

**RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE**  
**Būvkonstrukciju katedra**

**METODISKIE NORĀDĪJUMI**

**STIEPTU KOKA KONSTRUKCIJU**  
**NAGLU SAVIENOJUMU**  
**PROJEKTĒŠANAI**  
**(LVS EN 1995-1-1)**

RTU Būvniecības specialitāšu studentiem, studiju procesā izstrādājot uz koka konstrukciju projektēšanu orientētus praktiskus darbus, studiju darbus un inženierprojektus, nereti rodas nepieciešamība detalizēti izprojektēt stieptu koka konstrukciju naglu savienojumus. Sastādītajos metodiskajos norādījumos apkopta detalizēta informācija par šādu savienojumu projektēšanu, un tā var sekmēt praktisko darbu izpildīšanas gaitu mācību priekšmetā „Būvkonstrukcijas”, ka arī studiju darbu un projektu kvalitātes paaugstināšanu.

Metodiskos norādījumus sastādīja doktorants V. Goremikins un asoc.prof. D. Serdjuks

Recenzents: Dr.sc.ing. L.Kupče

UDK 624.011.1(072)

Me 803

**RTU**  
**Rīga, 2009**

ISBN 978-9984-39-875-4

## IEVADS

Koka konstrukciju elementu – baļķu, šķautņu, dēļu izmērus nosaka sortiments un koku dabiskie izmēri – garums un šķērssgriezums. Iebūvējot koka konstrukcijas ēkās un citās inženierceltnēs, bieži vien koka elementi jāsavieno. Būvkokus savā starpā savieno tieši vai ar speciālam saitēm – līmi, tapām, naglām, skrūvēm, aptverēm, piekariem, uzliktņiem, skavām, dzintelēm u. tml.

Viens no izplātītākiem ir naglu savienojums.

Naglas ir metāla elementi, kas cieši ievietoti savienojamos būvkokos un neļauj tiem savstarpēji pārvietoties. Naglas lieto saliktajās sijās, statņos vai konstrukciju mezglos. Naglas darbojas liecē, bet koksne ligzdas sieniņās – virsmas spiedē.

Nesošajos savienojumos rekomendē lietot naglas no tērauda, kura robežpretestība stiepē ir ne mazāka par  $600 \text{ N/mm}^2$ . Naglas aizsargā pret koroziju ar metāla, sintētisko sveķu materiāla vai cementa saistvielas klājumu, kā arī, ķīmiski apstrādājot virsmu. Sevišķi agresīvā vidē pielieto naglas no korozijizturīga tērauda. Mūsdienās lieto vairāku veidu naglas: apaļa vai kvadrātveida šķērssgriezuma gludās naglas, uzlabotas konstrukcijas naglas ar noapaļotu spirālveida vītņi vai naglas ar gredzenveida profilu. Profilētām naglām ir lielāks sānu virsmas laukums salīdzinājumā ar gludajām, tāpēc lielāka ir arī nestspēja virsmas spiedē. Speciālā apstrādes procesā kvadrātveida šķērssgriezuma naglu savērpjot ap tās asi.

Nesošo koka elementu savienojumos lieto naglas ar diametru no 2.75 līdz 8 mm, garums – no 40 līdz 250 mm. Naglas iedzen ar vai bez iepriekšējas caurumu urbšanas perpendikulāri dēļa plaknei. Būvnormās rekomendē urbama diametru, kur paredzēts dzīt naglas, pieņemot ne lielāku par  $0,8d$ .

Konstruējot naglotos savienojumus jāņem vērā pieļaujamie minimālie attālumi starp naglu asīm un attālumi no naglas ass līdz sanaglotu dēļu malām un galiem, lai nodrošinātu pietiekamu koksnes nestspēju skaldē un nerastos plaisas.

Savienojuma aprēķins veikts pēc LVS EN 1995-1-1 prasībām.

## 1. STIEPTA SAVIENOJUMA APRĒĶINA SECĪBA

### 1.1. STIEPTA ELEMENTA NESTSPĒJAS NOTEIKŠANA

Lai noteikt nepieciešamo naglu skaitu, vispirms jāzina, kāda nestspēja ir savienojamiem elementiem.

Elementa nestspēju var noteikt, izejot no stiprības nosacījuma:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{t,d}}{A_{nt}} \leq f_{t,0,d},$$

$$N_{t,d} \leq A_{nt} \cdot f_{t,0,d}. \quad (1)$$

kur  $N_{t,d}$  – elementa nestspēja;

$A_{nt}$  – elementa aprēķina neto laukums;

$f_{t,0,d}$  – koksnes aprēķina pretestība stiepē šķiedru garenvirzienā,

$$f_{t,0,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M \quad (2)$$

kur  $k_{\text{mod}}$  – modifikācijas faktors (sk. II pielikumu);

$\gamma_M$  – parciālais (drošuma) faktors materiāla īpašībai (sk. V pielikumu);

$f_{t,0,k}$  – koksnes pretestības raksturvērtība (sk. I pielikumu);

Ja naglu diametrs  $d_n$  ir lielāks par 6 mm vai dēļa biezums ir mazāks par  $t$ , kuru nosaka pēc formulas (3), vai pēc formulas (4), ja koksne ir sevišķi trausla, tad naglu iedzen iepriekš izurbtos caurumos.

$$t = \max \left\{ \begin{array}{l} 7d_n \\ (13d_n - 30) \frac{\rho_k}{400} \end{array} \right\}, \quad (3) \quad t = \max \left\{ \begin{array}{l} 14d_n \\ (13d_n - 30) \frac{\rho_k}{200} \end{array} \right\}, \quad (4)$$

kur  $d_n$  – naglas diametrs, mm;

$\rho_k$  – koksnes blīvuma raksturvērtība,  $\text{kg/m}^3$ .

