

MINISTERUL TRANSPORTURILOR, CONSTRUCȚIILOR ȘI TURISMULUI

**ORDINUL Nr. 303
din 16.09.2003**

**pentru aprobarea reglementării tehnice
„Normativ privind proiectarea construcțiilor din lemn
(revizuire NP 005-96)", indicativ NP 005-03**

În conformitate cu prevederile art. 38 alin. 2 din Legea nr. 10/1995, privind calitatea în construcții, cu modificările ulterioare,

În temeiul prevederilor art. 2 pct, 45 și ale art. 5 alin. (4) din hotărârea Guvernului nr. 740/2003 privind organizarea și funcționarea Ministerului Transporturilor, Construcțiilor și Turismului,

Având în vedere avizul nr. 41/08.07.2003 al Comitetului Tehnic de Specialitate,
Ministrul transporturilor, construcțiilor și turismului emite următorul

ORDIN:

Art. 1. - Se aprobă reglementarea tehnică „Normativ privind proiectarea construcțiilor din lemn (revizuire NP 005-96)", indicativ NP 005-03, elaborată de Universitatea Tehnică de Construcții București prevăzută în anexa care face parte integrantă din prezentul ordin.

Art. 2. - Prezentul ordin va fi publicat în Monitorul Oficial al României, Partea I,

Art. 3. - La data publicării prezentului ordin își încetează valabilitatea reglementarea tehnică **Codul pentru calculul și alcătuirea lementelor de construcții din lemn**, indicativ NP 005-96, aprobată prin rdin MLPAT nr. 25/N/08.04.1996

Art. 4. - Direcția Generală Tehnică va aduce la îndeplinire prevederile prezentului ordin.

MINISTRU,

MIRON TUDOR MITREA

Anexa se publică în *Buletinul Construcțiilor* editat de Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare în Construcții și Economia Construcțiilor - INCERC București.

NORMATIV PRIVIND PROIECTAREA CONSTRUCȚIILOR

NORMATIV PRIVIND PROIECTAREA CONSTRUCȚIILOR DIN LEMN (REVIZUIRE NP 005-96) INDICATIV NP 005-03

Elaborat de:

UTCB - Facultatea de Construcții Civile, Industriale și Agricole,
Catedra de Construcții civile, inginerie urbană și tehnologică

Rector: prof. dr. ing. Petre PĂTRUȚ
Responsabil temă: prof. dr. ing. Măria DARIE
Colectiv de elaborare: prof. dr. ing. Măria DARIE
șef lucrări: ing. Ruxandra ERBAȘU
as. univ. ing. Lucian PANĂ
as. univ. ing. Momea PANTELIMON

Consultant: prof. dr ing. Mihai VOICULESCU

Avizat de:

DIRECȚIA GENERALĂ TEHNICĂ - M.T.C.T. -

Director general: ing. Ion STĂNESCU
Responsabil de temă: ing. Ion NICULESCU

CUPRINS

Cap. 1. Generalități

- 1.1. Obiect și domeniu de aplicare
- 1.2. Unități de măsură
- 1.3. Simboluri
- 1.4. Clasificare elementelor și a construcțiilor din lemn
- 1.5. Principii generale de alcătuire și calcul
 - 1.5.1. Verificarea elementelor
 - 1.5.2. Determinarea solicitărilor
 - 1.5.3. Caracteristicile materialului lemnos
 - 1.5.4. Condiții speciale de calcul
 - 1.5.5. Acțiuni

Cap. 2. Materiale

- 2.1. Specii de lemn utilizate și domenii de folosință
- 2.2. Masa volumică

- 2.3. Rezistențele caracteristice ale lemnului masiv la diferite solicitări
- 2.4. Rezistențele de calcul ale lemnului masiv
- 2.5. Elemente metalice pentru îmbinări și structuri mixte

Cap. 3. Prevederi generale privind proiectarea construcțiilor din lemn

- 3.1. Prescripții generale de proiectare
- 3.2. Prescripții generale de alcătuire și calcul
- 3.3. Stabilirea deschiderii de calcul
- 3.4. Deformații maxime admise
- 3.5. Lungimi de flambaj și coeficienți de zveltețe limită

Cap. 4. Calculul barelor din lemn cu secțiune simplă

- 4.1. Relații generale de calcul
- 4.2. Bare solicitate la întindere axială paralelă cu fibrele
- 4.3. Bare solicitate la compresiune axială paralelă cu fibrele
- 4.4. Bare solicitate la compresiune perpendiculară pe fibre
- 4.5. Bare solicitate la strivire oblică
- 4.6. Bare solicitate la forfecare
- 4.7. Bare solicitate la încovoiere
- 4.8. Bare solicitate la încovoiere oblică
- 4.9. Bare solicitate la întindere și încovoiere (întindere excentrică)
- 4.10. Bare solicitate la compresiune și încovoiere (compresiune excentrică)

Cap. 5. Calculul barelor din lemn cu secțiune compusă

- 5.1. Definiția barelor compuse și principii de calcul
- 5.2. Bare compuse solicitate la întindere axială
- 5.3. Bare compuse solicitate la compresiune axială
 - 5.3.1. Alcătuirea barelor compuse comprimate
 - 5.3.2. Calculul barelor compuse comprimate
 - 5.3.2.1. Bare pachet
 - 5.3.2.2. Bare cu fururi lungi și bare cu eclise continue
 - 5.3.2.3. Bare cu fururi scurte
- 5.4. Bare compuse solicitate la compresiune și încovoiere (compresiune excentrică)
- 5.5. Bare compuse solicitate la încovoiere
 - 5.5.1. Alcătuirea barelor compuse încovoiate
 - 5.5.2. Calculul grinzilor compuse solicitate la încovoiere

Cap. 6. Calculul și execuția îmbinărilor elementelor de construcție din lemn

- 6.1. Clasificarea îmbinărilor
- 6.2. Condițiile pe care trebuie să le îndeplinească îmbinările
- 6.3. Îmbinări prin chertare
 - 6.3.1. Elemente generale
 - 6.3.2. Îmbinări prin chertare la piese amplasate în prelungire
 - 6.3.3. Îmbinări prin chertare la piese dispuse perpendicular
 - 6.3.4. Îmbinări prin chertare la piese amplasate sub unghiul
 - 6.3.4.1. Date constructive
 - 6.3.4.2. Calculul îmbinărilor prin chertare frontală
- 6.4. Îmbinări cu pene prismatice din lemn și cu pene inelare metalice
 - 6.4.1. Îmbinări cu pene prismatice din lemn
 - 6.4.1.1. Date constructive

- 6.4.1.2. Calculul îmbinărilor cu pene prismatice din lemn
- 6.4.1.3. Stabilirea numărului necesar de pene și distribuirea lor pe lungimea elementului
- 6.4.2. Îmbinări cu pene inelare netede, dințate sau cu gheare
 - 6.4.2.1. Date constructive
 - 6.4.2.2. Calculul îmbinărilor cu pene metalice inelare
- 6.5. Îmbinări cu tije și cu pene lamelare flexibile
 - 6.5.1. Îmbinări cu tije cilindrice, prevederi generale
 - 6.5.2. Tipuri de tije cilindrice
 - 6.5.3. Date constructive privind îmbinările cu tije cilindrice elastice
 - 6.5.4. Capacitatea de rezistență a îmbinărilor cu tije
 - 6.5.5. Îmbinări cu pene lamelare flexibile; prevederi generale
 - 6.5.6. Date constructive privind îmbinările cu pene lamelare flexibile
 - 6.5.7. Capacitatea de rezistență a îmbinărilor cu pene lamelare flexibile
- 6.6. Îmbinări cu tije solicitate la smulgere
 - 6.6.1. Date constructive
 - 6.6.2. Capacitatea de rezistență a îmbinărilor cu tije solicitate la smulgere
- 6.7. Îmbinări cu asamblaje metalice
- 6.8. Îmbinări încheiate
 - 6.8.1. Elemente generale
 - 6.8.2. Date constructive și particularități privind realizarea elementelor încheiate

Cap. 7. Prezentarea elementelor, subansamblurilor și a construcțiilor din lemn împotriva biodegradării și a focului

Comentarii

NORMATIV PRIVIND PROIECTAREA CONSTRUCȚIILOR DIN LEMN (REVIZUIRE NP 005-96)	indicativ NP 005-03 înlocuiește: NP 005-96
---	---

Cap. 1. GENERALITĂȚI

1.1. Obiect și domeniu de aplicare

1.1.1. Prezenta normă tehnică stabilește reglementările de calcul și alcătuire constructivă a elementelor de construcție din lemn masiv utilizate la construcții civile, industriale și agrozootehnice.

1.1.2. Temperatura maximă a mediului ambiant în care pot fi exploatate construcțiile din lemn se limitează la maximum 55°C.

1.1.3. La proiectarea elementelor de construcție din lemn pentru asigurarea durabilității lor, trebuie să se țină seama de regimul de expunere la intemperii și la umiditate, precum și de condițiile specifice de exploatare. În funcție de acești factori, în proiectele de execuție se stabilesc:

- clasa de calitate a lemnului și specia utilizată;
- modul de alcătuire a elementelor de construcție;
- măsurile de preservare necesare.

1.1.4. Principiile de proiectare, rezistențele de calcul și prescripțiile constructive din prezenta normă pot fi aplicate și la proiectarea construcțiilor din lemn cu alte destinații decât cele de la punctul 1.1.1, ținând seama de condițiile tehnice specifice construcțiilor respective.

1.2. Unități de măsură

Unitățile de măsură folosite corespund sistemului internațional de măsuri SI:

- pentru forțe și încărcări concentrate.....N sau kN;
- pentru încărcări distribuite linear N/mm; kN/m;
- pentru încărcări distribuite pe suprafață.....N/mm²; kN/m²;
- pentru masa volumică kg/m³;
- pentru tensiuni normale și tangențiale N/mm²
(1N/mm² = 1M Pa);
- pentru momente încovoietoare.....Nmm sau kNm.

1.3. Simboluri

θ - temperatura mediului înconjurător;

φ_i - umiditate relativă a aerului;

$\rho_{0,05}$ - valoarea maximă a masei volumice, fractilul de 95 %;

$\rho_{0,95}$ - valoarea minimă a masei volumice, fractilul de 5 %;

0,95 - fractilul de 95 %;

0,05 - fractilul de 5 %;

R - rezistența caracteristică;

R_i - rezistența caracteristică la încovoiere statică;

R_t - rezistența caracteristică la întindere;

$R_{c||}$ - rezistența caracteristică la compresiune în lungul fibrelor;

$R_{c\perp}$ - rezistența caracteristică la compresiune în plan normal pe direcția fibrelor;

$R_{f||}$ - rezistența caracteristică la forfecare în lungul fibrelor;

$R_{f\perp}$ - rezistența caracteristică la forfecare în plan normal pe direcția fibrelor;

$E_{0,05}$ - valoarea caracteristică a modului longitudinal de elasticitate;

E - modulul longitudinal de elasticitate;

$G_{0,05}$ - valoarea caracteristică a modului transversal de elasticitate;

G - modulul transversal de elasticitate;

R_l^c - rezistența de calcul;

m_{u1} - coeficienți ai condițiilor de lucru care introduc în calcul umiditatea de echilibru a materialului lemnos;

m_{ui} - coeficienți ai condițiilor de lucru care introduc în calcul umiditatea de echilibru a materialului lemnos pentru încovoierea statică;

m_{ut} - coeficienți ai condițiilor de lucru care introduc în calcul umiditatea de echilibru a materialului lemnos pentru întindere;

$m_{uc||}$ - coeficienți ai condițiilor de lucru care introduc în calcul umiditatea de echilibru a materialului lemnos pentru compresiune în lungul fibrelor;

$m_{uc\perp}$ - coeficienți ai condițiilor de lucru care introduc în calcul umiditatea de echilibru a materialului lemnos pentru compresiune în plan normal pe direcția fibrelor;

$m_{uf||}$ - coeficienți ai condițiilor de lucru care introduc în calcul umiditatea de echilibru a materialului lemnos pentru forfecare în lungul fibrelor;

$m_{uf\perp}$ - coeficienți ai condițiilor de lucru care introduc în calcul umiditatea de echilibru a materialului lemnos pentru forfecare în plan normal pe direcția fibrelor;

m_{uE} - coeficienți ai condițiilor de lucru care introduc în calcul umiditatea de echilibru a materialului lemnos pentru modulul longitudinal de elasticitate la încovoiere statică;

m_{ch} - coeficienți ai condițiilor de lucru stabiliți în funcție de durata de acțiune a încărcărilor;

m_{df} - coeficienți ai condițiilor de lucru stabiliți în funcție de durata de acțiune a încărcărilor pentru încovoiere statică și forfecare;

m_{dc} - coeficienți ai condițiilor de lucru stabiliți în funcție de durata de acțiune a încărcărilor pentru compresiune;

m_{dt} - coeficienți ai condițiilor de lucru stabiliți în funcție de durata de acțiune a încărcărilor pentru întindere;

m_{dE} - coeficienți ai condițiilor de lucru stabiliți în funcție de durata de acțiune a încărcărilor pentru modulul longitudinal de elasticitate;

γ_1 - coeficienți parțiali de siguranță;

γ_i - coeficienți parțiali de siguranță la încovoiere;

γ_t - coeficienți parțiali de siguranță la întindere;

$\gamma_{c||}$ - coeficienți parțiali de siguranță pentru compresiune în lungul fibrelor;

$\gamma_{c\perp}$ - coeficienți parțiali de siguranță pentru compresiune în plan normal pe direcția fibrelor;

$\gamma_{f||}$ - coeficienți parțiali de siguranță pentru forfecare în lungul fibrelor;

$\gamma_{f\perp}$ - coeficienți parțiali de siguranță pentru forfecare în plan normal pe direcția fibrelor;

f - coeficient de frecare;

a - adâncimea maximă a chertării;

b - grosimea secțiunii transversale;

h - înălțimea secțiunii transversale;

c - lungimea minimă a chertării;

l_o - lumina golului;

l_c - deschidere de calcul;

$f_{max,final}$ - deformație maximă finală la încovoiere;

f_1 - săgeata datorată încărcărilor permanente;

f_2 - săgeata datorată încărcărilor temporare;

f_i - săgeata datorată deformației îmbinărilor;

f_c - kontrasăgeata inițială a grinzii neîncărcate;

$f_{1,mst}$ - săgeata instantanee datorată încărcărilor permanente;

$f_{2,mst}$ - săgeata instantanee datorată încărcărilor temporare;

k_{def} - coeficient care ia în considerare durata de acțiune a încărcărilor și clasa de exploatare a construcției;

L - efort efectiv în tijă;

L_{cap} - efort capabil în tijă;

l_f - lungime de flambaj;

λ_a - zveltețe admisibilă;

λ_f - coeficient de zveltețe;

F_i - capacitate de rezistență a barei la solicitarea i ;

S_i - caracteristica sectională;

m_T - coeficient de tratare;

A_{net} - arie netă;

T_r - capacitate de rezistență la întindere;

A_{brut} - arie brută;

$A_{slabiri}$ - arie slăbiri;

A_{calcul} - arie de calcul;

C_r - capacitate de rezistență la compresiune axială paralelă cu fibrele;

φ_c - coeficient de flambaj;

R_f^c - rezistență de calcul la încovoiere statică;

R_t^c - rezistență de calcul la întindere;
 $R_{c||}^c$ - rezistență de calcul la compresiune în lungul fibrelor;
 $R_{c\perp}^c$ - rezistență de calcul la compresiune în plan normal pe direcția fibrelor;
 $R_{f||}^c$ - rezistență de calcul la forfecare în lungul fibrelor;
 $R_{f\perp}^c$ - rezistență de calcul la forfecare în plan normal pe direcția fibrelor;
 λ - zveltețe;
 Q_r - capacitate de rezistență la compresiune în plan normal pe direcția fibrelor;
 A_c - arie de contact;
 m_r - coeficient de reazem;
 $R_{c\alpha}^c$ - rezistență la strivire sub unghi α ;
 i - rază de girație;
 α - unghiul de înclinare a forței față de direcția fibrelor;
 A_s - arie de strivire;
 N_r - capacitatea de rezistență la strivire sub unghi α ;
 V_r - capacitate de rezistență la forfecare în plan normal pe direcția fibrelor;
 A_f - aria secțiunii care se foarfecă;
 F_r - capacitate de rezistență la forfecare în lungul fibrelor;
 m_f - coeficient de frecare;
 β - coeficient ce ține cont de tipul forfecării;
 l_p - lungimea pragului de forfecare;
 e - excentricitate de aplicare a forței;
 M_r - capacitate de rezistență la încovoiere;
 W_{calcul} - modul de rezistență de calcul;
 W_{brut} - modul de rezistență brut;
 L_r - capacitate de rezistență la lunecare;

 I - moment de inerție;
 S - moment static;
 f_{adm} - deformație maximă admisibilă;
 M_r^x - capacitate de rezistență la încovoiere pe direcția x ;
 M_r^y - capacitate de rezistență la încovoiere pe direcția y ;
 M_{ef}^x - moment încovoietor efectiv pe direcția x ;
 M_{ef}^y - moment încovoietor efectiv pe direcția y ;
 $f_{\text{max,final}}^x$ - deformație maximă finală la încovoiere pe direcția x ;
 $f_{\text{max,final}}^y$ - deformație maximă finală la încovoiere pe direcția y ;
 T_{ef} - efort de întindere axial de calcul;
 M_{ef} - moment încovoietor de calcul;
 C_{ef} - efort de compresiune axial de calcul;
 M_{ef}^f - moment încovoietor maxim final;
 C_E - efort axial de compresiune pe direcția de aplicare a momentului;
 L_{ef}^f - forța tăietoare de calcul;
 m_R - coeficient de repartiție a încărcărilor;
 $T_{r,i}$ - capacitate de rezistență la întindere axială a elementului i ;
 R_t^c - rezistență de calcul a lemnului masiv la întindere axială;
 $A_{\text{net},i}$ - arie netă a secțiunii de calcul, pentru bara i ;
 m_T - coeficient de tratare a lemnului;
 E - modul de elasticitate;
 T_r - capacitate de rezistență a unei bare compuse din lemn, supusă la întindere axială;
 T_{ef} - forță totală efectivă de întindere într-o bară compusă;
 $T_{\text{ef},i}$ - forță efectivă de întindere aferentă elementului;

$A_{brut,i}$ - brută a secțiunii de calcul, pentru bara i ;
 $C_{r,x}$ - capacitate de rezistență la compresiune a barelor pachet în raport cu axa $x-x$ normală pe rosturi;
 $R_{c||}^c$ - rezistență de calcul a lemnului masiv la compresiune axială, paralelă cu fibrele;
 A_{calcul} - aria secțiunii de calcul a tuturor elementelor componente ale barei pachet;
 φ_{xc} - coeficient de flambaj, în raport cu axa $x-x$;
 $C_{r,y}$ - capacitate portantă la compresiune a barelor pachet în raport cu axa $y-y$ paralelă cu rosturile;
 φ_{yc} - coeficient de flambaj, în raport cu axa $y-y$;
 λ_y^{tr} - coeficient de zveltețe transformat al barei, în raport cu axa $y-y$;
 μ - coeficient de majorare a zvelteții barei compuse;
 λ_y - coeficient de zveltețe a barei, în raport cu axa $y-y$;
 k - coeficient de calcul;
 b - dimensiunea secțiunii transversale a unei bare compuse, paralelă cu rosturile;
 h - dimensiunea secțiunii transversale a unei bare compuse, în sens perpendicular pe rosturi;
 r - număr de rosturi;
 l_f - lungime de flambaj a barei;
 n_e - număr efectiv de secțiuni de forfecare;
 d - diametru tijă;
 a - grosimea celei mai subțiri piese din pachet;
 A_p - aria elementelor principale ale barei compuse;
 λ_x - coeficient de zveltețe a barei, în raport cu axa $x-x$;
 i_x - rază minimă de girație a secțiunii, în raport cu axa $x-x$;
 $I_{p,x}$ - moment de inerție al elementelor principale, în raport cu centrul de greutate al secțiunii, după axa $y-y$;
 $I_{s,x}$ - moment de inerție al elementelor secundare, în raport cu centrul de greutate al secțiunii, după axa $v-v$;
 i_y - rază de girație a secțiunii, în raport cu axa $y-y$;
 $I_{p,y}$ - moment de inerție al elementelor principale, în raport cu centrul de greutate al secțiunii, după axa $y-y$;
 $I_{s,y}$ - moment de inerție al elementelor secundare, în raport cu centrul de greutate al secțiunii, după axa $y-y$;
 λ_y^e - coeficient de zveltețe echivalent al barei, în raport cu axa $y-y$;
 n - numărul de elemente principale;
 λ_1 - coeficient de zveltețe al unui element izolat;
 l_1 - distanță dintre două fururi scurte;
 i_1 - rază de girație, în raport cu axa $y-y$, a unui element izolat;
 I_1 - moment de inerție al unui element izolat, în raport cu centrul de greutate al secțiunii, după axa $y-y$;
 A_1 - arie a unui element izolat;
 C_{ef} - efort de compresiune efectiv;
 C_r - capacitate portantă a barei la compresiune;
 M_{ef}^f - moment încovoietor maxim final, în raport cu axa perpendiculară pe direcția de acțiune a forțelor;
 M_r^c - capacitate de rezistență corectată a barei la încovoiere, în raport cu axa perpendiculară pe direcția de acțiune a forțelor;
 k_w - coeficient de reducere a modulului de rezistență;
 R_i^c - rezistență de calcul a lemnului masiv la încovoiere statică;

W_{calcul}^y - modul de rezistență în raport cu axa y-y, pentru secțiunea cea mai solicitată a elementului compus;

L_t - forță de lunecare totală;

S - moment static al secțiunii în raport cu axa neutră, perpendiculară pe planul de acțiune al solicitărilor;

I - moment de inerție brut al secțiunii în raport cu axa principală de inerție, perpendiculară pe planul de acțiune a solicitărilor;

A_t^f, A_T - suprafață a diagramei forței tăietoare;

L_{ri} - capacitate de rezistență a elementelor de îmbinare;

f_1 - factor de distribuție al forței de lunecare la mijloacele de îmbinare;

n - număr de elemente de îmbinare;

L_a - capacitate de rezistență a unui element de îmbinare;

C_{rx} - capacitate de rezistență a barei la compresiune, în raport cu axa x-x;

M_{efx}^f - moment încovoietor maxim final, stabilit în raport cu axa x-x, perpendiculară pe direcția de acțiune a forțelor;

M_{rx} - capacitate de rezistență a barei la încovoiere, în raport cu axa x-x;

M_r - capacitate de rezistență la încovoiere;

W_{calcul}^c - modul de rezistență la încovoiere corectat;

W_{net} - modul de rezistență al secțiunii nete a barei;

I_c - moment de inerție corectat;

k_t - coeficient de reducere a momentului de inerție;

I_{brut} - moment de inerție al secțiunii brute, în raport cu axa neutră;

$R_{\text{str II}}^c$ - rezistența la strivire perpendiculară pe fibra lemnului, cu valoare de calcul;

$R_{c \text{ II}}^c$ - rezistența la compresiune perpendiculară pe fibra lemnului, cu valoare de calcul;

Q_{ri} - capacitate de rezistență a îmbinărilor la piese amplasate perpendicular;

$R_{c\perp}^c$ - rezistența la compresiune perpendiculară pe fibra lemnului, cu valoare de calcul;

A_c - arie de contact dintre două elemente de lemn dispuse perpendicular;

m_T - coeficient de tratare a lemnului;

m_r - coeficient de reazem;

Q_{ef} - efort efectiv de compresiune perpendiculară pe fibra lemnului, la piese dispuse perpendicular;

α - unghi format de direcția de acționare a efortului de compresiune și direcția orizontală;

h_c - înălțime prag de chertare (adâncimea chertării);

h - înălțime element în secțiune transversală;

l_p - lungime prag de chertare;

l_f - lungime de forfecare a pragului de chertare;

h_{c1} - înălțime a primului prag de chertare (adâncimea chertării);

h_{c2} - înălțime a celui de-al doilea prag de chertare (adâncimea chertării);

l_{p1} - lungime a primului prag de chertare;

l_{p2} - lungime a celui de-al doilea prag de chertare;

l_{f1} - lungime de forfecare a primului prag de chertare;

l_{f2} - lungime de forfecare a celui de-al doilea prag de chertare;

N_r - capacitate de rezistență la strivire sub unghiul α a unei îmbinări prin chertare frontală cu prag simplu;

C_r - capacitate de rezistență a zonei comprimate (strivite), paralel cu direcția fibrelor;

N_r - capacitate de rezistență la strivire sub unghiul α a unei îmbinări prin chertare frontală cu prag simplu;

C_r - capacitate de rezistență a zonei comprimate (strivite), paralel cu direcția fibrelor;

Q_r - capacitate de rezistență a zonei comprimate (strivite), perpendicular pe direcția fibrelor;

α - unghi determinat între direcția de acțiune a forței de compresiune și direcția orizontală;

$R_{c||}^c$ - rezistență de calcul a lemnului masiv la compresiune axială, paralelă cu fibrele;

$R_{c\perp}^c$ - rezistență de calcul a lemnului masiv la compresiune, perpendiculară pe direcția fibrelor;

$A_{p||}$ - proiecția suprafeței pragului pe direcție paralelă cu fibrele piesei care se strivește;

$A_{p\perp}$ - proiecția suprafeței pragului pe direcție perpendiculară cu fibrele piesei care se strivește;

m_r - coeficient de reazem;

N_r^t - capacitate de rezistență totală la strivire a unei îmbinări frontale cu prag dublu;

$N_{r,1}$ - capacitate de rezistență la strivire a primului prag de chertare;

$N_{r,2}$ - capacitate de rezistență la strivire a celui de-al doilea prag de chertare;

F_r - capacitate de rezistență a pragului la forfecare;

$R_{f||}^c$ - rezistență de calcul a lemnului masiv la forfecare paralelă cu fibrele;

A_f - aria pragului la forfecare;

m_f - coeficient de forfecare;

$F_{r,1}$ - capacitate de rezistență a primului prag de chertare la forfecare;

$F_{r,2}$ - capacitate de rezistență a celui de-al doilea prag de chertare la forfecare;

A_{f1} - arie de forfecare a primului prag de chertare;

A_{f2} - arie de forfecare a celui de-al doilea prag de chertare;

m_{f1} - coeficient de forfecare corespunzător primului prag de chertare;

m_{f2} - coeficient de forfecare corespunzător celui de-al doilea prag de chertare;

F_{ef} - forță efectivă de forfecare;

F_{ef1} - forță efectivă de forfecare, corespunzătoare primului prag de chertare;

F_{ef2} - forță efectivă de forfecare, corespunzătoare celui de-al doilea prag de chertare;

N_{cef} - încărcare efectivă de calcul, care acționează perpendicular pe pragul de chertare;

N_{cef1} - încărcare efectivă de calcul, aferentă primului prag de chertare;

N_{cef2} - încărcare efectivă de calcul, care acționează perpendicular pe pragul de chertare;

A_{s1} - arie de strivire a primului prag de chertare;

A_{s2} - arie de strivire a celui de-al doilea prag de chertare;

$N_{efbulon}$ - efort axial din bulonul de solidarizare;

$N_{capbulon}$ - capacitate de rezistență a bulonului de solidarizare;

n_b - număr de buloane;

N_c - efort axial efectiv de compresiune în îmbinare;

α - unghi între piesele îmbinate;

A_{net} - arie netă a bulonului de solidarizare;

R_{ot} - rezistență de calcul a oțelului la întindere;

m_o - coeficient de lucru al bulonului în îmbinare;

V_{ef} - reacțiune verticală în îmbinare;

Q_{ri} - capacitate de rezistență la strivire perpendiculară pe fibre;

n - număr de cuie necesare;

L - componentă orizontală a efortului din bulonul de solidarizare;

L_a - capacitate de rezistență minimă a unei tije;

l_p - lungime pană de îmbinare;

L_{efp} - efort de lunecare care acționează asupra unei pene;

L_{caps} - capacitate de rezistență a unei pene;

R_c^c - rezistență de calcul a lemnului la compresiune;

A_s - suprafață de strivire a penei;
 m_r - coeficient de reazem;
 $L_{cap\ s}^{oblic}$ - capacitate de rezistență a unei pene la strivire;
 $L_{cap\ s}^{\parallel}$ - capacitate de rezistență a unei pene la strivire paralelă cu fibrele;
 $L_{cap\ s}^{\perp}$ - capacitate de rezistență a unei pene la strivire perpendiculară pe fibre;
 β - unghi de înclinare a laturii scurte a penei;
 $L_{cap\ f}^p$ - capacitate de rezistență a unei pene, stabilită din condiția de forfecare;
 R_{f}^c - rezistență de calcul a lemnului la forfecare;
 A_f - suprafață de forfecare a penei;
 m_f - coeficient de forfecare;
 b_p - lățime a suprafeței de forfecare;
 $L_{ef\ g}$ - efort de lunecare pe grindă;
 $L_{cap\ f}^g$ - capacitate de rezistență a grinzii pe porțiunea dintre două pene, stabilită din condiția de forfecare;
 $R_{f\ II}^c$ - rezistență de calcul a lemnului la forfecare paralelă cu fibrele;
 A_f^g - suprafață de forfecare a grinzii între două pene;
 A_{nec}^{brut} - arie brută a buloanelor de strângere;
 k_{sl} - coeficient care ține cont de slăbiri în zona filetată a bulonului;
 Q_b - efort în bulon;
 c - interspațiu între elementele îmbinate;
 n_p^{nec} - număr necesar de pene;
 L^{total} - lunecare din încovoiere pe întreaga lungime a elementelor care se îmbină;
 $L_{cap\ min}^p$ - efort minim capabil al unei pene;
 d_p - diametru interior până inelară;
 b_p - înălțime până inelară;

 t_p - grosime inel până inelară;
 z - fantă tăiată după generatoare a unei pene inelare netede reglabile;
 s_1 - distanță între centrele a două pene consecutive;
 s_2 - distanță între centrul penei și capătul elementului de îmbinat, tăiat drept;
 s_3 - distanță între centrul penei și capătul elementului de îmbinat, tăiat oblic;
 $L_{ef\ p}$ - efort efectiv care acționează asupra unei pene;
 L_{cap}^p - capacitate de rezistență minimă a unei pene;
 $L_{cap\ s}^p$ - capacitate de rezistență a unei pene stabilită din condiția de strivire;
 m_u - coeficient de utilizare a miezului de lemn din interiorul penei;
 β - coeficient de neuniformitate a distribuției eforturilor unitare tangențiale pe suprafața de forfecare;
 l_f - lungime prag de forfecare;
 e - braț de pârghie al cuplului de forfecare;
 a - grosime dulap de lemn;
 k_{α} - coeficient de reducere a capacității de rezistență a penelor;
 α - unghi determinat de direcția efortului ce acționează asupra unei pene și direcția fibrelor piesei de lemn;
 n_{pene}^{nec} - număr necesar de pene inelare;
 N^{total} - efort axial total;
 d - diametru tijă;
 l_{gaura} - adâncime de pătrundere a unei tije introduse prin batere sau înșurubare;
 l_{tija} - lungime tijă;
 d_{gaura} - diametru gaură pregătită pentru introducerea unui bulon;

d_{tija} - diametru tijă;
 $L_{nec\ cui}$ - lungime necesară a unui cui;
 n - număr piese din pachet;
 c - grosime piese din pachet;
 l - grosime pachet piese lemn, care se strânge cu buloane;
 s_1 - distanță între axele tijelor în lungul fibrelor elementului;
 s_2 - distanță de la tije până la capătul elementului din lemn, în sens longitudinal fibrelor;
 s_3 - distanță între axele tijelor pe direcția transversală fibrelor elementului;
 s_4 - distanță între ultimul rând de tije și marginea elementului din lemn, pe direcția transversală fibrelor elementului;
 c - grosimea celei mai subțiri piese din pachet;
 $L_{cap\ i}$ - capacitate de rezistență a unei îmbinări cu tije;
 γ - coeficient parțial de siguranță;
 $L_{mm\ t}$ - capacitate de rezistență minimă a unei tije, într-o secțiune de forfecare;
 n_t - număr tije;
 n_f - număr secțiuni de forfecare în care lucrează tijele;
 m_u - coeficient al condițiilor de lucru;
 m_R - coeficient care introduce în calcul repartiția neuniformă a încărcărilor la tije;
 $L_{cap\ t}$ - capacitate de rezistență a unei tije într-o secțiune de forfecare;
 k_e - coeficient de multiplicare;
 $(k_e)^{1/2}$ - coeficient de multiplicare;
 $L_{cap\ c}$ - capacitate de rezistență a unei tije cilindrice la strivirea elementelor centrale, pentru o secțiune de forfecare;

$L_{cap\ m}$ - capacitate de rezistență a unei tije cilindrice la strivirea elementelor marginale, pentru o secțiune de forfecare;

$L_{cap\ inc}$ - capacitate de rezistență a unei tije cilindrice la încovoierea tijeii, pentru o secțiune de forfecare;

c - grosime a celei mai subțiri piese centrale;

a - grosime a celei mai subțiri piese marginale;

k_α - coeficient de multiplicare;

$(k_\alpha)^{1/2}$ - coeficient de multiplicare;

h_c - adâncime locaș în grindă;

$L_{cap\ min}$ - capacitate de rezistență a unei pene lamelare flexibile din lemn;

$L_{cap\ s}$ - capacitate de rezistență a unei pene lamelare flexibile din lemn, stabilită din condiția de strivire a lemnului;

$L_{cap\ i}$ - capacitate de rezistență a unei pene lamelare flexibile din lemn, stabilită din condiția de încovoiere a penei;

$R_{s\perp}^c$ - rezistență de calcul a lemnului la compresiune perpendiculară pe fibre;

R_i^c - rezistență de calcul a lemnului la încovoiere statică;

b_p - lățime pană;

h_p - înălțime pană;

t_p - grosime pană;

$m_{s\perp}$ - coeficient de variație a distribuției eforturilor de strivire pe înălțimea penei;

m_i - coeficient de variație a eforturilor unitare din încovoiere;

$L_{cap\ s}$ - capacitate de rezistență a unei pene lamelare flexibile din oțel, stabilită din condiția de strivire a lemnului;

$R_{c\ II}^c$ - rezistență de calcul a lemnului la compresiune paralelă cu fibrele;

$m_{s||}$ - coeficient de variație pe înălțimea penei a distribuției eforturilor de strivire paralelă cu fibrele;

l_s - lungime de încastrare a tije;

a - grosimea elementului care se susține;

l - lungime a tije șurubului;

$N_{cap s}$ - capacitate de rezistență a unei îmbinări cu tije solicitată la smulgere;

π - 3,14

d_c - diametru cui;

l_c - lungime de încastrare a cuiului;

R_s^c - rezistență la smulgere a unei tije;

d_s - diametru șurub;

l_s - lungime de încastrare a șurubului.

1.4. Clasificarea elementelor și a construcțiilor din lemn

1.4.1. Din punctul de vedere al raportului dimensiunilor geometrice elementele de construcție din lemn se clasifică în:

- *elemente lineare (bare)*, la care lungimea elementului sensibil mai mare decât dimensiunile secțiunii transversale (grinzi simple sau compuse, stâlpi);

- *structuri plane*, la care una dintre dimensiunile elementului este sensibil mai mică decât celelalte două și care pot prelua forțe în planul acestora (grinzi cu zăbrele, arce, cadre etc); pentru asigurarea stabilității în plan transversal pe planul elementului se iau măsuri suplimentare de rigidizare contravântuire;

- *structuri spațiale*, dezvoltate tridimensional, care preiau solicitări pe trei direcții.

1.4.2. În prezenta specificație tehnică construcțiile și elementele de construcție din lemn se clasifică, în funcție de durata de exploatare în: definitive și provizorii.

Observație: În categoria elementelor și construcțiilor provizorii se includ: elementele din lemn pentru cofraje, eșafodaje și susțineri precum și construcțiile demontabile și remontabile cu durata de exploatare pe un amplasament sub doi ani.

1.4.3. Din punctul de vedere al condițiilor în care se exploatează elementele de construcție din lemn, se definesc următoarele clase de exploatare:

• *clasa 1 de exploatare*, caracterizată prin umiditatea continuii de materialul lemnos corespunzătoare unei temperaturi $\theta = 20 \pm 2^\circ\text{C}$ și a unei umidități relative a aerului $\varphi_i \leq 65\%$;

• *clasa 2 de exploatare*, caracterizată prin umiditatea conținută de materialul lemnos corespunzătoare unei temperaturi $\theta = 20 \pm 2^\circ\text{C}$ și a unei umidități relative a aerului $65\% \leq \varphi_i \leq 80\%$;

• *clasa 3 de exploatare*, caracterizată prin umiditatea conținută de materialul lemnos superioară celei de la clasa 2 de exploatare.

1.4.4. La elementele de construcție din lemn exploatate în clasa 1, umiditatea de echilibru a lemnului nu va depăși 12 %, iar la cele din clasa 2, umiditatea de echilibru a lemnului nu va depăși 20 %.

1.4.5. Variația umidității de echilibru a lemnului în funcție de umiditatea relativă a aerului interior, la diferite temperaturi, sunt rezentate în figurile 1.1 și 1.2.

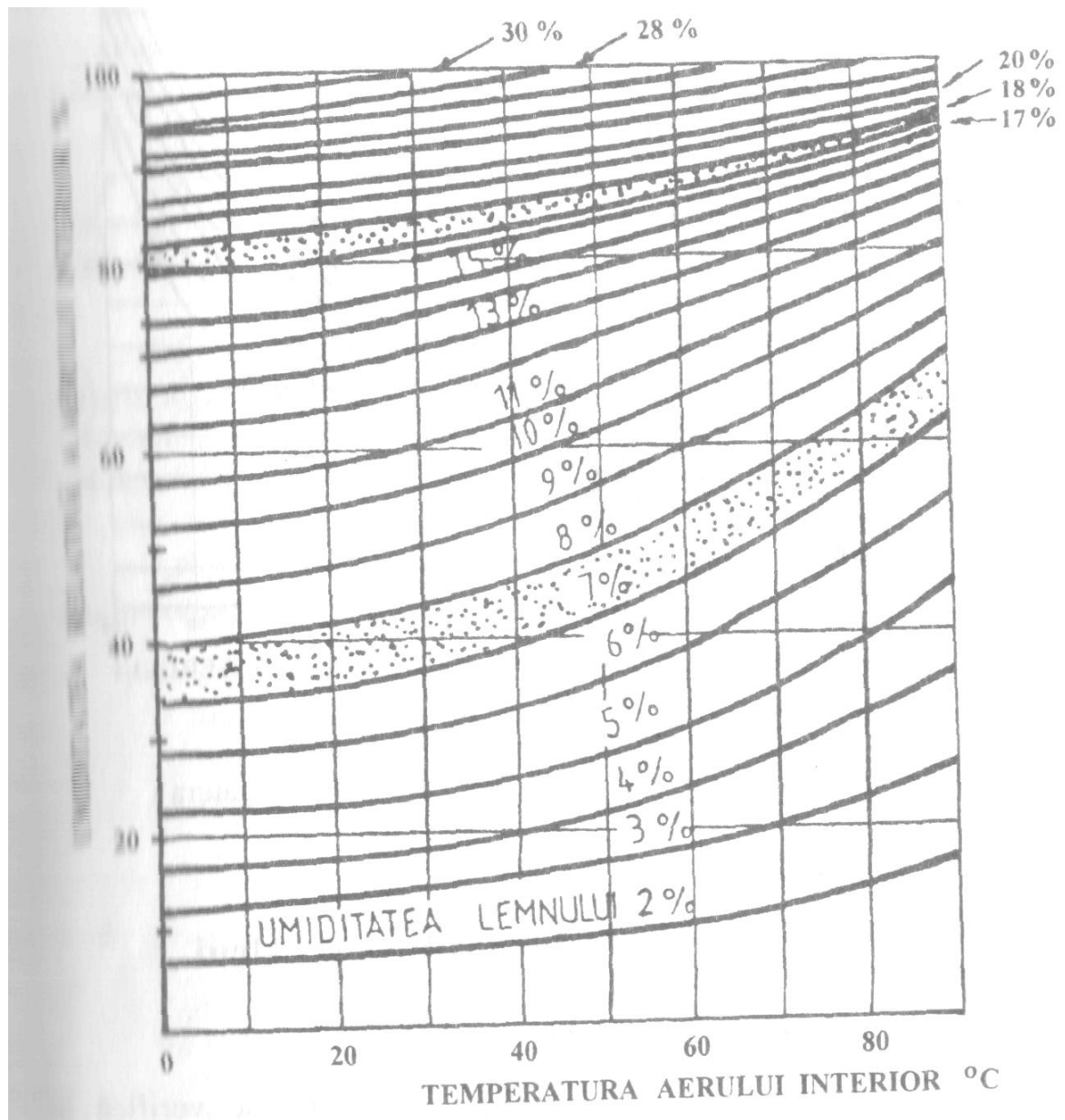


Fig. 1.1. Curbele de echilibru higroscopic a lemnului, în funcție de condițiile de mediu

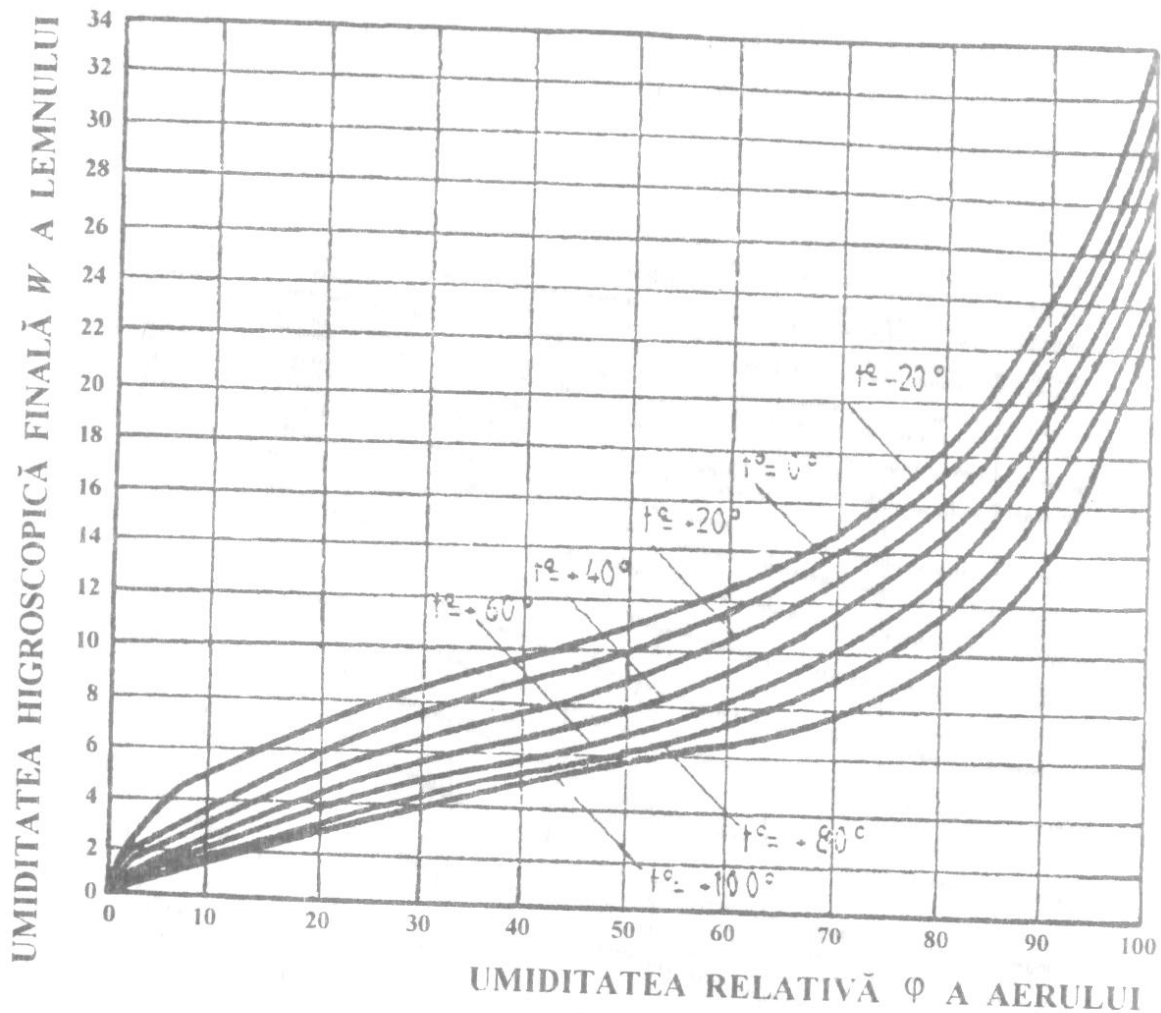


Fig. 1.2: Umiditatea de echilibru a lemnului, W ,
 în funcție de umiditatea relativă a aerului, φ , la temperatura t

1.5. Principii generale de alcătuire și calcul

1.5.1. Verificarea elementelor

1.5.1.1. Elementele și construcțiile din lemn se verifică în domeniul elastic al comportării materialului.

1.5.1.2. Calculul elementelor de construcție din lemn se face pe baza principiilor generale de verificare a siguranței construcțiilor prevăzute în STAS 10100/0-75, prin verificarea comportării corespunzătoare față de stările limită ce pot apare în diferite etape (execuție, exploatare, perioade de reparație). Verificarea se face ținând seama de cele mai defavorabile ipoteze de solicitare și de cele mai defavorabile caracteristici ale materialelor, ce pot apare în condițiile considerate.

