcările statice încarcă treptat construcția, intensitatea lor crescînd încet de la zero pînă la valoarea finală care se menține constantă sau suferă variații neînsemnate ; de exemplu, acțiunea greutății unei clădiri asupra fundației sale.

Încărcările dinamice rezultă din aplicarea bruscă a unei încărcări asupra unui corp ; de exemplu, încărcarea ce rezultă din mișcarea unei piese (forțe de inerție), sau din variația în timp a valorii forțelor aplicate (forțe de oboseală).

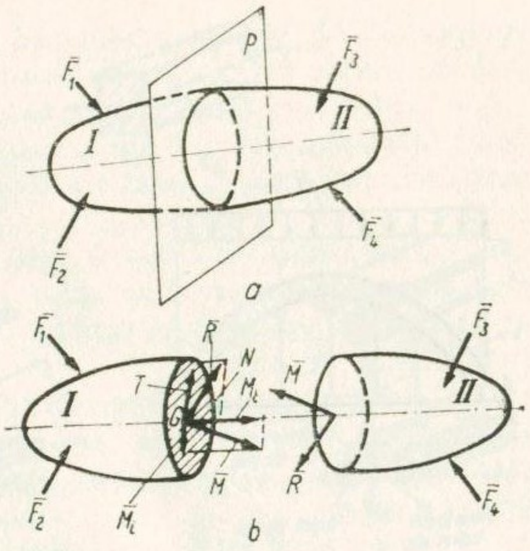


Fig. IV.4. Corp supus acțiunii unor forțe.

Forțele de suprafață se aplică pe suprafața corpurilor și provin din interacțiunea cu alte corpuri.

Forțele de volum provin din greutatea proprie a corpului și din forțele de inerție.

Forțele interioare sau eforturile sînt forțe care se nasc în interiorul corpurilor acționate de forțe exterioare, care tind să restabilească echilibrul corpului. Aceste forțe se calculează considerînd corpul secționat în două părți distincte cu un plan și figurînd pe fețele secțiunii forțele interioare.

În figura IV.4, *a*, este reprezentat un corp asupra căruia acționează patru forțe exterioare. Corpul este secționat cu un plan P în două părți I și II. Pentru menținerea în echilibru a fiecărei părți, este necesar ca pe fiecare element de suprafață al secțiunii să existe forțe interioare elementare. Prin însumarea acestor forțe pe toată suprafața, se obține o forță rezultantă $\bar{R}$ și un moment $\bar{M}$ (fig. IV.4, *b*), aplicate în centrul de greutate G al suprafeței.

Rezultatele $\bar{R}$ și $\bar{M}$ sînt egale și de sens contrar pe cele două fețe ale secțiunii, conform principiului acțiunii și reacțiunii ; ele pot fi calculate din condițiile de echilibru, aplicate părții de corp cărora le aparțin.

Solicitări simple și compuse. Forțele interioare $\bar{R}$ și $\bar{M}$ se pot descompune în componente situate în planul secțiunii și perpendicular pe el, obținîndu-se componentele N (forța axială de întindere sau compresiune, în funcție de sensul ei) și T (forța tăietoare), pentru rezultanta $\bar{R}$ și M_i (momentul încovoietor), și M_t (momentul de răsucire), pentru

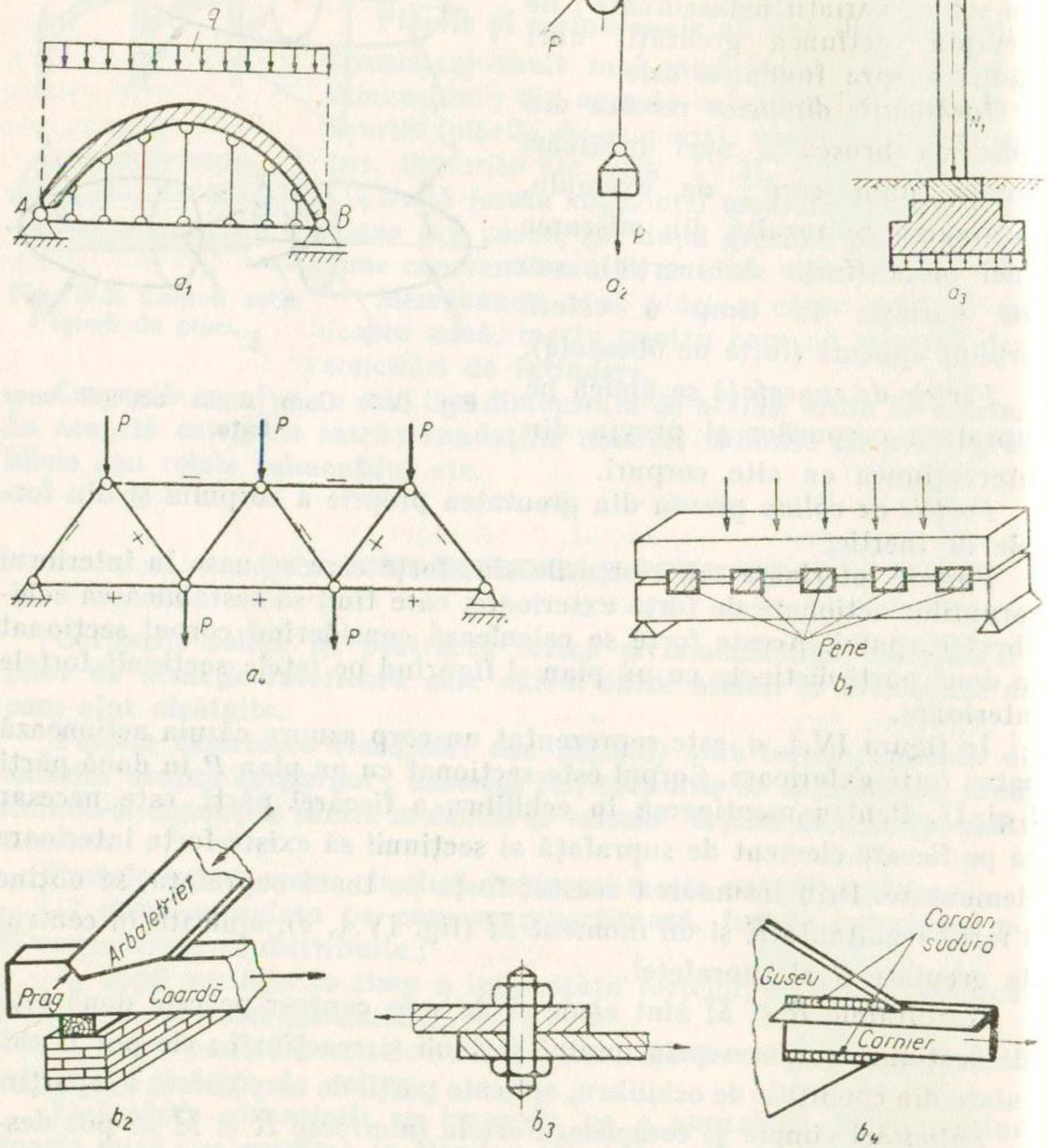
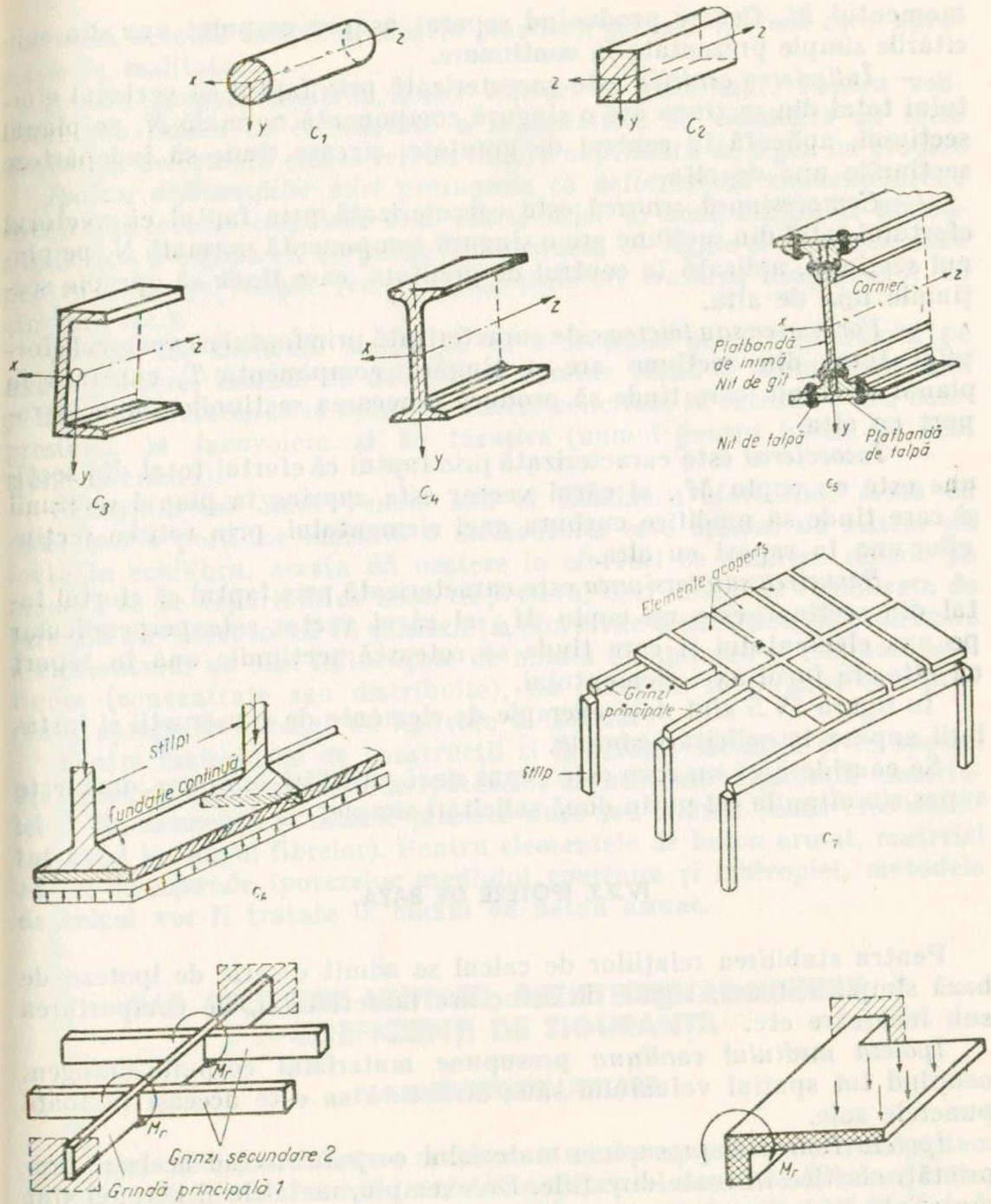


Fig. IV.5. Elemente de construcții și instalații supuse la solicitări simple :

a_1 — tirantul arcului supus la întindere ; a_2 — fir, cablu supus la întindere ; a_3 — stîlp central și blocul său de fundație supus la compresiune ; a_4 — grindă cu zăbrele solicitată axial ; b_1 — pene de solidarizare a două grinzi supuse la forfecare ; b_2 — pragul corzii care asigură îmbinarea cu arbaletrierul supus la forfecare ; b_3 — nit supus la forfecare ; b_4 — cordoane de sudură supuse la forfecare ;



c_1, c_2 — grinzi de lemn de secțiune circulară și pătrată supuse la încovoiere ; c_3, c_4, c_5 — grinzi metalice cu inimă plină, din profiluri laminate tip *U*, tip I, sau compusă, supuse la încovoiere ; c_6 — grindă principală de fundație supusă la încovoiere ; c_7 — elemente de acoperiș supuse la încovoiere ; d_1 — grindă principală supusă la răsucire ; d_2 — grinda unui planșeu de beton armat supusă la răsucire.

momentul M, fiecare producînd separat asupra corpului una din solicitările simple prezentate în continuare.

— *Întinderea centrică* este caracterizată prin faptul că vectorul efortului total din secțiune are o singură componentă normală N, pe planul secțiunii, aplicată în centrul de greutate, și care tinde să îndepărteze secțiunile una de alta.

— *Compresiunea centrică* este caracterizată prin faptul că vectorul efortului total din secțiune are o singură componentă normală N, pe planul secțiunii, aplicată în centrul de greutate, care tinde să apropie secțiunile una de alta.

— *Forfecarea sau tăierea* este caracterizată prin faptul că vectorul efortului total din secțiune are o singură componentă T, cuprinsă în planul secțiunii, care tinde să producă lunecarea secțiunilor, una în raport cu alta.

— *Încovoierea* este caracterizată prin faptul că efortul total din secțiune este cu cuplu M_i, al cărui vector este cuprins în planul secțiunii și care tinde să modifice curbura axei elementului, prin rotirea secțiunilor una în raport cu alta.

— *Răsucirea sau torsiunea* este caracterizată prin faptul că efortul total din secțiune este un cuplu M_t, al cărui vector este perpendicular pe axa elementului și care tinde să rotească secțiunile una în raport cu alta, în jurul axei elementului.

În figura IV.5 sînt date exemple de elemente de construcții și instalații supuse la solicitări simple.

Se consideră că un corp este supus unei solicitări compuse, dacă este supus simultan la cel puțin două solicitări simple.

IV.2.3. IPOTEZE DE BAZĂ

Pentru stabilirea relațiilor de calcul se admit o serie de ipoteze de bază simplificatoare, legate de structura materialului, de comportarea sub încărcare etc.

Ipoteza mediului continuu presupune materialul corpului omogen, ocupînd tot spațiul volumului său; structura sa este aceeași în toate punctele sale.

Ipoteza izotropiei presupune materialul corpului avînd aceleași proprietăți elastice în toate direcțiile. De exemplu, metalele și betonul sînt materiale izotrope, în timp ce lemnul și materialele stratificate sînt anizotrope.

Ipoteza elasticității perfecte consideră că, după îndepărtarea încărcărilor, corpurile revin exact la forma și dimensiunile inițiale. Pentru majoritatea materialelor folosite în construcții (metale, lemn și în măsură

mai mică betonul simplu și masele plastice), această ipoteză este apropiată de realitate.

Ipoteza proporționalității dintre eforturi și deformații. Pentru solicitări sub limita de elasticitate a materialului se consideră că între eforturi și deformații există relația liniară exprimată de legea lui Hooke.

Ipoteza deformațiilor mici presupune că deformațiile elementelor de construcții corect calculate sînt foarte mici în comparație cu dimensiunile lor. Pe baza ei, corpurile se consideră ca rigide și nedeformabile pentru anumite calcule (calculul reacțiunilor, trasarea diagramelor de eforturi etc.).

Ipoteza lui Bernoulli stabilește că o secțiune plană și normală pe axa unei bare, înainte de deformare, rămîne plană și normală pe axă și după deformare; ea se aplică la barele solicitate la întindere sau compresiune, la încovoiere și la răsucire (numai pentru barele cu secțiune circulară).

Principiul lui Saint Venant sau al localizării eforturilor arată că dacă într-o porțiune limitată a elementului este aplicat un sistem de forțe în echilibru, acesta dă naștere la eforturi ce descresc repede pe măsură ce ne depărtăm de zona respectivă, deci sistemele echilibrate de forțe au un efect local. În consecință, eforturile dintr-o secțiune oarecare a elementului nu sînt influențate de modul de aplicare al forțelor exterioare (concentrate sau distribuite), cu excepția secțiunilor din imediata apropiere a zonei de aplicare a forțelor.

Dintre materialele de construcții și instalații, metalele și în special oțelul corespund cel mai bine ipotezelor de bază ale rezistenței materialelor, de asemenea și masele plastice dure sau lemnul (dacă este solicitat axial în lungul fibrelor). Pentru elementele de beton armat, material ce nu corespunde ipotezelor mediului continuu și izotropiei, metodele de calcul vor fi tratate la cursul de beton armat.

IV.3. EFORTURI UNITARE, REZISTENȚE ADMISIBILE. COEFICIENȚI DE SIGURANȚĂ

IV.3.1. EFORTURI UNITARE

Forțele interioare dintr-o secțiune a unui corp solicitat de un sistem de forțe exterioare sînt rezultantele unor forțe elementare ΔF, care acționează pe fiecare element de suprafață al secțiunii ΔA (fig. IV.6). Intensitatea acestor forțe este caracterizată de raportul:

$$\vec{p} = \frac{\Delta \vec{F}}{\Delta A}, \qquad \text{(IV-1)}$$

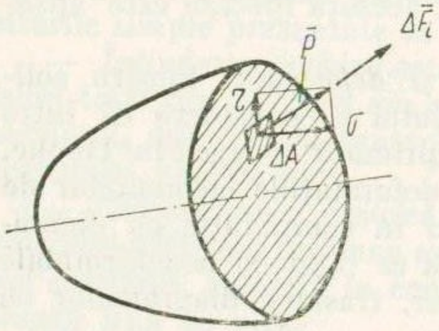


Fig. IV.6. Eforturi unitare pe secțiune.

care se numește *efort unitar* și se mă soară în newton pe metru pătrat (N/m² sau decanewton pe centimetru pătra (daN/cm²).

Ca vector, efortul unitar $\bar{p}$ are direcția forței care îl produce. Dacă $\bar{p}$ est înclinat pe suprafața pe care acționează, efortul unitar se poate descompune în două componente, una cuprinsă în planul secțiunii, numită *efort unitar tangențial* (notată cu τ) și alta perpendiculară pe secțiune, numită efort unitar normal (notată cu σ). Eforturile unitare normale sau tangențiale se exprimă în newton pe metru pătrat (N/m²) sau decanewton pe centimetru pătrat (daN/cm²).

IV.3.2. REZISTENȚE ADMISIBILE. COEFICIENȚI DE SIGURANȚĂ

Rezistența admisibilă a unui material la o solicitare dată este valoarea maximă a efortului unitar ce poate lua naștere într-un element de construcție, pentru ca să nu se rupă sau să nu capete deformații permanente.

Valoarea rezistenței admisibile este mai mică decît valoarea limită ce produce o stare periculoasă care scoate elementul de construcție din funcțiune.

Coeficientul de siguranță c arată de cîte ori este mai mică rezistența admisibilă (σ_a) decît cea de rupere (σ_r) sau limită (σ_{lim}).

$$c = \frac{\sigma_{lim}}{\sigma_a} = \frac{\sigma_r}{\sigma_a}. \qquad \text{(IV-2)}$$

Valorile rezistențelor admisibile sau ale coeficienților de siguranță se stabilesc în funcție de mai mulți factori : natura materialului, felul solicitării elementului, exactitatea stabilirii încărcărilor la care este supus elementul, modul de acționare a încărcărilor în timp, durata de folosire a elementului, condițiile de lucru ale elementului (temperatura de lucru, existența unor agenți externi defavorabili etc.).

IV.3.3. METODE GENERALE DE CALCUL ÎN REZISTENȚA MATERIALELOR

Metoda rezistenței admisibile este metoda de calcul cea mai simplă și mai răspîndită în calcul. Această metodă constă în stabilirea efortului unitar efectiv maxim ce se poate dezvolta în elementul de construcție respectiv și compararea lui cu rezistența admisibilă pentru materialul respectiv și solicitarea dată, determinată în condiții de laborator.

Există cazuri în care metoda rezistenței admisibile nu poate fi aplicată, cum ar fi cazul construcțiilor supuse la mari variații de temperatură sau al unor bare de secțiuni variabile (denumite piese cu concentratori) etc.

Metoda capacității portante sau a sarcinii critice compară încărcarea de lucru cu încărcarea critică pe care o poate suporta o construcție fără să se rupă sau să capete deformații inadmisibile. Această metodă se aplică mai ales la construcții, dar prezintă inconvenientul determinării dificile prin calcul a sarcinii critice pentru cazurile mai complicate.

Pentru unele construcții, interesează în mod deosebit deformațiile acesteia, criteriul de bază fiind cel al rigidității, în care deformațiile elementelor sînt comparate cu cele admisibile.

Dacă construcția este supusă unor fenomene caracterizate de alte mărimi decît eforturile unitare sau deformațiile specifice (de exemplu, stabilitatea elastică, oboseala materialelor, vibrații elastice etc.), calculul construcției are drept criteriu de comparație mărimile admisibile acestor fenomene.

CAPITOLUL V

ÎNTINDEREA ȘI COMPRESIUNEA

V.1. CARACTERIZAREA SOLICITĂRILOR DE ÎNTINDERE ȘI COMPRESIUNE

Întinderea și compresiunea simplă (pură) a unei bare drepte se produce atunci cînd forțele exterioare care acționează asupra ei au punctele de aplicație pe axa barei și direcția acestei axe. Dacă forțele exterioare sînt dirijate către exterior, bara este solicitată la întindere, iar dacă sînt dirijate către interior bara este solicitată la compresiune.

Pentru aflarea eforturilor unitare este necesar mai întîi să se determine valoarea forțelor interioare și în acest sens se utilizează metoda secționării barei.

În exemplul prezentat în figura V.1 (bara solicitată la întindere de forța exterioară P) se secționează bara printr-un plan $m - n$, perpendicular pe axă, se îndepărtează una din părți și se înlocuiește efectul ei asupra părții rămase cu o forță interioară, care să-i mențină echilibrul. Această forță interioară, care este rezultanta eforturilor unitare ce acționează pe secțiune, se notează cu N și se numește forță axială situată tot în axa barei (fig. V.1, *b*). Ea este de sens contrar cu forța exterioară P și din condiția de echilibru, rezultă :

$$N = P$$

Dacă o bară dreaptă este încărcată cu mai multe forțe axiale aplicate între cele două capete ale sale, forța axială nu mai are aceeași valoare pe toată lungimea barei, ci diferite valori pe diferite intervale.

De exemplu, se consideră stîlpul central al unei clădiri (parter + + un etaj) din figura V.2, încărcat axial cu forțele $P_1 = 100$ kN, $P_2 = 250$ kN și $P_3 = 300$ kN. Se cere calculul eforturilor în diverse

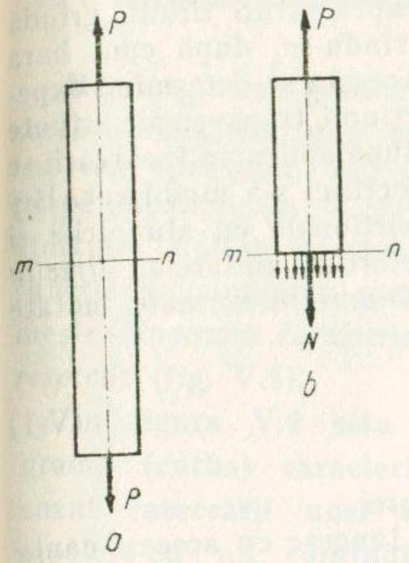


Fig. V.1. Bară solicitată la întindere :
a — supusă forțelor P ; b — supusă forței P și efortului N.

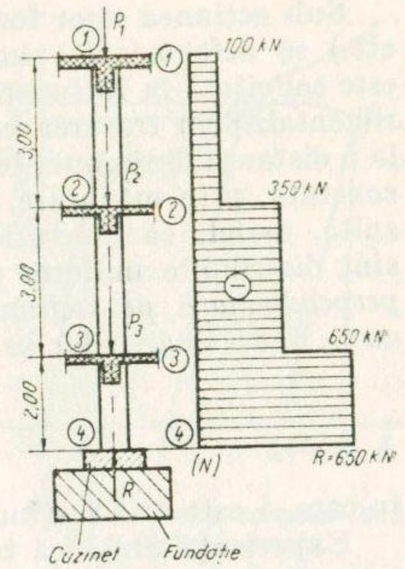


Fig. V.2. Stîlp solicitat de mai multe forțe axiale.

secțiuni, adică reprezentarea grafică a variației acestora în lungul stîlpului ; se neglijează greutatea proprie a stîlpului.

Se calculează mai întîi reacțiunea R în cuzinetul fundației stîlpului, scriindu-se ecuația de echilibru a tuturor forțelor exterioare pe axa stîlpului ; rezultă :

$P_1 + P_2 + P_3 - R = 0$

$R = P_1 + P_2 + P_3 = 100 + 250 + 300 = 650$ kN.

Prin aplicarea metodei secțiunilor se scrie relația forței axiale pe diverse intervale ale stîlpului. De exemplu, dacă se secționează stîlpul între punctele 1 și 2 și se îndepărtează partea de stîlp situată dedesubtul acestei secțiuni, pentru menținerea echilibrului, forța interioară va fi:

$N_{12} = P_1 = -100$ kN (compresiune).

În același mod, pentru celelalte intervale, forța axială este :

$N_{23} = P_1 + P_2 = -(100 + 250) = -350$ kN (compresiune) ;

$N_{34} = P_1 + P_2 + P_3 = -(100 + 250 + 300) = -650$ kN (compresiune) ;

Verificare : $N_{34} = -R = -650$ kN (compresiune).

Luîndu-se o axă de referință paralelă cu axa stîlpului și reprezentînd valorile calculate, se obține diagrama de forțe axiale (fig. V.2).

În concluzie, forța axială (interioară) într-o secțiune oarecare este egală cu suma proiecțiilor pe axa stîlpului a tuturor forțelor situate deasupra secțiunii, sau suma celor situate dedesubtul secțiunii, cu semn schimbat. Convențional, forța axială se consideră pozitivă cînd întinde stîlpul și negativă cînd îl comprimă.

Sub acțiunea unor forțe axiale, o bară dreaptă (stîlp tirant, grindă etc.) se deformează, alungindu-se sau scuturîndu-se, după cum bara este solicitată la întindere sau compresiune. Aceasta se determină experimental, prin trasarea conturului a două secțiunii transversale situate la o distanță dată, apoi se aplică încărcarea ; după aplicarea încărcării se constată, prin măsurare, că distanța dintre secțiuni s-a modificat. Rezultă, astfel, că eforturile unitare sînt proporționale cu alungirile și sînt distribuite uniform pe secțiune. Aceste eforturi unitare *au direcția perpendiculară pe secțiune*, fiind deci *eforturi unitare normale*, notate cu σ, iar valoarea lor se obține din :

$$\sigma = \frac{N}{A}, \qquad \text{(V-1)}$$

în care A este aria secțiunii normale pe axa barei.

Experiența arată că toate fibrele barei se lungesc cu aceeași cantitate, deci eforturile unitare normale — în cazul întinderii centrice — au aceeași valoare și același sens în toate punctele secțiunii transversale.

Condiția de rezistență a barei cere ca valoarea efortului unitar efectiv (σ_{ef}) să fie mai mică sau cel mult egală cu rezistența admisibilă (σ_a).

V.2. CURBA CARACTERISTICĂ LA ÎNTINDERE, LEGEA LUI HOOKE

Experimental, legătura care există între eforturile unitare normale și deformațiile produse se determină, pentru încercarea la întindere, cu ajutorul unei mașini de încercat, prezentată schematic în figura V.3.

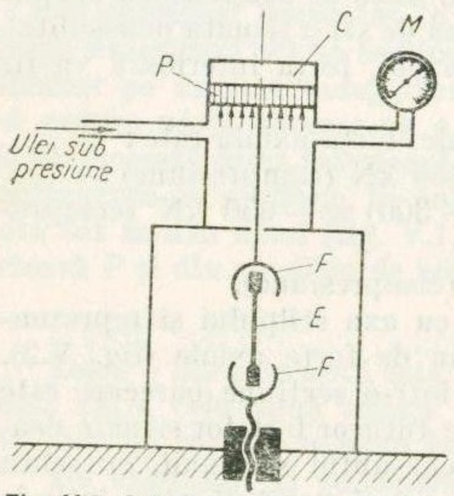


Fig. V.3. Schema unei mașini de încercat.

În acest scop, se utilizează o epruvetă E din materialul de încercat, de formă și dimensiuni standardizate, ale cărei capete se introduc între bacurile (fălcile) F ale mașinii de încercat. Epruveta este solicitată la întindere de o forță lent crescătoare, datorită presiunii exercitate de ulei asupra pistonului P din cilindrul C. În timpul încercării se citesc valorile succesive ale încărcării la manometrul M și printr-un micro-comparator se măsoară creșterile corespunzătoare lungimii inițiale marcată pe epruvetă.

V.2.1. TRASAREA DIAGRAMEI CARACTERISTICE

Reprezentarea grafică a rezultatelor încercării, descrisă mai sus, dusă pînă la ruperea epruvetei, într-un sistem de axe perpendiculare (ε, 0, σ) exprimă variația efortului unitar normal σ din epruvetă, funcție de alungirea specifică ε, și se numește *diagrama caracteristică a materialului respectiv* (fig. V.4).

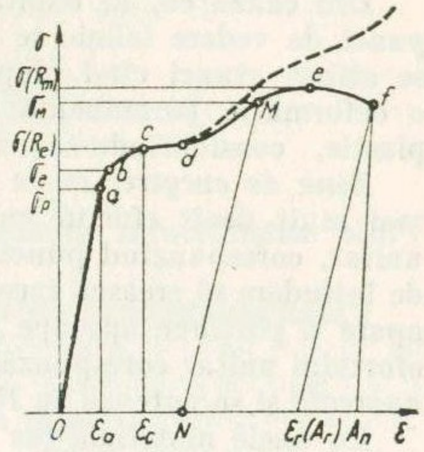


Fig. V.4. Curba caracteristică a oțelului moale.

În figura V.4 este reprezentată diagrama (curba) caracteristică obținută în cazul încercării unei epruvete din oțel moale, cu un conținut mic de carbon.

Domeniul de proporționalitate. Prima parte a curbei caracteristice pînă la punctul a este o linie dreaptă, eforturile unitare fiind proporționale cu deformațiile specifice, exprimate prin :

$$\sigma = E \cdot \varepsilon \qquad \text{(V-2)}$$

în care E este modulul de elasticitate, în daN/cm².

Această relație este cunoscută sub denumirea de *legea lui Hooke.* Modulul de elasticitate indică posibilitățile materialului de a se opune forțelor exterioare care îl deformează. Cu cît modulul de elasticitate are o valoare mai mare, cu atît deformațiile specifice (elastice) rezultate în urma aplicării încărcărilor sînt mai mici. Pentru oțelul obișnuit, utilizat în construcții, valoarea modulului de elasticitate este $E = 2{,}1 \times 10^6$ daN/cm², al aluminiului de 700 000 daN/cm², al lemnului în lungul fibrelor are valoarea medie de 100 000 daN/cm², iar al betonului simplu este de 210 000 daN/cm².

Valoarea corespunzătoare efortului unitar în punctul a se notează, de obicei, cu σ_p și se numește *limită de proporționalitate.*

Domeniul de elasticitate. Continuînd întinderea barei pînă la o anumită valoare a efortului unitar, materialul se comportă elastic, adică epruveta, după scoaterea din mașină, revine la dimensiunile inițiale. Această valoare a efortului unitar se notează, de obicei, cu σ_e și se numește *limita elastică* a materialului încercat.

Din cauză că, în realitate materialele nu sînt perfect elastice, din punct de vedere tehnic se consideră că limita elastică a unui material se atinge atunci cînd, după descărcarea epruvetei, aceasta rămîne cu o deformaţie permanentă de 0,01%, peste care se intră în domeniul plastic, considerîndu-se că nu mai revine la dimensiunile iniţiale.

Zona de curgere. Peste valoarea limitei elastice, deformaţiile cresc mai mult decît efortul unitar. Pentru o anumită valoare a efortului unitar, corespunzînd punctului *c*, deformaţia barei creşte fără ca forţa de întindere să crească corespunzător şi materialul „curge" (pe diagramă apare o porţiune aproape orizontală *c — d*). Valoarea forţei, respectiv efortului unitar corespunzător acestei zone, se numeşte *limită de curgere aparentă* şi se notează cu R_c sau σ_c.

La unele materiale (de exemplu la beton) nu se observă o zonă de curgere de tipul celei pentru oţelul moale. În astfel de cazuri, ca limită de curgere tehnică se consideră efortul unitar care produce o alungire remanentă $A_r = 0{,}2\%$.

Zona deformaţiilor mari (zona de rupere). Dincolo de zona de curgere (punctul *d*), eforturile unitare mai cresc pînă la valoarea maximă (punctul *e* pe diagramă), denumită *rezistenţa la rupere* (σ_r). Peste punctul *e*, deformaţia epruvetei se concentrează într-un singur punct, unde apare o gîtuire şi în acest loc se produce ruperea.

În afară de punctele caracteristice menţionate, de mare importanţă pentru aprecierea proprietăţilor mecanice ale unui material sînt şi lungirea specifică la rupere (ε_r) şi gîtuirea. Gîtuirea la rupere se notează cu Z şi este dată de relaţia :

$$Z = \frac{S_0 - S_u}{S_0} \cdot 100, \qquad \text{(V-3)}$$

în care : S_0 este aria secţiunii iniţiale a epruvetei ;

S_u — aria secţiunii la rupere.

Pentru punctele caracteristice menţionate în figura V.4, rezultă următoarele eforturi unitare caracteristice.

$\sigma_p = \frac{R_p}{S_0}$ — pentru limita de proporţionalitate ;

$\sigma_e = \frac{R_e}{S_0}$ — pentru limita de elasticitate ;

$\sigma_c = \frac{R_c}{S_0}$ — pentru limita de curgere ;

$\sigma_r = \frac{R_r}{S_0}$ — pentru rezistenţa de rupere.

Deformaţiile specifice, pentru aceleaşi puncte caracteristice sînt :

$\varepsilon_p = \frac{\Delta l_p}{l_0}$ — lungirea specifică la limita de proporţionalitate ;

$\varepsilon_e = \frac{\Delta l_e}{l_0}$ — lungirea specifică la limita elastică ;

$\varepsilon_c = \frac{\Delta l_c}{l_0}$ — lungirea specifică la curgere ;

$\varepsilon_r = \frac{\Delta l_r}{l_0}$ — lungirea specifică la rupere ;

în care : Δl sînt lungirile epruvetei ;

l_0 — lungimea iniţială a epruvetei.

V.2.2. LEGEA LUI HOOKE

Pentru toate elementele de construcţii şi instalaţii, materialele utilizate lucrează numai în zona de proporţionalitate, adică rezistenţa admisibilă este mai mică decît limita de proporţionalitate ($\sigma_a < \sigma_p$).

În triunghiul dreptunghic 0, ε_a, *a* din figura V.4, înclinarea ipotenuzei 0, *a* faţă de axa 0, ε (fie α) defineşte modulul de elasticitate longitudinal, cu relaţia :

$$E = \operatorname{tg} \alpha = \frac{\sigma_p}{\varepsilon_a},$$

sau în cazul general :

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}.$$

Înlocuind în legea lui Hooke:

$$\sigma = \frac{N}{A} \text{ și } \varepsilon = \frac{\Delta l}{l}, \text{ rezultă relația:}$$

$$\Delta l = \frac{N \cdot l}{E \cdot A}, \qquad \text{(V-4)}$$

Din relația (V-4) rezultă că lungirea totală Δl a elementului solicitat la întindere este proporțională cu lungimea inițială l și invers proporțională cu produsul $E \cdot A$, denumit *rigiditatea la întindere a elementului*.

Legea lui Hooke a fost verificată experimental și pentru alte materiale de construcții și instalații, la care se distinge o zonă de proporționalitate. În figura V.5, *a* și *b* sînt reprezentate curbele caracteristice pentru oțelurile superioare și aliate și pentru lemnul solicitat la întindere în lungul fibrelor.

Pentru alte materiale (fonte, aliajele cuprului și aluminiului, roci eruptive și sedimentare, mortare și betoane de ciment etc.), diagramele caracteristice sînt de formele arătate în figura V.5, *c*, *d*, adică sînt curbe, nereprezentînd nici o particularitate pînă în momentul ruperii. În rezistența materialelor, chiar dacă curba caracteristică nu prezintă o zonă liniară, se admite că în zona deformațiilor mici curba se poate aproxima cu o dreaptă (conform ipotezei elasticității perfecte).

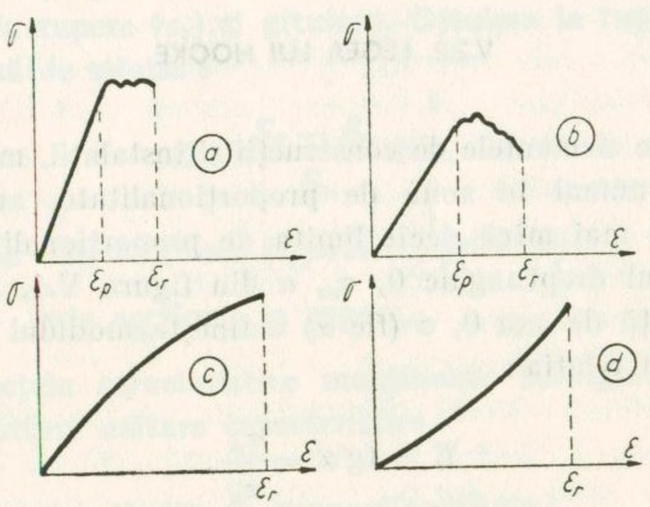


Fig. V.5. Curbe caracteristice ale unor materiale de construcții și instalații:

a – oțeluri superioare și aliate; *b* – lemn solicitat în lungul fibrelor; *c* și *d* – fonte, aliajele cuprului și aluminiului, rocile eruptive și sedimentare, mortarele și betoanele de ciment etc.

EXEMPLE DE CALCUL

1. Să se calculeze lungirea totală a unei bare de oțel, lungă de 3 m, supusă la întindere cu un efort unitar $\sigma = 1\,500$ daN/cm². Valoarea modulului de elasticitate este $E = 2{,}1 \cdot 10^6$ daN/cm².

Rezolvare

Lungirea totală a barei de oțel este dată de relația (V-4).

$$\Delta l = \frac{N \cdot l}{E \cdot A} = \frac{\sigma \cdot l}{E} = \frac{1\,500 \cdot 300}{2{,}1 \cdot 10^6} = 0{,}214 \text{ cm}.$$

2. O bară de oțel-beton cu diametrul de 2 cm și rezistența admisibilă 1 400 daN/cm² este supusă la întindere. Să se calculeze forța maximă și lungirea barei, știind că lungimea barei este de 2 m. Se cunoaște modulul de elasticitate, $E = 2{,}1 \cdot 10^6$ daN/cm².

Rezolvare

Forța maximă este:

$$N_{max} = \sigma_a \cdot A = 1\,400 \cdot \frac{3{,}14 \cdot 2^2}{4} = 4\,396 \text{ daN}.$$

Lungirea barei se calculează cu relația (V-4):

$$\Delta l = \frac{\sigma_a \cdot l}{E} = \frac{1\,400 \cdot 200}{2{,}1 \cdot 10^6} = 0{,}133 \text{ cm}.$$

PROBLEME NEREZOLVATE

1. Să se calculeze forța de întindere exercitată asupra unei bare de oțel-beton cu diametrul de 2 cm, care a produs o lungire specifică $\varepsilon = 0{,}00065$, știind că modulul de elasticitate este $E = 2{,}1 \cdot 10^6$ daN/cm².