Ja naglu iedzen tieši kokā, tad elementa aprēķina neto laukumu var noteikt pēc formulas:

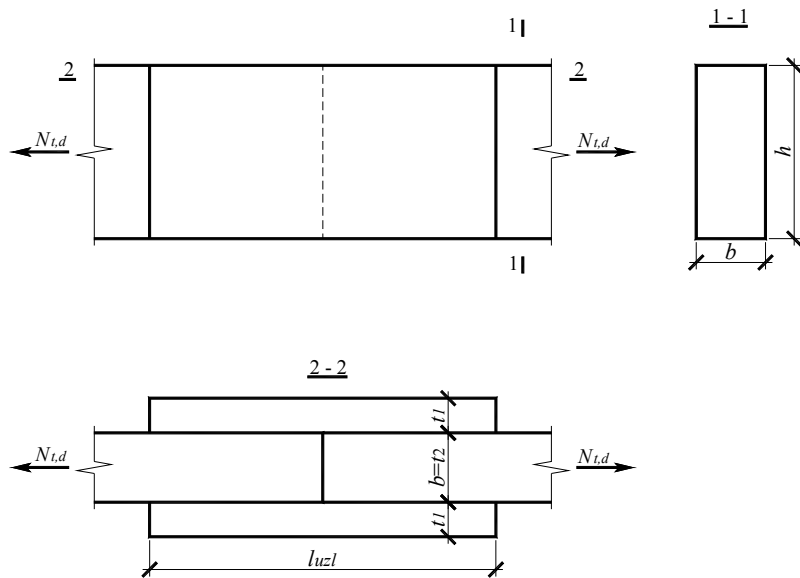
$$A_{nt} = b \cdot h. \quad (5)$$

Ja naglu iedzen iepriekš izurbtos caurumos, tad elementa aprēķina neto laukumu var noteikt pēc formulas:

$$A_{nt} = b \cdot h - A_v, \quad (6)$$

kur  $b$  – elementa šķērsriezuma platums,  
 $h$  – elementa šķērsriezuma augstums,

$A_v$  – summāro vājinājumu laukums, ko iegūst 20 cm garā elementa neizdevīgākajā posmā esošos vājinājumus sabīdot pa elementa asi vienā šķēlumā.



## 1. att. Stiepta naglota savienojuma shēma

### 1.2. UZLIKAS BIEZUMA UN NAGLAS IZMĒRU IZVĒLE

Uzlikas biežumu parasti pieņem  $t_1 \approx 0,5 \cdot t_2$  un saskaņo to ar zāģmateriālu sortimentu.

Naglas diametru ieteicams izvēlēties ne lielāku par  $0,25 \cdot t_1$ .

### 1.3. NAGLAS NESTSPĒJAS NOTEIKŠANA

Lai noteikt naglu kopējo skaitu, vajag zināt nagla nestspējas raksturvērtību  $F_{v,Rk}$ , kuru var noteikt kā summu no mazāko no nestspējas vērtībām virsmas spiedē un naglas liecē katrā nobīdes plaknē simetriskā savienojumā.

a) Virsmas spiede vidējā elementā:

$$F_{v,Rk,2} = 0,5 f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d_n \quad (7)$$

kur  $f_{h,2,k} = 0,082(1 - 0,01d_n) \rho_k$  – pretestības raksturvērtība ( $N/mm^2$ ) naglas iespiešanai ligzdas sienīnā naglai ar diametru līdz 8 mm, kas iedzīta iepriekš izurbtā caurumā parastā vai līmētā kokā;

$f_{h,2,k} = 0,082 \rho_k \cdot d_n^{-0,3}$  – tāda pati koksnē iedzītai naglai bez izurbta cauruma;

$t_2$  – vidējā koka elementa biežums, mm;

$d_n$  – naglas diametrs, mm;

$\rho_k$  – koksnes blīvums,  $kg/m^3$ .

b) Virsmas spiede malējā elementā:

$$F_{v,Rk,1} = f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d_n, \quad (8)$$

kur  $f_{h,1,k} = f_{h,2,k}$ ;

$t_1$  – malējā koka elementa biežums, mm.

c) Naglas nestspēja liecē, ja robežstāvoklī izveidojas viena plastiskā locīkla:

$$F_{v,Rk,3} = 1,05 \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d_n}{2 + \beta} \left[ \sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta(2 + \beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d_n \cdot t_1^2}} - \beta \right], \quad (9)$$

$$\text{kur } \beta = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}},$$

$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d_n^{2,6}$  – pieļaujamais lieces moments tapai,  $N \cdot mm$ ;

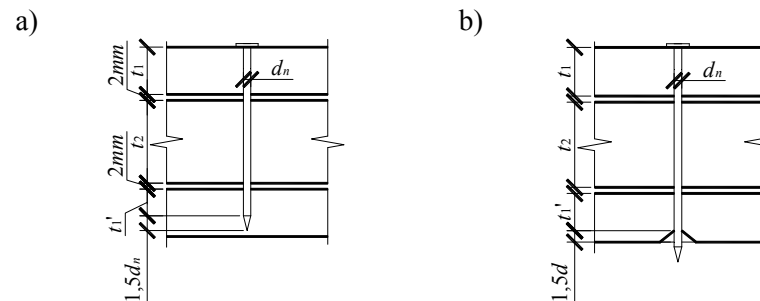
$f_{u,k}$  – tērauda stiprības raksturvērtība stiepi,  $N/mm^2$ ,

$d_n$  – naglas nominālais diametrs,  $mm$ .

d) Naglas nestspēja liecē, ja robežstāvoklī izveidojas divas plastiskās locīklas:

$$F_{v,Rk,4} = 1,15 \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d_n}, \quad (10)$$

Aprēķinot iedzītās naglas iespīlējuma garumu (2. att.), neņem vērā naglas smailo galu  $1,5d_n$  garumā, kā arī no kopējā naglas garuma atskaita  $2 \text{ mm}$  uz katru savienojamo elementu šuvi. Ja naglas iespīlējuma aprēķinātais garums ir mazāks par  $4d_n$ , tad naglas gala darbību attiecībā uz tam piegulošo šuvi neņem vērā. Ja ar naglu caursit savienojamo elementu paketi, tad naglas iespīlējuma garumu malējā elementā samazina par  $1,5d_n$ .



**2. att.** Naglas iespīlējuma garuma noteikšana  
a – nagla necaursit paketi; b – nagla caursit paketi

#### 1.4. KOPĒJO NAGLU SKAITA NOTEIKŠANA

Pirmajā tuvinājumā nepieciešamo naglu skaitu savienojuma pusē var noteikt sekojoši:

$$n_d = \frac{N_{t,d}}{F_{v,Rd}}, \quad (11)$$

kur  $N_{t,d}$  – elementa nestspēja;

$F_{v,Rd}$  – naglas nestspējas aprēķina vērtība.

Naglas nestspējas aprēķina vērtību  $F_{v,Rd}$  nosaka ņemot vērā drošuma faktoru un vides apstākļu ietekmi:

$$F_{v,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M}. \quad (12)$$

kur  $k_{mod}$  – modifikācijas faktors (sk. II pielikumu);

$\gamma_M$  – parciālais (drošuma) faktors materiāla īpašībai (sk. V pielikumu).

Kopējo naglu skaitu uz visu savienojumu var noteikt sekojoši:

$$n = 2 \cdot n_d$$

### 1.5. SAVIENOJUMA NESTSPĒJAS PĀRBAUDE

Naglu efektīvais skaits vienā rindā šķiedru virzienā nosaka pēc formulas:

$$n_{ef} = n^{k_{ef}}, \quad (13)$$

kur  $k_{ef}$  – naglotā savienojuma parametrs (sk. III pielikumu);  
 $n$  – naglu skaits vienā rindā.