1.5.1.3. Stabilirea celor mai defavorabile condiții de solicitare luate în calcul se va face conform prevederilor de la punctul 1.5.2.

1.5.1.4. Stabilirea celor mai defavorabile caracteristici ale lemnului de construcție luate în considerare în calcul se va face conform prevederilor de la punctul 1.5.3.

1.5.1.5. Influența unor abateri sistematice, a unor alcătuiți particulare a unor condiții speciale de exploatare sau a unor simplificări introduse în calcule se iau în considerare prin intermediul unor coeficienți ai condițiilor de lucru pentru element.

1.5.1.6. La calculul elementelor și a construcțiilor din lemn se iau în coninsiderare următoarele stări limită:

a) *stări limită ultime* ce corespund epuizării capacității de rezistență sau unei alte pierderi ireversibile a calităților necesare exploatării construcțiilor; principalele fenomene ce pot să conducă la apariția acestora sunt:

- ruperi de diferite naturi;
- pierderea stabilității formei sau a poziției;
- stări care implică ieșirea din lucru a construcției datorită unor deformații remanente excesive.

b) *stări limită ale exploatării normale* ce corespund întreruperii capacității de asigurare a unei exploatări normale a elementelor de construcție; principalele fenomene ce pot să conducă la apariția acestei categorii de stări limită sunt deplasările statice sau dinamice excesive.

Observație: în afara verificărilor menționate, prin proiectare să se asigure durabilitatea construcției din lemn la biodegradare printr-o alcătuire corespunzătoare și măsuri de prezervare.

1.5.2. Determinarea solicitărilor

1.5.2.1. La determinarea solicitărilor pentru verificarea la diferite stări limită se va lua în considerare modul real de lucru al elementelor sau al structurii în ansamblu la starea limită considerată ținând cont și de caracterul construcției (definitivă sau provizorie).

1.5.2.2. Calculul solicitărilor se face cu luarea în considerare a încărcărilor conform prevederilor din STAS 10101/0-75, valorile normate și de calcul fiind stabilite conform standardelor pentru diferite categorii de încărcări.

1.5.2.3. În relațiile de calcul din normativ, solicitările suni considerate cu valorile lor absolute.

1.5.3. Caracteristicile materialului lemnos

1.5.3.1. Valorile de calcul ale rezistențelor diferitelor specii de lemn utilizate în tehnica construcțiilor sunt stabilite în capitolul 2 pe baza valorilor rezistențelor caracteristice ale lemnului natural (cu defecte), ținând seama de fluajul lemnului, de clasa de exploatare a construcției și de siguranța necesară în exploatare.

1.5.3.2. Proiectantul va analiza condițiile reale de exploatare a elementelor și construcțiilor din lemn, care pot conduce la modificarea caracteristicilor mecanice ale materialului lemnos și va introduce în calcul coeficienți ai condițiilor de lucru specifici.

1.5.4. Condiții speciale de calcul

1.5.4.1. Pentru construcțiile de importanță excepțională, nominalizate de către organele abilitate prin lege, pot fi admise măsuri de asigurare la nivel superior celui din prezentul normativ și pot fi adoptate prescripții speciale; proiectele astfel elaborate se aprobă de către organele stabilite prin lege.

1.5.4.2. Pentru construcțiile din lemn de serie mare (de ex: case prefabricate) se pot folosi și alte relații de calcul decât cele cuprinse în prezentul standard, sau se pot introduce coeficienți suplimentari ai nilițiilor de lucru, pe baza unor justificări teoretice și verificări experimentale concludente; se pot, de asemenea, adopta dispoziții distinctive speciale, verificate experimental.

1.5.4.3. La elementele de importanță secundară, pentru verificările la stările limită ale exploataării normale se permite să se utilizeze metode de calcul simplificate, sau să se verifice numai satisfacerea unor condiții constructive corespunzătoare, dacă aceste prevederi nu conduc la rezolvări neacoperitoare prin calcul sau la un consum sporit de material.

1.5.5. Acțiuni

1.5.5.1. Valorile încărcărilor normate și ale coeficienților linii de siguranță aplicați încărcărilor se stabilesc pe baza standardelor de acțiuni în vigoare.

1.5.5.2. Efectul variațiilor de temperatură climatică nu se ia în considerare la calculul construcțiilor din lemn. Variația dimensională a lemnului în lungul fibrelor la variații de temperatură este mult mai redusă decât la celelalte materiale de construcții. Coeficientul de dilatare termică a lemnului în lungul fibrelor este de 3...6 milionimi din lungime pentru fiecare grad de creștere a temperaturii, iar normal pe fibre este de aproximativ 10 ori mai mare. Valoarea redusă a dilatației dimensionale a lemnului în lungul fibrelor la variații de temperatură elimină necesitatea prevederii de rosturi de dilatație.

1.5.5.3. În cazul unor utilaje și instalații care nu se încadrează în standardele de acțiuni prevăzute la punctul 1.5.5.1., precum și la calculul elementelor de construcție din lemn utilizate pentru cofraje sprijiniri și eșafodaje, valorile normate ale încărcărilor, ale coeficienților parțiali de siguranță aplicați încărcărilor și ale coeficienților dinamici se determină de către proiectant pe baza datelor din proiectul tehnologic, sau a celor prevăzute în instrucțiunile tehnice speciale.

1.5.5.4. Grupările de încărcări pentru diferitele stări limită ultime și pentru stări limită ale exploataării normale se stabilesc conform STAS 10101/0A-77.

Cap. 2. MATERIALE

2.1. Specii de lemn utilizate și domenii de folosință

2.1.1. Principalele specii de lemn indigen utilizate sunt:

Lemn de rășinoase

- *bradul*, care se încadrează la categoria lemnului ușor și moale, cu contrageri mici și rezistențe mecanice medii; prelucrările mecanice se fac fără dificultăți, dar relativ mai greu decât la molid din cauza smulgerilor de fibre;

- *laricele*, caracterizat ca un lemn potrivit de greu, moale, cu rezistențe mecanice foarte mari pentru specia de rășinoase;

- *molidul*, caracterizat ca un lemn ușor și moale, cu contragere totală mică și rezistențe mecanice medii; prelucrarea mecanică a lemnului de molid se realizează fără dificultăți;

- *pinul*, care se încadrează în categoria lemnului greu și moale, cu rezistențe bune la solicitări mecanice.

Lemn de foioase

- *carpenul*, care se încadrează în categoria lemnului greu și tare, cu contrageri mari și rezistențe mecanice medii, superioare fagului;

- *fagul*, lemn greu și tare, cu contrageri mari și proprietăți mecanice medii; prezintă dificultăți la uscare, având tendința de a crăpa și a se deforma;

- *frasinul*, care se încadrează în categoria lemnului greu și tare, cu contrageri și rezistențe mecanice la nivel mediu pentru specia de foioase;
- *mesteacănul*, lemn relativ greu și tare, cu contracții mari;
- *paltinul de câmp sau de munte*, lemn relativ greu și tare, cu rezistențe încadrate în categoria medie;
- *plopul*, din clona indigenă, negru sau tremurător, și din clona adaptată la condițiile de vegetație din țara noastră (euramerican), lemn ușor și moale, cu contrageri reduse și rezistențe mecanice reduse;
- *salcâmul de plantație*, care este un lemn greu și tare, cu contrageri și rezistențe mecanice reduse;
- *cerul*, lemn greu și potrivit de tare cu contrageri mari și rezistențe apropiate de cele ale stejarului;
- *gorunul*, lemn greu și tare, cu contrageri mari și rezistențe mecanice mari, similare cu cele ale stejarului;
- *stejarul*, atestat ca un lemn greu și tare, cu contrageri și rezistențe mecanice mari.

2.1.2. Domeniile de utilizare în tehnica construcțiilor ale diverselor specii de lemn de rășinoase și foioase sunt prezentate în tabelul 2.1.

Observație: Domeniile de utilizare pentru diferitele specii de lemn prezentate în tabelul 2.1. nu sunt restrictive. Pentru diversele construcții se pot utiliza și alte specii, cu respectarea specificațiilor de rezistență, stabilitate, comportare la umiditate și biodegradare etc.

2.1.3. La alegerea materialului lemnos se ține seama de condițiile de exploatare în cadrul construcțiilor, de defectele și anomaliile admise, precum și de corelarea acestora cu categoriile pieselor și elementelor din lemn prevăzute în prescripțiile tehnice din domeniu.

2.1.4. Materialul lemnos pe sortimente, utilizat pentru diferite elemente de rezistență ale construcțiilor din lemn este specificat în următoarele standarde:

2.1.4.1. Lemn brut (rotund):

- STAS 256-79 „Lemn pentru mină”;
- STAS 257-78 „Stâlpi și adaosuri de lemn pentru linii aeriene de telecomunicații și pentru rețele electrice de distribuție”;
- STAS 1040-85 „Lemn rotund de rășinoase pentru construcții. Manele și prăjini”;
- STAS 3416-75 „Lemn rotund pentru piloți”;
- STAS 4342-85 „Lemn rotund de foioase pentru construcții”.

2.1.4.2. Lemnul ecarisat și semiecarisat se folosește sub formă de:

- scânduri și dulapi;
- șipci și rigle;
- grinzi cu două, cu trei și cu patru fețe plane și paralele între ele și grinzi cu țesături (cioplitură);
- margini, lăturoaie, restrole.

Sortimentele de cherestea (lemn ecarisat) se livrează la dimensiuni stabilite conform STAS 942-86 „Cherestea de rășinoase. Dimensiuni nominale” și conform STAS 8689-86 „Cherestea de foioase. Dimensiuni nominale”, precum și la dimensiunile stabilite pe bază de înțelegere între producător și beneficiar.

Clasele de calitate pentru diferitele specii de lemn sunt specificate în STAS 1928-90 „Cherestea de stejar. Clase de calitate” STAS 1949-86 „Cherestea de rășinoase. Clase de calitate”, STAS 1961-80 „Cherestea de fag. Clase de calitate”, STAS 3363-86 „Cherestea de cireș, frasin, paltin, păr și ulm. Clase de calitate”. STAS 3575-86 „Cherestea de arin, plop, salcie și tei. Clase de calitate” STAS 6709-86 „Cherestea de arțar, carpen, jugastru, mesteacăn și salcâm. Clase de calitate”.

**Domeniile de utilizare a diverselor specii de lemn indigen
la realizarea elementelor structurale**

Specia	Domenii de utilizare
Brad, molid	Elemente structurale la clădiri civile, industriale și agrozootehnice, lemn lamelat încleiat, case prefabricate, construcții provizorii, panouri de cofraj, tâmplărie
Larice	Elemente structurale la clădiri civile, industriale și agrozootehnice, stâlpi pentru eșafodaje și susțineri
Pin	Elemente structurale la clădiri civile, industriale și agrozootehnice, case prefabricate, construcții provizorii, panouri de cofraj, tâmplărie
Carpen, frasin, paltin	Elemente structurale cu solicitări reduse, șarpante de acoperiș cu deschideri mici și medii
Fag	Elemente de rezistență la construcții provizorii, stâlpi pentru eșafodaje și susțineri
Mesteacăn	Elemente structurale la construcții civile, industriale și agrozootehnice
Plop	Elemente structurale în cazul unor solicitări mecanice reduse
Salcâm	Elemente structurale la construcții agrozootehnice, stâlpi pentru eșafodaje și susțineri
Cer, gorun	Stâlpi de rezistență la construcții civile, industriale și agrozootehnice, șarpante de acoperiș pentru deschideri mici și medii, tâmplărie
Stejar	Elemente structurale cu solicitări mecanice importante la construcții civile, industriale și agrozootehnice, case prefabricate, construcții provizorii, tâmplărie

Tabelul 2.2.

Masa volumică ρ (kg/m³)

Nr.	Specia	$\rho_{0,05}$	$\rho_{0,95}$	Nr.	Specia	$\rho_{0,05}$	$\rho_{0,95}$
1	Brad	400	480	7	Fag	630	750
2	Larice	500	600	8	Mesteacăn	600	700
3	Molid	375	440	9	Paltin	510	600
4	Pin negru	520	750	10	Plop	310	550
5	Pin silvestru	430	560	11	Salcâm	710	840
6	Carpen	775	900	12	Cer, gorun, stejar	640	780

2.2. Masa volumică

Masa volumică pentru principalele specii de material lemnul utilizate în construcții, care se ia în considerare la stabilirea greutateii proprii a elementelor de construcție din lemn este specificată în tabelul 2.2.

Observație: La stabilirea celor mai defavorabile condiții de solicitare luate în considerare în calcul se va adopta valoarea maximă a masei volumice ($\rho_{0,95}$) în cazul în care rezultanta supraîncărcărilor care solicită elementele de construcție acționează gravitațional și valoarea minimă a masei volumice ($\rho_{0,05}$) în cazul în care rezultanta supraîncărcărilor ce solicită elementele de construcție din lemn acționează antigravitațional (caz frecvent întâlnit la calculul acoperișurilor ușoare din lemn cu pantă redusă în zonele cu valori mari ale presiunii dinamice de bază a vântului).

Comentariul C. 2.2.**2.3. Rezistențele caracteristice ale lemnului masiv la diferite solicitări**

2.3.1. Rezistențele caracteristice, în N/mm², pentru diferite solicitări ale diverselor specii de material lemnos (în cazul lemnului masiv) sunt date în tabelul 2.3.

Observații:

- Rezistențele caracteristice specificate în tabelul 2.3. sunt date pentru umiditatea de echilibru a lemnului de 12 % și pentru durata de acțiune a încărcărilor de cel mult 3 minute.
- Rezistențele de calcul luate în considerare la proiectarea construcțiilor din lemn sunt determinate în paragraful 2.4.
- Lemnul ce se înscrie în clasa III de calitate nu va fi folosit la realizarea elementelor structurale.

Comentariul C. 2.3.1.

2.3.2. Pentru lemnul rotund, rezistențele caracteristice specificate în tabelul 2.3. se vor majora cu 15 %, indiferent de specie.

Comentariul C. 2.3.2.

Tabelul 2.3.

Rezistențele caracteristice ale lemnului natural (N/mm²)

Natura solicitării	Simbol	Molid, brad, larice, pin			Plop			Stejar, gorun, cer, salcâm			Fag, mestecăn, frasin, carpen		
		Clase de calitate											
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Încovoiere statică	R_T	24,0	16,8	9,6	20,0	14,0	8,0	40,0	28,0	16,0	45,0	31,5	18,0
Întindere în lungul fibrelor	R_T	14,4	8,6	4,3	21,0	12,6	6,3	22,5	13,5	6,8	27,9	16,7	8,4
Compresiune în lungul fibrelor	$R_{c\parallel}$	15,0	12,0	4,5	13,8	11,0	4,1	19,8	15,8	5,9	24,0	19,2	7,2
Compresiune în plan normal pe direcția fibrelor	$R_{c\perp}$	3,3	3,0	-	3,2	2,9	-	10,4	9,4	-	11,2	10,0	-
Forfecare în lungul fibrelor	$R_{f\parallel}$	3,0	2,7	-	2,7	2,5	-	6,4	5,7	-	5,0	4,5	-
Forfecare în plan normal pe direcția fibrelor	$R_{f\perp}$	12,0	10,8	-	10,4	9,4	-	24,0	21,6	-	16,0	14,4	-

2.3.3. Valorile caracteristice ale modulului de elasticitate pe direcție longitudinală fibrelor ($E_{0,05}$) și ale modulul de elasticitate transversal ($G_{0,05}$), precum și valorile medii (E, G) pentru diferite specii de lemn și pentru umiditatea de echilibru a lemnului având valoarea de 12 % sunt date în tabelul 2.4.

Tabelul 2.4.

Valorile caracteristice și medii ale modulului de elasticitate

Specia materialului lemnos	Modulul de elasticitate paralel cu direcția fibrelor la limita de proporționalitate E (N/mm ²)		Modulul de elasticitate transversal G (N/mm ²)	
	$E_{0,05}$	E	$G_{0,05}$	G
Molid, brad, larice, pin	9 000	11 300	4 000	5 000
Plop	8 000	10 000		
Stejar, gorun, cer, alcâm	9 500	11 500	8 000	10 000
Fag, mesteacăn, frasin, carpen	12 000	14 300		

Comentariul C. 2.3.3.

2.4. Rezistențele de calcul ale lemnului masiv

2.4.1. Rezistențele de calcul, R_i , ale diferitelor specii de material lemnos, la diverse solicitări, în funcție de condițiile de exploatare ale elementelor de construcție care se proiectează, se stabilesc cu relația:

$$R_i^c = m_{ui} \cdot m_{di} \cdot R_i / \gamma_i \quad (2.1.)$$

în care:

- m_{ui} sunt coeficienți ai condițiilor de lucru care introduc în calcul umiditatea de echilibru a materialului lemnos, definiți pe baza condițiilor de microclimat în care sunt exploatate elementele de construcție care se proiectează și a căror valori sunt date în cadrul paragrafului 2.4.2.;
- m_{di} sunt coeficienți ai condițiilor de lucru, stabiliți în funcție de durata de acțiune a încărcărilor, cu valorile specificate în cadrul paragrafului 2.4.3.;
- R_i sunt rezistențele caracteristice ale diferitelor specii de lemn la diverse solicitări, specificate în tabelul 2.3.;
- γ_i sunt coeficienți parțiali de siguranță, definiți în funcție de tipul solicitărilor în paragraful 2.4.4.

Comentariul C. 2.4.1.

2.4.2. Coeficienții condițiilor de lucru m_{ui} au valorile date în tabelul 2.5., în funcție de solicitare și de clasele de exploatare a elementelor de construcție din lemn care se proiectează, definiți conform paragrafului 1.2.2.

Comentariul C. 2.4.2.

2.4.3. Coeficienții condițiilor de lucru m_{di} au valorile date în tabelul 2.6., în funcție de tipul acțiunilor și de durata de acționare a acestora asupra elementelor de construcție.

Comentariul C. 2.4.3.

2.4.4. La proiectarea elementelor structurale din lemn, valoarea coeficientului m_{di} se stabilește luând în considerare ponderea procentuală pe care o au diferitele tipuri de încărcări, în funcție de clasa de durată (permanente, de lungă durată sau de scurtă durată).

Tabelul 2.5.

Valorile coeficienților condițiilor de lucru m_{ui}

Solicitarea	Simbol	Esența	Valorile coeficienților m_{ui} pentru clasa de exploatare														
			1	2	3												
Încovoiere statică	m_{ui}	Rășinoase	1,00	0,90	0,75												
		Foioase															
Întindere în lungul fibrelor	m_{ut}	Rășinoase			1,00	0,90	0,90										
		Foioase															
Compresiune în lungul fibrelor	$m_{uc\parallel}$	Rășinoase					1,00	0,90	0,75								
		Foioase							0,70								
Compresiune în plan normal pe direcția fibrelor	$m_{uc\perp}$	Rășinoase							1,00	0,90	0,70						
		Foioase															
Forfecare în lungul fibrelor	$m_{uf\parallel}$	Rășinoase									1,00	0,90	0,80				
		Foioase															
Forfecare în plan normal pe direcția fibrelor	$m_{uf\perp}$	Rășinoase											1,00	0,90	0,80		
		Foioase															
Modulul de elasticitate la încovoiere statică	m_{uE}	Rășinoase													1,00	0,90	0,90
		Foioase															

Tabelul 2.6

Valorile coeficienților de lucru m_{di}

Solicitarea	Clasa de durată a încărcărilor	Simbol	Valorile coeficienților m_{di} pentru esența:	
			rășinoase, foioase moi	foioase tari
Încovoiere statică Forfecare	Permanente	m_{di}	0,55	0,60
	Lungă durată		0,65	0,70
	Scurtă durată		1,00	
Compresiune	Permanente	m_{dc}	0,80	0,85
	Lungă durată		0,85	0,90
	Scurtă durată		1,00	
Întindere	Permanente	m_{dt}	0,90	0,95
	Lungă durată		0,95	1,00
	Scurtă durată		1,00	
Modulul de elasticitate	Toate clasele	m_{dE}	1,00	

Observații:

- în categoria rășinoase sunt incluse speciile: molid, brad, larice și pin;
- în categoria foioase moi este inclus plopul;
- în categoria foioase tari sunt incluse: stejarul, gorunul, cerul, salcâmul, fagul, mesteacănul, frasinul și carpenul.

2.4.5. Coeficienții parțiali de siguranță γ , au valorile din tabelul 2.7., în funcție de solicitări.

Comentariul C. 2.4.4.**2.5. Elemente metalice pentru îmbinări și structuri mixte**

2.5.1. Pentru realizarea asamblajelor la construcțiile din lemn se următoarele mijloace de îmbinare metalice:

- cuie din sârmă de oțel, conform STAS 2111-90;

- șuruburi pentru lemn conform STAS 925-80, STAS 1151-80, STAS 1452-80, STAS 1453-80, STAS 1454-80, STAS 1455-80 și STAS 1755-80;

Tabelul 2.7.

Valorile coeficienților parțiali de siguranță γ_i

Nr. crt.	Solicitarea	Simbol	Valorile coeficienților γ_i
1	Încovoiere	γ_i	1,10
2	Întindere: - în secțiuni fără slăbiri - în secțiuni cu slăbiri	γ_t	1,20
			1,40
3	Compresiune în lungul fibrelor și perpendicular pe direcția fibrelor	$\gamma_{c\parallel}; \gamma_{c\perp}$	1,25
4	Forfecare în lungul fibrelor - unilaterală - bilaterală	$\gamma_{f\parallel}$	1,25
			1,10
5	Forfecare în plan normal pe direcția fibrelor	$\gamma_{f\perp}$	1,10

- piulițe hexagonale și pătrate conform STAS 922-89 și STAS 926-90;
- buloane confecționate din oțel beton OB 37, șaibe confecționate din tablă groasă, inele metalice, profile laminate etc.

2.5.2. La proiectarea și execuția unor subansamble de construcție lemn-metal se folosește, pentru realizarea elementelor întinse (montanți, diagonale, tălpile inferioare ale fermelor, tiranți etc), oțel beton sau profile laminate. Rezistențele de calcul ale acestor elemente se iau conform STAS 10108-94.

CAP. 3. PREVEDERI GENERALE PRIVIND PROIECTAREA CONSTRUCȚIILOR DIN LEMN

3.1. Prescripții generale de proiectare

3.1.1. La proiectarea construcțiilor din lemn se vor adopta măsuri și soluții constructive de protecție împotriva atacului ciupercilor și a insectelor xilofage și de evitare a umezirii, care să

conducă la o conservare bună a materialului lemnos folosit, în conformitate cu STAS 2925-86 „Protecția lemnului din construcții împotriva atacului ciupercilor și insectelor xilofage”.

3.1.2. Dacă la punerea în operă materialul lemnos are o umiditate mare (dar maxim 20%) și nu există posibilitatea de a fi uscat pe șantier, se vor adopta soluții constructive, măsuri de protecție și detalii de alcătuire care să permită ventilarea elementelor de construcție fără a induce în structura de rezistență deformații periculoase sau creșterea eforturilor secționale. În acest caz, se vor adopta de referință îmbinări care nu sunt influențate de variațiile de umiditate mari încheiate, cu tije, cu asamblaje metalice) și care sunt ușor accesibile pentru reglare și control (este exclusă folosirea îmbinărilor cu cep).

3.1.3. În cazurile în care construcțiile sunt supuse acțiunii unor medii corosive pentru metal, se recomandă folosirea unor subansambluri structurale fără piese metalice, de exemplu cu îmbinări prin încheiere, cu cuie din lemn sau cu pene elastice; elementele metalice folosite pentru montaj sau solidarizare trebuie să permită controlul și protecția în timpul exploatarei și să poată fi înlocuite ușor.

3.1.4. Sistemele constructive se vor stabili astfel încât să se asigure o execuție și o montare simplă. În acest scop se va folosi un număr cât mai redus de secțiuni diferite de cherestea (fără a spori însă consumul de material). De asemenea, se vor prefera subansamble constructive ce se pot prefabrica în ateliere dotate corespunzător, pe șantier executându-se numai operațiuni de montare.

3.2. Prescripții generale de alcătuire și calcul

3.2.1. Pentru calculul elementelor, subansamblelor și a construcțiilor din lemn, cu excepția elementelor șarpantei, se iau în considerare grupările de încărcări stabilite în STAS 10101/0A-77 „Acțiuni în construcții. Clasificarea și gruparea acțiunilor pentru construcții civile și industriale”.

3.2.2. Elementele șarpantei (astereala, șipci, căpriori, pane, popi, contrafișe, clești și tălpi) se calculează la încărcările de calcul stabilite conform standardelor de acțiuni, grupate în următoarele situații de încărcare:

Ipoteza I: încărcarea permanentă + încărcarea din zăpadă;

Ipoteza a II-a: încărcarea permanentă + încărcarea exterioară din vânt (la care se adaugă efectul suucțiunii interioare) + jumătate din intensitatea încărcării din zăpadă;

Ipoteza a III-a: încărcarea permanentă + o forță concentrată (aplicată în poziția în care produce cea mai defavorabilă stare de solicitare) având valoarea normată de 1000 N, majorată cu un coeficient al încărcării $n = 1,2$.

Observații:

- La calculul șipcilor nu se ia în considerare ipoteza a III-a, întrucât circulația pe acoperișul în execuție, în acest caz, se asigură pe podini de repartiție a încărcărilor sau numai pe căpriori.

- La calculul asterelei, dacă distanța între axele scândurilor este sub 15 cm se consideră că forța concentrată se distribuie la două scânduri, iar dacă distanța este mai mare de 15 cm, forța concentrată se repartizează unei singure scânduri. În cazul a două straturi de scânduri suprapuse, sau în cazul unui strat de scânduri solidarizat cu rigle transversale, se consideră că forța concentrată se distribuie pe o lățime de 50 cm.

3.2.3. În cazul acoperișurilor foarte ușoare (la care încărcarea permanentă are valori reduse) amplasate în zone cu valori mari ale presiunii dinamice de bază a vântului, elementele de acoperiș, inclusiv ancorajele, se vor verifica suplimentar la ipoteza de calcul:

Ipoteza a IV-a: încărcarea permanentă + încărcarea exterioară din vânt (la care se adaugă efectul presiunii interioare).

3.2.4. Eforturile unitare efective nu trebuie să difere față de rezistențele de calcul decât în limitele ecartului de + 3%, respectiv - 5 %, dacă elementul de construcție nu trebuie dimensionat constructiv și dacă sortimentul de material lemnos existent nu conduce la valori ale eforturilor unitare mai reduse.

3.2.5. Pentru asigurarea comportării în exploatare a sistemelor constructive adoptate cât mai aproape de ipotezele de calcul admise, respecta următoarele recomandări:

- se vor evita îmbinările la care transmiterea eforturilor se face prin mai multe mijloace de asamblare cu rigidități diferite (de exemplu chertări și tije);

- se va urmări, pe cât posibil, o repartizare uniformă a eforturilor în toate elementele componente ale barelor compuse comprimate sau întinse, prin adoptarea unor prinderi corespunzătoare;

- la elementele comprimate, se recomandă ca îmbinările de continuitate să fie amplasate în apropierea nodurilor și să se realizeze transmiterea eforturilor direct prin îmbinare cap la cap; eclisele de solidarizare vor avea o lungime de cel puțin trei ori mai mare decât lățimea elementelor înădite și vor fi fixate cu cel puțin două buloane cu diametrul mai mare sau egal cu 12 mm, amplasate de fiecare parte a rostului; găurile pentru buloane vor fi ovalizate pentru a asigura transmiterea directă a efortului în barele comprimate;

- la elementele întinse, se recomandă ca eforturile să se transmită centric, evitându-se momentele datorate excentricității, iar îmbinările de continuitate vor fi amplasate în zonele cu solicitări reduse;

- la grinziile cu zăbrele, barele vor fi centrate la noduri; în cazurile în care din considerente de ordin constructiv nu se pot evita prinderile excentrice, în calcul se va ține cont de solicitările suplimentare ce apar;

- când nu se pot folosi subansamble prefabricate, se recomandă adoptarea unor sisteme static determinate (grinzi simplu rezemate, arce cu trei articulații, ferme cu zăbrele static determinate etc).

3.2.6. În cazul utilizării unor subansamble prefabricate, acestea ar fi obligatoriu verificate la acțiunile provenite din transport și montaj, adoptându-se schemele statice și grupările de încărcări corespunzătoare acestor faze de lucru.

3.2.7. Având în vedere valoarea redusă a eforturilor suplimentare ce apar din cauza variației de temperatură, a uscării sau umflării lemnului, acestea nu se iau în considerare la calculul construcțiilor din lemn.

3.2.8. Efectul favorabil al forței de frecare nu se va lua în calcul decât în cazuri cu totul excepționale, stabilite de către proiectant, când se asigură în permanență forța de compresiune printr-o supraveghere continuă a construcției; în acest caz, coeficienții de frecare, f , luați în calcul nu vor depăși valorile:

- $f \leq 0,3$ pentru suprafețe frontale;

- $f \leq 0,2$ pentru suprafețe laterale.

Nu se admite luarea în considerare a frecării între piesele supuse la vibrații sau șocuri.

În cazul în care frecarea acționează cu efect defavorabil, coeficientul de frecare se va lua cu valoarea 0,6.

3.2.9. Elementele portante cu secțiune simplă întinse din lemn trebuie să aibă aria secțiunii nete (rezultată în urma scăderii slăbirilor din secțiune) de cel puțin 4 000 mm² și minimum 2/3 din aria secțiunii brute. Grosimea secțiunii slăbite trebuie să fie de minimum 38 mm, iar a secțiunii brute de minimum 58 mm, în cazul elementelor solicitate la întindere pentru care tensiunea normală maximă depășește 70 % din rezistența de calcul la întindere.

3.2.10. În cazul elementelor portante cu secțiune compusă, realizată din scânduri bătute în cuie sau prin înclieiere, este necesar ca grosimea minimă a unei piese (scânduri) să fie de 24 mm și să aibă aria secțiunii transversale de cel puțin 1.400 mm². Grosimea pieselor care alcătuiesc

elementele compuse încleiate nu este limitată inferior, iar superior se recomandă să nu depășească 50 mm.

3.2.11. La grinzile încovoiate trebuie evitate slăbirile amplasate în zone de solicitare maximă la forță tăietoare; în cazurile în care acest lucru nu este posibil se recomandă ca adâncimea maximă a chertării în zona întinsă de la reazem (fig. 3.1.) să se limiteze la valorile:

$$\begin{aligned} a &= 0,1h && \text{când } R/bh \geq 0,5 \text{ N/mm}^2 \\ a &= 0,25h && \text{când } R/bh = 0,3 \text{ N/mm}^2 \\ a &= 0,5h && \text{când } R/bh \leq 0,2 \text{ N/mm}^2 \end{aligned} \quad (3.1)$$

R fiind reacțiunea, în N, iar b și h dimensiunile secțiunii transversale, în mm.

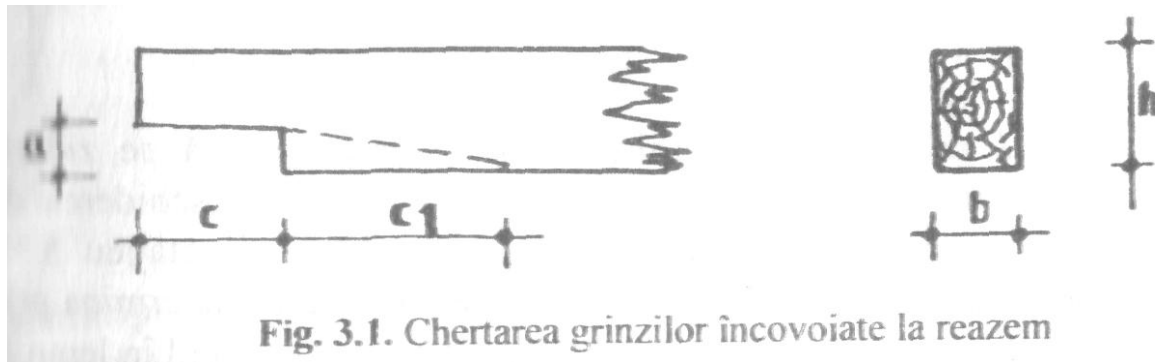


Fig. 3.1. Chertarea grinzilor încovoiate la reazem

Observație:

Pentru valori intermediare ale raportului R/bh , a se va determina prin interpolare liniară.

$$\begin{aligned} a &= 0,3 h && \text{când } h \geq 180 \text{ mm;} \\ a &= 0,5 h && \text{când } 120 \text{ mm} < h < 180 \text{ mm;} \\ a &= 0,5 h && \text{când } h \leq 120 \text{ mm.} \end{aligned} \quad (3.2)$$

Observație:

Pentru mărimea a se va adopta valoarea minimă rezultată în urma implicării relațiilor (3.1) și (3.2).

3.2.12. Lungimea minimă a chertării (v. fig. 3.1.) trebuie să îndeplinească condițiile:

$$c \geq h \text{ și } c_1 \geq 4a \quad (3.3)$$

Se recomandă ca tăierea să se facă oblic (linia punctată din figura 3.1). În cazul în care în apropierea reazemelor acționează forțe concentrate cu valori mari se interzice executarea chertărilor.

3.3. Stabilirea deschiderii de calcul

3.3.1. Deschiderea de calcul a elementelor de construcție din lemn se va stabili în funcție de tipul elementului de construcție, schema statică adoptată și natura reazemelor, astfel:

3.3.1.1. La grinzile simplu rezemate care sprijină pe zidărie direct sau prin intermediul unor centuri (fig. 3.2), deschiderea de calcul se va considera egală cu lumina golului majorată cu 5 %; lungimea de rezemare a acestora direct pe zidărie se va determina prin calcul, astfel încât să nu se depășească rezistențele de calcul în lemn la compresiune perpendiculară pe fibre și va fi de minim 200 mm.

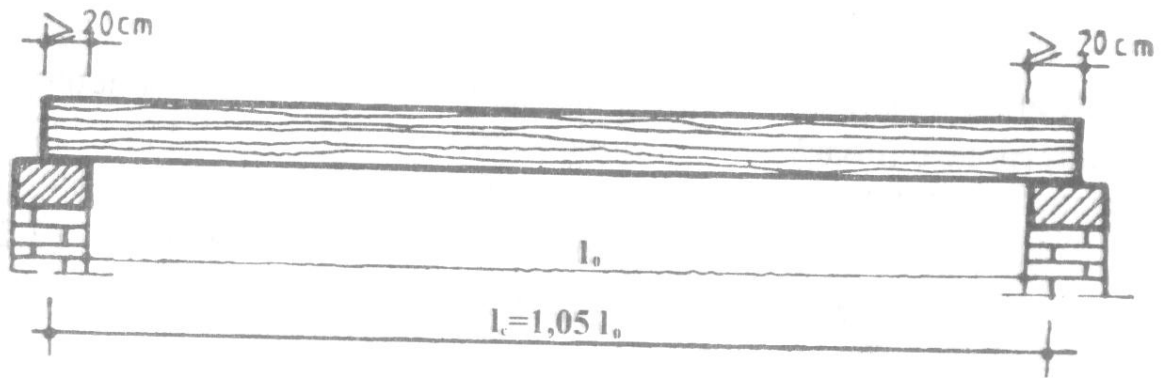


Fig. 3.2. Stabilirea deschiderii de calcul la grinzi din lemn, rezemate pe zidărie

3.3.1.2. La grinzi simplu rezemate care sprijină pe stâlpi sau pe grinzi din lemn, deschiderea de calcul va fi egală cu distanța între axele elementelor de rezem.

3.3.1.3. Deschiderile de calcul la grinzi continue se vor considera egale cu distanțele între axele reazemelor.

3.3.1.4. În cazul grinzilor cu contrafișe (fig. 3.3) deschiderea de calcul va fi:

- pentru traveile 1...(n - 1), $l_c = l_0 + a$;
 - pentru traveea n, $l_c = l_0 + 1,5a$.
- (3.4)

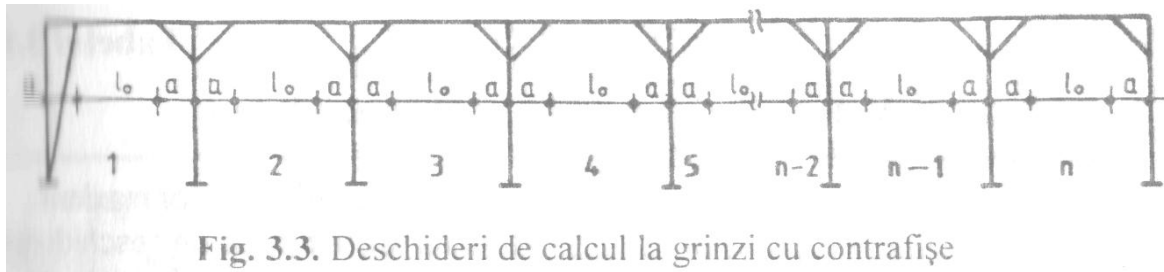


Fig. 3.3. Deschideri de calcul la grinzi cu contrafișe

Observație: La stâlpul marginal se recomandă varianta cu contrafișa dusă până la fundație, care nu induce împingere orizontală în elementul vertical.

3.3.2. Elementele de șarpantă (astereală, șipci, căpriori și pane) se calculează ca grinzi simplu rezemate, având deschiderea de calcul egală cu lumina între reazeme, majorată cu 10 cm, însă cel mult distanța între axele reazemelor.

3.4. Deformații maxime admise

3.4.1. Deformațiile maxime finale ale elementelor încovoiate, stabilite pe baza relației (3.5) nu vor depăși valorile deformațiilor maxime admise, date în tabelul 3.1.

3.4.2. Deformațiile maxime finale de încovoiere (fig. 3.4) se stabilesc cu relația:

$$f_{\max, final} = f_1 + f_2 + f_i + f_c, \quad (3.5)$$

în care:

- f_1 - săgeata (deformația transversală pe axa elementului) datorată încărcărilor permanente;
- f_2 - săgeata datorată încărcărilor temporare;

- f_i - săgeata datorată deformației îmbinărilor;
- f_c - contrasăgeata inițială a grinzii neîncărcate, care se stabilește prin calcul ca fiind săgeata grinzii încărcată cu sarcinile permanente și cu 1/2 din sarcinile utile.

Tabelul 3.1.

Valori ale deformațiilor maxime admise

Elementul de construcție	Valoarea deformațiilor maxime admise (f_a), în funcție de deschiderea de calcul (l_c), pentru elemente de construcție cu caracter:	
	Definitiv	Provizoriu
Grinzile planșeelor dintre etaje:		
- cu finisaj din lemn;	$l_c / 250$	$l_c / 200$
- cu finisaj din tencuială.	$l_c / 300$	$l_c / 250$
Elemente de șarpantă:		
- astereală și șipci;	$l_c / 150$	
- pane și căpriori;	$l_c / 200$	$l_c / 150$
- pane la dolii.	$l_c / 400$	$l_c / 300$
Rigle și stâlpi la pereți:		
- cu finisaj din lemn;	$l_c / 250$	$l_c / 200$
- cu finisaj din tencuială.	$l_c / 300$	$l_c / 250$
Sprosurile ferestrelor	$l_c / 200$	
Ferme din lemn, grinzi cu inimă plină:		
- cu îmbinări cu tije;	$l_c / 400$	$l_c / 350$
- cu alte tipuri de îmbinări	$l_c / 500$	$l_c / 400$
Grinzi realizate prin înclieiere	$l_c / 500$	

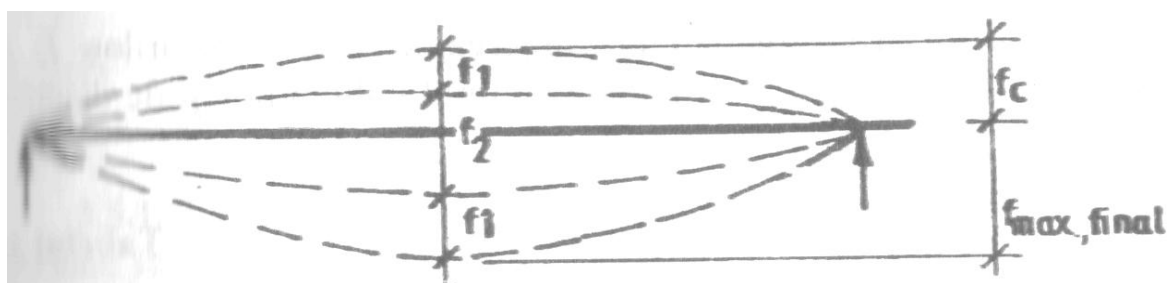


Fig. 3.4. Săgeata maximă finală la grinzile încovoiate

3.4.2.1. Deformațiile f_1 și f_2 se stabilesc ca valori finale ținând cont de fenomenul de fluaj și de umiditatea de echilibru a materialului lemnos, cu relațiile:

$$\begin{aligned} f_1 &= f_{1, \text{mst}}(1+k_{\text{def}}); \\ f_2 &= f_{2, \text{mst}}(1+k_{\text{def}}). \end{aligned} \quad (3.6)$$

3.4.2.2. Săgețile $f_{1, \text{mst}}$ și $f_{2, \text{mst}}$ se stabilesc pe baza încărcărilor normate neafectate de coeficienții încărcărilor, pentru secțiunea brută a elementului, luând în considerare modulul de elasticitate mediu E .

3.4.2.3. Valorile coeficientului k_{def} , în funcție de durata de acțiune, a încărcărilor și de clasa de exploatare a construcției sunt date în tabelul 3.2.

Tabelul 3.2.

Valorile coeficientului k_{def}

Nr. crt.	Clasa de durată a încărcărilor	Clasa de exploatare a construcțiilor	
		1 și 2	3
1.	Permanente	0,50	1,00
2.	Lungă durată	0,25	0,50
3.	Scurtă durată	0,00	0,00

3.4.2.4. Deformația din curgerea lentă a îmbinărilor, f_i , are valorile din tabelul 3.3, în funcție de tipul îmbinărilor și de diametrul tijelor.

Tabelul 3.3

Valori ale deformațiilor îmbinărilor, f_i

Nr. crt.	Tipul îmbinării	Deformația maximă datorată curgerii lente a îmbinărilor (mm)
1	Îmbinări prin chertare	1,5
2	Îmbinări cu tije cilindrice: - cuie;	$0,5d (L / L_{\text{cap}}) \geq 2,0 \text{ mm}$
	- buloane;	$0,1d + 1 \text{ mm} \geq 2,0 \text{ mm}$
	- șuruburi.	$0,1d \geq 2,0 \text{ mm}$
3	Îmbinări cu pene	3,0

Observație:

- d - reprezintă diametrul tijei;
- L - efortul efectiv în tijă;
- L_{cap} - capacitatea de rezistență minimă a tijei.

3.4.3. Grinzile din lemn încovoiate, alcătuite cu secțiuni simple și utilizate la elemente de construcție cu deschideri reduse ($l \leq 6,00$ m) se realizează, în mod obișnuit, fără contrasăgeată.





3.4.4. La grinzile cu secțiune compusă solicitate la încovoieri precum și la grinzile cu zăbrele, se execută o contrasăgeată egală cu săgeata produsă de încărcările permanente plus jumătate din acțiunile temporare cvasipermanente. Grinzile cu zăbrele executate fără tavan suspendat se vor executa cu o contrasăgeată de minim $l_c / 200$ (l_c fiind deschiderea de calcul a grinzii).

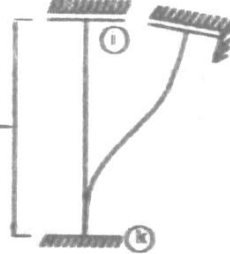
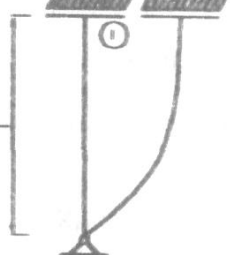
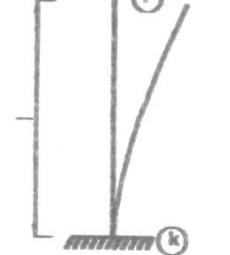
3.5. Lungimi de flambaj și coeficienți de zveltețe limită

3.5.1. Lungimile de flambaj, l_f , ale barelor cu secțiune simplă solicitate la compresiune se iau din tabelul 3.4. în funcție de tipul legăturilor mecanice la capete.

Tabelul 3.4.