Răspuns: $N = 4\,286$ daN.

2. O bară de oțel cu secțiune circulară constantă, avînd lungimea de 800 mm și volumul de 251,2 cm³, se lungește sub acțiunea unei forțe exterioare, cu 1,0 mm. Să se calculeze această forță, știind că modulul de elasticitate al oțelului este $E = 2{,}1 \cdot 10^6$ daN/cm².

Răspuns: $N = 8\,242$ daN.

3. Un fir de oțel cu lungimea de 30 m și secțiunea normală de 25 mm² se lungește cu 23 mm, cînd este solicitat la întindere cu o forță de 420 daN.

Se cere:

- modulul de elasticitate al oțelului;
- efortul unitar normal în fir;
- alungirea specifică;
- alungirea pentru o forță $N = 100$ daN.

Răspuns: $E = 2\,190\,000$ daN/cm²;
$\sigma_{ef} = 1\,680$ daN/cm²;
$\varepsilon = 0{,}00077$;
$\Delta l = 5{,}5$ mm.

4. O sîrmă de oţel cilindrică cu lungimea $l = 19{,}8$ m a căpătat o alungire de $\Delta l = 0{,}455$ mm, sub acţiunea unei forţe de întindere $N = 1\,000$ daN. Să se afle diametrul secţiunii normale al barei ($d = ?$), cunoscîndu-se modulul de elasticitate al oţelului $E = 2\,150\,000$ daN/cm².

Răspuns: $d = 5{,}08$ mm.

V.3. DIMENSIONAREA ŞI VERIFICAREA BARELOR SOLICITATE LA ÎNTINDERE ŞI COMPRESIUNE

Pentru dimensionarea sau verificarea elementelor de construcţii sau organelor de maşini la diferite solicitări, inclusiv la întindere şi compresiune, se folosesc două criterii : după eforturi şi după deformaţii.

V.3.1. DIMENSIONAREA ŞI VERIFICAREA DUPĂ CRITERIUL EFORTURILOR

După cum s-a arătat, relaţia generală de calcul al eforturilor unitare normale este :

$$\sigma = \frac{N}{A}.$$

Condiţia de rezistenţă a barei cere ca această valoare a lui σ să fie mai mică sau cel mult egală cu rezistenţa admisibilă σ_a a materialului.

Dimensionarea. Prin dimensionarea unei bare solicitate la întindere sau compresiune se calculează suprafaţa secţiunii transversale necesare a barei (A_{nec}), pentru a rezista la forţe de întindere sau de compresiune date (N).

În acest caz se foloseşte relaţia (V-1), scrisă sub forma :

$$A_{nec} \geqslant \frac{N}{\sigma_a}. \qquad \text{(V-5)}$$

Verificarea. Prin verificarea unei bare solicitate la întindere sau compresiune se calculează efortul unitar normal efectiv (σ_{ef}), cunoscînd forţa efectivă (N_{ef}) şi secţiunea transversală efectivă (A_{ef}) ale barei.

În acest caz se foloseşte relaţia (V-1), scrisă sub forma :

$$\sigma_{ef} = \frac{N_{ef}}{A_{ef}} \leqslant \sigma_a \qquad \text{(V-6)}$$

Calculul încărcării capabile (maxime). Cînd se cunosc dimensiunile secţiunii transversale (A_{ef}) şi rezistenţa admisibilă a materialului (σ_a), se poate calcula încărcarea capabilă (maximă) la întindere sau compresiune pe care bara o poate suporta în bune condiţii, tot cu relaţia (V-1), scrisă sub forma :

$$N_{cap} = N_{max} = \sigma_a \cdot A_{ef} \leqslant N_{ef}. \qquad \text{(V-7)}$$

EXEMPLE DE CALCUL

1. Să se calculeze dimensiunile în plan orizontal ale unei fundaţii rigide de beton a unui stîlp încărcat centric cu $N = 1\,000$ kN (inclusiv greutatea fundaţiei), ştiind că presiunea admisibilă pe teren este $\sigma_a = 2$ daN/cm².

Rezolvare

Aria secţiunii transversale este dată de relaţia :

$$A_{nec} = \frac{N}{\sigma_a} = \frac{100\,000}{2} = 50\,000 \text{ cm}^2 = 5 \text{ m}^2.$$

Fundaţia fiind încărcată centric se stabileşte forma în plan un pătrat cu latura :

$$a = \sqrt{A} = \sqrt{5} = 2{,}24 \text{ m}.$$

Se alege : $a = 2{,}20$ m, pentru care efortul unitar efectiv pe teren este :

$$\sigma_{ef} = \frac{N}{A_{ef}} = \frac{100\,000}{220^2} = 2{,}06 \text{ daN/cm}^2 = 1{,}03\ \sigma_a,$$

adică se îndeplineşte condiţia :

$$\sigma_{ef} = (0{,}95 \ldots 1{,}03)\ \sigma_a,$$

ca un element să fie bine dimensionat.

2. Să se verifice un tirant de oţel, pentru care se cunosc : forţa de întindere $N = 100$ kN, secţiunea transversală circulară cu diametrul $d = 3$ cm şi rezistenţa admisibilă a oţelului $\sigma_a = 1\,400$ daN/cm².

Rezolvare

Se utilizează relaţia (V-6) :

$$\sigma_{ef} = \frac{N_{ef}}{A_{ef}} = \frac{10\,000}{\frac{3{,}14 \cdot 3^2}{4}} = 1415{,}4 \text{ daN/cm}^2.$$

Condiția ca tirantul să fie bine dimensionat este:

$$\sigma_{ef} = (0{,}95 \ldots 1{,}03)\ \sigma_a.$$

În cazul nostru:

$$\sigma_{ef} = 1{,}011\ \sigma_a,$$

deci tirantul este bine dimensionat.

Dacă ar fi rezultat: $\sigma_{ef} < 0{,}95\ \sigma_a$, atunci tirantul ar fi fost supradimensionat, iar pentru: $\sigma_{ef} > 1{,}03\ \sigma_a$ ar fi fost subdimensionat.

3. Să se calculeze încărcarea (teoretică) la care se rupe un cub de beton de marcă B 200, avînd latura $a = 10$ cm, supus la compresiune în presa de încercat.

Rezolvare:

Încărcarea maximă se obține din relația (V-7):

$$N_{max} = \sigma_r \cdot A_{ef} = 200 \cdot 10^2 = 20\,000 \text{ daN}.$$

Explicație: la betonul de marcă B 200, $\sigma_r = 200$ daN/cm².

PROBLEME NEREZOLVATE

1. Să se dimensioneze o bară de oțel OL 37 cu secțiunea pătrată, solicitată la întindere cu o forță $N = 10\,800$ daN, cunoscînd valoarea rezistenței admisibile a oțelului $\sigma_a = 1\,200$ daN/cm².

Răspuns: $A_{nec} = 9$ cm²; $a = 3$ cm.

2. Să se verifice dacă o bară de oțel avînd Ø 20 mm poate fi solicitată la întindere axială cu o forță $N = 4\,200$ daN, știind că rezistența admisibilă a oțelului este $\sigma_a = 1\,400$ daN/cm².

Răspuns: $\sigma_{ef} = 1\,334$ daN/cm² $= 0{,}953\ \sigma_a$.

3. Ce forță capabilă la întindere axială are bara din lemn de formă cilindrică cu diametrul de 30 cm, știind că rezistența admisibilă a materialului este $\sigma_a = 120$ daN/cm².

Răspuns: $N_{cap} = 84\,780$ daN.

4. Să se calculeze forța maximă de întindere a unei bare de oțel cu secțiune pătrată, avînd latura $a = 4$ cm, știind că rezistența admisibilă a oțelului este $\sigma_a = 1\,400$ daN/cm².

Răspuns: $N_{max} = 224$ kN.

5. O bară de fontă are rezistența la rupere prin întindere $\sigma_r = 3\,500$ daN/cm². Ce secțiune normală trebuie să i se dea, pentru a rezista la o solicitare de întindere a forței $N = 2\,500$ daN, cu un coeficient de siguranță $c = 7$.

Răspuns: $A_{nec} = 5$ cm².

V.3.2. DIMENSIONAREA ȘI VERIFICAREA DUPĂ CRITERIUL DEFORMAȚIILOR

Relația generală de calcul la întindere sau compresiune după criteriul deformațiilor este legea lui Hooke, sub forma:

$$\Delta l = \frac{N \cdot l}{E \cdot A}.$$

Această relație poate fi scrisă ca relație de dimensionare, de verificare sau de determinare a forței capabile.

Pentru dimensionare

$$A_{nec} = \frac{N_{ef} \cdot l}{E \cdot \Delta l_a} = \frac{N_{ef}}{E \cdot \varepsilon_a}. \qquad \text{(V-8)}$$

Pentru verificare

$$\Delta l_{ef} = \frac{N_{ef} \cdot l}{E \cdot A_{ef}} \leqslant \Delta l_a, \qquad \text{(V-9)}$$

care se mai poate scrie și sub forma:

$$\varepsilon_{ef} = \frac{N_{ef}}{E \cdot A_{ef}} \leqslant \varepsilon_a. \qquad \text{(V-9')}$$

Pentru calculul încărcării capabile (maxime)

$$N_{cap} = N_{max} = \frac{E \cdot A_{ef} \cdot \Delta l_a}{l} = E \cdot A_{ef} \cdot \varepsilon_a, \qquad \text{(V-10)}$$

în care Δl_a și ε_a sînt lungirea și lungirea specifică admisibilă.

De obicei, se impune unui element de construcție să îndeplinească condiția de rezistență și cea de deformație, alegîndu-se soluția cea mai convenabilă.

EXEMPLE DE CALCUL

1. Să se dimensioneze o bară de lemn de secțiune pătrată cu latura a, avînd lungimea $l = 3$ m, solicitată cu o forță $N = 3\,000$ daN, punîndu-se condiția ca lungirea maximă să nu depășească $\Delta l_a = 2{,}5$ mm. Se cunoaște modulul de elasticitate, $E = 1 \cdot 10^5$ daN/cm².
Să se verifice dacă bara astfel dimensionată îndeplinește și condiția de rezistență $\sigma_a = 100$ daN/cm².

Rezolvare

Aria secțiunii transversale este dată de relația (V-8):

$$A_{nec} = \frac{N_{ef} \cdot l}{E \cdot \Delta l_a} = \frac{3\,000 \cdot 300}{100\,000 \cdot 0{,}25} = 36 \text{ cm}^2;$$

$$a = 6 \text{ cm}.$$

Condiția de rezistență este îndeplinită, conform relației (V-6):

$$\sigma_{ef} = \frac{N_{ef}}{A_{ef}} = \frac{3\,000}{36} = 83{,}33 \text{ daN/cm}^2 = 0{,}8333\ \sigma_a.$$

Din acest punct de vedere, bara este puțin supradimensionată.

2. O bară de oțel OL 38 ($\sigma_r = 3\,800$ daN/cm²) are secțiunea pătrată, cu latura $a = 6$ cm, și este supusă la întindere, cunoscînd modulul de elasticitate $E = 2{,}1 \cdot 10^6$ daN/cm².

Să se calculeze forța necesară pentru a produce o lungire specifică $\varepsilon_a = 0{,}03\%$. Care este, în acest caz, coeficientul de siguranță al barei (definit după criteriul eforturilor)?

Rezolvare

Forța necesară pentru a produce lungirea este dată de relația (V-10):

$$N_{max} = E \cdot A_{ef} \cdot \varepsilon_a = 2{,}1 \cdot 10^6 \cdot 6^2 \cdot 0{,}0003 = 22\,680 \text{ daN}.$$

Efortul unitar efectiv de întindere se obține astfel:

$$\sigma_{ef} = \frac{N_{max}}{A_{ef}} = \frac{22\,680}{36} = 630 \text{ daN/cm}^2.$$

Coeficientul de siguranță este:

$$c = \frac{\sigma_r}{\sigma_{ef}} = \frac{3\,800}{630} = 6{,}032.$$

3. Să se verifice bara de lemn cu secțiune dreptunghiulară $A_{ef} = 15 \times 20 = 300$ cm², supusă la forța de întindere $N_{ef} = 280$ kN, dacă se respectă criteriul de deformație $\varepsilon_a = 0{,}1\%$ și cel de rezistență $\sigma_a = 100$ daN/cm², cunoscînd $E = 10^5$ daN/cm².

Rezolvare

Pentru verificarea tirantului după criteriul deformațiilor se folosește relația:

$$\varepsilon_{ef} = \frac{N_{ef}}{E \cdot A_{ef}} = \frac{28\,000}{10^5 \cdot 300} = 0{,}000933 = 0{,}0933\%$$

$$\varepsilon_{ef} = 0{,}933\ \varepsilon_a,$$

arată că tirantul este puțin supradimensionat.

Pentru verificarea după criteriul eforturilor se folosește relația (V-6):

$$\sigma_{ef} = \frac{N_{ef}}{A_{ef}} = \frac{28\,000}{300} = 93{,}33 \text{ daN/cm}^2.$$

$$\sigma_{ef} = 0{,}933\ \sigma_a,$$

tirantul este puțin supradimensionat.

Cel mai mic tirant care să îndeplinească ambele criterii ar trebui să aibă secțiunea minimă:

$$A_{min} = \frac{N_{ef}}{1{,}03 \cdot \varepsilon \cdot E} = \frac{28\,000}{1{,}03 \cdot 0{,}001 \cdot 10^5} = 271{,}845 \text{ cm}^2,$$

după criteriul deformațiilor, și

$$A_{min} = \frac{N_{ef}}{1{,}03 \cdot \sigma_a} = \frac{28\,000}{1{,}03 \cdot 100} = 271{,}845 \text{ cm}^2,$$

după criteriul eforturilor.

Tirantul de lemn cel mai economic, care să corespundă la ambele criterii de verificare, ar avea secțiunea

$$A_{ef} = 14 \cdot 20 = 280 \text{ cm}^2,$$

sau

$$A_{ef} = 15 \cdot 18 = 270 \text{ cm}^2,$$

știind că pentru un astfel de element de construcție nu se pot stabili decît dimensiuni standardizate ale secțiunii (v. anexa 1).

V.4. DETERMINAREA EFORTURILOR UNITARE ȘI A DEFORMAȚIILOR ȚINÎND SEAMA DE GREUTATEA PROPRIE

La calculul elementelor de construcții nu se ține seama de greutatea lor proprie, aceasta fiind considerată neglijabilă în raport cu celelalte încărcări. Se întîlnesc însă, în practică, unele cazuri de elemente de construcții cu dimensiuni importante, la care greutatea proprie nu poate fi neglijată în calculele de rezistență (de exemplu, fundațiile rigide masive, planșeele cu deschideri mari, stîlpii clădirilor înalte, barajele, turnurile, podurile suspendate etc.).

V.4.1. DIMENSIONAREA ȘI VERIFICAREA DUPĂ CRITERIUL EFORTURILOR

În figura V.6 este reprezentată o bară de secțiune A constantă pe toată lungimea, realizată dintr-un material cu greutatea specifică γ, încastrată la un capăt și încărcată la celălalt capăt cu forța P.

Într-o secțiune oarecare, situată la distanța x de capătul liber al barei (punctul 1, considerat ca origine), forța axială N_x — ținînd seama și de greutatea proprie — se obține cu relația :

$$N_x = P + \gamma \cdot A \cdot x. \tag{V-11}$$

În aceeași secțiune, efortul unitar σ_x este :

$$\sigma_x = \frac{N_x}{A} = \frac{P}{A} + \gamma \cdot x = \sigma_1 + \gamma \cdot x. \tag{V-12}$$

Rezultă că efortul unitar variază liniar pe lungimea barei, între două valori σ_{min} (în punctul 1) și σ_{max} (în punctul 2), pentru care $x = 0$ și respectiv $x = l$.

$$\sigma_{min} = \sigma_1 = \frac{P}{A};$$

$$\sigma_{max} = \sigma_1 + \gamma \cdot l = \frac{P}{A} + \gamma \cdot l \leqslant \sigma_a.$$

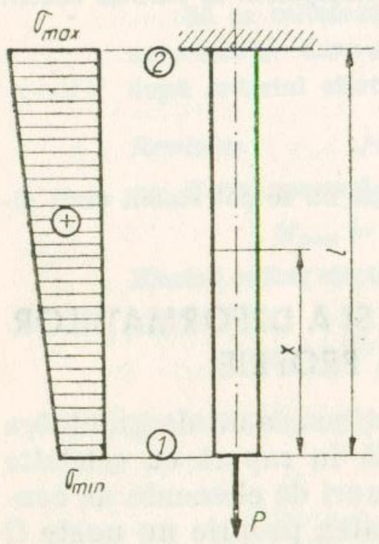


Fig. V.6. Bară solicitată la întindere, sub acțiunea unei forțe și a greutății proprii.

Dimensionarea. Pentru dimensionare se utilizează următoarea formulă :

$$A_{nec} \geqslant \frac{P}{\sigma_a - \gamma \cdot l}, \tag{V-13}$$

în care : σ_a este rezistența admisibilă a materialului din care este confecționată bara.

Verificarea. Se utilizează relația :

$$\sigma_{ef \cdot max} = \frac{P}{A} + \gamma \cdot l_1 \leqslant \sigma_a. \tag{V-14}$$

Calculul încărcării capabile (maxime). Se utilizează formula scrisă sub forma :

$$N_{cap} = N_{max} = P + \gamma \cdot A \cdot l. \tag{V-15}$$

EXEMPLE DE CALCUL

1. Să se dimensioneze bara din figura V.6, știind că este din lemn ecarisat ($\sigma_a = 100$ daN/cm² ; $\gamma = 900$ daN/m³ ; $l = 20$ m) și este solicitată la întindere cu $P = 350$ kN.

Rezolvare

Se utilizează relația (V-13) :

$$A_{nec} = \frac{P}{\sigma_a - \gamma \cdot l} = \frac{35\,000}{100 - 0{,}00009 \cdot 2\,000} = 356{,}42 \text{ cm}^2.$$

Forța fiind centrică, se alege o secțiune pătrată cu latura :

$$a = \sqrt{A} = \sqrt{356{,}42} = 19 \text{ cm},$$

Bara de lemn se verifică cu relația :

$$\sigma_{ef} = \frac{P}{A} + \gamma \cdot l = \frac{35\,000}{361} + 0{,}00009 \cdot 2\,000 = 98{,}2 \text{ daN/cm}^2 = 0{,}982\ \sigma_a.$$

Deci dimensiunea este corect stabilită.

2. Cît de lungă poate fi o bară de plumb ($\gamma = 11\,760$ daN/m³), pentru a se rupe sub greutate proprie ($\sigma_r = 100$ daN/cm²), fără a fi solicitată de forțe exterioare ($P = 0$).

Rezolvare

Pentru calculul lungimii se utilizează relația (V-12) :

$$\sigma_{ef} = \frac{P}{A} = \gamma \cdot l_{max} = \sigma_r,$$

de unde :

$$l_{max} = \frac{\sigma_r}{\gamma} = \frac{100}{0{,}01176} = 8\,504 \text{ cm} = 85{,}04 \text{ m}.$$

V.4.2. DIMENSIONAREA ȘI VERIFICAREA DUPĂ CRITERIUL DEFORMAȚIILOR

Pentru cazul din figura V.6, relația care dă lungirea barei (Δl) este :

$$\Delta l = \frac{l}{E \cdot A}\left(P + \frac{G}{2}\right). \tag{V-16}$$

în care : G este greutatea proprie a barei.

Relaţia (V-16) este de acelaşi tip cu legea lui Hooke, în care în locul solicitării N sînt solicitările $P + \frac{G}{2}$, deoarece greutatea proprie a barei G poate fi concentrată în centrul ei de greutate, la distanţa $x = \frac{l}{2}$, influenţînd la deformaţie numai o jumătate din lungimea ei.

Această relaţie poate fi scrisă ca relaţie de verificare, astfel :

$$\Delta l_{ef} = \frac{l_{ef}}{E \cdot A_{ef}} \left(P + \frac{G}{2} \right) \leqslant \Delta l_a \qquad \text{(V-17)}$$

sau sub forma :

$$\varepsilon_{ef} = \frac{P + \frac{G}{2}}{E \cdot A_{ef}} \leqslant \varepsilon_a \qquad \text{(V-17')}$$

în care : Δl_a şi ε_a sînt lungirea admisibilă şi respectiv lungirea specifică admisibilă a elementului considerat.

Ca relaţie de dimensionare, relaţia (V-16) devine :

$$A_{nec} = \frac{\left(P + \frac{G}{2} \right) l_{ef}}{E \cdot \Delta l_a}, \qquad \text{(V-18)}$$

sau sub forma :

$$A_{nec} = \frac{P + \frac{G}{2}}{E \cdot \varepsilon_a}. \qquad \text{(V-18')}$$

Această relaţie se foloseşte numai dacă se cunoaşte l_{ef} şi se poate stabili sau aproxima cu suficientă precizie greutatea barei. În celelalte cazuri se preferă a se transforma dimensionarea în verificare. În acest caz, secţiunea aleasă se verifică prin încercări succesive.

EXEMPLE DE CALCUL

1. Să se verifice o bară de oţel la care se cunoaşte : $l = 10$ m ; $A_{ef} = 25$ cm² ; $\varepsilon_a = 0{,}070\%$; $E = 2{,}1 \cdot 10^6$ daN/cm² ; $\gamma = 7{,}65 \cdot 10^{-3}$ daN/cm³ şi este încărcată cu o forţă $P = 350$ kN.

Rezolvare

Pentru verificare se utilizează relaţia (V-17) :

$$\varepsilon_{ef} = \frac{P + \frac{G}{2}}{E \cdot A_{ef}} = \frac{35\,000 + \frac{191{,}25}{2}}{2{,}1 \cdot 10^6 \cdot 5^2} = 0{,}00067 \leqslant \varepsilon_a,$$

în care :

$$G = \gamma \cdot l \cdot A_{ef} = 7{,}65 \cdot 100 \cdot 0{,}25 = 191{,}25 \text{ daN}.$$

Verificînd şi condiţia de rezistenţă, cu relaţia (V-14), rezultă :

$$\sigma_{ef\ max} = \frac{P}{A_{ef}} + \gamma \cdot l = \frac{35\,000}{26} + 0{,}00765 \times 1\,000 = 1407{,}65 \text{ daN/cm²}.$$

2. Ce forţă maximă suportă o bară de oţel încărcată ca în figura V.6, la care se cunoaşte : $l = 20$ m ; $A_{ef} = 25$ cm² ; $\varepsilon_a = 0{,}006\%$; $E = 2{,}1 \times 10^6$ daN/cm² ; $\gamma = 7{,}8$ daN/dm³ ; $\sigma_a = 1\,200$ daN/cm² ; respectînd atît criteriul eforturilor cît şi cel al deformaţiei.

Rezolvare

Se calculează mai întîi greutatea barei :

$$G = \gamma \cdot l \cdot A_{ef} = 7{,}8 \times 200 \times 0{,}25 = 390 \text{ daN}.$$

Utilizînd relaţia (V-14), scrisă sub forma :

$$P_{max} = A_{ef} \cdot \sigma_a - \gamma \cdot l \cdot A_{ef} = 25 \times 1\,200 - 390 = 29\,610 \text{ daN},$$

se obţine forţa maximă respectînd criteriul eforturilor.

Pentru criteriul deformaţiilor se utilizează relaţia (V-17') :

$$\varepsilon_{ef} = \frac{P + \frac{G}{2}}{E \cdot A_{ef}} = \frac{29\,610 + \frac{390}{2}}{2\,100\,000 \cdot 25} = \frac{29\,805}{32\,500\,000} = 0{,}000057 \leqslant \varepsilon_a = 0{,}00006,$$

condiţie îndeplinită pentru valoarea $P_{max} = 29\,610$ daN.

V.5. STABILITATEA ELASTICĂ A BARELOR DREPTE SUPUSE LA COMPRESIUNE (FLAMBAJUL)

O bară supusă la compresiune rezistă în bune condiţii dacă eforturile efective σ_{ef} din secţiune nu depăşesc rezistenţa admisibilă σ_a a materialului din care este confecţionată bara ($\sigma_{ef} \leqslant \sigma_a$). Valoarea eforturilor efective calculîndu-se numai în funcţie de mărimea forţei de

compresiune N și de aria secțiunii transversale A $\left(\sigma_{ef}=\frac{N}{A}\right)$, rezultă că rezistența sau mai bine zis capacitatea portantă a barei nu depinde și de alte elemente ale sale, cum sînt lungimea barei l și forma secțiunii.

În practică s-a observat că, în raport cu diametrul ($l \leqslant 5d$), sarcina capabilă a barei este egală cu sarcina capabilă la compresiune a secțiunii (adică bara se comportă în bune condiții dacă $\sigma_{ef} \leqslant \sigma_a$). Dacă bara are o lungime mai mare ($l > 5d$), se constată că sarcina capabilă a barei este mai mică decît sarcina capabilă a secțiunii.

Barele la care raportul dintre lungime și dimensiunea cea mai mică a secțiunii este mic [$l/b \leqslant 5 \ldots 7$], numite *bare robuste*, își mențin forma rectilinie a axei pînă la rupere.

Barele la care raportul este mai mare, numite *barele zvelte*, se comportă ca și barele robuste numai pînă la o anumită valoare a forței exterioare P, denumită *sarcină critică de flambaj* P_{cr}; în momentul atingerii valorii P_{cr}, bara se curbează. Acest fenomen de schimbare a formei axei barei sub efectul unei forțe de compresiune se numește flambaj.

Pentru orice valoare a forței efective de compresiune P_{ef} mai mică decît cea critică ($P_{ef} < P_{cr}$) bara își menține forma; dacă se îndepărtează forța, ea își revine imediat la forma inițială. În acest caz, *echilibrul este stabil*.

Dacă asupra barei se aplică o forță de compresiune egală cu sarcina critică, orice modificare cît de mică a formei axei rectilinii duce brusc la curbarea și distrugerea barei. În acest caz, *echilibrul este instabil* sau bara și-a pierdut stabilitatea. Deci, flambajul este un fenomen de pierdere a stabilității barelor drepte solicitate la compresiune. Pierderea capacității portante a barei nu se datorează cedării materialului din secțiune sub acțiunea solicitării la compresiune, ci pierderii sau lipsei de stabilitate a barei în ansamblul ei.

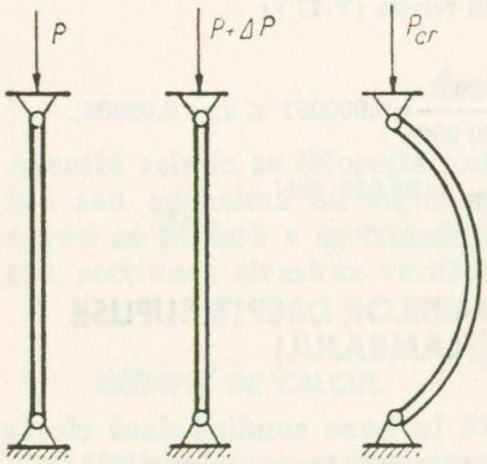


Fig. V.7. Explicarea fenomenului de flambaj.

Dacă se aplică unei bare rectilinii o anumită forță de compresiune P (fig. V.7), bara își poate menține stabilitatea în bune condiții. Dacă se mărește progresiv forța P, cu cantități mici ΔP, bara continuă să-și păstreze stabilitatea, cu toate că eforturile unitare interioare σ au crescut. În această fază se produc acumulări cantitative fără schimbarea calității.

În momentul cînd forța P crește pînă la valoarea critică P_{cr}, se produce saltul calitativ, ca urmare a acumulărilor cantitative; echilibrul devine instabil și bara își pierde stabilitatea. Menținerea echilibrului între forța exterioară și eforturile interioare nu se mai poate realiza în cadrul vechii calități (forma rectilinie) și apare o calitate nouă (forma curbilinie). În vechea formă, secțiunile barei erau supuse la compresiune, iar în forma nouă (curbată) secțiunile barei sînt solicitate și la încovoiere, a cărei valoare crește cu accentuarea curbării, pînă la ruperea barei. Mărimea valorii critice P_{cr} depinde de lungimea barei și de modul ei de rezemare.

În cazul elementelor de construcții, există numeroase cauze care scot un sistem din poziția de echilibru, dar pozițiile de instabilitate sînt de scurtă durată, sistemul trecînd într-o stare de pierdere a stabilității sau echilibrului, după care trece din nou într-o stare de echilibru stabil, această ultimă trecere făcîndu-se cu deplasări însemnate, cu deformații plastice (remanente), sau chiar cu ruperea sistemului. Acest fenomen se numește *pierderea stabilității elastice* și se întîlnește în multe cazuri în practică.

Pentru domeniul construcțiilor, exemplul cel mai important îl constituie *bara comprimată axial*, a cărei formă dreaptă de echilibru nu este stabilă decît dacă forța de compresiune P_{ef} este mai mică decît o valoare considerată critică P_{cr} ($P_{ef} < P_{cr}$). Dacă această valoare este depășită ($P_{ef} > P_{cr}$), bara își pierde forma rectilinie, se curbează și se rupe.

În figura V.8 sînt redate cîteva exemple de pierdere a echilibrului elastic al elementelor de construcții și instalații, cu arătarea formei inițiale (drepte) și formei finale (curbate), după pierderea stabilității elastice.

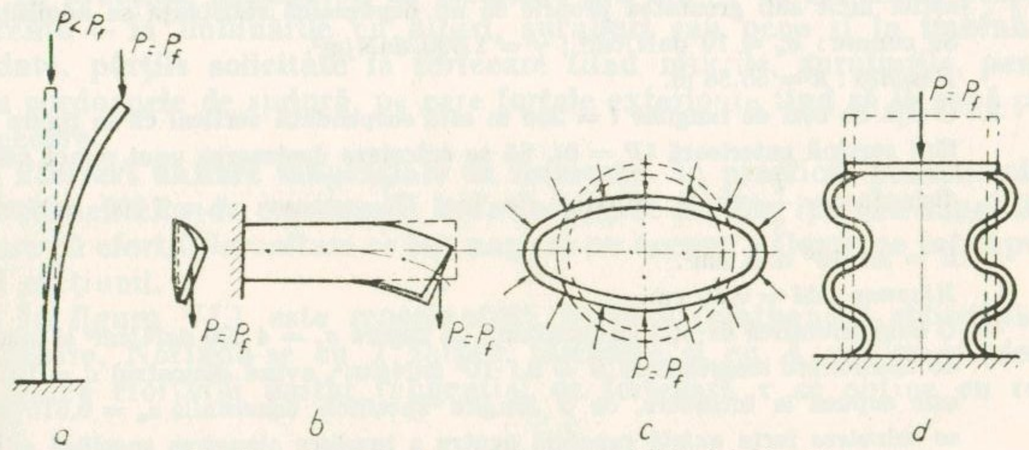


Fig. V.8. Exemple de pierdere a echilibrului elastic :
a — bară dreaptă supusă la compresiune axială ; *b* — bară dreaptă de secțiune îngustă, supusă la încovoiere ; *c* — tub cu pereți subțiri supus la presiune exterioară ; *d* — tub cu pereți subțiri supus la compresiune.

Fenomenul de pierdere a stabilității elastice sau de flambaj este foarte periculos și trebuie evitat, deoarece producerea lui nu este precedată de alte fenomene care să-l anunțe și în momentul cînd începe, poate produce foarte repede ruperea elementului, dacă nu se poate înlătura forța de compresiune.

Flambajul barelor drepte se produce sub încărcări care dau naștere la eforturi unitare ce pot fi mai mici decît limita de proporționalitate a materialului (domeniul elastic), sau mai mari decît această limită (domeniul plastic).

În toate cazurile unde flambajul este posibil, se efectuează și un calcul de stabilitate, ce poate limita forța de compresiune axială.

Pentru evitarea fenomenului de flambaj la barele drepte, măsurile care se iau se referă fie asupra micșorării lungimii de flambaj, fie asupra măririi secțiunii transversale a elementului respectiv. Ca exemplu pentru primul caz se pot cita adoptarea contravîntuirilor, mai ales la barele metalice sau de lemn, precum și adoptarea unor sisteme de rezemare adecvate la capetele barei (de preferință încastrări).

PROBLEME RECAPITULATIVE NEREZOLVATE

1. Se dă o bară de oțel OL 37 ($\sigma_r = 3\,700$ daN/cm²) cu diametrul $d = 20$ mm și lungimea $l = 2$ m, întinsă cu o forță $P = 4\,000$ daN ; modulul de elasticitate al oțelului este $E = 2{,}1 \cdot 10^6$ daN/cm². Să se calculeze efortul unitar efectiv, coeficientul de siguranță și lungirea barei.
   Răspuns : $\sigma_{ef} = 1\,270$ daN/cm² ; $c = 2{,}91$; $\Delta l = 0{,}1212$ cm.
2. Care este înălțimea maximă pe care o poate avea un zid simplu de cărămidă, astfel încît sub greutatea proprie să nu depășească rezistența sa admisibilă ? Se cunosc : $\sigma_a = 10$ daN/cm² ; $\gamma = 1\,800$ daN/m³.
   Răspuns : $h = 55{,}56$ m.
3. O tijă de oțel de lungime $l = 200$ m este suspendată vertical ca în figura V.6, fără sarcină exterioară ($P = 0$). Să se calculeze deplasarea unui punct aflat la distanța $x = \frac{l}{3}$ de la capătul de jos. Se cunosc : $\gamma = 7\,800$ daN/m³ și $E = 2{,}1 \cdot 10^6$ daN/cm².
   Răspuns : $\Delta l = 0{,}66$ cm.
4. O bară cilindrică de oțel cu rezistența de rupere $\sigma_r = 4\,200$ daN/cm² și modulul de elasticitate longitudinal $E = 2{,}1 \cdot 10^6$ daN/cm², avînd diametrul $d = 10$ mm, este supusă la întindere, cu o lungire specifică admisibilă $\varepsilon_a = 0{,}015\%$. Să se calculeze forța axială capabilă pentru a produce alungirea specifică admisibilă, coeficientul de siguranță, precum și forța axială de rupere a barei.
   Răspuns : $N_{ca} = 250$ daN ; $c = 13{,}3$; $N_r = 3\,300$ daN.

CAPITOLUL VI

FORFECAREA

VI.1. CARACTERIZAREA SOLICITĂRII DE FORFECARE

Forfecarea — denumită și tăiere — simplă (pură) a unei bare sau plăci se produce atunci cînd două forțe exterioare acționează pe aceeași axă, situată perpendicular pe axa sau planul median al elementului, avînd sensuri contrare de la exterior spre interiorul elementului. Exemplul tipic de forfecare este acțiunea foarfecelui, care taie un element metalic (tablă, bară, platbandă).

În general, solicitarea de forfecare este însoțită și de încovoiere, însă, momentul încovoietor produs fiind foarte mic, efectul încovoierii poate fi practic neglijat.

În practică, solicitarea de forfecare are loc — ca solicitare preponderentă — la îmbinările cu nituri, șuruburi sau pene și la îmbinările sudate, părțile solicitate la forfecare fiind niturile, șuruburile, penele sau cordoanele de sudură, pe care forțele exterioare tind să le rupă prin lunecare.

Eforturi unitare tangențiale de forfecare. În practică, pentru calculul elementelor de construcții la forfecare, se admite ipoteza simplificatoare că eforturile unitare ce iau naștere au aceeași valoare pe tot cuprinsul secțiunii.

În figura VI.1 este reprezentată o piesă (platbandă) solicitată la forfecare. Notîndu-se cu T forțele tăietoare și cu A secțiunea piesei, valoarea efortului unitar tangențial de forfecare τ se obține cu relația :

$$\tau = \frac{T}{A}. \qquad \text{(VI-1)}$$

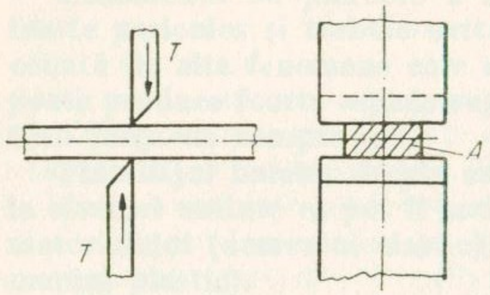


Fig. VI.1. Platbandă solicitată la forfecare.

Deformația în cadrul forfecării este arătată schematic în figura VI.2. În secțiunea de forfecare, o zonă redusă de material se deplasează, provocînd o deformație unghiulară γ, care este unghiul cu care se micșorează unghiul drept inițial (fig. VI.2, *b*). Valoarea acestui unghi γ, denumit *lunecare specifică*, este proporțională cu efortul unitar tangențial τ, după relația :

$$\tau = G \cdot \gamma, \qquad \text{(VI-2)}$$

în care : G este modulul de elasticitate transversal al materialului.

Această relație poartă denumirea de legea lui Hooke aplicată la calculul deformației de lunecare produse de solicitarea de forfecare.

Ținînd seama de notațiile din figura VI.2, *b*, deformația de lunecare este :

$$\Delta s = l \cdot \gamma. \qquad \text{(VI-3)}$$

Înlocuind în relația (VI-2) pe $\tau = \frac{T}{A}$ și pe $\gamma = \frac{\Delta s}{l}$, rezultă legea lui Hooke dezvoltată, pentru solicitarea de forfecare,

$$\Delta s = \frac{T \cdot l}{G \cdot A}, \qquad \text{(VI-4)}$$

similară cu relația (V-4) de la solicitarea de întindere sau compresiune, în care s-a înlocuit N cu T, E cu G și Δl cu Δs.

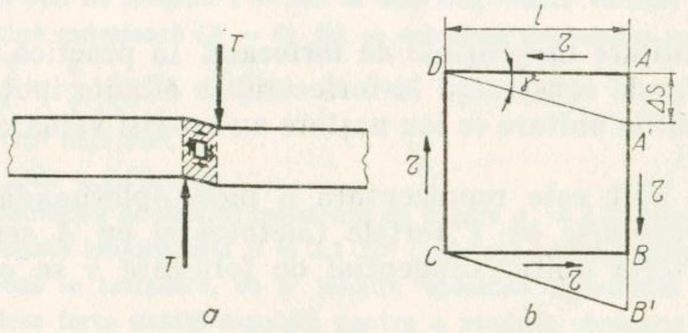


Fig. VI.2. Deformația la forfecare :
a — secțiune longitudinală ; *b* — detaliu în zona de forfecare.

VI.2. DIMENSIONAREA ȘI VERIFICAREA PIESELOR SOLICITATE LA FORFECARE

Ca și la solicitarea de întindere sau compresiune, pentru dimensionarea sau verificarea elementelor de construcții sau organelor de mașini, există cele două criterii : după eforturi și după deformații.