Savienojuma nestspējas pārbaude bīdē:

$$N_{t,d} \leq (n_r \cdot F_{v,Rd} \cdot n_{ef}), \quad (14)$$

kur  $n_r$  – rindu skaits šķiedru virzienā;  
 $n_{ef}$  – naglu efektīvais skaits vienā rindā;  
 $N_{t,d}$  – elementa nestspēja.

### 1.6. NAGLOTA SAVIENOJUMA KONSTRUĒŠANA

Attālumi starp naglām saistīti ar savienojamo elementu koksnes blīvumu, naglas diametru, kā arī ar caurumu iepriekšēju izurbšanu. Minimālo pieļaujamo attālumu lielumus starp naglām un starp naglām un elementu malām var apskatīt pēc IV pielikuma.

Kad stiepes spēks sakrīt ar koksnes šķiedru garenvirzienu, attālumi starp naglām un starp naglām un elementu malām ir sekojoši:

a) Koksnes blīvums  $\rho_k \leq 420 \text{ kg} / \text{m}^3$ .

Attālums starp naglu asīm savienojamo elementu šķiedru garenvirzienā:

$$a_1 = 10d_n, \text{ kad } d_n < 5 \text{ mm};$$

$$a_1 = 12d_n, \text{ kad } d_n \geq 5 \text{ mm}.$$

Attālums starp naglu asīm savienojamo elementu šķiedru šķērsvirzienā:

$$a_2 = 5 d_n.$$

Attālums no naglas ass līdz elementa galam koksnes šķiedru garenvirzienā:

$$a_{3t} = 15d_n.$$

Attālumu no naglu malējās rindas līdz elementa garenmalai:

$$a_{4c} = 5d_n.$$

b) koksnes blīvums  $420 < \rho_k < 500 \text{ kg} / \text{m}^3$

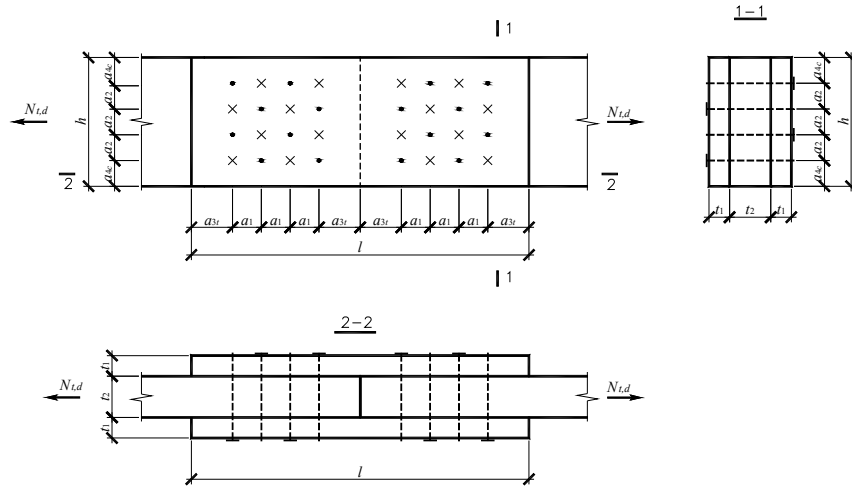
$$a_1 = 15 d_n; \quad a_2 = 7 d_n,$$

$$a_{3t} = 20 d_n; \quad a_{4c} = 7 d_n.$$

c) Naglas iedzītas iepriekš izurbtos caurumos

$$a_1 = 7 d_n; \quad a_2 = 4 d_n,$$

$$a_{3t} = 12 d_n; \quad a_{4c} = 3 d_n.$$



3. att. Naglota savienojuma shēma

Piezīmes: konkrētā gadījumā burtu vietā jāliek konkrēti skaitļi

## 2. SKAITLISKAIS PIEMĒRS NR.1

### Dots:

Viengabala centriski stiepts elements.

Koksnes klase: C 30 klases skujskoks;

Koksnes blīvums:  $\rho = 380 \text{ kg/m}^3$ ;

Ekspluatācijas apstākļi atbilst 2. klasei;

Naglas tērauda stiprības raksturvērtība  $f_{u,k} = 600 \text{ N/mm}^2 = 600000 \text{ kN/m}^2$ ;

Elementa šķērsriezuma izmēri:  $h = 125 \text{ mm}$ ;  $t_2 = 60 \text{ mm}$ ;

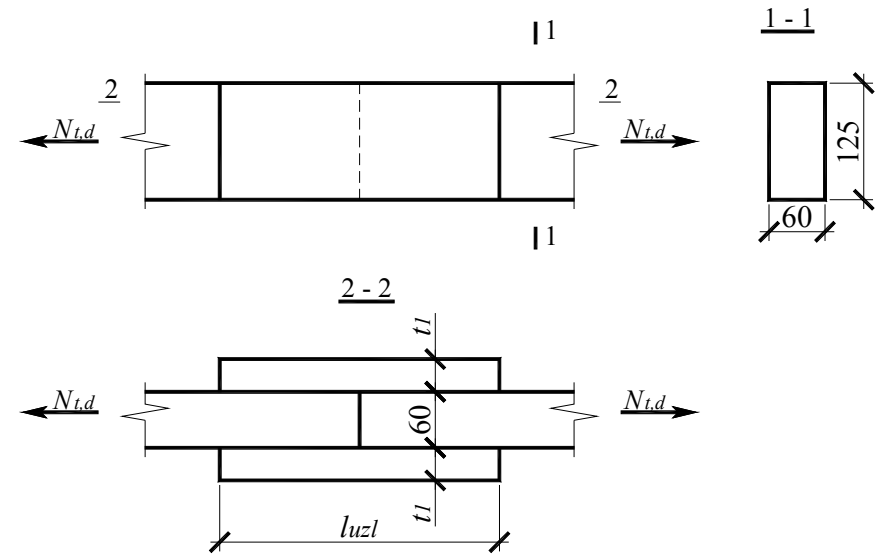
Slodzes veids pēc iedarbības ilguma: īslaicīgā.

Uzdevums:

1) Noteikt elementa nestspēju  $N_{t,d}$ ;

2) Noteikt kopējo naglu skaitu  $n$ ;

3) Uzzīmēt savienojuma skici.



2. att. Naglota savienojuma shēma.