Lungimi de flambaj la bare comprimate axial

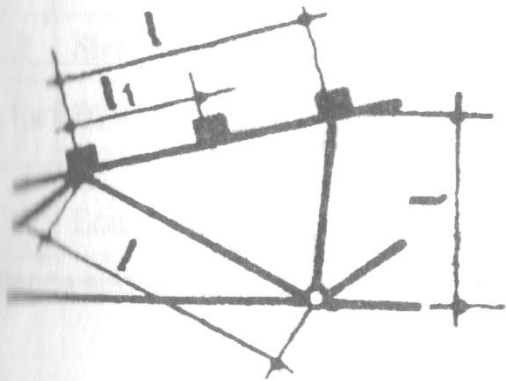
Nr. crt.	Tipul de rezemare	Simbol rezemare	Lungimi de flambaj
1	<p>nod i: translație și rotire împiedicate</p> <p>nod k: translație și rotire împiedicate</p>		$l_f = 0,65 \times l$
2	<p>nod i: translație împiedicată și rotire liberă</p> <p>nod k: translație și rotire împiedicate</p>		$l_f = 0,80 \times l$
3	<p>nod i: translație împiedicată și rotire liberă</p> <p>nod k: translație împiedicată și rotire liberă</p>		$l_f = l$
4	<p>nod i: translație liberă și rotire împiedicată</p> <p>nod k: translație și rotire împiedicate</p>		$l_f = 1,20 \times l$

Nr. crt	Tipul de rezemare	Simbol rezemare	Lungimi de flambaj
5	<p>nod i: translație liberă și rotire parțială</p> <p>nod k: translație și rotire împiedicate</p>		$l_f = 1,50 \times l$
6	<p>nod i: translație liberă și rotire împiedicată</p> <p>nod k: translație împiedicată și rotire liberă</p>		$l_f = 2,00 \times l$
7	<p>nod i: translație și rotire liberă</p> <p>nod k: translație și rotire împiedicate</p>		$l_f = 2,00 \times l$

3.5.2. Lungimile de flambaj, l_f , ale barelor grinzilor cu zăbrele se iau conform tabelului 3.5.

Tabelul 3.5.

Lungimi de flambaj la barele grinzilor cu zăbrele

Grinzi cu zăbrele simple			
Schema grinzii	Direcția de flambaj	Lungimi de flambaj (l_i) a elementelor	
		Talpă	Diagonale și montanți
	în planul grinzii	l	l
	transversal planului grinzii	l_1	l

în care:

- l – lungimea elementului între nodurile teoretice de la capete;
- l_1 – distanța între nodurile fixate împotriva deplasării elementului transversal planului grinzii cu zăbrelele

Grinzi cu zăbrele încrucișate prinse între ele în punctul de intersecție			
Schema grinzii	Direcția de flambaj	Relații între N_1 și N_2	Lungimea de flambaj (l) a diagonalelor
	în planul grinzii	-	h
	în planul normal pe planul grinzii în cazul în care:	$N_2 < 0$	l
		$N_2 = 0$	$0,8 \times l$
		$N_2 > 0$; $ N_1 \leq N_2 $	h
	$N_2 > 0$; $ N_1 > N_2 $	$0,8 \times l$	
<p>în care:</p> <p>N_1 – efortul la compresiune în bara ce se calculează la flambaj;</p> <p>N_2 – efortul în contradiagonală, valorile pozitive reprezintă întindere, cele negative compresiune;</p> <p>N_1 și N_2 – valorile absolute ale eforturilor N_1 și N_2</p>			

3.5.3. La structurile în cadre din lemn, lungimile de flambaj în planul cadrului pentru stâlpi cu secțiune constantă se stabilesc în funcție de condițiile de rezemare mecanică la extremități. În plan normal pe planul cadrului, lungimile de flambaj ale stâlpilor se vor lua egale cu distanța dintre legăturile ce împiedică deplasarea pe această direcție.

3.5.4. Coeficienții de zveltețe, λ_f , ai elementelor comprimate, definiți ca raportul dintre lungimea de flambaj și raza de girație corespunzătoare secțiunii elementului pe direcția de calcul la flambaj, nu vor depăși valorile maxime admisibile, λ_a , prevăzute în tabelul 3.6.

Tabelul 3.6.

Coeficienți de zveltețe maximi admiși

Nr. crt.	Denumirea elementelor	Coeficienți de zveltețe maximi admiși, λ_a , pentru:	
		Construcții definitive	Construcții provizorii
1	La grinzi cu zăbrele și arce: - tâlpi, diagonale și montanți de reazem	150	175
	- celelalte elemente	175	200
2	Stâlpi principali	120	150
3	Stâlpi secundari (la pereți, luminatoare etc.) și zăbrelele stâlpilor cu secțiune compusă	150	175
4	Contravântuiri	200	

Cap. 4. CALCULUL BARELOR DIN LEMN CU SECȚIUNE SIMPLĂ

4.1. Relații generale de calcul

4.1.1. Capacitatea de rezistență a barelor simple din lemn, la diferite solicitări, se stabilește cu relația generală de calcul:

$$F_i = R_i^c S_i m_T \quad (4.1)$$

în care:

F_i - este capacitatea de rezistență a barei din lemn masiv la solicitarea i (întindere, compresiune, încovoiere, forfecare etc.) în N sau N · mm;

R_i^c - rezistența de calcul la solicitarea i , stabilită în funcție de specia de material lemnos, clasa de calitate a lemnului și condițiile de exploatare a elementelor de construcții conform relației 2.1, în N/mm²;

S_i - caracteristica secțională (arie, modul de rezistență), în mm² sau mm³;

m_T - coeficient de tratare (v. paragraful 4.1.2).

Comentariul C.4.1.

4.1.2. Coeficienții de tratare, m_T , (tab. 4.1.) introduc în calcul modificarea rezistențelor materialului lemnos, în funcție de metodele de prezervare, dimensiunile pieselor și clasa de exploatare a construcțiilor.

Tabelul 4.1.

Valori ale coeficienților de tratare, m_T

Nr. crt.	Procedeele de tratare	Clasa de exploatare a construcției	
		1 și 2	3
1	Lemn netratat	1,00	
2	Lemn tratat pe suprafață	1,00	
3	Lemn tratat în masă având maximum 100 mm grosime, pentru:		
	- modulul de elasticitate;	0,90	0,95
	- alte caracteristici.	0,70	0,85
4	Lemn ignifugat	0,90	0,90

4.1.3. Pentru a se evita supradimensionarea elementelor din construcție din condiția de stabilitate laterală, la proiectarea acestora se vor respecta rapoartele maxime indicate în tabelul 4.2.

Tabelul 4.2.

Condiții de asigurare la flambaj lateral

Nr. crt.	Conditii de asigurare la flambaj lateral	Raport maxim h / b
1	Când nu există reazeme intermediare pe latura comprimată	4 / 1
2	Când se asigură rigidizarea laturii comprimate cu pane sau tiranți	5 / 1
3	Când se asigură rigidizarea laturii comprimate prin platelajul elementului de planșeu	6 / 1
4	Când se asigură rigidizarea elementului în planul flambajului atât în zona comprimată, cât și în zona întinsă	9 / 1

4.2. Bare solicitate la întindere axială paralelă cu fibrele

4.2.1. Capacitatea de rezistență a elementelor din lemn masiv solicitate la întindere axială paralelă cu fibrele, T_r , în N, se stabilește cu relația:

$$T_r = R_c^t A_{net} m_T \quad (4.2)$$

în care:

R_c^t - rezistența de calcul a lemnului masiv la întindere axială, stabilită conform relației (2.1), în funcție de specia de material lemnos, clasa de calitate a lemnului și condițiile de exploatare a elementelor de construcție, în N/mm^2 ;

A_{net} - aria netă a secțiunii calculate, stabilită conform paragrafului 4.2.2.;

m_T - coeficientul de tratare a lemnului cu valoarea specificată în tabelul 4.1.

4.2.2. Aria netă a secțiunii barei întinse se calculează cu relația:

$$A_{net} = A_{brut} - A_{slabiri} \quad (4.3)$$

în care:

A_{brut} - aria secțiunii brute a elementului, în mm^2 ;

$A_{slabiri}$ - suma ariilor tuturor slăbirilor cumulate pe maxim 200 mm lungime, în mm^2 .

Aria netă a secțiunii de calcul și dimensiunile secțiunii vor îndeplini condițiile prevăzute în paragraful 3.2.9.

4.3. Bare solicitate la compresiune axială paralelă cu fibrele

4.3.1. Capacitatea de rezistență a elementelor din lemn masiv, cu secțiune simplă, solicitate la compresiune axială paralelă cu fibrele, C_r , în N, se stabilește cu relația:

$$C_r = R_c^c \cdot A_{calcul} \cdot \varphi_c \cdot m_T \quad (4.4)$$

în care:

$R_{c||}$ - rezistența de calcul a lemnului masiv la compresiune axială, paralelă cu fibrele, stabilită conform relației (2.1), în funcție de specia de material lemnos, clasa de calitate a lemnului și condițiile de exploatare a elementelor de construcție, în N/mm^2 ;

A_{calcul} - aria secțiunii de calcul a barei slăbite, în mm^2 , stabilită conform relațiilor din paragraful 4.3.2;

φ_c - coeficient de flambaj, subunitar, calculat conform indicațiilor din paragraful 4.3.3;

m_T - coeficient de tratare a lemnului, cu valorile specificate în tabelul 4.1.

4.3.2. Aria de calcul la barele comprimate se stabilește în funcție de A_{brut} și A_{net} (aria brută, respectiv netă a secțiunii celei mai solicitate), astfel:

- pentru secțiuni fără slăbiri, sau cu slăbiri ce nu depășesc 25 % din secțiunea brută și nu sunt pe fețele paralele cu direcția de calcul la flambaj (fig. 4.1, a și b) - $A_{calcul} = A_{brut}$;

- pentru secțiuni cu slăbiri ce depășesc 25 % din secțiunea brută și nu sunt pe fețele paralele cu direcția de flambaj (fig.4.1.,b)- $A_{calcul} = 4 \cdot A_{net}/3 \leq A_{brut}$;

- pentru secțiuni cu slăbiri simetrice care sunt pe fețe paralele cu direcția de flambaj (fig. 4.1, c) - $A_{calcul} = A_{net}$.

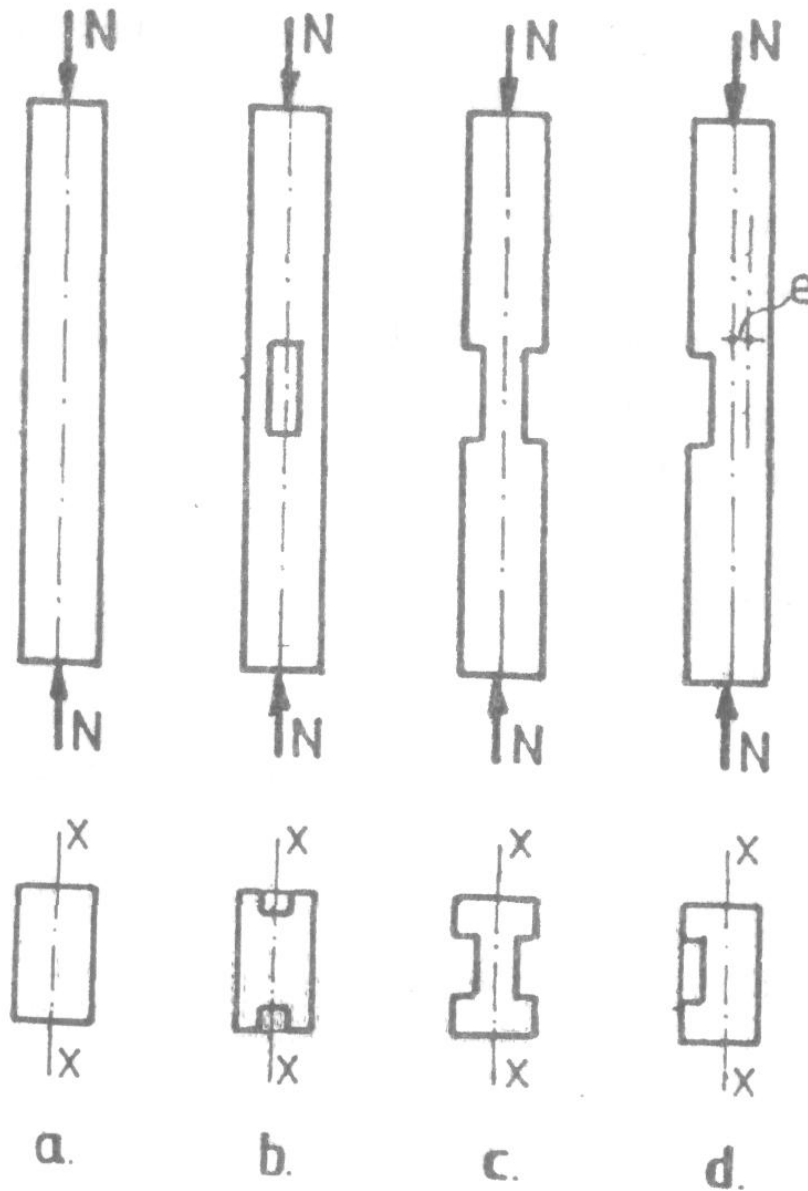


Fig. 4.1. Variante de apariție a slăbirilor la barele comprimate:
 $x - x$ direcția de calcul la flambaj

În cazul slăbirilor nesimetrice care sunt pe fețele paralele cu condiția de flambaj (fig. 4.1, d), barele se calculează la compresiune excentrică, momentul rezultând din aplicarea excentrică a forței de presiune.

4.3.3. Coeficientul de flambaj, φ_c , cu valorile din tabelul 4.3 se calculează cu relațiile:

$$\varphi_c = 1 - 0,8 \left(\frac{1}{100} \right)^2 \quad \text{pentru } \lambda \leq 75 \quad (4.5.)$$

$$\varphi_c = \frac{3100}{\lambda^2} \quad \text{pentru } \lambda > 75$$

în care:

λ - coeficientul de zveltețe al barei, stabilit ca raportul dintre lungimea de flambaj, l_f , și raza minimă de girație pe direcția de flambaj considerată, i .

Observație: Coeficientul de zveltețe λ , în funcție de tipul barei nu va depăși valorile din tabelul 3.6.

Comentariul C. 4.3.3.

4.3.4. Lungimile de flambaj, l_f , ale barelor comprimate se stabilesc în funcție de condițiile de rezemare la capete și de legăturile pe lungimea barei care împiedică deplasarea la flambaj, conform indicațiilor din paragraful 3.5.

4.3.5. Pentru barele la care $\lambda_f \leq 10$, influența flambajului este semnificativă; relația pentru calculul capacității de rezistență la compresiune centrică paralel cu direcția fibrelor este, în acest caz:

$$C_T = R_c^c \cdot A_{\text{calcul}} \cdot m_T \quad (4.6)$$

în caracteristicile au semnificațiile din relația (4.5).

Tabelul 4.3.

Valorile coeficienților de flambaj φ_c în funcție de coeficientul de zveltețe

λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1,000	1,000	1,000	0,999	0,999	0,998	0,997	0,996	0,995	0,993
10	0,992	0,990	0,988	0,986	0,984	0,982	0,979	0,977	0,974	0,971
20	0,968	0,965	0,961	0,958	0,954	0,950	0,946	0,942	0,937	0,933
30	0,928	0,922	0,918	0,913	0,908	0,902	0,896	0,891	0,885	0,878
40	0,872	0,866	0,859	0,852	0,845	0,838	0,831	0,823	0,816	0,808
50	0,800	0,792	0,784	0,775	0,767	0,758	0,749	0,740	0,731	0,722
60	0,712	0,702	0,693	0,682	0,672	0,662	0,651	0,641	0,630	0,619
70	0,608	0,597	0,585	0,574	0,562	0,550	0,537	0,523	0,509	0,496
80	0,484	0,472	0,461	0,450	0,439	0,429	0,419	0,409	0,400	0,391
90	0,383	0,374	0,366	0,358	0,351	0,343	0,336	0,329	0,323	0,316
100	0,310	0,304	0,298	0,292	0,287	0,281	0,276	0,271	0,266	0,261
110	0,256	0,252	0,248	0,243	0,239	0,234	0,230	0,226	0,223	0,219

λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
120	0,215	0,212	0,208	0,205	0,201	0,198	0,196	0,193	0,189	0,186
130	0,193	0,181	0,178	0,175	0,172	0,170	0,167	0,165	0,163	0,161
140	0,158	0,156	0,154	0,152	0,149	0,147	0,145	0,143	0,141	0,140
150	0,138	0,136	0,134	0,132	0,131	0,129	0,127	0,126	0,125	0,124
160	0,121	0,120	0,118	0,117	0,115	0,114	0,112	0,111	0,110	0,109
170	0,107	0,106	0,105	0,104	0,102	0,101	0,100	0,099	0,098	0,097
180	0,096	0,095	0,094	0,093	0,092	0,091	0,090	0,089	0,088	0,087
190	0,086	0,085	0,084	0,083	0,082	0,081	0,081	0,080	0,088	0,087
200	0,077	-	-	-	-	-	-	-	-	0,077

4.4. Bare solicitate la compresiune perpendiculară pe fibre

4.4.1. Capacitatea de rezistență a elementelor din lemn masiv cu secțiune simplă, solicitate la compresiune perpendiculară pe direcția fibrelor, Q_r , în N, se stabilește cu relația:

$$Q_r = R_{c\perp} \cdot A_c \cdot m_T \cdot m_r \quad (4.7.)$$

în care:

$R_{c\perp}$ - rezistența de calcul a lemnului masiv la compresiune perpendicular pe fibre, stabilită conform relației (2.1) în funcție de specia de material lemnos, clasa de calitate a lemnului și condițiile de exploatare a elementelor de construcție, în N/mm^2 ;

A_c - aria de contact dintre cele două elemente (aria reazemului) în mm^2 ;

m_T - coeficientul de tratare a lemnului cu valorile specificate în tabelul 4.1;

m_r - coeficient de reazem, stabilit conform indicațiilor din para graful 4.4.2.

4.4.2. Valorile coeficientului de reazem, m_r , se stabilesc în de relația dintre dimensiunile elementului comprimat și cele ale elementului de reazem, astfel:

- pentru elemente la care aria de contact este egală cu aria elementului comprimat (fig. 4.2, a), precum și la îmbinări cu crestări laterale (fig. 4.2, b), $m_r = 1,00$;

- la piesele de rezemare (fig. 4.2, c și d), dacă $a \geq h$ și $a \geq 10$ cm, în îmbinări cu pene prismatice care au fibrele dispuse normal pe fibrele elementelor îmbinate (fig. 4.2. e), precum și la suprafețele de reazem ale construcțiilor din lemn (fig. 4.2. g), $m_r = 1,60$;

- la striviri sub șaiță. $m_r = 2,00$.

4.5. Bare solicitate la strivire oblică

4.5.1. Capacitatea de rezistență la strivire, N_r în N, când forța la compresiune face un unghi α cu direcția fibrelor (fig. 4.2, f) se determină cu relația:

$$N_r = \frac{C_r \cdot Q_r}{C_r \cdot \sin^2 \alpha + Q_r \cdot \cos^2 \alpha}$$

în care:

C_r - capacitatea de rezistență a zonei comprimate (strivite), paralel cu direcția fibrelor, în N, stabilită cu relația (4.6), în care A_{calcul} este proiecția ariei de contact pe direcția perpendiculară pe fibre;

Q_r - capacitatea de rezistență a zonei comprimate (strivite), perpendicular pe direcția fibrelor, în N, stabilită cu relația (4.7), în care A_c este proiecția ariei de contact pe direcție perpendiculară fibrelor piesei care se strivește, iar coeficientul de reazem, m_r , se stabilește conform paragrafului 4.4.2;

α - unghiul dintre direcția forței de compresiune (strivire) și direcția fibrelor.

Comentariul C. 4.5.

4.5.2. Capacitatea de rezistență la strivire sub unghi α față de direcția fibrelor se poate stabili și cu relația:

$$N_r = R_{c\alpha}^c \cdot A_s \cdot m_r \quad (4.9)$$

în care

$$R_{c\alpha}^c = \frac{R_{c\parallel}^c}{1 + \left(\frac{R_{c\parallel}^c}{R_{c\perp}^c} - 1 \right) \cdot \sin^3 \alpha} \quad (4.10)$$

în care:

$R_{c\parallel}^c$ - este rezistența la strivire paralelă cu fibrele;

$R_{c\perp}^c$ - rezistența la strivire perpendiculară pe fibre;

α - unghiul de înclinare a forței față de direcția fibrelor;

A_s - aria de strivire;

m_r - coeficientul de tratare.

4.6. Bare solicitate la forfecare

4.6.1. Solicitățile de forfecare pot apare la elementele din lemn masiv cu secțiune simplă sub formă de:

- forfecare perpendiculară pe fibre la grinzile încovoiate, solicitate de forțe concentrate mari (fig. 4.2, i). sau la penele prismatice cu fibrele dispuse normal pe direcția fibrelor pieselor îmbinate (fig. 4.2, e);

- forfecare în lungul fibrelor la îmbinările prin chertare pe lungimea pragurilor de forfecare (fig. 4.2, f). sau la penele prismatice cu fibrele dispuse în aceeași direcție cu fibrele clementelor îmbinate (fig. 4.2, h).

4.6.2. Capacitatea de rezistență la forfecare perpendiculară pe direcția fibrelor elementelor din lemn masiv cu secțiune simplă, V_r , în N, se stabilește cu relația:

$$V_r = R_{f\perp}^c \cdot A_f \cdot m_T \quad (4.11)$$

în care:

$R_{f\perp}^c$ - este rezistența la forfecare perpendiculară pe direcția fibrelor stabilită cu relația (2.1), în funcție de specia de material lemnos, clasa de calitate a lemnului și condițiile de exploatare a elementelor de construcție, în N/mm^2 ;

A_f - aria secțiunii care se foarfecă, egală cu aria piesei care preia efortul (aria secțiunii grinzii sau a penelor), în mm^2 ;

m_T - coeficient de tratare a lemnului, cu valoarea specificată în tabelul 4.1.

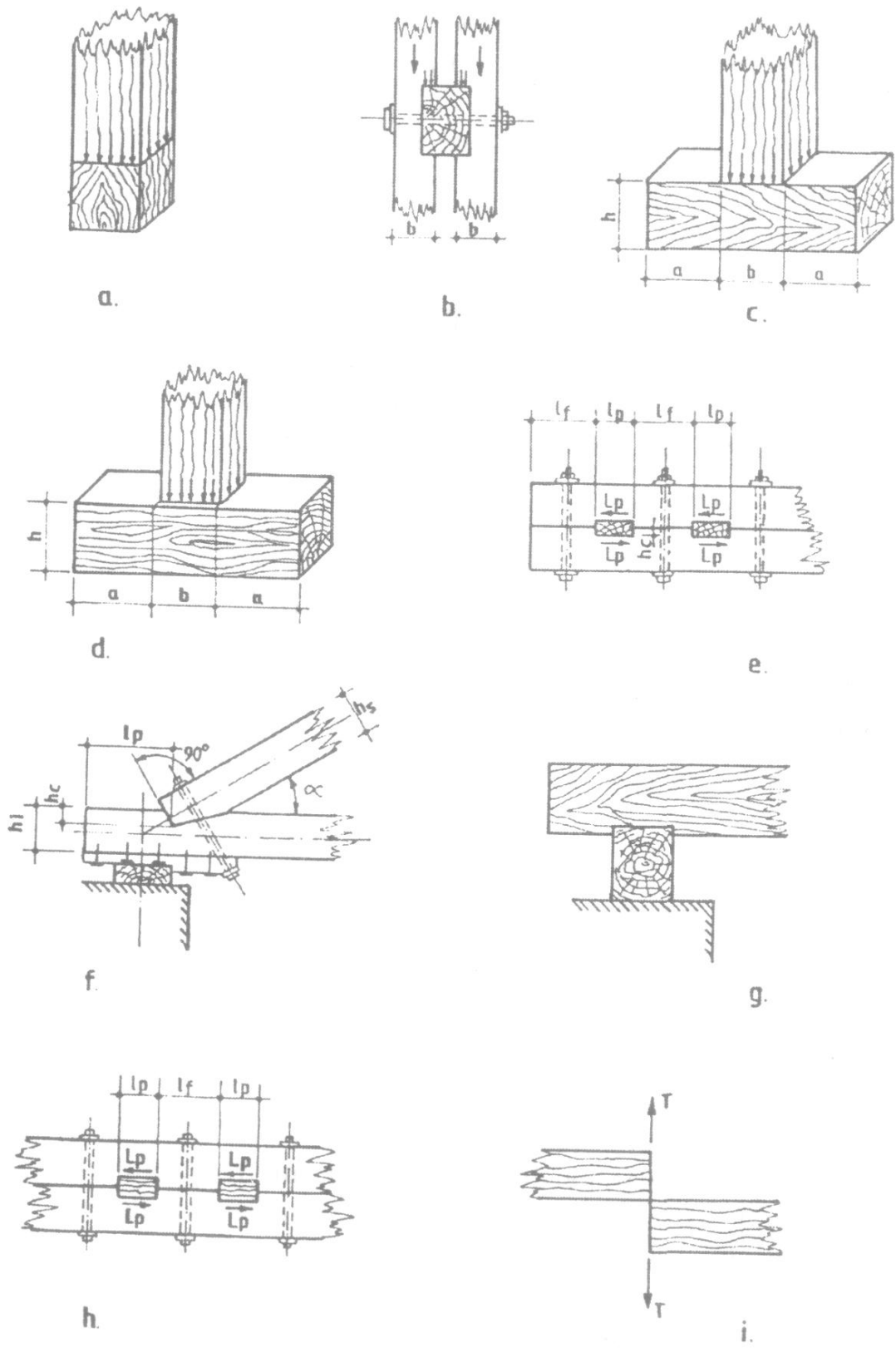


Fig. 4.2. Variante de rezemare a pieselor amplasate perpendicular sau sub unghiul α și variante de piese sollicitate la forfecare

4.6.3. Capacitatea de rezistență a pieselor din lemn masiv cu secțiune simplă la forfecare în lungul fibrelor, F_r , în N, se stabilește cu relația:

$$F_r = R_{f||}^c \cdot A_f \cdot m_{Tc} / m_f \quad (4.12)$$

în care:

$R_{f||}^c$ - rezistența de calcul la forfecare paralelă cu direcții fibrelor, stabilită cu relația (2.1), în funcție de specia materialului lemnos, clasa de calitate a lemnului și condițiile de exploatare a elementelor de construcție, în N/mm^2 ;

A_f - caracteristica secțională a elementului (aria de forfecare), în mm^2 ;

m_T - aceeași semnificație ca în relația (4.9);

m_f - coeficient de forfecare, care introduce raportul dintre lungimea pragului de forfecare și excentricitatea de aplicare a forței față de direcția pragului, precum și modul de producere a forfecării (unilaterală sau bilaterală).

Coeficientul de forfecare m_f se calculează cu relația:

$$m_f = 1 + \beta \cdot l_p / e \quad (4.13)$$

în care:

β - coeficientul ce ține cont de tipul forfecării, cu valoarea de 0,25 pentru forfecare unilaterală și 0,125 pentru forfecare bilaterală (fig. 4.4);

l_p - lungimea pragului de forfecare, limitată superior la $10 h_{ch}$, în mm;

e - excentricitatea de aplicare a forței de forfecare față de axa netă a elementului, în mm.

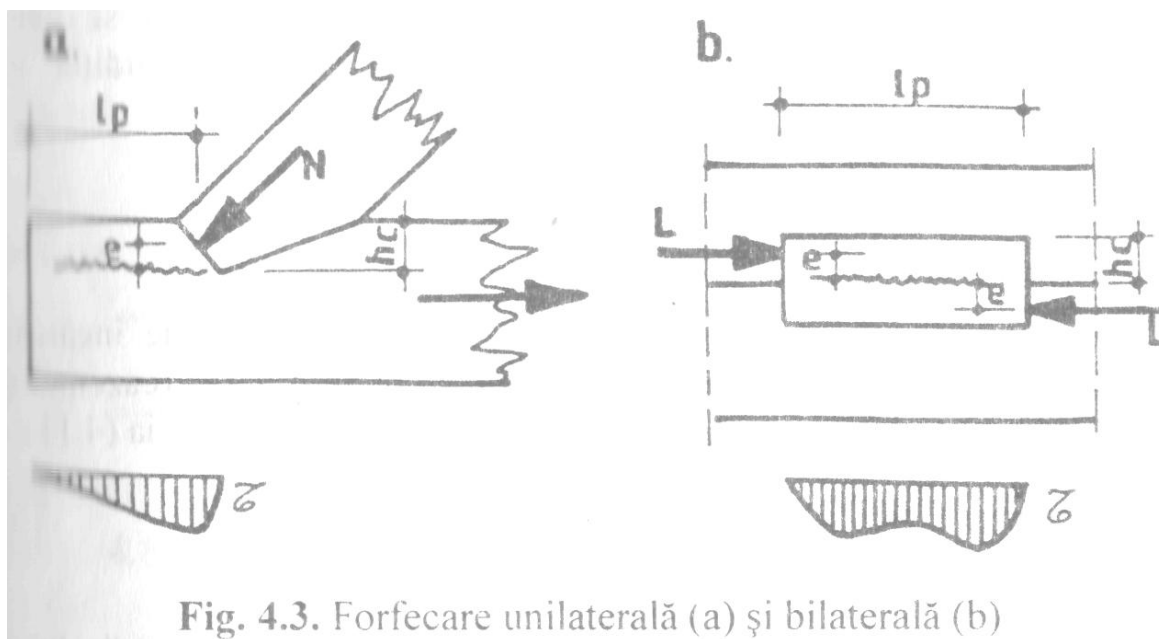


Fig. 4.3. Forfecare unilaterală (a) și bilaterală (b)

4.7. Bare solícitate la încovoiere

4.7.1. Capacitatea de rezistență a elementelor din lemn masiv cu secțiune simplă solícitate la încovoiere, M_r , în N mm se stabilește cu relația:

$$M_r = R_{i}^c \cdot W_{calcul} \cdot m_T \quad (4.14)$$

R_i^c - rezistența de calcul a lemnului masiv la încovoiere statică stabilită cu relația (2.1), în funcție de specia de material lemnos, clasa de calitate a lemnului și condițiile de exploatare a elementelor de construcție, în N/mm^2 ;

W_{calcul} - modulul de rezistență axial pentru secțiunea cea mai solicitată a elementului (W_{brut} dacă elementul nu prezintă slăbiri în secțiunea de calcul, respectiv W_{net} dacă elementul are slăbiri în zona de calcul);

m_T - coeficient de tratare a lemnului cu valorile specificate în tabelul 4.1.

Observație: La proiectarea elementelor din lemn solicitate la încovoiere trebuie să se respecte rapoartele dintre dimensiunile secțiunii transversale specificate în tabelul 4.2 pentru a se evita supradimensionarea elementelor de construcție din condiția de stabilitate laterală.

Comentariul C. 4.7.1.

4.7.2. Pentru grinzile scurte din lemn, acționate de încărcări mari, în special de forțe concentrate aplicate în apropierea reazemelor se va face obligatoriu și verificarea la forță tăietoare cu relația (4.11).

Comentariul C. 4.7.2.

4.7.3. Capacitatea de rezistență a grinzilor încovoiate la lunecare în zona cea mai solicitată din apropierea reazemelor, în planul determinat de axa neutră, L_r , în N, se stabilește cu relația:

$$L_r = R_{f\parallel}^c \cdot b \cdot I \cdot m_T / S \quad (4.15)$$

în care:

$R_{f\parallel}^c$ - rezistența de calcul la forfecare paralelă cu direcția fibrelor, stabilită cu relația (2.1) în funcție de specia materialului lemnos, clasa de calitate a lemnului și condițiile de exploatare a elementelor de construcție, în N/mm^2 ;

b - lățimea secțiunii în planul în care se calculează efortul, în mm;

I - momentul de inerție axial brut al secțiunii în raport cu axa centrală de inerție perpendiculară pe planul de acțiune al solicitărilor, în mm^4 ;

m_T - coeficient de tratare a lemnului cu valoarea specificată în tabelul 4.1;

S - momentul static al zonei care lunecă în raport cu axa neutră perpendiculară pe planul de acțiune a solicitărilor, în mm^3 .

4.7.4. La elementele încovoiate se verifică în mod obligatoriu și condiția de rigiditate (deformație), cu relația:

$$f_{\text{max,final}} \leq f_{\text{adm}} \quad (4.16)$$

$f_{\text{max,final}}$ - deformația maximă finală din încovoiere, stabilită cu relația (3.5);

f_{adm} - deformația maximă admisă, cu valorile din tabelul 3.1.

4.8. Bare solicitate la încovoiere oblică

4.8.1. Barele simple din lemn masiv solicitate la încovoiere se verifică cu relația:

$$\pm \frac{M_{ef}^x}{M_r^x} \pm \frac{M_{ef}^y}{M_r^y} \leq 1,0 \quad (4.17)$$

M_{ef}^x și M_{ef}^y - componentele momentului încovoiator efectiv (de calcul), corespunzătoare axelor centrale principale de inerție ale elementului, x-x, respectiv y-y (fig. 4.4), stabilite în funcție de schemele de încărcare și deschiderea de calcul a elementului. în Nmm;

M_r^x și M_r^y - capacitățile de rezistență ale barei la încovoiere statică pe direcția celor două axe centrale principale de inerție, x-x și respectiv y-y, stabilite cu relația (4.12), în Nmm.

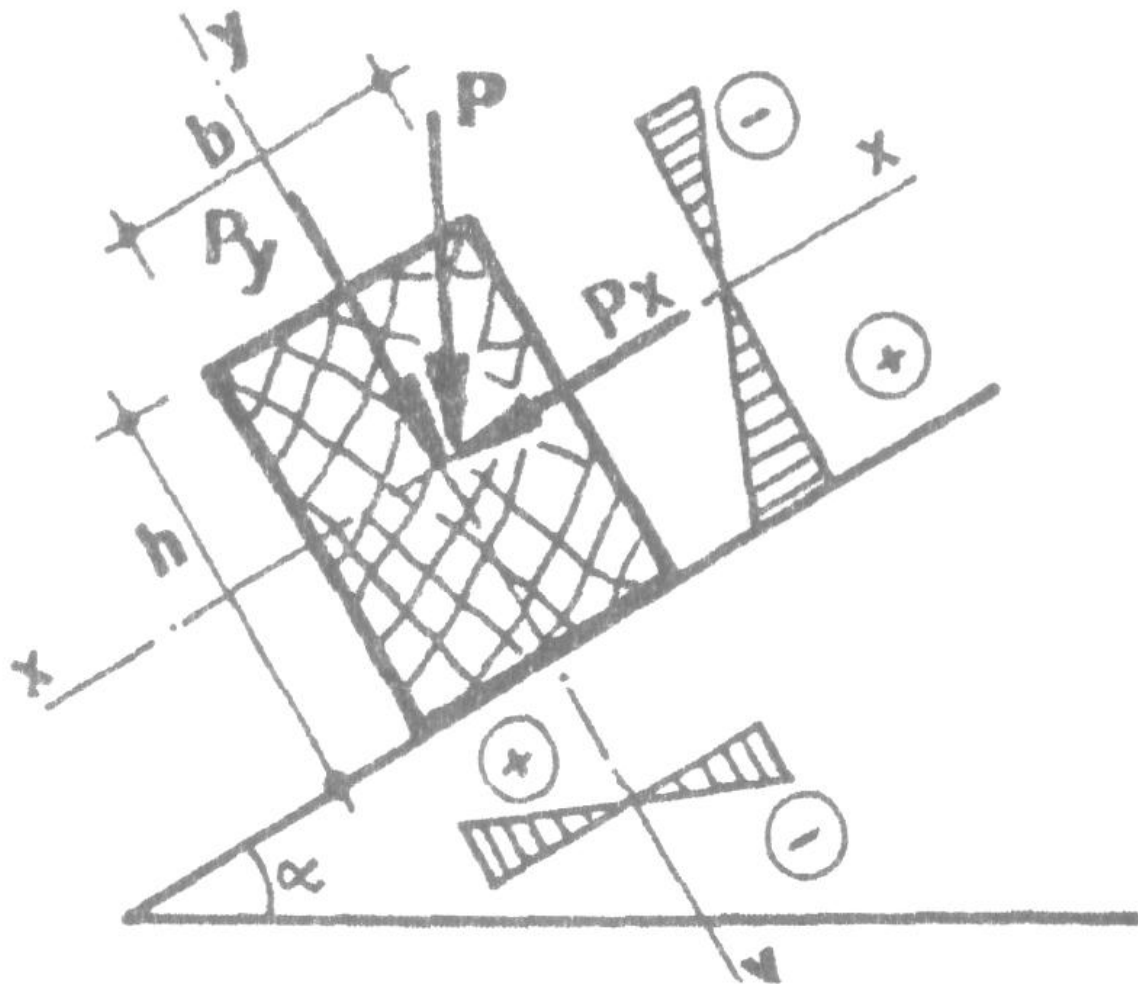


Fig. 4.4. Bară sollicitată la încovoiere oblică

La determinarea momentelor încovoietoare efective, deschiderile de calcul ale elementelor se vor stabili conform indicațiilor din paragraful 3.3.

Comentariul C. 4.8.

4.8.2. Deformația maximă finală la elementele sollicitate la încovoiere oblică se calculează prin însumarea vectorială a deformațiilor maxime de pe cele două direcții principale, cu relația:

$$f_{\max, final} = \sqrt{(f_{\max, final}^x)^2 + (f_{\max, final}^y)^2} \leq f_{adm} \quad (4.18)$$

în care:

$f_{\max, final}^x$ și $f_{\max, final}^y$ se stabilesc cu relația (3.5) în funcție de schema de încărcare și deschiderea de calcul a elementului, condițiile de exploatare, deformația îmbinărilor și de contrasăgeata inițială a elementului;

f_{adm} - săgeata maximă admisibilă, cu valorile din tabelul 3.1.

4.9. Bare solicitate la întindere și încovoiere (întindere excentrică)

Barele simple din lemn masiv solicitate la întindere excentrică se verifică cu relația:

$$\pm \frac{T_{ef}}{T_r} \pm \frac{M_{ef}}{M_r} \leq 1,0 \quad (4.19)$$

T_{ef} este încărcarea axială de calcul în bară, în N;

T_r - capacitatea de rezistență a barei la întindere centrică, stabilită cu relația (4.2), în N;

M_{ef} - momentul încovoiitor de calcul, stabilit în raport cu axa centrală de inerție perpendiculară pe direcția de acțiune a forței, în Nmm;

M_r - capacitatea de rezistență a barei la încovoiere în raport cu aceeași axă, stabilită cu relația (4.14), în Nmm.

Bara se va verifica în zonele cele mai solicitate, pentru M_{ef} maxim și W_{ef} corespunzător, respectiv pentru M_{ef} minim și W_{ef} corespunzător.

La determinarea momentului încovoiitor M_{ef} deschiderea de calcul a elementului se va stabili conform indicațiilor din paragraful 3.3.

Aria netă a secțiunii de calcul, stabilită cu relația (4.3), precum și dimensiunile secțiunii transversale vor îndeplini condițiile din paragraful 3.2.9.

Comentariul C. 4.9.

4.10. Bare solicitate la compresiune și încovoiere (compresiune excentrică)

4.10.1. Barele simple din lemn masiv solicitate la compresiune excentrică se verifică în raport cu axa perpendiculară pe direcția forțelor ce produc încovoierea ($x-x$, în fig. 4.5), cu relația:

$$-\frac{C_{ef}}{C_r} \pm \frac{M^f_{ef}}{M_r} \leq 1,0 \quad (4.20)$$

în care:

C_{ef} – este efortul axial de calcul în bară, în N;

C_r - capacitatea de rezistență a barei la compresiune, stabilită cu relația (4.4), în N;

M^f_{ef} - momentul încovoiitor maxim final stabilit în raport cu axa centrală principală de inerție, perpendiculară pe direcția de acțiune a forței, în Nmm, calculat conform indicațiilor din paragraful 4.10.2.;

M_r - capacitatea de rezistență a barei la încovoiere în raport cu aceeași axă, stabilită cu relația (4.12), în Nmm.

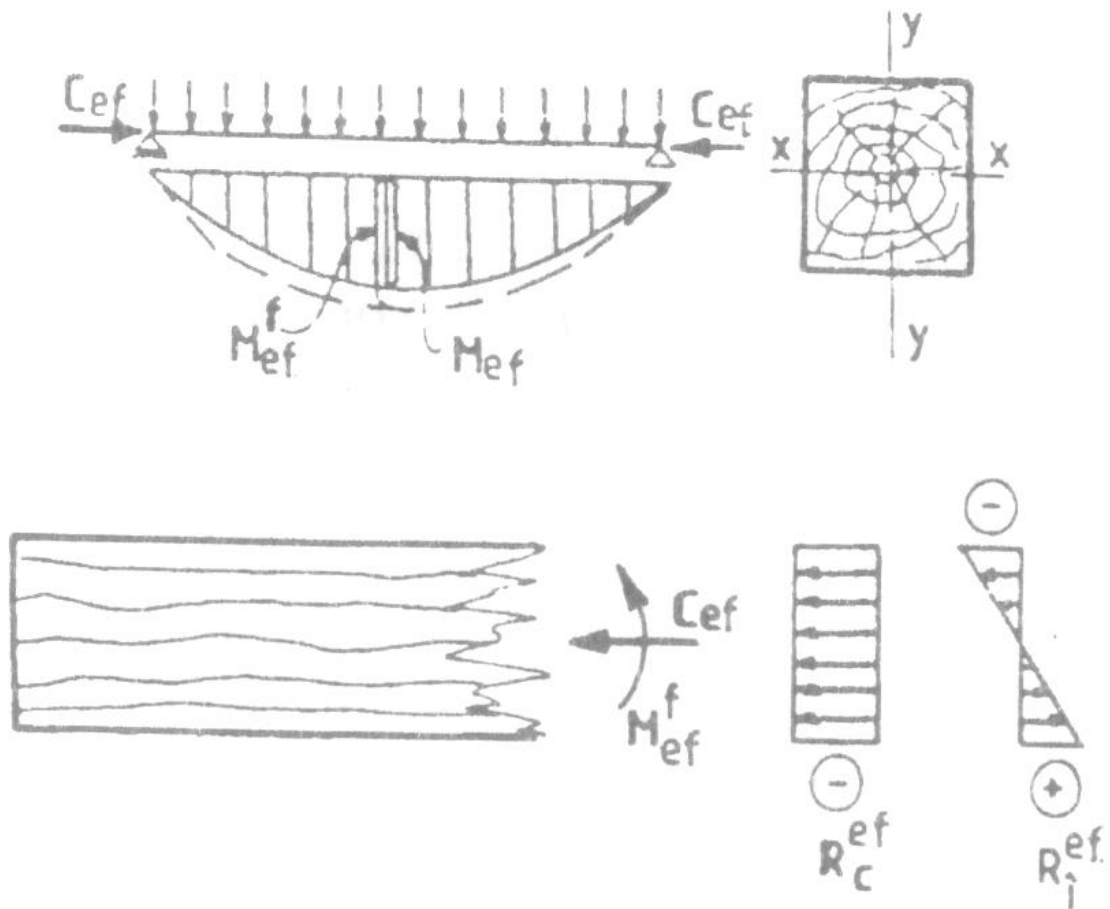


Fig. 4.5. Bară sollicitată la compresiune excentrică

4.10.2. Momentul încovoietor efectiv final se calculează ținând cont de momentul încovoietor secundar (moment de ordin inferior) produs de forța axială de compresiune care acționează excentric față de axa barei, cu relația:

$$M_{ef}^f = M_{ef} \left(\frac{1}{1 - \frac{C_{ef}}{C_E}} \right) \quad (4.21)$$

în care:

M_{ef} - momentul încovoietor maxim de calcul, stabilit în raport cu axa principală de inerție perpendiculară pe direcția de acțiune a forței, în Nmm; la determinarea valorii momentului încovoietor M_{ef} , deschiderea de calcul a elementului se va stabili conform indicațiilor din paragraful 3.3;

C_{ef} - efort axial de calcul în bară, în N;

C_E - efort axial de compresiune pe direcția de aplicare a momentului, în N, stabilit cu relația:

$$C_E = \pi^2 \cdot E_{0,05} \cdot m_{uE} \cdot m_I \cdot I / l_f^2 \quad (4.22)$$

$E_{0,05}$ - modulul de elasticitate caracteristic, cu valorile din tabelul 2.4, în funcție de specia de material lemnos utilizată, în N/mm^2 ;

m_{uE} - coeficient al condițiilor de lucru, cu valorile date în tabelul 2.5, în funcție de esența și de clasa de exploatare a elementului de construcție din lemn care se proiectează;

m_T - coeficient de tratare a lemnului cu valorile specificate în tabelul 4.1;

I - momentul de inerție axial în raport cu axa perpendiculară pe direcția de aplicare a forțelor ce produc încovoierea, în mm^4 ;

l_f - lungimea de flambaj a barei, stabilită conform indicațiilor din paragraful 3.5, în mm.

4.10.3. În cazul valorilor mici ale lui M_{ef}^f când M_{ef}^f / W_{brut} reprezintă mai puțin decât 10% din C_{ef} / A_{brut} , verificarea se face numai la compresiune cu flambaj, neglijându-se influența momentului încovoietor.

4.10.4. Capacitatea de rezistență a barei în plan normal pe planul încovoierii se stabilește cu relația (4.4).

4.10.5. Verificarea la lunecare a elementelor solícitate la compresiune cu încovoiere se face cu relația:

$$L_r / L_{ef}^f \quad (4.23)$$

în care:

L_r - capacitatea de rezistență a barei la lunecare, stabilită cu relația (4.15), în N;

L_{ef}^f - forța tăietoare de calcul, în N, stabilită în zona cea mai solícitată a elementului, în funcție de schema de încărcare a acestuia și de momentul încovoietor efectiv final, stabilit cu relația (4.21).