VI.2.1. DIMENSIONAREA ȘI VERIFICAREA DUPĂ CRITERIUL EFORTURILOR

În mod similar cu cele arătate la solicitarea de întindere și compresiune, se pornește de la relația (VI-1) de definire a eforturilor unitare tangențiale de forfecare, știind că condiția de rezistență a elementului cere ca valoarea lui τ să fie mai mică sau cel puțin egală cu rezistența admisibilă la forfecare τ_a a materialului.

Dimensionarea unei piese solicitate la forfecare înseamnă calcularea valorii secțiunii necesare a barei A_{nec}, pentru a rezista la forța de forfecare dată, cu un efort unitar tangențial maxim mai mic sau cel mult egal cu rezistența admisibilă la forfecare τ_a a materialului. Relația (VI-1) devine :

$$A_{nec} \geqslant \frac{T}{\tau_a}. \qquad \text{(VI-5)}$$

Verificarea înseamnă calcularea efortului unitar tangențial efectiv τ_{ef}, cunoscîndu-se forța efectivă de forfecare T_{ef} și secțiunea efectivă A_{ef} a elementului supus la forfecare, care trebuie să fie mai mică sau cel mult egală cu rezistența admisibilă la forfecare τ_a a materialului :

$$\tau_{ef} = \frac{T_{ef}}{A_{ef}} \leqslant \tau_a. \qquad \text{(VI-6)}$$

Calculul încărcării capabile (maxime) — similar cu solicitarea de întindere sau compresiune — se calculează :

$$T_{cap} = T_{max} = \tau_a \cdot A_{ef}. \qquad \text{(VI-7)}$$

VI.2.2. DIMENSIONAREA ŞI VERIFICAREA DUPĂ CRITERIUL DEFORMAŢIILOR

Procedînd similar ca la solicitarea de întindere sau compresiune, se porneşte de la legea lui Hooke dezvoltată, valabilă pentru solicitarea de forfecare, în care se notează $\frac{\Delta s}{l} = \gamma$ şi se obţine :

$$\gamma = \frac{T}{G \cdot A}, \tag{VI-8}$$

formă sub care se utilizează, de regulă, la dimensionarea şi verificarea la forfecare după criteriul deformaţiilor.

Pentru dimensionare :

$$A_{nec} = \frac{T_{ef}}{G \cdot \gamma_a}. \tag{VI-9}$$

Pentru verificare :

$$\gamma_{ef} = \frac{T_{ef}}{G \cdot A_{ef}} \leqslant \gamma_a. \tag{VI-10}$$

Pentru calculul încărcării capabile (maxime) :

$$T_{cap} = T_{max} = G \cdot A_{ef} \cdot \gamma_a, \tag{VI-11}$$

în care : γ_a este lunecarea specifică admisibilă a materialului.

EXEMPLE DE CALCUL

Ce grosime s trebuie să aibă o platbandă de oţel lată de $b = 50$ mm pentru ca, solicitată de o forţă de forfecare $T = 100$ kN, să sufere o lunecare specifică admisibilă $\gamma_a = 0{,}1\%$, cunoscînd $G = 1 \cdot 10^6$ daN/cm².

În acest caz se îndeplineşte şi condiţia de rezistenţă $\tau_a = 1\,200$ daN/cm² ?

Rezolvare :

Se utilizează relaţia pentru dimensionare :

$$A_{nec} = \frac{T_{ef}}{G \cdot \gamma_a} = \frac{10\,000}{1 \cdot 10^6 \cdot 0{,}001} = 10 \text{ cm}^2.$$

$$A = b \cdot s\,; \; s = \frac{A}{b} = \frac{10}{5} = 2 \text{ cm}.$$

Condiţia de rezistenţă se verifică cu relaţia :

$$\tau_{ef} = \frac{T_{ef}}{A_{ef}} = \frac{10\,000}{10} = 1\,000 \text{ daN/cm}^2 \leqslant \tau_a,$$

din care rezultă că, în acest caz, condiţia de rezistenţă este puţin suprаîndeplinită.

VI.3. APLICAŢII ALE FORFECĂRII

VI.3.1. CALCULUL ÎMBINĂRILOR NITUITE

O îmbinare nituită, sub forma cea mai simplă, se prezintă în figura VI.3, în care platbandele suprapuse tind să lunece una faţă de cealaltă, sub acţiunea forţelor T, niturile împiedicînd lunecarea.

Pentru calculul niturilor se admite ipoteza simplificatoare că T se repartizează egal pe fiecare nit, acţionînd ca în figura VI.3, *b*, în care :

$$T_1 = \frac{T}{n},$$

în care n este numărul de nituri al îmbinării.

Niturile se calculează la forfecare şi la presiune pe gaură.

Pentru calculul niturilor la forfecare se foloseşte relaţia (VI-1) :

$$\tau = \frac{T_1}{A_{nit}} = \frac{T}{n \dfrac{\pi d^2}{4}} \leqslant \tau_a \tag{VI-12}$$

în care :

A_{nit} este secţiunea de forfecare a unui nit ;

d — diametrul nitului ;

τ_a — rezistenţa admisibilă la forfecare a materialului din care sînt confecţionate niturile.

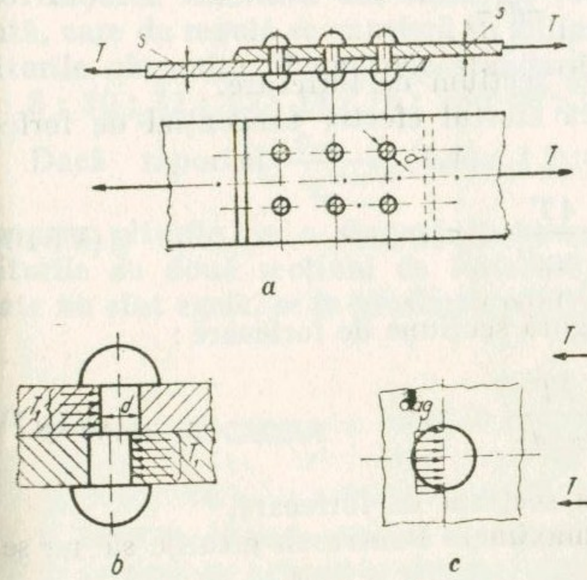


Fig. VI.3. Îmbinare nituită prin suprapunere, cu o singură secţiune de forfecare : *a* — dispunerea niturilor ; *b* — modul în care se foarfecă un nit ; *c* — repartizarea presiunii dintre nit şi platbandă pe diametrul găurii.

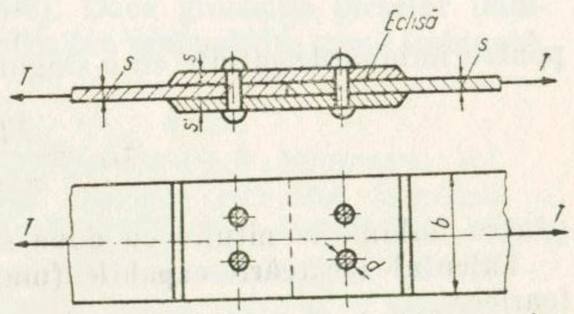


Fig. VI.4. Îmbinare nituită cu eclise, cu două secţiuni de forfecare a niturilor.

Relația (VI.12) este valabilă la calculul niturilor cu o singură secțiune de forfecare, ca în figura VI.3. În figura VI.4, la care niturile sînt supuse la două acțiuni de forfecare,

$$T_1 = \frac{T}{2n}$$

și deci relația (VI-12) devine:

$$\tau = \frac{S}{n\,\frac{\pi d^2}{2}} \leqslant \tau_a. \qquad \text{(VI-13)}$$

Pentru dimensionare se calculează numărul necesar n_{nec} de nituri, fiind cunoscute forțele T, rezistența admisibilă τ_a și diametrul niturilor d (acesta se alege în funcție de grosimea s a platbandelor), cu una dintre relațiile:

$$n_{nec} = \frac{4T}{\pi d^2 \tau_a}, \qquad \text{(VI-14)}$$

pentru îmbinările nituite cu o singură secțiune de forfecare;

$$n_{nec} = \frac{2T}{\pi d^2 \tau_a}, \qquad \text{(VI-15)}$$

pentru îmbinările nituite cu două secțiuni de forfecare.

Pentru verificare se calculează efortul efectiv tangențial de forfecare τ_{ef} și se compară cu τ_a:

$$\tau_{ef} = \frac{4T}{\pi n d^2} \leqslant \tau_a, \qquad \text{(VI-16)}$$

pentru îmbinările nituite cu o singură secțiune de forfecare:

$$\tau_{ef} = \frac{2T}{\pi n d^2} \leqslant \tau_a, \qquad \text{(VI-17)}$$

pentru îmbinările nituite cu două secțiuni de forfecare.

Calculul încărcării capabile (maxime). Pentru ca niturile să nu se foarfece:

$$T_{cap} = T_{max} = \frac{\pi n d^2 \tau_a}{4}, \qquad \text{(VI-18)}$$

pentru îmbinările nituite cu o singură secțiune de forfecare;

$$T_{cap} = T_{max} = \frac{\pi n d^2 \tau_a}{2}, \qquad \text{(VI-19)}$$

pentru îmbinările nituite cu două secțiuni de forfecare.

În practică, pentru stabilirea diametrului nitului, se ține seama și de presiunea ce se exercită pe suprafața de contact dintre nit și gaură, σ_{ag}, care se consideră uniform repartizată pe diametrul găurii (fig. VI.3, *c*). În acest caz, forța de forfecare a unui nit este:

$$T_1 = \sigma_{ag} d \cdot s.$$

Diametrul nitului se determină astfel:

— pentru niturile cu o singură secțiune de forfecare:

$$d = \frac{4}{\pi} \cdot \frac{\sigma_{ag}}{\tau_a} \cdot s; \qquad \text{(VI-20)}$$

— pentru niturile cu două secțiuni de forfecare:

$$d = \frac{2}{\pi} \cdot \frac{\sigma_{ag}}{\tau_a} \cdot s. \qquad \text{(VI-21)}$$

Valoarea rezultată din calcul se rotunjește la o valoare standardizată, care de regulă se exprimă în milimetri întregi. De exemplu, pentru niturile obișnuite, diametrele standardizate sînt: 4; 4,5; 5; 5,5; 6; 7; 8; 10; 11; 12; 14; 16; 18; 20; 22; 25; 28; 32; 36; 40 mm.

Dacă raportul $\frac{\sigma_{ag}}{\tau_a} = 1{,}4 \ldots 1{,}7$, rezultă aproximativ $d = 2s$ (pentru niturile cu o singură secțiune de forfecare) și $d = s$ (pentru niturile cu două secțiuni de forfecare). Dacă grosimile pieselor îmbinate nu sînt egale, se ia grosimea pentru cea mai subțire piesă îmbinată.

EXEMPLE DE CALCUL

1. Să se dimensioneze nituirea din figura VI.3, la care se cunoaște:
- forța de forfecare a niturilor, $T = 600$ daN;
- grosimea platbandelor ce se îmbină, $s = 6$ mm;
- rezistența admisibilă la forfecare a nitului, $\tau_a = 1\,400$ daN/cm²;
- presiunea admisibilă între nit și gaură, $\sigma_{ag} = 1\,800$ daN/cm².

Rezolvare

Diametrul nitului se calculează cu relaţia :

$$d=\frac{4}{\pi}\cdot\frac{\sigma_{ag}}{\tau_a}\cdot s=\frac{4}{3{,}14}\cdot\frac{1\,800}{1\,400}\cdot 0{,}6=0{,}983\simeq 1{,}0\ \text{cm}.$$

Pentru dimensionare :

$$n_{nec}=\frac{4T}{\pi d^2\cdot\tau_a}=\frac{4\cdot 6500}{3{,}14\cdot 1^2\cdot 1400}=5{,}91\simeq 6\ \text{nituri},$$

2. Să se verifice nituirea din figura VI.4, la care se cunoaşte :
   - forţa de forfecare a niturilor, $T = 4\,800$ daN ;
   - grosimea platbandei şi ecliselor, $s = 8$ mm ;
   - diametrul niturilor, $d = 8$ mm ;
   - numărul niturilor, $n = 4$;
   - rezistenţa admisibilă la forfecare a nitului, $\tau_a = 1\,200$ daN/cm² ;
   - presiunea admisibilă între nit şi gaură $\sigma_{ag} = 1\,800$ daN/cm².

Rezolvare

Se verifică mai întîi dacă diametrul niturilor este bine ales, cu relaţia valabilă pentru nituri cu două secţiuni de forfecare ;

$$d=\frac{2}{\pi}\cdot\frac{\sigma_{ag}}{\tau_a}\cdot s=\frac{2}{3{,}14}\cdot\frac{1\,800}{1\,200}\cdot 0{,}8=0{,}764\simeq 0{,}8\ \text{cm}.$$

Pentru verificarea niturilor se foloseşte relaţia :

$$\tau_{ef}=\frac{2T}{n\pi d^2}=\frac{2\cdot 4800}{3{,}14\cdot 4\cdot 0{,}8^2}=1\,194\leqslant\tau_a.$$

Rezultă că nituirea dată este bine dimensionată.

VI.3.2. CALCULUL ÎMBINĂRILOR DIN LEMN

La construcţiile din lemn (schele, eşafodaje, estacade, acoperişuri etc.) se întîlnesc îmbinări speciale, la baza calculului lor de rezistenţă fiind şi relaţiile de la solicitarea de forfecare. La aceste îmbinări (grinzi cu zăbrele şi ferme de acoperiş) un rol important are compresiunea pe suprafeţele de contact dintre elementele îmbinării, cunoscută sub denumirea de *strivire*.

Modul în care se aplică relaţiile de calcul de la forfecare, pentru calculul unor asemenea îmbinări, este redat printr-un exemplu de calcul.

EXEMPLU DE CALCUL

Să se calculeze lungimea pragului capătului liber BC al grinzii de lemn AB (coarda unei grinzi cu zăbrele) de secţiune pătrată cu latura $a = 10$ cm din figura VI.5 ($l = ?$), dacă forţa care solicită grinda CD (arbaletrierul) la compresiune este $N = 20$ kN, grinzile fiind confecţionate din acelaşi material.

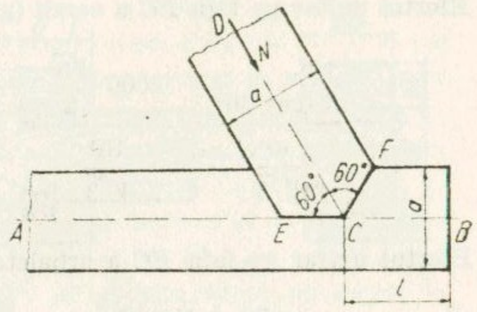


Fig. VI.5. Îmbinare din lemn la prinzile cu zăbrele.

Să se verifice apoi la strivire feţele de contact ale celor două grinzi, coarda şi arbaletrierul şi eforturile unitare de întindere şi compresiune.

Se dau :
- rezistenţa admisibilă la forfecare în lungul fibrelor, $\tau_a = 20$ daN/cm² ;
- rezistenţa admisibilă la întindere în lungul fibrelor, $\sigma_{at} = 70$ daN/cm² ;
- rezistenţa admisibilă la compresiune în lungul fibrelor, $\sigma_{ac} = 100$ daN/cm² ;
- rezistenţa admisibilă la strivire perpendicular pe fibre, $\sigma_{at} = 30$ daN/cm² ;
- rezistenţa admisibilă la strivire în lungul fibrelor, $\sigma_{a0} = 110$ daN/cm².

Rezolvare

Grinda AB se foarfecă în secţiunea CB a cărei suprafaţă este :

$$A = a\cdot l.$$

Forţa care solicită această secţiune la forfecare este proiecţia forţei N pe axa corzii grinzii AB, adică :

$$T = N\cdot\cos 60^\circ = 2\,000\cdot 0{,}5 = 1\,000\ \text{daN}.$$

Lungimea pragului capătului liber l se determină din relaţia :

$$T = A\cdot\tau_a = a\cdot l\cdot\tau_a,$$

$$l=\frac{T}{a\tau_a}=\frac{1\,000}{10\cdot 20}=5\ \text{cm}.$$

Efortul unitar de compresiune pe faţa CF, pentru ambele grinzi, este :

$$\sigma=\frac{N\cdot\cos 30^\circ}{\frac{a^2}{\sqrt{3}}}=\frac{2000\cdot\frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{10^2}{\sqrt{3}}}=30\ \text{daN/cm}^2<\sigma_{a0}.$$

Efortul unitar pe fața *EC* a corzii (grinzii *AB*) este:

$$\sigma = \frac{N \cdot \cos 30^\circ}{\frac{a^2}{\sqrt{3}}} = \frac{2000 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{10^3}{\sqrt{3}}} = 30 \text{ daN/cm}^2 = \sigma_{a1} \text{ (la limită).}$$

Efortul unitar pe fața *EC* a arbaletrierului (grinzii) *CD* este:

$$\sigma = 30 \text{ daN/cm}^2 < \sigma_{a0} = 110 \text{ daN/cm}^2 \text{ (acoperitor).}$$

Efortul unitar de compresiune din arbaletrier (grinda *DC*) este:

$$\sigma = \frac{N}{a^2} = \frac{2000}{10^2} = 20 \text{ daN/cm}^2 < \sigma_{ac} = 100 \text{ daN/cm}^2 \text{ (acoperitor).}$$

Efortul unitar de întindere din coardă (grinda *AC*) este:

$$\sigma = \frac{N \cdot \cos 60^\circ}{a^2} = \frac{2\,000 \cdot 0{,}5}{10^2} = 10 \text{ daN/cm}^2 < \sigma_{at} = 70 \text{ daN/cm}^2 \text{ (acoperitor).}$$

Observație. La o îmbinare, unde sînt de verificat mai multe solicitări la care sînt supuse elementele componente, îmbinarea se consideră satisfăcătoare din punctul de vedere al rezistenței, dacă una dintre condiții (solicitări) este la limită, celelalte fiind îndeplinite acoperitor, cum este și cazul din exemplul de calcul.

PROBLEME RECAPITULATIVE NEREZOLVATE

1. Să se calculeze diametrul d și numărul niturilor n pentru o îmbinare cu două secțiuni de forfecare, ca în figura VI.4, realizată din duraluminiu, la care se cunoaște:
   — forța de forfecare ce solicită îmbinarea, $T = 35$ kN;
   — grosimea platbandelor, $s = 2$ mm, și a ecliselor, $s' = 1$ mm;
   — rezistența admisibilă la forfecare a nitului, $\tau_a = 1\,000$ daN/cm²;
   — presiunea admisibilă între nit și gaură, $\sigma_{ag} = 2\,800$ daN/cm².

   Răspuns: $a = 4$ mm;
   $n = 14$ nituri.

2. Să se calculeze forța de presare T necesară pentru tăierea unei platbande din oțel, avînd rezistența la rupere prin forfecare $\sigma_r = 3\,500$ daN/cm², cunoscînd că dimensiunile secțiunii transversale sînt $b = 200$ m și $s = 12$ mm.
   Răspuns: $T = 840$ kN.

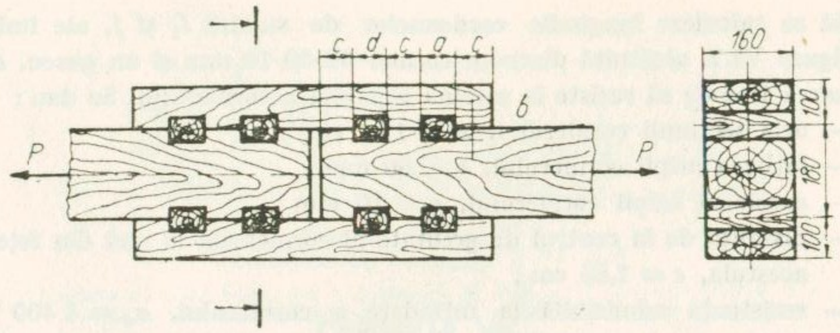


Fig. VI.6. Îmbinarea cap la cap a două grinzi din lemn cu calupuri și grinzi de legătură.

3. Să se verifice îmbinarea cap la cap a două grinzi de lemn, alcătuită ca în figura VI.6, asupra căreia acționează o forță $P = 80$ kN, și să se determine mărimile a, b și c (dimensiunile calupurilor de lemn de lățime egală cu a grinzilor de îmbinat și distanța dintre ei).
   Grinzile de legătură au, de asemenea, aceeași lățime cu a grinzilor ce se îmbină.
   Toate piesele componente ale îmbinării sînt din același material, pentru care se dau următoarele valori ale rezistențelor admisibile:
   — rezistența admisibilă la întindere în lungul fibrelor, $\sigma_a = 100$ daN/cm²;
   — rezistența admisibilă la forfecare perpendicular pe fibre, $\tau_{a1} = 50$ daN/cm²;
   — rezistența admisibilă la forfecare în lungul fibrelor, $\tau_a = 21$ daN/cm²;
   — rezistența admisibilă la strivire perpendicular pe fibre $\sigma_{a1} = 30$ daN/cm².
   — rezistența admisibilă la strivire în lungul fibrelor $\sigma_{a0} = 110$ daN/cm²;

   Răspuns: $a = c = 6$ cm;
   $b = 2{,}3$ cm.

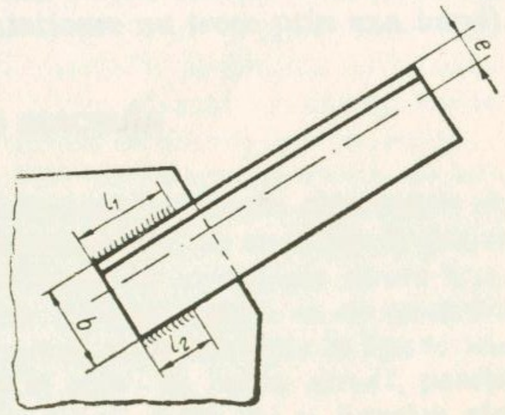


Fig. VI.7. Îmbinare sudată între cornier și un guseu.

4. Să se calculeze lungimile cordoanelor de sudură l_1 și l_2 ale îmbinării din figura VI.7, alcătuită dintr-un cornier 60·60·10 mm și un guseu, dacă îmbinarea trebuie să reziste la sarcina capabilă a cornierului. Se dau :

— aria secțiunii cornierului, $A = 11{,}1$ cm² ;
— lățimea aripii cornierului, $b = 60$ mm ;
— grosimea aripii cornierului, $g = 10$ mm ;
— distanța de la centrul de greutate al cornierului la una din fețele aripilor acestuia, $e = 1{,}85$ cm ;
— rezistența admisibilă la întindere a cornierului, $\sigma_a = 1\,400$ daN/cm² ;
— rezistența admisibilă la forfecare a sudurii, $\sigma_{af} = 910$ daN/cm².

Răspuns : $l_1 = 18$ cm ;

$l_2 = 9$ cm.

CAPITOLUL VII

ÎNCOVOIEREA

VII.1. CARACTERIZAREA SOLICITĂRII DE ÎNCOVOIERE

Un element de tip bară dreaptă este solicitat la încovoiere pură, dacă încărcările care se aplică sînt forțe sau cupluri de forțe situate în plane ce trec prin axa longitudinală a elementului care se deformează (se curbează) — fibrele din partea concavă scurtîndu-se, iar cele din partea convexă lungindu-se. Se presupune, de asemenea, că încărcările exterioare acționează într-un plan ce trece prin axa barei și sînt normale pe aceasta, iar secțiunea transversală a elementului este simetrică în raport cu planul în care acționează încărcările exterioare. Acest plan reprezintă totodată și planul deplasărilor axei elementului. Dacă aceste condiții nu sînt îndeplinite, odată cu încovoierea, elementul este supus și la alte solicitări (de exemplu de întindere sau compresiune, dacă există încărcări exterioare înclinate față de axa barei, sau de torsiune, dacă planul în care acționează încărcările exterioare nu trece prin axa barei).

VII.1.1. REAZEME ȘI REACȚIUNI

Solicitarea de încovoiere este predominantă la toate elementele de construcție ce se desfășoară în planuri orizontale, de exemplu la grinzi, plăci și planșee. De asemenea, solicitarea de încovoiere apare frecvent la elementele de arce și cadre static nedeterminate, ca de exemplu stîlpi și rigle, precum și în multe alte cazuri, ca de exemplu la fundațiile continue ale construcțiilor cu structură în cadre de beton armat, pereții clădirilor supuși la tasări neegale, buiandrugii de la uși și ferestre etc.

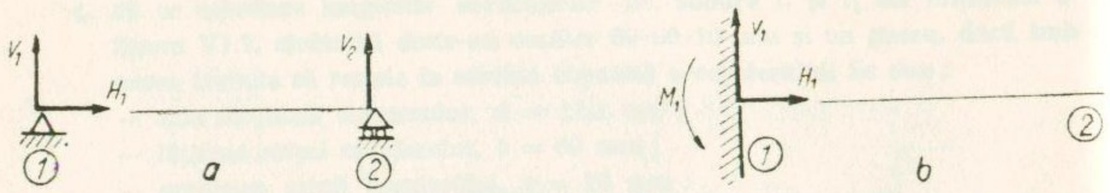


Fig. VII.1. Reazeme și reacțiuni :
a – grindă dreaptă articulată la un capăt și rezemată liber la celălalt ;
b – grindă dreaptă încastrată la un capăt și liberă la celălalt.

În rezistența materialelor și mai ales în cazul problemelor de încovoiere, este necesară cunoașterea forțelor aplicate și a reacțiunilor.

Pentru calculul reacțiunilor este necesară cunoașterea tipurilor de reazeme ale corpurilor, care pot fi : reazeme simple sau mobile, reazeme articulate sau fixe și încastrări.

Reazemul fix sau articulația, reprezentat schematic în punctul *1* din figura VII.1, *a*, permite grinzii să se rotească în jurul punctului respectiv, fără însă a se putea deplasa, nici vertical și nici orizontal. În articulație, reacțiunea este o forță oarecare ce poate fi descompusă în cele două componente, după axa orizontală H_1, orientată în lungul grinzii, și după cea verticală V_1, dirijată perpendicular pe axa grinzii.

Reazemul mobil sau reazemul simplu, reprezentat schematic în punctul 2 din figura VII.1, *a* permite grinzii, atît rotirea în jurul acestui punct, cît și deplasarea în lungul suprafeței de rezemare (pe orizontală), dar nu permite deplasarea pe o direcție perpendiculară (verticală). În reazemul simplu, reacțiunea este dirijată perpendicular pe axa grinzii, punctul ei de aplicație fiind tot punctul de rezemare al elementului.

Încastrarea, reprezentată schematic în punctul *1* din figura VII.1, *b*, este reazemul care nu permite grinzii nici deplasare, nici rotire (de exemplu, fixarea capătului unei grinzi într-un perete). În încastrare, în afara reacțiunii orientată oricum (ca în articulație), ce se descompune în V_1 și H_1, se adaugă și un moment încovoietor M_1. Acest moment provine de la forța situată la o oarecare distanță de reazem, care nu permite rotirea grinzii în încastrare.

După modul lor de rezemare, grinzile drepte static determinate se numesc *simplu rezemate* (fig. VII.1, *a*), *încastrate* (fig. VII.1, *b*), cu console, sau cu console și articulații. La aceste grinzi, valorile reacțiunilor (V_i, H_i, M_i) se calculează din aplicarea ecuațiilor de echilibru din statică, care exprimă condiția ca grinda să se afle în echilibru sub acțiunea tuturor forțelor exterioare, adică a încărcărilor și reacțiunilor. Ecuațiile de echilibru, în problema plană, sînt în număr de trei, și anume :

$$\sum Y_i = 0 \; ; \quad \sum Z_i = 0 \; ; \quad \sum M_i = 0,$$

adică, suma proiecțiilor tuturor forțelor exterioare după axa *OY* și *OZ* este egală cu zero, la fel și suma momentelor tuturor forțelor în raport cu un punct oarecare este egală cu zero.

VII.1.2. EFORTURI UNITARE ȘI DEFORMAȚII SPECIFICE LA ÎNCOVOIERE

O grindă orizontală simplu rezemată, încărcată cu mai multe forțe verticale (ca în fig. VII.2, *a*), este în echilibru sub acțiunea forțelor aplicate și a reacțiunilor din reazeme. Dacă se face o secțiune $s - s$ prin grindă, pentru a restabili echilibrul uneia dintre părți — de exemplu a celei din dreapta (fig. VII.2, *b*), se introduc în secțiune o rezultantă $\bar{R}$ și un cuplu $\bar{M}$, care reprezintă reducerea față de secțiune a forțelor din stînga ce au fost înlăturate. Alegînd un sistem de axe *zOy* (fig. VII.2, *c*), cu axa *Oz* în lungul grinzii și *Oy* verticală în secțiune, $\bar{R}$ și $\bar{M}$ se descompun, obținîndu-se :

— N — *forța axială*, componenta forței R pe axa z (în acest caz, $N = 0$, pentru că forțele exterioare și reacțiunile sînt verticale și nu dau componente într-un plan orizontal) ;

— T — *forța tăietoare*, componenta forței R în planul *zOy* al secțiunii (în acest caz $T = R$) ;

— M_t — *momentul de torsiune*, componenta pe axa *Oz* a cuplului M (în acest caz $M_t = 0$, pentru că forțele exterioare și reacțiunile fiind verticale nu pot da componentă față de axa orizontală *Oz*) ;

— M_i — *momentul încovoietor*, componenta în planul secțiunii a lui M (în acest caz $M_i = M$).

Pentru stabilirea diagramelor de variație a forței tăietoare T și a momentului încovoietor M_i în lungul axei barei, se calculează valorile T_x și M_{ix} în punctele caracteristice (pe reazeme, în punctele de acționare a forțelor concentrate etc.), pe baza cărora se trasează diagramele prin puncte, ținîndu-se seama și de semn (de regulă, se figurează valorile pozitive sub linia dreaptă de referință, respectiv deasupra acestei drepte pentru cele negative).

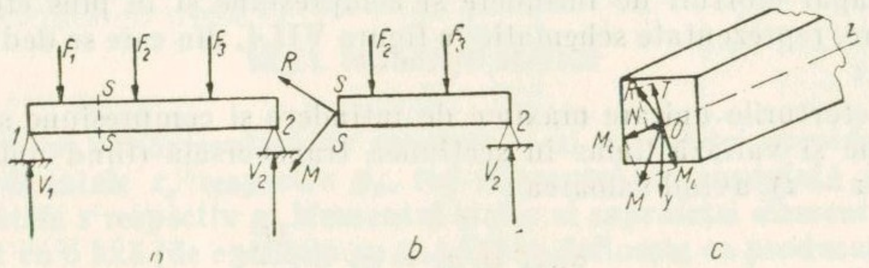


Fig. VII.2. Definirea forțelor interioare specifice la încovoiere.

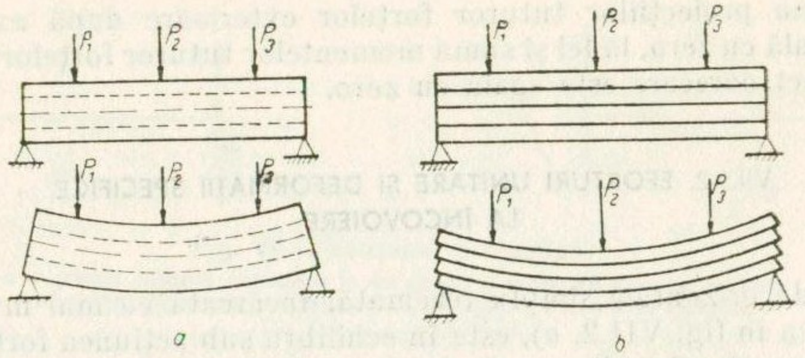


Fig. VII.3. Deformațiile grinzilor solicitate la încovoiere :
a — grindă dintr-o bucată ; *b* — grindă din 4 scînduri.

La calculul acestor forțe interioare specifice la încovoiere se ține seama de următoarele reguli :

— *forța tăietoare T, într-o secțiune oarecare, este suma proiecțiilor pe normala la axa barei a forțelor exterioare și reacțiunile din stînga secțiunii, sau a celor din dreapta cu semn schimbat ;*

— *momentul încovoietor M_i este, de asemenea, suma momentelor forțelor din stînga secțiunii (inclusiv cuplurile), luate față de secțiune, sau a celor din dreapta cu semn schimbat.*

Pentru a pune în evidență deformațiile specifice la încovoiere, se consideră o grindă dreaptă dintr-o bucată (fig. VII.3, *a*) și o altă grindă formată din 4 scînduri (fig. VII.3, *b*), solicitate la încovoiere de aceleași forțe verticale.

Examinînd grinda dintr-o bucată (fig. VII.3, *a*), se constată după încovoiere că fibrele superioare se scurtează și cele inferioare se lungesc și că fibrele situate pe axa mediană rămîn nemodificate ca lungime. Această axă se numește *axă (fibră) neutră sau fibră medie nedeformată*, care se definește ca locul geometric al punctelor de efort nul.

Referitor la grinda formată din 4 scînduri, se constată că fiecare scîndură în parte se încovoaie ca o grindă luată separat.

Din cele arătate pînă acum, rezultă că în grinzile solicitate la încovoiere apar eforturi de întindere și compresiune și în plus eforturi de forfecare, reprezentate schematic în figura VII.4, din care se deduc următoarele :

— eforturile unitare maxime de întindere și compresiune sînt egale între ele și variază liniar în secțiunea transversală (fiind nule în axa neutră $z - z$), avînd valoarea :

$$\sigma_{max} = \sigma_c = \sigma_t = \frac{M_i}{W_z},$$

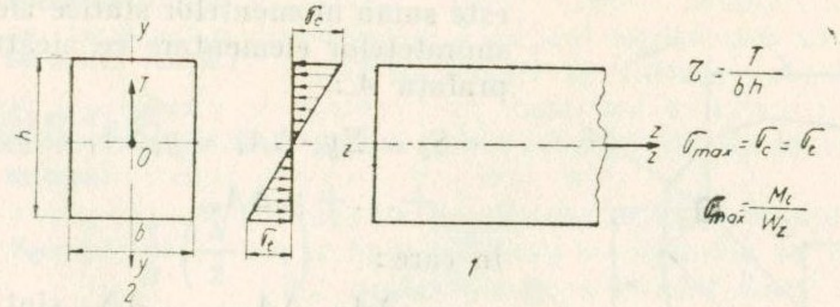


Fig. VII.4. Eforturi unitare specifice de încovoiere :
1 — provocate de M_i — normale de întindere și compresiune ; *2* — provocate de *M* — normale de întindere și compresiune ; *2* — provocate de *T* — tangențiale sau tăietoare (τ) ; *b* — lățimea grinzii ;

în care :

M_i este momentul încovoietor în secțiunea considerată ;

W_z — modulul de rezistență, calculat față de axa neutră $z - z$.

— eforturile unitare tangențiale sau tăietoare sînt uniforme pe secțiune, avînd valoarea :

$$\tau = \frac{T}{b \cdot h},$$ valabilă în cazul pieselor cu secțiuni mici,

în care :

b este lățimea grinzii ;

h — înălțimea grinzii.

VII.2. MOMENTE STATICE. MOMENTE DE INERȚIE. MODULE DE REZISTENȚĂ

Pentru calculul solicitărilor de întindere, compresiune și forfecare, secțiunea transversală a elementului se ia în considerație prin valoarea ariei secțiunii (A). La solicitările de încovoiere și de răsucire sînt necesare în calcule și alte mărimi geometrice, ca, de exemplu : momente statice, momente de inerție și module de rezistență.

VII.2.1. MOMENTE STATICE

În figura VII.5, centrul de greutate G al suprafeței considerate A are coordonatele z_g respectiv y_g, iar elementul de suprafață ΔA are coordonatele z respectiv y. Momentul static al suprafeței elementare ΔA în raport cu o axă (de exemplu cu axa Oz) se definește ca produsul $y \cdot \Delta A$, iar momentul static al întregii suprafețe A, în raport cu aceeași axă Oz,

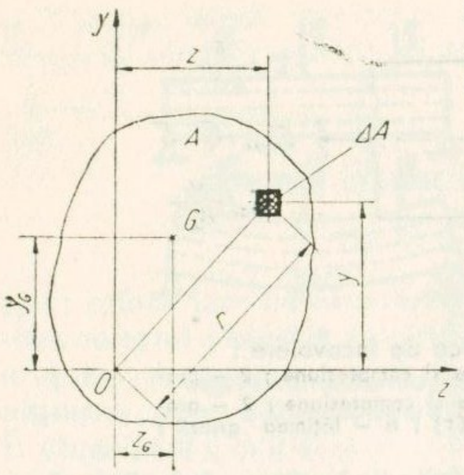


Fig. VII.5. Suprafața raportată la un sistem de axe de referință notații.

este suma momentelor statice ale tuturor suprafețelor elementare ce alcătuiesc suprafața A :

$$S_z = \Sigma y_i \cdot \Delta A_i = y_1 \Delta A_1 + y_2 \Delta A_2 + \ldots + y_n \Delta A_n, \qquad \text{(VII-1)}$$

în care :

— $\Delta A_1, \Delta A_2, \ldots, A\Delta_n$ sînt elementele de arie cuprinse în suprafața A ;

— $y_1, y_2, \ldots, y_n$ — ordonatele corespunzătoare ale elementelor respective față de axa Oz considerată.

Pentru cazurile simple, adică pentru suprafețe geometrice la care se cunosc coordonatele centrului de greutate Y_G și respectiv Z_G, momentele statice S_z și S_y în raport cu sistemul de axe yOz sînt :

$$S_z = \Sigma y \cdot \Delta A = Y_G \cdot A ;$$

$$S_y = \Sigma z \cdot \Delta A = Z_G \cdot A.$$

Momentul static al unei suprafețe în raport cu o axă este egal cu produsul dintre suprafață și distanța de la centrul de greutate al suprafeței la axa considerată și are ca dimensiuni lungimea la puterea a treia (respectiv cm³, m³, mm³ etc.).

Dacă axele în raport cu care se calculează momentele statice trec prin centrul de greutate al suprafeței, valoarea acestor momente statice este egală cu zero (pentru că $Y_G = Z_G = 0$). Rezultă deci că, pentru suprafețele ce admit una sau două axe de simetrie, momentele statice în raport cu aceste axe sînt nule.