Risinājums

1) Noteiksim elementa nestspēju izejot no stiprības stiepē:

$$N_{t,d} \leq A_{n,t} \cdot f_{t,0,d} = 0,0075 \cdot 12461,54 = 93,46kN ,$$

$$f_{t,0,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{18000}{1,3} = 12461,54kN / m^2 ,$$

$$A_{n,t} = b \cdot h = 0,06 \cdot 0,125 = 0,0075m^2 .$$

2) Uzlikas biezumu pieņemsim izejot no nosacījuma:

$$t_1 \approx 0,5t_2 = 0,5 \cdot 60 = 30mm , \text{ pieņemam } t_1 = 32mm .$$

3) Naglas diametru pieņemsim izejot no nosacījuma:

$$d_n \leq 0,25t_1 = 8,0mm .$$

Pieņemam:  $d_n = 4,2mm$ ;  $l_n = 120mm$  (pēc DIN 1151).

Pārbaudīsim, vai vajag naglas iedzīt iepriekš izurbtos caurumos:

$$t = \max \left\{ \begin{array}{l} 7d_n \\ (13d_n - 30) \frac{\rho_k}{400} \end{array} \right\}$$

$$t = \max \left\{ \begin{array}{l} 7 \cdot 4,2 = 29,4 \\ (13 \cdot 4,2 - 30) \frac{380}{400} = 23,37 \end{array} \right\} = 29,4mm$$

$t_1 = 32mm > t = 29,4 \Rightarrow$  naglas iedzen tieši kokā bez iepriekš izurbtiem caurumiem.

4) Naglas nestspējas raksturvērtību  $F_{v,Rk}$  noteiksim kā summu no mazāko nestspējas vērtībām virsmas spiedē un naglas liecē katrā nobīdes plaknē simetriskā savienojumā.

a) Virsmas spiede vidējā elementā:

$$F_{v,Rk,2} = 0,5 f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d_n ;$$

$$F_{v,Rk,2} = 0,5 \cdot 20,26 \cdot 60 \cdot 4,2 = 2552,8N = 2,55kN .$$

$$f_{h,2,k} = 0,082 \rho_k \cdot d_n^{-0,3} \text{ (iedzītām naglām);}$$

$$f_{h,2,k} = 0,082 \cdot 380 \cdot 4,2^{-0,3} = 20,26N / mm^2 .$$

b) Virsmas spiede malējā elementā:

Pirmajā nobīdes plaknē:

$$F_{v,Rk,1} = f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d_n = 20,26 \cdot 32 \cdot 4,2 = 2722,9N = 2,72kN ;$$

$$f_{h,1,k} = f_{h,2,k} = 20,26N / mm^2 ;$$

$$t_1 = 32mm .$$

Otrajā nobīdes plaknē:

$$F'_{v,Rk,1} = f_{h,1,k} \cdot t'_1 \cdot d_n = 20,26 \cdot 17,7 \cdot 4,2 = 1506,1N = 1,51kN ;$$

$$t'_1 = l_n - t_1 - t_2 - 2 \cdot 2 - 1,5 \cdot d_n ;$$

$$t'_1 = 120 - 32 - 60 - 4 - 6,3 = 17,7mm > 4d_n = 16,8mm .$$

c) Nagla liecē, ja robežstāvoklī izveidojas viena plastiskā locīkla:  
Pirmajā nobīdes plaknē:

$$F_{v,Rk,3} = 1,05 \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d_n}{2 + \beta} \left[ \sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta(2 + \beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d_n \cdot t_1^2}} - \beta \right];$$

$$F_{v,Rk,3} = 1,05 \frac{20,26 \cdot 32 \cdot 4,2}{2 + 1} \left[ \sqrt{2 \cdot 1(1 + 1) + \frac{4 \cdot 1(2 + 1)7511,4}{20,26 \cdot 4,2 \cdot 32^2}} - 1 \right] =$$

$$= 1185,3N = 1,19kN;$$

$$\beta = \frac{f_{h,1,k}}{f_{h,2,k}} = 1;$$

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d_n^{2,6} = 0,3 \cdot 600 \cdot 4,2^{2,6} = 7511,4N \cdot mm.$$

Otrajā nobīdes plaknē:

$$F'_{v,Rk,3} = 1,05 \frac{f_{h,1,k} \cdot t'_1 \cdot d_n}{2 + \beta} \left[ \sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta(2 + \beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d_n \cdot t_1'^2}} - \beta \right];$$

$$F'_{v,Rk,3} = 1,05 \frac{20,26 \cdot 17,7 \cdot 4,2}{2 + 1} \left[ \sqrt{2 \cdot 1(1 + 1) + \frac{4 \cdot 1(2 + 1)7511,4}{20,26 \cdot 4,2 \cdot 17,7^2}} - 1 \right] =$$

$$= 905,0N = 0,91kN;$$

d) Nagla nestspēja liecē, ja robežstāvoklī izveidojas divas plastiskās locīklas:

$$F_{v,Rk,4} = 1,15 \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d_n};$$

$$F_{v,Rk,4} = 1,15 \sqrt{\frac{2 \cdot 1}{1 + 1}} \cdot \sqrt{2 \cdot 7511 \cdot 20,26 \cdot 4,2} = 1300N = 1,30kN.$$

Naglas ar divām nobīdes plaknēm nestspējas raksturojums:

$$F_{v,Rk} = \min \begin{pmatrix} F_{v,Rk,1} \\ F_{v,Rk,2} \\ F_{v,Rk,3} \\ F_{v,Rk,4} \end{pmatrix} + \min \begin{pmatrix} F'_{v,Rk,1} \\ F'_{v,Rk,2} \\ F'_{v,Rk,3} \\ F'_{v,Rk,4} \end{pmatrix} = 1,19 + 0,91 = 2,1kN.$$

Naglas ar divām nobīdes plaknēm nestspējas aprēķina vērtība:

$$F_{v,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{2,1}{1,3} = 1,45kN.$$

5) Pirmajā tuvinājumā nepieciešamo naglu skaitu savienojumā noteiksim pēc formulas:

$$n_d = \frac{N_{t,d}}{F_{v,Rd}} = \frac{93,46}{1,45} = 64,46.$$



Pieņemsim, ka naglas izvietotas četrās rindās (septiņpadsmit naglas katrā rindā). Tad naglu efektīvo skaitu vienā rindā šķiedru virzienā noteiksim pēc formulas:

$$n_{ef} = n^{k_{ef}} = 17^1 = 17,$$

kur  $n = 17$  – naglu skaits vienā rindā;

$k_{ef} = 1$  (pēc III pielikuma, pieņemot attālumu starp naglām rindā 60 mm).

6) Savienojuma nestspēju bīdē pārbaudīsim pēc formulas:

$$N_{t,d} = 93,46kN \leq (n_r \cdot F_{v,Rd} \cdot n_{ef}) = 4 \cdot 1,45 \cdot 17 = 98,6kN.$$

Savienojuma nestspēja bīdē nodrošināta.