4.10.6. Prin utilizarea, în relația 4.23, a forței tăietoare finale, L_{ef}^f , stabilită în funcție de M_{ef}^f se introduce în calcul efectul de ordinul 2, prin care se majorează forța tăietoare de calcul datorită influenței reciproce a compresiunii și a încovoierii.

5. CALCULUL BARELOR DIN LEMN CU SECȚIUNE COMPUSĂ

5.1. Definierea barelor compuse și principii de calcul

5.1.1. Barele cu secțiune compusă sunt alcătuite din două sau mai multe elemente (scânduri, dulapi, rigle, grinzi), suprapuse sau alăturate și solidarizate între ele prin diferite procedee de îmbinare.

5.1.2. La calculul barelor din lemn cu secțiune compusă se ține seama de reducerea rigidității acestora față de rigiditatea barelor cu secțiune simplă, datorită modului de comportare a tuturor elementelor îmbinare folosite pentru solidarizare (cu excepția cleiului) și anume de a se deforma în timp sub acțiunea solícitărilor de lungă durată la care sunt supuse.

5.1.3. La stabilirea capacității de rezistență a barelor compuse, supuse la diferite solícitări, se introduce în calcul coeficientul de repartție a încărcărilor m_R , care ține seama de posibilitatea de repartție neuniformă a încărcărilor în elementele componente ale secțiunii compuse.

Pentru secțiuni compuse alcătuite din maximum trei elemente și la care îmbinările asigură conlucrarea elementelor componente, valorile coeficientului de repartție sunt:

- $m_R = 0,90$ pentru solícitățile de încovoiere, forfecare longitudinală, compresiune și întindere în lungul fibrelor;

- $m_R = 1,00$ pentru alte caracteristici.

5.2. Bare compuse solícitate la întindere axială

5.2.1. Capacitatea de rezistență pentru fiecare element component, i , la întindere axială se stabilește cu relația:

$$T_{r,i} = R_i^c \cdot A_{net,i} \cdot m_T \cdot m_r \quad (5.1)$$

în care:

$T_{r,i}$ - capacitatea de rezistență a elementului i , în N;
 R_i^c - rezistența de calcul a lemnului masiv la întindere axială stabilită conform relației (2.1) în funcție de specia de material lemnos, clasa de calitate a lemnului și condițiile de exploatare a elementelor de construcție, în N/mm²;

$A_{net,i}$ - aria netă a secțiunii de calcul pentru bara i , stabilită conform paragrafului 4.2.2., în mm²;

m_T - coeficientul de tratare a lemnului cu valoarea specificată în tabelul 4.1;

m_r - coeficientul de repartiție a încărcărilor, cu valoarea 0,90 conform indicațiilor din paragraful 5.1.3.

5.2.2. Capacitatea de rezistență a barei compuse solicitată la întindere axială se stabilește prin însumarea capacităților de rezistență ale elementelor componente stabilite cu relația (5.1), în ipoteza în care toate elementele componente au același modul de elasticitate E :

$$Tr = \sum_{i=1}^n T_{r,i} \quad (5.2)$$

5.2.3. Pentru verificarea fiecărui element al barelor compuse întinse, forța efectivă de întindere $T_{ef,i}$, se stabilește prin repartizarea forței totale T_{ef} proporțional cu secțiunea brută a barelor:

$$T_{ef,i} = T_{ef} \frac{A_{brut,i}}{\sum_{i=1}^n A_{brut,i}} \quad (5.3)$$

5.3. Bare compuse solicitate la compresiune axială

5.3.1. Alcătuirea barelor compuse comprimate

Barele compuse solicitate la compresiune axială se pot realiza sub formă de:

- bare pachet, la care toate elementele sunt acționate la extremități (fig. 5.1, a);
- bare cu fururi continue (fig. 5.1, b) și bare cu eclise continue (fig. 5.1, c), la care numai elementele principale sunt acționate la extremități; fururile și eclisele continue constituie momente secundare care măresc rigiditatea barei;
- bare cu fururi scurte (fig. 5.1, d), la care elementele principale sunt amplasate distanțat și asamblate între ele cu fururi scurte și izolate.

5.3.2. Calculul barelor compuse comprimate

5.3.2.1. Bare pachet

a) capacitatea de rezistență a barelor pachet în raport cu axa x-x normală pe rosturi, C_{rx} , în N (v. fig. 5.1, a), se stabilește cu relația:

$$C_{rx} = R_c^c \parallel \cdot A_{calcul} \cdot \varphi_{cx} \cdot m_T \quad (5.4)$$

în care:

$R_c^c \parallel$ - rezistența de calcul a lemnului masiv la compresiune axială, paralel cu fibrele, stabilită conform relației (2.1), în funcție de specia de material lemnos, clasa de calitate a lemnului și condițiile de exploatare a elementelor de construcție, în N/mm²;

A_{calcul} - aria secțiunii de calcul a tuturor elementelor componente ale barei; se recomandă ca aria slăbirilor să fie maxim 25 % din aria brută a barei;

φ_{cx} - coeficientul de flambaj, calculat conform indicațiilor din paragraful 4.3.3, în raport cu axa x-x;

m_T - coeficientul de tratare a lemnului cu valorile specificate în tabelul 4.1.

b) Capacitatea de rezistență a barelor pachet în raport cu axa y-y, paralelă cu rosturile, C_{Ty} , în N (v. fig. 5.1, a), se stabilește cu relația:

$$C_{Ty} = R_c^c \parallel \cdot A_{\text{calcul}} \cdot \varphi_{cy} \cdot m_T \quad (5.5)$$

$R_c^c \parallel$, A_{calcul} , și m_T au aceleași semnificații ca în relația (5.4);

φ_{cy} - este coeficientul de flambaj, calculat conform indicațiilor din paragraful 4.3.3. în raport cu axa y-y, în funcție de coeficientul de zveltețe transformat al barei λ_y^{tr} care se stabilește cu relația:

$$\lambda_y^{tr} = \mu \cdot \lambda_y \quad (5.6)$$

μ - este coeficientul de majorare a zvelteții barei compuse, care se stabilește cu relația:

$$\mu = \sqrt{1 + k \frac{bhr10^6}{l_f^2 n_e}} \quad (5.7)$$

în care:

k - este coeficientul de calcul, cu valorile din tabelul 5.1;

b - dimensiunea secțiunii transversale a barei paralelă cu rosturile, în mm;

h - dimensiunea secțiunii în sens perpendicular pe rosturi, în mm;

r - numărul de rosturi de-a lungul cărora elementele de îmbinare deformându-se pot permite alunecarea reciprocă a elementelor componente ale barei;

l_f - lungimea de flambaj a barei, în mm;

n_e - numărul efectiv de secțiuni de forfecare, distribuite pe 1,00m lungime de bară.

Tabelul 5.1
Valorile coeficientului k

Nr. crt.	Felul legăturilor	Valorile coeficientului k pentru	
		Compresiune	Compresiune și încovoiere
1	Cuie	$1 / 10d^2$	$1 / 5d^2$
2	Dornuri, șuruburi și buloane din oțel	$1 / 3d^2$	$1 / 1,5d^2$
3	Dornuri de stejar	$1 / 15d$	$1 / 10d$

Observație: d este diametrul tijei, în mm.

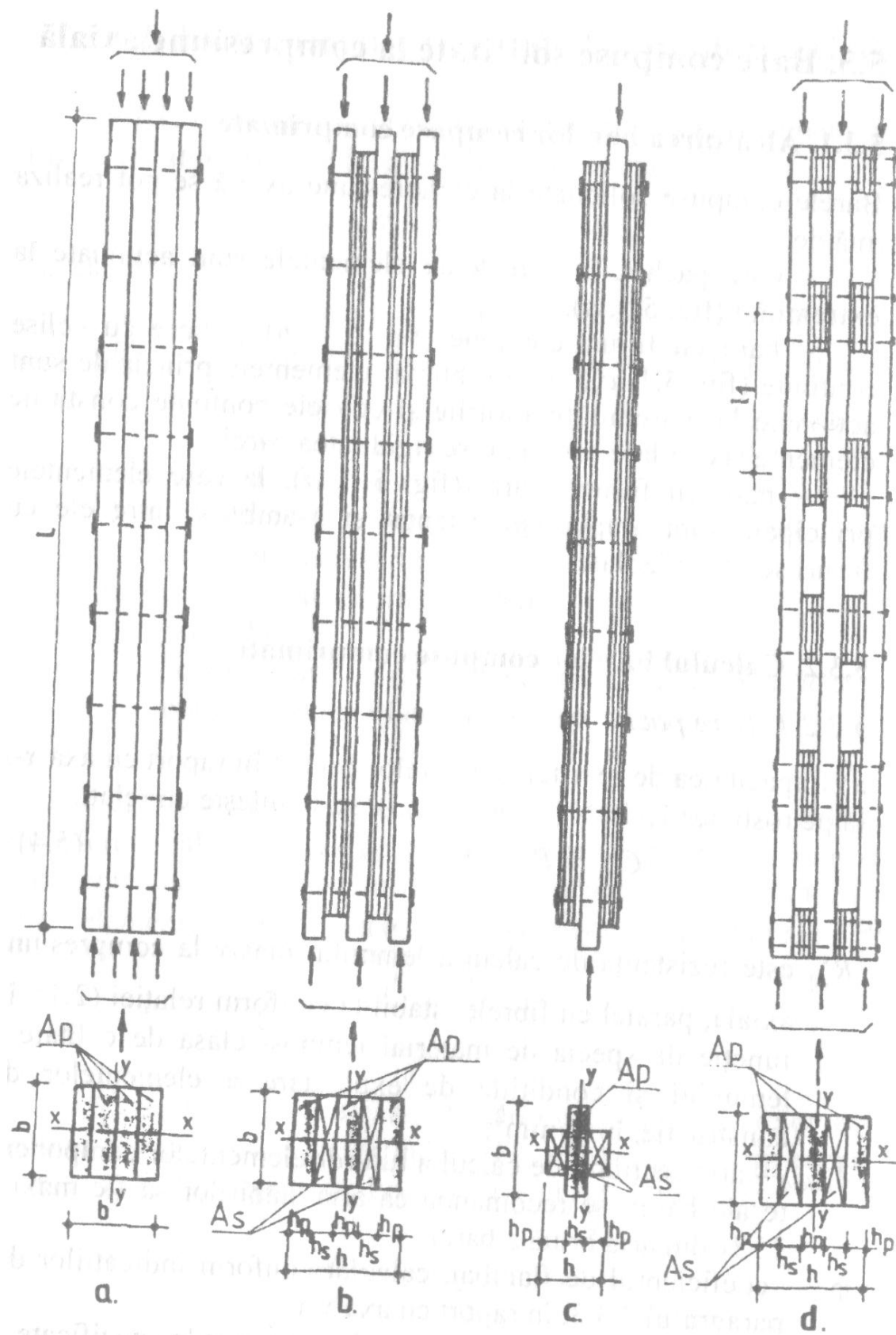


Fig. 5.1. Tipuri de bare solicitate la compresiune

c) Dispoziții constructive

Tijele cilindrice se dispun în rânduri transversale, respectând distanțele prevăzute în capitolul 6.

Distanța maximă între două rânduri transversale de tije nu trebuie să depășească de 6 ori grosimea elementului cel mai subțire din pachet; se dispun minim două șiruri de cuie în secțiune transversală (fig. 5.2).

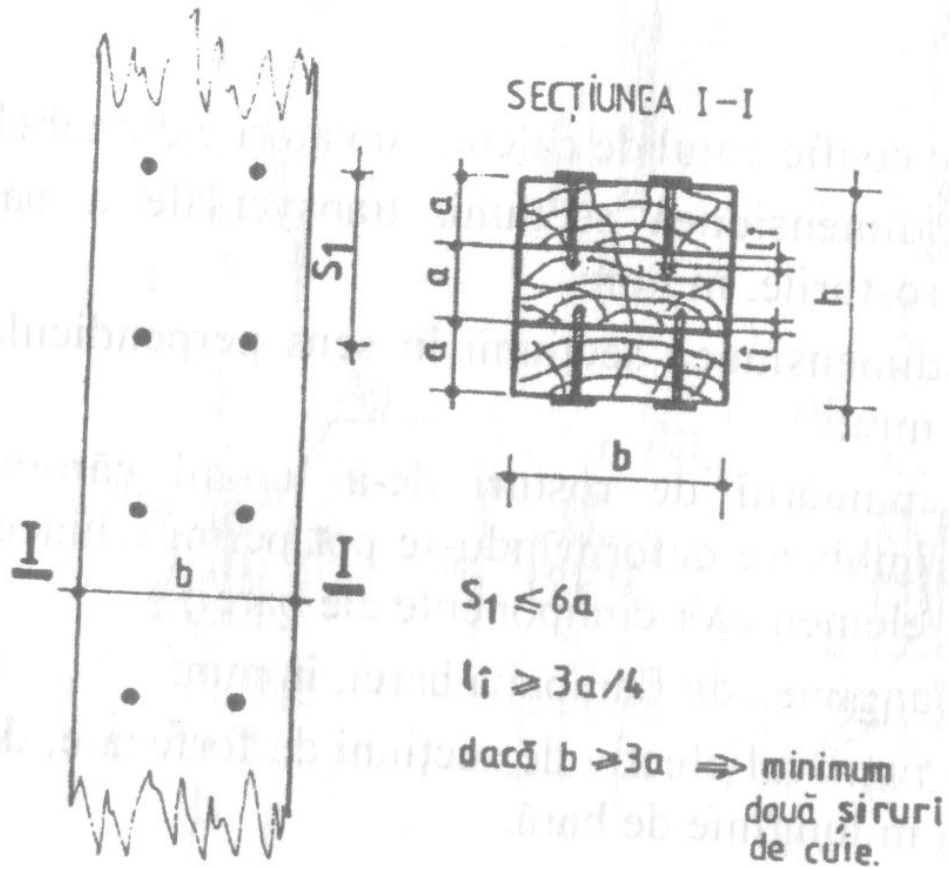


Fig. 5.2. Solidarizarea barelor compuse tip pachet, cu cuie

Lungimea de încastrare a cuielor va fi de minim $3a/4$, în care a este grosimea celei mai subțiri piese din pachet.

5.3.2.2. Bare cu fururi lungi și bare cu eclise continue

a) Capacitatea de rezistență a barelor cu fururi lungi (v. fig. 5.1, și a barelor cu eclise continue (v. fig. 5.1, c), în raport cu axa x-x normală pe rosturi se stabilește cu relația (5.4), în care $A_{\text{calcul}} = A_p$ (aria elementelor principale), și φ_{cx} se determină cu relația (4.5), în care:

$$\lambda_x = \frac{l_f}{i_x} \quad (5.8)$$

în care:

$$i_x = \sqrt{\frac{I_{px} + 0,5I_{sx}}{A_p}} \quad (5.9)$$

I_{px} - momentul de inerție al elementelor principale în raport cu centrul de greutate al secțiunii, după axa x-x, în mm⁴;

I_{sx} - momentul de inerție al elementelor secundare, în raport cu centrul de greutate al secțiunii după axa x-x, în mm⁴.

b) Capacitatea de rezistență a barelor cu fururi lungi (v. fig. 5.1, b) și a barelor cu eclise continue (v. fig. 5.1, c), în raport cu axa y-y, paralelă cu rosturile se stabilește cu relația (5.5), în care $A_{\text{calcul}} = A_p$ (aria elementelor principale) și φ_{cy} , se determină cu relația (4.5), în care:

$$\lambda^r_y = \mu\lambda_y \quad (5.10)$$

μ - coeficient de majorare a zvelteții barei compuse conform relației (5.7)

$$\lambda_y = \frac{l_f}{i_y} \quad (5.11)$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_{py} + I_{sy}}{A_p}} \quad (5.12)$$

în care:

I_{py} - este momentul de inerție al elementelor principale, în raport cu centrul de greutate al secțiunii, după axa y-y, în mm⁴;

I_{sy} - momentul de inerție al elementelor secundare, în raport cu centrul de greutate al secțiunii, după axa y-y, în mm⁴.

5.3.2.3. Bare cu fururi scurte

a) Capacitatea de rezistență a barelor cu fururi scurte (v. fig. 5.1, d), în raport cu axa x-x normală pe rosturi se stabilește cu relația (5.4), în care $A_{\text{calcul}} = A_p$, iar φ_{cx} se determină cu relația (4.5) în care:

$$\lambda_x = \frac{l_f}{i_x} \quad (5.13)$$

în care:

i_x se determină conform relației (5.9).

b) Capacitatea de rezistență a barelor cu fururi scurte (v. fig. 5.1, d), în raport cu axa y-y paralelă cu rosturile se stabilește conform paragrafului 5.3.2.1, b), cu precizarea că $A_{\text{calcul}} = A_p$, iar φ_{cy} , se determină în funcție de coeficientul de zveltețe echivalent λ^e_y , care se calculează cu relația:

$$\lambda^e_y = \sqrt{(\mu\lambda_y)^2 + \frac{n}{2}\lambda_1^2} \quad (5.14)$$

în care:

μ - coeficient de majorare a zvelteții barei compuse, care se stabilește cu relația (5.7);

λ_y - coeficientul de zveltețe al barei în raport cu axa y-y conform relației (5.11).

n - numărul de elemente principale componente;

λ_1 - coeficientul de zveltețe al unui element izolat, dat de relația:

$$\lambda_1 = l_1 / i_1, i_1 = \sqrt{\frac{I_1}{A_1}} \quad (5.15)$$

l_1 - distanța între două fururi scurte;

i_1 - raza de girație, în raport cu axa y-y, a unui element izolat.

Observație: În cazul în care secțiunea compusă realizată cu fururi scurte are un număr redus de legături sau dacă legăturile au o lungime redusă, se va determina atât coeficientul de zveltețe λ_y , cât și elementul de zveltețe λ_1 (neținând seama de legături și acceptând ipoteza că fiecare element lucrează independent, $l_1 = l_f$).

5.4. Bare compuse solicitate la compresiune și încovoiere (compresiune excentrică)

5.4.1. Barele compuse realizate din elemente din lemn masiv, solicitate la compresiune cu încovoiere în raport cu axa y-y, se verifică:

a) La condiția de rezistență în planul de acțiune al momentului încovoietor, cu relația:

$$-\frac{C e_f}{C_r} \pm \frac{M_{ef}^f}{M_r^c} \leq 1,00 \quad (5.15)$$

în care:

C_{ef} - încărcarea axială de calcul în bară, în N;

C_r - capacitatea de rezistență a barei la compresiune, stabilită cu relația (4.4), în N, în care

$A_{calcul} = A_p$ (aria elementelor principale);

M_{ef}^f - momentul încovoietor maxim final, stabilit în raport cu axa y-y perpendiculară pe direcția de acțiune a forțelor, în Nmm, calculat conform indicațiilor din paragraful 4.10.2.

M_r^c - capacitatea de rezistență corectată a barei la încovoiat în raport cu axa y-y, în Nmm, stabilită cu relația:

$$M_r^c = k_w \cdot R_{t1}^c \cdot W_{calcul}^y \cdot m_T \quad (5.16)$$

în care:

k_w - este coeficientul de reducere a modulului de rezistență, ce ține seama de deformațiile îmbinărilor, cu valorile:

$k_w = 0,90$ pentru barele cu un rost de lunecare;

$k_w = 0,80$ pentru barele cu două sau mai multe rosturi de lunecare;

R_{t1}^c - rezistența de calcul a lemnului masiv la încovoiere statică stabilită cu relația (2.1) în funcție de specia de material lemnos, clasa de calitate a lemnului și condițiile de exploatare a elementelor de construcție, în N/mm²;

W_{calcul}^y - modulul de rezistență în raport cu axa y-y, pentru secțiunea cea mai solicitată a elementului compus, în mm³;

m_T - coeficientul de tratare a lemnului cu valorile specificate în tabelul 4.1.

b) La lunecare de-a lungul unui rost, forța de lunecare totală L_t , în N, de la extremitatea barei până la secțiunea de moment maxim, stabilindu-se cu relația:

$$L_r = \frac{S A_t^f}{I} \leq L_{ri} \quad (5.17)$$

în care:

S - momentul static al secțiunii în raport cu axa neutră perpendiculară pe planul de acțiune al solicitărilor, în mm³;

I - momentul de inerție brut al secțiunii în raport cu axa principală de inerție perpendiculară pe planul de acțiuni al solicitărilor, în mm⁴;

A_t^f - suprafața diagramei forței tăietoare de la reazemul barei și până la mijlocul deschiderii, stabilită pe baza forței tăietoare finale, determinate conform indicațiilor de la paragraful 4.10.3;

L_{ri} - capacitatea de rezistență a elementelor de îmbinare dispuse pe jumătate din lungimea elementului, în N, calculată cu relația:

$$L_{ri} = f_1 \cdot n \cdot L_a \quad (5.18)$$

în care:

f_1 - factorul de distribuție al forței de lunecare la mijloacele de îmbinare, egal cu 1/1,5 dacă mijloacele de îmbinare se distribuie uniform pe lungimea grinzii și egal cu 1,0 dacă distribuția elementelor de îmbinare se face împărțind suprafața diagramei de forță tăietoare în părți egale și dispunând câte un element de îmbinare la extremitatea dinspre reazem a fiecărei fracțiuni de suprafață;

n - numărul de elemente de îmbinare dispuse pe jumătate din lungimea elementului;

L_a - capacitatea de rezistență a unui element de îmbinare conform capitolului 6, în N.

c) La condiția de stabilitate a barei în raport cu axa x-x (flambaj un planului de încovoiere), capacitatea de rezistență a barei compuse în raport cu această axă se stabilește cu relația (5.4), cu condiția că $A_{calcul} = A_p$ (aria barelor principale), iar coeficientul de flambaj φ_{cx} se va determina în funcție de coeficientul de zveltețe λ_x , calculat cu relațiile (5.8) pentru bare cu fururi lungi și pentru bare cu eclise continue și (5.10) pentru bare cu fururi scurte.

5.4.2. Barele compuse solicitate la compresiune și încovoiere în raport axa x-x se verifică:

a) La condiția de rezistență în planul de acțiune al momentului încovoiator, cu relația:

$$-\frac{C_{ef}}{C_{rx}} \pm \frac{M^f e_{fx}}{M_{rx}} \leq 1,00 \quad (5.19)$$

în care:

C_{ef} - încărcarea axială de calcul în bară, în N;

C_{rx} - capacitatea de rezistență a barei la compresiune, stabilită cu relația (4.4), în N, luând $A_{calcul} = A_p$ (aria elementelor principale) și coeficientul de flambaj φ_{cx} calculat cu coeficientul de zveltețe λ_x , stabilit cu relația (5.9);

M_{efx}^f - momentul încovoiator maxim final, stabilit în raport cu axa x-x, perpendiculară pe direcția de acțiune a forței de încovoiere și pe direcția rosturilor, în Nmm, calculată conform indicațiilor din paragraful 4.10.2;

M_{rx} - capacitatea de rezistență a barei la încovoiere în raport cu axa x-x stabilită cu relația (4.12), în Nmm.

b) La condiția de stabilitate în raport cu axa y-y, conform paragrafelor 5.3.2.1, b, pentru bare pachet, 5.3.2.2, b, pentru bare cu fururi lungi și pentru bare cu eclise continue și 5.3.2.3, b, pentru bare cu fururi scurte.

5.5. Bare compuse solicitate la încovoiere

5.5.1. Alcătuirea barelor compuse încovoiate

Grinzile compuse solicitate la încovoiere se pot realiza din două sau mai multe piese din lemn suprapuse, îmbinate longitudinal cu mijloace de îmbinare ce pot prelua eficient forțele de lunecare dintre piesele îmbinate, astfel ca grinda să se comporte cât mai aproape de o grindă cu secțiune unitară.

În mod obișnuit se folosesc ca elemente de îmbinare: pene elastice (fig. 5.3), pene de lemn prismatice cu fibrele amplasate longitudinal (fig. 4.2, h) sau transversal (fig. 4.2, e) față de fibrele elementului, pene inelare netede sau dințate realizate din oțel (fig. 5.3) și buloane etc.

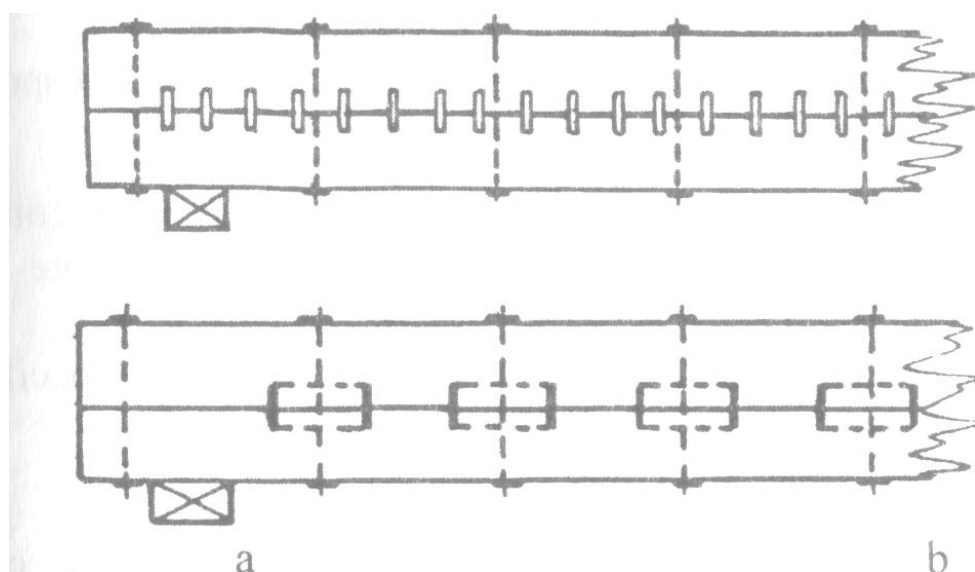


Fig. 5.3. Elemente compuse încovoiate solidarizate cu pene elastice (a) și cu pene metalice inelare (b)

5.5.2. Calculul grinzilor compuse solicitate la încovoiere

5.5.2.1. Capacitatea de rezistență a grinzilor compuse solicitate la încovoiere, M_r , în Nmm, ținând cont de deformabilitatea îmbinărilor stabilește cu relația:

$$M_r = R_i^c \cdot W_{\text{calcul}}^c \cdot m_T \quad (5.20)$$

în care:

R_i^c - rezistența de calcul a lemnului masiv la încovoiere statică, stabilită cu relația (2.1.) în funcție de specia de material lemnos, clasa de calitate a lemnului și condițiile de exploatare a elementelor de construcție, în N/mm^2 ;

W_{calcul}^c - modulul de rezistență corectat pentru secțiunea cea mai solicitată a grinzii, în mm^3 , stabilit cu relația:

$$W_{\text{calcul}}^c = k_w \cdot W_{\text{net}} \quad (5.21)$$

k_w - coeficient de reducere ce ține seama de deformabilitatea îmbinărilor și care are valorile:

$k_w = 0,8$, respectiv $0,9$ pentru grinzi din două, respectiv trei elemente dispuse fără interspațiu între ele;

$k_w = 0,8$, respectiv $0,6$ pentru grinzi din două, respectiv trei elemente dispuse cu interspațiu între ele;

W_{net} - modulul de rezistență al secțiunii nete a barei, considerată ca o grindă unitară, îmbinările fiind considerate indeformabile;

m_T - coeficient de tratare a lemnului cu valorile specificate în tabelul 4.1.

5.5.2.2. Verificarea rigidității (săgeții) la grinzile compuse încovoiate se face cu relația (4.14), cu observația că la determinarea deformației maxime finale se ia în calcul momentul de inerție corectat, stabilit cu relația:

$$I_c = k_i \cdot I_{\text{brut}} \quad (5.22)$$

în care:

k_i - este coeficientul de reducere al momentului de inerție care ține cont de deformabilitatea îmbinărilor, având valoarea $0,7$;

I_{brut} - momentul de inerție al secțiunii brute în raport cu axa neutră, considerând întreaga secțiune a barei.

5.5.2.3. Verificarea la forță tăietoare, luând în considerare forța de lunecare la care trebuie să reziste fiecare element de îmbinare se face cu relația:

$$L_t \leq L_{ri} \quad (5.23)$$

în care:

L_t – este forța de lunecare totală pe jumătate din lungimea grinzii în N, calculată cu relația:

$$L_t = \frac{S \cdot A_T}{I} \quad (5.24)$$

S - momentul static al jumătății de secțiune în raport cu axa neutră, perpendiculară pe planul de acțiune al solicitărilor, în mm^3 ;

I - momentul de inerție brut al secțiunii în raport cu axa centrală principală de inerție perpendiculară pe planul de acțiune al solicitărilor, în mm^4 ;

A_T - suprafața diagramei de forță tăietoare de la extremitatea barei și până la mijlocul acesteia, în Nmm; în cazul grinzilor acționate de sarcini mobile, reprezintă înfășurătoarea forțelor tăietoare maxime pe o jumătate de grindă;

L_{ri} - capacitatea de rezistență la lunecare a mijloacelor de îmbinare, distribuite pe jumătate din lungimea grinzii, stabilită cu relația (5.18).

Cap 6. CALCULUL ȘI EXECUȚIA ÎMBINĂRILOR ELEMENTELOR DE CONSTRUCȚIE DIN LEMN

Îmbinările elementelor din lemn masiv apar necesare datorită sortimentului limitat atât ca lungime, cât și ca secțiune, care nu corespund întotdeauna cu deschiderile necesare și cu solicitările din elementele de construcție.

La construcțiile din lemn, îmbinările se folosesc pentru:

- realizarea unor secțiuni compuse, când sortimentul existent este insuficient pentru preluarea solicitărilor (v. fig. 5.1 și 5.3);
- îmbinarea în lung a pieselor din lemn - îmbinări de prelungire (fig. 6.1, a și b);
- îmbinări între piese la noduri sau la intersecții, executate atunci când două sau mai multe piese fac un unghi α între ele (fig. 6.1, c și d).

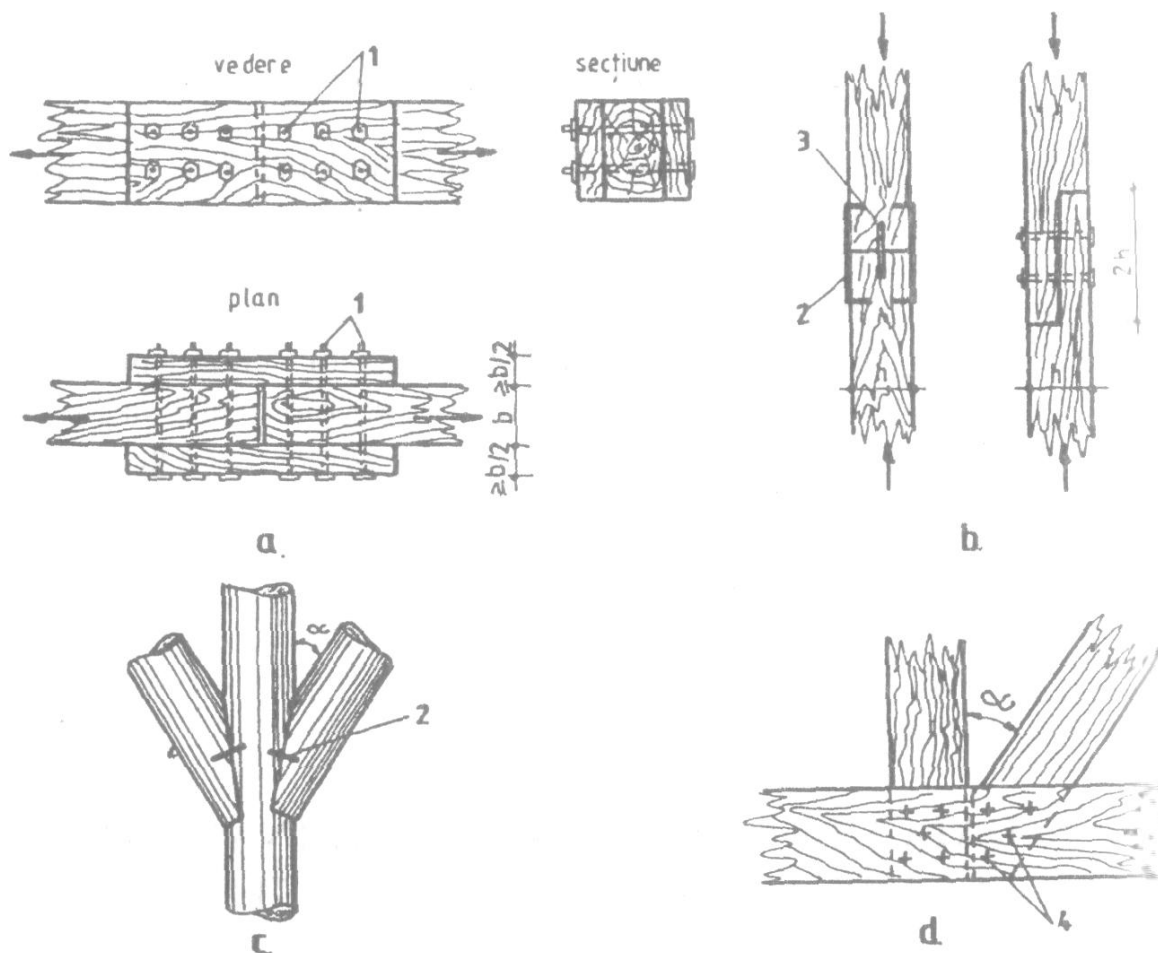


Fig. 6.1. Tipuri de îmbinări

- a – de prelungire la piese tensionate;
- b – de prelungire la piese comprimate;
- c – îmbinare pop-contrafișă;
- d – îmbinarea montantului și a diagonalei la o grindă cu zăbrele;
- 1 – buloane;
- 2 – scoabe;
- 3 – dorn;
- 4 – cuie.

6.1. Clasificarea îmbinărilor

6.1.1. După modul de execuție, îmbinările pot fi demontabile sau nedemontabile, executate pe șantier sau în ateliere specializate, pe baza unor tehnologii moderne.

6.1.2. După rolul pe care îl au, îmbinările pot fi:

- de solidarizare, care se prevăd în vederea asigurării stabilității relative a elementelor, transmit eforturi de care, în general, nu se ține seama în calcul și care se execută pe criterii constructive, de exemplu solidarizarea cu scoabe, dornuri sau buloane la îmbinarea de prelungire a barelor comprimate din figura 6.1, b, sau solidarizarea cu scoabe la îmbinarea din figura 6.1, c;
- de rezistență, dimensionate pe bază de calcul la eforturile pe care le transmit.

6.1.3. Din punctul de vedere al deformațiilor inițiale și în care se produc în îmbinare, pot fi:

- îmbinări prin păsuire, la care efortul se transmite direct, fără piese de legătură, elementul principal al îmbinării fiind suprafața de contact; la aceste tipuri de îmbinări deformațiile inițiale sunt mari datorită așezării pieselor în îmbinare, iar în timp deformațiile cresc foarte puțin;
- îmbinări nepăsuite (cuie, buloane, plăcuțe elastice) la care deformațiile sunt foarte mici în prima etapă și cresc mult în timp.

6.1.4. În funcție de mijloacele de îmbinare utilizate și de natura solicitărilor la care sunt supuse, pot fi:

- îmbinări prin chertare, solicitate la strivire și forfecare (v. paragraful 6.3);
- îmbinări cu pene prismatice și pene inelare netede, cu dinți sau cu gheare, solicitate la strivire și forfecare (v. paragraful 6.4);
- îmbinări cu tije cilindrice și cu pene lamelare, flexibile, solicitate în principal la încovoiere, iar elementele îmbinate solicitate la strivire (v. paragraful 6.5);
- îmbinări cu cuie și șuruburi pentru lemn, solicitate la smulgere (v. paragraful 6.6);
- îmbinări cu asamblaje mecanice care preiau diferite solicitări - juguri, tiranți, elemente de reazem, piese pentru articulații etc. (v. paragraful 6.7);
- îmbinări încheiate, care lucrează în principal la forfecare (v. paragraful 6.8).

6.2. Condițiile pe care trebuie să le îndeplinească îmbinările

Pentru a satisface exigențele de performanță impuse, îmbinările trebuie să îndeplinească următoarele condiții:

- prin mijloacele de îmbinare utilizate, trebuie să se asigure o repartizare uniformă a eforturilor în elementele componente ale barelor compuse; suprasolicitarea unor elemente apare datorită inexactităților de execuție a îmbinărilor și a prezenței unor deformații inițiale inegale;
- să se realizeze, pe cât posibil, fracționarea elementelor prin transmitere a eforturilor (tije cilindrice sau lamelare, pene prismatice sau inelare etc), asigurându-se astfel un număr mai mare de secțiuni de lucru și prin urmare o rezistență și o siguranță sporită a îmbinărilor chiar în cazul prezenței unor defecte (noduri, crăpături medulare etc);
- îmbinările trebuie astfel realizate încât să se evite efectele defavorabile ale contracției și umflării și să nu faciliteze apariția fenomenului de biodegradare (prin stagnarea apei sau împiedicarea aerisirii îmbinării);
- tipul de îmbinare ales trebuie să se potrivească cu materialul lemnos folosit și cu solicitările din piese, de exemplu îmbinările încheiate nu se pot utiliza decât la lemn ecarisat sub formă de scânduri sau dulapi, având umiditatea de echilibru maxim 18%; îmbinările prin chertare transmit numai eforturi de compresiune la piese din lemn rotund sau din lemn ecarisat tip grinzi sau rigle; îmbinările cu inele necesită material ecarisabil de calitate superioară; nu se pot realiza construcții exterioare îmbinate cu cuie, chiar în cazul protejării acestora, întrucât ruginesc din cauza umidității relative mari a aerului exterior;
- îmbinările trebuie astfel realizate încât să nu reducă sensibil capacitatea de rezistență a pieselor îmbinate; slăbirea secțiunii trebuie să fie minimă;
- îmbinările trebuie astfel concepute încât să fie ușor de executat și întreținut; se recomandă ca la realizarea construcțiilor din lemn să se aleagă tipuri de îmbinări ce se pot realiza

industrializat și se pot asambla ușor pe șantier (de exemplu: îmbinări încleiate, îmbinări cu plăcuțe multi-cuie, asamblaje metalice), sau care necesită manoperă mai puțin calificată (de exemplu: îmbinări cu cuie sau buloane);

- îmbinările trebuie astfel concepute încât să se mențină axialitatea eforturilor în bare; excentricitățile prezente la noduri măresc secțiunile barelor datorită faptului că acestea lucrează la solicitări compuse (întindere sau compresiune excentrică);

- la calculul îmbinărilor nu se iau în considerare forțele de frecare favorabile pentru comportarea elementelor de construcție în îmbinări, datorate legăturilor de strângere (buloane sau cuie), deoarece acestea sunt în general de scurtă durată;

- efectul favorabil al forțelor de frecare se ia în considerare în condițiile prevăzute în paragraful 3.2.8.;

- datorită modului de lucru diferit al diverselor tipuri de îmbinări (diferențe mari de deformații inițiale și în timp) nu este permisă pentru transmiterea aceluiași efort folosirea îmbinărilor de diferite tipuri; se permite transmiterea eforturilor prin diferite mijloace de îmbinare, dar integral și succesiv.

Comentariu C. 6.2.

6.3. Îmbinări prin chertare

6.3.1. Elemente generale

6.3.1.1. Îmbinările prin chertare asigură transmiterea eforturilor de la o piesă la alta, direct pe suprafața de contact corespunzător păsuită.

6.3.1.2. Îmbinările prin chertare se caracterizează prin deformații mari în prima fază a solicitării, până la realizarea unui contact direct între suprafețele care transmit efortul și deformații mai mici în faza a doua a solicitării, după realizarea contactului dintre piese.

6.3.1.3. Piesele unei îmbinări prin chertare se fixează între ele prin buloane, scoabe sau tiranți, care au rolul de a menține contactul între suprafețele care transmit efortul și de a împiedica deplasările relative între piese. În calculul de rezistență al îmbinărilor prin chertare nu se ține seama de eforturile pe care ar putea eventual să le preia elementele de prindere, dar se ține seama de slăbirile de secțiune pe care acestea le produc.

6.3.2. Îmbinări prin chertare la piese amplasate în prelungire

6.3.2.1. La realizarea îmbinărilor de prelungire la piesele comprimate se recomandă respectarea datelor constructive prevăzuți în figura 6.2.

6.3.2.2. Nu se recomandă îmbinări prin chertare nesimetrice deoarece produc momente în bare datorită dezaxării eforturilor.

6.3.2.3. Verificarea capacității de rezistență a îmbinării este satisfăcută apriori întrucât:

$$R_{str\parallel}^c = R_{c\parallel}^c.$$

6.3.2.4. Dacă îmbinarea este supusă și la moment încovoietor, legăturile cu zbanțuri sau buloane se verifică la acțiunea acelu moment.

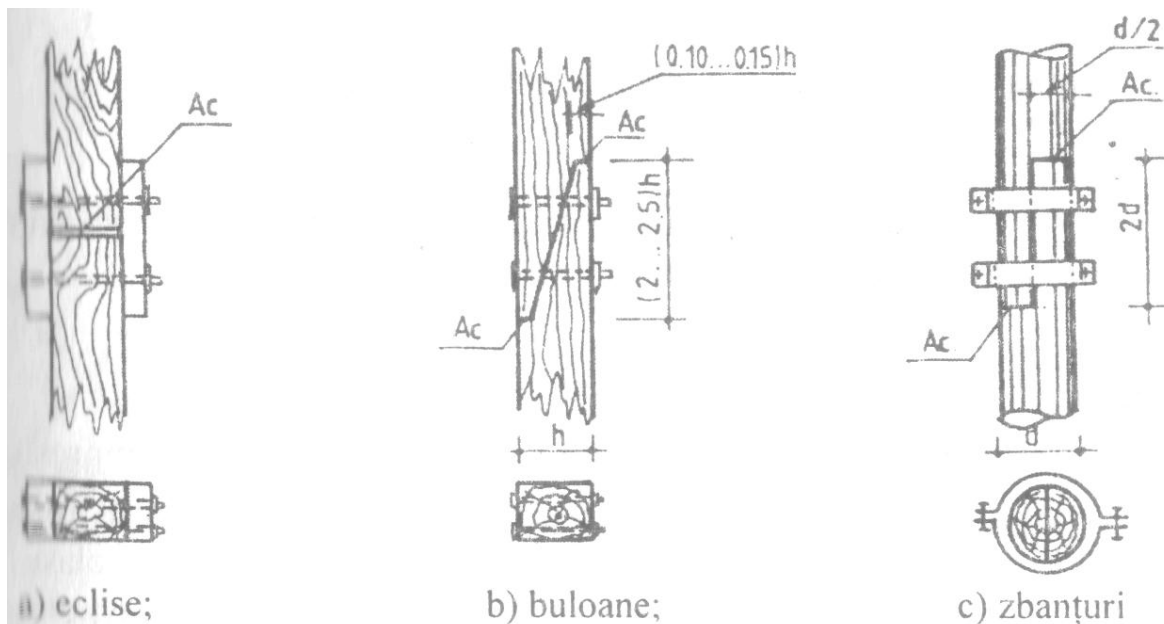


Fig. 6.2. Îmbinări de prelungire prin chertare solidarizate

6.3.3. Îmbinări prin chertare la piese dispuse perpendicular

6.3.3.1. Îmbinările transversale prin chertare pentru solidarizare se utilizează la rezemarea grinzilor pe stâlpi, a stâlpilor sau popilor pe stâlpi, a subgrinzilor de la nodurile fermelor cu zăbrele pe cosoroabe etc. La realizarea acestor îmbinări trebuie să se respecte datele constructive prezentate în figura 6.3.

6.3.3.2. Pentru asigurarea stabilității la deplasări laterale, îmbinarea se rigidizează cu cepuri (fig. 6.3, a, c și e) sau scoabe (fig. 6.3, b și f). Pentru a se transmite efortul pe suprafața de contact, adâncimea locașului va depăși cu 5...10 mm înălțimea cepului.

6.3.3.3. Transmiterea efortului pe suprafața de contact dintre cele două elemente se face prin strivire normală pe fibre la grindă, talpă, subgrindă, cosoroabă și în lungul fibrelor la stâlpi și popi. În cazul utilizării îmbinărilor cu cep, la calculul suprafeței de contact se va scade suprafața cepului.

6.3.3.4. În cazul utilizării lemnului rotund, rezemarea grinzii pe stâlp se realizează prin chertarea cu teșitură a grinzii (v. fig. 6.3, c); nu se recomandă chertarea fără teșirea grinzii (v. fig. 6.3, d).

6.3.3.5. Capacitatea de rezistență a îmbinărilor la piese amplasate perpendicular se stabilește cu relația:

$$Q_{ri} = R_{c\perp}^c \cdot A_c \cdot m_T \cdot m_r \quad (6.1)$$

în care:

$R_{c\perp}^c$ - rezistența de calcul a lemnului masiv la compresiune (strivire) perpendicular pe fibre, stabilită conform relației (2.1) în funcție de specia de material lemnos, clasa de calitate a lemnului și condițiile de exploatare a elementelor de construcție, în N/mm^2 ;

A_c - aria de contact dintre cele două elemente (aria reazemului) în mm^2 , stabilită conform indicației din paragraful 6.3.3.3

m_T - coeficient de tratare a lemnului cu valorile specificate în tabelul 4.1;

m_r - coeficient de reazem, cu valoarea 1,60, dacă sînt îndeplinite condițiile constructive prevăzute în figura 6.3.