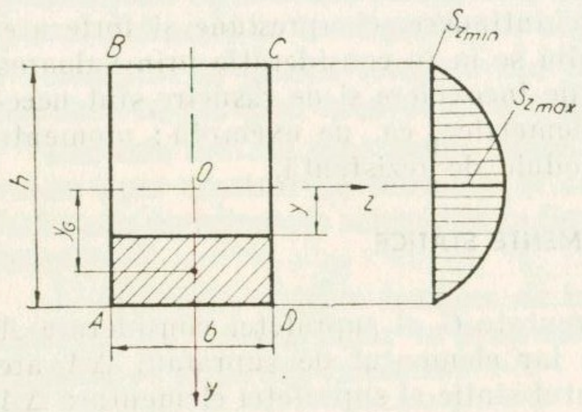


Fig. VII.6. Determinarea momentului static al secțiunii dreptunghiulare.

EXEMPLU DE CALCUL

Să se calculeze momentul static al suprafeței hașurate din figura VII.6 în raport cu axa Oz. Se cunosc : $h = 12$ cm ; $b = 6$ cm ; $y = 2$ cm.

Rezolvare

Se aplică relația :

$$S_z = Y_G \cdot A,$$

în care :

$$Y_G = y + \frac{1}{2}\left(\frac{h}{2} - y\right);$$

$$A = b\left(\frac{h}{2} - y\right).$$

După efectuarea calculelor rezultă :

$S_z = 96$ cm³.

Rezultă că S_z variază parabolic cu y, avînd cea mai mare valoare pentru $y = 0$, și anume :

$$S_{z,\,max} = \frac{bh^2}{8} = \frac{6 \cdot 12^2}{8} = = 108 \text{ cm}^3,$$

iar pentru valorile extreme $y = \frac{h}{2}$ și $y = -\frac{h}{2}$, momentul static este zero ;

$S_{z,\,min} = 0$.

VII.2.2. MOMENTE DE INERȚIE

Momentele de inerție ale figurilor plane, denumite și momente de ordinul doi, se clasifică astfel :

— momente de inerție axiale sau ecuatoriale, față de o axă ;

— momente de inerție centrifugale, față de două axe rectangulare ;

— momente de inerție polare, față de un punct.

Momentul de inerție axial al unui element de suprafață ΔA față de axa Oz (fig. VII.5) se definește ca produsul $y^2 \cdot \Delta A$, în care y este distanța la axa considerată, iar pentru întreaga suprafață A, ca suma tuturor acestor produse, adică :

$$I_z = \sum_A y^2 \cdot \Delta A, \qquad \text{(VII-2)}$$

Momentul de inerție axial al aceleiași suprafețe A față de axa Oy este :

$$I_y = \sum_A z^2 \cdot \Delta A. \qquad \text{(VII-2')}$$

Din examinarea acestor relații, rezultă că momentele de inerție axiale au ca dimensiune lungimea la puterea a patra (cm⁴, mm⁴ etc.), fiind totdeauna pozitive și diferite de zero.

Dacă sistemul de axe trece prin centrul de greutate al suprafeței, momentele de inerție față de aceste axe se numesc *momente de inerție centrale*.

Momentul de inerție centrifugal al unui element de suprafață ΔA (fig. VII.5) se definește cu produsul $y \cdot z \Delta A$, iar pentru întreaga suprafață A ca suma tuturor acestor produse, adică:

$$I_{yz} = \sum_{A} y \cdot z \Delta A, \qquad \text{(VII-3)}$$

având ca dimensiune tot lungimea la puterea a patra (cm⁴, mm⁴ etc.), putînd fi pozitiv, negativ sau nul.

Momentul de inerție polar al unui element de suprafață A (fig. VII.5) se definește ca produsul $r^2 \cdot \Delta A$, în care r este distanța la originea sistemului de axe considerat, iar al întregii suprafețe A, ca suma tuturor acestor produse, adică:

$$I_p = \sum_{A} r^2 \cdot \Delta A. \qquad \text{(VII-4)}$$

Momentul de inerție polar are ca dimensiune tot lungimea la puterea a patra și este totdeauna pozitiv.

Înlocuind în relația (VII-4) pe $r^2 = y^2 + z^2$, rezultă:

$$I_p = \sum_{A} (y^2 + z^2) \Delta A = \sum_{A} y^2 \cdot \Delta A + \sum_{A} z^2 \cdot \Delta A = I_z + I_y \qquad \text{(VII-4')}$$

adică momentul de inerție polar este egal cu suma momentelor de inerție axiale față de un sistem de axe cu aceeași origine.

Momentele de inerție ale cîtorva figuri plane. Momentele de inerție centrale (momentele de inerție axiale pentru axele de simetrie ale suprafețelor respective) pentru suprafețe geometrice utilizate în practică sînt:

— pentru dreptunghi:

$$I_z = \frac{bh^3}{12} \text{ și } I_y = \frac{b^3 h}{12},$$

în care: b și h sînt lățimea, respectiv înălțimea;

— pentru pătrat;

$$I_z = I_y = \frac{a^4}{12},$$

în care: a este latura pătratului (axele de coordonate sînt axe de simetrie).

— pentru cerc:

$$I_z = I_y = \frac{\pi d^4}{64},$$

în care: d este diametrul cercului (axele de coordonate trec prin centru).

Momentul de inerție polar al unui cerc este:

$$I_p = \frac{\pi d^4}{32}.$$

Variația momentelor de inerție în raport cu axe paralele.

Momentul de inerție axial față de o axă paralelă cu axa Oz, situată la distanța d, notat cu I_{z_1} este:

$$I_{z_1} = I_z + d^2 \cdot A,$$

în care:

I_z este momentul de inerție central;

A — mărimea suprafeței considerate.

Relația de calcul dată mai sus este un caz particular al formulei lui Steiner pentru cazul cînd axa paralelă trece prin centrul de greutate al suprafeței.

Momentul de inerție centrifugal în raport cu un sistem de axe paralele, situate la distanțele a și b, notat cu $I_{z_1 y_1}$ este:

$$I_{z_1 y_1} = I_{zy} + abA,$$

în care:

I_{zy} este momentul centrifugal în raport cu axele de simetrie ale suprafeței respective;

A — mărimea suprafeței considerate.

Momente de inerție ale unor suprafețe compuse. În practică interesează calculul momentelor de inerție ale unor suprafețe compuse din mai multe suprafețe simple în formă dreptunghiulară, pătrată, circulară etc.

Momentul de inerție al unei suprafețe compuse este egal cu suma momentelor de inerție al suprafețelor simple față de axele proprii la care se adaugă suma produselor dintre pătratul distanței la axa centrală a suprafeței compuse și ariile componente ale secțiunii.

În expresie matematică se scrie:

$$I_z = \sum (I_{z_i} + y_i^2 \cdot A_i) \text{ sau } I_y = \sum (I_{y_i} + z_i^2 \cdot A_i).$$

EXEMPLE DE CALCUL

1. Pentru suprafața compusă din figura VII.7 să se calculeze momentele de inerție axiale I_{z_1} și I_{y_1} în raport cu axele ce trec prin centrul de greutate al acesteia. Se dă: $a = 10$ cm.

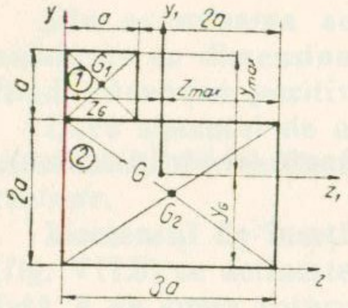


Fig. VII.7. Calculul momentelor de inerție axiale ale unei suprafețe compuse.

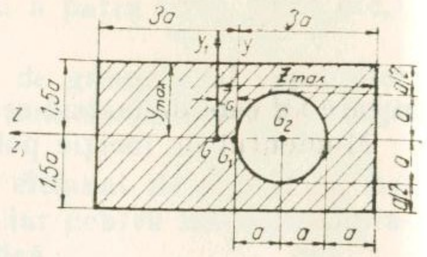


Fig. VII.8. Calculul momentelor de inerție axiale ale unei suprafețe compuse.

Rezolvare

Suprafața dată este formată dintr-un pătrat *1* și un dreptunghi *2*, având centrele de greutate G_1 și G_2.

Se calculează mai întîi coordonatele centrului de greutate G al suprafeței compuse y_G și z_G cu relațiile cunoscute din mecanică (statică) :

$$y_G = \frac{\Sigma A_i \cdot y_i}{\Sigma A_i} = \frac{a^2\left(2a + \frac{a}{2}\right) + 3a \cdot 2a \cdot a}{a^2 + 6a^2} = \frac{(2{,}5+6)a^3}{7a^2} = \frac{8{,}5}{7}\, a \simeq 1{,}214\ a$$

$$z_G = \frac{\Sigma A_i z_i}{\Sigma A_i} = \frac{a^2 \cdot \frac{a}{2} + 6a^2 \cdot \frac{3}{2}\, a}{7a^2} = \frac{(0{,}5+9)a^3}{7a^2} = \frac{9{,}5}{7}\, a \simeq 1{,}343\ a$$

Se calculează apoi momentele de inerție axiale, cu relațiile cunoscute :

$$I_z = \Sigma\ (I_z + y_i^2 A_i) = \frac{a^4}{12} + \left[0{,}5 + (2 - 1{,}214)\right]^2 a^4 + \frac{3a \cdot (2a)^3}{12} +$$

$$+ (1{,}214 - 1)^2 a^2.$$

$I_z = 4{,}012a^4$;

$$I_{y_1} = \Sigma (I_y + z_i^2 A_i) = \frac{a^4}{12} + [1{,}345 - 0{,}5]^2 \cdot a^4 + \frac{(3a)^3 \cdot 2a}{12} +$$

$$+ (1{,}343 - 1)^2 a^2.$$

$I_y = 6{,}003a^4$.

Înlocuind pe $a = 10$ cm, rezultă :

$y_G = 12{,}14$ cm ; $Z_G = 13{,}43$ cm ; $I_{z_1} = 40\,120$ cm^4 ; $= 4{,}012$ dm^4 ;

$I_{y_1} = 60\,030$ cm^4 $= 6{,}003$ dm^4.

2. Să se calculeze momentele de inerție axiale I_{z_1} și I_{y_1} ale figurii VII.8 (partea haşurată) în raport cu axele ce trec prin centrul de greutate. Se dă : $a = 10$ cm.

Rezolvare

Suprafața dată este formată dintr-un dreptunghi cu dimensiunile $6a \cdot 3a$ și cu centrul de greutate în G_1 din care se scade un cerc cu raza a și cu centrul de greutate în G_2. Axele inițiale se aleg yG_1z și se observă că axa G_1z este axă de simetrie a întregii figuri, deci $y_G = 0$, adică centrul de greutate G se află pe această axă.

Se calculează :

$$Z_G = \frac{\sum A_i Z_i}{\sum A_z} = \frac{\pi a^2 \cdot a}{18a^2 - \pi a^2} = \frac{\pi}{18 - \pi}\, a = 0{,}211\ a.$$

Se calculează apoi momentele de inerție axiale, cu relațiile :

$$I_{z_1} = \Sigma\,(I_z + y_i^2 \cdot A_i) = \frac{6a \cdot (3a)^3}{12} - \frac{\pi(2a)^4}{64} = \left(13{,}5 - \frac{\pi}{4}\right) a^4 = 12{,}715a^4$$

$$I_{y_1} = \Sigma\,(I_y + z_i^2 \cdot A_i) = \frac{(6a^3) \cdot 3a^3}{12} + 0{,}211^2 a^2 \cdot 18a^2 - \frac{\pi a^4}{4} -$$

$$-(a + 0{,}211)^2 \pi a^2.$$

Înlocuind pe $a = 10$ cm, rezultă :

$Z_G = 2{,}11$ cm ; $I_{z_1} = 127\,150$ cm^4 $= 12{,}715$ dm^4 ;

$I_{y_1} = 507\,411$ cm^4 $= 50{,}7411$ dm^4.

VII.2.3. MODULE DE REZISTENȚĂ

Modulul de rezistență axial al unei suprafețe în raport cu o axă este raportul dintre momentul de inerție axial și distanța maximă de la marginea secțiunii la acea axă.

Pentru figurile plane, modulele de rezistență în raport cu axele rectangulare Oz și Oy se determină cu expresiile :

$$W_z = \frac{I_z}{Y_{max}} \text{ și } W_y = \frac{I_y}{Z_{max}}. \qquad \text{(VII-5)}$$

— Pentru dreptunghi :

$$W_z = \frac{\frac{bh^3}{12}}{\frac{h}{2}} = \frac{bh^2}{6} \text{ și } W_y = \frac{\frac{b^3h}{12}}{\frac{b}{2}} = \frac{b^2h}{6}.$$

— Pentru pătrat :

$$W_z = W_y = \frac{a^3}{6}.$$

— Pentru cerc :

$$W_z = W_y = \frac{\pi d^3}{32}.$$

Modulul de rezistență polar, care se determină de obicei numai pentru o suprafață circulară, se definește ca raportul dintre momentul de inerție polar și raza suprafeței respective :

$$W_p = \frac{I_p}{r} = \frac{\frac{\pi d^4}{32}}{\frac{d}{2}} = \frac{\pi d^3}{16}. \qquad \text{(VII-6)}$$

Modulul de rezistență, axial sau polar, se măsoară în unități de lungime la puterea a treia (cm³, mm³ etc.).

Module de rezistență ale unor suprafețe compuse. Se calculează mai întîi momentele de inerție axiale, în raport cu axele ce trec prin centrul de greutate al figurii, și apoi se aplică relațiile (VII-5).

EXEMPLE DE CALCUL

1. Pentru suprafața compusă din figura VII.7, să se calculeze modulele de rezistență axiale W_{z_1} și W_{y_1} în raport cu axele ce trec prin centrul de greutate al acesteia. Se dă : $a = 10$ cm.

Rezolvare

Se iau rezultatele de la exemplul 1, paragraful VII.2.2 :

$$I_{z_1} = 4{,}012a^4 \text{ și } I_{y_1} = 6{,}003a^4.$$

Din figura VII.7, se observă că :

$$y_{max} = 3a - y_G = (3 - 1{,}214)a = 1{,}786\ a.$$

$$z_{max} = 3a - Z_G = (3 - 1{,}343)a = 1{,}657\ a.$$

Modulele de rezistență axiale rezultă :

$$W_{z_1} = \frac{I_{z_1}}{y_{max}} = \frac{4{,}012a^4}{1{,}786a} = 2{,}246a^3 = 2\,246 \text{ cm}^3 = 2{,}246 \text{ dm}^3 ;$$

$$W_{y_1} = \frac{I_{y_1}}{Z_{max}} = \frac{6{,}003a^4}{1{,}657a} = 3{,}623a^3 = 3\,623 \text{ cm}^3 = 3{,}623 \text{ dm}^3.$$

2. Să se calculeze modulele de rezistență axiale W_{z_1} și W_{y_1} ale figurii VII.8 (partea haşurată), în raport cu axele ce trec prin centrul de greutate. Date numerice : $a = 10$ cm.

Rezolvare

Se procedează la fel ca în exemplul de calcul precedent :

$$I_{z_1} = 12{,}715a^4 \text{ și } I_{y_1} = 50{,}875a^4 - 1{,}325a^3 - 0{,}14a^2 ;$$

$$Y_{max} = 1{,}5a \text{ și } Z_{max} = 3a + Z_G = (3 + 0{,}211)a = 3{,}211a ;$$

$$W_{z_1} = \frac{I_{z_1}}{Y_{max}} = \frac{12{,}715\ a^4}{1{,}5\ a} = 8{,}743a^3 = 8\,473 \text{ cm}^3 = 8{,}473 \text{ dm}^3 ;$$

$$W_{y_1} = \frac{I_{y_1}}{Z_{max}} = \frac{50{,}875a^4 - 1{,}325a^3 - 0{,}14a^2}{3{,}211a} ;$$

$$W_{y_1} = 15\,802 \text{ cm}^3 = 15{,}802 \text{ dm}^3.$$

VII.2.4. RAZE DE INERȚIE

Raza de inerție sau de girație este o caracteristică geometrică a secțiunii și se determină din momentul de inerție cu relațiile :

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} \text{ și } i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}. \qquad \text{(VII-7)}$$

Aceste caracteristici pot fi considerate ca distanțele fictive la care s-ar găsi întreaga suprafață a secțiunii, astfel încît produsul dintre suprafață și pătratul razei de inerție să fie egal cu momentul de inerție.

Razele de inerție se măsoară în unități de lungime (cm, mm etc.).

Pentru figurile plane, razele de inerție, în raport cu axele rectangulare *Oz* și *Oy*, paralele cu axele de simetrie ale figurii, sînt :

— pentru dreptunghi :

$$i_z = \sqrt{\frac{\frac{bh^3}{12}}{bh}} = \sqrt{\frac{h^2}{12}} = \frac{h\sqrt{3}}{6} ; \text{ similar : } i_y = \frac{b\sqrt{3}}{6} ;$$

— pentru pătrat :

$$i_z = i_y = \frac{a\sqrt{3}}{6};$$

— pentru cerc :

$$i_z = i_y = \sqrt{\frac{\frac{d^4}{64}}{\frac{d^2}{4}}} = \frac{d}{4}.$$

VII.2.5. APLICAȚII NUMERICE

1. Să se calculeze momentele de inerție axiale și modulele de rezistență axiale ale dreptunghiului din figura VII.9, față de axele $O_1Z_1Y_1$.
Date numerice : $b = 12$ cm ; $h = 6$ cm.

Rezolvare

Se utilizează mai întîi relațiile cunoscute de calcul al momentelor de inerție axiale față de o axă paralelă cu axa Oz sau Oy :

$$I_{z_1} = I_z = a_y^2 \cdot A = \frac{bh^3}{12} + \left(\frac{h}{4}\right)^2 \cdot bh = \left(\frac{1}{12} + \frac{1}{16}\right) bh^3 = \frac{7}{48} bh^3$$

$$I_{y_1} = I_y + a_z^2 \cdot A = \frac{b^3 h}{12} \cdot \left(\frac{b}{4}\right)^2 bh = \frac{7}{48} b^3 h.$$

Pentru calculul modulelor de rezistență, față de axele Oz_1 și Ox se utilizează relațiile (VII-5) :

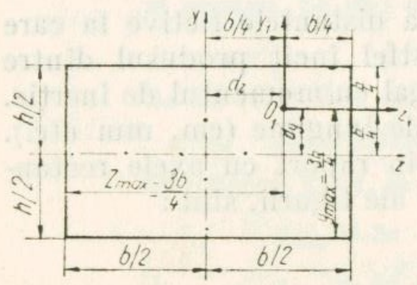


Fig. VII.9. Calculul momentelor de inerție axiale și al modulelor de rezistență axiale față de axele paralele.

$$W_{z_1} = \frac{I_z}{I_{max}} = \frac{\frac{7}{48} bh^3}{\frac{3}{4} h} = \frac{7}{36} bh^2 ; \quad W_{y_1} = \frac{7}{36} b^2 h.$$

Înlocuind pe : $b = 12$ cm și $h = 6$ cm, rezultă :

$$I_{z_1} = \frac{7 \cdot 12 \cdot 6^3}{48} = 378 \text{ cm}^4 ; \quad I_{y_1} = \frac{7 \cdot 12^3 \cdot 6}{48} = 1\,512 \text{ cm}^4,$$

$$W_{y_1} = \frac{378}{\frac{3}{4} \times 6} = 84 \text{ cm}^3 ; \quad W_{y_1} = \frac{1\,512}{\frac{2}{4} \times 12} = 168 \text{ cm}^3.$$

2. Să se calculeze razele de inerție pentru suprafața hașurată din figura VII.8.

Rezolvare

Se aplică relația (VII-7), cunoscînd valorile I_z, I_y și A din exemplul de calcul de la paragraful VII.2.2.

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = \frac{12{,}715}{14{,}86} = 9{,}25 \text{ cm} ;$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \frac{50{,}7411}{14{,}86} = 18{,}48 \text{ cm}.$$

PROBLEME NEREZOLVATE

1. Cu cît se micșorează momentul de inerție axial și modulul de rezistență axial al unui pătrat cu latura $a = 12$ cm, dacă din el se decupează un cerc cu diametrul $d = 6$ cm, avînd centrul în centrul pătratului.

Răspuns : 63,6 cm⁴ sau 3,7% și 21,22 cm³ sau 7,4%.

2. Să se calculeze momentele de inerție axiale și modulele de rezistență axiale ale suprafeței hașurate din figura VII.10, față de axele ce trec prin centrul de greutate G al figurii. Date numerice : $a = 3$ cm.

Răspuns : $I_z = 88{,}667a^4 = 7\,182$ cm⁴

$I_y = 106{,}667a^4 = 8\,640$ cm⁴

$W_z = 27{,}282a^3 = 736{,}6$ cm³

$W_y = 35{,}556a^3 = 960$ cm³.

3. Să se calculeze momentele de inerție axiale, modulele de rezistență axiale și razele de inerție în raport cu axele ce trec prin centrele de greutate ale suprafețelor compuse din figura VII.11, *a*, *b*, *c*.

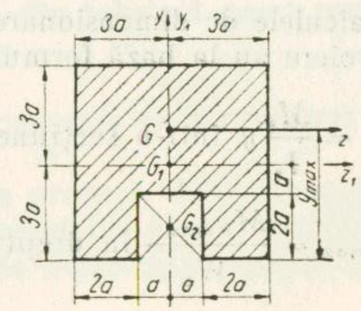


Fig. VII.10. Calculul momentelor de inerție axiale și al modulelor de rezistență axiale ale unei suprafețe compuse.

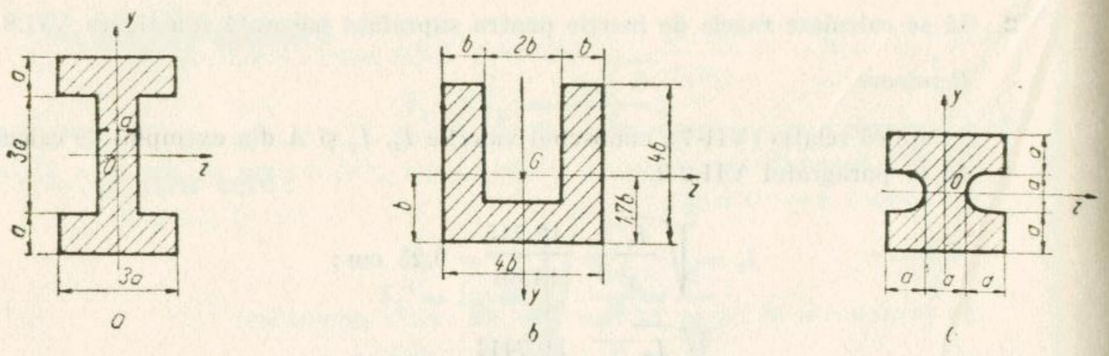


Fig. VII.11. Calculul momentelor de inerție axiale, al modulelor de rezistență axiale și razelor de inerție pentru suprafețe compuse.

Răspuns :

a) $I_z = \frac{107}{4} a^4$	*b)* $I_z = 14{,}4\ b^4$	*c)* $I_z = 15{,}2\ a^4$
$I_y = \frac{19}{4} a^4$	$I_y = 19{,}33\ b^4$	$I_y = 5{,}51\ a^4$
$W_y = \frac{107}{4} a^3$	$W_z = 6{,}27\ b^3$	$W_z = 7{,}6\ a^3$
$W_y = \frac{19}{6} a^3$	$W_y = 9{,}675\ b^3$	$W_y = 3{,}43\ a^3$
$i_z = 1{,}724\ a$	$i_z = 1{,}2\ b$	$i_z = 1{,}31\ a$
$i_y = 0{,}726\ a$	$i_y = 1{,}39\ b$	$i_y = 0{,}577\ a$

VII.3. DIMENSIONAREA ȘI VERIFICAREA ELEMENTELOR SOLICITATE LA ÎNCOVOIERE

Calculele de dimensionare și verificare ale elementelor solicitate la încovoiere au la bază formula lui Navier, redată sub una din formele:

$$\sigma = \frac{M_i}{I_z} y \text{ într-o secțiune oarecare,} \qquad \text{(VII-8)}$$

$$\sigma_{max} = \frac{M_{i\,max}}{W_z} \text{ în dreptul lui } M_{i\,max}, \qquad \text{(VII-8')}$$

în care:

M_i este momentul încovoietor în secțiunea aleasă;
I_z — momentul de inerție al secțiunii alese;
y — distanța pînă la axa neutră;
$M_{i\,max}$ — momentul încovoietor maxim al elementului;
W_z — modulul de rezistență al secțiunii în dreptul lui $M_{i\,max}$.

Formula (VII-8') se aplică pentru elementele care au aceeași secțiune pe toată lungimea lor, în care caz dimensionarea și verificarea la încovoiere se fac pentru secțiunea în care acționează momentul încovoietor maxim.

Pentru ușurarea calculelor, în anexele 1, 2, 3 și 4 se dau valorile momentelor de inerție și modulelor de rezistență pentru elemente cu dimensiuni standardizate utilizate în construcții.

Cunoscînd că $W_z = \frac{bh^2}{6}$ și $W_y = \frac{b^2h}{6}$ (pentru secțiunea dreptunghiulară) și din examinarea valorilor modulelor de rezistență din anexa 1, în care întotdeauna $W_z > W_y$, rezultă că la o grindă solicitată la încovoiere $\left(\text{care se calculează cu relația } \sigma_{ef} = \frac{M_i}{W_z}\right)$, lățimea b trebuie să fie mai mică decît înălțimea h. În caz invers ar rezulta: $\sigma'_{ef} = \frac{M_i}{W_y} > \sigma_{ef} = \frac{M_i}{W_z}$, adică rezistențe efective mai mari).

Exemple în acest sens se pot da la toate grinzile planșeelor, indiferent de materialul din care sînt confecționate, la care, de obicei, există relația $h = (1{,}5 \ldots 3)b$, între înălțimea și lățimea grinzilor. În același mod sînt alcătuite și grinzile fundațiilor continue sau pe radier general.

Această regulă de alcătuire a grinzilor solicitate la încovoiere se observă și mai bine la profilurile laminate, de exemplu la oțelurile *UE* și *IE* (anexele 3 și 4), la care raportul dintre modulele de rezistență după cele două axe $z - z$ și $y - y$ au valori și mai mari ca la secțiunea dreptunghiulară analizată mai sus (pentru oțelul *IE* rezultă $\frac{W_z}{W_y} \simeq 6 \ldots 11$, pe cînd pentru secțiunea dreptunghiulară din tabela 1 acest raport nu depășește valoarea 2,1).

VII.3.1. DIMENSIONAREA GRINZILOR SOLICITATE LA ÎNCOVOIERE

Similar cu solicitările studiate pînă în prezent, dimensionarea unei grinzi solicitate la încovoiere înseamnă calcularea elementelor secțiunii transversale, exprimate prin modulul de rezistență necesar (W_{znec}),

pentru a rezista la momentul încovoietor maxim ($M_{i\ max}$), cu un efort unitar maxim mai mic sau cel mult egal cu rezistența admisibilă (σ_a) a materialului.

În acest caz se folosește relația (VII-8′), scrisă sub forma :

$$W_{znec} = \frac{M_{i\ max}}{\sigma_a}. \qquad \text{(VII-9)}$$

Pentru cazul general, la calculul momentului încovoietor maxim ($M_{i\ max}$) se procedează în modul următor :

— se calculează mai întîi reacțiunile în reazemele grinzii (care pot fi o forță verticală în reazemul simplu, o forță verticală și una orizontală în articulație și în plus un moment încovoietor într-o încastrare) ;

— se calculează forța tăietoare de-a lungul grinzii și se trasează diagrama de variație a acesteia, pentru a stabili secțiunea în care se anulează (în acea secțiune momentul încovoietor este maxim) ;

— se calculează momentul încovoietor de-a lungul grinzii și se trasează diagrama de variație a acestuia, pentru a stabili valoarea lui $M_{i\ max}$ necesar la calculul de dimensionare (și verificare) a grinzii. După calculul modului de rezistență necesar (W_{znec}), se calculează elementele secțiunii transversale (lățimea b și înălțimea h, pentru grinzile cu secțiune dreptunghiulară, latura a pentru cele cu secțiune pătrată, sau diametrul d pentru grinzile cu secțiune circulară), valoarea rezistenței admisibile (σ_a) a materialului fiind cunoscută.

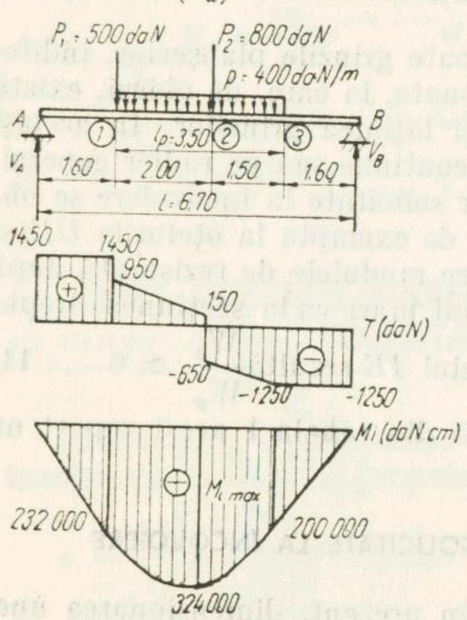


Fig. VII.12. Calculul și diagramele de variație ale momentului încovoietor (M_i) și forței tăietoare (T).

EXEMPLU DE CALCUL

Să se dimensioneze grinda din lemn ecarisat, simplu rezemată, din figura VII.12 ($P_1 = 500$ daN ; $P_2 = 800$ daN ; $p = 400$ daN/m), știind că rezistența admisibilă este $\sigma_a = 100$ daN/cm².

Rezolvare

Pentru calculul reacțiunilor, forțele exterioare fiind numai verticale, rezultă că reacțiunile pe reazeme sînt forțe verticale (V_A și V_B). Se scrie ecuația de proiecție a forțelor verticale și ecuația de moment în raport cu reazemul A :

$$P_1 + P_2 + p \cdot l_p - V_A - V_B = 0$$

$$500 + 800 + 400 \cdot 3{,}50 = V_A + V_B$$

$$V_A + V_B = 2\,700$$

$$1{,}60P_1 + 3{,}60P_2 + \left(1{,}60 + \frac{3{,}50}{2}\right) \cdot 400 \cdot 3{,}50 - 6{,}70V_B = 0$$

$$V_B = 1\,250 \text{ daN}$$

$$V_A = 2\,700 - V_B = 1\,450 \text{ daN}.$$

— Calculul forței tăietoare

$$T_A = V_A = 1\,450 \text{ daN}$$

$$T_1 = 1\,450 - 500 = 950 \text{ daN}$$

$$T_{2_s} = 950 - 400 \cdot 2{,}00 = 150 \text{ daN}$$

$$T_{2d} = 150 - 800 = -650 \text{ daN}$$

$$T_s = -650 - 400 \cdot 1{,}50 = -1\,250 \text{ daN}.$$

Se verifică faptul că :

$$T_3 = T_B = V_B = -1\,250 \text{ daN}.$$

— Calculul momentului încovoietor

$M_A = 0$; $M_B = 0$ (Pe reazeme simple sau articulații $M_i = 0$)

$$M_1 = 1{,}60V_A = 1{,}60 \cdot 1\,450 = 2\,320 \text{ daN} \cdot \text{m} = 232\,000 \text{ daN} \cdot \text{cm}$$

$$M_2 = 3{,}60V_A - 2{,}00P_1 - \frac{2{,}00^2 p}{2} = 3{,}60 \cdot 1\,450 - 2{,}00 \cdot 500 -$$

$$= \frac{2{,}00^2 \times 400}{2} = 3\,420 \text{ daN} \cdot \text{m} = 342\,000 \text{ daN} \cdot \text{cm}.$$

$$M_3 = 1{,}60V_B = 1{,}60 \times 1\,250 = 200 \text{ daN} \cdot \text{m} = 200\,000 \text{ daN} \cdot \text{cm}.$$

La trasarea diagramei se are în vedere că variația momentului încovoietor este liniară pe porțiunile neîncărcate de grindă și parabolică pe cele încărcate cu încărcare uniform distribuită.

Rezultă că :

$$M_{i\ max} = M_2 = 342\,000 \text{ daN} \cdot \text{cm}.$$

Calculul de dimensionare propriu-zis :

$$W_{z\ nec} = \frac{M_{i\ max}}{\sigma_a} = \frac{342\,000}{100} = 3\,420 \text{ cm}^3.$$

Utilizînd datele din anexa 1, se alege secțiunea dreptunghiulară 25 × 30 cm, la care $W_z = 3750$ cm³.

Se face verificarea rezistenței efective:

$$\sigma_{ef} = \frac{M_{i\ max}}{W_{z.ef}} = \frac{342\,000}{3\,750} = 92{,}5\ \text{daN/cm}^2 = 0{,}925\ \sigma_a.$$

În concluzie, deși rezistența efectivă maximă este cu 7,5% mai mică decît rezistența admisibilă, totuși secțiunea este bine aleasă, deoarece orice altă secțiune standardizată mai mică este subdimensionată (de exemplu, secțiunea 19×30 cm, cu $W_z = 2\,850$ cm³, $\sigma_{ef} = \frac{342\,000}{2\,850} = 120$ daN/cm² mai mare cu 20% decît rezistența admisibilă).

Pentru unele cazuri simple de încărcare, valoarea lui $M_{i\ max}$ este cunoscută, după cum se arată din exemplele de mai jos (fig. VII.13, a...e).

— Pentru grinda simplu rezemată, de lungime l încărcată cu o forță verticală concentrată P în mijloc:

$$V_A = V_B = \frac{P}{2} \text{ (din motive de simetrie)}$$

$$M_{i\ max} = M_1 = \frac{P}{2} \cdot \frac{l}{2} = \frac{P \cdot l}{4}. \qquad \text{(VII-10)}$$

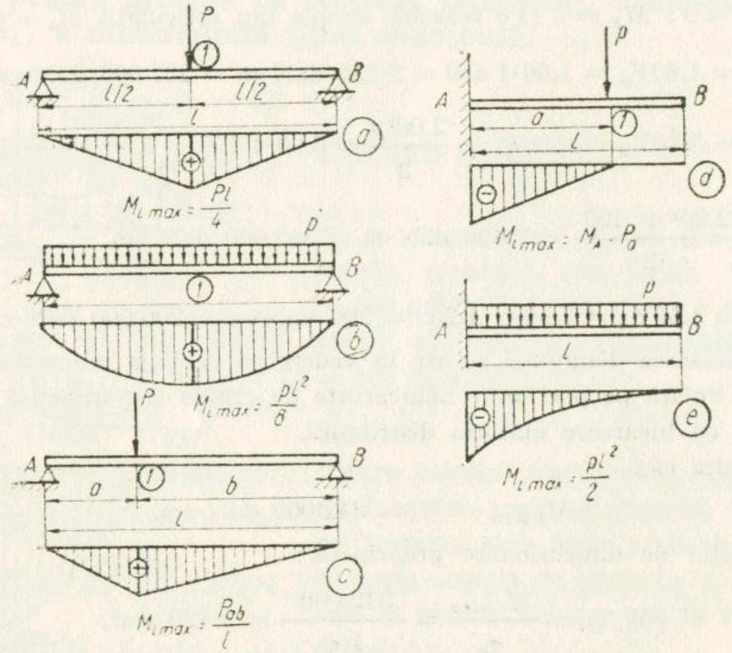


Fig. VII.13. Calculul momentului încovoietor maxim ($M_{i\ max}$) și diagramele de variație pentru unele cazuri simple de încărcare.

— Pentru grinda simplu rezemată, de lungime l, încărcată cu o încărcare verticală p uniform distribuită pe toată lungimea:

$$V_A = V_B = \frac{p \cdot l}{2}$$

$$M_{i\ max} = M_1 = \frac{p \cdot l}{2} \cdot \frac{l}{2} - \frac{p \cdot l}{2} \cdot \frac{l}{4} = \frac{p \cdot l^2}{8}. \qquad \text{(VII-11)}$$

— Pentru grinda simplu rezemată, de lungime l, încărcată cu o forță verticală concentrată amplasată la distanța a de reazemul A și la distanța b de reazemul B ($a + b = l$):

$$M_B = V_A \cdot l - P \cdot b = 0;\ V_A = P \cdot \frac{b}{l}$$

$$M_A = V_B \cdot l - P \cdot a = 0;\ V_B = P \cdot \frac{a}{l}$$

$$M_{i\ max} = M_1 = V_A \cdot a = P \cdot \frac{b}{l} a = P \cdot \frac{a \cdot b}{l}. \qquad \text{(VII-12)}$$

— Pentru grinda încastrată în reazemul A și liberă în B, de lungime l, încărcată cu o forță verticală concentrată P, amplasată oriunde (de exemplu, la distanța a de reazemul A);

$$V = P$$

$$M_{i\ max} = M_1 = P \cdot a.$$

Dacă forța P este în capătul B:

$$M_{i\ max} = P \cdot l. \qquad \text{(VII-13}$$

— Pentru grinda încastrată în reazemul A și liberă în B, de lungime l, încărcată cu o încărcare verticală p, uniform distribuită pe toată lungimea.

$$V_A = p \cdot l.$$

$$M_{i\ max} = M_1 = \frac{pl^2}{2}. \qquad \text{(VII-14)}$$

VII.3.2. VERIFICAREA GRINZILOR SOLICITATE LA ÎNCOVOIERE

Verificarea unei grinzi solicitate la încovoiere înseamnă calcularea efortului unitar normal efectiv (σ_{ef}), cunoscîndu-se momentul încovoietor efectiv maxim ($M_{i\ max}$) și dimensiunile secțiunii transversale

efective ale grinzii (exprimate prin $W_{z\,ef}$), care trebuie să fie mai mică, sau cel mult egală, cu rezistența admisibilă (σ_a) a materialului.

$$\sigma_{ef} = \frac{M_{i\,max}}{W_{z\,ef}} \leqslant \sigma_a. \qquad \text{(VII-15)}$$

EXEMPLU DE CALCUL

1. Să se verifice o grindă simplu rezemată din oțel UE 12 ($\sigma_a = 1\,500$ daN/cm²), cu lungimea $l = 3{,}00$ m, încărcată cu o forță concentrată verticală $P = 10$ kN, amplasată pe mijlocul grinzii (fig. VII.13, *a*).

   Rezolvare

   Se calculează:

$$M_{i\,max} = \frac{P \cdot l}{4} = \frac{1\,000 \cdot 300}{4} = 75\,000 \text{ daN} \cdot \text{cm}.$$

   Valoarea lui $W_{z\,ef}$ se ia din anexa 3:

$$W_{z\,ef} = 50{,}6 \text{ cm}^3.$$

   Se calculează apoi σ_{ef} și se compară cu σ_a:

$$\sigma_{ef} = \frac{M_{i\,max}}{W_{z\,ef}} = \frac{75\,000}{50{,}6} = 1\,482 \text{ daN/cm}^2 = 0{,}988\,\sigma_a.$$

   Rezultă că grinda este bine dimensionată.