7) Naglota savienojuma konstruēšana.

Koksnes blīvums  $\rho_k = 380kg/m^3 \leq 420kg/m^3$ .

Attālums starp naglu asīm savienojamo elementu šķiedru garenvirzienā:

$$a_1 = 10d_n = 10 \cdot 4,2 = 42mm, \text{ pieņemam } a_1 = 60mm.$$

Attālums starp naglu asīm savienojamo elementu šķiedru šķērsvirzienā:

$$a_2 = 5d_n = 5 \cdot 4,2 = 21mm, \text{ pieņemam } a_2 = 25mm.$$

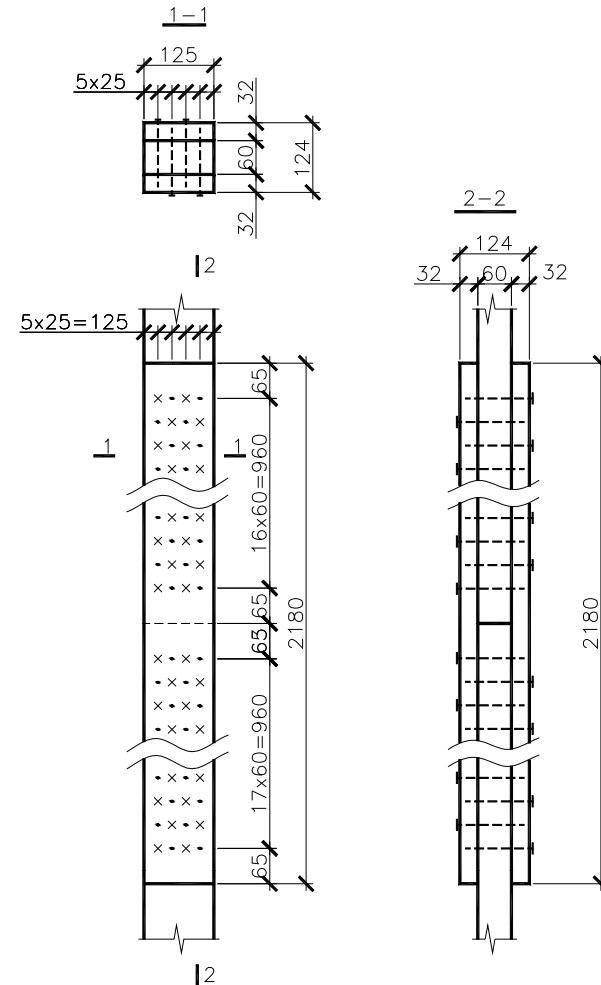
Attālums no naglas ass līdz elementa galam koksnes šķiedru garenvirzienā:

$$a_{3t} = 15d_n = 15 \cdot 4,2 = 63mm, \text{ pieņemam } a_{3t} = 65mm.$$

Attālums no naglu malējās rindas līdz elementa garenmalai:

$$a_{4c} = 5d_n = 5 \cdot 4,2 = 21mm, \text{ pieņemam } a_{4c} = 25mm.$$

8) Savienojuma skice:



Naglu skaits  $n = 144$

Naglu diametrs  $d_n = 4,2$  mm

Naglu garums  $l_n = 120$  mm

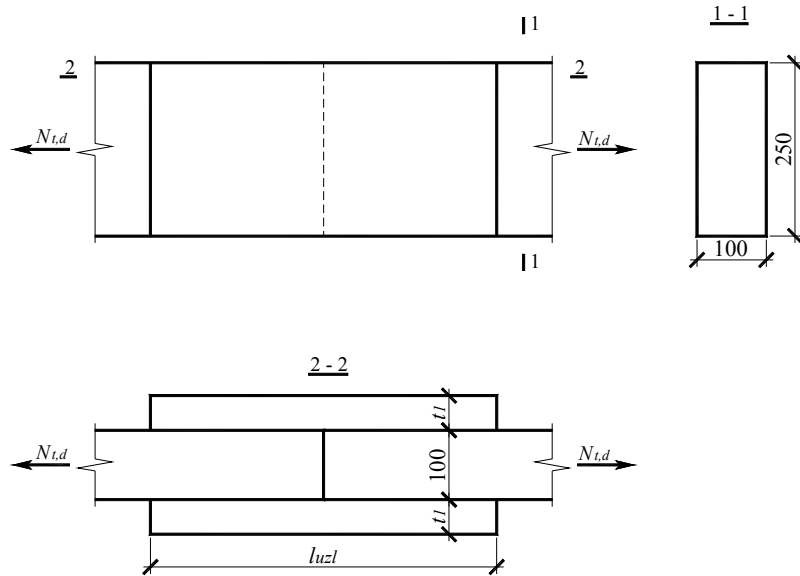
Uzlikas garums  $L_{uzl} = 2180$  mm

### 3. SKAITLISKAIS PIEMĒRS NR.2

Dots: C 30 klases skujkoks;  $\rho = 380 \text{ kg/m}^3$ ; ekspluatācijas apstākļi atbilst 2. klasei; naglas tērauda stiprības raksturvērtība  $f_{u,k} = 600 \text{ N/mm}^2 = 600000 \text{ kN/m}^2$ ,  $h = 250 \text{ mm}$ ;  $t_2 = 100 \text{ mm}$ . Slodzes veids pēc iedarbības ilguma: īslaicīgā.

Uzdevums:

- 1) Noteikt elementa nestspēju  $N_{t,d}$ ;
- 2) Noteikt kopējo naglu skaitu  $n$ ;
- 3) Uzzīmēt savienojuma skici.



3. att. Naglota savienojuma shēma.

#### Risinājums

Pieņemsim sākotnēji, ka naglu diametrs vienāds ar 8 mm, naglas ir izvietotās sešās rindās.

1) Noteiksim elementa nestspēju izejot no stiprības stiprē:

$$N_{t,d} \leq A_{n,t} \cdot f_{t,0,d} = 0,0202 \cdot 12461,54 = 251,7 \text{ kN} ,$$

$$f_{t,0,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{18000}{1,3} = 12461,54 \text{ kN/m}^2 ,$$

Tā kā naglas diametrs  $d_n > 6 \text{ mm}$ , naglas iedzen iepriekš izurbtos caurumos. Rēķinot aprēķina laukumu, jāņem vērā visi vājinājumi uz 20 cm garā elementa neizdevīgākajā posmā, esošos vājinājumus sabīdot pa elementa asi vienā šķēlumā:

$$A_{n,t} = b \cdot h - n \cdot d_n \cdot b = 0,1 \cdot 0,25 - 6 \cdot 0,008 \cdot 0,1 = 0,0202 \text{ m}^2 ,$$

kur  $n = 6$  – naglu skaits uz 20 cm garā elementa neizdevīgākajā posmā, visas naglas sabīdot pa elementa asi vienā šķēlumā.