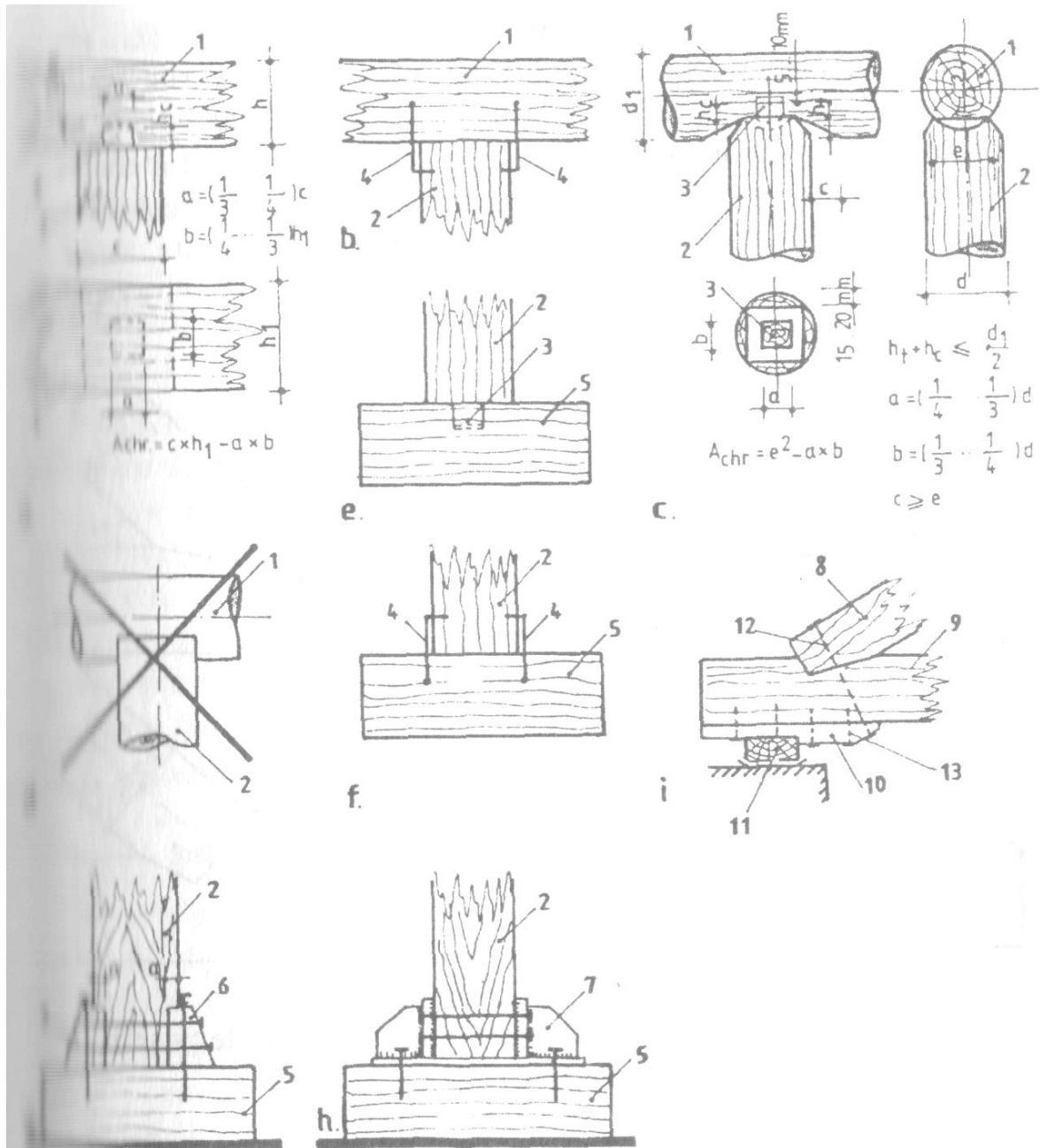


Fig. 6.3. Tipuri de bare compuse solicitate la compresiune perpendiculară pe fibre:

- | | | |
|-------------|-----------------------------|-----------------|
| 1 – grindă; | 6 – saboți; | 11 – cosoroabă; |
| 2 – stâlp; | 7 – cutie metalică; | 12 – bulon; |
| 3 – cep; | 8 – talpă superioară fermă; | 13 – cuie. |
| 4 – scoabe; | 9 – talpă inferioară fermă; | |
| 5 – talpă; | 10 – subgrindă; | |

6.3.3.6. La rezemarea popilor pe tălpi, dacă $Q_{ri} < Q_{ef}$, pentru a nu mări dimensiunile elementului vertical, talpa se poate realiza din lemn de foioase (fag, stejar, salcâm), sau se poate mări aria de contact prin dispunerea unor saboți (fig. 6.3, g) sau a unor cutii metalice (fig. 6.3, h). În cazul utilizării saboților, aceștia se fixează împotriva deplasării laterale prin buloane dispuse în găuri ovalizate, astfel încât transmiterea efortului să se facă pe suprafețele de strivire și nu prin buloane.

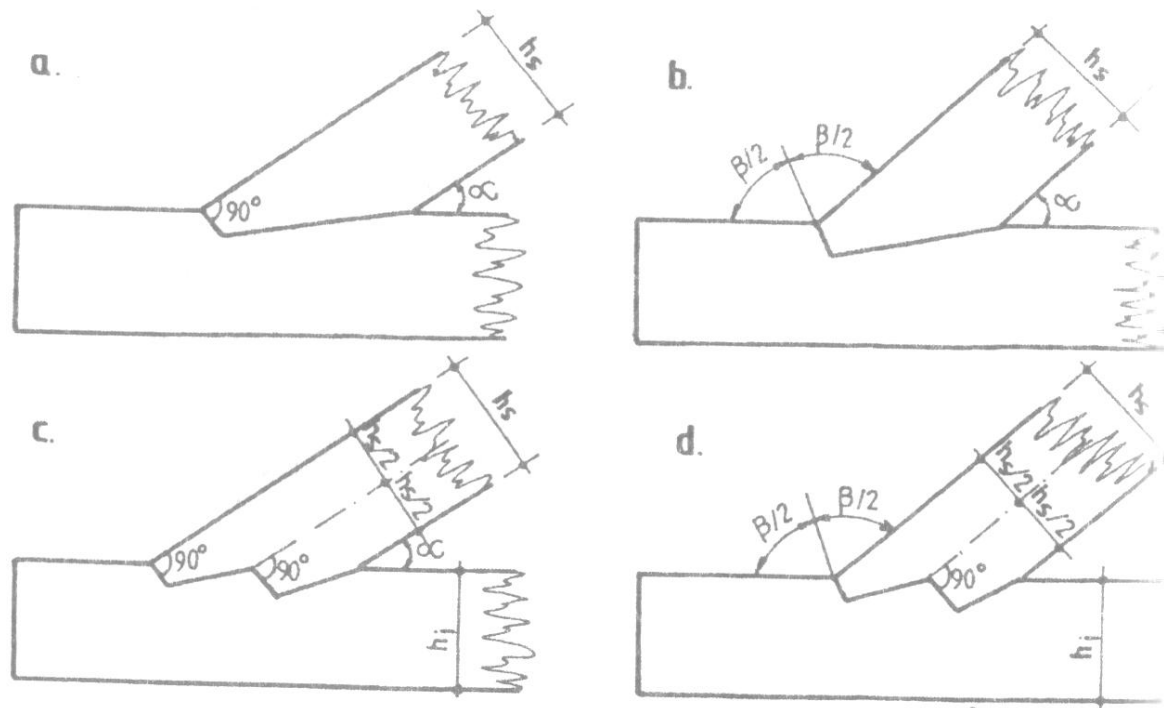


Fig. 6.4. Posibilități de teșire a pragurilor simple (a și b) și duble (c și d)

6.3.4. Îmbinări prin chertare la piese amplasate sub unghiul α

6.3.4.1. Date constructive

a. În funcție de mărimea solicitărilor și de dimensiunile piesetei componente, îmbinările cu chertare frontală se realizează cu unul sau două praguri.

b. Teșirea pragurilor se realizează:

- perpendicular pe elementul comprimat, la unghiuri $\alpha < 30^\circ$ (fig. 6.4. a și c);
- la bisectoarea unghiului exterior dintre cele două piese, la unghiuri $\alpha > 30^\circ$ (fig. 6.4. b și

d)

Comentariul C. 6.3.4.1.

c. La îmbinările frontale cu prag simplu se vor avea în vedere următoarele date constructive (fig. 6.5, a):

- înălțimea pragului (adâncimea chertării) h_c trebuie să fie minim 2 cm la grinzi ecarisate, respectiv 3 cm la cele rotunde și maxim $h/3$ la nodurile de reazem ale grinzilor cu zăbrele,

respectiv $h/4$ la nodurile intermediare ale grinzilor cu zăbrele sau la elementele cu o grosime mai mică de 8 cm;

- lungimea pragului l_p trebuie să fie: $l_p \geq 10 h_c$; $l_p \geq 2h$; $l_p \geq 20$ cm;
- pentru calculul îmbinării la forfecare, lungimea pragului se ia: $l_f \leq 10h_c$; $l_f \leq 2h$;
- buloanele de solidarizare se amplasează perpendicular pe talpa superioară, la valori ale unghiului $\alpha < 30^\circ$, și perpendicular pe teșitură, la valori $\alpha \geq 30^\circ$ și se poziționează la mijlocul teșiturii;
- subgrinda va fi astfel alcătuită încât buloanele să treacă simetric față de teșitură ei;
- în cazul în care din calcul rezultă diametre mai mici, buloanele se vor lua cu diametrul minim $1/25$ din lungimea lor și cel puțin 12 mm.

d. Îmbinările prin chertare ortogonală cu prag dublu se folosesc în cazul în care efortul din îmbinare nu poate fi preluat de un singur prag, adâncimea de chertare rezultată din calcul depășind adâncimea maximă admisă ($h/3$, respectiv $h/4$). La o asemenea îmbinare se impune condiția ca cele două praguri să lucreze concomitent, ceace ce se poate obține numai printr-o execuție extrem de îngrijită.

La proiectarea îmbinărilor frontale cu prag dublu se vor avea în vedere următoarele date constructive (fig. 6.5, b):

- înălțimea primului prag (adâncimea chertării) h_{c1} , trebuie să fie minim 2 cm la grinzile ecarisate, respectiv 3 cm la rotunde;
- înălțimea celui de al doilea prag h_{c1} , trebuie să fie cu puțin 2 cm mai mare decât înălțimea primului prag și să fie limitată superior în raport cu înălțimea grinzii chertate la maxim $h/3$ la nodurile de reazem ale grinzilor cu zăbrele, respectiv $h/4$ la nodurile intermediare ale grinzilor cu zăbrele, sau la elementele cu o grosime mai mică de 8 cm;
- lungimea pragurilor l_{p1} și l_{p2} trebuie să fie $l_{p1} \geq 10 h_{c1}$, $l_{p1} \geq 2h$, $l_{p2} \geq 10h_{c2}$;
- pentru calculul îmbinărilor la forfecare, lungimea pragurilor se ia: $l_{f1} \leq 10 h_{c1}$, $l_{f1} \leq 2h$, $l_{f2} \leq 10 h_{c2}$;
- la unghiuri de înclinare $\alpha \leq 45^\circ$, este obligatorie montarea buloanelor de siguranță și a subgrinzilor; în acest se respectă aceleași condiții ca la îmbinarea prin chertare frontală cu prag simplu;
- având în vedere eforturile relativ mari care acționează în îmbinare, se recomandă ca centrarea nodului să se facă după axa netă a tălpii inferioare.

e. La nodurile intermediare ale grinzilor cu zăbrele se admite că transmiterea eforturilor din zăbrelele comprimate să se facă prin intermediul unui călcâi (fig. 6.6).

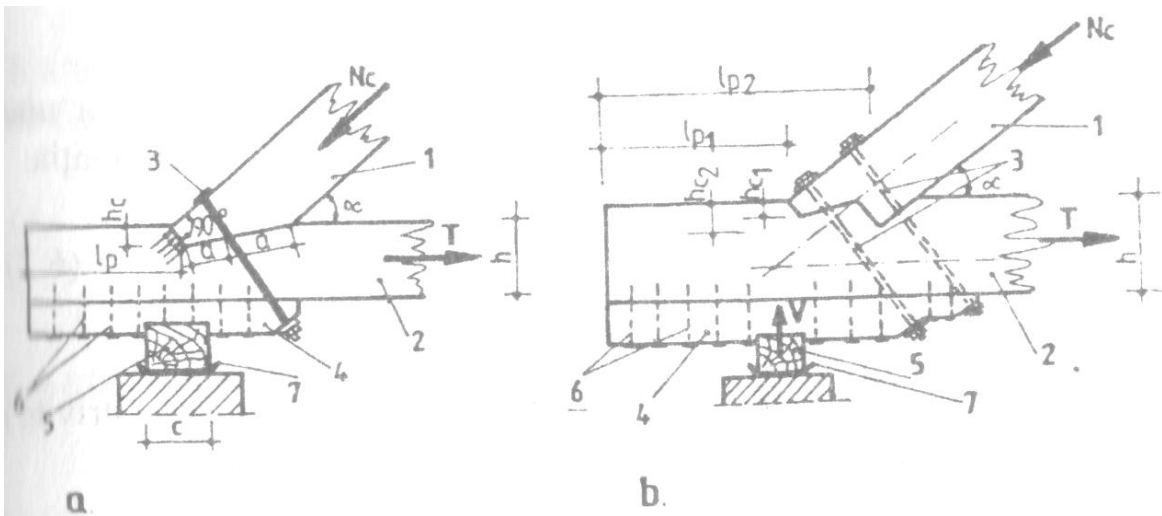


Fig. 6.5. Îmbinări prin chertare frontală:

a - cu prag simplu;

b - cu prag dublu;

1 - talpă superioară;

5 - cosoroabă;

2 - talpă inferioară;

6 - cuie;

3 - buloane de siguranță;

7 - foaie de carton bitumat

4 - subgrindă;

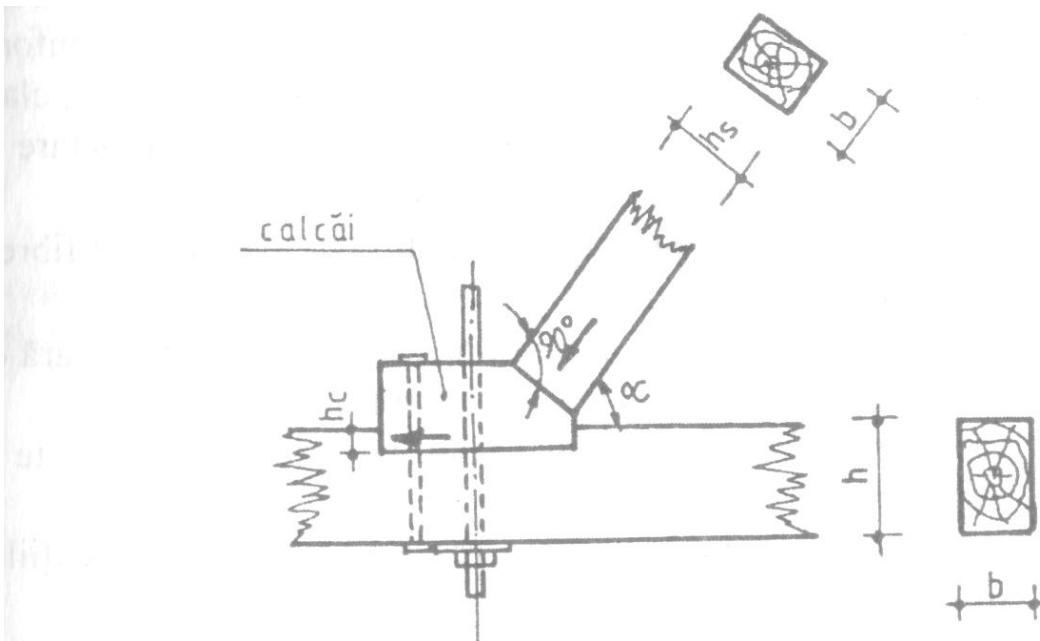


Fig. 6.6. Îmbinare cu călcâi la nodul intermediar al unei grinzi cu zăbrele

6.3.4.2. Calculul îmbinărilor prin chertare frontală

a. Capacitatea de rezistență la strivire sub unghiul α a unei îmbinări prin chertare frontală cu prag simplu se stabilește cu relația:

$$N_{ri} = \frac{C_r Q_r}{C_r \sin^2 \alpha + Q_r \cos^2 \alpha} \quad (6.2)$$

în care:

C_r - capacitatea de rezistență a zonei comprimate (strivite), paralel cu direcția fibrelor, în N, stabilită cu relația:

$$C_r = R_{c\parallel}^c \cdot A_{p\parallel} \cdot m_T \quad (6.3)$$

Q_r - capacitatea de rezistență a zonei comprimate (strivite) perpendicular pe direcția fibrelor, în N, stabilită cu relația:

$$Q_r = R_{c\perp}^c \cdot A_{p\perp} \cdot m_T \quad (6.4)$$

α - unghiul pe care îl face pragul cu direcția fibrelor elementului care se strivește;

$R_{c\parallel}^c$ și $R_{c\perp}^c$ - rezistențele de calcul ale lemnului masiv la compresiune paralelă cu direcția fibrelor, respectiv perpendiculară pe direcția fibrelor, stabilite conform relației (2.1), în funcție de specia de material lemnos, clasa de calitate a lemnului și condițiile de exploatare a elementelor de construcție, în N/mm²;

$A_{p\parallel}$ - proiecția suprafeței pragului pe direcție paralelă cu fibrele piesei care se strivește, în mm²;

$A_{p\perp}$ - proiecția suprafeței pragului pe direcție perpendiculară cu fibrele piesei care se strivește, în mm²;

m_T - coeficientul de tratare a lemnului cu valorile specificate în tabelul 4.1;

m_r - coeficient de reazem cu valoarea 1,60, conform indicațiilor din paragraful 4.4.2.

b. La îmbinările frontale cu prag dublu, capacitatea de rezistență totală de strivire se stabilește ca sumă a capacităților de rezistență ale fiecărui prag în parte, determinate cu relația (6.2):

$$N_r^t = N_{r,1} + N_{r,2} \quad (6.5)$$

c. La îmbinarea frontală cu prag simplu, capacitatea de rezistență a pragului la forfecare se stabilește cu relația:

$$F_r = R_{f\parallel}^c \cdot A_f \cdot m_T / m_f \quad (6.6)$$

în care:

$R_{f\parallel}^c$ - rezistența de calcul la forfecare paralelă cu fibrele, stabilită cu relația (2.1), în funcție de specia de material lemnos, clasa de calitate a lemnului și condițiile de exploatare a elementelor de construcție;

A_f - aria pragului la forfecare, în mm²; $A_f = b \cdot l_f$;

m_T - coeficient de tratare a lemnului cu valoarea specificată în tabelul 4.1;

m_f - coeficient de forfecare, care introduce raportul dintre lungimea pragului de forfecare și excentricitatea de aplicare a forței față de direcția pragului, precum și modul de producere al forfecării (unilaterală sau bilaterală), stabilit cu relația (4.11).

d. La îmbinarea frontală cu prag dublu, capacitatea de rezistență a pragurilor la forfecare se stabilește pentru fiecare prag în parte, astfel:

• pentru primul prag, cu relația:

$$F_{r,1} = 0,7 \cdot R_{f\parallel}^c \cdot A_{f1} \cdot m_T / m_{f1} \quad (6.7)$$

• pentru al doilea prag, cu relația:

$$F_{r,2} = 0,7 \cdot R_{f\parallel}^c \cdot A_{f2} \cdot m_T / m_{f2} \quad (6.8)$$

în care:

$R_{f\parallel}^c$, m_T , m_{f1} și m_{f2} au semnificațiile din relația (6.6);

A_{f1} - aria de forfecare a primului prag, în mm² ($A_{f1} = b \cdot l_{f1}$);

A_{f2} - aria de forfecare al celui de al doilea prag, în mm^2 ($A_{f2} = b \cdot l_{f2}$).
 e. Forțele efective de forfecare care acționează asupra pragurilor se stabilesc ca proiecții ale forțelor de strivire pe direcția pragurilor de forfecare, astfel:

• la îmbinarea frontală cu prag simplu, cu relația:

$$F_{ef} = N_{cef} \cdot \cos\alpha \quad (6.9)$$

• la îmbinarea frontală cu prag dublu, cu relațiile:

- pentru primul prag:

$$F_{ef1} = N_{cef1} \cdot \cos\alpha \quad (6.10)$$

- pentru pragul al doilea:

$$F_{ef2} = N_{cef2} \cdot \cos\alpha \quad (6.11)$$

în care:

N_{cef} - încărcarea efectivă de calcul, care acționează perpendicular pe prag;

N_{cef1} - încărcarea efectivă de calcul aferentă primului prag, stabilită cu relația:

$$N_{cef1} = N_{cef} \cdot A_{s1} / (A_{s1} + A_{s2}) \quad (6.12)$$

α - unghiul dintre cele două bare ale îmbinării;

A_{s1} - aria de strivire a primului prag, în mm^2 ;

A_{s2} - aria de strivire a celui de-al doilea prag, în mm^2 .

f. Capacitatea de rezistență a tălpii întinse se stabilește cu relația (4.2) dacă elementul este solicitat la tensiune centrică (nodul se axează prin centrul de greutate al secțiunii nete, fig. 6.7, a) și cu relația (4.19), dacă elementul este solicitat la tensiune excentrică (nodul se axează prin centrul de greutate al secțiunii brute, fig. 6.7. b).

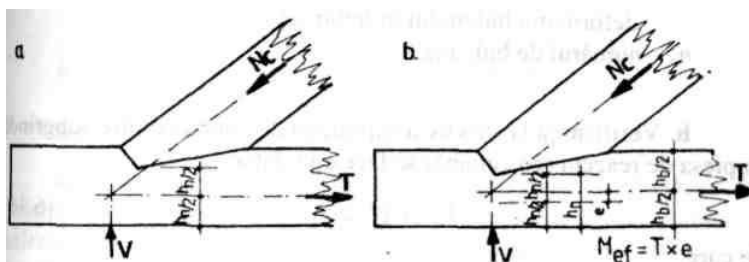


Fig. 6.7. Centrarea nodului după axa netă a tălpii inferioare (a) și după axa brută a tălpii inferioare (b)

g. Verificarea buloanelor de solidarizare se face cu relația:

$$N_{ef\ bulon} \leq N_{cap\ bulon} \cdot n_b \quad (6.13)$$

$N_{ef\ bulon}$ - efortul axial din bulonul de solidarizare, care se determină cu relația:

$$N_{ef\ bulon} = N_c \cdot \text{tg}(60^\circ - \alpha) \quad (6.14)$$

$N_{cap\ bulon}$ - capacitatea de rezistență a bulonului de solidarizare, care se stabilește cu relația:

$$N_{cap\ bulon} = A_{net} \cdot R_{ot} \cdot m_0, \quad (6.15)$$

N_c - efortul axial efectiv de compresiune din îmbinare, în N;

α - unghiul dintre piesele care se îmbină;

A_{net} - aria netă a bulonului de solidarizare, care se stabilește prin scăderea slăbirii date de filet din aria brută a bulonului, în mm^2 ;

R_{ot} - rezistența de calcul a oțelului la întindere, stabilită conform STAS 10108/0-78, în N/mm^2 ;

m_0 - coeficient de lucru al bulonului în îmbinare, cu valoni 0,6, care ține cont de acțiunea dinamică a încărcării și de deformația bulonului în îmbinare.

n_b - numărul de buloane.

h. Verificarea la strivire a suprafeței de contact dintre subgrindă și piesa de reazem (cosoroabă) se face cu relația:

$$V_{ef} < Q_{ri} \quad (6.16)$$

în care:

V_{ef} – este reacțiunea verticală în îmbinare, în N;
 Q_{ri} - capacitatea de rezistență la strivire perpendicular pe fibre a suprafeței de contact dintre subgrindă și cosoroabă stabilită cu relația (4.7).

i. Numărul de cuie, n , necesar prinderii subgrinzii de talpa inferioară se determină cu relația:

$$n = \frac{L}{1,2A_a} \quad (6.17)$$

în care:

L este componenta orizontală a efortului din bulonul de solidarizare, în N, stabilită cu relația:

$$L = N_{ef\text{bulon}} \cdot \sin \alpha \quad (6.18)$$

L_a - capacitatea de rezistență minimă a unei tije, în N, stabilită conform indicațiilor din paragraful 6.5.

Comentariul C. 6.3.4.2.

6.4. Îmbinări cu pene prismatice din lemn și cu pene inelare metalice

6.4.1. Îmbinări cu pene prismatice din lemn

6.4.1.1. Date constructive

a. Penele prismatice din lemn se folosesc la îmbinările de prelungire a unor piese tensionate sau la crearea de grinzi compuse, realizate din elemente suprapuse; aceste tipuri de pene nu se folosesc la nodurile fermelor.

b. Îmbinările cu pene prismatice din lemn se caracterizează prin:

- deformații mari în prima fază a încărcării, până la realizarea contactului direct între suprafețele între care se transmit eforturile;
- deformații mici în timp.

c. Îmbinările cu pene din lemn impun o execuție îngrijită a lucrării cu abateri dimensionale minime.

d. La îmbinările cu pene prismatice din lemn, elementele care îmbină pot fi în contact (fig. 6.8, b și d), sau cu interspații între ele (fig. 6.8, a și c), asigurându-se ventilarea pieselor.

e. În funcție de direcția fibrelor penelor față de direcția fibrelor pieselor care se îmbină, pot fi:

- pene prismatice transversale reglabile (fig. 6.8, a);
- pene prismatice longitudinale drepte (fig. 6.8, b și c);
- pene prismatice longitudinale oblice (fig. 6.8, d).

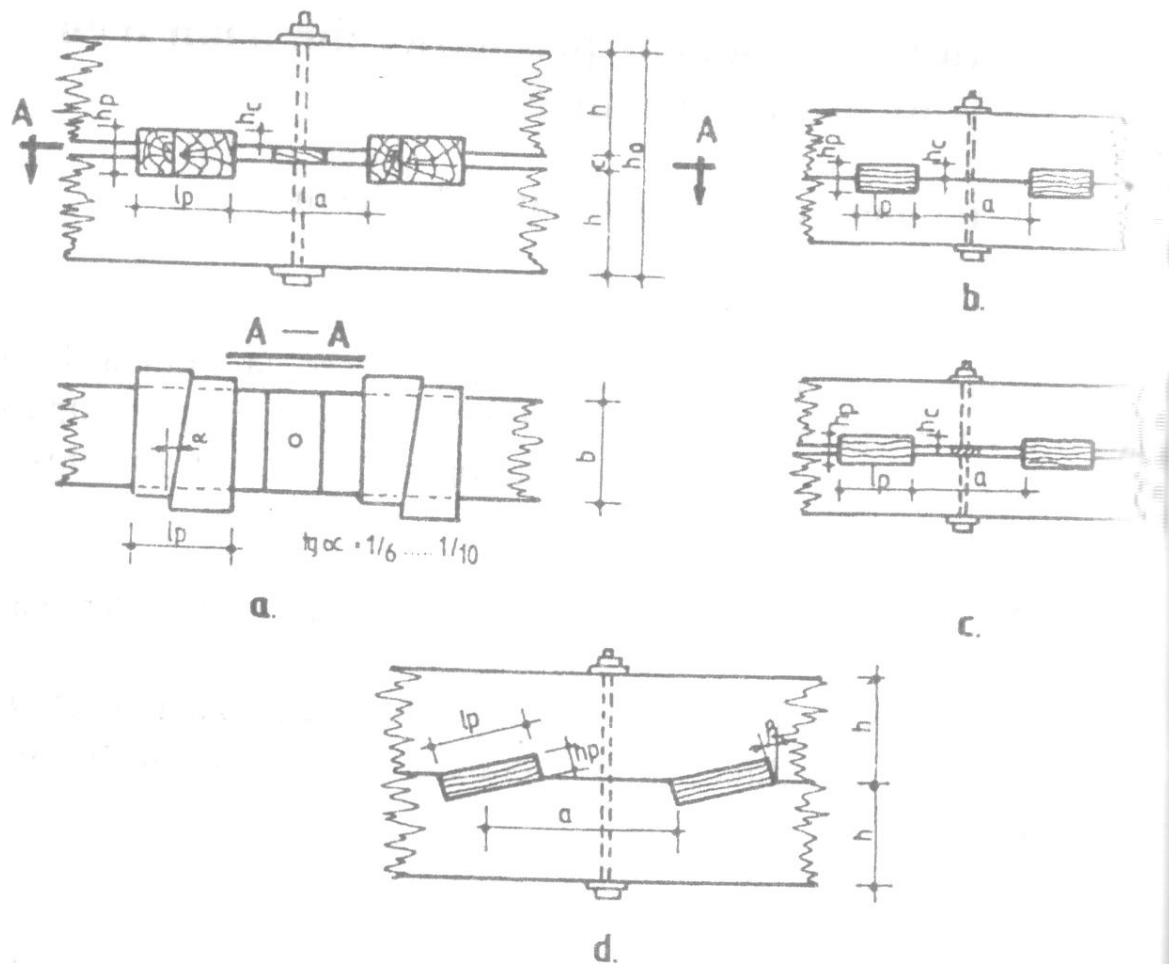


Fig. 6.8. Îmbinări cu pene prismatice din lemn:

- a – îmbinare cu pene transversale la grinzi cu interspații între elementele componente;
- b – îmbinare cu pene longitudinale la piese în contact;
- c – îmbinare cu pene longitudinale la piese cu interspații între elementele componente;
- d – îmbinări cu pene oblice.

- *Penele prismatice transversale* se realizează din lemn de foioase (stejar sau fag impregnate cu substanțe antiseptice) și sunt reglabile pentru a se asigura împănarea, chiar după ce lemnul a suferit contracții. Fiecare pană transversală este alcătuită din două piese având fiecare câte o fațetă tăiată oblic (cu înclinare $1/6 \dots 1/10$) (v. fig. 6.8, a). Pentru a se asigura reglarea lor, penele transversale se fac mai lungi decât piesele de îmbinat cu $2 \dots 3$ cm.

- *Penele prismatice longitudinale drepte* se execută din lemn de rășinoase fără noduri și alte defecte, având fibrele drepte și paralele cu fibrele pieselor de îmbinat.

- *Penele prismatice longitudinale oblice* se execută similar celor drepte și prezintă avantajul că nefiind solicitate la forfecare au o siguranță mai mare în exploatare, dar nu vor fi folosite decât în cazul în care preiau eforturi de un singur sens.

f. Buloanele de strângere care împiedică răsucirea penelor se dispun în general la mijlocul distanțelor dintre pene.

g. La îmbinările realizate cu pene prismatice din lemn se vor respecta următoarele date constructive:

- raportul dintre lungimea penei, l_p , și adâncimea chertării în grindă, h_c , se recomandă să fie mai mare sau egal cu 5;
- adâncimea chertării h_c în grindă va fi:
 - minim 2 cm la grinzile ecarisate și 3 cm la cele rotunde;
 - maxim $h/5$ la grinzile ecarisate și $d/4$ la cele rotunde;
- înălțimea interspațiului c la grinzile compuse distanțate (v. fig. 6.8 a și c), va fi 3...4 cm;
- la penele transversale reglabile trebuie ca fețele comune unei perechi de pene să fie înclinate cu $1/6... 1/10$ față de direcția normală la grindă;
- capetele penelor longitudinale trebuie tăiate normal pe direcția fibrelor, iar penele vor fi astfel dispuse încât fibrele lor să aibă aceeași direcție cu cele ale pieselor de îmbinat;
- lumina între pene, în toate cazurile, trebuie să fie cel puțin cu lungimea penei;
- lungimea de forfecare a pragurilor pieselor îmbinate, a , se ia calcul egală cu lumina între pene (v. fig. 6.8, a, b și c), cu excepția îmbinărilor cu pene oblice, la care se ia egală cu distanța de la capătul unei pene până la mijlocul penei următoare (v. fig. 6.8, d) în calcul lungimea de forfecare a pragurilor pieselor îmbinate se limitează la maximum $10 h_c$.

6.4.1.2. Calculul îmbinărilor cu pene prismatice din lemn

Calculul îmbinărilor cu pene prismatice din lemn constă în:

- verificarea penelor la strivire pe suprafețele de contact;
- verificarea penelor la forfecare;
- verificarea grinzii pe porțiunea dintre două pene la forfecare;
- dimensionarea buloanelor de strângere a pieselor.

a. Verificarea îmbinărilor cu pene din lemn la strivire (fig. 6.9) se face cu relația:

$$L_{efp} \leq L_{caps} \quad (6.19)$$

în care:

L_{efp} - efortul de alunecare care acționează asupra unei pene, în N;

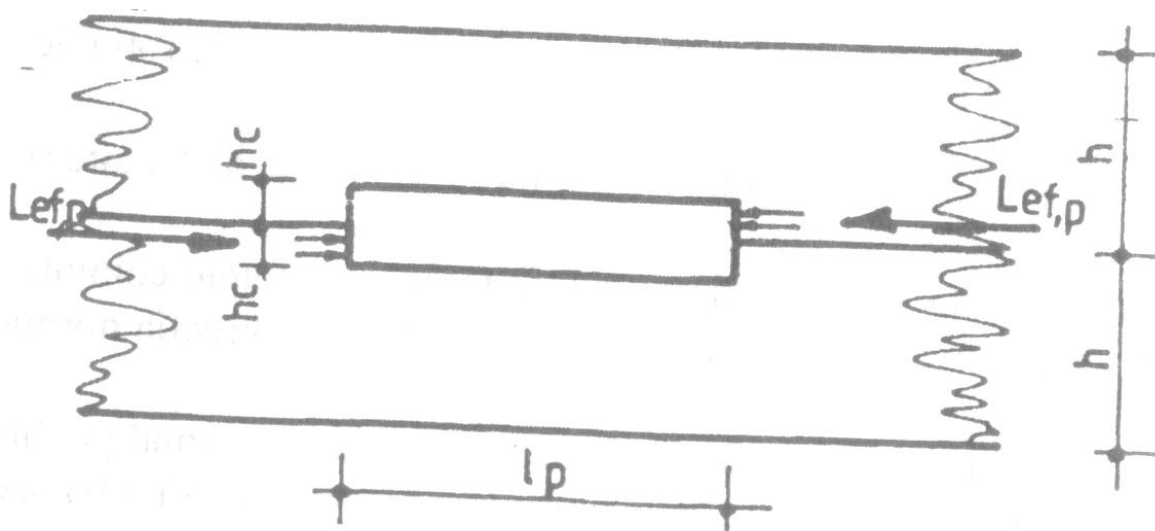


Fig. 6.9. Solicitarea unei pene prismatice din lemn la strivire

$L_{cap s}$ - capacitatea de rezistență a unei pene determinată din condiția de strivire a acesteia, cu relația:

$$L_{cap s} = R_c^c A_s m_T m_r \quad (6.20)$$

în care:

R_c^c - rezistența de caicul la compresiune (strivire) paralelă cu fibrele (la pene dispuse longitudinal), sau perpendiculară pe fibre (la pene dispuse transversal), stabilite cu relația (2.1), în funcție de specia materialului lemnos, clasa de calitate a lemnului și condițiile de exploatare a clementelor de construcție, în N/mm^2 ;

A_s - suprafața de strivire a penei, în mm^2 ($A_s = b \cdot h_c$);

m_T - coeficient de tratare a lemnului, cu valoarea specificată în tabelul 4.1;

m_r - coeficient de reazem, cu valoarea 1,00 pentru penele longitudinale și cu valoarea 1,60 pentru penele prismatice transversale.

La penele dispuse oblic, capacitatea de rezistență la strivirea unei pene se stabilește cu relația:

$$L_{caps}^{oblic} = \frac{L_{caps}^{\parallel} \cdot L_{caps}^{\perp}}{L_{caps}^{\parallel} \cos^2 \beta + L_{caps}^{\perp} \sin^2 \beta} \quad (6.21)$$

$L_{cap s}^{\parallel}$ - capacitatea de rezistență a penei la strivire paralel cu fibrele, în N, stabilită cu relația (6.20), în care $R_c^c = R_c^{c\parallel}$;

$L_{cap s}^{\perp}$ - capacitatea de rezistență a penei la strivire perpendicular pe fibre, în N, stabilită cu relația (6.20), în care

$R_c^c = R_c^{c\perp}$;

β - unghiul de înclinare a laturii scurte a penei (v. fig. 6.8, d).

b. Verificarea la forfecare a penelor (fig. 6.10) se face cu relația:

$$L_{ef p} \leq L_{cap f}^p \quad (6.22)$$

în care:

$L_{ef p}$ - efortul de alunecare care acționează asupra penei, în N;

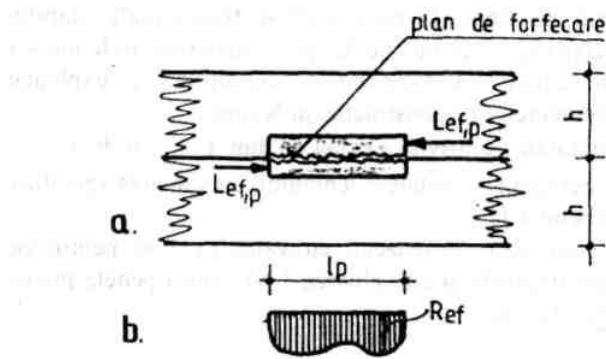


Fig. 6.10 Solicitarea unei pene prismatice din lemn la forfecare:

a – schema îmbinării;

b – diagrama eforturilor R_{ef} pe lungimea penei

$L_{cap f}^p$ - capacitatea de rezistență a unei pene, în N, determinată din condiția de forfecare a acesteia, cu relația:

$$L_{cap f}^p = R_f^c \cdot A_f \cdot m_T / m_f \quad (6.23)$$

în care:

R_f^c - rezistența la forfecare paralel cu fibrele (la pene dispuse longitudinal) sau perpendicular pe fibre (la pene dispuse transversal), stabilite cu relația (2.1), în funcție de specia materialului lemnos, clasa de calitate a lemnului și condițiile de exploatare a elementelor de construcție, în N/mm^2 ;

m_t - coeficient de tratare a lemnului, cu valoarea specificată în tabelul 4.1;

m_f - coeficient de forfecare, care introduce raportul dintre lungimea pragului de forfecare și excentricitatea de aplicare a forței față de direcția pragului, precum și modul de producere a forfecării (bilaterală în acest caz), având valoarea stabilită cu relația (4.11);

A_f - suprafața de forfecare a penei: $A_f = l_p \cdot b_p$;

l_p - lungimea penei, în mm;

b_p - lățimea suprafeței de forfecare, în mm.

c. Verificarea pieselor îmbinate la forfecare pe porțiunea dintre locașurile penelor (fig. 6.11) se face cu relația:

$$L_{efg} \leq L_{capg}^g \quad (6.24)$$

L_{efg} - efortul de lunecare care acționează pe porțiunea respectivă de grindă, în N;

L_{capg}^g - capacitatea de rezistență a grinzii pe porțiunea dintre două pene, determinată din condiția de forfecare cu relația:

$$L_{capg}^g = R_f^c \parallel A_f^g m_T / m_f \quad (6.25)$$

R_f^c - rezistența la forfecare paralel cu fibrele, stabilită cu relația (2.1) în funcție de specia materialului lemnos, clasa de calitate a lemnului și condițiile de exploatare a elementelor de construcție, în N/mm^2 ;

A_f^g - suprafața de forfecare a grinzii între două pene, în mm^2 ;

($A_f^g = ab$)

m_T și m_f au aceleași semnificații ca în relația (6.23), cu observația că în acest caz forfecarea este unilaterală;

a - lungimea dintre două locașuri consecutive ale pieselor îmbinate, cu excepția îmbinărilor cu pene oblice, unde se ia egală cu distanța de la capătul unei piese până la mijlocul penei următoare, în mm;

b - lățimea grinzii, în mm.

d. Aria brută a buloanelor de strângere se stabilește cu relația:

$$A_{net}^{brut} = \frac{k_{sl} Q_b}{m_o R_{ol}^c} \quad (6.26)$$

în care:

k_{sl} - coeficientul ce ține cont de slăbirile ce apar în zona filetată a bulonului, cu valoarea 1,25;

R_{ol}^c - rezistența de calcul la întindere a oțelului, stabilit conform STAS 10108/0-78 „Construcții civile, industriale și agricole. Calculul elementelor din oțel”, în N/mm^2 ;

m_o - coeficient de lucru al bulonului în îmbinare, cu valoare 0,9;

Q_b - efortul din bulon (fig. 6.12), în N, care se determină cu relația:

$$Q_b = L_{efp}(h_c + c) / l_p \quad (6.27)$$

în care:

L_{efp} - efortul de lunecare efectiv care acționează asupra unei pene, în N;

h_c - adâncimea de chertare, în mm;

c - interspațiul dintre elementele îmbinate, în mm;

l_p - lungimea penei, în mm.

Comentariul C 6.4.1.2.

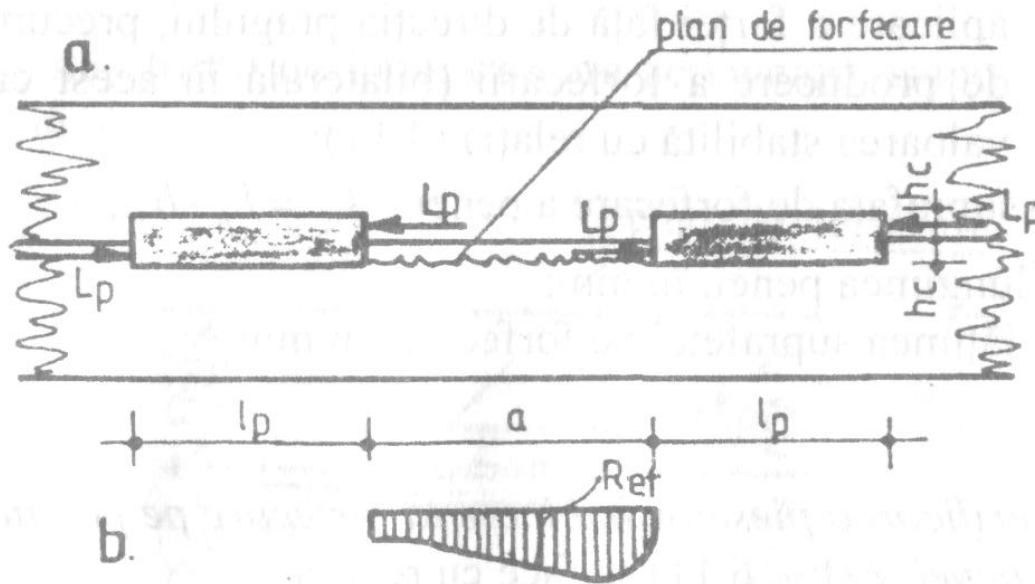


Fig. 6.11. Solicitarea grinzii de lemn la forfecare între locașurile a două pene:

a – schema îmbinării;

b – diagrama eforturilor R_{ef} pe lungimea de forfecare a grinzii

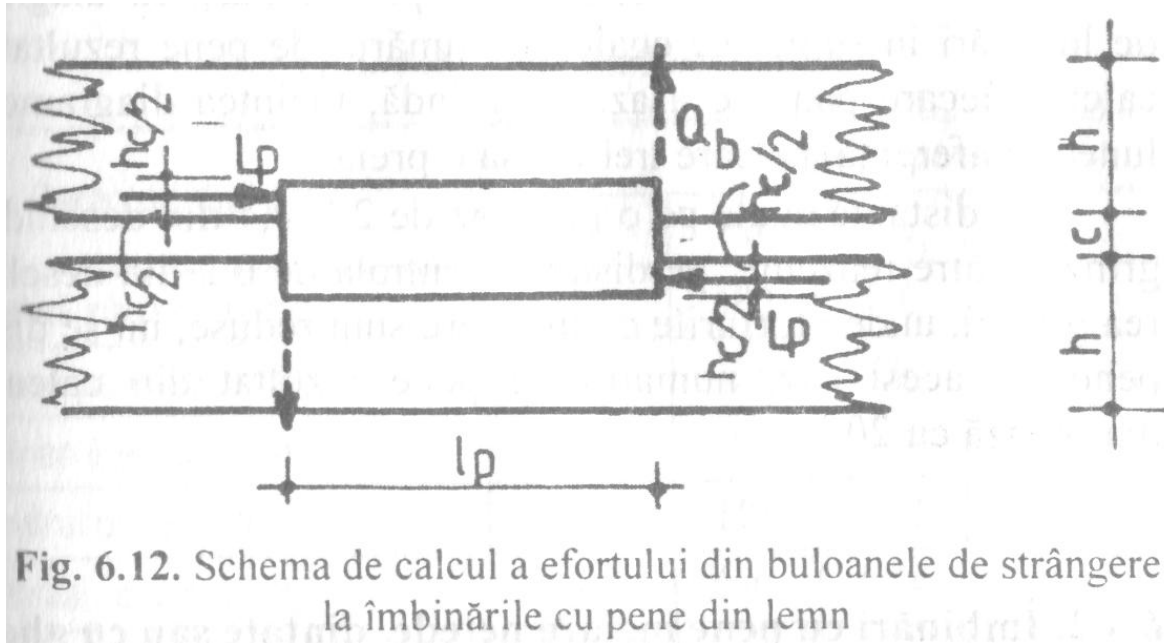


Fig. 6.12. Schema de calcul a efortului din buloanele de strângere la îmbinările cu pene din lemn

6.4.1.3. Stabilirea numărului necesar de pene și distribuția lor pe lungimea elementului

a. Numărul necesar de pene se stabilește cu relația:

$$n_p^{nec} = L_{total} / L_{cap\ min}^p \quad (6.28)$$

în care:

L_{total} - lunecarea din încovoiere pe întreaga lungime a elementelor care se îmbină, în N;

L_{min}^p - efortul minim capabil al unei pene, stabilit cu cea mai mică valoare rezultată din relațiile (6.20) și (6.23).

b. Penele se distribuie în lungul grinzii astfel:

- uniform pe întreaga lungime a grinzii compuse; în acest caz încărcarea penelor este inegală, ele preluând un efort mai mare sau mai mic în funcție de poziția pe care o au pe lungimea grinzii compuse și de variația diagramei de lunecări pe lungimea elementului; pentru a se evita supraîncărcarea unor pene peste efortul capabil, numărul de pene rezultat din calcul se majorează cu 50 %;

- la distanțe variabile, stabilite prin împărțirea diagramei de lunecări în suprafețe egale cu numărul de pene rezultat din calcul; fiecare pană se așază pe grindă, înaintea diagramei de lunecări aferentă, pe care trebuie să o preia;

- la distanțe egale pe o lungime de $2 \times 0,4$ din deschiderea grinzii, către reazeme; pe distanța centrală de $0,2$ din deschiderea grinzii, unde eforturile de lunecare sunt reduse, nu se dispun pene; în acest caz, numărul de pene rezultat din calcul se majorează cu 20 %.