PROBLEME NEREZOLVATE

1. O grindă încastrată la un capăt și liberă la celălalt capăt, confecționată din lemn ecarisat, cu secțiunea pătrată $a = 35$ cm și lungimea $l = 2{,}00$ m, este solicitată la încovoiere de o încărcare uniform distribuită verticală $p = 50$ kN/m, amplasată pe toată lungimea (figura VII.13, *e*). Să se verifice această grindă, știind că rezistența admisibilă a materialului este $\sigma_a = 120$ daN/cm².

   Răspuns: $\sigma_{ef} = 140$ daN/cm² $= 1{,}167\ \sigma_a$.

   Grinda este subdimensionată.

2. Să se verifice o grindă simplu rezemată din oțel OL 60 ($\sigma_a = 1\,800$ daN/cm²) cu profil laminat IE 24, având lungimea $l = 4{,}00$ m și fiind încărcată cu o forță concentrată verticală $P = 20$ kN amplasată pe mijlocul grinzii (fig. VII.13, *a*) și cu o încărcare uniform distribuită pe toată lungimea grinzii $p = 15$ kN/m (fig. VII.13, *b*).

   Răspuns: $\sigma_{ef} = 1\,730$ daN/cm² $= 0{,}961\ \sigma_a$.

   Grinda este bine dimensionată.

VII.3.3. CALCULUL MOMENTULUI CAPABIL LA GRINZILE SOLICITATE LA ÎNCOVOIERE

Cînd se cunosc dimensiunile secțiunii transversale și rezistența admisibilă a materialului (σ_a), se poate calcula momentul încovoietor capabil (maxim) pe care grinda îl poate suporta în bune condiții.

$$M_{i\,cap} = M_{i\,max} = W_{z\,ef} \cdot \sigma_a. \qquad \text{(VII-16)}$$

Modul de calcul menționat mai sus se poate deduce mai bine din exemplul de calcul ce urmează.

EXEMPLU DE CALCUL

O grindă simplu rezemată din lemn ecarisat ($\sigma_a = 100$ daN/cm²) este încărcată cu o forță verticală concentrată P, la distanța $a = 1{,}60$ m de reazemul A și $b = 2{,}40$ m de reazemul B (fig. VII.13, *c*). Știind că are secțiunea dreptunghiulară cu dimensiunile 19×30 cm, să se calculeze valoarea lui P_{max}.

Rezolvare

$$M_{i\,cap} = W_{z\,ef} \cdot \sigma_a = \frac{19 \cdot 30^2}{6} \cdot 100 = 285\,000 \text{ daN/cm}.$$

În acest caz, $M_{i\,cap} = \frac{P_{max} \cdot ab}{l} = \frac{p \cdot 160 \cdot 240}{400} = 96\ P_{max}$

$P_{max} = 3\,000$ daN.

PROBLEME NEREZOLVATE

O grindă încastrată la un capăt (A) și liberă la celălalt capăt (B), confecționată din oțel cornier cu aripile egale $L\ 100 \times 100 \times 10$, având $\sigma_a = 1\,500$ daN/cm² și lungimea $l = 2{,}00$ m, este solicitată la încovoiere de o forță concentrată P în punctul B (fig. VII.13, *d*, în care $a = l$). Să se calculeze valoarea sarcinii capabile P_{cap}.

Răspuns: $P_{cap} = 235{,}25$ daN.

VII.4. DEFORMAȚII LA ÎNCOVOIERE

Eforturile unitare normale ce iau naștere în secțiunea unei grinzi supuse la încovoiere produc deformarea (curbarea) grinzii. Deformațiile pe orizontală fiind foarte mici față de cele pe verticală, denumite săgeți, la calcul se ține seama, în practică, numai de acestea din urmă.

Pentru calculul săgeților maxime (f_{max}), care se produc de regulă în secțiunile cu moment încovoietor maxim, se dau mai jos, formulele de calcul pentru cîteva cazuri de încărcări simple (notațiile fiind cele din figura VII.13).

— Pentru grinda simplu rezemată cu o forță verticală concentrată în mijloc:

$$f_{max} = \frac{Pl^3}{48\,EI_z},$$

în care:

E este modulul de elasticitate;

I_z — momentul de inerție axială al grinzii.

— Pentru grinda simplu rezemată, încărcată cu o încărcare verticală uniform distribuită pe toată lungimea:

$$f_{max} = \frac{5pl^4}{384E \cdot I_z}.$$

— Pentru grinda simplu rezemată, încărcată cu o forță verticală concentrată, amplasată pe grindă:

$$f_{max} = \frac{P \cdot b\sqrt{(l^2 - b^2)^3}}{9 \cdot \sqrt{3} \cdot E \cdot I_z \cdot l}.$$

Secțiunea în care se produce f_{max} este la distanța z față de reazemul A

$$z = \sqrt{\frac{l^2 - b^2}{3}}.$$

— Pentru grinda încastrată, cu o forță verticală concentrată la capătul liber ($a = l$):

$$f_{max} = \frac{P \cdot l^3}{3EI_z}.$$

— Pentru grinda încastrată, încărcată cu o încărcare verticală uniform distribuită pe toată lungimea:

$$f_{max} = \frac{p \cdot l^4}{8EI_z}.$$

EXEMPLU DE CALCUL

Să se calculeze săgeata maximă (f_{max}) a unei grinzi de lemn ecarisat, simplu rezemate, cu lungimea $l = 4$ m și secțiunea dreptunghiulară 12×25 cm, încărcată cu o încărcare uniform distribuită $p = 500$ daN/m pe toată lungimea, cunoscînd că modulul de elasticitate longitudinal este $E = 100\,000$ daN/cm² și $\sigma_a = 100$ daN/cm².

Rezolvare

Din anexa 1 se iau valorile $W_{z\,ef} = 1\,250$ cm³ și $I_{z\,ef} = 15\,625$ cm⁴.

$$f_{max} = \frac{5 \cdot 5 \cdot 400^4}{384 \cdot 100\,000 \cdot 15\,625} = \frac{6\,400\,000}{6\,000\,000} = 1{,}07 \text{ cm}.$$

(încărcarea uniform distribuită s-a luat: $p = 5$ daN/cm).

Se verifică rezistența efectivă:

$$\sigma_{ef} = \frac{M_{i\,max}}{W_{z\,ef}} = \frac{5 \cdot 400^2}{8 \cdot 1\,250} = 80 \text{ daN/cm}^2.$$

Condiția de rezistență este îndeplinită.

PROBLEME RECAPITULATIVE NEREZOLVATE

1. O grindă de balcon (încastrată la un capăt și liberă la celălalt capăt), cu lungimea $l = 1{,}20$ m, este confecționată din lemn ($\sigma_a = 100$ daN/cm²), cu secțiunea pătrată. Să se dimensioneze această grindă, știind că este încărcată cu o forță concentrată la capătul liber $P = 300$ daN și cu o încărcare uniform distribuită pe toată lungimea $p = 200$ daN/m. Să se calculeze apoi săgeata maximă a grinzii, știind că $E = 100\,000$ daN/cm².

   Răspuns: $W_{z\,nec} = 504$ cm³; $a = 15$ cm; $f_{max} = 6{,}1$ cm.

2. O grindă de lemn, încastrată la un capăt și liberă la celălalt, este încărcată cu o forță $P = 200$ daN, la capătul liber. Știind că secțiunea grinzii este dreptunghiulară cu dimensiunile $b = 15$ cm și $h = 25$ cm, să se determine lungimea maximă (l_{max}) a grinzii, astfel încît să nu se depășească rezistența admisibilă $\sigma_a = 100$ daN/cm².

   Răspuns: $l_{max} = 781$ cm.

3. Peste un șanț de 2 m deschidere se montează o podină de scînduri, pentru a permite trecerea oamenilor. Știind că se exercită o forță concentrată maximă verticală $P = 100$ daN și că se folosesc scînduri de 2,5 cm grosime și

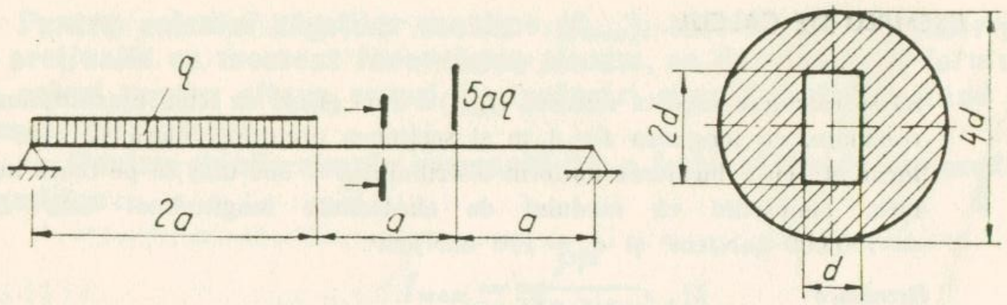


Fig. VII.14. Grindă cu consolă, simplu rezemată pe două reazeme. cu secțiunea dată și încărcată complex.

30 cm lățime, să se calculeze cîte scînduri suprapuse sînt necesare, dacă se ia $\sigma_a = 80$ daN/cm².

Răspuns: 2 scînduri.

4. Se dă grinda cu consolă simplu rezemată pe două rezeme, cu secțiunea dată și încărcată complex, ca în figura VII.14, în care: $l = 2$ m și $P = 2\,000$ daN. Se cere:

— să se calculeze $M_{i\ max}$ și să se traseze diagramele de eforturi T și M_i;

— să se dimensioneze grinda din oțel, cu $\sigma_a = 800$ daN/cm²;

Răspuns: $M_{i\ max} = 290\,000$ daN·cm;

$a = 4{,}65$ cm.

CAPITOLUL VIII

APLICAȚII PRACTICE ȘI LUCRĂRI DE LABORATOR

Rezistența materialelor studiază — de asemenea — comportarea diverselor materiale sub încărcări și dă indicații despre modul de alegere a materialului elementelor de construcții. Aspectul experimental are o mare importanță, deoarece urmărește obținerea caracteristicilor mecanice ale materialelor necesare pentru calcule (de exemplu rezistența la rupere la diverse solicitări) și verificarea metodelor și formulelor deduse teoretic prin compararea lor cu fenomenele reale.

VIII.1. ÎNCERCĂRI MECANICE DE LABORATOR ALE MATERIALELOR DE CONSTRUCȚII ȘI INSTALAȚII

Clasificarea încercărilor mecanice ale materialelor se face după mai multe criterii și anume:

— *după tipul solicitării*, încercările sînt de tracțiune (întindere), de compresiune, de încovoiere, de răsucire (torsiune), de forfecare, de presiune de contact (duritate), de uzură etc.;

— *după numărul solicitărilor*, încercarea poate fi unică sau repetată;

— *după modul de solicitare*, încercările pot fi statice sau dinamice;

— *după durata încercării*, încercările sînt de scurtă sau lungă durată;

— *după felul caracteristicilor examinate*, încercările mecanice studiază rezistența la rupere (pentru diverse solicitări), limita de curgere, deformațiile la rupere sau de curgere, energia de rupere, rezistența la oboseală etc.

Pentru realizarea acestor încercări sînt necesare mașini de încercat, aparatură pentru măsurarea eforturilor și deformațiilor și corpuri de probă de încercat epruvete.

Mașinile de încercat au în alcătuirea lor o serie de subansambluri, mecanisme, dispozitive sau piese specifice îndeplinirii unui anumit rol funcțional. Dintre acestea, cele mai importante sînt: batiul, mecanismul pentru realizarea încărcării dispozitivul pentru prinderea epruvetei și dispozitivul pentru înregistrarea grafică a deformațiilor în funcție de încărcare.

Mecanismul pentru realizarea încărcării. Acest mecanism — care este cel mai important dintre cele menționate — realizează încărcarea necesară pe cale mecanică, hidraulică sau combinat.

— *Mecanismul cu pendul* este folosit la mașinile de încercări statice pentru întinderea firelor textile, sîrmelor, benzilor și pentru răsucirea sîrmelor. Nefiind decît rar utilizat la încercarea materialelor de construcții și instalații, nu este descris în acest manual.

— *Mecanismul cu acționare hidraulică* realizează încărcări statice de valori mari și se utilizează curent la mașinile pentru încercările de întindere și compresiune sau la mașinile universale de încercat pentru majoritatea materialelor de construcții și instalații (betoane, oțeluri și betoane armate, lemn și altele).

În figura VIII.1 sînt reprezentate două tipuri de mașini de încercat cu acționare hidraulică.

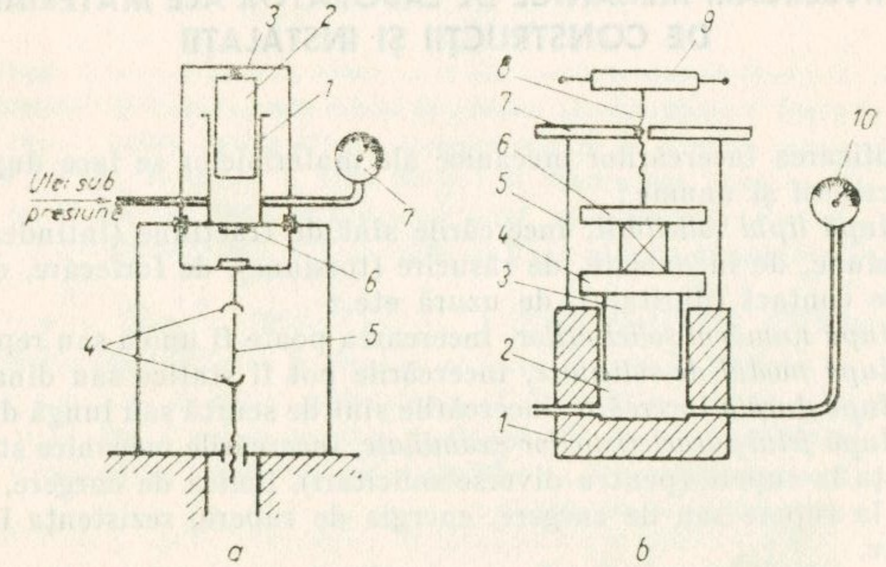


Fig. VIII.1. Mașini de încercat cu acționare hidraulică :
a — pentru încercarea la întindere și compresiune ; *b* — pentru încercarea la compresiune.

În figura VIII.1, *a* este reprezentată schema mașinii universale cu acționare hidraulică de încercat la întindere și compresiune, utilizată mai ales pentru elemente din oțel, precum și pentru elemente de beton armat sau din lemn etc. Cu ajutorul unei pompe, se trimite ulei sub presiune în cilindrul *1*, prevăzut cu pistonul *2*. Pistonul este legat cu un cadru mobil *3*, care poartă unul din bacurile *4* de prindere a epruvetei *5*, sau unul din platourile *6* folosite la încercarea de compresiune. Valoarea forței de întindere sau compresiune se măsoară cu manometrul *7*.

În figura VIII.1, *b* este reprezentată o presă hidraulică care se utilizează pentru încercări de compresiune unde sînt necesare încărcări mari, de ordinul miilor de kilonewtoni, pentru betoane simple și armate, elemente de zidărie etc. Presa este formată dintr-un batiu *1*, în interiorul căruia se găsește cilindrul presei *2* cu pistonul *3*, solidar cu platoul *4*. De batiu sînt fixate coloanele *5*, care susțin placa *7*. Platoul superior *6* al presei este ridicat sau coborît cu ajutorul șurubului *8*, acționat manual de roata *9*. Forța de compresiune se măsoară cu manometrul *10*. Uleiul sub presiune din cilindrul mașinii este manevrat cu o pompă de mînă.

Dispozitivele de prindere a epruvetei. Aceste dispozitive trebuie să asigure fixarea epruvetelor, să realizeze solicitarea pe direcția necesară, să permită o acționare rapidă, să dea posibilitatea schimbării ușoare a epruvetei sau înlocuirii rapide a părților uzate etc. În figura VIII.2 sînt reprezentate cîteva dispozitive de prindere a epruvetelor, mai ales pentru cele confecționate din metale sau betoane armate.

— *dispozitivele de prindere a epruvetelor cu umăr sau cu cap filetat* sînt prevăzute cu o piesă specială (calotă sferică), care asigură solicitarea axială necesară.

— *dispozitivele de prindere cu fălci* sînt cele mai des întîlnite în practică, fiind folosite atît la epruvetele rotunde, cît și la cele plate. Fălcile sînt prevăzute cu zimți mari, care se imprimă în partea de prindere a epruvetei pe măsura creșterii încărcării, pentru mărirea forței de frecare care asigură forța necesară solicitării.

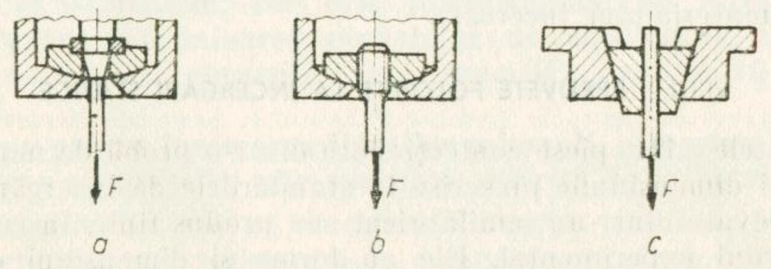


Fig. VIII.2. Dispozitive de prindere a epruvetelor :
a — pentru epruvete cu umăr ; *b* — pentru epruvete cu cap filetat ;
c — pentru epruvete cu fălci (epruvete fără prelucrări speciale ale capului).

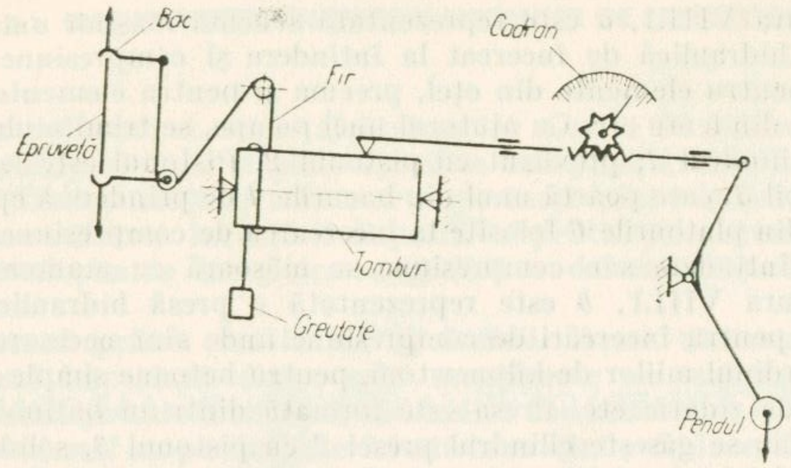


Fig. VIII.3. Dispozitiv de înregistrare a diagramei încărcări-deformații, cu acționare mecanică a peniței.

Dispozitivele de înregistrare se referă la reprezentarea grafică a deformațiilor, în funcție de încărcările care se realizează pe parcursul încercării. Înregistrarea se face, de regulă, pe un tambur acoperit cu hîrtie milimetrică, acționat de bacurile mașinii de încercat sau direct de epruvetă, prin deformarea acesteia în timpul încercării. Înregistrarea încărcării se face prin legarea dispozitivului, pe cale mecanică sau hidraulică la dispozitivul de măsurare a încărcărilor. În figura VIII.3 este reprezentat schematic un dispozitiv de înregistrare cu acționare mecanică a peniței.

Batiul servește, în general, ca suport al coloanelor de încărcare și ghidare și al dispozitivelor de prindere a epruvetelor și trebuie să asigure rigiditatea necesară mașinii și să limiteze inerția mecanismului de măsurare a încărcărilor. Influența deformațiilor elastice și a energiei înmagazinate în timpul încercării trebuie să fie cît mai mică, pentru a nu împiedica înregistrarea corectă a valorii forței aplicate asupra epruvetei, mai ales la solicitări mari (de exemplu, în zona de curgere a materialului încercat).

VIII.1.2. EPRUVETE FOLOSITE LA ÎNCERCĂRI STATICE

Epruvetele sînt piese confecționate dintr-o probă de material, care au forma și dimensiunile prescrise în standardele de încercări mecanice și sînt prelevate dintr-un semifabricat sau produs finit, în conformitate cu standardul experimental. Ele au forme și dimensiuni diferite, în funcție de tipul încercării și de materialul de încercat.

Epruvetele pentru încercarea de tracțiune (întindere) a metalelor pot avea secțiunea rotundă (epruvete rotunde) sau dreptunghiulară

(epruvete plate), așa cum se arată în figura VIII.4, în care semnificația notațiilor este următoarea :

— L_0 este lungimea inițială între reperele extreme, a cărei valoare, în funcție de diametrul d_0 este : la epruvetele proporționale $L_0 = 5d_0$, la epruvetele proporționale lungi $L_0 = 10d_0$;

— L_c — lungimea calibrată a epruvetei, care este : la epruvetele rotunde $L_c = L_0 + 2d_0$, la epruvetele plate $L_c = L_0 + 2S_0$, în care $S_0 = a_0 b_0$, adică secțiunea epruvetei pe porțiunea calibrată a epruvetei plate ;

— h — lungimea capetelor de prindere, $h \geqslant 1{,}5d_0$;

— D — diametrul capului de prindere ;

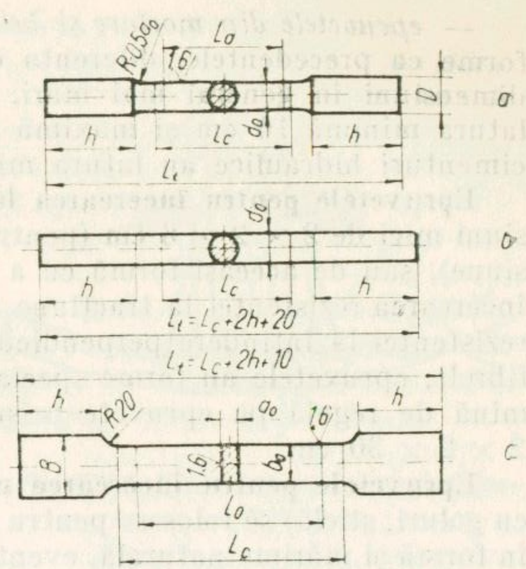


Fig. VIII.4. Epruvete pentru încercarea la tracțiune a metalelor :
a — rotundă, cu capete prelucrate ; *b* — rotundă, cu capete neprelucrate ; *c* — epruvetă plată.

— L_t — lungimea totală a epruvetei : pentru epruvetele prelucrate, $L_t = L_c + 2h + 10$ (mm), iar pentru epruvetele neprelucrate $L_t = L_c + 2h + 20$ (mm).

— R — raza de racordare între porțiunea calibrată și capetele de prindere ;

— d_0 — diametrul inițial al epruvetei rotunde, pe porțiunea calibrată.

Pentru cazuri speciale, standardele produselor prescriu forma și dimensiunile epruvetelor.

Epruvetele pentru încercarea la compresiune a metalelor sînt de formă cilindrică dreaptă, cea normală avînd diametrul $d_0 = 30$ mm, și înălțimea $h_0 = 30$ mm, iar cele proporționale au $h_0 = d_0 = 10 \ldots 30$ mm. Pentru determinarea modulului de elasticitate al metalului respectiv, se folosesc epruvete lungi (speciale), cu $d_0 = 10 \ldots 30$ mm și $h_0 = 3d_0$.

Epruvete pentru încercarea lianților minerali, a mortarelor și betoanelor. Forma epruvetelor este specifică, diferită de a metalelor, astfel :

— *epruvetele din ipsos și cimenturi hidraulice* pot fi de formă cubică (pentru determinarea rezistenței la compresiune), în formă de opt, cu secțiunea de rupere pătrată sau dreptunghiulară (pentru încercarea rezistenței la tracțiune) și de formă prismatică $4 \times 4 \times 16$ cm (pentru încercarea rezistenței la încovoiere) ;

— *epruvetele din mortare și beloane de ciment* au în general aceleași forme ca precedentele, diferența constînd, mai ales, din faptul că au dimensiuni în general mai mari, ca de exemplu epruvetele cubice au latura minimă 10 cm și maximă 30 cm, pe cînd cele de ipsos sau de cimenturi hidraulice au latura minimă 7,07 cm.

Epruvetele pentru încercarea lemnului sînt prismatice și cu dimensiuni mici de $2 \times 2 \times 6$ cm (pentru determinarea rezistenței la compresiune), sau de aceeași formă cu a metalelor (epruvete rotunde), pentru încercarea rezistenței la tracțiune în lungul fibrelor. Pentru încercările rezistenței la întindere perpendicular pe fibre și la forfecare paralel cu fibrele, epruvetele au forme speciale. Rezistența la încovoiere se determină de regulă pe epruvete prismatice foarte lungi, cu dimensiunile $2 \times 2 \times 30$ cm.

Epruvetele pentru încercarea materialelor ceramice (țigle, cărămizi cu goluri, sticlă) se folosesc pentru determinarea proprietăților mecanice, în formă și mărime naturală, eventual cu ușoare prelucrări pentru introducerea în mașinile de încercat.

La fel și pentru marea majoritate a materialelor de instalații, încercările mecanice — acolo unde este cazul — se efectuează direct pe obiectul sau piesa respectivă, în condiții specifice de încercare.

VIII.1.3. APARATE PENTRU MĂSURAREA DEFORMAȚIILOR

La încercările statice de laborator, precum și la încercarea „in situ" a elementelor de construcții sau a construcțiilor, deformațiile ce se produc sînt în general foarte mici și din această cauză, aparatele de măsurat trebuie să dea o precizie suficientă (de ordinul sutimii de milimetru). Pentru încercările statice asupra materialelor de construcție, principalele aparate pentru măsurarea deformațiilor sînt microcomparatoarele (micrometrele), extensometrele și nivelele topografice cu mire de invar.

Microcomparatoarele (micrometrele) se utilizează curent în laboratoarele de încercări asupra materialelor de construcții și au forma unui ceas de buzunar cu o tijă al cărui capăt liber stă permanent în contact cu piesa a cărei deformație trebuie măsurată. Sensibilitatea aparatului este de regulă de 0,01 mm, putîndu-se efectua citiri și asupra miimilor de milimetru, iar cursa tijei este de 1...5 cm.

Extensometrele mecanice amplifică deformațiile epruvetelor pînă la 500...2 000 ori. Principiul de funcționare se bazează pe măsurarea distanței între două puncte ale epruvetei, înainte și după deformare. Baza extensometrului (care este distanța dintre punctele de măsurare înainte de deformare) este, de obicei, de 20...200 mm, pentru încercarea de întindere a metalelor (unde se măsoară, în principal, lungimea inițială L_0 a epruvetei).

În figura VIII.5 este reprezentat schematic extensometrul Martens cel mai des utilizat dintre extensometrele mecanice. Tijele *1* fac corp comun cu cuțitele *2* și sectoarele gradate *3*, pe care se citesc deformațiile. Aparatul mai conține cuțitele mobile *4*, solidare cu acele indicatoare *5*, și o piesă de strîngere elastică a întregului aparat pe epruveta *6*. Raza de măsurare este de 100 mm, iar raportul de amplificare a deformațiilor — citite pe ambele sectoare gradate — este de circa 25.

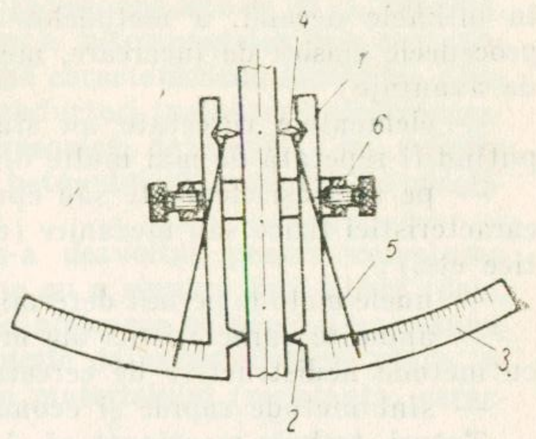


Fig. FIII.5. Extensometrul mecanic Martens.

Extensometrul Huggenberger are baza de măsurare 20 mm, iar raportul de amplificare de circa 1 000 ori, care se realizează prin niște sisteme de pîrghii articulate.

În practică se utilizează și alte tipuri de extensometre decît cele mecanice, ca de exemplu extensometre optice (la care amplificarea deformației se face pe cale optică), extensometre hidraulice (la care deformația epruvetei este dată de variația presiunii unui lichid introdus în niște cutii metalice cu pereți ondulați).

Aparatele topografice utilizate pentru măsurarea deformațiilor sînt nivelele de precizie cu mire de invar. În țara noastră se utilizează nivelele fabricate de firma Zeiss (R. D. Germană) de tipul Ni.004 și mai ales Kony 007, dotate cu mire de invar de 1,75 sau 3 m lungime, care asigură o precizie de măsurare de 0,05 mm (în practică se contează pe 0,1 mm la o măsurătoare izolată). Cu aceste aparate se măsoară mai ales deformațiile sau deplasările pe verticală, cum sînt tasările în timpul încercării unui element de construcție sau tasarea în timp a unei construcții, metoda fiind standardizată în acest ultim scop.

VIII.1.4. DETERMINAREA NEDISTRUCTIVĂ A CARACTERISTICILOR FIZICO-MECANICE ALE MATERIALELOR DE CONSTRUCȚII

În multe situații din practică, determinarea unor caracteristici fizico-mecanice ale elementelor de construcții, fără ca acestea să fie distruse, reprezintă o cale avantajoasă, ceea ce a dus la o dezvoltare rapidă,

în ultimele decenii, a metodelor nedistructive de cercetare. Faţă de procedeele clasice de încercare, metodele nedistructive prezintă o serie de avantaje :

— elementele cercetate nu sînt distruse, determinarea respectivă putînd fi repetată de mai multe ori pe acelaşi element ;

— pe aceleaşi elemente sau epruvete pot fi determinate mai multe caracteristici fizice sau mecanice (densitate, rezistenţe, proprietăţi elastice etc.) ;

— unele metode permit determinarea directă (in situ) pe construcţii ;

— anumite caracteristici ale materialelor pot fi determinate numai cu metode nedistructive de cercetare ;

— sînt metode rapide şi economice.

Totuşi, trebuie menţionat că, în stadiul actual, aplicarea metodelor nedistructive este însoţită de o serie de erori, care fac ca aceste metode să dea doar indicaţii generale asupra caracteristicilor materialelor.

Aceste metode nedistructive se folosesc cel mai mult în cazul betonului, unde este necesar un control rapid şi eficace asupra caracteristicilor tehnice ale acestui material.

Metodele nedistructive se clasifică în metode : acustice, mecanice de suprafaţă, atomice, electromagnetice sau metode combinate.

Metodele nedistructive se aplică prin stabilirea unor coeficienţi de influenţă sau curbe de etalonare proprii materialului de cercetat şi laboratorului care efectuează aceste determinări, datele din literatură constituind doar jaloanele de bază ale încercărilor.

Metodele acustice pot fi : metode de rezonanţă, ultrasonice de impuls al undelor de suprafaţă etc.

Metodele de rezonanţă furnizează informaţii globale asupra rezistenţei şi proprietăţilor elastice ale betoanelor şi ale altor materiale de construcţii. Este în general o metodă de laborator, care constă din punerea în vibraţie a unor epruvete sau elemente relativ mici. Prin aceste metode se determină modulul de elasticitate dinamic, pe baza măsurării frecvenţelor de vibraţie la diverse solicitări ale epruvetei sau elementului, precum şi alte proprietăţi elastice ale materialelor, rezistenţa şi comportarea betonului la îngheţ — dezgheţ repetat sau acţiuni chimice etc.

— *Metodele ultrasonice de impuls* sînt cele mai utilizate dintre toate metodele nedistructive, măsurătorile făcîndu-se în timp scurt şi fiind reprezentative pentru întreaga distanţă parcursă de ultrasunete, preţul aparaturii şi al încercării fiind destul de redus faţă de alte încercări nedistructive. Principiul metodelor se bazează pe transmiterea în elementele de cercetat a unor oscilaţii mecanice amortizate numite impuls.

Domeniul de frecvenţă a ultrasunetelor la betoane este de 20...200 kHz, interesînd mai ales timpul de propagare a ultrasunetelor prin materialul cercetat, funcţie de care se determină caracteristicile urmărite. Aparatul cel mai folosit este aparatul cu traductori (palpatori) electroacustici. Dintre aplicaţiile metodelor ultrasonice de impuls, cu referire specială la beton, sînt defectoscopia betonului şi modulul de elasticitate dinamic.

— *Metoda undelor de suprafaţă* s-a dezvoltat pentru cercetarea calităţii materialelor din structuri plane cu o singură faţă liberă (dale, plăci, etc.). Principiul metodei constă în aplicarea pe placă a unor surse de vibraţii continue sinusoidale. În funcţie de caracteristicile plane, se deduc prin calcul unele proprietăţi ale materialului (rezistenţa, caracteristicile elastice, grosimile etc.).

Metodele mecanice se bazează pe relaţia care există între rezistenţa betonului şi duritatea superficială a acestuia. Aceste metode se folosesc numai ca mijloace de control preliminar al calităţii materialului, deoarece nu pot furniza decît informaţii privitoare la un strat subţire din vecinătatea suprafeţei. Dintre metodele mecanice, se utilizează mai ales metodele bazate pe recul şi metodele bazate pe amprentă.

— *Metodele bazate pe recul* stabilesc rezistenţa betonului cu ajutorul unei mase mobile proiectate cu o anumită energie pe suprafaţa elementului, unde are loc o deformaţie plastică a materialului şi un recul al masei mobile ce se măsoară cu precizie. Reculul poate fi liniar sau unghiular. Cel mai folosit aparat, pe bază de recul liniar, este sclerometrul Schmidt, care dă direct rezistenţa betonului la compresiune, pe baza curbei de corelaţie cu indicele de recul citit la aparat.

— *Metodele bazate pe amprentă* pot fi cu amprentă unică sau dublă. Aceste metode se bazează pe măsurarea deformaţiei plastice, lăsate pe suprafaţa elementului de o masă mobilă, proiectată cu o anumită energie. La aparate se folosesc sclerometre liniare cu resort. Rezistenţa betonului se determină în funcţie de diametrul mediu al amprentelor lăsate de aparat.

Metodele atomice pot fi metode cu radiaţii penetrante sau metode cu neutroni.

— *Metodele cu radiaţii penetrante* se bazează pe puterea de penetraţie şi interacţiune, cu materialul pieselor sau al elementelor examinate, a radiaţiilor X sau γ, care sînt radiaţii electromagnetice. Aceste metode, denumite şi metode radiologice, au la bază legea atenuării radiaţiilor electromagnetice penetrante în materialele examinate (metale, betoane şi altele). Defectoscopia radiologică constă din detectarea defectelor

interne ale materialelor, pe baza cunoașterii legii atenuării. De asemenea, tot prin metoda atenuării se poate determina și densitatea materialului cercetat.

— *Metodele cu neutroni* se aplică mai ales la determinarea cantității de apă sau a umidității din materiale (de exemplu, agregate sau betoane), precum și a cantității de bitum din betoanele asfaltice. Ele se bazează pe interacțiunea dintre neutronii rapizi și atomii de hidrogen din masa materialului cercetat, fenomen prin care are loc încetinirea neutronilor rapizi. Determinarea constă în măsurarea numărului de neutroni lenți ce se formează în urma interacțiunii.

VIII.2. STABILIREA VALORILOR CARACTERISTICILOR DE REZISTENȚĂ ALE PRINCIPALELOR MATERIALE DE CONSTRUCȚII ȘI INSTALAȚII

În rezistența materialelor se consideră că toate materialele sînt omogene, izotrope, perfect elastice și liniar deformabile. Dintre materialele principale, numai metalele (și în special oțelul) corespund destul de bine acestor ipoteze simplificatoare. Din această cauză stabilirea valorilor caracteristice de rezistență are o importanță foarte mare în toate calculele din rezistența materialelor.

VIII.2.1. INDICAȚII PRIVIND STABILIREA VALORILOR CARACTERISTICILOR DE REZISTENȚĂ ALE OȚELURILOR

Oțelurile corespund cel mai bine ipotezelor simplificatoare ale rezistenței materialelor, de aceea sînt cel mai mult utilizate în toate ramurile industriale, precum și în construcții, transporturi și agricultură. În prezent există elaborate prescripții tehnice pentru încercarea lor în vederea stabilirii caracteristicilor de rezistență sau mecanice.

În tabela VIII.1 se dau rezistențele admisibile la solicitări statice ale oțelurilor folosite în construcția de mașini (rezistența la rupere, alungirea specifică la rupere, rezistența admisibilă și coeficientul de siguranță), ale căror valori pot fi luate, în mod orientativ, și pentru oțelurile folosite ca materiale de construcții și instalații.

Tabela VIII.1

Rezistența admisibilă la solicitări statice ale oțelurilor folosite în construcția de mașini

Nr. crt.	Denumirea oțelurilor	Rezistența la rupere σ_r (daN/mm²)	Alungirea specifică ε_r(%)	Felul solicitării							
				Întindere		Compresiune		Forfecare		Încovoiere	
				σ_a (daN/mm²)	$c = \sigma_r : \sigma_a$	σ_a	c	σ_a	c	σ_a	c
1	Oțel de rezistență mică	35—50	25—15	9—15	4—3	9—15	4—3	7—12	4—3	9—15	4—3
2	OL 60	50—70	20—10	12—18	4	12—18	4—3	9—14	4	12—18	4—3
3	Oțel aliat cu nichel	45—60	20—16	12—18	4—3	12—18	4—3	9—14	4	12—18	4—3
4	Oțel turnat	30—60	20—10	6—12	6—5	9—15	4	9—12	4	9—12	4—5
5	Fontă	28—36	—	3—5	5—4,5	9—10	—	3— 3,5	5	3—6	9—6

Din examinarea tabelului, se pot desprinde următoarele constatări:

— alungirea specifică la rupere scade cu creșterea rezistenței la rupere, adică oțelurile de rezistență mai mare sînt mai casante decît cele de rezistență mai mică;

— coeficientul de siguranță scade puțin cu creșterea rezistenței de rupere, adică la oțelurile superioare se poate lua un coeficient de siguranță ceva mai mic decît la oțelurile obișnuite;

— la oțel turnat, la solicitarea de întindere, coeficientul de siguranță se ia mai mare (6—5), față de celelalte solicitări și față de celelalte oțeluri la întindere (4 sau 4—3);

— la toate oțelurile, valoarea rezistenței admisibile la forfecare este mai mică decît pentru celelalte solicitări (întindere, compresiune, încovoiere);

— fonta are valori relativ ridicate numai pentru solicitarea la compresiune, comportîndu-se mult mai slab, mai ales la solicitările de întindere și forfecare.