2) Uzlikas biezumu pieņemsim izejot no nosacījuma:

$$t_1 \approx 0,5 t_2 = 0,5 \cdot 100 = 50 \text{ mm} .$$

3) Naglas diametru pieņemsim izejot no nosacījuma:

$$d_n \leq 0,25 t_1 = 12,5 \text{ mm} .$$

Pieņemam:  $d_n = 8 \text{ mm}$ ;  $l_n = 250 \text{ mm}$ .

4) Naglas nestspējas raksturvērtību  $F_{v,Rk}$  noteiksim kā summu no mazāko no nestspējas vērtībām virsmas spiedē un naglas liecē katrā nobīdes plaknē simetriskā savienojumā.

a) Virsmas spiede vidējā elementā:

$$F_{v,Rk,2} = 0,5 f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d_n;$$

$$F_{v,Rk,2} = 0,5 \cdot 28,67 \cdot 100 \cdot 8 = 11468 N = 11,47 kN;$$

$f_{h,2,k} = 0,082(1 - 0,01d_n)\rho_k$  (iepriekš izurbtos caurumos iedzītām naglām);

$$f_{h,2,k} = 0,082(1 - 0,01 \cdot 8) \cdot 380 = 28,67 N / mm^2.$$

b) Virsmas spiede malējā elementā:

Pirmajā nobīdes plaknē:

$$F_{v,Rk,1} = f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d_n = 28,67 \cdot 50 \cdot 8 = 11468 N = 11,47 kN;$$

$$f_{h,1,k} = f_{h,2,k} = 28,67 N / mm^2,$$

$$t_1 = 50 mm.$$

Otrajā nobīdes plaknē:

$$F'_{v,Rk,1} = f_{h,1,k} \cdot t'_1 \cdot d_n = 28,67 \cdot 38 \cdot 8 = 8715,7 N = 8,72 kN;$$

$$t'_1 = 50 - 1,5 \cdot 8 = 38 mm \text{ (ar naglu caursit elementu).}$$

c) Nagla liecē, ja robežstāvoklī izveidojas viena plastiskā locīkla:

Pirmajā nobīdes plaknē:

$$F_{v,Rk,3} = 1,05 \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d_n}{2 + \beta} \left[ \sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta(2 + \beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d_n \cdot t_1^2}} - \beta \right];$$

$$F_{v,Rk,3} = 1,05 \frac{28,67 \cdot 50 \cdot 8}{2 + 1} \left[ \sqrt{2 \cdot 1(1 + 1) + \frac{4 \cdot 1(2 + 1)40115}{28,67 \cdot 8 \cdot 50^2}} - 1 \right] =$$

$$= 4816,1 N = 4,82 kN;$$

$$\beta = \frac{f_{h,1,k}}{f_{h,2,k}} = 1;$$

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d_n^{2,6} = 0,3 \cdot 600 \cdot 8^{2,6} = 40114,97 N \cdot mm.$$

Otrajā nobīdes plaknē:

$$F'_{v,Rk,3} = 1,05 \frac{f_{h,1,k} \cdot t'_1 \cdot d_n}{2 + \beta} \left[ \sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta(2 + \beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d_n \cdot t_1'^2}} - \beta \right];$$

$$F'_{v,Rk,3} = 1,05 \frac{28,67 \cdot 38 \cdot 8}{2 + 1} \left[ \sqrt{2 \cdot 1(1 + 1) + \frac{4 \cdot 1(2 + 1)40115}{28,67 \cdot 8 \cdot 38^2}} - 1 \right] =$$

$$= 4073 N = 4,07 kN;$$

d) Nagla nestspēja liecē, ja robežstāvoklī izveidojas divas plastiskās locīklas:

$$F_{v,Rk,4} = 1,15 \sqrt{\frac{2\beta}{1+\beta}} \cdot \sqrt{2M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d_n};$$

$$F_{v,Rk,4} = 1,15 \sqrt{\frac{2 \cdot 1}{1+1}} \cdot \sqrt{2 \cdot 40115 \cdot 28,67 \cdot 8} = 4933 N = 4,93 kN.$$

Naglas ar divām nobīdes plaknēm nestspējas raksturojums :

$$F_{v,Rk} = F_{v,Rk,3} + F'_{v,Rk,3} = 4,82 + 4,07 = 8,89 kN.$$

Naglas ar divām nobīdes plaknēm nestspējas aprēķina vērtība:

$$F_{v,Rd} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{8,89}{1,3} = 6,15 kN.$$

5) Pirmajā tuvinājumā nepieciešamo naglu skaitu savienojumā noteiksim pēc formulas:

$$n_d = \frac{N_{t,d}}{F_{v,Rd}} = \frac{251,7}{6,15} = 40,9.$$

Pieņemsim, ka naglas izvietotas sešās rindās (septiņas naglas katrā rindā). Tad naglu efektīvo skaitu vienā rindā šķiedru virzienā noteiksim pēc formulas:

$$n_{ef} = n^{k_{ef}} = 7^{0,99} = 6,865,$$

kur  $n = 7$  – naglu skaits vienā rindā,  
 $k_{ef} = 0,99$  (pēc III pielikuma, pieņemot attālumu starp naglām rindā 110 mm).

6) Savienojuma nestspēju bīdē pārbaudīsim pēc formulas:

$$N_{t,d} = 251,7 kN \leq (n_r \cdot F_{v,Rd} \cdot n_{ef}) = 6 \cdot 6,15 \cdot 6,865 = 253,3 kN.$$

Savienojuma nestspēja bīdē nodrošināta.

7) Naglota savienojuma konstruēšana.  
 Naglas iedzītas iepriekš izurbtos caurumos.