6.4.2. Îmbinări cu pene inelare netede, dințate sau cu gheare

6.4.2.1. Date constructive

a. Penele inelare netede, dințate sau cu gheare se folosesc la executarea unor îmbinări de piese ce se întâlnesc sub diferite unghiuri (la nodurile grinzilor cu zăbrele sau la nodurile de cadru), la îmbinări de prelungire ale barelor tensionate sau comprimate, precum și la realizarea unor grinzi compuse încovoiate.

b. Îmbinările cu pene inelare necesită material lemnos uscat, ferit de variații de umiditate (pentru a nu apare fenomene accentuate de contragere, deci se pot folosi numai la construcții acoperite) și se execută în ateliere sau fabrici dotate corespunzător realizării unor operațiuni cu precizie ridicată.

c. Penele inelare netede se execută din oțel laminat sub forma unor inele tăiate după generatoare (fig. 6.13) și se montează în locașuri create în elementele de îmbinat, cu dispozitive mecanice. Sortimentul de pene inelare, netede, utilizate la îmbinarea elementelor construcție din lemn este prezentat în tabelul 6.1.

d. Penele inelare dințate (fig. 6.14) se execută dintr-o bandă de oțel care se taie și se ascut dinții penei pentru a se ușura pătrunderea în lemn; aceste tipuri de pene se montează prin presare în elementele de îmbinat, utilizând prese speciale; ele sunt autoreglabile.

e. Îmbinările cu pene metalice se solidarizează cu bilioane prevăzute cu șaibe, dispuse în centrul fiecărei pene, pentru a menține contactul dintre suprafețele pieselor îmbinate.

Tabelul 6.1.

Tipuri de pene inelare netede

Caracteristici pene		Tipuri de pene				
		P ₁₈	P ₁₆	P ₁₄	P ₁₂	P ₁₀
Diametrul interior, d_p , mm		180	160	140	120	100
Înălțimea penei, b_p , mm		35	30	25	25	20
Grosimea inelului, t_p , mm		4	3,5	3	3	3
Perimetrul penei, mm		568	505	442	380	317
Greutatea pe bucată, kg		0,61	0,41	0,24	0,20	0,15
Slăbirea secțiunii dulapului, produsă de o pană, mm ²		3 300	2 500	1 800	1 600	1 100
Dimensiunile șalbei	latura pătratului, mm	60	60	60	60	50
	grosimea, mm	4	4	4	4	4
Dimensiunile minime ale dulapilor	grosimea, mm	68	68	58	58	58
	lățimea, mm	220	200	180	160	140

f. La realizarea îmbinărilor cu pene metalice trebuie să se respecte următoarele date constructive:

- penele inelare netede reglabile au fanta tăiată după generatoare, $z = (0,05...0,10)d_p$; fanta penei inelare netede trebuie să se dispună pe diametrul perpendicular pe direcția efortului transmis în îmbinare (v. fig. 6.13, b);

- penele metalice inelare netede trebuie să pătrundă simetric pe aceeași adâncime în cele două elemente care se îmbină;

- penele inelare cu dinți și penele cu gheare pătrund prin presare în elementele care se îmbină, în funcție de specia de lemn folosit;

- lățimea b a elementelor care se îmbină cu pene metalice trebuie să fie mai mare cu cel puțin 40 mm decât diametrul interior al penelor (v. fig. 6.13, b);

- grosimea minimă a a dulapilor utilizați în îmbinările cu pene metalice trebuie să fie cel puțin 58 mm sau $b_p + 30$ mm (v. fig. 6.13, c);

- penele metalice se vor amplasa astfel încât să se respecte următoarele distanțe (fig. 6.15):

- între centrele a două pene consecutive $s_1 > 2d_p$;
- între centrul penei și capătul elementului de îmbinat, tăiat drept:
 - $s_2 > 1,5d$ la elementele întinse;
 - $s_2 > d_p$ la elementele comprimate;
- între centrul penei și capătul elementului de îmbinat, tăiat oblic:

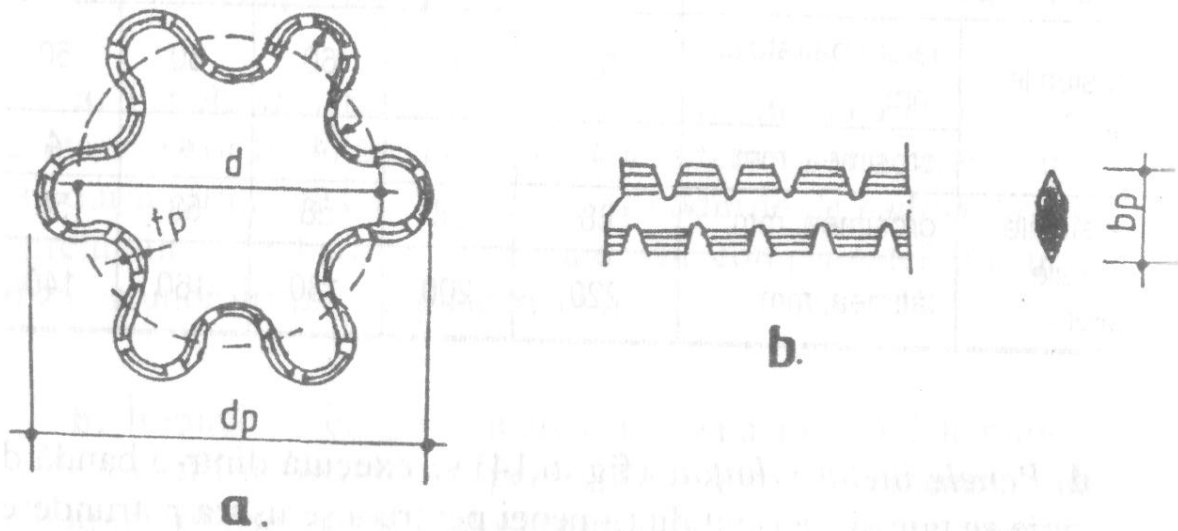
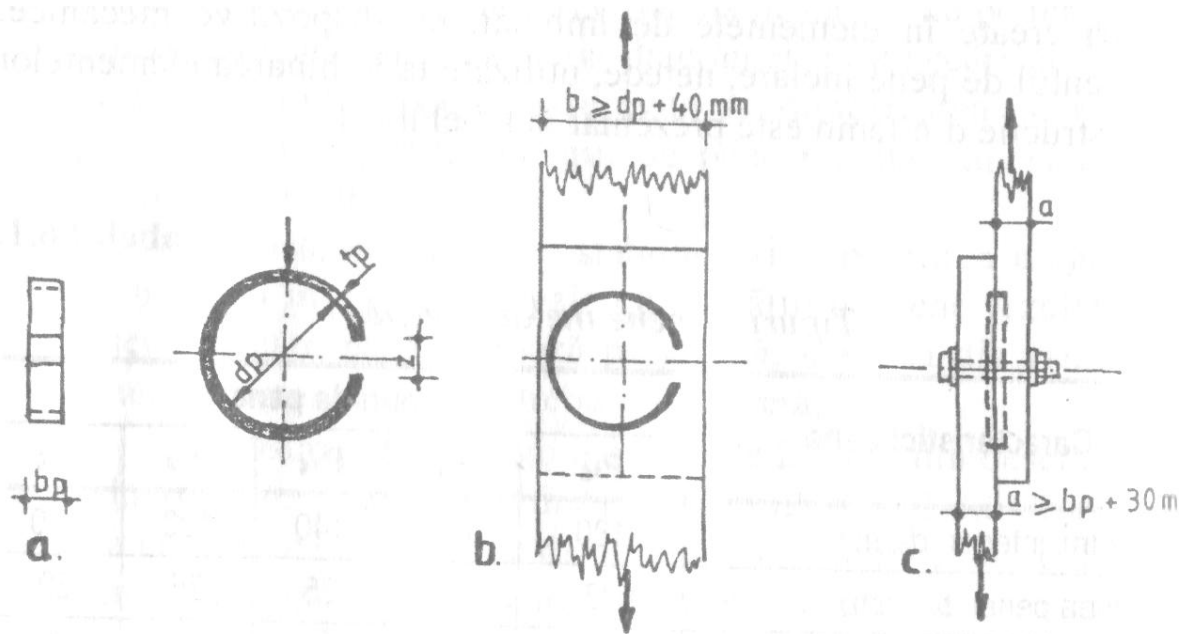


Fig. 6.14. Pană inelară cu dinți

- $s_3 \geq 1,25d_p$ la elementele întinse;
- $s_3 > 0,75 d_p$ la elementele comprimate;
- la îmbinarea unui element de construcție se vor folosi pene metalice de același tip, diametru și înălțime.

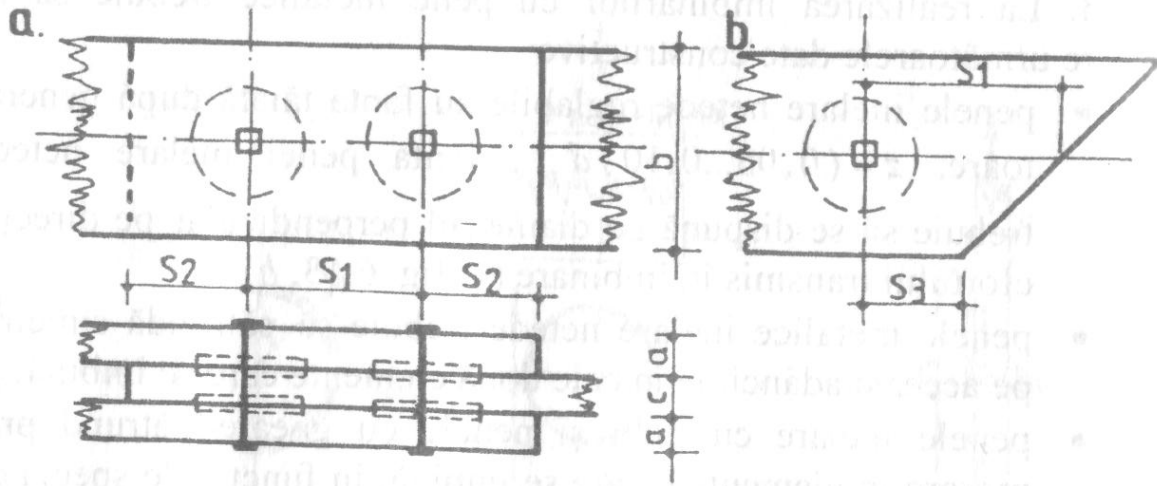


Fig. 6.15. Dispunerea penelor inelare în îmbinare:

- a – în cazul tăierii drepte a capetelor elementelor;
- b – în cazul tăierii oblice a capetelor elementelor

6.4.2.2. Calculul îmbinărilor cu pene metalice inelare.

a. Verificarea penelor inelare netede se face cu relația:

în care:

$$L_{efp} \leq L^p_{cap} \quad (6.29)$$

L_{efp} - efortul efectiv care acționează asupra unei pene, în N;

L^p_{cap} - capacitatea de rezistență minimă a unei pene, în N, stabilită din condiția de strivire ($L^p_{cap s}$) și din condiția de forfecare ($L^p_{cap f}$), determinate cu relațiile:

$$L^p_{cap s} = R^c_{c||} A_s m_T m_u k_\alpha \quad (6.30)$$

$$L^p_{cap f} = R^c_{f||} A_f m_T k_\alpha / m_u \quad (6.30)$$

în care:

$R^c_{c||}$, $R^c_{f||}$ - rezistențele la compresiune (strivire), respectiv forfecare, paralel cu fibrele, stabilite cu relația (2.1), în funcție de specia materialului lemnos, clasa de calitate a lemnului și condițiile de exploatare a elementelor de construcție, în N/mm^2 ;

A_s - suprafața de strivire, în mm^2 ($A_s = d_p b_p$);

A_f - suprafața de forfecare, în mm^2 ($A_f = \pi d_p^2 / 2$);

m_T - coeficient de tratare a lemnului cu valorile specificate în tabelul 4.1;

m_u - coeficientul de utilizare a miezului de lemn din interiorul penei, cu valoarea 0,8;

m_f - coeficient de forfecare, care introduce raportul dintre lungimea pragului de forfecare și excentricitatea de aplicare a forței față de direcția pragului, precum și natura efortului transmis de pană, care se calculează cu relația:

$$m_f = 1 + \beta l_f / e \quad (6.32)$$

în care:

β - coeficientul de neuniformitate a distribuției eforturilor unitare tangențiale pe suprafața de forfecare, cu valorile:

- 0,125 pentru îmbinările care transmit eforturi de compresiune;

- 0,250 pentru îmbinările care transmit eforturi de tensiune;

l_f - lungimea pragului de forfecare, în mm, care se ia: $l_f = d_p$;

e - brațul de pârghie al cuplului de forfecare, în mm, care se ia:

- 0,25a pentru dulapi cu pene inelare pe o singură parte;

- 0,50a pentru dulapi cu pene inelare pe ambele părți;

a - grosimea dulapului, în mm;

k_α - coeficientul de reducere al capacității de rezistență a penelor, luat în calcul cu valorile din tabelul 6.2 când efortul ce acționează asupra unei pene face unghiul α cu direcția fibrelor piesei în care se produce efectul de strivire sau de forfecare.

Tabelul 6.2

Valorile coeficientului k_α

α	0°	20°	40°	60°	90°
k_α	1,0	0,9	0,7	0,5	0,4

Comentariul C. 6.4.2.2.

b. Capacitatea de rezistență a penelor inelare dințate și a penelul cu gheare se stabilește de către producător, pe bază de experiențării standardizate.

c. Numărul necesar de pene inelare se determină cu relația:

$$n_{\text{pene}}^{\text{nec}} = N^{\text{total}} / L_{\text{cap min}}^p \quad (6.33)$$

în care:

N^{total} - este efortul axial total din bara întinsă sau comprimată respectiv lunecarea totală pe lungimea barei încovoiate în N;

$L_{\text{cap min}}^p$ - capacitatea de rezistență a unei pene, în N, stabilită cu valoare minimă din relațiile (6.30) și (6.31).

d. La barele întinse este obligatorie verificarea capacității de rezistență a barei în secțiunea cea mai slăbită, cu relația (4.2), în care A_{net} se calculează în ipoteza că toate slăbirile (determinate de locașul penelor și de gaura pentru bulonul de strângere) sunt concentrate în aceeași secțiune transversală.

6.5. Îmbinări cu tije și cu pene lamelare flexibile

6.5.1. Îmbinări cu tije cilindrice - prevederi generale

6.5.1.1. Tijele cilindrice (cuie, dornuri, șuruburi pentru lemn, buloane) sunt piese metalice sau din lemn, de formă cilindrică, introduse în elementele de îmbinat în sens transversal direcției lui pe care îl transmit de la un element la altul (fig. 6.16).

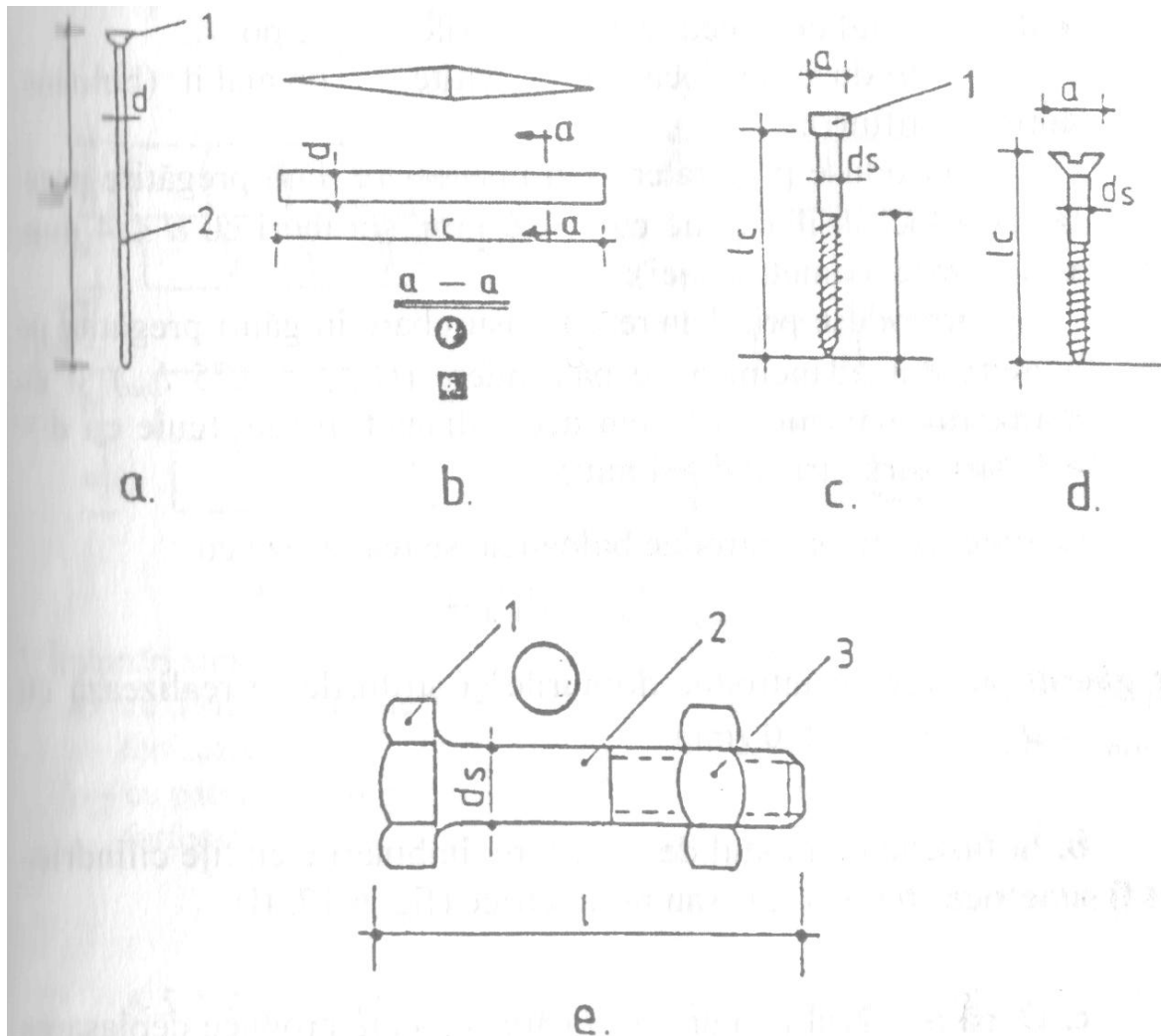


Fig. 6.16. Tijele cilindrice elastice folosite în îmbinări:

- | | | |
|--------------------------|--------------------------|------------------------|
| a - cuie; | d - șurub cu cap înecat; | 2 - tija propriu-zisă; |
| b - dornuri; | e - bulon; | 3 - piuliță. |
| c - șurub cu cap pătrat; | l - capul tije; | |

6.5.1.2. Îmbinările cu tije cilindrice se caracterizează prin:

- deformații inițiale mici, contactul dintre suprafețele de transmitere a eforturilor fiind perfect la început;

- deformații finale mari, datorită contragerii lemnului la uscare.

6.5.1.3. Clasificarea îmbinării/or cu tije se face în funcție de diferite criterii:

a. după modul de execuție al îmbinărilor, tijele pot fi:

- introduse în locașuri pregătite în prealabil (buloam dornuri, știfturi);

- introduse prin batere sau înșurubare, fără pregătire prealabilă a locașurilor (cuie cu $d \leq 6$ mm, șuruburi cu $d \leq 4$ mm unde d este diametrul tije);

- introduse prin batere sau înșurubare în găuri pregătite pe o parte din adâncimea de pătrundere ($l_{\text{gaura}} \cong 0,75 l_{\text{tija}}$) și cu diametrul mai mic cu 1 mm decât diametrul tije (cuie cu $d \geq 6$ mm, șuruburi cu $d \geq 4$ mm).

Găurile în care se introduc buloanele se realizează cu

$$d_{\text{gaura}} = d_{\text{tija}} + 1 \text{ mm},$$

iar găurile în care se introduc dornurile și știfturile se realizează cu $d_{\text{gaura}} = d_{\text{tija}} - (0,8 \dots 1,0) \text{ mm}$.

b. În funcție de modul de solicitare, îmbinările cu tije cilindrice pot fi simetrice (fig. 6.17, I) sau nesimetrice (fig. 6.17, II).

c. După numărul planurilor în care se poate produce deplasarea elementelor îmbinate, se deosebesc îmbinări cu o singură secțiune de forfecare (fig. 6.17, c), cu două secțiuni de forfecare (fig. 6.17, a) sau cu mai multe secțiuni de forfecare (fig. 6.17, b și d).

Comentariul C. 6.5.1.3.

6.5.1.4. La îmbinările cu cuie sau dornuri se montează buloane de strângere (circa 25 % din numărul total de tije) necesare pentru strângerea etanșă a pachetului de elemente, în timpul executării lucrărilor și pentru a preveni desfacerea rosturilor în procesul exploatării din cauza deformării datorate contracției lemnului.

6.5.2. Tipuri de tije cilindrice

6.5.2.1. **Cuiele** pentru construcții din lemn (STAS 2111-90) au diametrul cuprins între 1,8...8,0 mm și lungimea între 30...250 mm.

Grosimea minimă a celei mai subțiri piese care se îmbină cu cuie trebuie să fie cel puțin $4d$, pentru a nu crăpa piesele în momentul în care se bat cuiele.

La batere, cuiele pot avea lungimea egală cu grosimea pachetului de strâns, pot depăși grosimea pachetului (deci ies pe partea opusă), sau pot rămâne înecate (fig. 6.18).

Pentru a lua în considerare secțiunea de forfecare, cuiul trebuie să pătrundă în piesa respectivă cu cel puțin $3,5d$ (lungime efectivă, fără vârful cuiului de $1,5d$, care se consideră că nu lucrează în transmiterea eforturilor, fig. 6.18, c).

La stabilirea lungimii necesare a cuielor (vezi fig. 6.18) se ia în calcul grosimea pieselor care se îmbină, eventualele rosturi ce pot apărea între piesele care se îmbină (cu lățimea de aproximativ 2 mm), vârful cuiului și adâncimea minimă de pătrundere în ultima piesă:

$$L_{\text{nec cui}} = n c + (n-1) \cdot 2 + (3,5 + 1,5) d \quad (6.34)$$

în care:

n - numărul de piese din pachet;

c - grosimea pieselor;

d - diametrul tije.

În cazul în care lungimea efectivă a cuielor depășește grosimea pachetului de strâns (v. fig. 6.18, b), la calculul capacității de rezistență a tijelor se ia în considerare grosimea ultimei piese care se îmbină, redusă cu $1,5d$, întrucât fibrele se rup la ieșirea cuiului din piesa respectivă.

6.5.2.2. **Bidoanele** se execută din oțel-beton OB 37, cu cap și piuliță de strângere, cu diametrele oțelului beton neted folosit în ($d = 12...25$ mm). Diametrul bulonului se alege în mod obișnuit ($1/30...1/40$) l , unde l este grosimea pachetului care se strânge, dar minimum 12 mm.

6.5.2.3. **Șuruburile pentru lemn** pot fi: cu cap bombat crestat (STAS 1451-80), cu cap înecat crestat (STAS 1452-80), cu cap semiînecat (STAS 1453-80), cu cap hexagonal (STAS 1454-80) sau cu cap pătrat (STAS 1455-80).

6.5.2.4. Dornurile au diametrele oțelului beton și vârful ascuțit iu a pătrunde ușor în piesele din lemn.

6.5.3. Date constructive privind îmbinările cu tije cilindrice elastice

6.5.3.1. Butoanele, șuruburile și dornurile se dispun pe un număr par de rânduri longitudinale, pentru a evita amplasarea unui rând de tije în zona centrală slabă a inimii lemnului.

6.5.3.2. Cuiele se dispun atât pe un număr par, cât și impar, pe rânduri, drept, în zig-zag sau pe diagonală (fig. 6.19).

6.5.3.3. Distanțele minime de așezare a tijelor (stabilite prin încercări pe modele, astfel încât piesele din lemn să nu se despică la batere sau în exploatare) sunt date în tabelele 6.3 și 6.4, în care:

s_1 - distanța între axele tijelor în lungul fibrelor elementului în care se bat cuiele (pe direcția efortului);

s_2 - distanța de la tije până la capătul elementului din lemn, în sensul longitudinal al fibrelor;

s_3 - distanța între tije pe direcția transversală fibrelor;

s_4 - distanța între ultimul rând de tije și marginea elementului din lemn, pe direcția transversală fibrelor

3.4. La prinderile în noduri ale barelor grinzilor cu zăbrele IM.I regulilor de distribuție a tijelor este obligatorie pentru piesă în parte (fig. 6.20).

Observații:

- Pentru valorile lui c cuprinse între $4d$ și $10d$, valorile lui s_1 se interpolează liniar.
- Distanțele trecute în paranteză sunt pentru lemnul de fag și stejar.

6.5.3.5. În cazul baterii încrucișate a cuielor, dacă capetele lor pătrund în piesa centrală din ambele părți pe o adâncime mai mică decât $2c/3$ (fig. 6.21, a), distanțele între cuie se stabilesc independent, iar dacă pătrund pe o adâncime mai mare sau egală cu $2c/3$, distanțele se stabilesc ținând cont de cuiele de pe ambele părți ale pachetului de îmbinat (fig. 6.21, b).

6.5.3.6. La îmbinările cu cuie, pentru fixarea unei piese trebuie prevăzute cel puțin patru cuie, iar în nodurile în care prinderea pieselor se face cu ajutorul cuielor trebuie prevăzut cel puțin un bulon de strângere cu diametrul $d = 12$ mm.

6.5.3.7. Îmbinările de prelungire la piese întinse nu se admit a fi realizate cu cuie.

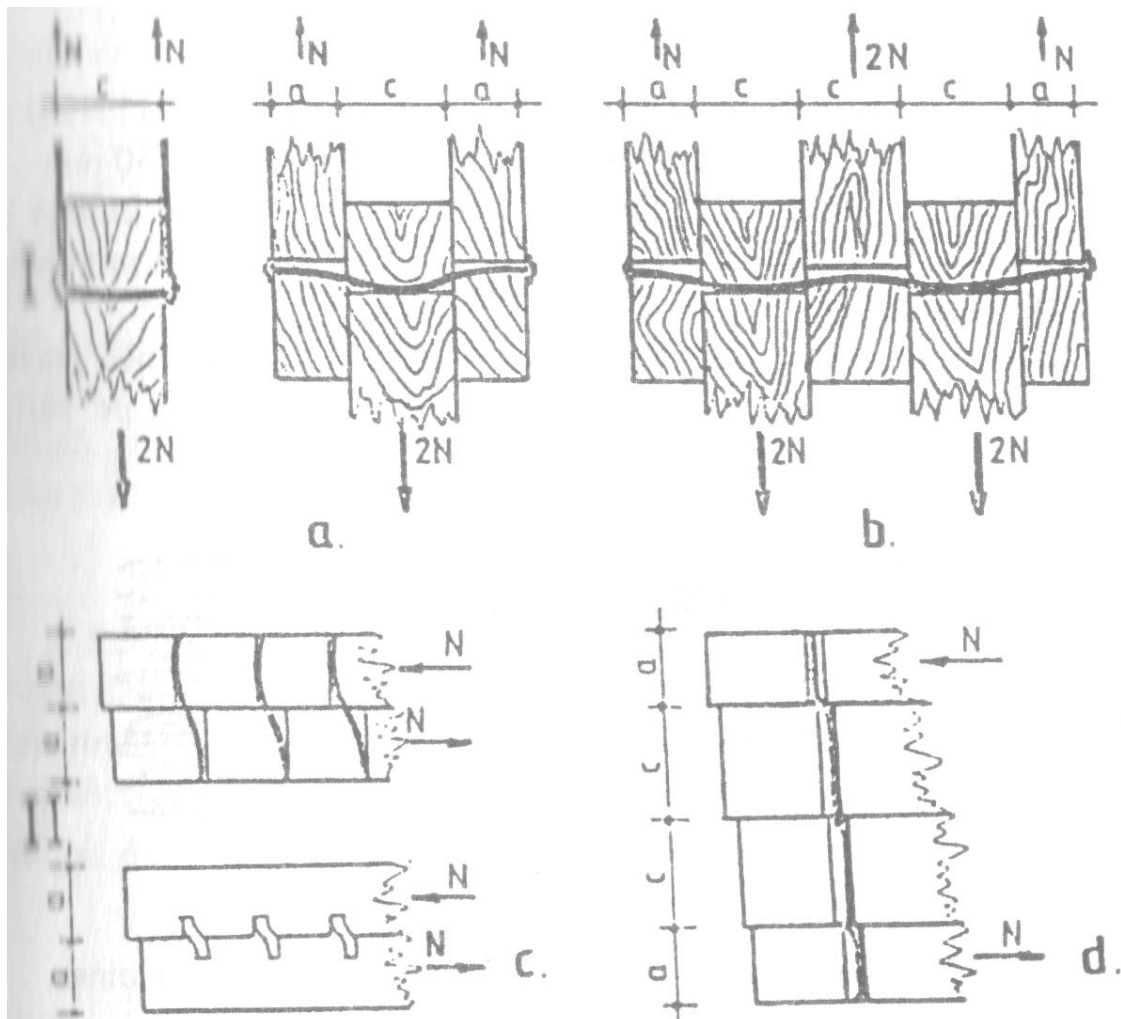


Fig. 6.17. Tipuri de îmbinări cu tije cilindrice:

Îmbinări simetrice:

- a – cu două secțiuni de forfecare;
- b – cu patru secțiuni de forfecare.

II. Îmbinări nesimetrice:

- c – cu o secțiune de forfecare;
- d – cu trei secțiuni de forfecare.

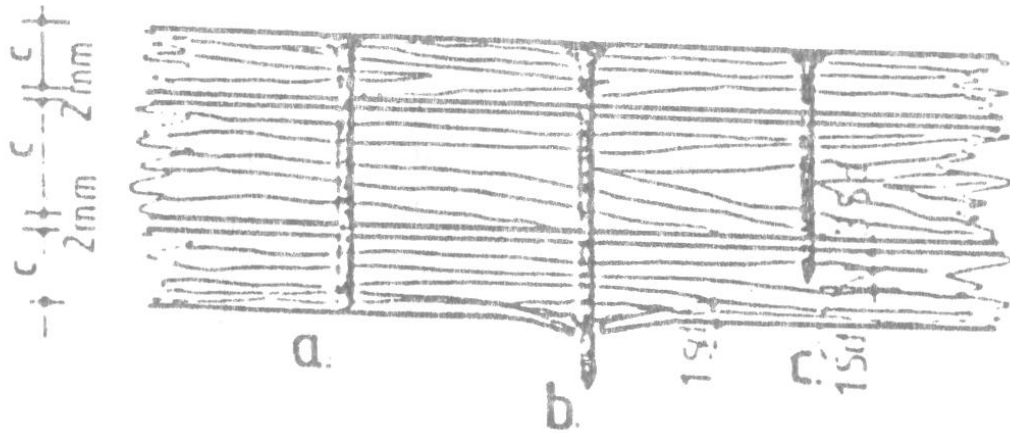


Fig. 6.18. Posibilități de pătrundere a cuielor în pachetul de îmbinat.

- a – pe întreaga grosime a pachetului;
- b – depășind grosimea pachetului;
- c – înecat

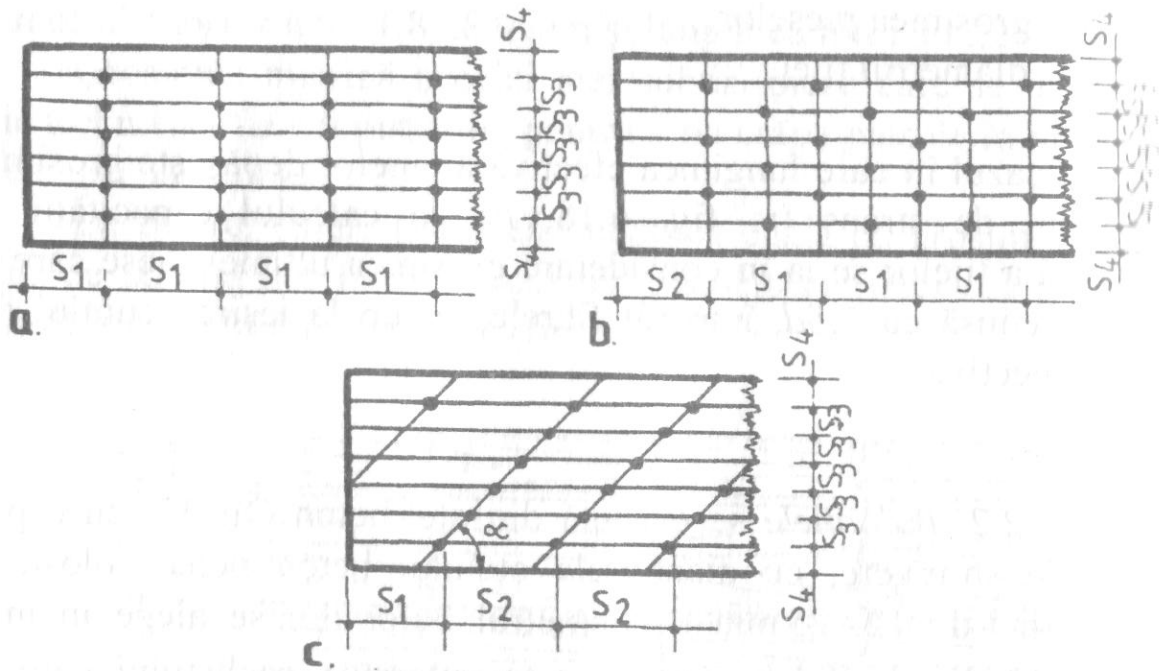


Fig. 6.19. Dispunerea cuielor într-o îmbinare de prelungire:

- a – în rânduri drepte;
- b – în zigzag;
- c – în rânduri diagonale

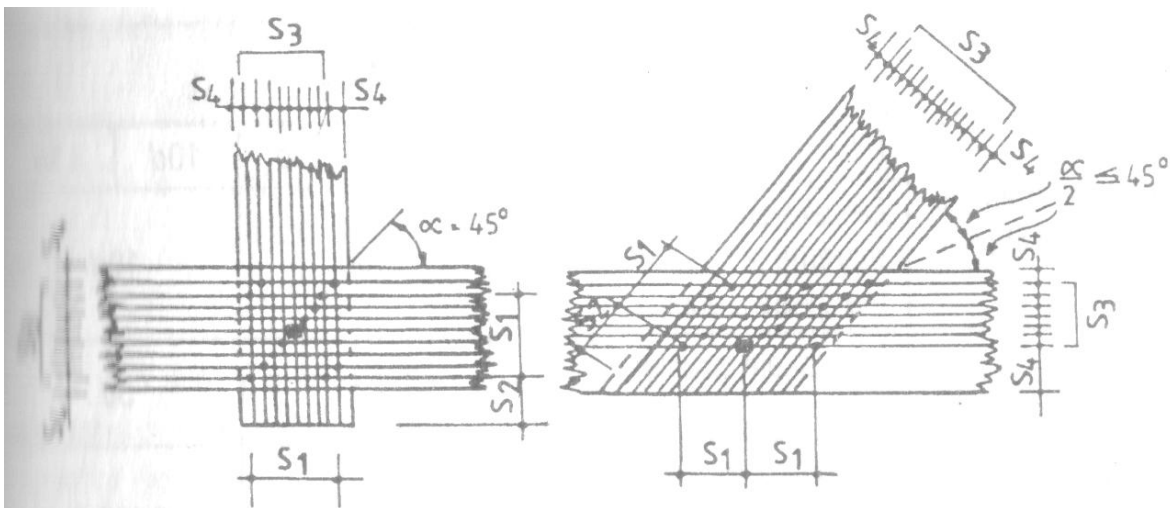


Fig. 6.20. Amplasarea tijelor la nodurile unei grinzi cu zăbrele

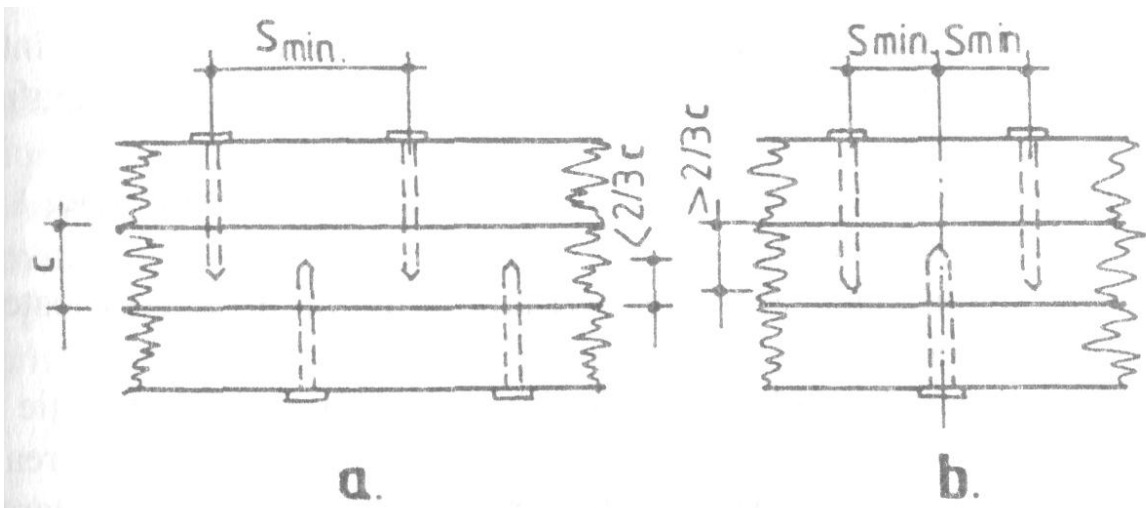


Fig. 6.21. Distanțele de amplasare a cuielor în cazul baterii încrucișate:

- a – dacă adâncimea de pătrundere în piesa centrală este mai mică decât $2c/3$;
- b – dacă adâncimea de pătrundere în piesa centrală este mai mare decât $2c/3$

Tabelul 6.4

Distanțe minime de amplasare a cuielor

Cuie bătute fără găurire prealabilă						
Cuie bătute în:		Șiruri longitudinale sau în zig-zag		Șiruri oblice		
Grosimea celei mai subțiri piese		<i>c</i>	$\geq 10d$	$= 4d$	$\geq 10d$	$= 4d$
Distanțe minime în lungul fibrelor	Între axele cuielor	s_1	$15d$	$25d$	$15d$	$20d$
	Din axa cuielor extreme la marginea piesei	s_2	$15d$		$15d$	
Distanțe minime perpendicular pe direcția fibrelor	Între axele șirurilor de cuie	s_3	$4d$		$3d$	
	De la șirul marginal de cuie la marginea piesei	s_4	$4d$		$6d (5d)$	
Cuie bătute cu găurire prealabilă						
Distanțe minime în lungul fibrelor	Între axele cuielor	s_1	$10d$	$15d$	$10d$	$15d$
	Din axa cuielor extreme la marginea piesei	s_2	$10d$		$10d$	
Distanțe minime perpendicular pe direcția fibrelor	Între axele șirurilor de cuie	s_3	$4d$		$3d$	
	De la șirul marginal de cuie la marginea piesei	s_4	$4d$		$6d (5d)$	

Tabelul 6.5.

Valori ale coeficientului γ

Clasa de durată a încărcărilor	Valorile coeficientului γ pentru:	
	Buloane și dornuri	Cuie și șuruburi pentru lemn
Permanente	0,70	0,60
Lungă durată	0,85	0,70
Scurtă durată	1,00	0,85

6.5.4. Capacitatea de rezistență a îmbinărilor cu tije

6.5.4.1. Capacitatea de rezistență a unei îmbinări cu tije, $L_{cap\ i}$ în N, se stabilește cu relația:

$$L_{cap\ t} = \gamma L_{min\ t} n_t n_f m_T m_u m_R \quad (6.35)$$

în care:

γ - coeficientul parțial de siguranță stabilit conform paragrafului 6.5.4.2.;

$L_{min\ t}$ - capacitatea de rezistență minimă a unei tije, într-o secțiune de forfecare, în N, stabilită conform paragrafului 6.5.4.3;

n_t - numărul secțiunilor de forfecare în care lucrează tijele;

n_f - numărul de tije;

m_T - coeficient de tratare a lemnului cu valorile specificate în tabelul 4.1;

m_u - coeficientul condițiilor de lucru, definit în funcție de condițiile de microclimat în care funcționează îmbinarea cu tije, cu valoarea 1,00 pentru clasa 1 de exploatare a construcției, 0,85 pentru clasa 2 de exploatare a construcției și cu valoarea 0,75 pentru clasa 3 de exploatare a construcției;

m_R - coeficientul care introduce în calcul repartiția neuniformă a încărcărilor la tije, cu valorile stabilite în paragraful 6.5.4.5;

6.5.4.2. Coeficientul parțial de siguranță are valorile din tabelul 6.5, stabilite în funcție de tipul tijelor și de clasa de durată a încărcărilor.

6.5.4.3. Capacitatea de rezistență a unei tije, $L_{cap\ t}$ în N, într-o secțiune de forfecare, pentru lemn de pin, molid și brad, când efortul acționează paralel cu direcția fibrelor, se stabilește în funcție de tipul și diametrul tije, modul de lucru al îmbinărilor (simetrice sau luimetrice), posibilitatea de cedare a îmbinării (prin strivirea lemnului sau prin încovoierea tije), dimensiunea pieselor de lemn din îmbinare, conform relațiilor din tabelul 6.6.

6.5.4.4. Valorile din tabelul 6.6 sunt valabile pentru lemnul de pin, molid și brad. Pentru alte specii de lemn, valorile din tabelul 6.6 se vor multiplica cu coeficientul k_c pentru solicitările $L_{cap\ e}$ și L_{ivpm} și cu coeficientul $(\xi_t)^2$ pentru solicitarea $L_{cap\ e}$ și $L_{cap\ m}$ și cu coeficientul dat în tabelul 6.8.

6.5.4.5. Coeficientul m_R introduce în calcul posibilitatea repartiției neuniforme a încărcărilor în tije și are valoarea:

- $m_R = 0,90$ pentru îmbinări cu cuie și șuruburi pentru lemn; pentru îmbinări cu dornuri și buloane dispuse pe două rânduri, cu minimum două buloane pe un rând;
- $m_R = 0,80$ pentru îmbinări cu dornuri și buloane dispuse pe patru rânduri, cu minimum trei buloane pe un rând.

Tabelul 6.6.

*Capacitatea de rezistență a unei tije cilindrice
pentru o secțiune de forfecare*

Tipul îmbinării	Condiția de calcul	Capacitatea de rezistență a tijelor, în N, pentru:		
		Cuie	Buloane, șuruburi și dornuri de oțel	Dornuri de stejar
Îmbinări simetrice	Strivirea elementelor centrale, $L_{cap\ c}$	$4cd$	$4cd$	$2cd$
	Strivirea elementelor marginale, $L_{cap\ m}$	$5ad$	$5ad$	$3ad$
Îmbinări nesimetrice	Strivirea elementelor centrale, $L_{cap\ c}$	$3cd$	$3cd$	$2cd$
	Strivirea elementelor marginale, $L_{cap\ m}$	$5ad$	$5ad$	$3ad$
Îmbinări nesimetrice și simetrice	Încovoierea tije, $L_{cap\ inc}$	$30d^2$	$20d^2$	$5d^2$

Notatii:

- c – grosimea celei mai subțiri piese centrale, în mm;
- a – grosimea celei mai subțiri piese marginale, în mm;
- d – diametrul tije cilindrice, în mm.