VIII.2.2. INDICAȚII PRIVIND STABILIREA VALORILOR CARACTERISTICILOR DE REZISTENȚĂ ALE LEMNULUI

Lemnul nu corespunde ipotezelor simplificatoare ale rezistenței materialelor, în sensul că valorile rezistențelor la diverse solicitări sînt foarte diferite dacă direcția de acționare este paralelă cu fibrele sau perpendiculară pe fibre.

În tabela VIII.2 se dau rezistențele de rupere ale diverselor specii de arbori, pentru solicitările de compresiune, întindere și încovoiere și pentru cazurile cînd solicitarea este paralelă sau perpendiculară cu fibrele.

Tabela VIII.2

Rezistențele de rupere ale lemnului

Nr. crt.	Specia arborelui	Rezistențele după felul solicitării și direcție (daN/cm²)				
		Compresiune		Întindere		Încovoiere
		paralelă cu fibrele	perpend. pe fibre	paralelă cu fibrele	perpend. pe fibre	Paralelă cu fibrele
1	Brad	400	40	850	20	620
2	Molid	420	60	900	30	660
3	Stejar	550	100	1 000	40	920
4	Fag	525	90	1 300	70	1 050

În tabela VIII.3 se dau rezistențele admisibile pentru lemnul de brad în construcții, din care rezultă că se ia (față de rezistențele corespunzătoare de rupere) un coeficient de siguranță mult mai mare decît la oțel, iar pentru unele direcții de solicitări nu se dau valori admisibile (de exemplu, pentru solicitarea la întindere perpendiculară pe fibre).

Tabela VIII.3

Rezistențele admisibile pentru lemn de brad în construcții

Nr. crt.	Natura solicitării și direcția de acționare	Simbol	Rezistențe admisibile, în daN/cm²	
			Construcții definitive	Construcții provizorii
1	Încovoiere	σ_{ai}	100	120
2	a) Întindere în lungul fibrelor	σ_{at}	70	85
	b) Idem, la construcții ce nu sînt supuse la eforturi dinamice	σ_{at}	85	100
3	Compresiune în lungul fibrelor	σ_{ac}	100	120
4	Compresiune normală pe fibre	$\sigma_{ac}\perp$	15	18
5	Strivire în lungul fibrelor	σ_{as}	100	120
6	Strivire normală pe fibre			
	a) Necondiționată	$\sigma_{as}\perp$	15	18
	b) Condiționată (pe suprafețe de strivire limitate pentru calcul)	$\sigma_{as}\perp$	25	30
7	Strivire sub șaibă	σ_{asr}	35	40
8	Forfecare în lungul fibrelor, provenind din încovoiere	τ_{af}	20	24
9	Forfecare în planul fibrelor			
	a) Longitudinală	τ_a	10	12
	b) Transversală (de ex. la pene prismatice cu fibrele așezate normal pe direcția fibrelor pieselor îmbinate)	$\tau_{a'}$	5	6
10	Forfecare în planul fibrelor, longitudinală, avînd și o componentă transversală, la îmbinări cu crestare laterală			
	a) pentru unghiul de îmbinare	$\tau_a\alpha$	5	6
	b) pentru 30°	$\tau_a\alpha$	3	4
11	Forfecare în plan normal pe direcția fibrelor	$\tau_a\perp$	45	55

VIII.2.3. INDICAȚII PRIVIND STABILIREA VALORILOR CARACTERISTICILOR DE REZISTENȚĂ ALE ALTOR MATERIALE DE CONSTRUCȚII ȘI INSTALAȚII

Pentru celelalte materiale de masă din construcții sau instalații, cu care se confecționează structuri sau elemente de rezistență, valorile caracteristice de rezistență se stabilesc, de regulă, numai pentru solicitarea preponderentă. Este cazul, în principal, pentru lianții hidraulici de tipul ipsosului și al cimentului, pentru mortarele și betoanele de ciment (inclusiv cele armate) și pentru materialele ceramice.

Toate aceste materiale se aseamănă între ele prin faptul că ele lucrează bine la compresiune și foarte slab la întindere, iar, prin comparație cu oțelurile, au valori ale rezistențelor de rupere mult mai mici.

În această situație, aceste materiale se caracterizează din punctul de vedere al proprietăților mecanice, prin valoarea rezistenței de rupere la compresiune, determinată pe cuburi sau prisme (uneori chiar prin încercarea elementului, de exemplu, la produsele ceramice), denumită marcă și notată cu o literă și o cifră (de exemplu, B 100 înseamnă beton de marcă 100, adică are rezistența de rupere la compresiune pe cub de minimum 100 daN/cm^2).

După marcă, principalele sorturi sînt următoarele :

— cimenturi portland P 30, P 40, P 45 și P 50 (valoarea rezistenței este dată în N/mm^2 ;

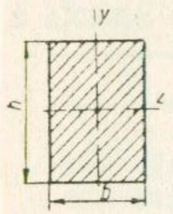
— mortare de ciment M 50, M 100, M 200, M 300, M 400 (valoarea rezistenței este dată în daN/cm^2) ;

— betoanele de ciment B 25, B 50, B 75, B 100, B 150, B 200, B 250, B 300, B 400, B 500, B 600 și chiar mai mult (în daN/cm^2) ;

— cărămizile pline au mărcile 50, 75, 100, 125 și 150 (în daN/cm^2), iar cele găurite aceleași mărci, cu deosebirea că în loc de marca 150 au marca 200.

Pentru materialele pe bază de polimeri, care sînt utilizate din ce în ce mai mult în instalații, metodologia de stabilire a caracteristicilor de rezistență este similară cu cea de la metale.

ANEXA 1



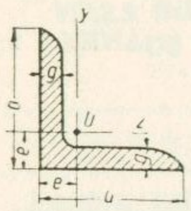
Lemn ecarisat — grinzi (STAS 942-71)

I — momentul de inerție

W — modul de rezistență

Denumirea $b \cdot h$, cm	Aria secțiunii A cm^2	Pentru axa de încovoiere				Obs.
		Z—Z		Y—Y		
		I_z cm^4	W_z cm^3	I_y cm^4	W_y cm^3	
1	2	3	4	5	6	7
10×12	120	1 440	240	1 000	200	
10×15	150	2 812	375	1 250	250	
10×19	190	5 716	602	1 583	317	
12×12	144	1 728	288	1 728	288	
12×15	180	3 375	450	2 160	360	
12×19	228	6 859	722	2 736	456	
12×25	300	15 625	1 250	3 600	600	
15×15	225	4 219	562	4 219	562	
15×17	255	6 141	722	4 781	637	
15×19	285	8 547	902	5 344	712	
15×25	375	19 571	1 562	7 031	937	
15×30	450	33 750	2 250	8 437	1 125	
19×19	361	10 860	1 143	10 860	1 143	
19×25	475	24 740	1 979	14 290	1 504	
19×30	570	42 750	2 850	17 148	1 805	
25×25	625	32 552	2 604	32 552	2 604	
25×30	750	56 250	3 750	39 063	3 125	
25×35	875	89 250	5 100	45 570	3 662	
30×30	900	67 500	4 500	67 500	4 500	
30×35	1 050	107 100	6 120	78 750	5 250	
35×35	1 225	124 950	7 140	124 950	7 140	

Observație: **În STAS 942-78 nu se mai stabilesc dimensiuni nominale pentru grinzi, din care rezultă că se pot adopta și alte dimensiuni ale secțiunii $b \cdot h$, pe bază de comandă specială acceptată de unitatea furnizoare.**



Oţel cornier cu aripi egale (STAS 424-79)

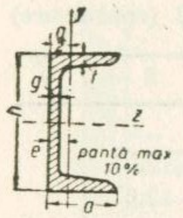
I — momentul de inerţie

W — modulul de rezistenţă

Denumirea L	Dimensiuni mm		Aria secţiunii A cm²	Masa G kg/m	Distanţa axelor e mm	Pentru axa de încovoiere		Obs.
						Z—Z	Y—Y	
	a	g				$I_z = I_y$ cm⁴	$W_z = W_y$ cm³	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
20× 20× 3	20	3	1,12	0,88	0,60	0,39	0,28	
20× 20× 4	20	4	1,45	1,14	0,64	0,41	0,36	
25× 25× 3	25	3	1,42	1,11	0,72	0,80	0,45	
25× 25× 4	25	4	1,85	1,45	0,76	1,01	0,58	
30× 30× 4	30	4	2,27	1,78	0,89	1,81	0,86	
30× 30× 5	30	5	2,78	2,18	0,92	2,16	1,04	
35× 35× 4	35	4	2,67	2,10	1,00	2,96	1,18	
35× 35× 5	35	5	3,28	2,57	1,04	3,56	1,45	
40× 40× 4	40	4	3,08	2,42	1,12	4,47	1,55	
40× 40× 5	40	5	3,79	2,97	1,16	5,43	1,91	
45× 45× 4	45	4	3,19	2,74	1,23	6,43	1,97	
45× 45× 5	45	5	4,30	3,38	1,28	7,84	2,43	
50× 50× 4	50	4	3,80	3,06	1,36	8,97	2,46	
50× 50× 5	50	5	4,80	3,77	1,40	11,0	3,05	
50× 50× 6	50	6	5,09	4,47	1,45	12,8	3,61	
50× 50× 7	50	7	6,56	5,15	1,49	14,6	4,16	
60× 60× 6	60	6	6,91	5,42	1,69	22,8	5,29	
60× 60× 8	60	8	9,63	7,09	1,75	29,2	6,89	
60× 60×10	60	10	11,1	8,69	1,85	34,9	8,41	
70× 70× 6	70	6	8,13	6,38	1,93	36,9	7,27	
70× 70× 7	70	7	9,40	7,38	1,97	42,4	8,41	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
80× 80× 6	80	6	9,35	7,36	2,17	55,8	9,57	
80× 80× 8	80	8	12,3	9,63	2,26	72,2	12,6	
80× 80×10	80	10	15,1	11,9	2,34	87,5	15,4	
90× 90× 8	80	8	13,9	10,9	2,50	104	16,1	
90× 90× 9	80	9	15,5	12,2	2,54	116	18,0	
90× 90×11	80	11	18,7	14,7	2,62	138	21,6	
100×100× 8	100	8	15,5	12,2	2,74	145	19,9	
100×100×10	100	10	19,2	15,0	2,82	177	24,6	
100×100×12	100	12	22,7	17,8	2,90	207	29,1	
120×120×10	120	10	23,2	18,2	3,31	313	36,0	
120×120×12	120	12	27,5	21,6	3,40	368	42,7	
140×140×12	140	12	32,5	25,5	3,90	602	59,7	
140×140×14	140	14	37,6	29,4	3,98	689	68,8	
140×140×16	140	16	42,2	37,3	4,20	772	79,1	
150×150×18	150	18	51,0	40,1	4,37	1 050	98,7	
160×160×12	160	12	37,4	29,7	4,39	913	78,6	
160×160×14	160	14	43,3	34,0	4,47	1 046	90,8	
160×160×16	160	16	49,1	38,5	4,55	1 175	103	
160×160×18	160	18	54,8	43,0	4,63	1 299	114	

Observaţii: Masa este calculată pentru dimensiunile nominale cu densităţi de 7,85 kg/dm³.



Oţel U economic UE (STAS 7552-66, reconfirmat 1977)

I — moment de inerţie

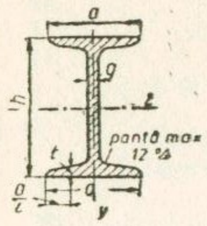
W_z — modul de rezistenţă

Denumirea profilului UE	Dimensiuni, în mm				Aria secţiunii A cm²	Masa G kg/m	Pentru axa de încovoiere				Obs.
							Z—Z		Y—Y		
	h	a	g	t			I_z cm⁴	W_z cm³	I_y cm⁴	W_y cm³	
5*	50	32	4,4	7,0	6,16	4,84	22,8	9,10	5,61	2,75	
6,5*	65	36	4,4	7,2	7,51	5,90	48,6	15,0	8,70	3,68	
8*	80	40	4,5	7,4	8,98	7,05	89,4	22,4	12,8	4,75	
10*	100	46	4,5	7,6	10,9	8,59	174	34,8	20,4	6,46	
12*	120	52	4,8	7,8	13,3	10,4	304	50,6	31,2	8,52	
14*	140	58	4,9	8,1	15,6	12,3	491	70,2	45,4	11,0	
16*	160	64	5,0	8,4	18,1	14,2	747	93,4	63,3	13,8	
18	180	70	5,1	8,7	20,7	16,3	1 090	121	86,0	17,0	
20	200	76	5,2	9,0	23,4	18,4	1 520	152	113	20,5	
22	220	82	5,4	9,5	26,7	21,0	2 110	192	151	25,1	
24	240	90	5,6	10,0	30,6	24,0	2 900	242	208	31,6	
27*	270	95	6,0	10,5	35,2	27,7	4 160	308	262	37,3	
30*	300	100	6,5	11,0	40,5	31,8	5 810	387	324	43,6	

Observaţii:

— Dimensiunile cu asterisc se laminează în limita posibilităţilor uzinelor producătoare, livrarea acestora se face numai cu acordul prealabil al Ministerului Industriei Metalurgice.

— Masa teoretică este calculată cu densitatea 7,85 kg/dm³.



Oţel I economic IE (STAS 6350-66 reconfirmat 1977)

I — momentul de inerţie

W — modulul de rezistenţă

Denumirea profilului IE	Dimensiuni, în mm				Aria secţiunii A cm²	Masa G kg/m	Pentru axa de încovoiere				Obs.
							Z—Z		Y—Y		
	h	a	g	t			I_z cm⁴	W_z cm³	I_y cm⁴	W_y cm³	
10*	100	55	4,5	7,2	12,0	9,46	198	39,7	17,9	6,49	
12*	120	64	4,8	7,3	14,7	11,5	350	58,4	27,9	8,72	
14*	140	73	4,9	7,5	17,4	13,7	572	81,7	41,9	11,5	
16*	160	81	5,0	7,8	20,2	15,9	873	109	58,6	14,5	
18	180	90	5,1	8,1	23,4	18,4	1 290	143	82,6	18,4	
20	200	100	5,2	8,4	26,8	21,0	1 840	184	115	23,1	
22	220	110	5,4	8,7	30,6	24,0	2 550	232	157	28,6	
24	240	115	5,6	9,5	34,8	27,3	3 460	289	198	34,5	
27*	270	125	6,0	9,8	40,2	31,5	5 010	371	260	41,5	
30*	300	135	6,5	10,2	46,5	36,5	7 080	472	337	49,9	
33*	330	140	7,0	11,2	53,8	42,2	9 840	597	419	59,9	
36*	360	145	7,5	12,3	61,9	48,6	13 380	743	516	71,1	
40*	400	155	8,0	13,0	71,4	56,1	18 930	947	666	85,9	

Observaţii:

— Dimensiunile cu asterisc se laminează în limita posibilităţilor uzinelor producătoare ; livrarea acestora se va face numai cu acordul prealabil al Ministerului Industriei Metalurgice.

— Masa teoretică este calculată cu densitatea 7,85 kg/dm³.

CUPRINS

PARTEA ÎNTÎI

Materiale de instalații

Cap. I. Materiale pentru instalații de alimentări cu apă și canalizări . . 3
I.1. Tuburi, țevi și piese de legătură pentru conducte de presiune . 3
I.2. Tuburi, țevi și piese de legătură pentru conducte de scurgere . 11
I.3. Armături pentru conducte de instalații 14
I.4. Măsuri de protecție a muncii la manipularea, transportul și depozitarea materialelor pentru instalații de alimentări cu apă și canalizări 21

Cap. II. Obiecte sanitare, accesorii și armături pentru obiecte sanitare . . 22
II.1. Obiecte sanitare 22
II.2. Accesorii pentru obiectele sanitare 29
II.3. Armături pentru obiecte sanitare 31
II.4. Perspective în domeniul instalațiilor sanitare 35
II.5. Măsuri de protecție a muncii la manipularea, transportul și depozitarea obiectelor, accesoriilor și armăturilor 37

Cap. III. Materiale pentru instalații de încălzire centrală 37
III.1. Țevi și piese de legătură 37
III.2. Corpuri și aparate de încălzire 38
III.3. Perspective în domeniul instalațiilor de încălzire 47
III.4. Măsuri de protecție a muncii la manipularea, transportul și depozitarea materialelor pentru instalații de încălzire centrală . 49

PARTEA A DOUA

Rezistența materialelor

Cap. IV. Obiectul rezistenței materialelor . . . . . .
IV.1. Bazele rezistenței materialelor . . . . . .
IV.2. Tipuri de solicitări. Ipoteze de bază . . . . . .

IV.3. Eforturi unitare admisibile. Coeficienţi de siguranţă . . . 59
Cap. V. Întinderea şi compresiunea 62
V.1. Caracterizarea solicitărilor de întindere şi compresiune . . 62
V.2. Curba caracteristică la întindere. Legea lui Hooke . . . 64
V.3. Dimensionarea şi verificarea barelor solicitate la întindere şi compresiune 70
V.4. Eforturi unitare şi deformaţii ţinînd seama de greutatea proprie . 75
V.5. Stabilitatea elastică a barelor drepte supuse la compresiune (flambaj) 79
Cap. VI. Forfecarea 83
VI.1. Caracterizarea solicitării de forfecare 83
VI.2. Dimensionarea şi verificarea pieselor solicitate la forfecare . 85
VI.3. Aplicaţii ale forfecării 87
Cap. VII. Încovoierea 95
VII.1. Caracterizarea solicitării de încovoiere 95
VII.2. Momente statice, momente de inerţie, module de rezistenţă . 99
VII.3. Dimensionarea şi verificarea elementelor solicitate la încovoiere 110
VII.4. Deformaţii la încovoiere 117
Cap. VIII. Aplicaţii practice şi lucrări de laborator 121
VIII.1. Încercări mecanice de laborator ale materialelor de construcţii şi instalaţii 121
VIII.2. Stabilirea valorilor caracteristice de rezistenţă ale principalelor materiale de construcţii şi instalaţii 130

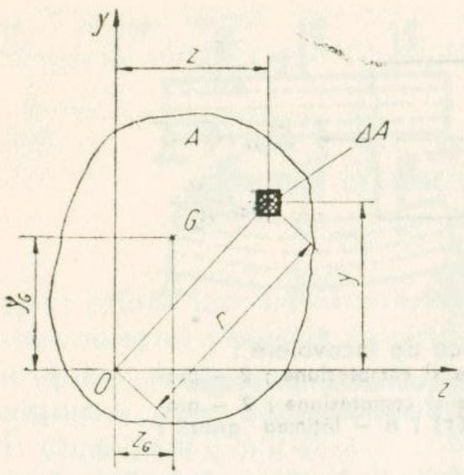


Fig. VII.5. Suprafața raportată la un sistem de axe de referință notații.

este suma momentelor statice ale tuturor suprafețelor elementare ce alcătuiesc suprafața A :

$$S_z = \Sigma y_i \cdot \Delta A_i = y_1 \Delta A_1 + y_2 \Delta A_2 + \ldots + y_n \Delta A_n, \qquad \text{(VII-1)}$$

în care :

— $\Delta A_1, \Delta A_2, \ldots, A\Delta_n$ sînt elementele de arie cuprinse în suprafața A ;

— $y_1, y_2, \ldots, y_n$ — ordonatele corespunzătoare ale elementelor respective față de axa Oz considerată.

Pentru cazurile simple, adică pentru suprafețe geometrice la care se cunosc coordonatele centrului de greutate Y_G și respectiv Z_G, momentele statice S_z și S_y în raport cu sistemul de axe yOz sînt :

$$S_z = \Sigma y \cdot \Delta A = Y_G \cdot A ;$$

$$S_y = \Sigma z \cdot \Delta A = Z_G \cdot A.$$

Momentul static al unei suprafețe în raport cu o axă este egal cu produsul dintre suprafață și distanța de la centrul de greutate al suprafeței la axa considerată și are ca dimensiuni lungimea la puterea a treia (respectiv cm³, m³, mm³ etc.).

Dacă axele în raport cu care se calculează momentele statice trec prin centrul de greutate al suprafeței, valoarea acestor momente statice este egală cu zero (pentru că $Y_G = Z_G = 0$). Rezultă deci că, pentru suprafețele ce admit una sau două axe de simetrie, momentele statice în raport cu aceste axe sînt nule.

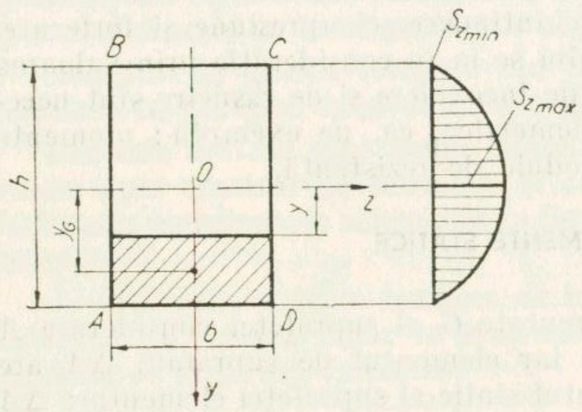


Fig. VII.6. Determinarea momentului static al secțiunii dreptunghiulare.

EXEMPLU DE CALCUL

Să se calculeze momentul static al suprafeței hașurate din figura VII.6 în raport cu axa Oz. Se cunosc : $h = 12$ cm ; $b = 6$ cm ; $y = 2$ cm.

Rezolvare

Se aplică relația :

$$S_z = Y_G \cdot A,$$

în care :

$$Y_G = y + \frac{1}{2}\left(\frac{h}{2} - y\right);$$

$$A = b\left(\frac{h}{2} - y\right).$$

După efectuarea calculelor rezultă :

$S_z = 96$ cm³.

Rezultă că S_z variază parabolic cu y, avînd cea mai mare valoare pentru $y = 0$, și anume :

$$S_{z,\,max} = \frac{bh^2}{8} = \frac{6 \cdot 12^2}{8} = = 108 \text{ cm}^3,$$

iar pentru valorile extreme $y = \frac{h}{2}$ și $y = -\frac{h}{2}$, momentul static este zero ;

$S_{z,\,min} = 0$.

VII.2.2. MOMENTE DE INERȚIE

Momentele de inerție ale figurilor plane, denumite și momente de ordinul doi, se clasifică astfel :

— momente de inerție axiale sau ecuatoriale, față de o axă ;

— momente de inerție centrifugale, față de două axe rectangulare ;

— momente de inerție polare, față de un punct.

Momentul de inerție axial al unui element de suprafață ΔA față de axa Oz (fig. VII.5) se definește ca produsul $y^2 \cdot \Delta A$, în care y este distanța la axa considerată, iar pentru întreaga suprafață A, ca suma tuturor acestor produse, adică :

$$I_z = \sum_A y^2 \cdot \Delta A, \qquad \text{(VII-2)}$$

Momentul de inerție axial al aceleiași suprafețe A față de axa Oy este :

$$I_y = \sum_A z^2 \cdot \Delta A. \qquad \text{(VII-2')}$$

Din examinarea acestor relații, rezultă că momentele de inerție axiale au ca dimensiune lungimea la puterea a patra (cm⁴, mm⁴ etc.), fiind totdeauna pozitive și diferite de zero.

Dacă sistemul de axe trece prin centrul de greutate al suprafeței, momentele de inerție față de aceste axe se numesc *momente de inerție centrale*.

Momentul de inerție centrifugal al unui element de suprafață ΔA (fig. VII.5) se definește cu produsul $y \cdot z \Delta A$, iar pentru întreaga suprafață A ca suma tuturor acestor produse, adică:

$$I_{yz} = \sum_{A} y \cdot z \Delta A, \qquad \text{(VII-3)}$$

având ca dimensiune tot lungimea la puterea a patra (cm⁴, mm⁴ etc.), putînd fi pozitiv, negativ sau nul.

Momentul de inerție polar al unui element de suprafață A (fig. VII.5) se definește ca produsul $r^2 \cdot \Delta A$, în care r este distanța la originea sistemului de axe considerat, iar al întregii suprafețe A, ca suma tuturor acestor produse, adică:

$$I_p = \sum_{A} r^2 \cdot \Delta A. \qquad \text{(VII-4)}$$

Momentul de inerție polar are ca dimensiune tot lungimea la puterea a patra și este totdeauna pozitiv.

Înlocuind în relația (VII-4) pe $r^2 = y^2 + z^2$, rezultă:

$$I_p = \sum_{A} (y^2 + z^2) \Delta A = \sum_{A} y^2 \cdot \Delta A + \sum_{A} z^2 \cdot \Delta A = I_z + I_y \qquad \text{(VII-4')}$$

adică momentul de inerție polar este egal cu suma momentelor de inerție axiale față de un sistem de axe cu aceeași origine.

Momentele de inerție ale cîtorva figuri plane. Momentele de inerție centrale (momentele de inerție axiale pentru axele de simetrie ale suprafețelor respective) pentru suprafețe geometrice utilizate în practică sînt:

— pentru dreptunghi:

$$I_z = \frac{bh^3}{12} \text{ și } I_y = \frac{b^3 h}{12},$$

în care: b și h sînt lățimea, respectiv înălțimea;

— pentru pătrat;

$$I_z = I_y = \frac{a^4}{12},$$

în care: a este latura pătratului (axele de coordonate sînt axe de simetrie).

— pentru cerc:

$$I_z = I_y = \frac{\pi d^4}{64},$$

în care: d este diametrul cercului (axele de coordonate trec prin centru).

Momentul de inerție polar al unui cerc este:

$$I_p = \frac{\pi d^4}{32}.$$

Variația momentelor de inerție în raport cu axe paralele.

Momentul de inerție axial față de o axă paralelă cu axa Oz, situată la distanța d, notat cu I_{z_1} este:

$$I_{z_1} = I_z + d^2 \cdot A,$$

în care:

I_z este momentul de inerție central;

A — mărimea suprafeței considerate.

Relația de calcul dată mai sus este un caz particular al formulei lui Steiner pentru cazul cînd axa paralelă trece prin centrul de greutate al suprafeței.

Momentul de inerție centrifugal în raport cu un sistem de axe paralele, situate la distanțele a și b, notat cu $I_{z_1 y_1}$ este:

$$I_{z_1 y_1} = I_{zy} + abA,$$

în care:

I_{zy} este momentul centrifugal în raport cu axele de simetrie ale suprafeței respective;

A — mărimea suprafeței considerate.

Momente de inerție ale unor suprafețe compuse. În practică interesează calculul momentelor de inerție ale unor suprafețe compuse din mai multe suprafețe simple în formă dreptunghiulară, pătrată, circulară etc.

Momentul de inerție al unei suprafețe compuse este egal cu suma momentelor de inerție al suprafețelor simple față de axele proprii la care se adaugă suma produselor dintre pătratul distanței la axa centrală a suprafeței compuse și ariile componente ale secțiunii.

În expresie matematică se scrie:

$$I_z = \sum (I_{z_i} + y_i^2 \cdot A_i) \text{ sau } I_y = \sum (I_{y_i} + z_i^2 \cdot A_i).$$

EXEMPLE DE CALCUL

1. Pentru suprafața compusă din figura VII.7 să se calculeze momentele de inerție axiale I_{z_1} și I_{y_1} în raport cu axele ce trec prin centrul de greutate al acesteia. Se dă: $a = 10$ cm.

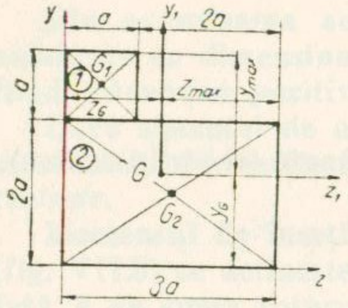


Fig. VII.7. Calculul momentelor de inerție axiale ale unei suprafețe compuse.

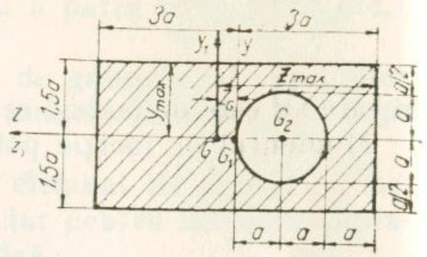


Fig. VII.8. Calculul momentelor de inerție axiale ale unei suprafețe compuse.

Rezolvare

Suprafața dată este formată dintr-un pătrat *1* și un dreptunghi *2*, având centrele de greutate G_1 și G_2.

Se calculează mai întîi coordonatele centrului de greutate G al suprafeței compuse y_G și z_G cu relațiile cunoscute din mecanică (statică) :

$$y_G = \frac{\Sigma A_i \cdot y_i}{\Sigma A_i} = \frac{a^2\left(2a + \frac{a}{2}\right) + 3a \cdot 2a \cdot a}{a^2 + 6a^2} = \frac{(2{,}5+6)a^3}{7a^2} = \frac{8{,}5}{7}\, a \simeq 1{,}214\ a$$

$$z_G = \frac{\Sigma A_i z_i}{\Sigma A_i} = \frac{a^2 \cdot \frac{a}{2} + 6a^2 \cdot \frac{3}{2}\, a}{7a^2} = \frac{(0{,}5+9)a^3}{7a^2} = \frac{9{,}5}{7}\, a \simeq 1{,}343\ a$$

Se calculează apoi momentele de inerție axiale, cu relațiile cunoscute :

$$I_z = \Sigma\ (I_z + y_i^2 A_i) = \frac{a^4}{12} + \left[0{,}5 + (2 - 1{,}214)\right]^2 a^4 + \frac{3a \cdot (2a)^3}{12} +$$

$$+ (1{,}214 - 1)^2 a^2.$$

$I_z = 4{,}012a^4$;

$$I_{y_1} = \Sigma (I_y + z_i^2 A_i) = \frac{a^4}{12} + [1{,}345 - 0{,}5]^2 \cdot a^4 + \frac{(3a)^3 \cdot 2a}{12} +$$

$$+ (1{,}343 - 1)^2 a^2.$$

$I_y = 6{,}003a^4$.

Înlocuind pe $a = 10$ cm, rezultă :

$y_G = 12{,}14$ cm ; $Z_G = 13{,}43$ cm ; $I_{z_1} = 40\,120$ cm^4 ; $= 4{,}012$ dm^4 ;

$I_{y_1} = 60\,030$ cm^4 $= 6{,}003$ dm^4.

2. Să se calculeze momentele de inerție axiale I_{z_1} și I_{y_1} ale figurii VII.8 (partea haşurată) în raport cu axele ce trec prin centrul de greutate. Se dă : $a = 10$ cm.

Rezolvare

Suprafața dată este formată dintr-un dreptunghi cu dimensiunile $6a \cdot 3a$ și cu centrul de greutate în G_1 din care se scade un cerc cu raza a și cu centrul de greutate în G_2. Axele inițiale se aleg yG_1z și se observă că axa G_1z este axă de simetrie a întregii figuri, deci $y_G = 0$, adică centrul de greutate G se află pe această axă.

Se calculează :

$$Z_G = \frac{\sum A_i Z_i}{\sum A_z} = \frac{\pi a^2 \cdot a}{18a^2 - \pi a^2} = \frac{\pi}{18 - \pi}\, a = 0{,}211\ a.$$

Se calculează apoi momentele de inerție axiale, cu relațiile :

$$I_{z_1} = \Sigma\,(I_z + y_i^2 \cdot A_i) = \frac{6a \cdot (3a)^3}{12} - \frac{\pi(2a)^4}{64} = \left(13{,}5 - \frac{\pi}{4}\right) a^4 = 12{,}715a^4$$

$$I_{y_1} = \Sigma\,(I_y + z_i^2 \cdot A_i) = \frac{(6a^3) \cdot 3a^3}{12} + 0{,}211^2 a^2 \cdot 18a^2 - \frac{\pi a^4}{4} -$$

$$-(a + 0{,}211)^2 \pi a^2.$$

Înlocuind pe $a = 10$ cm, rezultă :

$Z_G = 2{,}11$ cm ; $I_{z_1} = 127\,150$ cm^4 $= 12{,}715$ dm^4 ;

$I_{y_1} = 507\,411$ cm^4 $= 50{,}7411$ dm^4.

VII.2.3. MODULE DE REZISTENȚĂ

Modulul de rezistență axial al unei suprafețe în raport cu o axă este raportul dintre momentul de inerție axial și distanța maximă de la marginea secțiunii la acea axă.

Pentru figurile plane, modulele de rezistență în raport cu axele rectangulare Oz și Oy se determină cu expresiile :

$$W_z = \frac{I_z}{Y_{max}} \text{ și } W_y = \frac{I_y}{Z_{max}}. \qquad \text{(VII-5)}$$

— Pentru dreptunghi :

$$W_z = \frac{\frac{bh^3}{12}}{\frac{h}{2}} = \frac{bh^2}{6} \text{ și } W_y = \frac{\frac{b^3h}{12}}{\frac{b}{2}} = \frac{b^2h}{6}.$$

— Pentru pătrat :

$$W_z = W_y = \frac{a^3}{6}.$$

— Pentru cerc :

$$W_z = W_y = \frac{\pi d^3}{32}.$$

Modulul de rezistență polar, care se determină de obicei numai pentru o suprafață circulară, se definește ca raportul dintre momentul de inerție polar și raza suprafeței respective :

$$W_p = \frac{I_p}{r} = \frac{\frac{\pi d^4}{32}}{\frac{d}{2}} = \frac{\pi d^3}{16}. \qquad \text{(VII-6)}$$

Modulul de rezistență, axial sau polar, se măsoară în unități de lungime la puterea a treia (cm³, mm³ etc.).

Module de rezistență ale unor suprafețe compuse. Se calculează mai întîi momentele de inerție axiale, în raport cu axele ce trec prin centrul de greutate al figurii, și apoi se aplică relațiile (VII-5).

EXEMPLE DE CALCUL

1. Pentru suprafața compusă din figura VII.7, să se calculeze modulele de rezistență axiale W_{z_1} și W_{y_1} în raport cu axele ce trec prin centrul de greutate al acesteia. Se dă : $a = 10$ cm.

Rezolvare

Se iau rezultatele de la exemplul 1, paragraful VII.2.2 :

$$I_{z_1} = 4{,}012a^4 \text{ și } I_{y_1} = 6{,}003a^4.$$

Din figura VII.7, se observă că :

$$y_{max} = 3a - y_G = (3 - 1{,}214)a = 1{,}786\ a.$$

$$z_{max} = 3a - Z_G = (3 - 1{,}343)a = 1{,}657\ a.$$

Modulele de rezistență axiale rezultă :

$$W_{z_1} = \frac{I_{z_1}}{y_{max}} = \frac{4{,}012a^4}{1{,}786a} = 2{,}246a^3 = 2\,246 \text{ cm}^3 = 2{,}246 \text{ dm}^3 ;$$

$$W_{y_1} = \frac{I_{y_1}}{Z_{max}} = \frac{6{,}003a^4}{1{,}657a} = 3{,}623a^3 = 3\,623 \text{ cm}^3 = 3{,}623 \text{ dm}^3.$$

2. Să se calculeze modulele de rezistență axiale W_{z_1} și W_{y_1} ale figurii VII.8 (partea haşurată), în raport cu axele ce trec prin centrul de greutate. Date numerice : $a = 10$ cm.

Rezolvare

Se procedează la fel ca în exemplul de calcul precedent :

$$I_{z_1} = 12{,}715a^4 \text{ și } I_{y_1} = 50{,}875a^4 - 1{,}325a^3 - 0{,}14a^2 ;$$

$$Y_{max} = 1{,}5a \text{ și } Z_{max} = 3a + Z_G = (3 + 0{,}211)a = 3{,}211a ;$$

$$W_{z_1} = \frac{I_{z_1}}{Y_{max}} = \frac{12{,}715\ a^4}{1{,}5\ a} = 8{,}743a^3 = 8\,473 \text{ cm}^3 = 8{,}473 \text{ dm}^3 ;$$

$$W_{y_1} = \frac{I_{y_1}}{Z_{max}} = \frac{50{,}875a^4 - 1{,}325a^3 - 0{,}14a^2}{3{,}211a} ;$$

$$W_{y_1} = 15\,802 \text{ cm}^3 = 15{,}802 \text{ dm}^3.$$

VII.2.4. RAZE DE INERȚIE

Raza de inerție sau de girație este o caracteristică geometrică a secțiunii și se determină din momentul de inerție cu relațiile :

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} \text{ și } i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}. \qquad \text{(VII-7)}$$

Aceste caracteristici pot fi considerate ca distanțele fictive la care s-ar găsi întreaga suprafață a secțiunii, astfel încît produsul dintre suprafață și pătratul razei de inerție să fie egal cu momentul de inerție.

Razele de inerție se măsoară în unități de lungime (cm, mm etc.).

Pentru figurile plane, razele de inerție, în raport cu axele rectangulare *Oz* și *Oy*, paralele cu axele de simetrie ale figurii, sînt :

— pentru dreptunghi :

$$i_z = \sqrt{\frac{\frac{bh^3}{12}}{bh}} = \sqrt{\frac{h^2}{12}} = \frac{h\sqrt{3}}{6} ; \text{ similar : } i_y = \frac{b\sqrt{3}}{6} ;$$

— pentru pătrat :

$$i_z = i_y = \frac{a\sqrt{3}}{6};$$

— pentru cerc :

$$i_z = i_y = \sqrt{\frac{\frac{d^4}{64}}{\frac{d^2}{4}}} = \frac{d}{4}.$$

VII.2.5. APLICAȚII NUMERICE

1. Să se calculeze momentele de inerție axiale și modulele de rezistență axiale ale dreptunghiului din figura VII.9, față de axele $O_1Z_1Y_1$.
Date numerice : $b = 12$ cm ; $h = 6$ cm.

Rezolvare

Se utilizează mai întîi relațiile cunoscute de calcul al momentelor de inerție axiale față de o axă paralelă cu axa Oz sau Oy :

$$I_{z_1} = I_z = a_y^2 \cdot A = \frac{bh^3}{12} + \left(\frac{h}{4}\right)^2 \cdot bh = \left(\frac{1}{12} + \frac{1}{16}\right) bh^3 = \frac{7}{48} bh^3$$

$$I_{y_1} = I_y + a_z^2 \cdot A = \frac{b^3 h}{12} \cdot \left(\frac{b}{4}\right)^2 bh = \frac{7}{48} b^3 h.$$

Pentru calculul modulelor de rezistență, față de axele Oz_1 și Ox se utilizează relațiile (VII-5) :

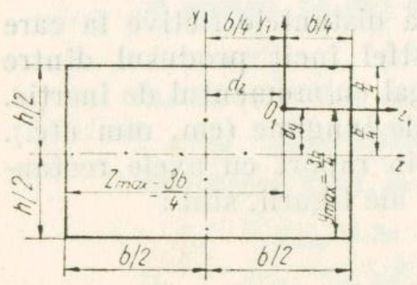


Fig. VII.9. Calculul momentelor de inerție axiale și al modulelor de rezistență axiale față de axele paralele.

$$W_{z_1} = \frac{I_z}{I_{max}} = \frac{\frac{7}{48} bh^3}{\frac{3}{4} h} = \frac{7}{36} bh^2 ; \quad W_{y_1} = \frac{7}{36} b^2 h.$$

Înlocuind pe : $b = 12$ cm și $h = 6$ cm, rezultă :

$$I_{z_1} = \frac{7 \cdot 12 \cdot 6^3}{48} = 378 \text{ cm}^4 ; \quad I_{y_1} = \frac{7 \cdot 12^3 \cdot 6}{48} = 1\,512 \text{ cm}^4,$$

$$W_{y_1} = \frac{378}{\frac{3}{4} \times 6} = 84 \text{ cm}^3 ; \quad W_{y_1} = \frac{1\,512}{\frac{2}{4} \times 12} = 168 \text{ cm}^3.$$

2. Să se calculeze razele de inerție pentru suprafața hașurată din figura VII.8.

Rezolvare

Se aplică relația (VII-7), cunoscînd valorile I_z, I_y și A din exemplul de calcul de la paragraful VII.2.2.