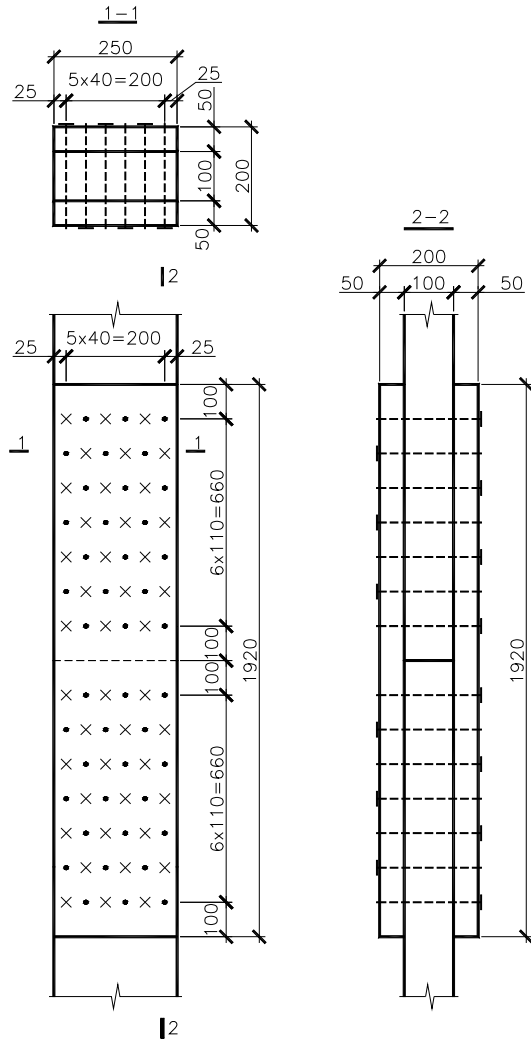
$$a_1 = 7d_n = 7 \cdot 8 = 56 mm, \text{ pieņemam } a_1 = 110 mm.$$

$$a_2 = 4d_n = 4 \cdot 8 = 32 mm, \text{ pieņemam } a_2 = 40 mm.$$

$$a_{3t} = 12d_n = 12 \cdot 8 = 96 mm, \text{ pieņemam } a_{3t} = 100 mm.$$

$$a_{4c} = 3d_n = 3 \cdot 8 = 24 mm, \text{ pieņemam } a_{4c} = 25 mm.$$

6) Savienojuma skice:

Naglu skaits  $n = 84$ Naglu diametrs  $d_n = 8$  mmNaglu garums  $l_n = 250$  mmUzlikas garums  $L_{uzl} = 1920$  mm

I pielikums

## Skujkoku zāgmateriālu pretestības, stinguma un blīvuma raksturvērtības

Spriegumstāvoklis	Apzīmējums	Stiprības klase									
		C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40
Pretestības raksturvērtības, $N/mm^2$											
liece	$f_{m,k}$	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40
stiepe šķiedru garenvirzienā	$f_{t,0,k}$	8	10	11	12	13	14	16	18	21	24
stiepe šķērsām šķiedrām	$f_{t,90,k}$	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6
spiede šķiedru garenvirzienā	$f_{c,0,k}$	16	17	18	19	20	21	22	23	25	26
spiede šķērsām šķiedrām	$f_{c,90,k}$	2.0	2.2	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9
skalde	$f_{v,k}$	1.7	1.8	2	2.2	2.4	2.5	2.8	3	3.4	3.8
Elastības modulis šķiedru garenvirzienā, $kN/mm^2$											
vidējā vērtība	$E_{0,mean}$	7	8	9	9.5	10	11	11.5	12	13	14
Garantētā (5% -fraktīles vērtība)	$E_{0,05}$	4.7	5.4	6.0	6.4	6.7	7.4	7.7	8.0	8.7	9.4
Elastības modulis šķērsām šķiedrām, $kN/mm^2$											
vidējā vērtība	$E_{90,mean}$	0.23	0.27	0.30	0.32	0.33	0.37	0.38	0.40	0.43	0.47
Bīdes modulis, $kN/mm^2$											
vidējā vērtība	$G_{90,mean}$	0.44	0.50	0.56	0.59	0.63	0.69	0.72	0.75	0.81	0.88
Koksnes blīvums $kg/m^3$											
raksturvērtība	$\rho_k$	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420
vidējā vērtība	$\rho_{mean}$	350	370	380	390	410	420	450	460	480	500

## II pielikums

Modifikācijas faktora  $k_{mod}$  vērtības

Materiāls, standarts, marka		Ser- visa klase	Slodzes veids pēc iedarbības ilguma				
			pas- tāvīgā	ilgstošā	vidēja ilguma	īslaicīgā	acu- mirklīgā
Koksne	EN 14081-1	1	0.60	0.70	0.80	0.90	1.10
		2	0.60	0.70	0.80	0.90	1.10
		3	0.50	0.55	0.65	0.70	0.90
Līmētā koksne	LVS EN 14080	1	0.60	0.70	0.80	0.90	1.10
		2	0.60	0.70	0.80	0.90	1.10
		3	0.50	0.55	0.65	0.70	0.90

## III pielikums

Parametra  $k_{ef}$  vērtības

Attālums starp naglām rindā*	$k_{ef}$	
	iedzītām naglām	naglām iepriekš urbtos caurumos
$a_l \geq 14 \cdot d_n$	1.00	1.00
$a_l = 10 \cdot d_n$	0.85	0.85
$a_l = 7 \cdot d_n$	0.70	0.70
$a_l = 4 \cdot d_n$	-	0.50

\* – attālumu starpvērtībām parametru  $k_{ef}$  nosaka lineārās interpolācijas ceļā.

## IV pielikums

## Minimālie pieļaujamie attālumi naglotos savienojumos

Attālums	Minimālais pieļaujamais attāluma lielums		
	Iedzītām naglām atbilstoši koksnes blīvumam, $\text{kg/m}^3$		Naglām iepriekš urbtos caurumos
	$\rho_k \leq 420$	$420 < \rho_k < 500$	
starp naglu asīm šķiedru garenvirzienā $a_1$	$d_n < 5 : (5 + 5 \cdot \cos \alpha) \cdot d_n$ $d_n \geq 5 : (5 + 7 \cdot \cos \alpha) \cdot d_n$	$(7 + 8 \cdot \cos \alpha) \cdot d_n$	$(4 + 3 \cdot \cos \alpha) \cdot d_n$
starp naglu asīm šķērsām šķiedru garenvirzienam $a_2$	$5 \cdot d_n$	$7 \cdot d_n$	$(4 + 3 \cdot \sin \alpha) \cdot d_n$
no naglas ass līdz dēļa slogotam galam $a_{3,t}$	$(10 + 5 \cdot \cos \alpha) \cdot d_n$	$(15 + 5 \cdot \cos \alpha) \cdot d_n$	$(7 + 5 \cdot \cos \alpha) \cdot d_n$
no naglas ass līdz dēļa neslogotam galam $a_{3,c}$	$10 \cdot d_n$	$15 \cdot d_n$	$7 \cdot d_n$
no naglas ass līdz dēļa slogotajai malai $a_{4,t}$	$d_n < 5 : (5 + 2 \cdot \sin \alpha) \cdot d_n$ $d_n \geq 5 : (5 + 5 \cdot \sin \alpha) \cdot d_n$	$d_n < 5 : (7 + 2 \cdot \sin \alpha) \cdot d_n$ $d_n \geq 5 : (7 + 5 \cdot \sin \alpha) \cdot d_n$	$d_n < 5 : (3 + 2 \cdot \sin \alpha) \cdot d_n$ $d_n \geq 5 : (3 + 4 \cdot \sin \alpha) \cdot d_n$
no naglas ass līdz dēļa neslogotajai malai $a_{4,c}$	$5 \cdot d_n$	$7 \cdot d_n$	$3 \cdot d_n$

Apzīmējumi:  $d_n$  – naglas diametrs, mm;  $\alpha$  – leņķis starp bīdes spēku un šķiedru garenvirzienu.