Tabelul 6.7.

Valorile coeficientului k_α

Unghiul α (grad)	Valorile coeficientului k_α pentru tije de oțel cu diametrul (mm) de:							Dornuri de stejar
	$\leq 6,5$	8,5	10	12	16	20	25	
0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30	1,00	0,98	0,95	0,95	0,90	0,90	0,90	1,00
60	1,00	0,90	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60	0,80
90	1,00	0,85	0,75	0,70	0,60	0,55	0,50	0,80

Tabelul 6.8.

Valorile coeficientului k_e

Specia	Pin, molid, brad	Gorun, stejar, salcâm, cer	Fag, frasin, mesteacăn, carpen	Plop, salcie
k_e	1,00	1,30	1,10	0,80

Observații:

1. În relația (6.35) se va introduce valoarea minimă a capacității de rezistență a tijeii, stabilită ca minimum între $L_{cap\ c}$, $L_{cap\ m}$, $L_{cap\ inc}$.

2. În cazul în care direcția efortului din tije face un unghi α cu direcția fibrelor elementelor asamblate, valorile eforturilor din tabelul 6.6 se vor înmulți cu:

- coeficientul k_α din tabelul 6.7 pentru eforturile $L_{cap\ c}$ și $L_{cap\ m}$;
- coeficientul $(k_\alpha)^{1/2}$ pentru efortul $L_{cap\ inc}$.

6.5.4.6. La barele tensionate este obligatorie verificarea capacității de rezistență în secțiunea cu slăbiri maxime, utilizând relația (4.2) pentru bare cu secțiunea simplă și relația (5.1) pentru bare cu secțiunea compusă.

Comentariul C. 6.5.4.

Tabelul 6.7.

Valorile coeficientului k_α

Unghiul α (grad)	Valorile coeficientului k_α pentru tije de oțel cu diametrul (mm) de:							Dornuri de stejar
	$\leq 6,5$	8,5	10	12	16	20	25	
0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30	1,00	0,98	0,95	0,95	0,90	0,90	0,90	1,00
60	1,00	0,90	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60	0,80
90	1,00	0,85	0,75	0,70	0,60	0,55	0,50	0,80

Tabelul 6.8.

Valorile coeficientului k_e

Specia	Pin, molid, brad	Gorun, stejar, salcâm, cer	Fag, frasin, mesteacăn, carpen	Plop, salcie
k_e	1,00	1,30	1,10	0,80

6.5.5. Îmbinări cu pene lamelare flexibile - prevederi generale

6.5.5.1. Penele lamelare flexibile (fig. 6.22) sunt piese din oțel sau lemn de esență tare (stejar), de formă lamelară, care se introduce transversal în piesele îmbinate pentru a împiedica deplasarea relativă longitudinală a pieselor în contact; se folosesc la realizarea grinzilor cu secțiune compusă solicitate la încovoiere, precum și la unele tipuri de grinzi cu zăbrele, pentru alcătuirea secțiunii compuse a tălpii comprimate.

6.5.5.2. Îmbinările cu pene flexibile se execută mecanizat locașurile fiind realizate cu o mașină electrică de dăltuit.

6.5.5.3. În cazul folosirii penelor flexibile din lemn, acestora trebuie să aibă umiditatea în timpul asamblării de 8... 10% și trebuie astfel confecționate și montate încât să fie solicitate la forfecare transversal pe fibre. Etanșitatea contactului dintre plăcuța din lemn și pereții locașului trebuie să fie asigurată prin confecționarea mecanizată a penelor de dimensiuni tip, prin calibrarea mașinii electrice care realizează locașurile, precum și prin utilizarea proprietății lemnului uscat de a se umfla normal pe fibre în cazul umezirii ulterioare.

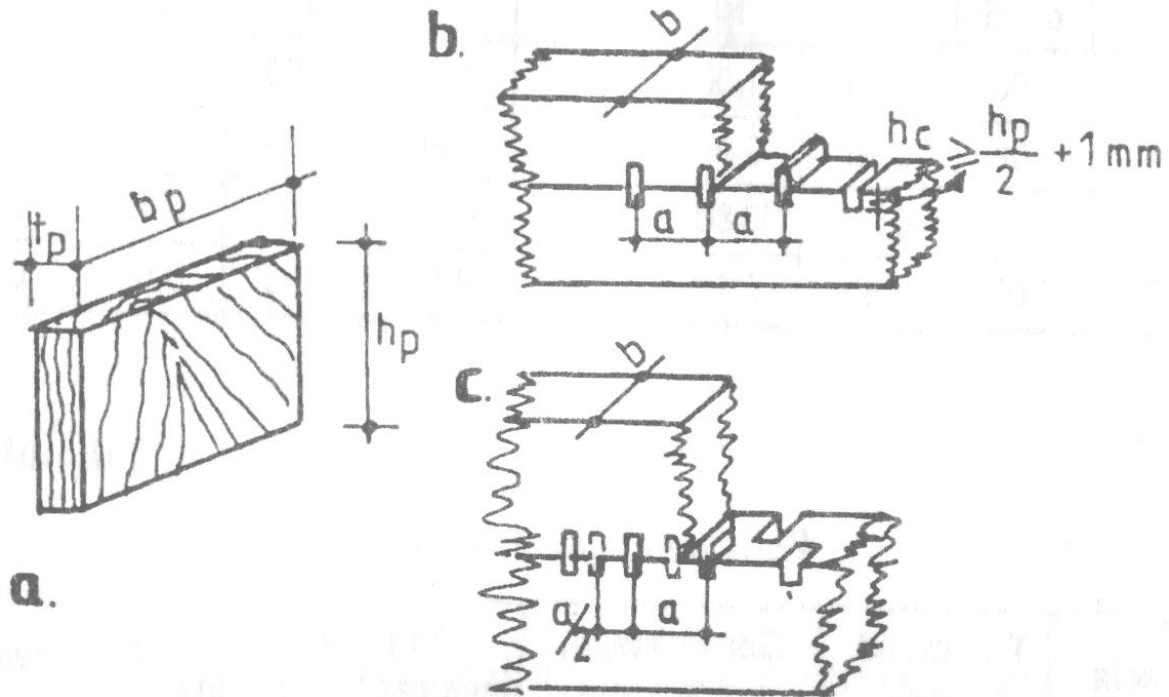


Fig. 6.22. Îmbinări cu pene lamelare flexibile:

a – detaliu pană;

b – cu pene dispuse pe întreaga lățime a grinzii;

c – cu pene dispuse alternativ pe fețele grinzii

6.5.6. Date constructive privind îmbinările cu pene lamelare flexibile

6.5.6.1. Adâncimea locașului h_v în fiecare grindă trebuie să fie nm mai mare decât jumătate din înălțimea lamelei și maxim 1/5 ălțimea fiecărei grinzi componente.

6.5.6.2. La penele flexibile din lemn se vor respecta următoarele constructive:

- $10 \leq t_p \leq 15$ mm; se recomandă $t_p = 12$ mm;
- $h_p = 4,5 t_p$;
- $b_p = b$, pentru pene care străbat complet înălțimea grinzii, folosite în cazul în care lățimea b a grinzii este mai mică de 150 mm (fig. 6.22, b);
- $b_p = 0,5b + 0,3 h_p$, pentru pene care se dispun pe o parte și pe alta a grinzii (fig. 6.22, c), folosite în cazul în care lățimea b a grinzii este mai mare de 150 mm;

• $a \geq 9 t_p$.

6.5.6.3. La penele flexibile din oțel se vor respecta următoarele date constructive:

- $t_p = 4 \dots 6$ mm;
- $h_p = (10 \dots 12)t_p$;
- $b_p = b$;
- $a = (25 \dots 30) t_p$.

6.5.7. Capacitatea de rezistență a îmbinărilor cu pene lamelare flexibile

6.5.7.1. Capacitatea de rezistență a unei pene lamelare flexibile din lemn, $L_{cap\ min}$ în N, se determină ca valoare minimă din condiția de strivire a lemnului și din condiția de încovoiere a penei, stabilite cu relațiile:

- din condiția de strivire a lemnului:

$$L_{cap\ s} = R_{s\perp}^c b_p h_p m_T m_{s\perp} \quad (6.36)$$

- din condiția de încovoiere a penei:

$$L_{cap\ i} = R_i^c b_p t_p m_T m_i \quad (6.37)$$

în care:

$R_{s\perp}^c$ și R_i^c sunt rezistențele de calcul la compresiune perpendicular pe fibre, respectiv la încovoiere statică pentru lemnul de stejar, stabilite cu relația (2.1), în N/mm^2 ;

b_p - lățimea penei, în mm;

h_p - înălțimea penei, în mm;

t_p - grosimea penei, în mm;

m_T - coeficientul de tratare a lemnului cu valorile specificate în tabelul 4.1;

$m_{s\perp}$ - coeficient de variație a distribuției eforturilor de strivire pe înălțimea penei, cu valoarea 0,6;

m_i - coeficient de variație al eforturilor unitare din încovoiere, cu valoarea 0,5.

6.5.7.2. Capacitatea de rezistență a unei pene lamelare flexibile din oțel se stabilește din condiția de strivire a lemnului din elementele îmbinate, cu relația:

$$L_{cap\ s} = R_{s\parallel}^c b_p h_p m_T m_{s\parallel} \quad (6.38)$$

în care:

$R_{s\parallel}^c$ - rezistența de calcul la compresiune (strivire) paralelă cu fibrele pentru esența de lemn din care sunt realizate elementele care se îmbină, stabilită cu relația (2.1);

b_p , h_p și m_T - au aceleași semnificații ca în relațiile (6.36) și (6.37);

$m_{s\parallel}$ - coeficientul de variație pe înălțimea penei a distribuției eforturilor de strivire paralel cu fibrele elementelor care se îmbină, cu valoarea 0,3.

6.6. Îmbinări cu tije solificate la smulgere

6.6.1. Date constructive

6.6.1.1. Îmbinările cu cuie și șuruburi pentru lemn solificate la smulgere (fig. 6.23) se utilizează, în special, pentru susținerea clementelor de tavan suspendat. Nu se admit aceste tipuri de îmbinări în cazul în care tijele necesită găurire prealabilă, sau în cazul aplicării dinamice a încărcărilor.

6.6.1.2. La alcătuirea îmbinărilor cu tije cilindrice solificate la smulgere trebuie respectate următoarele date constructive:

- lungimea de încastrare a cuiului, l_s , în mm, fără a ține seama de vârf ($,5d$), trebuie să fie:

$$l_s > 10d, l_s > 2a \quad (6.39)$$

d fiind diametrul cuiului, în mm, iar a grosimea elementului care se susține, în mm;

- lungimea de încastrare a șuruburilor, l_s , în mm, trebuie să fie:

$$l_s = 0,6l \quad (6.40)$$

l fiind lungimea tijei șurubului, în mm;

• grosimea a a elementului susținut trebuie să fie cel puțin $4d$; pentru o grosime mai mică a lui a , strivirea sub capul șurubului trebuie preîntâmpinată cu ajutorul șaiabelor;

• cuiele și șuruburile se dispun astfel încât să se evite despicarea lemnului, respectându-se distanțele minime prevăzute în paragraful 6.5.3.3;

• în cazul utilizării unui singur rând de tije, se recomandă ca acestea să se amplaseze, respectând distanțele minime, descentrat față de axul elementului în care își transmit efortul pentru a se evita zona centrală, medulară, cu fisuri și crăpături de creștere (v. fig. 6.23).

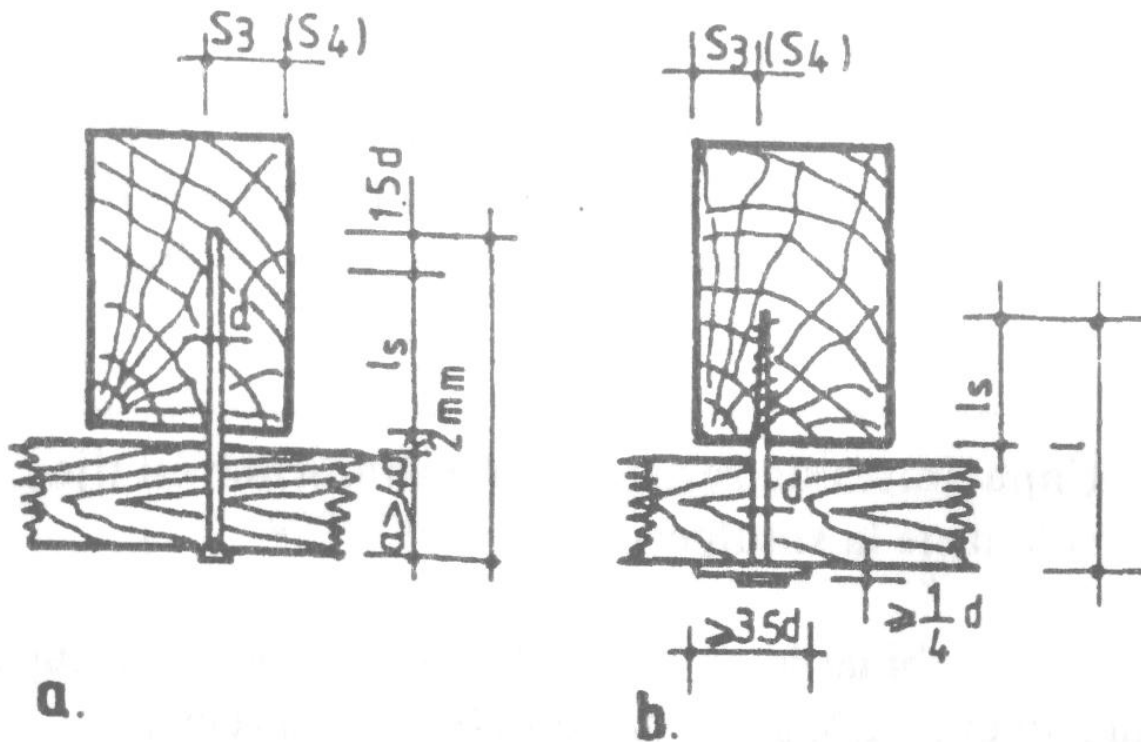


Fig. 6.23. Îmbinări cu tije solicitate la smulgere:

a – cuie;

b – șuruburi pentru lemn

6.6.2. Capacitatea de rezistență a îmbinărilor cu tije solicitate la smulgere

6.6.2.1. La îmbinările cu cuie solicitate la smulgere capacitatea de rezistență a unei tije, $N_{cap\ s}$ în N, se stabilește cu relația:

$$N_{cap\ s} = \pi d_c l_c R_s^c m_T \quad (6.41)$$

în care:

d_c - diametrul cuiului, în mm; pentru cuie cu diametrul mai mare de 5 mm se ia $d_c = 5$ mm;

l_s - lungimea de încastrare a cuiului, în mm. stabilită conform paragrafului 6.6.1.2;

R_s^c - rezistența la smulgere a unui cui, în N/mm², cu valoarea specificată în tabelul 6.9;

m_T - coeficient de tratare a lemnului cu valoarea specificată în tabelul 4.1.

6.6.2.2. La îmbinările cu șuruburi pentru lemn solicitate la smulgere, capacitatea de rezistență a unei tije, $N_{cap\ s}$ în N, se stabilește cu relația:

în care:

d_s - diametrul șurubului, în mm;

l_s - lungimea de încastrare a șurubului, în mm, care se ia în considerare numai pe porțiunea filetată, conform recomandărilor din paragraful 6.6.1.2;

R_s^c și m_T - au aceleași semnificații ca în relația (4.2).

Comentariul C. 6.6.

Tabelul 6.9.

Valorile rezistenței la smulgere, R_s^c

Esența	Clasa de exploatare a construcției	Valorile lui R_s^c , în N/mm ² , pentru	
		cuie	șuruburi
Rășinoase	1	0,5	1,5
	2 și 3	0,2	0,7
Foiase	1	0,7	2,0
	2 și 3	0,4	1,0

6.7. Îmbinări cu asamblaje metalice

6.7.1. Piesele metalice (tirați, zbanțuri, rulouri de reazem, buloane pentru articulații și ancoraje, plăci de repartiție și de distribuție) utilizate în construcțiile din lemn servesc atât pentru realizarea unor elemente întinse la ferme, arce, cadre (zăbrele, tălpi inferioare, tirați pentru preluarea împingerilor), cât și pentru asamblarea pieselor din lemn între ele.

6.7.2. Întinderea tiraților se realizează prin strângerea piulițelor prevăzute de obicei la ambele capete. Pentru a evita deșurubarea piulițelor, la piesele întinse care preiau solicitări importante se prevăd contrapiulițe. Pentru a mări suprafața de strivire dintre piulițe și piesa din lemn se dispun șaibe a căror suprafață se calculează astfel încât să nu se depășească rezistența la strivire a lemnului.

6.7.3. Datorită acțiunii corosive pe care o au agenții atmosferici asupra oțelului, grosimea minimă a pieselor confecționate din oțel trebuie să fie de 6 mm, iar diametrul minim al pieselor rotunde de 12 mm.

6.7.4. Nu se recomandă folosirea unor cutii de reazem închise deoarece favorizează putrezirea lemnului; se recomandă realizarea unor asamblaje mecanice cu două fețe paralele libere pentru a permite ventilarea pieselor din lemn.

6.7.5. Solicitățile care apar în piesele metalice utilizate la construcțiile din lemn se stabilesc pe baza teoriei staticii construcției și a rezistenței materialelor, iar verificarea elementelor mecanice și stabilirea capacității de rezistență a acestora se face conform STAS 10108/0-78.

6.8. Îmbinări încleiate

6.8.1. Elemente generale

6.8.1.1. Îmbinările prin încleiere asigură comportarea monolită a tuturor elementelor care se îmbină, înlăturând posibilitatea oricărei deformații independente a elementelor componente.

6.8.1.2. Pentru realizarea îmbinărilor încleiate se folosesc:

- cleiuri naturale;
- cleiuri sintetice;
- rășini termoactive sau termoplastice.

În funcție de starea de agregare fizică, cleiurile pot fi sub formă de soluții (fluide), prafuri sau pelicule (filme).

După temperatura de încleiere, cleiurile pot fi:

- cu priză la temperaturi înalte (100...150)°C;
- cu priză la cald (50...70)°C;
- cu priză la rece (15...25)°C.

În funcție de rezistența la apă a peliculelor se deosebesc:

- cleiuri foarte rezistente la apă, cu o rezistență minimă de 1,5 N/mm² după o oră de fierbere sau după o imersie de 48 ore în apă;
- cleiuri rezistente la apă, cu o rezistență minimă de 0,7 N/mm² după o oră de fierbere sau 24 ore imersie în apă;
- cleiuri nerezistente la apă.

Din punctul de vedere al durabilității peliculei, cleiurile se împart în următoarele patru grupe:

- **grupa I** - cleiuri rezistente la intemperii (cu pelicula mai durabilă decât lemnul), având o rezistență deosebită la acțiunea apei (caldă sau rece), a microorganismelor și a variațiilor mari de umiditate; în această grupă se încadrează cleiurile pe bază de fenol, rezorcină, și melominoformaldehidă și cleiuri epoxidice;

- **grupa a II-a** - cleiuri rezistente la apă și intemperii pe timp limitat; în această grupă se includ cleiurile ureoformaldehidice;

- **grupa a III-a** - cleiuri semirezistente (cu rezistența limitată la acțiunea apei și la bacterii); în această grupă se încadrează cleiurile de albumină și cazeină;

- **grupa a IV-a** - cleiuri de interior, care nu sunt rezistente la acțiunea umidității și la atacul ciupercilor; în această grupă se încadrează cleiurile de gelatină și emulsiile polivinilice.

6.8.1.3. Rezistențele minime de rupere ale îmbinărilor încleiate supuse la încercări de forfecare sunt date în tabelul 6.10.

6.8.1.4. Nu se admit îmbinări încleiate solicitate la întindere perpendicular pe direcția fibrelor.

6.8.2. Date constructive și particularități privind realizarea elementelor încleiate

6.8.2.1. Pentru realizarea elementelor de construcție încleiate se utilizează numai piese din lemn ecarisat, care nu trebuie să depășească 5 cm grosime în cazul elementelor drepte și 1/300 din raza de curbura, în cazul elementelor curbe.

6.8.2.2. Îmbinările scândurilor și dulapurilor la piesele încleiate se pot face cap la cap, pe suprafața teșită sau cu dinți pană (fig. 6.24).

Îmbinările cap la cap se folosesc la elementele comprimate și la elementele încovoiate drepte sau curbe, în zona comprimată, precum și în zona centrală slab solicitată.

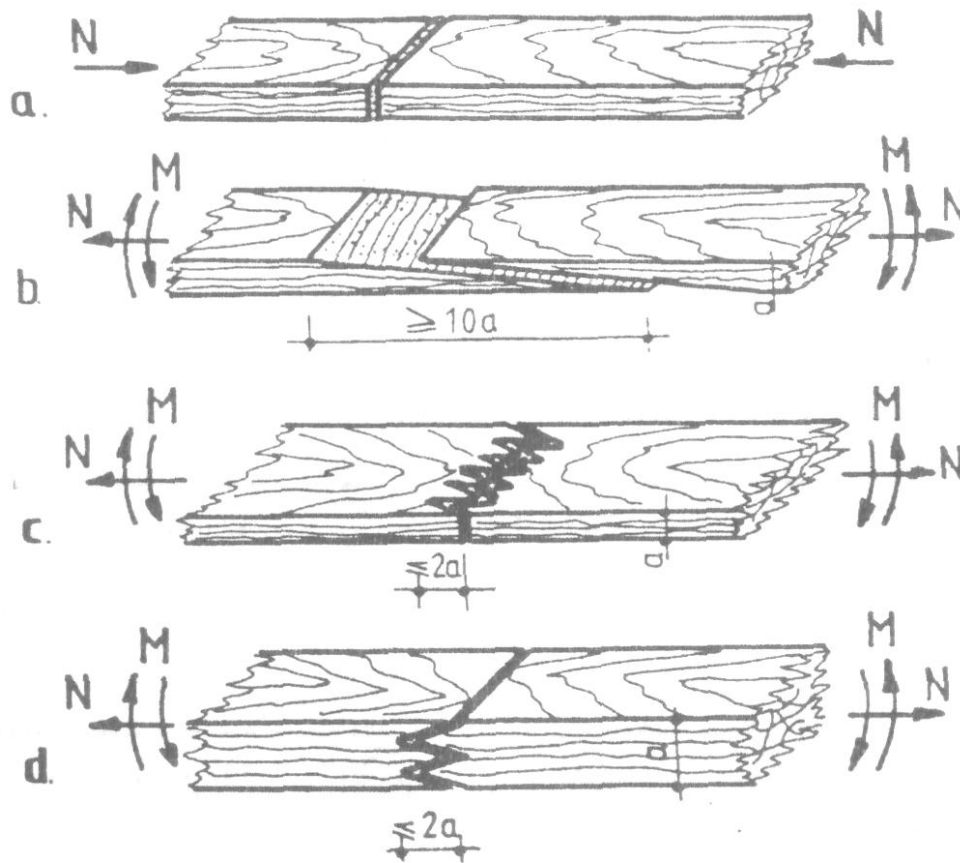


Fig. 6.24. Îmbinarea pieselor din lemn în elemente și structuri încleiate:

a – cap la cap;

b – pe suprafețe teșite;

c – dinți-pană.

Tabelul 6.10.

Rezistențele minime de rupere ale îmbinărilor încleiate solicitate la forfecare

Felul încercării	Rezistența de rupere la forfecare, în N/mm^2 , la probe din:	
	Rășinoase	Foioase tari
Încercarea probelor în stare uscată	6,0	8,0
Încercarea probelor după imersia lor în apă 24 de ore	4,0	5,5

Îmbinările pe suprafețe teșite și în dinți până se folosesc la elementele întinse și în zonele întinse, puternic solicitate ale pieselor supuse la încovoiere sau compresiune excentrică.

Distanța între îmbinările cap la cap învecinate trebuie să fie minimum $20a$ (a fiind grosimea scândurii sau dulapului), iar între îmbinările teșite (lumina între capetele teșiturilor) de minimum $10a$, într-o secțiune transversală se poate admite întreruperea n maximum $1/4$ din numărul total al scândurilor sau dulapilor.

6.8.2.3. Lemnul folosit pentru realizarea elementelor de rezis tentă încleiate trebuie să fie din rășinoase, având umiditatea de maxim 18%; lemnul de foioase se admite numai în cazul în care se iau măsuri de protecție împotriva biodegradării și se creează un regim special de încliere.

6.8.2.4. Elementele încleiate se alcătuiesc din piese de lemn de diferite categorii, în funcție de destinația elementelor și în raport cu natura și mărimea solicitării, conform indicațiilor din fig. 6.25.

6.8.2.5. Piesele din lemn se amplasează în ansamblul elementului de construcție cu inelele anuale convergente, astfel încât în rostul încleiat să apară eforturi de lunecare, mai ușor de preluat de către ala de clei (fig. 6.26, b); în cazul așezării alternative a inelelor anuale, pe rostul încleiat apar eforturi de întindere, care sunt greu de preluat de către pelicula de clei (fig. 6.26, a).

6.8.2.6. Executarea elementelor încleiate se face în fabrici sau ateliere echipate cu utilaje necesare prelucrării lemnului, cu spații speciale pentru uscarea lemnului și încăperi încălzite pentru a se crea condițiile de microclimat optime (minim 12°C , în cazul întrebunțării cleiului de cazeină și 16°C , în cazul întrebunțării adezivilor sintetici umiditatea interioară $\varphi_i = 55...65\%$).

Suprafețele încleiate trebuie să fie rindeluite și curățate de praf, pete de ulei, lac etc, cu cel puțin 12 ore înainte de încliere.

Cleul se aplică manual cu pensula sau cu ajutorul unor valțuri; grosimea peliculei de clei trebuie să fie $0,1 \dots 0,3 \text{ mm}$.

Suprafețele date cu clei se țin descoperite $5... 10 \text{ min.}$, după care se assemblează și se presează.

Presarea pieselor se realizează cu prese manuale, pneumatice și hidraulice. În mod obișnuit, presiunea la încliere variază între $0,3$ și $0,5 \text{ N/mm}^2$.

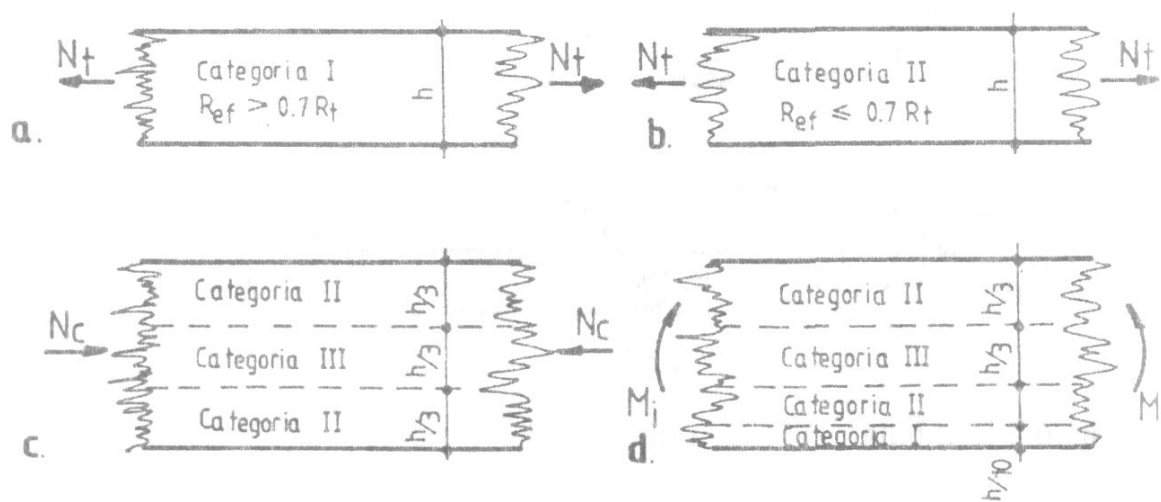


Fig. 6.25. Categoriile de material lemnos utilizate la elementele încleiate în funcție de solicitări

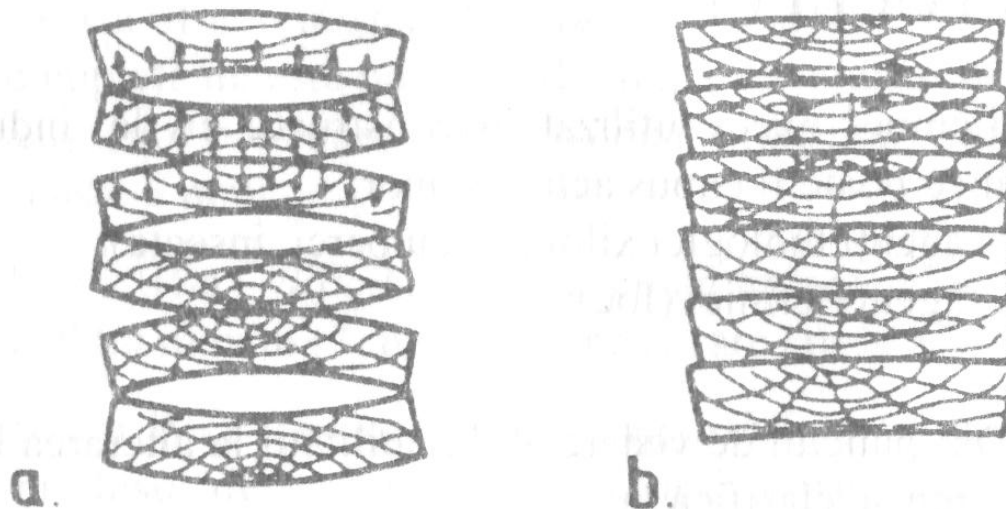


Fig. 6.26. Modul de realizare a pachetelor de scânduri încleiate cu așezarea alternantă (incorectă) a inelelor anuale și așezarea convergentă (corectă) a inelelor anuale

Cap. 7. PREZERVAREA ELEMENTELOR, SUBANSAMBLELOR ȘI A CONSTRUCȚIILOR DIN LEMN ÎMPOTRIVA BIODEGRADĂRII ȘI A FOCULUI

7.1. Lemnul masiv utilizat în construcții civile, industriale și agrozootehnice poate fi expus acțiunii unor:

- agenți biologici xilofagi (ciuperci, insecte);
- agenți termici (foc).

7.2. Din punctul de vedere al durabilității la alterarea biologică, speciile de lemn se clasifică în:

- specii puțin durabile: fag, plop, mestecăn;
- specii de durabilitate normală: brad, molid, pin, salcâm;
- specii foarte durabile: stejar.

7.3. Clasele de durabilitate ale principalelor specii de lemn industrializabile sunt:

- față de atacul ciupercilor xilofage:
 - clasa I - foarte durabile: cireș, stejar (duramen);
 - clasa a II-a - durabile: frasin, salcâm;
 - clasa a III-a - mijlociu durabile: pin (duramen), larice, cer;
 - clasa a IV-a - puțin durabile: molid, brad, carpen, paltin ulm;
 - clasa a V-a - nedurabile: fag, mestecăn, tei, anin, plop salcie.
- față de atacul insectelor xilofage:

- D - durabil,
- M - durabilitate medie;
- S - sensibil.

7.4. În privința impregnabilității elementelor, subansamblelor și construcțiilor din lemn sunt utilizate patru niveluri de clasificare:

- Clasa I - ușor de tratat: lemnul debitat poate fi penetrat cu un tratament sub presiune, fără dificultăți;

- Clasa a II-a - destul de ușor de tratat: în mod obișnuit o penetrare completă nu este posibilă, dar după un interval de 2-3 ore cu un tratament sub presiune, este posibilă atingerea unei penetrări laterale de peste 6 mm;

- Clasa a III -a - dificil de tratat: cu un tratament de 3-4 ore sub presiune se obțin maxim (3...6) mm de penetrare laterală;

- Clasa a IV-a - în mod virtual imposibil de tratat: o cantitate mică din produsul de protecție este absorbit chiar după 3-4 ore de tratament sub presiune. Se obțin penetrări laterale și longitudinale minime.

7.5. La proiectarea, execuția și în exploatarea construcțiilor din lemn trebuie să se respecte următoarele norme tehnice care reglementează măsurile de protecție biologică și împotriva focului a elementelor de construcție din lemn:

- „Normativ privind prevenirea și combaterea buretelui de casă la materialele lemnoase folosite în construcții” - C46-86;

- „Norme tehnice privind ignifugarea materialelor combustibile din lemn și textile utilizate în construcții” - C58-86;

- “Norme tehnice de proiectare și realizare a construcțiilor privind protecția la acțiunea focului” - PI 18-83;

- „Hotărâre privind unele măsuri pentru îmbunătățirea activității de prevenire și stingerea incendiilor”- H.G. nr. 51/1992.

7.6. La aplicarea măsurilor de protecție chimică a lemnului trebuie să se țină seama de clasele de risc, care definesc condițiile de utilizare ale acestuia și exigențele tratamentului de protecție aplicat. Clasele de risc pentru domeniile de utilizare ale lemnului se consideră conform tabelului 7.1.

7.7. Lemnul utilizat în construcții este expus la patru grade de risc de biodegradare:

- **Gradul 1** - lemnul utilizat în interiorul construcțiilor, unde nu există pericolul de umezire care să favorizeze instalarea și dezvoltarea ciupercilor xilofage (lemn utilizat la amenajări interioare, scări interioare, grinzi și stâlpi aparenti, parchet);

- **Gradul 2** - lemnul utilizat în construcții acolo unde sunt condiții minime de degradare sub atacul ciupercilor xilofage (lemn utilizat la elemente situate sub acoperiș: căpriori, grinzi, stâlpi, astereală, șipci, pereți interiori);

- **Gradul 3** - lemnul utilizat în construcții cu risc de biodegradare de către ciupercile xilofage, în situații în care umiditatea acestuia poate atinge valoarea de 30 % - alternarea umezirii cu uscarea (lemn utilizat la elementele de construcție exterioare: lambriuri exterioare, rame, traverse și montanți pentru panourile de pereți exteriori, pereți din lemn rotund sau ecarisat, balcoane, scări exterioare, balustrade etc);

- **Gradul 4** - lemnul utilizat în condiții favorabile de biodegradare, care este în permanent contact cu solul (piloți pentru fundații, iâlpi inferioare pe pământ sau pe socluri de zidărie, grinzi, traverse și rame din panouri de pardoseală) sau care este permanent expus la intemperii fără a fi finisat pelicologen (șițe și șindrile la acoperișuri).

7.8. La alegerea produselor și tehnologiilor de protecție a lemnului trebuie să se țină seama de condițiile și locul de utilizare ale acestuia, respectiv de riscul mai mare sau mai mic de biodegradare pe perioada de exploatare a construcției. La proiectarea construcțiilor din lemn se vor lua în considerare cerințele impuse de beneficiar în funcție de destinația viitoare a construcției, precum și de eventuala schimbare de destinație pe timpul exploatării acesteia.

7.9. Tehnologiile de aplicare ale substanțelor de protecție insectofungicidă și ignifugă pot fi: prin băi calde-reci, imersie, pulverizare, pensulare sau vid.

7.10. Produsele pentru prezervarea biologică și împotriva focului vor avea atestarea producătorului.

7.11. Piesele metalice folosite la îmbinări se protejează prin grunduire cu vopsea preparată cu ulei de in dublu fiert și miniu de plumb, care trebuie să acopere întreaga suprafață a elementului inetalic. Înainte de aplicarea stratului de protecție anticorozivă, suprafața metalului trebuie curățată de pojghița de laminare (tunderi) fi de alte impurități (praf, oxizi, grăsimi) și să fie perfect uscată.

Tabelul 7.1

Clase de risc pentru domeniile de utilizare ale lemnului

Clasa de risc	Domenii de utilizare ale lemnului	Condiții de expunere la umezire a lemnului în operă	Apariția agenților biologici	
			Ciuperci	Insecte
1	Fără contact cu solul, sub adăpost	Nu	-	Da
2	Fără contact cu solul, sub acoperiș, cu risc de umezire	Ocazional	Da	Da
3	Fără contact cu solul, neacoperit	Frecvent	Da	Da
4	În contact cu solul sau cu apa dulce	Permanent	Da	Da
5	În apă sărată	Permanent	Da	Da

COMENTARII

C.2.1.4.2. Clase de calitate la lemn

Valorile caracteristice ale rezistențelor mecanice ale diferitelor specii de lemn, în EN 338 „Structural Timber-Strength Classes” sunt specificate pe trei clase, prin determinare vizuală și/sau mecanică.

În ASTM-D 245-86 „Standard Methods for Establishing Structural Grades and Related Allowable Properties For Visually Graded Lumber” corecția rezistențelor pentru lemnul de diferite clase de calitate, pentru solicitările de încovoiere și de compresiune se aplică prin introducerea unui coeficient de reducere a rezistenței lemnului fără defecte, care variază în funcție de mărimea nodurilor, de poziția nodurilor față de starea de efort din fibrele lemnului și de dimensiunea elementului.

În norma canadiană CAN/CSA-086.1-M 91 „Engineering design in Wood (Limit States Design)” rezistențele mecanice ale diferitelor specii de lemn la diverse solicitări sunt grupate în trei grade (88, No. 1 și No. 2) dacă încadrarea se face prin examinare vizuală și în 14 grade când testarea se face mecanic.

C.2.2. Masa volumică

Masa volumică variază în funcție de specie, de condițiile de creștere a arborelui, de poziția în arbore și de umiditatea lemnului.

Având în vedere influența mare a umidității lemnului asupra valorilor masei volumice, în norme raportarea se face pentru umiditatea de 12 %.

Masa volumică a diferitelor specii de material lemnos s-a stabilit plecând de la:

- media valorilor pe țară, determinată în cadrul lucrărilor de cercetare, elaborată de I.C.B., I.N.L. și INCERC București;

- coeficientul de variație maxim admis, cu valoare de 10 %, conform STAS 2682-83 "Lemn. Luarea probelor și debitarea epruvetelor pentru încercări fizico-mecanice", coeficient verificat în cadrul cercetărilor experimentale efectuate.

Valorile caracteristice ale masei volumice s-au determinat aplicând funcția de distribuție normală și s-au calculat cu expresiile

$$\rho_{0,05} = m_p (1 - 1,645V_p)$$

$$\rho_{0,95} = m_p (1 + 1,645V_p) \quad (\mathbf{c.2.1.})$$

Din analiza efectuată în studiul de cercetare a rezultat că diferențele între valorile caracteristice ale masei volumice stabilite prin cele trei tipuri de distribuții analizate (normală, lognormală și Weibull) sunt sub 2%.

Variația masei volumice a lemnului influențează și proprietățile mecanice ale acestuia. Astfel, în cazul scăderii masei volumice caracteristice $\rho_{0,95}$, pentru rășinoase de la 500 la 400 kg/m³ rezistența la compresiune se reduce cu aproximativ 30 %. Din această cauză, în practică se limitează folosirea lemnului care are $\rho_{0,05}$ sub 400 kg/m³ pentru realizarea elementelor de rezistență.

C.2.3.1. Rezistențele caracteristice ale lemnului natural

Rezistențele caracteristice ale lemnului natural s-au determinat pe baza rezistențelor caracteristice ale lemnului ideal (tab. C.2.1.) stabilite în lucrarea /34/, corectate cu coeficienți care introduc influența defectelor.

Tabelul C.2.1.*Rezistențele caracteristice ale lemnului ideal (N/mm²)*

Nr. crt.	Natura solicitării	Molid, brad, larice, pin	Plop	Stejar, gorun, cer, salcâm	Fag, mesteacăn, frasin, carpen
1	Încovoiere statică	48,0	40,0	80,0	90,0
2	Întindere în lungul fibrelor	48,0	70,0	75,0	93,0
3	Compresiune în lungul fibrelor	25,0	23,0	33,0	40,0

La stabilirea rezistențelor caracteristice (normate) pentru lemnul ideal (fără defecte) s-au luat în calcul:

- mediile rezistențelor pe țară, pentru diferite solicitări și specii de material lemnos, determinate în cadrul lucrării /34/;

- coeficienții de variație maximi admiși cu valori de 11 % pentru solicitarea de forfecare în plan normal pe direcția fibrelor, 13 % pentru solicitarea de compresiune paralelă cu fibrele, 15% pentru solicitarea de încovoiere statică și 20% pentru solicitările de întindere în lungul fibrelor, compresiune în plan normal pe direcția fibrelor și forfecare în lungul fibrelor, conform STAS 2682-83 „Lemn. Luarea probelor și debitarea epruvetelor pentru încercări fizico-mecanice”, coeficienți verificați în cadrul cercetărilor experimentale efectuate în lucrarea /34/.

Nr. crt.	Natura solicitării	Molid, brad, larice, pin	Plop	Stejar, gorun, cer, salcâm	Fag, mesteacăn, frasin, carpen
4	Compresiune în plan normal pe direcția fibrelor	4,1	4,0	13,0	14,0
5	Forfecare în lungul fibrelor	3,8	3,4	8,0	6,2
6	Forfecare în plan normal pe direcția fibrelor	15,0	13,0	30,0	20,0

Valorile rezistențelor caracteristice ale lemnului ideal (fără defecte) s-au determinat aplicând funcția de distribuție normală și s-au calculat cu relația:

$$R_{0,05} = m_R(1 - 1,645 \cdot V_r) \quad (\text{C.2.2.})$$

Din analiza efectuată în studiul /34/ a rezultat că diferențele între valorile caracteristice ale rezistențelor la diferite solicitări itabilite cu cele trei tipuri de distribuții analizate (normală, longnormală, Weibull) sunt sub 2 %.

Coeficienții care introduc influența defectelor s-au luat în considerare cu valorile:

- 0,3 - pentru solicitarea de întindere în lungul fibrelor;
- 0,5 - pentru solicitarea de încovoiere statică;
- 0,6 - pentru solicitarea de compresiune în lungul fibrelor;
- 0,8 - pentru solicitările de compresiune în plan normal pe direcția fibrelor, forfecare în lungul fibrelor și forfecare în plan normal pe direcția fibrelor.

Acești coeficienți s-au aplicat rezistențelor caracteristice ale lemnului ideal date în tabelul C.2.1., stabilindu-se rezistențele caracteristice pentru lemnul natural din clasa I.

Pentru lemnul din clasa II și III, reducerile rezistențele mecanice față de cele ale lemnului din clasa I sunt cu 10...40%, respectiv 60...70 %, în funcție de solicitări.

Coeficienții condițiilor de lucru care introduc influența defectelor aplicați în cadrul acestei norme se încadrează în valorile date în literatura de specialitate și în valorile obținute la cercetările efectuate în țară. Astfel:

- Prezența nodurilor influențează rezistența la întindere a lemnului natural în funcție de poziția și dimensiunile lor (tab. C.2.2.).

- Fibra torsă, la care direcția fibrelor nu coincide cu direcția forței micșorează rezistența din cauza apariției unei componente perpendiculare pe direcția fibrelor, de aceea, cu cât fibra torsă este mai înclinată, cu atât rezistența elementelor din lemn natural este mai redusă (fig. C.2.1.) / 15/.

- Influența defectelor principale - a nodurilor și a fibrei torse - la încovoiere este foarte mare, în special în cazul prezenței lor în zona întinsă. Experimentările arată că, pentru cea mai periculoasă poziție a nodurilor - la muchie, în zona întinsă - și pentru mărimea lor de 1/3 din latura secțiunii elementului, rezistența la rupere este 0,50...0,45 din rezistenții lemnului ideal.

- Influența defectelor - a nodurilor și a slăbirilor locale - este mai redusă la compresiune decât la întindere, datorită comportării mai plastice la compresiune, care contribuie la uniformizarea supraîncărcărilor locale. Experiența arată că, în cazul mărimii nodurilor de 1/3 din latura secțiunii elementului, rezistența la compresiune este 0,6...0,7 din rezistența epruve-telor fără noduri, cu aceleași dimensiuni.

- în norma ASTM D 245/86 reducerea rezistenței lemnului la încovoiere statică în cazul prezenței nodurilor pe față tensionată este 15...55% pentru valori $d/h = 0,15...0,50$ (d - diametrul nodului și h - dimensiunea piesei).

- Reducerile rezistenței de rupere la încovoiere statică în cazul prezenței nodurilor variază în funcție de:

- poziția nodurilor în secțiunea transversală a elementelor, cu valori mult sporite (până la 40 %) în cazul în care nodurile sunt amplasate în zona tensionată a elementelor, față de cazul în care sunt amplasate în zona comprimată;

- poziția nodurilor pe lungimea elementului, stabilindu-se că prezența nodurilor în zona centrală a elementelor conduce la reduceri cu peste 30 % mai mari decât în cazurile în care nodurile sunt amplasate în zona marginală a elementului încovoiat;

- raportul dintre diametrul nodului și dimensiunea piesei, cu reduceri de 3...35 % când $d/h = 10...20$ % și 40...55 % când $d/h = 90$ %.