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = \frac{12{,}715}{14{,}86} = 9{,}25 \text{ cm} ;$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \frac{50{,}7411}{14{,}86} = 18{,}48 \text{ cm}.$$

PROBLEME NEREZOLVATE

1. Cu cît se micșorează momentul de inerție axial și modulul de rezistență axial al unui pătrat cu latura $a = 12$ cm, dacă din el se decupează un cerc cu diametrul $d = 6$ cm, avînd centrul în centrul pătratului.

Răspuns : 63,6 cm⁴ sau 3,7% și 21,22 cm³ sau 7,4%.

2. Să se calculeze momentele de inerție axiale și modulele de rezistență axiale ale suprafeței hașurate din figura VII.10, față de axele ce trec prin centrul de greutate G al figurii. Date numerice : $a = 3$ cm.

Răspuns : $I_z = 88{,}667a^4 = 7\,182$ cm⁴

$I_y = 106{,}667a^4 = 8\,640$ cm⁴

$W_z = 27{,}282a^3 = 736{,}6$ cm³

$W_y = 35{,}556a^3 = 960$ cm³.

3. Să se calculeze momentele de inerție axiale, modulele de rezistență axiale și razele de inerție în raport cu axele ce trec prin centrele de greutate ale suprafețelor compuse din figura VII.11, *a*, *b*, *c*.

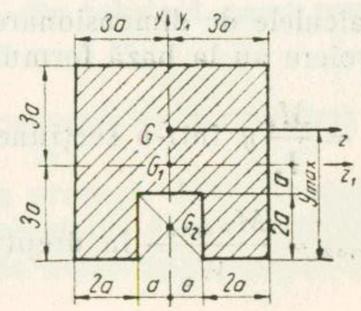


Fig. VII.10. Calculul momentelor de inerție axiale și al modulelor de rezistență axiale ale unei suprafețe compuse.

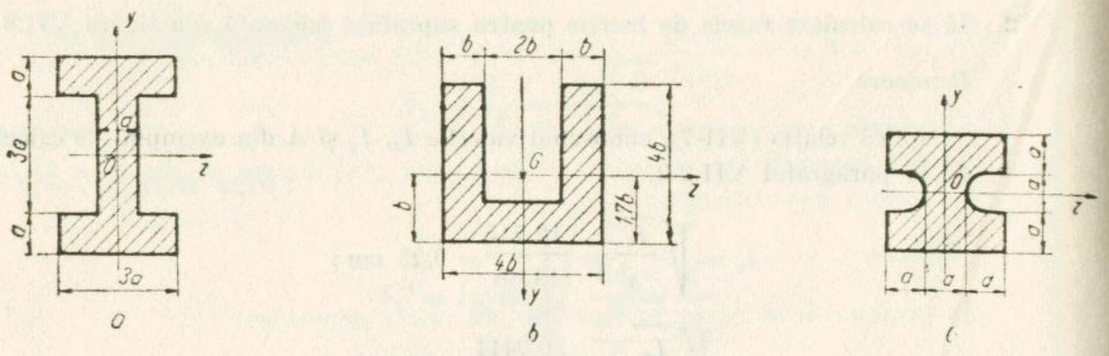


Fig. VII.11. Calculul momentelor de inerție axiale, al modulelor de rezistență axiale și razelor de inerție pentru suprafețe compuse.

Răspuns :

a) $I_z = \frac{107}{4} a^4$	*b)* $I_z = 14{,}4\ b^4$	*c)* $I_z = 15{,}2\ a^4$
$I_y = \frac{19}{4} a^4$	$I_y = 19{,}33\ b^4$	$I_y = 5{,}51\ a^4$
$W_y = \frac{107}{4} a^3$	$W_z = 6{,}27\ b^3$	$W_z = 7{,}6\ a^3$
$W_y = \frac{19}{6} a^3$	$W_y = 9{,}675\ b^3$	$W_y = 3{,}43\ a^3$
$i_z = 1{,}724\ a$	$i_z = 1{,}2\ b$	$i_z = 1{,}31\ a$
$i_y = 0{,}726\ a$	$i_y = 1{,}39\ b$	$i_y = 0{,}577\ a$

VII.3. DIMENSIONAREA ȘI VERIFICAREA ELEMENTELOR SOLICITATE LA ÎNCOVOIERE

Calculele de dimensionare și verificare ale elementelor solicitate la încovoiere au la bază formula lui Navier, redată sub una din formele:

$$\sigma = \frac{M_i}{I_z} y \text{ într-o secțiune oarecare,} \qquad \text{(VII-8)}$$

$$\sigma_{max} = \frac{M_{i\,max}}{W_z} \text{ în dreptul lui } M_{i\,max}, \qquad \text{(VII-8')}$$

în care:

M_i este momentul încovoietor în secțiunea aleasă;
I_z — momentul de inerție al secțiunii alese;
y — distanța pînă la axa neutră;
$M_{i\,max}$ — momentul încovoietor maxim al elementului;
W_z — modulul de rezistență al secțiunii în dreptul lui $M_{i\,max}$.

Formula (VII-8') se aplică pentru elementele care au aceeași secțiune pe toată lungimea lor, în care caz dimensionarea și verificarea la încovoiere se fac pentru secțiunea în care acționează momentul încovoietor maxim.

Pentru ușurarea calculelor, în anexele 1, 2, 3 și 4 se dau valorile momentelor de inerție și modulelor de rezistență pentru elemente cu dimensiuni standardizate utilizate în construcții.

Cunoscînd că $W_z = \frac{bh^2}{6}$ și $W_y = \frac{b^2h}{6}$ (pentru secțiunea dreptunghiulară) și din examinarea valorilor modulelor de rezistență din anexa 1, în care întotdeauna $W_z > W_y$, rezultă că la o grindă solicitată la încovoiere $\left(\text{care se calculează cu relația } \sigma_{ef} = \frac{M_i}{W_z}\right)$, lățimea b trebuie să fie mai mică decît înălțimea h. În caz invers ar rezulta: $\sigma'_{ef} = \frac{M_i}{W_y} > \sigma_{ef} = \frac{M_i}{W_z}$, adică rezistențe efective mai mari).

Exemple în acest sens se pot da la toate grinzile planșeelor, indiferent de materialul din care sînt confecționate, la care, de obicei, există relația $h = (1{,}5 \ldots 3)b$, între înălțimea și lățimea grinzilor. În același mod sînt alcătuite și grinzile fundațiilor continue sau pe radier general.

Această regulă de alcătuire a grinzilor solicitate la încovoiere se observă și mai bine la profilurile laminate, de exemplu la oțelurile *UE* și *IE* (anexele 3 și 4), la care raportul dintre modulele de rezistență după cele două axe $z - z$ și $y - y$ au valori și mai mari ca la secțiunea dreptunghiulară analizată mai sus (pentru oțelul *IE* rezultă $\frac{W_z}{W_y} \simeq 6 \ldots 11$, pe cînd pentru secțiunea dreptunghiulară din tabela 1 acest raport nu depășește valoarea 2,1).

VII.3.1. DIMENSIONAREA GRINZILOR SOLICITATE LA ÎNCOVOIERE

Similar cu solicitările studiate pînă în prezent, dimensionarea unei grinzi solicitate la încovoiere înseamnă calcularea elementelor secțiunii transversale, exprimate prin modulul de rezistență necesar (W_{znec}),

pentru a rezista la momentul încovoietor maxim ($M_{i\ max}$), cu un efort unitar maxim mai mic sau cel mult egal cu rezistența admisibilă (σ_a) a materialului.

În acest caz se folosește relația (VII-8′), scrisă sub forma :

$$W_{znec} = \frac{M_{i\ max}}{\sigma_a}. \qquad \text{(VII-9)}$$

Pentru cazul general, la calculul momentului încovoietor maxim ($M_{i\ max}$) se procedează în modul următor :

— se calculează mai întîi reacțiunile în reazemele grinzii (care pot fi o forță verticală în reazemul simplu, o forță verticală și una orizontală în articulație și în plus un moment încovoietor într-o încastrare) ;

— se calculează forța tăietoare de-a lungul grinzii și se trasează diagrama de variație a acesteia, pentru a stabili secțiunea în care se anulează (în acea secțiune momentul încovoietor este maxim) ;

— se calculează momentul încovoietor de-a lungul grinzii și se trasează diagrama de variație a acestuia, pentru a stabili valoarea lui $M_{i\ max}$ necesar la calculul de dimensionare (și verificare) a grinzii. După calculul modului de rezistență necesar (W_{znec}), se calculează elementele secțiunii transversale (lățimea b și înălțimea h, pentru grinzile cu secțiune dreptunghiulară, latura a pentru cele cu secțiune pătrată, sau diametrul d pentru grinzile cu secțiune circulară), valoarea rezistenței admisibile (σ_a) a materialului fiind cunoscută.

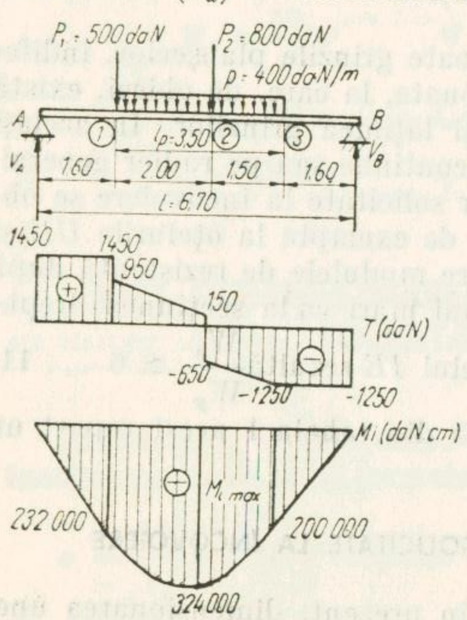


Fig. VII.12. Calculul și diagramele de variație ale momentului încovoietor (M_i) și forței tăietoare (T).

EXEMPLU DE CALCUL

Să se dimensioneze grinda din lemn ecarisat, simplu rezemată, din figura VII.12 ($P_1 = 500$ daN ; $P_2 = 800$ daN ; $p = 400$ daN/m), știind că rezistența admisibilă este $\sigma_a = 100$ daN/cm².

Rezolvare

Pentru calculul reacțiunilor, forțele exterioare fiind numai verticale, rezultă că reacțiunile pe reazeme sînt forțe verticale (V_A și V_B). Se scrie ecuația de proiecție a forțelor verticale și ecuația de moment în raport cu reazemul A :

$$P_1 + P_2 + p \cdot l_p - V_A - V_B = 0$$

$$500 + 800 + 400 \cdot 3{,}50 = V_A + V_B$$

$$V_A + V_B = 2\,700$$

$$1{,}60P_1 + 3{,}60P_2 + \left(1{,}60 + \frac{3{,}50}{2}\right) \cdot 400 \cdot 3{,}50 - 6{,}70V_B = 0$$

$$V_B = 1\,250 \text{ daN}$$

$$V_A = 2\,700 - V_B = 1\,450 \text{ daN}.$$

— Calculul forței tăietoare

$$T_A = V_A = 1\,450 \text{ daN}$$

$$T_1 = 1\,450 - 500 = 950 \text{ daN}$$

$$T_{2_s} = 950 - 400 \cdot 2{,}00 = 150 \text{ daN}$$

$$T_{2d} = 150 - 800 = -650 \text{ daN}$$

$$T_s = -650 - 400 \cdot 1{,}50 = -1\,250 \text{ daN}.$$

Se verifică faptul că :

$$T_3 = T_B = V_B = -1\,250 \text{ daN}.$$

— Calculul momentului încovoietor

$M_A = 0$; $M_B = 0$ (Pe reazeme simple sau articulații $M_i = 0$)

$$M_1 = 1{,}60V_A = 1{,}60 \cdot 1\,450 = 2\,320 \text{ daN} \cdot \text{m} = 232\,000 \text{ daN} \cdot \text{cm}$$

$$M_2 = 3{,}60V_A - 2{,}00P_1 - \frac{2{,}00^2 p}{2} = 3{,}60 \cdot 1\,450 - 2{,}00 \cdot 500 -$$

$$= \frac{2{,}00^2 \times 400}{2} = 3\,420 \text{ daN} \cdot \text{m} = 342\,000 \text{ daN} \cdot \text{cm}.$$

$$M_3 = 1{,}60V_B = 1{,}60 \times 1\,250 = 200 \text{ daN} \cdot \text{m} = 200\,000 \text{ daN} \cdot \text{cm}.$$

La trasarea diagramei se are în vedere că variația momentului încovoietor este liniară pe porțiunile neîncărcate de grindă și parabolică pe cele încărcate cu încărcare uniform distribuită.

Rezultă că :

$$M_{i\ max} = M_2 = 342\,000 \text{ daN} \cdot \text{cm}.$$

Calculul de dimensionare propriu-zis :

$$W_{z\ nec} = \frac{M_{i\ max}}{\sigma_a} = \frac{342\,000}{100} = 3\,420 \text{ cm}^3.$$

Utilizînd datele din anexa 1, se alege secțiunea dreptunghiulară 25 × 30 cm, la care $W_z = 3750$ cm³.

Se face verificarea rezistenței efective:

$$\sigma_{ef} = \frac{M_{i\ max}}{W_{z.ef}} = \frac{342\,000}{3\,750} = 92{,}5\ \text{daN/cm}^2 = 0{,}925\ \sigma_a.$$

În concluzie, deși rezistența efectivă maximă este cu 7,5% mai mică decît rezistența admisibilă, totuși secțiunea este bine aleasă, deoarece orice altă secțiune standardizată mai mică este subdimensionată (de exemplu, secțiunea 19×30 cm, cu $W_z = 2\,850$ cm³, $\sigma_{ef} = \frac{342\,000}{2\,850} = 120$ daN/cm² mai mare cu 20% decît rezistența admisibilă).

Pentru unele cazuri simple de încărcare, valoarea lui $M_{i\ max}$ este cunoscută, după cum se arată din exemplele de mai jos (fig. VII.13, a...e).

— Pentru grinda simplu rezemată, de lungime l încărcată cu o forță verticală concentrată P în mijloc:

$$V_A = V_B = \frac{P}{2} \text{ (din motive de simetrie)}$$

$$M_{i\ max} = M_1 = \frac{P}{2} \cdot \frac{l}{2} = \frac{P \cdot l}{4}. \qquad \text{(VII-10)}$$

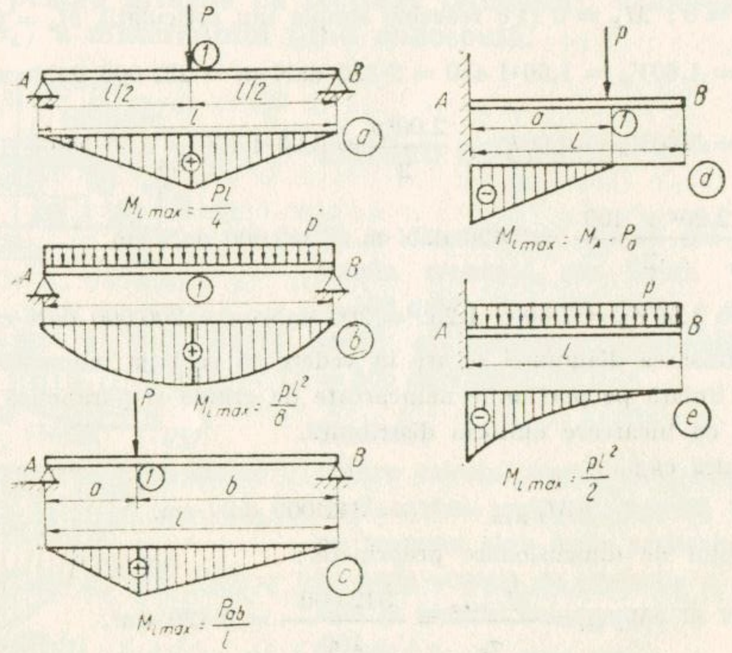


Fig. VII.13. Calculul momentului încovoietor maxim ($M_{i\ max}$) și diagramele de variație pentru unele cazuri simple de încărcare.

— Pentru grinda simplu rezemată, de lungime l, încărcată cu o încărcare verticală p uniform distribuită pe toată lungimea:

$$V_A = V_B = \frac{p \cdot l}{2}$$

$$M_{i\ max} = M_1 = \frac{p \cdot l}{2} \cdot \frac{l}{2} - \frac{p \cdot l}{2} \cdot \frac{l}{4} = \frac{p \cdot l^2}{8}. \qquad \text{(VII-11)}$$

— Pentru grinda simplu rezemată, de lungime l, încărcată cu o forță verticală concentrată amplasată la distanța a de reazemul A și la distanța b de reazemul B ($a + b = l$):

$$M_B = V_A \cdot l - P \cdot b = 0;\ V_A = P \cdot \frac{b}{l}$$

$$M_A = V_B \cdot l - P \cdot a = 0;\ V_B = P \cdot \frac{a}{l}$$

$$M_{i\ max} = M_1 = V_A \cdot a = P \cdot \frac{b}{l} a = P \cdot \frac{a \cdot b}{l}. \qquad \text{(VII-12)}$$

— Pentru grinda încastrată în reazemul A și liberă în B, de lungime l, încărcată cu o forță verticală concentrată P, amplasată oriunde (de exemplu, la distanța a de reazemul A);

$$V = P$$

$$M_{i\ max} = M_1 = P \cdot a.$$

Dacă forța P este în capătul B:

$$M_{i\ max} = P \cdot l. \qquad \text{(VII-13}$$

— Pentru grinda încastrată în reazemul A și liberă în B, de lungime l, încărcată cu o încărcare verticală p, uniform distribuită pe toată lungimea.

$$V_A = p \cdot l.$$

$$M_{i\ max} = M_1 = \frac{pl^2}{2}. \qquad \text{(VII-14)}$$

VII.3.2. VERIFICAREA GRINZILOR SOLICITATE LA ÎNCOVOIERE

Verificarea unei grinzi solicitate la încovoiere înseamnă calcularea efortului unitar normal efectiv (σ_{ef}), cunoscîndu-se momentul încovoietor efectiv maxim ($M_{i\ max}$) și dimensiunile secțiunii transversale

efective ale grinzii (exprimate prin $W_{z\,ef}$), care trebuie să fie mai mică, sau cel mult egală, cu rezistența admisibilă (σ_a) a materialului.

$$\sigma_{ef} = \frac{M_{i\,max}}{W_{z\,ef}} \leqslant \sigma_a. \qquad \text{(VII-15)}$$

EXEMPLU DE CALCUL

1. Să se verifice o grindă simplu rezemată din oțel UE 12 ($\sigma_a = 1\,500$ daN/cm²), cu lungimea $l = 3{,}00$ m, încărcată cu o forță concentrată verticală $P = 10$ kN, amplasată pe mijlocul grinzii (fig. VII.13, *a*).

   Rezolvare

   Se calculează:

$$M_{i\,max} = \frac{P \cdot l}{4} = \frac{1\,000 \cdot 300}{4} = 75\,000 \text{ daN} \cdot \text{cm}.$$

   Valoarea lui $W_{z\,ef}$ se ia din anexa 3:

$$W_{z\,ef} = 50{,}6 \text{ cm}^3.$$

   Se calculează apoi σ_{ef} și se compară cu σ_a:

$$\sigma_{ef} = \frac{M_{i\,max}}{W_{z\,ef}} = \frac{75\,000}{50{,}6} = 1\,482 \text{ daN/cm}^2 = 0{,}988\,\sigma_a.$$

   Rezultă că grinda este bine dimensionată.

PROBLEME NEREZOLVATE

1. O grindă încastrată la un capăt și liberă la celălalt capăt, confecționată din lemn ecarisat, cu secțiunea pătrată $a = 35$ cm și lungimea $l = 2{,}00$ m, este solicitată la încovoiere de o încărcare uniform distribuită verticală $p = 50$ kN/m, amplasată pe toată lungimea (figura VII.13, *e*). Să se verifice această grindă, știind că rezistența admisibilă a materialului este $\sigma_a = 120$ daN/cm².

   Răspuns: $\sigma_{ef} = 140$ daN/cm² $= 1{,}167\ \sigma_a$.

   Grinda este subdimensionată.

2. Să se verifice o grindă simplu rezemată din oțel OL 60 ($\sigma_a = 1\,800$ daN/cm²) cu profil laminat IE 24, având lungimea $l = 4{,}00$ m și fiind încărcată cu o forță concentrată verticală $P = 20$ kN amplasată pe mijlocul grinzii (fig. VII.13, *a*) și cu o încărcare uniform distribuită pe toată lungimea grinzii $p = 15$ kN/m (fig. VII.13, *b*).

   Răspuns: $\sigma_{ef} = 1\,730$ daN/cm² $= 0{,}961\ \sigma_a$.

   Grinda este bine dimensionată.

VII.3.3. CALCULUL MOMENTULUI CAPABIL LA GRINZILE SOLICITATE LA ÎNCOVOIERE

Cînd se cunosc dimensiunile secțiunii transversale și rezistența admisibilă a materialului (σ_a), se poate calcula momentul încovoietor capabil (maxim) pe care grinda îl poate suporta în bune condiții.

$$M_{i\,cap} = M_{i\,max} = W_{z\,ef} \cdot \sigma_a. \qquad \text{(VII-16)}$$

Modul de calcul menționat mai sus se poate deduce mai bine din exemplul de calcul ce urmează.

EXEMPLU DE CALCUL

O grindă simplu rezemată din lemn ecarisat ($\sigma_a = 100$ daN/cm²) este încărcată cu o forță verticală concentrată P, la distanța $a = 1{,}60$ m de reazemul A și $b = 2{,}40$ m de reazemul B (fig. VII.13, *c*). Știind că are secțiunea dreptunghiulară cu dimensiunile 19×30 cm, să se calculeze valoarea lui P_{max}.

Rezolvare

$$M_{i\,cap} = W_{z\,ef} \cdot \sigma_a = \frac{19 \cdot 30^2}{6} \cdot 100 = 285\,000 \text{ daN/cm}.$$

În acest caz, $M_{i\,cap} = \frac{P_{max} \cdot ab}{l} = \frac{p \cdot 160 \cdot 240}{400} = 96\ P_{max}$

$P_{max} = 3\,000$ daN.

PROBLEME NEREZOLVATE

O grindă încastrată la un capăt (A) și liberă la celălalt capăt (B), confecționată din oțel cornier cu aripile egale $L\ 100 \times 100 \times 10$, având $\sigma_a = 1\,500$ daN/cm² și lungimea $l = 2{,}00$ m, este solicitată la încovoiere de o forță concentrată P în punctul B (fig. VII.13, *d*, în care $a = l$). Să se calculeze valoarea sarcinii capabile P_{cap}.

Răspuns: $P_{cap} = 235{,}25$ daN.

VII.4. DEFORMAȚII LA ÎNCOVOIERE

Eforturile unitare normale ce iau naștere în secțiunea unei grinzi supuse la încovoiere produc deformarea (curbarea) grinzii. Deformațiile pe orizontală fiind foarte mici față de cele pe verticală, denumite săgeți, la calcul se ține seama, în practică, numai de acestea din urmă.

Pentru calculul săgeților maxime (f_{max}), care se produc de regulă în secțiunile cu moment încovoietor maxim, se dau mai jos, formulele de calcul pentru cîteva cazuri de încărcări simple (notațiile fiind cele din figura VII.13).

— Pentru grinda simplu rezemată cu o forță verticală concentrată în mijloc:

$$f_{max} = \frac{Pl^3}{48\,EI_z},$$

în care:

E este modulul de elasticitate;

I_z — momentul de inerție axială al grinzii.

— Pentru grinda simplu rezemată, încărcată cu o încărcare verticală uniform distribuită pe toată lungimea:

$$f_{max} = \frac{5pl^4}{384E \cdot I_z}.$$

— Pentru grinda simplu rezemată, încărcată cu o forță verticală concentrată, amplasată pe grindă:

$$f_{max} = \frac{P \cdot b\sqrt{(l^2 - b^2)^3}}{9 \cdot \sqrt{3} \cdot E \cdot I_z \cdot l}.$$

Secțiunea în care se produce f_{max} este la distanța z față de reazemul A

$$z = \sqrt{\frac{l^2 - b^2}{3}}.$$

— Pentru grinda încastrată, cu o forță verticală concentrată la capătul liber ($a = l$):

$$f_{max} = \frac{P \cdot l^3}{3EI_z}.$$

— Pentru grinda încastrată, încărcată cu o încărcare verticală uniform distribuită pe toată lungimea:

$$f_{max} = \frac{p \cdot l^4}{8EI_z}.$$

EXEMPLU DE CALCUL

Să se calculeze săgeata maximă (f_{max}) a unei grinzi de lemn ecarisat, simplu rezemate, cu lungimea $l = 4$ m și secțiunea dreptunghiulară 12×25 cm, încărcată cu o încărcare uniform distribuită $p = 500$ daN/m pe toată lungimea, cunoscînd că modulul de elasticitate longitudinal este $E = 100\,000$ daN/cm² și $\sigma_a = 100$ daN/cm².

Rezolvare

Din anexa 1 se iau valorile $W_{z\,ef} = 1\,250$ cm³ și $I_{z\,ef} = 15\,625$ cm⁴.

$$f_{max} = \frac{5 \cdot 5 \cdot 400^4}{384 \cdot 100\,000 \cdot 15\,625} = \frac{6\,400\,000}{6\,000\,000} = 1{,}07 \text{ cm}.$$

(încărcarea uniform distribuită s-a luat: $p = 5$ daN/cm).

Se verifică rezistența efectivă:

$$\sigma_{ef} = \frac{M_{i\,max}}{W_{z\,ef}} = \frac{5 \cdot 400^2}{8 \cdot 1\,250} = 80 \text{ daN/cm}^2.$$

Condiția de rezistență este îndeplinită.

PROBLEME RECAPITULATIVE NEREZOLVATE

1. O grindă de balcon (încastrată la un capăt și liberă la celălalt capăt), cu lungimea $l = 1{,}20$ m, este confecționată din lemn ($\sigma_a = 100$ daN/cm²), cu secțiunea pătrată. Să se dimensioneze această grindă, știind că este încărcată cu o forță concentrată la capătul liber $P = 300$ daN și cu o încărcare uniform distribuită pe toată lungimea $p = 200$ daN/m. Să se calculeze apoi săgeata maximă a grinzii, știind că $E = 100\,000$ daN/cm².

   Răspuns: $W_{z\,nec} = 504$ cm³; $a = 15$ cm; $f_{max} = 6{,}1$ cm.

2. O grindă de lemn, încastrată la un capăt și liberă la celălalt, este încărcată cu o forță $P = 200$ daN, la capătul liber. Știind că secțiunea grinzii este dreptunghiulară cu dimensiunile $b = 15$ cm și $h = 25$ cm, să se determine lungimea maximă (l_{max}) a grinzii, astfel încît să nu se depășească rezistența admisibilă $\sigma_a = 100$ daN/cm².

   Răspuns: $l_{max} = 781$ cm.

3. Peste un șanț de 2 m deschidere se montează o podină de scînduri, pentru a permite trecerea oamenilor. Știind că se exercită o forță concentrată maximă verticală $P = 100$ daN și că se folosesc scînduri de 2,5 cm grosime și

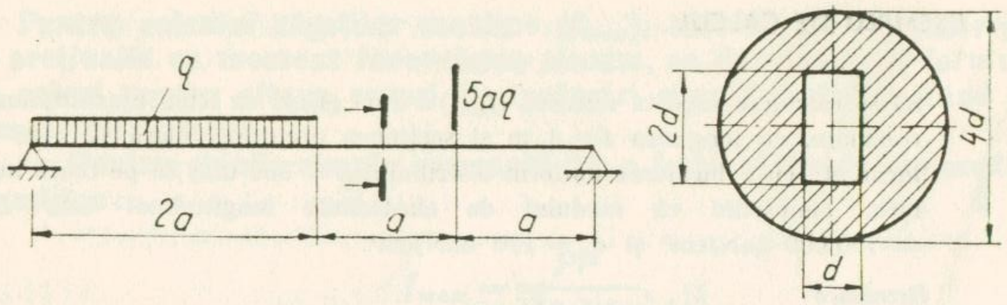


Fig. VII.14. Grindă cu consolă, simplu rezemată pe două reazeme. cu secțiunea dată și încărcată complex.

30 cm lățime, să se calculeze cîte scînduri suprapuse sînt necesare, dacă se ia $\sigma_a = 80$ daN/cm².

Răspuns: 2 scînduri.

4. Se dă grinda cu consolă simplu rezemată pe două rezeme, cu secțiunea dată și încărcată complex, ca în figura VII.14, în care: $l = 2$ m și $P = 2\,000$ daN. Se cere:

— să se calculeze $M_{i\ max}$ și să se traseze diagramele de eforturi T și M_i;

— să se dimensioneze grinda din oțel, cu $\sigma_a = 800$ daN/cm²;

Răspuns: $M_{i\ max} = 290\,000$ daN·cm;

$a = 4{,}65$ cm.

CAPITOLUL VIII

APLICAȚII PRACTICE ȘI LUCRĂRI DE LABORATOR

Rezistența materialelor studiază — de asemenea — comportarea diverselor materiale sub încărcări și dă indicații despre modul de alegere a materialului elementelor de construcții. Aspectul experimental are o mare importanță, deoarece urmărește obținerea caracteristicilor mecanice ale materialelor necesare pentru calcule (de exemplu rezistența la rupere la diverse solicitări) și verificarea metodelor și formulelor deduse teoretic prin compararea lor cu fenomenele reale.

VIII.1. ÎNCERCĂRI MECANICE DE LABORATOR ALE MATERIALELOR DE CONSTRUCȚII ȘI INSTALAȚII

Clasificarea încercărilor mecanice ale materialelor se face după mai multe criterii și anume:

— *după tipul solicitării*, încercările sînt de tracțiune (întindere), de compresiune, de încovoiere, de răsucire (torsiune), de forfecare, de presiune de contact (duritate), de uzură etc.;

— *după numărul solicitărilor*, încercarea poate fi unică sau repetată;

— *după modul de solicitare*, încercările pot fi statice sau dinamice;

— *după durata încercării*, încercările sînt de scurtă sau lungă durată;

— *după felul caracteristicilor examinate*, încercările mecanice studiază rezistența la rupere (pentru diverse solicitări), limita de curgere, deformațiile la rupere sau de curgere, energia de rupere, rezistența la oboseală etc.

Pentru realizarea acestor încercări sînt necesare mașini de încercat, aparatură pentru măsurarea eforturilor și deformațiilor și corpuri de probă de încercat epruvete.

Mașinile de încercat au în alcătuirea lor o serie de subansambluri, mecanisme, dispozitive sau piese specifice îndeplinirii unui anumit rol funcțional. Dintre acestea, cele mai importante sînt: batiul, mecanismul pentru realizarea încărcării dispozitivul pentru prinderea epruvetei și dispozitivul pentru înregistrarea grafică a deformațiilor în funcție de încărcare.

Mecanismul pentru realizarea încărcării. Acest mecanism — care este cel mai important dintre cele menționate — realizează încărcarea necesară pe cale mecanică, hidraulică sau combinat.

— *Mecanismul cu pendul* este folosit la mașinile de încercări statice pentru întinderea firelor textile, sîrmelor, benzilor și pentru răsucirea sîrmelor. Nefiind decît rar utilizat la încercarea materialelor de construcții și instalații, nu este descris în acest manual.

— *Mecanismul cu acționare hidraulică* realizează încărcări statice de valori mari și se utilizează curent la mașinile pentru încercările de întindere și compresiune sau la mașinile universale de încercat pentru majoritatea materialelor de construcții și instalații (betoane, oțeluri și betoane armate, lemn și altele).

În figura VIII.1 sînt reprezentate două tipuri de mașini de încercat cu acționare hidraulică.

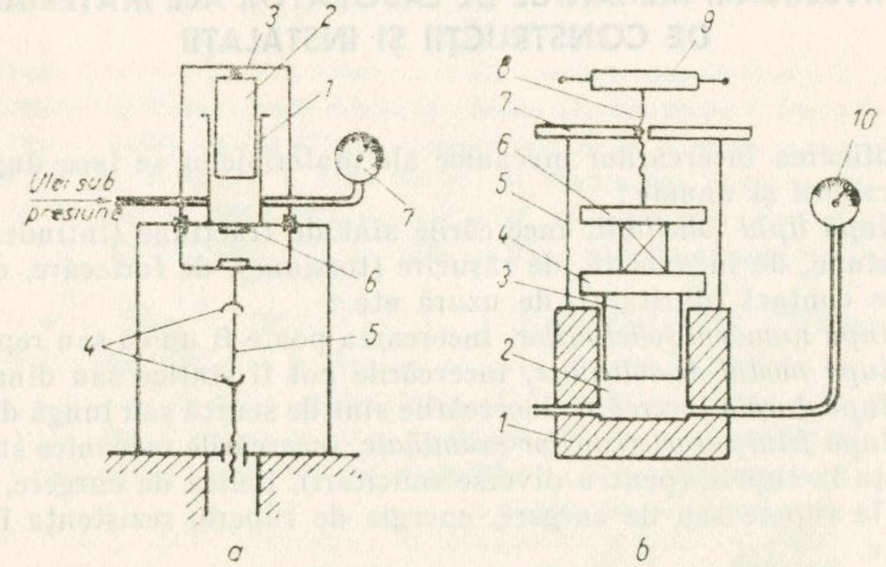


Fig. VIII.1. Mașini de încercat cu acționare hidraulică :
a — pentru încercarea la întindere și compresiune ; *b* — pentru încercarea la compresiune.

În figura VIII.1, *a* este reprezentată schema mașinii universale cu acționare hidraulică de încercat la întindere și compresiune, utilizată mai ales pentru elemente din oțel, precum și pentru elemente de beton armat sau din lemn etc. Cu ajutorul unei pompe, se trimite ulei sub presiune în cilindrul *1*, prevăzut cu pistonul *2*. Pistonul este legat cu un cadru mobil *3*, care poartă unul din bacurile *4* de prindere a epruvetei *5*, sau unul din platourile *6* folosite la încercarea de compresiune. Valoarea forței de întindere sau compresiune se măsoară cu manometrul *7*.

În figura VIII.1, *b* este reprezentată o presă hidraulică care se utilizează pentru încercări de compresiune unde sînt necesare încărcări mari, de ordinul miilor de kilonewtoni, pentru betoane simple și armate, elemente de zidărie etc. Presa este formată dintr-un batiu *1*, în interiorul căruia se găsește cilindrul presei *2* cu pistonul *3*, solidar cu platoul *4*. De batiu sînt fixate coloanele *5*, care susțin placa *7*. Platoul superior *6* al presei este ridicat sau coborît cu ajutorul șurubului *8*, acționat manual de roata *9*. Forța de compresiune se măsoară cu manometrul *10*. Uleiul sub presiune din cilindrul mașinii este manevrat cu o pompă de mînă.

Dispozitivele de prindere a epruvetei. Aceste dispozitive trebuie să asigure fixarea epruvetelor, să realizeze solicitarea pe direcția necesară, să permită o acționare rapidă, să dea posibilitatea schimbării ușoare a epruvetei sau înlocuirii rapide a părților uzate etc. În figura VIII.2 sînt reprezentate cîteva dispozitive de prindere a epruvetelor, mai ales pentru cele confecționate din metale sau betoane armate.

— *dispozitivele de prindere a epruvetelor cu umăr sau cu cap filetat* sînt prevăzute cu o piesă specială (calotă sferică), care asigură solicitarea axială necesară.

— *dispozitivele de prindere cu fălci* sînt cele mai des întîlnite în practică, fiind folosite atît la epruvetele rotunde, cît și la cele plate. Fălcile sînt prevăzute cu zimți mari, care se imprimă în partea de prindere a epruvetei pe măsura creșterii încărcării, pentru mărirea forței de frecare care asigură forța necesară solicitării.

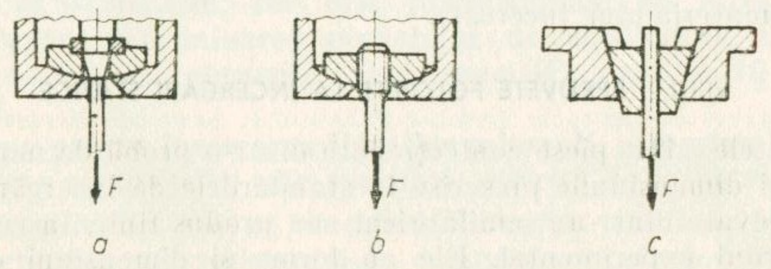


Fig. VIII.2. Dispozitive de prindere a epruvetelor :
a — pentru epruvete cu umăr ; *b* — pentru epruvete cu cap filetat ;
c — pentru epruvete cu fălci (epruvete fără prelucrări speciale ale capului).

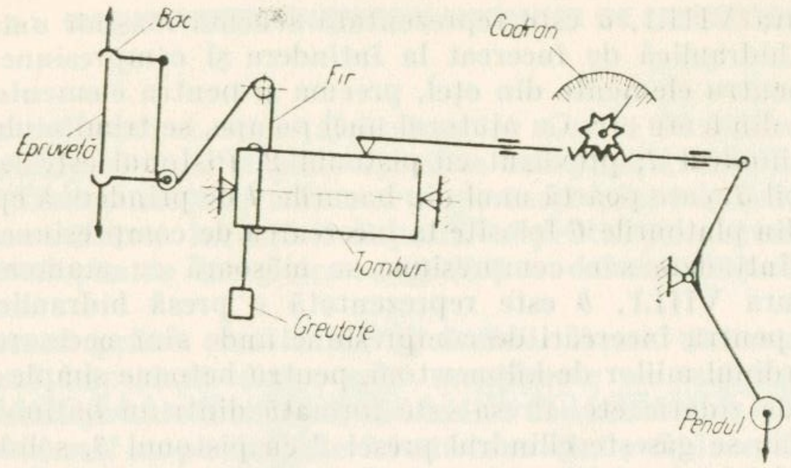


Fig. VIII.3. Dispozitiv de înregistrare a diagramei încărcări-deformații, cu acționare mecanică a peniței.