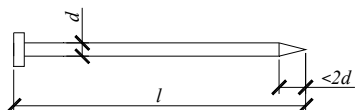
## V pielikums

Parciālā (drošuma) faktora  $\gamma_M$  vērtības

Koksnes vai savienojuma veids	$\gamma_M$
līmētā koksne	1,25
mitrumizturīgais saplāksnis, smalkslāņu līmētie materiāli (LVL), orientētās dzīslējuma plāksnes (OSB)	1,2
perforēto zoboto metāla plākšņu savienojums	1,25
pārējie koksnes materiāli un savienojuma veidi	1,3

## VI pielikums

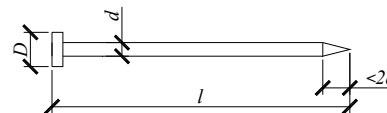
## Apaļo tērauda naglu sortiments (pēc DIN 1151)



Naglu izmēri $d \times l$ (mm)						
$d \times l$	$d \times l$	$d \times l$	$d \times l$	$d \times l$	$d \times l$	$d \times l$
1.4x25	2.2x45	2.8x60	3.1x80	4.2x100	5.5x140	7.6x230
1.6x30	2.2x50	2.8x65	3.4x80	4.2x110	5.5x160	7.6x260
1.8x35	2.5x55	3.1x65	3.4x90	4.2x120	6.0x180	8.8x260
2.0x40	2.5x60	3.1x70	3.8x100	4.6x130	7.0x210	

## VII pielikums

## Tērauda naglu sortiments (pēc LVS EN 10230-1)



Kvadrātveida šķēluma gludās tērauda naglas									
Naglu izmēri $d \times l$ (mm) un galviņas diametri $D$ , (mm)									
$d \times l$	$D$	$d \times l$	$D$	$d \times l$	$D$	$d \times l$	$D$	$d \times l$	$D$
1.6x35	4	2.0x50	5	2.8x65	7	3.8x100	9.5	6.0x180	15
1.7x30	4.3	2.2x45	5.5	2.8x75	7	4.2x125	10.5	6.0x190	15
1.7x35	4.3	2.2x50	5.5	2.8x90	7	4.6x130	11.5	7.0x210	17.5
1.7x40	4.3	2.2x55	5.5	3.1x80	7.8	4.8x150	12	7.0x260	17.5
1.8x35	4.5	2.5x55	6.3	3.4x90	8.5	5.5x160	13.8		
1.8x40	4.5	2.5x60	6.3	3.4x95	8.5	5.5x175	13.8		
2.0x40	5	2.5x65	6.3	3.4x100	8.5	5.5x200	13.8		
Apaļās gludās tērauda naglas									
2.0x45	5	2.7x50	6.1	3.4x80	7.2	4.2x110	8.4	6.0x160	12
2.2x30	5.5	2.7x60	6.1	3.4x90	7.2	4.6x90	9.2	6.0x180	12
2.2x40	5.5	3.0x50	6.8	3.8x70	7.6	4.6x100	9.2	7.0x200	14
2.2x50	5.5	3.0x60	6.8	3.8x80	7.6	4.6x120	9.2	8.0x280	16
2.4x30	5.9	3.0x70	6.8	3.8x90	7.6	5.0x100	10		
2.4x40	5.9	3.0x80	6.8	3.8x100	7.6	5.0x120	10		
2.4x50	5.9	3.4x60	7.2	4.2x90	8.4	5.0x140	10		
2.7x40	6.1	3.4x70	7.2	4.2x100	8.4	5.5x140	11		
Apaļās tērauda naglas ar garenrievu kātā									
2.0x50	2.8	3.0x60	4.2	3.4x100	4.8	4.2x100	5.9	5.0x100	7
2.2x50	3.1	3.0x70	4.2	3.8x70	5.3	4.2x110	5.9	5.0x120	7
2.2x60	3.1	3.0x80	4.2	3.8x80	5.3	4.2x120	5.9	5.0x140	7
2.4x50	3.4	3.0x90	4.2	3.8x90	5.3	4.2x130	5.9	5.0x150	7
2.4x60	3.4	3.4x60	4.8	3.8x100	5.3	4.6x90	6.4		
2.7x60	3.8	3.4x70	4.8	3.8x110	5.3	4.6x100	6.4		
2.7x70	3.8	3.4x80	4.8	3.8x120	5.3	4.6x120	6.4		
2.7x80	3.8	3.4x90	4.8	4.2x90	5.9	4.6x140	6.4		





**IZMANTOJAMĀ LITERATŪRA**

1. LVS EN 1995-1-1:2005.5. Eirokodekss – Koka konstrukciju projektēšana -1-1. daļa: Vispārīgi – Kopīgie noteikumi un noteikumi būvēm. Eurocode 5: Design of timber structures – Part 1-1: General – Common rules and rules for buildings.
2. Ozola L. Koka būvkonstrukciju elementi / Aprēķins un konstruēšana saskaņā ar Eirokodeksiem (EUROCODE 1, EUROCODE 5). – Jelgava, LLU, 2008.- 259 lpp.
3. UlpeJ., KupčeL. Koka un plastmasu konstrukcijas.-Rīga, 1991. – 304 lpp.
4. Schild K., Völkner S. Praxishandbuch ingenierholzbau. – Franhofer IRB Verlag. – 2004. – 245 lpp.
5. Blass H.J. Timber engineering/Basis of design, material properties, structural components and joints.- First edition, Centrum Hout, The Netherlands -1995.

**SATURS**

Ievads.....	3
1. Stiepta savienojuma aprēķina galvenie etāpi.....	4
1.1. Stiepta elementa nestspējas noteikšana.....	4
1.2. Uzlikas biezuma un naglas izmēru izvēle.....	6
1.3. Naglas nestspējas noteikšana.....	6
1.4. Kopējo naglu skaita noteikšana.....	8
1.5. savienojuma nestspējas pārbaude.....	9
1.6. Naglota savienojuma konstruēšana.....	9
2. Skaitliskais piemērs Nr.1.....	12
3. Skaitliskais piemērs Nr.2.....	19
Pielikumi.....	26
Izmantojamā literatūra.....	33

**METODISKI NORĀDĪJUMI**

**STIEPTU KOKA KONSTRUKCIJU  
NAGLU SAVIENOJUMU  
PROJEKTĒŠANAI**