- în cazul prezenței fibrelor înclinate, proprietățile mecanice sunt puțin modificate pentru o înclinare a fibrei de până la 9 %, valorile fiind apropiate de cele ale probelor martor; când înclinarea fibrei depășește 9 %, rezistențele la încovoiere statică și la compresiune paralelă cu fibrele scad cu 6...32 % în funcție de specie și de solicitare.

C.2.3.2. Rezistențele caracteristice ale lemnului rotund

Majorarea rezistențelor caracteristice ale lemnului natural rotund se datorează faptului că la experimentări s-au obținut rezultate mai bune, raportul dintre rezistența de rupere a

elementelor cu defecte și rezistența de rupere a epruvetelor din lemn ideal (fără defecte) variind între 0,6 și 0,8. Influența defectelor la lemnul rotund, în cazul în care elementele sunt supuse la încovoiere sau la compresiune, este în general mai redusă decât la piesele ecarisate, deoarece la lemnul rotund lipsesc ieșirile pe muchii ale fibrelor tăiate în timpul debitării și desprinderile de fibre tăiate din fibra torsă în apropierea nodurilor, care se observă la elementele din lemn ecarisate.

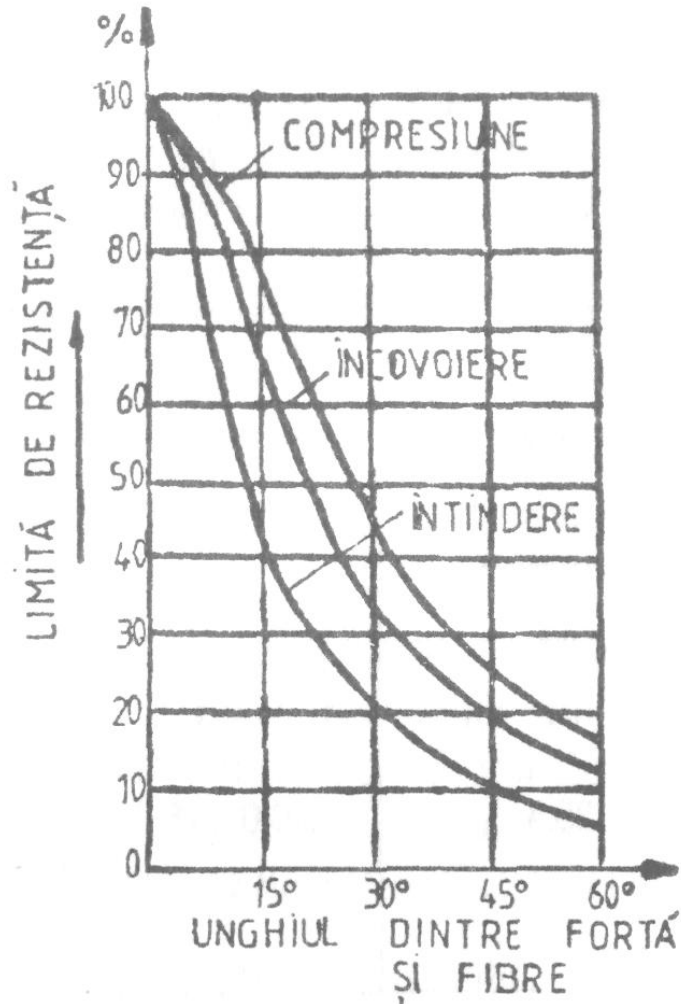


Fig. C.2.1. Influența fibrei torse asupra rezistenței lemnului /15/

Poziția și dimensiunile nodurilor	Rezistențele medii de rupere (N/mm ²)	Rezistențele maxime de rupere (N/mm ²)	Raportul dintre rezistența de rupere a epruvetelor mari și rezistența de rupere a epruvetelor standardizate
Noduri grupate pe muchie, cu ieșire pe lat (până la $b/3$)	8,5	10,0...7,0	0,09

C.2.3.3. Valorile modului de elasticitate

Valorile modului de elasticitate paralel cu direcția fibrelor E^{\parallel} , la limita de proporționalitate, sunt definite în prezenta normă ca valori medii ale acestei caracteristici mecanice, obținute prin prelucrarea statistică a datelor experimentale prezentate în lucrările /8/, /19/ și /34/.

Valorile caracteristice ale modului de elasticitate paralel cu direcția fibrelor $E^{\parallel}_{0,05}$ s-au stabilit în cadrul lucrărilor /8/ și /34/ pe baza:

- mediei valorilor pe țară pentru diferite specii de material lemnos, E^{\parallel} ;
- coeficienților de variație, cu valori între 8... 13 %, stabiliți în cadrul lucrării /8/.

Aceste valori s-au determinat aplicând funcția de distribuții normală și s-au calculat cu expresia:

$$E^{\parallel}_{0,05} = E^{\parallel} (1 - 1,645V_E) \quad (\text{C.2.3.})$$

S-a apreciat că valoarea de 20 % a coeficientului de variații maxim admis în STAS 2683-82 „Lemn. Luarea probelor și debit; i rea epruvetelor pentru încercări fizico-mecanice” este prea mare, neatingându-se la diferite serii de experimentări efectuate în țara noastră de-a lungul anilor.

Valorile caracteristice ale modului de elasticitate transversal $G_{0,05}$ s-au stabilit pe baza datelor din lucrarea /19/, considerate ui valori medii și aplicând aceeași relație de calcul.

C.2.4.1. Rezistențele de calcul ale lemnului natural

Abordarea rezistențelor de calcul sub forma relației (2.4.1.) s-a făcut conform Eurocode nr. 5 „Design of Timber Structures” și a normei canadiene CAN/CSA 086.1-M 91 „Engineering Design in Wood (Limit States Design)”.

În Eurocode 5 rezistențele de proiectare ale materialului, X_d , sunt definite astfel:

$$X_d = k_{\text{mod}} X_k / \gamma_M \quad (\text{C2.4.})$$

unde:

k_{mod} - este factorul de modificare a rezistențelor materialului în funcție de durata de acțiune a încărcărilor și de umiditatea de echilibru a materialului lemnos;

X_k - rezistențele caracteristice ale diverselor specii de material lemnos;

γ_M - factorul parțial de siguranță pentru diferitele proprietăți mecanice ale materialului, cu valori supraunitare (1,0...1,3).

În norma canadiană, relația de calcul pentru determinarea rezistențelor de proiectare ale diferitelor specii de lemn la diverse solicitări este similară cu observația că factorul de

rezistență f este introdus explicit în relația de stabilire a capacității de rezistență și are valori subunitare (0,8...0,9), iar valorile coeficienților m_u și m_d apar separat explicitate, așa cum s-au introdus și în prezenta normă.

C.2.4.2. Coeficienți ai condițiilor de lucru m_{ui}

Valorile coeficienților condițiilor de lucru m_{ui} , care introduc în calcul influența umidității de echilibru a materialului lemnos asupra practeristicilor mecanice s-au stabilit luând în considerație specificațiile din următoarele norme și referințe bibliografice:

a) în norma canadiană CAN/CSA-086.1-M 91 „Engineering Design in Wood (Limit States Design)” factorul de exploatare k_s , având semnificația coeficientului m_{ui} din prezenta normă, pentru lemn masiv, în funcție de solicitări, are valorile:

- 1,00, dacă este utilizat în mediu uscat;
- 0,67...0,94, dacă este utilizat în mediu umed și dimensiunea piesei este mai mică de 89 mm;

- 0,67...1,00, dacă este utilizat în mediu umed și dimensiunea pieselor depășește 89 mm.

b) în Eurocode 5 coeficientul care introduce influența umidității de echilibru a materialului lemnos asupra caracteristicilor mecanice este inclus în coeficientul global k_{mod} cu valori 0,60...1,10 pentru clasele 1 și 2 de serviciu, și valori 0,50...0,90 pentru clasa 3 de serviciu, în funcție de durata de acțiune a încărcărilor.

c) în lucrările /15/ și /19/ relația de recurență între rezistența lemnului la o umiditate oarecare σ_u și cea la umiditatea standardizată de 12% (σ_{12}) este:

$$\sigma_{12} = \sigma_u [1 - c(u-12)] \quad (\text{C.2.5.})$$

în care:

u - umiditatea materialului lemnos;
 c - coeficientul de corecție a rezistenței pentru 1 % diferența de umiditate cu valorile:
- 0,04 pentru solicitarea de încovoiere statică;
- 0,03 pentru solicitarea de forfecare în lungul fibrelor;
- 0,05 pentru solicitarea de compresiune în lungul fibrelor la lemn de pin și larice, și 0,04 pentru molid, brad și stejar.

C.2.4.3. Coeficienți ai condițiilor de lucru m_{di}

Încărcările s-au încadrat în clase de durată în conformitate cu standardele de acțiuni din România, luând în considerare și indicațiile din Eurocode 1 și 5 și din norma canadiană CAN/CSA 086.1-M 8M astfel:

- **încărcări permanente**, ce se aplică în mod continuu, cu o intensitate practic constantă în raport cu timpul, cu durata de acționare asupra elementelor de construcție între 10 și 50 de ani (la limită pe întreaga durată de viață a construcției);

- **încărcări de lungă durată**, cu durata cumulată de acționare asupra elementelor de construcție între 7 zile și 10 ani (de exemplu, încărcarea din zăpadă, din vânt, din încărcări utile);

- **încărcări de scurtă durată**, ce acționează asupra elementelor de construcție mai puțin de 7 zile consecutive sau cumulate pe durata de viață a construcției (de exemplu, încărcări din vânt sau zăpadă cu intensități de vârf, din seisme, șocuri etc).

Intensitățile încărcărilor considerate în prezenta clasificare se vor corela cu stările limită și grupările de încărcări la care se face verificarea.

Valorile coeficienților de durată m_{di} , care reprezintă raportul dintre rezistența de durată și rezistența la solicitare instantanee s-au stabilit calculându-se pe baza ecuației curbei logaritmice:

$$m_d = R_a / m_{Ri}$$

$$R_d = a \lg t + b \quad (\text{C.2.6.})$$

în care:

R_d - rezistența teoretică de durată, stabilită ca asimptotă a curbei logaritmice, luând în considerare durata de funcționare a construcției din lemn - 50 de ani;

m_{Ri} - media rezistențelor la rupere instantanee;

t - timpul ;

a și b - coeficienți care depind de material, specie și solicitare.

Comparații cu date din normele tehnice europene, americane și uinadiene, precum și cu cele din referințele bibliografice, în ceea ce privește valorile coeficientului de durată m_{di} relevă că:

a) în norma canadiană valorile coeficienților de durată k_d sunt:

- 0,65 pentru acțiuni cu durată continuă (permanente);

- 1,00 pentru acțiuni cu durată normală (standard);

- 1,15 pentru acțiuni de scurtă durată.

În cazul unei combinații de încărcări, în respectiva normă valoarea coeficientului de durată se calculează cu relația:

$$k_d = 1,0 - 0,5 \cdot \log[(D + L)/L] > 0,65 \quad (\text{C.2.7.})$$

în care:

D - încărcările permanente, cvasipermanente și cele din precomprimare;

L - încărcările de exploatare; încărcări date de zăpadă gheață; împingerea pământului; presiunea hidrostatică componentele orizontale ale încărcărilor statice.

b) în Eurocode 5, coeficientul ce introduce influența încărcărilor asupra caracteristicilor mecanice ale materialului lemnos este k_{mod} , care ia în considerare și influența umidității, cu valori 0,60...1,10 pentru clasele 1 și 2 de serviciu și valori 0,50...0,90 pentru clasa 3 de serviciu, în funcție de durata de acțiune a încărcărilor, care sunt grupate în:

- permanente, care acționează mai mult de 10 ani;

- de lungă durată, care acționează între 6 luni și 10 ani;

- de durată medie, care acționează între o săptămână și 6 luni;

- de scurtă durată, care acționează mai puțin de o săptămână;

- instantanee.

c) cercetările efectuate de C. C. Gerhards și C. L. Link privind efectul vitezei de aplicare a încărcării asupra rezistenței la încovoiere statică pentru două sortimente din lemn de brad pentru construcții, prin intermediul unui model ce merge până la rupere, stabilind efectele încărcării de durată, arată o dependență liniară a mediei rezistenței cu logaritmul vitezei de încărcare. Rezultatele prelucrate în urma experimentării a 250 de elemente solicitate la încovoiere statică cu 3 viteze diferite de încărcare au condus la ecuația generală:

$$SL = -a \ln T_c + b \quad (\text{C.2.8})$$

și la ecuațiile particulare pentru cele două specii de brad analizate:

$$SL = -2,0 \ln t + 95,0$$

$$SL = -1,46 \ln t + 94,9 \quad (\text{C.2.9})$$

în care:

SL (stress level) reprezintă nivelul forței de rupere pentru încărcarea de durată, în procente, față de forța aplicată standardizat (cu viteza de cod);

t - timpul în minute.

Pentru durata de 50 de ani, normată pentru construcțiile din lemn, aplicând relațiile (C.2.9.) se obține $SL = 60,6...69,9$ %, valori comparabile cu rezultatele obținute în urma experimentărilor prezentate în lucrarea /8/, care au fost preluate în prezenta normă ($m_{di} = 0,56...0,64$).

d) prof. dr. F. Ronai, în studiul privind influența duratei de încărcare asupra unor proprietăți mecanice ale lemnului de construcții indică ca durată normată 50 de ani pentru construcțiile din lemn, peste H castă limită rezistența de rupere la încovoiere statică rămâne practic constantă. Pentru stabilirea rezistenței de durată la solicitarea de încovoiere statică se indică o ecuație logaritmică similară celei din prezenta normă:

$$R_t = -b \log t + a \quad (\text{C.2.10.})$$

în care:

$a = R_0$ pentru $t = 0,1h$;

R_0 - rezistența de rupere la încovoiere statică la solicitări rapide;

a și b - coeficienți ce depind de specia de material lemnos.

C.2.4.4. Coeficienți parțiali de siguranță

Valorile coeficienților parțiali de siguranță au fost stabilite pe baza testărilor numerice efectuate.

În normele străine acești coeficienți sunt definiți astfel:

a) în norma canadiană CAN/CSA 086.1-M 91 coeficienții parțiali de siguranță f , care afectează capacitatea de rezistență a elementului din lemn sunt dispuși în relația de calcul la numărătoai având următoarele valori pentru lemn masiv:

- 0,9 - pentru solicitările de încovoiere, de lunecare, de compresiune oblică și de întindere în lungul fibrelor;

- 0,8 - pentru solicitările de compresiune în lungul fibrelor și de compresiune perpendicular pe direcția fibrelor.

b) în Eurocode 5, coeficienții parțiali de siguranță g_M intervin în relația de stabilire a capacității de rezistență, la numitor, ca și în prezenta normă, și au valorile:

• pentru stările limită ultime:

- în cazul combinațiilor fundamentale de încărcări - 1,3;

- în cazul combinațiilor accidentale de încărcări - 1,00.

• pentru stările limită ale exploatarii normale - 1,00.

C.4.1. Relații generale pentru calculul capacității de rezistență a barelor din lemn

Relația generală de determinare a capacității de rezistență a barelor simple din lemn la diferite solicitări (4.1) este similară celei prevăzute în normele canadiene și americane /6/, /36/, cu deosebiri în ceea ce privește stabilirea rezistențelor de calcul (v. paragraful 2.4 și comentariu), astfel:

a) în CAN/CSA 086.1 M - 91 „Engineering Design in Wood (Limit States Design)” relația generală de stabilire a capacității de rezistență a barelor la solicitarea i este dată sub forma:

$$F_i = f R_i S_i k_z k_L k_N k_c \quad (\text{C.4.1.})$$

în care:

f - factorul parțial de siguranță, cu valori subunitare;

$R_i = r_i k_d k_H k_s k_r$ - rezistența de calcul la solicitarea i ;

S_i - caracteristica secțională;

k_z - coeficient de influență al dimensiunilor;

k_N - coeficient ce ține cont de slăbiri;

k_c - coeficient de flambaj, în cazul barelor comprimate;

r_i - rezistența caracteristică a lemnului de diferite specii și clase de calitate, la solicitarea

i ;

k_d - coeficient de durată;

k_H - coeficient de repartizare a încărcărilor, în cazul elementelor compuse;

k_s - coeficientul condițiilor de exploatare;

k_t - coeficient de tratare.

b) în norma americană „Uniform Building Code/1991 - cap. Wood” relațiile generale de calcul sunt similare, variind în limite înhise coeficienții și mărimile rezistențelor caracteristice.

c) în Eurocode 5 relațiile de verificare sunt date sub forma:

$$s_i < f_i \quad (\text{C.4.2.})$$

în care:

s_i - efortul unitar efectiv la solicitarea i ;

f_i - rezistența caracteristică la solicitarea i .

C.4.3.3. Coeficientul de flambaj φ_c

Relația de calcul (4.5) a coeficientului de flambaj introdusă în norma revizuită este similară cu cea din norma actuală și corespunde cu prevederile din normele pentru calculul celorlalte materiale de construcție (de exemplu metalul).

C.4.5. Bare solicitate la strivire oblică

Relația (4.8) rezultă din compunerea geometrică a eforturilor unitare de compresiune paralel cu fibrele și perpendicular pe fibre, în zona de comportare elastică a materialului.

C.4.7.1. Capacitatea de rezistență a barelor solicitate la încovoiere

În mod curent, calculul elementelor solicitate la încovoiere se bazează pe o serie de ipoteze simplificatoare, admițându-se că si poate aplica legea lui Hooke și că lemnul are aceeași caracteristică de elasticitate la încovoiere, ca și în cazul solicitării de întindere sau de compresiune. Cercetările experimentale mai recente arată însă că distribuția eforturilor unitare normale pe secțiunea elementului încovoiat poate fi considerată liniară numai în faza inițială a încărcării, poziția axei neutre coincidând cu centrul de greutate al secțiunii, iar deformațiile liniare specifice din zona comprimată (e_c) fiind aproximativ egale cu cele din zona întinsă (e_t) (fig. C.4.2.a). Pe măsură ce solicitarea crește, axa neutră începe să se deplaseze spre zona întinsă, ajungând la stadiul de rupere la valorile $h_1 = (0,53...0,55) h$, alura diagramei eforturilor unitare normale în zona comprimată fiind curbilinie, iar raportul dintre deformațiile liniare specifice de compresiune și de întindere se reduce până la 0,75...0,80 la trepte de încărcare ce preced ruperea elementului (fig. C.4.2.b).

Ruperea elementelor din lemn supuse la încovoiere începe în mod obișnuit cu fibrele extreme din zona comprimată, unde se formează ondulații (care se explică prin apariția deformațiilor plastice în această zonă) ce se extind spre interiorul secțiunii, determinând astfel deplasarea axei neutre spre zona întinsă și se termină prin ruperea fibrelor din zona întinsă.

În prezenta normă s-a considerat că elementele încovoiate lucrează în domeniul elastic.

În cazul unor elemente cu deschideri foarte mari, utilizate la construcții de importanță deosebită trebuie să se considere că distribuția eforturilor unitare normale pe secțiune se realizează conform teoriei mecanicii sistemelor elasto-vâsco-plastice, după o funcție exponențială în zona comprimată și după una liniară în zona întinsă (fig. C.4.2.):

$$\sigma_{ci} = A(1 - e^{-Bz})$$

$$\sigma_{ti} = ABz. \quad (\text{C.4.3.})$$

Parametrii A și B sunt determinați din condiția de egalitate a eforturilor rezultate din zona comprimată și întinsă, respectiv a momentului exterior cu cuplul eforturilor unitare normale.

În aceste condiții, eforturile unitare normale în fibrele extreme se pot stabili cu expresiile:

$$\sigma_{ci} = kM/W$$

$$\sigma_{ti} = k_t M/W \quad (\text{C.4.4.})$$

k_c și k_t - coeficienți de corecție ce depind de poziția axei neutre. Adoptând pentru poziția axei neutre valoarea determinată perimental $h_1 = 0,53 h$, se obțin $k_c = 0,95$ și $k_t = 1,10$.

La calculul elementelor menționate se va introduce un coeficient al condițiilor de lucru, care ține cont de comportarea în domeniul post-elastic a materialului lemnos.

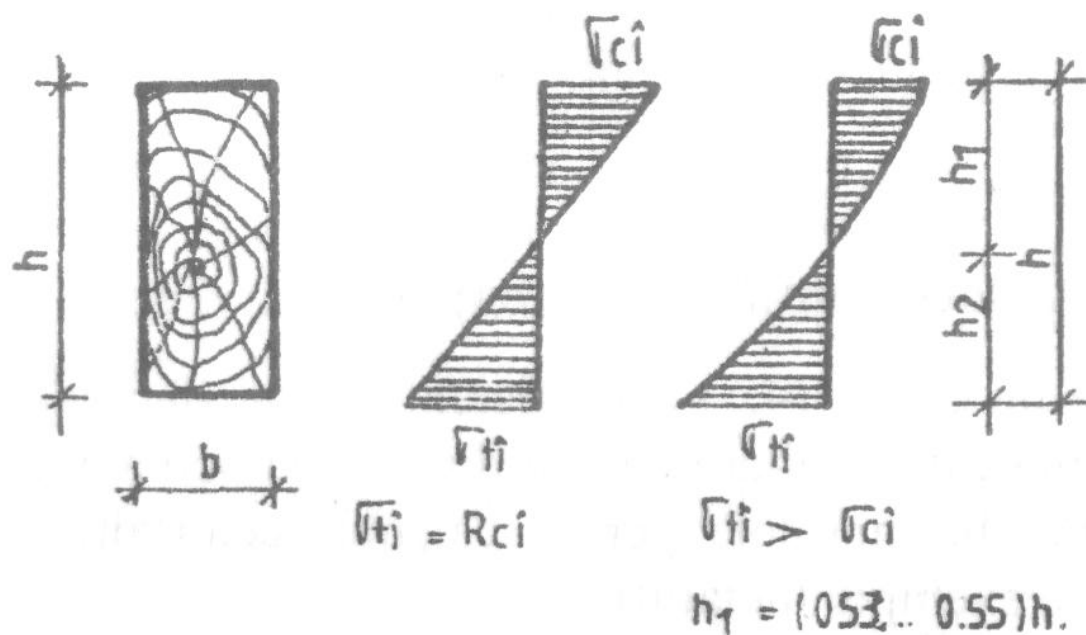


Fig. C.4.2. Comportarea lemnului la încovoiere statică în stadiul elastic (a) și în stadiul plastic (b)

C.4.7.2. Verificarea grinzilor încovoiate la forfecare

Necesitatea verificării la forfecare apare numai la grinzile foarte itiirte, a căror deschidere nu depășește de cinci ori înălțimea. O excepție o constituie cazurile amplasării unor sarcini concentrate mari în npropierea reazemului, când la momente încovoietoare relativ mici apar eforturi de forfecare mari.

C.4.8. Bare solicitate la încovoiere oblică

La solicitarea de încovoiere oblică, în domeniul de comportare elastică a materialului, eforturile finale rezultă din însumarea algebrică a eforturilor unitare, stabilite în raport cu cele două axe centrale principale de inerție ale elementului, $x-x$ și $y-y$, luând în calcul proiecțiile încărcării pe aceste axe (v. fig. 4.5).

C.4.9. Bare solicitate la întindere și încovoiere (întindere excentrică)

La calculul barelor simple din lemn solicitate la întindea excentrică nu se ține seama de efectul favorabil al solicitării de întindere asupra deformației din încovoiere a barelor. Pentru zona de comportare elastică a materialului, eforturile finale rezultă din însumarea algebrică a eforturilor unitare normale rezultate din soliei terea de întindere, respectiv încovoiere (fig. C.4.3). Prin aplicarc.i relației (4.19) se iau în considerare rezistențele de calcul diferite alt materialului la cele două solicitări (întindere, respectiv încovoiere).

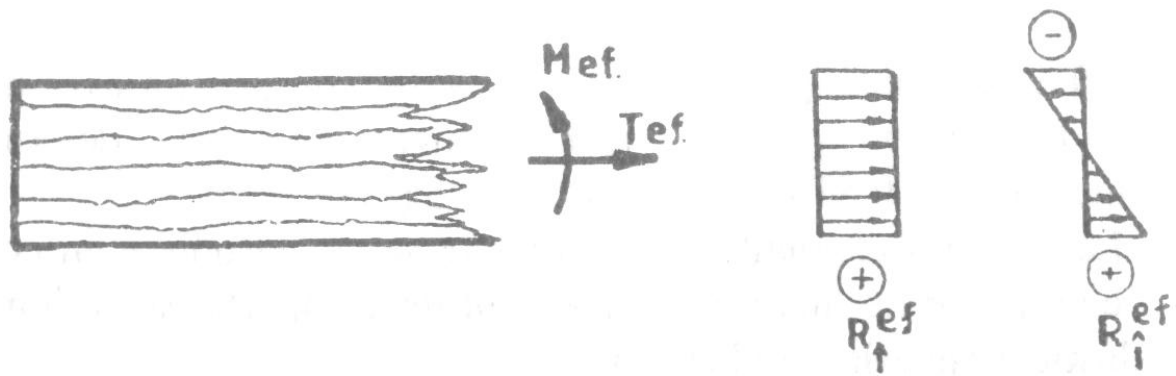


Fig. C.4.3. Bară solicitată la întindere excentrică

C. 6. 2. Condițiile pe care trebuie să le îndeplinească îmbinările

La îmbinarea din figura C.6.1, a o parte din efort se transmite prin chertare (îmbinare păsuită), cealaltă prin buloane (îmbinare nepăsuită); îmbinarea este defectuoasă întrucât deformațiile celor două mijloace de îmbinare sunt diferite - începe să lucreze îmbinarea mai rigidă (chertarea), până aproape de rupere și apoi intră în lucru îmbinarea mai puțin rigidă (buloanele). În acest caz corect este ca tot efortul să se transmită prin chertare (fig. C.6.1, b) sau prin buloane (fig. C.6.1,c).

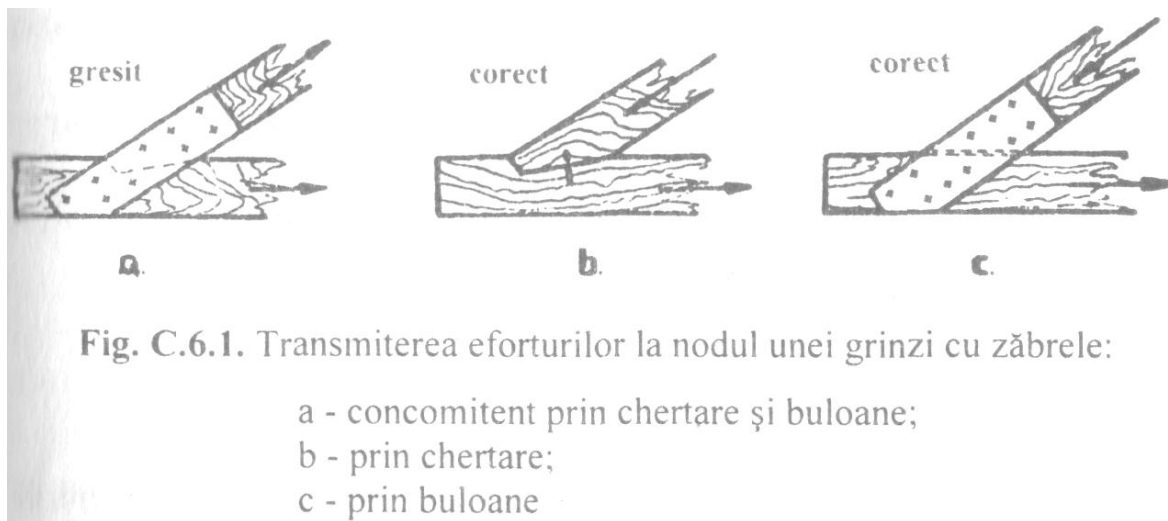


Fig. C.6.1. Transmiterea eforturilor la nodul unei grinzi cu zăbrele:

- a - concomitent prin chertare și buloane;
- b - prin chertare;
- c - prin buloane

C.6.3.4.1. Date constructive la îmbinări prin chertare amplasate sub unghiul α

Modul de lucru sau capacitatea de rezistență a unei îmbinări prin chertare frontală depinde în foarte mare măsură de forma tăieturii pragului.

În cazul cherlării ortogonale (fig. C.6.2, a) pragul fiind tăiat perpendicular pe direcția forței de compresiune N_c , forța de strivire N_s este lărgită cu cea de compresiune. Componenta verticală ($V = N_c \sin \alpha$) exercită o apăsare asupra pragului în zona eforturilor maxime de forfecare, influențând favorabil comportarea pragului la forfecare, determinată de componenta orizontală.

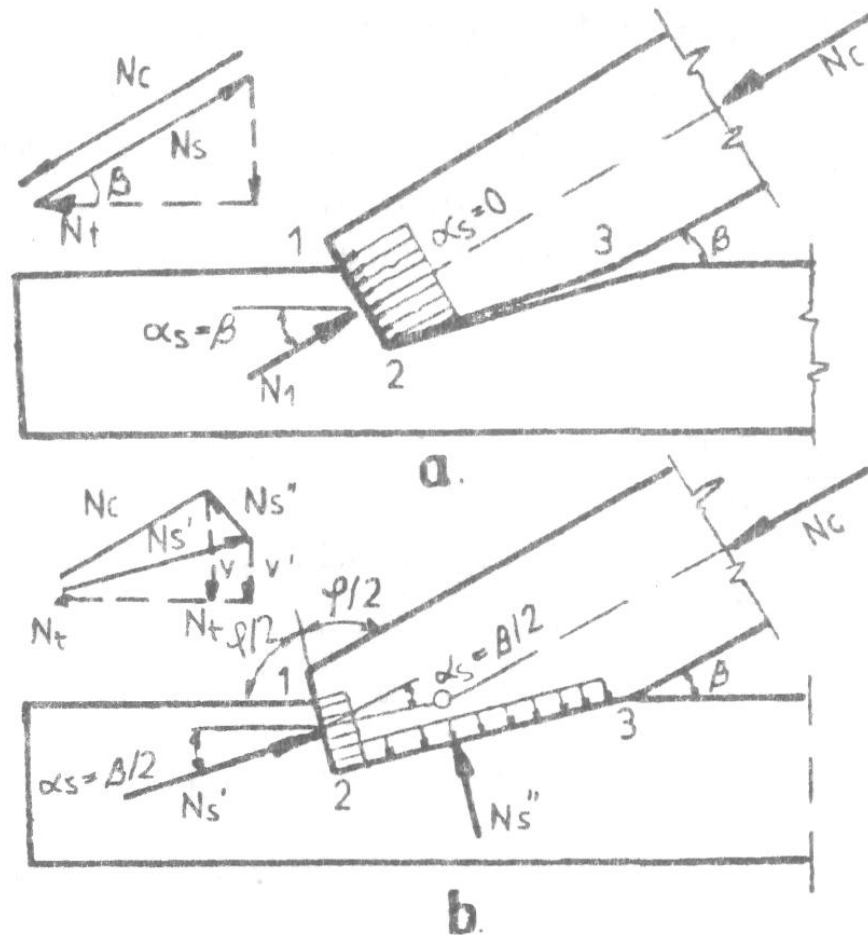


Fig. C.6.2. Scheme privind transmiterea eforturilor la îmbinările prin chertare frontală cu prag simplu:

a – ortogonală;

b – după bisectoare

În cazul îmbinării cu tăietura pragului după bisectoare (fig C.6.2, b) forța de compresiune N_c se descompune în componentele N_c' și N_c'' , respectiv N_v' și N_v'' corespunzătoare celor două suprafețe de strivire (1-2 și 2-3). Strivirea N_s care face unghiuri egale cu fibrele celor două elemente, adică cele două elemente (talpa superioară și inferioară) lucrează cu rezistențe egale la strivire. Descompunând pe N_s' într-o componentă orizontală N_t' și una verticală V' , se observă că în acest caz N_t' este mai mare decât N_t iar $V' < V$. Rezultă că o îmbinare cu tăietura pragului după bisectoare este solicitată întotdeauna na mai favorabil la forfecare decât o îmbinare cu chertare ortogonală datorită forței de forfecare N_t' mai mari, și a forței de apăsare V' mai mici /18/.

C.6.3.4.2. Calculul îmbinărilor prin chertare frontală

Unghiul α din relația (6.2) este unghiul pe care îl face pragul cu direcția fibrelor elementului care se strivește. Valoarea acestui unghi este egală cu valoarea unghiului a la praguri tăiate ortogonal pe axa piesei comprimate (vezi fig. C.6.4, a, c și ti la pragul al doilea) și egală cu valoarea unghiului $b/2$ la praguri tăiate după bisectoarea unghiului exterior al pieselor.

La stabilirea adâncimii pragurilor de chertare se vor respecta condițiile constructive specificate în paragraful 6.3.4.1.

Coeficientul 0,7 din relația (6.7) introduce în calcul posibilitatea supraîncărcării primului prag.

C.6.4.1.2. Calculul îmbinărilor cu pene prismatice din lemn

În calcul, pentru o siguranță sporită, se consideră că bulonul de strângere este dispus la marginea penei.

C.6.4.2.2. Calculul îmbinărilor cu pene metalice inelare

În îmbinările cu pene metalice inelare, transmiterea efortului se face prin solicitarea lemnului la strivire, respectiv la forfecare, ca și în cazul îmbinărilor cu pene din lemn. Eforturile unitare de strivire apar radial, având valori maxime pe diametrul paralel cu direcția efortului transmis și valoarea zero pe direcția diametrului perpendicular pe această direcție (fig. C.6.3).

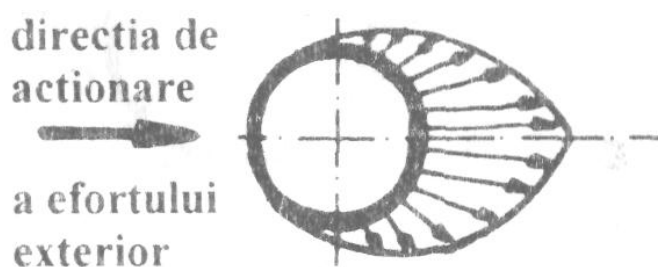


Fig. C.6.3. Distribuția eforturilor unitare normale de strivire pe o pană inelară

Rezultă că strivirea lemnului se produce pe semilungimea cercului interior al penei inelare, cu valori variabile ale efortului unitar de strivire ($O \dots \max.$). În calcul se admite ipoteza distribuției uniforme a eforturilor pe diametrul interior al penei.

Existența tăieturii după generatoare asigură posibilitatea de modificare a formei inițiale a inelului metalic și intrarea în acțiune a ambelor jumătăți ale acestuia (fig. C.6.4).

La forfecare se consideră că lucrează porțiunea din lemn din interiorul inelului metalic. Comportarea la forfecare este influențată de natura efortului din îmbinare; la eforturi de compresiune, diagrama de distribuție a eforturilor unitare pe planul de forfecare este mai uniformă, întrucât scurgerea eforturilor se face din două sensuri, deci comportarea este mai favorabilă, spre deosebire de îmbinările la care se transmit eforturi de tensiune, unde distribuția eforturilor unitare de forfecare este neuniformă (fig. C.6.4, b), deci comportarea este mai defavorabilă.

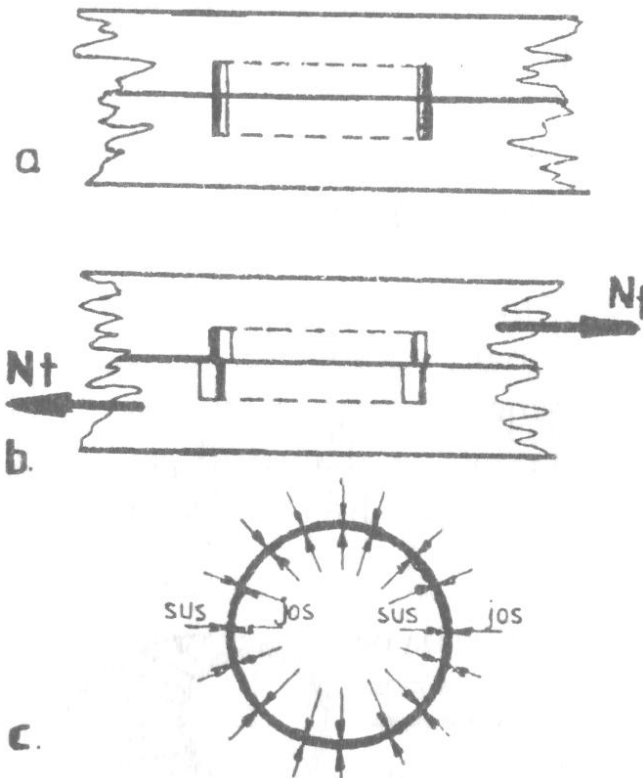


Fig. C.6.4. Comportarea la strivire a unei pene inelare netede reglabile:

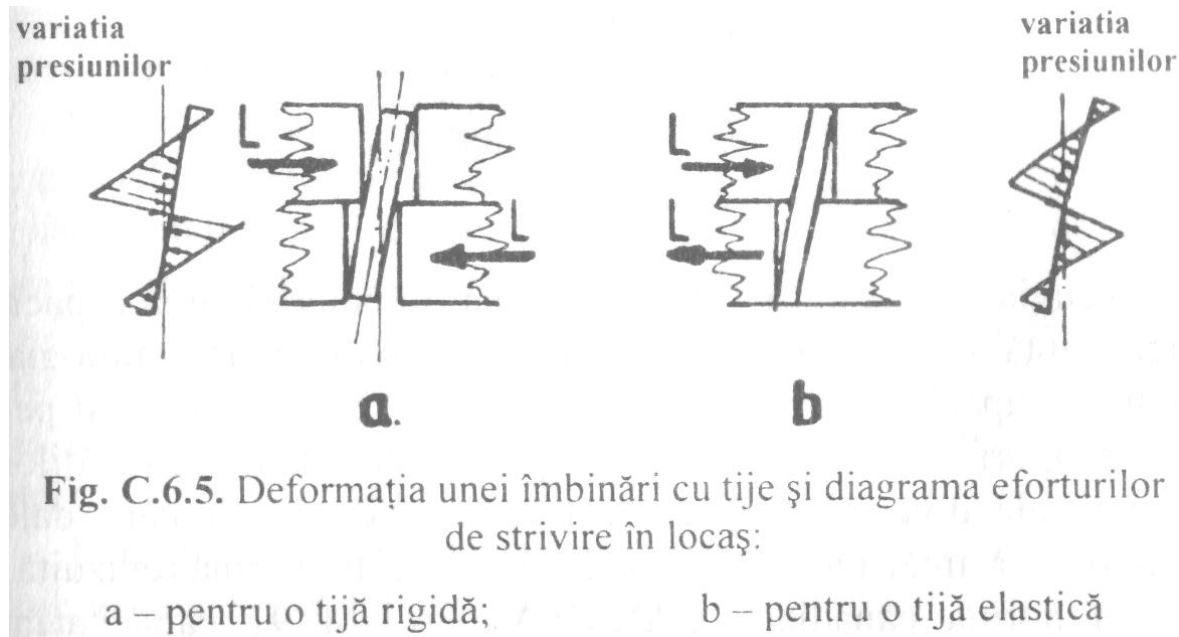
- a - poziția penei înainte de încărcarea grinzii;
- b - poziția deformată a penei după încărcarea grinzii;
- c - distribuția eforturilor unitare de strivire pe pană.

C.6.5.1.3. Clasificarea îmbinărilor cu tije

Noțiunea de secțiune de forfecare este convențională deoarece nu se poate produce forfecarea tijelor metalice: ruperea efectivă a îmbinării cu tije se produce, de obicei, nu ca rezultat al forfecării directe a tijei de către elementul din lemn, ci ca rezultat al unor solicitări complexe: încovoierea tijei, strivirea neuniformă a lemnului elementelor îmbinate (sau a tijei dacă este executată din lemn) și forfecarea sau despicarea elementelor îmbinate.

C.6.5.4. Capacitatea de rezistență a îmbinărilor cu tije

În îmbinările cu tije cilindrice elastice, sub influența forțelor ture tind să deplaseze piesele asamblate, apar eforturi de strivire atât în piesele asamblate, cât și în tijă. care se rotește puțin și se încovoiaie (fig. C.6.5, b). În aceste tipuri de îmbinări nu apar eforturi de forfecare a tijei datorită rezistenței sporite a metalului la acest efort (se produce strivirea lemnului) și nici rotiri mari ale tijei în îmbinare datorită eforturilor de strângere care acționează între tija și elementele îmbinate.



Calculul îmbinărilor cu tije cilindrice presupune verificarea rezistențelor atât a tijelor (la încovoiere dacă sunt confecționate din oțel, sau la încovoiere și strivire normal pe fibre dacă sunt din lemn) cât și a lemnului elementelor îmbinate la eforturi de striviri forfecare, despicare și rupere în secțiunea cea mai slăbită.

Evitarea forfecării și despicării lemnului între tije se realizează prin respectarea distanțelor minime între tije și între tije și marginile pieselor îmbinate (conform paragrafului 6.5.3.3.).

Pentru calculul îmbinărilor cu tije se utilizează o serie de metode de aproximative la baza cărora stau diverse ipoteze simplificatoare care conduc la relații ușor aplicabile în calculele practice, se admiii că:

- eforturile de strivire, în sens transversal pe axa tijeii, sunt distribuite uniform pe o suprafață diametrală și nu distribuia neuniform pe suprafața cilindrică (cum sunt în realitate);
- eforturile de strivire sunt distribuite pe întreaga lungime a tijeii;
- diagrama de variație a eforturilor de strivire în lungii tijeii este liniară, ceea ce echivalează cu ipoteza că axa tijeii este rectilinie pe toată lungimea ei (fig. C.6.5, a).

Pornind de la aceste ipoteze simplificatoare, capacitatea de rezistență a unei tije se stabilește din condițiile de:

- strivirea elementului central, $L_{cap\ c}$;
- strivirea elementului marginal, $L_{cap\ m}$;
- încovoierea tijeii, $L_{cap\ inc}$;

Relația de calcul (6.35) utilizată pentru determinarea capacității de rezistență a unei îmbinări cu tije se înscrie în metodologia cls stabilire a capacităților de rezistență pentru barele din lemn și pentru celelalte tipuri de îmbinări. Relațiile pentru stabilirea capacităților de rezistență ale diverselor tipuri de tije, la diferite solicitări, date în tabelul 6.6, păstrează metodologia de abordare din norma revizuită.

În norma canadiană CAN/CSA.086.1-M 91 capacitatea de rezistență a îmbinărilor cu tije se stabilește printr-o relație similară cu (6.35). Capacitatea de rezistență a unei tije la încărcări paralele cu fibrele elementelor îmbinate, respectiv perpendiculare pe fibrele elementelor îmbinate, se dă intabulat în funcție de specia de material lemnos, diametrul tijelor și dimensiunea pieselor din lemn ce se îmbină.

În Eurocode 5, capacitatea de rezistență a tijelor se stabilește în funcție de:

- tipul îmbinării (cu una sau cu două secțiuni de forfecare);
- lățimea clementului îmbinat, respectiv adâncimea de pătrundere a tijei în ultimul element îmbinat;
- diametrul tijei;
- tipul ecliselor din îmbinare (din lemn sau metal);
- caracteristica de rezistență a tijei.

C.6.6. Îmbinări cu tije solicitate la smulgere

Cuiele rezistă la smulgere datorită forțelor de frecare care apar între suprafața cilindrică a tijei cuiului și pereții locașului în care acestea au fost introduse. Forțele de frecare se micșorează mult în cazul apariției fisurilor și crăpăturilor în lemn, care reduc forța de strângere a cuiului, de aceea pentru cuie ce lucrează la smulgere este obligatorie respectarea aceluiași norme de așezare ca și în cazul cuielor care lucrează la solicitări obișnuite.

Pe bază de experimentări s-a demonstrat ca rezistența la smulgere a cuielor crește proporțional cu suprafața de frecare dintre lemn și iui. dar numai pentru cuielor cu diametru sub 5 mm; pentru cuielor cu diametrul mai mare de 5 mm, din cauza devierii fibrelor în timpul bnlării, rezistența la smulgere rămâne aproximativ egală cu cea a linelor cu diametru de 5 mm, la aceeași lungime de încastrare. Din acest motiv, se recomandă folosirea cuielor cu diametru maxim de mm.

Șuruburile rezistă la smulgere datorită pătrunderii filetului în șanțul pe care acesta îl taie în lemn în momentul înșurubării. Din acest motiv, rezistența la smulgere a șuruburilor depinde în mare măsură de modul de înșurubare, de aceea nu se admite baterea șuruburilor cu ciocanul. Totodată, pentru a se asigura o strângere corectă a pieselor asamblate și pentru a se evita despicarea lemnului este necesari respectarea distanțelor minime dintre șuruburi prevăzute în paragraful 6.5.3.3.

În norma canadiană CAN/CSA 086.1-M 91 capacitatea de rezistență a tijelor solicitate la smulgere se stabilește pe baza unei relații similare cu relațiile (6.41) și (6.42), în care rezistența tijei se dă intabulat, în N/mm^2 în funcție de diametrul tijei și de specia de material lemnos utilizată.

În Eurocode 5 adâncimea de încastrare a tijelor este 12d pentru cuie netede, și 8d pentru celelalte tipuri de tije. Capacitatea de rezistență a tijelor se stabilește în funcție de diametru, adâncimea de încastrare și masa volumică a lemnului.