Dispozitivele de înregistrare se referă la reprezentarea grafică a deformațiilor, în funcție de încărcările care se realizează pe parcursul încercării. Înregistrarea se face, de regulă, pe un tambur acoperit cu hîrtie milimetrică, acționat de bacurile mașinii de încercat sau direct de epruvetă, prin deformarea acesteia în timpul încercării. Înregistrarea încărcării se face prin legarea dispozitivului, pe cale mecanică sau hidraulică la dispozitivul de măsurare a încărcărilor. În figura VIII.3 este reprezentat schematic un dispozitiv de înregistrare cu acționare mecanică a peniței.

Batiul servește, în general, ca suport al coloanelor de încărcare și ghidare și al dispozitivelor de prindere a epruvetelor și trebuie să asigure rigiditatea necesară mașinii și să limiteze inerția mecanismului de măsurare a încărcărilor. Influența deformațiilor elastice și a energiei înmagazinate în timpul încercării trebuie să fie cît mai mică, pentru a nu împiedica înregistrarea corectă a valorii forței aplicate asupra epruvetei, mai ales la solicitări mari (de exemplu, în zona de curgere a materialului încercat).

VIII.1.2. EPRUVETE FOLOSITE LA ÎNCERCĂRI STATICE

Epruvetele sînt piese confecționate dintr-o probă de material, care au forma și dimensiunile prescrise în standardele de încercări mecanice și sînt prelevate dintr-un semifabricat sau produs finit, în conformitate cu standardul experimental. Ele au forme și dimensiuni diferite, în funcție de tipul încercării și de materialul de încercat.

Epruvetele pentru încercarea de tracțiune (întindere) a metalelor pot avea secțiunea rotundă (epruvete rotunde) sau dreptunghiulară

(epruvete plate), așa cum se arată în figura VIII.4, în care semnificația notațiilor este următoarea :

— L_0 este lungimea inițială între reperele extreme, a cărei valoare, în funcție de diametrul d_0 este : la epruvetele proporționale $L_0 = 5d_0$, la epruvetele proporționale lungi $L_0 = 10d_0$;

— L_c — lungimea calibrată a epruvetei, care este : la epruvetele rotunde $L_c = L_0 + 2d_0$, la epruvetele plate $L_c = L_0 + 2S_0$, în care $S_0 = a_0 b_0$, adică secțiunea epruvetei pe porțiunea calibrată a epruvetei plate ;

— h — lungimea capetelor de prindere, $h \geqslant 1{,}5d_0$;

— D — diametrul capului de prindere ;

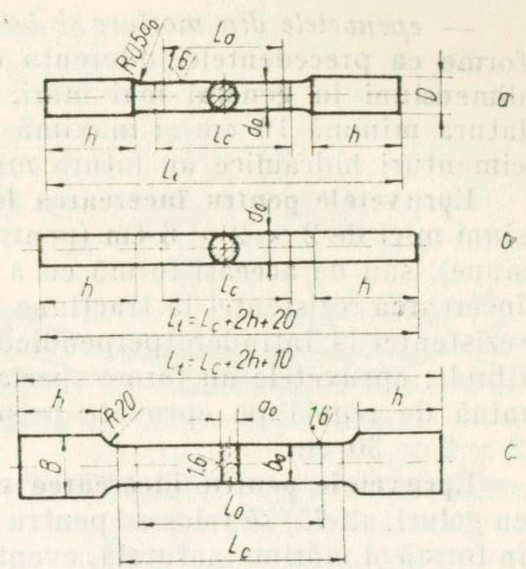


Fig. VIII.4. Epruvete pentru încercarea la tracțiune a metalelor :
a — rotundă, cu capete prelucrate ; *b* — rotundă, cu capete neprelucrate ; *c* — epruvetă plată.

— L_t — lungimea totală a epruvetei : pentru epruvetele prelucrate, $L_t = L_c + 2h + 10$ (mm), iar pentru epruvetele neprelucrate $L_t = L_c + 2h + 20$ (mm).

— R — raza de racordare între porțiunea calibrată și capetele de prindere ;

— d_0 — diametrul inițial al epruvetei rotunde, pe porțiunea calibrată.

Pentru cazuri speciale, standardele produselor prescriu forma și dimensiunile epruvetelor.

Epruvetele pentru încercarea la compresiune a metalelor sînt de formă cilindrică dreaptă, cea normală avînd diametrul $d_0 = 30$ mm, și înălțimea $h_0 = 30$ mm, iar cele proporționale au $h_0 = d_0 = 10 \ldots 30$ mm. Pentru determinarea modulului de elasticitate al metalului respectiv, se folosesc epruvete lungi (speciale), cu $d_0 = 10 \ldots 30$ mm și $h_0 = 3d_0$.

Epruvete pentru încercarea lianților minerali, a mortarelor și betoanelor. Forma epruvetelor este specifică, diferită de a metalelor, astfel :

— *epruvetele din ipsos și cimenturi hidraulice* pot fi de formă cubică (pentru determinarea rezistenței la compresiune), în formă de opt, cu secțiunea de rupere pătrată sau dreptunghiulară (pentru încercarea rezistenței la tracțiune) și de formă prismatică $4 \times 4 \times 16$ cm (pentru încercarea rezistenței la încovoiere) ;

— *epruvetele din mortare și beloane de ciment* au în general aceleași forme ca precedentele, diferența constînd, mai ales, din faptul că au dimensiuni în general mai mari, ca de exemplu epruvetele cubice au latura minimă 10 cm și maximă 30 cm, pe cînd cele de ipsos sau de cimenturi hidraulice au latura minimă 7,07 cm.

Epruvetele pentru încercarea lemnului sînt prismatice și cu dimensiuni mici de $2 \times 2 \times 6$ cm (pentru determinarea rezistenței la compresiune), sau de aceeași formă cu a metalelor (epruvete rotunde), pentru încercarea rezistenței la tracțiune în lungul fibrelor. Pentru încercările rezistenței la întindere perpendicular pe fibre și la forfecare paralel cu fibrele, epruvetele au forme speciale. Rezistența la încovoiere se determină de regulă pe epruvete prismatice foarte lungi, cu dimensiunile $2 \times 2 \times 30$ cm.

Epruvetele pentru încercarea materialelor ceramice (țigle, cărămizi cu goluri, sticlă) se folosesc pentru determinarea proprietăților mecanice, în formă și mărime naturală, eventual cu ușoare prelucrări pentru introducerea în mașinile de încercat.

La fel și pentru marea majoritate a materialelor de instalații, încercările mecanice — acolo unde este cazul — se efectuează direct pe obiectul sau piesa respectivă, în condiții specifice de încercare.

VIII.1.3. APARATE PENTRU MĂSURAREA DEFORMAȚIILOR

La încercările statice de laborator, precum și la încercarea „in situ" a elementelor de construcții sau a construcțiilor, deformațiile ce se produc sînt în general foarte mici și din această cauză, aparatele de măsurat trebuie să dea o precizie suficientă (de ordinul sutimii de milimetru). Pentru încercările statice asupra materialelor de construcție, principalele aparate pentru măsurarea deformațiilor sînt microcomparatoarele (micrometrele), extensometrele și nivelele topografice cu mire de invar.

Microcomparatoarele (micrometrele) se utilizează curent în laboratoarele de încercări asupra materialelor de construcții și au forma unui ceas de buzunar cu o tijă al cărui capăt liber stă permanent în contact cu piesa a cărei deformație trebuie măsurată. Sensibilitatea aparatului este de regulă de 0,01 mm, putîndu-se efectua citiri și asupra miimilor de milimetru, iar cursa tijei este de 1...5 cm.

Extensometrele mecanice amplifică deformațiile epruvetelor pînă la 500...2 000 ori. Principiul de funcționare se bazează pe măsurarea distanței între două puncte ale epruvetei, înainte și după deformare. Baza extensometrului (care este distanța dintre punctele de măsurare înainte de deformare) este, de obicei, de 20...200 mm, pentru încercarea de întindere a metalelor (unde se măsoară, în principal, lungimea inițială L_0 a epruvetei).

În figura VIII.5 este reprezentat schematic extensometrul Martens cel mai des utilizat dintre extensometrele mecanice. Tijele *1* fac corp comun cu cuțitele *2* și sectoarele gradate *3*, pe care se citesc deformațiile. Aparatul mai conține cuțitele mobile *4*, solidare cu acele indicatoare *5*, și o piesă de strîngere elastică a întregului aparat pe epruveta *6*. Raza de măsurare este de 100 mm, iar raportul de amplificare a deformațiilor — citite pe ambele sectoare gradate — este de circa 25.

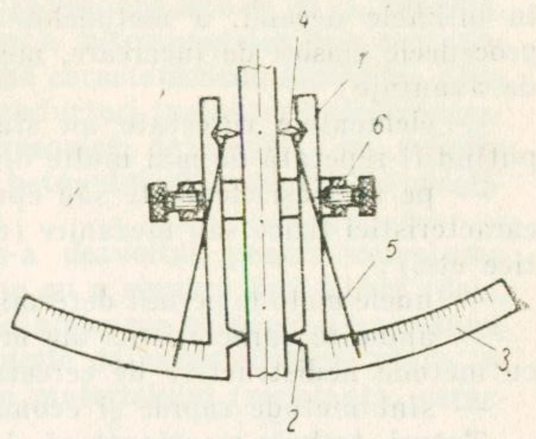


Fig. FIII.5. Extensometrul mecanic Martens.

Extensometrul Huggenberger are baza de măsurare 20 mm, iar raportul de amplificare de circa 1 000 ori, care se realizează prin niște sisteme de pîrghii articulate.

În practică se utilizează și alte tipuri de extensometre decît cele mecanice, ca de exemplu extensometre optice (la care amplificarea deformației se face pe cale optică), extensometre hidraulice (la care deformația epruvetei este dată de variația presiunii unui lichid introdus în niște cutii metalice cu pereți ondulați).

Aparatele topografice utilizate pentru măsurarea deformațiilor sînt nivelele de precizie cu mire de invar. În țara noastră se utilizează nivelele fabricate de firma Zeiss (R. D. Germană) de tipul Ni.004 și mai ales Kony 007, dotate cu mire de invar de 1,75 sau 3 m lungime, care asigură o precizie de măsurare de 0,05 mm (în practică se contează pe 0,1 mm la o măsurătoare izolată). Cu aceste aparate se măsoară mai ales deformațiile sau deplasările pe verticală, cum sînt tasările în timpul încercării unui element de construcție sau tasarea în timp a unei construcții, metoda fiind standardizată în acest ultim scop.

VIII.1.4. DETERMINAREA NEDISTRUCTIVĂ A CARACTERISTICILOR FIZICO-MECANICE ALE MATERIALELOR DE CONSTRUCȚII

În multe situații din practică, determinarea unor caracteristici fizico-mecanice ale elementelor de construcții, fără ca acestea să fie distruse, reprezintă o cale avantajoasă, ceea ce a dus la o dezvoltare rapidă,

în ultimele decenii, a metodelor nedistructive de cercetare. Faţă de procedeele clasice de încercare, metodele nedistructive prezintă o serie de avantaje :

— elementele cercetate nu sînt distruse, determinarea respectivă putînd fi repetată de mai multe ori pe acelaşi element ;

— pe aceleaşi elemente sau epruvete pot fi determinate mai multe caracteristici fizice sau mecanice (densitate, rezistenţe, proprietăţi elastice etc.) ;

— unele metode permit determinarea directă (in situ) pe construcţii ;

— anumite caracteristici ale materialelor pot fi determinate numai cu metode nedistructive de cercetare ;

— sînt metode rapide şi economice.

Totuşi, trebuie menţionat că, în stadiul actual, aplicarea metodelor nedistructive este însoţită de o serie de erori, care fac ca aceste metode să dea doar indicaţii generale asupra caracteristicilor materialelor.

Aceste metode nedistructive se folosesc cel mai mult în cazul betonului, unde este necesar un control rapid şi eficace asupra caracteristicilor tehnice ale acestui material.

Metodele nedistructive se clasifică în metode : acustice, mecanice de suprafaţă, atomice, electromagnetice sau metode combinate.

Metodele nedistructive se aplică prin stabilirea unor coeficienţi de influenţă sau curbe de etalonare proprii materialului de cercetat şi laboratorului care efectuează aceste determinări, datele din literatură constituind doar jaloanele de bază ale încercărilor.

Metodele acustice pot fi : metode de rezonanţă, ultrasonice de impuls al undelor de suprafaţă etc.

Metodele de rezonanţă furnizează informaţii globale asupra rezistenţei şi proprietăţilor elastice ale betoanelor şi ale altor materiale de construcţii. Este în general o metodă de laborator, care constă din punerea în vibraţie a unor epruvete sau elemente relativ mici. Prin aceste metode se determină modulul de elasticitate dinamic, pe baza măsurării frecvenţelor de vibraţie la diverse solicitări ale epruvetei sau elementului, precum şi alte proprietăţi elastice ale materialelor, rezistenţa şi comportarea betonului la îngheţ — dezgheţ repetat sau acţiuni chimice etc.

— *Metodele ultrasonice de impuls* sînt cele mai utilizate dintre toate metodele nedistructive, măsurătorile făcîndu-se în timp scurt şi fiind reprezentative pentru întreaga distanţă parcursă de ultrasunete, preţul aparaturii şi al încercării fiind destul de redus faţă de alte încercări nedistructive. Principiul metodelor se bazează pe transmiterea în elementele de cercetat a unor oscilaţii mecanice amortizate numite impuls.

Domeniul de frecvenţă a ultrasunetelor la betoane este de 20...200 kHz, interesînd mai ales timpul de propagare a ultrasunetelor prin materialul cercetat, funcţie de care se determină caracteristicile urmărite. Aparatul cel mai folosit este aparatul cu traductori (palpatori) electroacustici. Dintre aplicaţiile metodelor ultrasonice de impuls, cu referire specială la beton, sînt defectoscopia betonului şi modulul de elasticitate dinamic.

— *Metoda undelor de suprafaţă* s-a dezvoltat pentru cercetarea calităţii materialelor din structuri plane cu o singură faţă liberă (dale, plăci, etc.). Principiul metodei constă în aplicarea pe placă a unor surse de vibraţii continue sinusoidale. În funcţie de caracteristicile plane, se deduc prin calcul unele proprietăţi ale materialului (rezistenţa, caracteristicile elastice, grosimile etc.).

Metodele mecanice se bazează pe relaţia care există între rezistenţa betonului şi duritatea superficială a acestuia. Aceste metode se folosesc numai ca mijloace de control preliminar al calităţii materialului, deoarece nu pot furniza decît informaţii privitoare la un strat subţire din vecinătatea suprafeţei. Dintre metodele mecanice, se utilizează mai ales metodele bazate pe recul şi metodele bazate pe amprentă.

— *Metodele bazate pe recul* stabilesc rezistenţa betonului cu ajutorul unei mase mobile proiectate cu o anumită energie pe suprafaţa elementului, unde are loc o deformaţie plastică a materialului şi un recul al masei mobile ce se măsoară cu precizie. Reculul poate fi liniar sau unghiular. Cel mai folosit aparat, pe bază de recul liniar, este sclerometrul Schmidt, care dă direct rezistenţa betonului la compresiune, pe baza curbei de corelaţie cu indicele de recul citit la aparat.

— *Metodele bazate pe amprentă* pot fi cu amprentă unică sau dublă. Aceste metode se bazează pe măsurarea deformaţiei plastice, lăsate pe suprafaţa elementului de o masă mobilă, proiectată cu o anumită energie. La aparate se folosesc sclerometre liniare cu resort. Rezistenţa betonului se determină în funcţie de diametrul mediu al amprentelor lăsate de aparat.

Metodele atomice pot fi metode cu radiaţii penetrante sau metode cu neutroni.

— *Metodele cu radiaţii penetrante* se bazează pe puterea de penetraţie şi interacţiune, cu materialul pieselor sau al elementelor examinate, a radiaţiilor X sau γ, care sînt radiaţii electromagnetice. Aceste metode, denumite şi metode radiologice, au la bază legea atenuării radiaţiilor electromagnetice penetrante în materialele examinate (metale, betoane şi altele). Defectoscopia radiologică constă din detectarea defectelor

interne ale materialelor, pe baza cunoașterii legii atenuării. De asemenea, tot prin metoda atenuării se poate determina și densitatea materialului cercetat.

— *Metodele cu neutroni* se aplică mai ales la determinarea cantității de apă sau a umidității din materiale (de exemplu, agregate sau betoane), precum și a cantității de bitum din betoanele asfaltice. Ele se bazează pe interacțiunea dintre neutronii rapizi și atomii de hidrogen din masa materialului cercetat, fenomen prin care are loc încetinirea neutronilor rapizi. Determinarea constă în măsurarea numărului de neutroni lenți ce se formează în urma interacțiunii.

VIII.2. STABILIREA VALORILOR CARACTERISTICILOR DE REZISTENȚĂ ALE PRINCIPALELOR MATERIALE DE CONSTRUCȚII ȘI INSTALAȚII

În rezistența materialelor se consideră că toate materialele sînt omogene, izotrope, perfect elastice și liniar deformabile. Dintre materialele principale, numai metalele (și în special oțelul) corespund destul de bine acestor ipoteze simplificatoare. Din această cauză stabilirea valorilor caracteristice de rezistență are o importanță foarte mare în toate calculele din rezistența materialelor.

VIII.2.1. INDICAȚII PRIVIND STABILIREA VALORILOR CARACTERISTICILOR DE REZISTENȚĂ ALE OȚELURILOR

Oțelurile corespund cel mai bine ipotezelor simplificatoare ale rezistenței materialelor, de aceea sînt cel mai mult utilizate în toate ramurile industriale, precum și în construcții, transporturi și agricultură. În prezent există elaborate prescripții tehnice pentru încercarea lor în vederea stabilirii caracteristicilor de rezistență sau mecanice.

În tabela VIII.1 se dau rezistențele admisibile la solicitări statice ale oțelurilor folosite în construcția de mașini (rezistența la rupere, alungirea specifică la rupere, rezistența admisibilă și coeficientul de siguranță), ale căror valori pot fi luate, în mod orientativ, și pentru oțelurile folosite ca materiale de construcții și instalații.

Tabela VIII.1

Rezistența admisibilă la solicitări statice ale oțelurilor folosite în construcția de mașini

Nr. crt.	Denumirea oțelurilor	Rezistența la rupere σ_r (daN/mm²)	Alungirea specifică ε_r(%)	Felul solicitării							
				Întindere		Compresiune		Forfecare		Încovoiere	
				σ_a (daN/mm²)	$c = \sigma_r : \sigma_a$	σ_a	c	σ_a	c	σ_a	c
1	Oțel de rezistență mică	35—50	25—15	9—15	4—3	9—15	4—3	7—12	4—3	9—15	4—3
2	OL 60	50—70	20—10	12—18	4	12—18	4—3	9—14	4	12—18	4—3
3	Oțel aliat cu nichel	45—60	20—16	12—18	4—3	12—18	4—3	9—14	4	12—18	4—3
4	Oțel turnat	30—60	20—10	6—12	6—5	9—15	4	9—12	4	9—12	4—5
5	Fontă	28—36	—	3—5	5—4,5	9—10	—	3— 3,5	5	3—6	9—6

Din examinarea tabelului, se pot desprinde următoarele constatări:

— alungirea specifică la rupere scade cu creșterea rezistenței la rupere, adică oțelurile de rezistență mai mare sînt mai casante decît cele de rezistență mai mică;

— coeficientul de siguranță scade puțin cu creșterea rezistenței de rupere, adică la oțelurile superioare se poate lua un coeficient de siguranță ceva mai mic decît la oțelurile obișnuite;

— la oțel turnat, la solicitarea de întindere, coeficientul de siguranță se ia mai mare (6—5), față de celelalte solicitări și față de celelalte oțeluri la întindere (4 sau 4—3);

— la toate oțelurile, valoarea rezistenței admisibile la forfecare este mai mică decît pentru celelalte solicitări (întindere, compresiune, încovoiere);

— fonta are valori relativ ridicate numai pentru solicitarea la compresiune, comportîndu-se mult mai slab, mai ales la solicitările de întindere și forfecare.

VIII.2.2. INDICAȚII PRIVIND STABILIREA VALORILOR CARACTERISTICILOR DE REZISTENȚĂ ALE LEMNULUI

Lemnul nu corespunde ipotezelor simplificatoare ale rezistenței materialelor, în sensul că valorile rezistențelor la diverse solicitări sînt foarte diferite dacă direcția de acționare este paralelă cu fibrele sau perpendiculară pe fibre.

În tabela VIII.2 se dau rezistențele de rupere ale diverselor specii de arbori, pentru solicitările de compresiune, întindere și încovoiere și pentru cazurile cînd solicitarea este paralelă sau perpendiculară cu fibrele.

Tabela VIII.2

Rezistențele de rupere ale lemnului

Nr. crt.	Specia arborelui	Rezistențele după felul solicitării și direcție (daN/cm²)				
		Compresiune		Întindere		Încovoiere
		paralelă cu fibrele	perpend. pe fibre	paralelă cu fibrele	perpend. pe fibre	Paralelă cu fibrele
1	Brad	400	40	850	20	620
2	Molid	420	60	900	30	660
3	Stejar	550	100	1 000	40	920
4	Fag	525	90	1 300	70	1 050

În tabela VIII.3 se dau rezistențele admisibile pentru lemnul de brad în construcții, din care rezultă că se ia (față de rezistențele corespunzătoare de rupere) un coeficient de siguranță mult mai mare decît la oțel, iar pentru unele direcții de solicitări nu se dau valori admisibile (de exemplu, pentru solicitarea la întindere perpendiculară pe fibre).

Tabela VIII.3

Rezistențele admisibile pentru lemn de brad în construcții

Nr. crt.	Natura solicitării și direcția de acționare	Simbol	Rezistențe admisibile, în daN/cm²	
			Construcții definitive	Construcții provizorii
1	Încovoiere	σ_{ai}	100	120
2	a) Întindere în lungul fibrelor	σ_{at}	70	85
	b) Idem, la construcții ce nu sînt supuse la eforturi dinamice	σ_{at}	85	100
3	Compresiune în lungul fibrelor	σ_{ac}	100	120
4	Compresiune normală pe fibre	$\sigma_{ac}\perp$	15	18
5	Strivire în lungul fibrelor	σ_{as}	100	120
6	Strivire normală pe fibre			
	a) Necondiționată	$\sigma_{as}\perp$	15	18
	b) Condiționată (pe suprafețe de strivire limitate pentru calcul)	$\sigma_{as}\perp$	25	30
7	Strivire sub șaibă	σ_{asr}	35	40
8	Forfecare în lungul fibrelor, provenind din încovoiere	τ_{af}	20	24
9	Forfecare în planul fibrelor			
	a) Longitudinală	τ_a	10	12
	b) Transversală (de ex. la pene prismatice cu fibrele așezate normal pe direcția fibrelor pieselor îmbinate)	$\tau_{a'}$	5	6
10	Forfecare în planul fibrelor, longitudinală, avînd și o componentă transversală, la îmbinări cu crestare laterală			
	a) pentru unghiul de îmbinare	$\tau_a\alpha$	5	6
	b) pentru 30°	$\tau_a\alpha$	3	4
11	Forfecare în plan normal pe direcția fibrelor	$\tau_a\perp$	45	55

VIII.2.3. INDICAȚII PRIVIND STABILIREA VALORILOR CARACTERISTICILOR DE REZISTENȚĂ ALE ALTOR MATERIALE DE CONSTRUCȚII ȘI INSTALAȚII

Pentru celelalte materiale de masă din construcții sau instalații, cu care se confecționează structuri sau elemente de rezistență, valorile caracteristice de rezistență se stabilesc, de regulă, numai pentru solicitarea preponderentă. Este cazul, în principal, pentru lianții hidraulici de tipul ipsosului și al cimentului, pentru mortarele și betoanele de ciment (inclusiv cele armate) și pentru materialele ceramice.

Toate aceste materiale se aseamănă între ele prin faptul că ele lucrează bine la compresiune și foarte slab la întindere, iar, prin comparație cu oțelurile, au valori ale rezistențelor de rupere mult mai mici.

În această situație, aceste materiale se caracterizează din punctul de vedere al proprietăților mecanice, prin valoarea rezistenței de rupere la compresiune, determinată pe cuburi sau prisme (uneori chiar prin încercarea elementului, de exemplu, la produsele ceramice), denumită marcă și notată cu o literă și o cifră (de exemplu, B 100 înseamnă beton de marcă 100, adică are rezistența de rupere la compresiune pe cub de minimum 100 daN/cm^2).

După marcă, principalele sorturi sînt următoarele :

— cimenturi portland P 30, P 40, P 45 și P 50 (valoarea rezistenței este dată în N/mm^2 ;

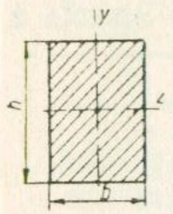
— mortare de ciment M 50, M 100, M 200, M 300, M 400 (valoarea rezistenței este dată în daN/cm^2) ;

— betoanele de ciment B 25, B 50, B 75, B 100, B 150, B 200, B 250, B 300, B 400, B 500, B 600 și chiar mai mult (în daN/cm^2) ;

— cărămizile pline au mărcile 50, 75, 100, 125 și 150 (în daN/cm^2), iar cele găurite aceleași mărci, cu deosebirea că în loc de marca 150 au marca 200.

Pentru materialele pe bază de polimeri, care sînt utilizate din ce în ce mai mult în instalații, metodologia de stabilire a caracteristicilor de rezistență este similară cu cea de la metale.

ANEXA 1



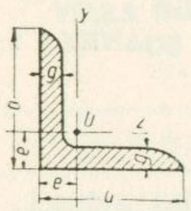
Lemn ecarisat — grinzi (STAS 942-71)

I — momentul de inerție

W — modul de rezistență

Denumirea $b \cdot h$, cm	Aria secțiunii A cm^2	Pentru axa de încovoiere				Obs.
		Z—Z		Y—Y		
		I_z cm^4	W_z cm^3	I_y cm^4	W_y cm^3	
1	2	3	4	5	6	7
10×12	120	1 440	240	1 000	200	
10×15	150	2 812	375	1 250	250	
10×19	190	5 716	602	1 583	317	
12×12	144	1 728	288	1 728	288	
12×15	180	3 375	450	2 160	360	
12×19	228	6 859	722	2 736	456	
12×25	300	15 625	1 250	3 600	600	
15×15	225	4 219	562	4 219	562	
15×17	255	6 141	722	4 781	637	
15×19	285	8 547	902	5 344	712	
15×25	375	19 571	1 562	7 031	937	
15×30	450	33 750	2 250	8 437	1 125	
19×19	361	10 860	1 143	10 860	1 143	
19×25	475	24 740	1 979	14 290	1 504	
19×30	570	42 750	2 850	17 148	1 805	
25×25	625	32 552	2 604	32 552	2 604	
25×30	750	56 250	3 750	39 063	3 125	
25×35	875	89 250	5 100	45 570	3 662	
30×30	900	67 500	4 500	67 500	4 500	
30×35	1 050	107 100	6 120	78 750	5 250	
35×35	1 225	124 950	7 140	124 950	7 140	

Observație: **În STAS 942-78 nu se mai stabilesc dimensiuni nominale pentru grinzi, din care rezultă că se pot adopta și alte dimensiuni ale secțiunii $b \cdot h$, pe bază de comandă specială acceptată de unitatea furnizoare.**



Oţel cornier cu aripi egale (STAS 424-79)

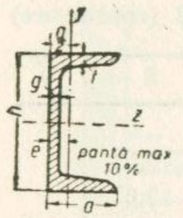
I — momentul de inerţie

W — modulul de rezistenţă

Denumirea L	Dimensiuni mm		Aria secţiunii A cm²	Masa G kg/m	Distanţa axelor e mm	Pentru axa de încovoiere		Obs.
						Z—Z	Y—Y	
	a	g				$I_z = I_y$ cm⁴	$W_z = W_y$ cm³	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
20× 20× 3	20	3	1,12	0,88	0,60	0,39	0,28	
20× 20× 4	20	4	1,45	1,14	0,64	0,41	0,36	
25× 25× 3	25	3	1,42	1,11	0,72	0,80	0,45	
25× 25× 4	25	4	1,85	1,45	0,76	1,01	0,58	
30× 30× 4	30	4	2,27	1,78	0,89	1,81	0,86	
30× 30× 5	30	5	2,78	2,18	0,92	2,16	1,04	
35× 35× 4	35	4	2,67	2,10	1,00	2,96	1,18	
35× 35× 5	35	5	3,28	2,57	1,04	3,56	1,45	
40× 40× 4	40	4	3,08	2,42	1,12	4,47	1,55	
40× 40× 5	40	5	3,79	2,97	1,16	5,43	1,91	
45× 45× 4	45	4	3,19	2,74	1,23	6,43	1,97	
45× 45× 5	45	5	4,30	3,38	1,28	7,84	2,43	
50× 50× 4	50	4	3,80	3,06	1,36	8,97	2,46	
50× 50× 5	50	5	4,80	3,77	1,40	11,0	3,05	
50× 50× 6	50	6	5,09	4,47	1,45	12,8	3,61	
50× 50× 7	50	7	6,56	5,15	1,49	14,6	4,16	
60× 60× 6	60	6	6,91	5,42	1,69	22,8	5,29	
60× 60× 8	60	8	9,63	7,09	1,75	29,2	6,89	
60× 60×10	60	10	11,1	8,69	1,85	34,9	8,41	
70× 70× 6	70	6	8,13	6,38	1,93	36,9	7,27	
70× 70× 7	70	7	9,40	7,38	1,97	42,4	8,41	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
80× 80× 6	80	6	9,35	7,36	2,17	55,8	9,57	
80× 80× 8	80	8	12,3	9,63	2,26	72,2	12,6	
80× 80×10	80	10	15,1	11,9	2,34	87,5	15,4	
90× 90× 8	80	8	13,9	10,9	2,50	104	16,1	
90× 90× 9	80	9	15,5	12,2	2,54	116	18,0	
90× 90×11	80	11	18,7	14,7	2,62	138	21,6	
100×100× 8	100	8	15,5	12,2	2,74	145	19,9	
100×100×10	100	10	19,2	15,0	2,82	177	24,6	
100×100×12	100	12	22,7	17,8	2,90	207	29,1	
120×120×10	120	10	23,2	18,2	3,31	313	36,0	
120×120×12	120	12	27,5	21,6	3,40	368	42,7	
140×140×12	140	12	32,5	25,5	3,90	602	59,7	
140×140×14	140	14	37,6	29,4	3,98	689	68,8	
140×140×16	140	16	42,2	37,3	4,20	772	79,1	
150×150×18	150	18	51,0	40,1	4,37	1 050	98,7	
160×160×12	160	12	37,4	29,7	4,39	913	78,6	
160×160×14	160	14	43,3	34,0	4,47	1 046	90,8	
160×160×16	160	16	49,1	38,5	4,55	1 175	103	
160×160×18	160	18	54,8	43,0	4,63	1 299	114	

Observaţii: Masa este calculată pentru dimensiunile nominale cu densităţi de 7,85 kg/dm³.



Oţel U economic UE (STAS 7552-66, reconfirmat 1977)

I — moment de inerţie

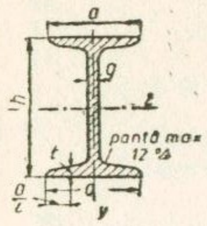
W_z — modul de rezistenţă

Denumirea profilului UE	Dimensiuni, în mm				Aria secţiunii A cm²	Masa G kg/m	Pentru axa de încovoiere				Obs.
							Z—Z		Y—Y		
	h	a	g	t			I_z cm⁴	W_z cm³	I_y cm⁴	W_y cm³	
5*	50	32	4,4	7,0	6,16	4,84	22,8	9,10	5,61	2,75	
6,5*	65	36	4,4	7,2	7,51	5,90	48,6	15,0	8,70	3,68	
8*	80	40	4,5	7,4	8,98	7,05	89,4	22,4	12,8	4,75	
10*	100	46	4,5	7,6	10,9	8,59	174	34,8	20,4	6,46	
12*	120	52	4,8	7,8	13,3	10,4	304	50,6	31,2	8,52	
14*	140	58	4,9	8,1	15,6	12,3	491	70,2	45,4	11,0	
16*	160	64	5,0	8,4	18,1	14,2	747	93,4	63,3	13,8	
18	180	70	5,1	8,7	20,7	16,3	1 090	121	86,0	17,0	
20	200	76	5,2	9,0	23,4	18,4	1 520	152	113	20,5	
22	220	82	5,4	9,5	26,7	21,0	2 110	192	151	25,1	
24	240	90	5,6	10,0	30,6	24,0	2 900	242	208	31,6	
27*	270	95	6,0	10,5	35,2	27,7	4 160	308	262	37,3	
30*	300	100	6,5	11,0	40,5	31,8	5 810	387	324	43,6	

Observaţii:

— Dimensiunile cu asterisc se laminează în limita posibilităţilor uzinelor producătoare, livrarea acestora se face numai cu acordul prealabil al Ministerului Industriei Metalurgice.

— Masa teoretică este calculată cu densitatea 7,85 kg/dm³.



Oţel I economic IE (STAS 6350-66 reconfirmat 1977)

I — momentul de inerţie

W — modulul de rezistenţă

Denumirea profilului IE	Dimensiuni, în mm				Aria secţiunii A cm²	Masa G kg/m	Pentru axa de încovoiere				Obs.
							Z—Z		Y—Y		
	h	a	g	t			I_z cm⁴	W_z cm³	I_y cm⁴	W_y cm³	
10*	100	55	4,5	7,2	12,0	9,46	198	39,7	17,9	6,49	
12*	120	64	4,8	7,3	14,7	11,5	350	58,4	27,9	8,72	
14*	140	73	4,9	7,5	17,4	13,7	572	81,7	41,9	11,5	
16*	160	81	5,0	7,8	20,2	15,9	873	109	58,6	14,5	
18	180	90	5,1	8,1	23,4	18,4	1 290	143	82,6	18,4	
20	200	100	5,2	8,4	26,8	21,0	1 840	184	115	23,1	
22	220	110	5,4	8,7	30,6	24,0	2 550	232	157	28,6	
24	240	115	5,6	9,5	34,8	27,3	3 460	289	198	34,5	
27*	270	125	6,0	9,8	40,2	31,5	5 010	371	260	41,5	
30*	300	135	6,5	10,2	46,5	36,5	7 080	472	337	49,9	
33*	330	140	7,0	11,2	53,8	42,2	9 840	597	419	59,9	
36*	360	145	7,5	12,3	61,9	48,6	13 380	743	516	71,1	
40*	400	155	8,0	13,0	71,4	56,1	18 930	947	666	85,9	

Observaţii:

— Dimensiunile cu asterisc se laminează în limita posibilităţilor uzinelor producătoare ; livrarea acestora se va face numai cu acordul prealabil al Ministerului Industriei Metalurgice.

— Masa teoretică este calculată cu densitatea 7,85 kg/dm³.

CUPRINS

PARTEA ÎNTÎI

Materiale de instalații

Cap. I. Materiale pentru instalații de alimentări cu apă și canalizări . . 3
I.1. Tuburi, țevi și piese de legătură pentru conducte de presiune . 3
I.2. Tuburi, țevi și piese de legătură pentru conducte de scurgere . 11
I.3. Armături pentru conducte de instalații 14
I.4. Măsuri de protecție a muncii la manipularea, transportul și depozitarea materialelor pentru instalații de alimentări cu apă și canalizări 21

Cap. II. Obiecte sanitare, accesorii și armături pentru obiecte sanitare . . 22
II.1. Obiecte sanitare 22
II.2. Accesorii pentru obiectele sanitare 29
II.3. Armături pentru obiecte sanitare 31
II.4. Perspective în domeniul instalațiilor sanitare 35
II.5. Măsuri de protecție a muncii la manipularea, transportul și depozitarea obiectelor, accesoriilor și armăturilor 37

Cap. III. Materiale pentru instalații de încălzire centrală 37
III.1. Țevi și piese de legătură 37
III.2. Corpuri și aparate de încălzire 38
III.3. Perspective în domeniul instalațiilor de încălzire 47
III.4. Măsuri de protecție a muncii la manipularea, transportul și depozitarea materialelor pentru instalații de încălzire centrală . 49

PARTEA A DOUA

Rezistența materialelor

Cap. IV. Obiectul rezistenței materialelor . . . . . .
IV.1. Bazele rezistenței materialelor . . . . . .
IV.2. Tipuri de solicitări. Ipoteze de bază . . . . . .

IV.3. Eforturi unitare admisibile. Coeficienţi de siguranţă . . . 59
Cap. V. Întinderea şi compresiunea 62
V.1. Caracterizarea solicitărilor de întindere şi compresiune . . 62
V.2. Curba caracteristică la întindere. Legea lui Hooke . . . 64
V.3. Dimensionarea şi verificarea barelor solicitate la întindere şi compresiune 70
V.4. Eforturi unitare şi deformaţii ţinînd seama de greutatea proprie . 75
V.5. Stabilitatea elastică a barelor drepte supuse la compresiune (flambaj) 79
Cap. VI. Forfecarea 83
VI.1. Caracterizarea solicitării de forfecare 83
VI.2. Dimensionarea şi verificarea pieselor solicitate la forfecare . 85
VI.3. Aplicaţii ale forfecării 87
Cap. VII. Încovoierea 95
VII.1. Caracterizarea solicitării de încovoiere 95
VII.2. Momente statice, momente de inerţie, module de rezistenţă . 99
VII.3. Dimensionarea şi verificarea elementelor solicitate la încovoiere 110
VII.4. Deformaţii la încovoiere 117
Cap. VIII. Aplicaţii practice şi lucrări de laborator 121
VIII.1. Încercări mecanice de laborator ale materialelor de construcţii şi instalaţii 121
VIII.2. Stabilirea valorilor caracteristice de rezistenţă ale principalelor materiale de construcţii şi instalaţii 130

Lei 6,45

EDITURA DIDACTICĂ ȘI PEDAGOGICĂ, BUCUREȘTI – 1982

Lei 6,45

EDITURA DIDACTICĂ ȘI PEDAGOGICĂ, BUCUREȘTI – 1982

MATERIALE DE CONSTRUCȚII ȘI INSTALAȚII

M. ALEXANDRU
M. BĂRZESCU

MATERIALE DE CONSTRUCȚII ȘI INSTALAȚII

Manual pentru licee industriale cu profil de construcții, clasa a X-a