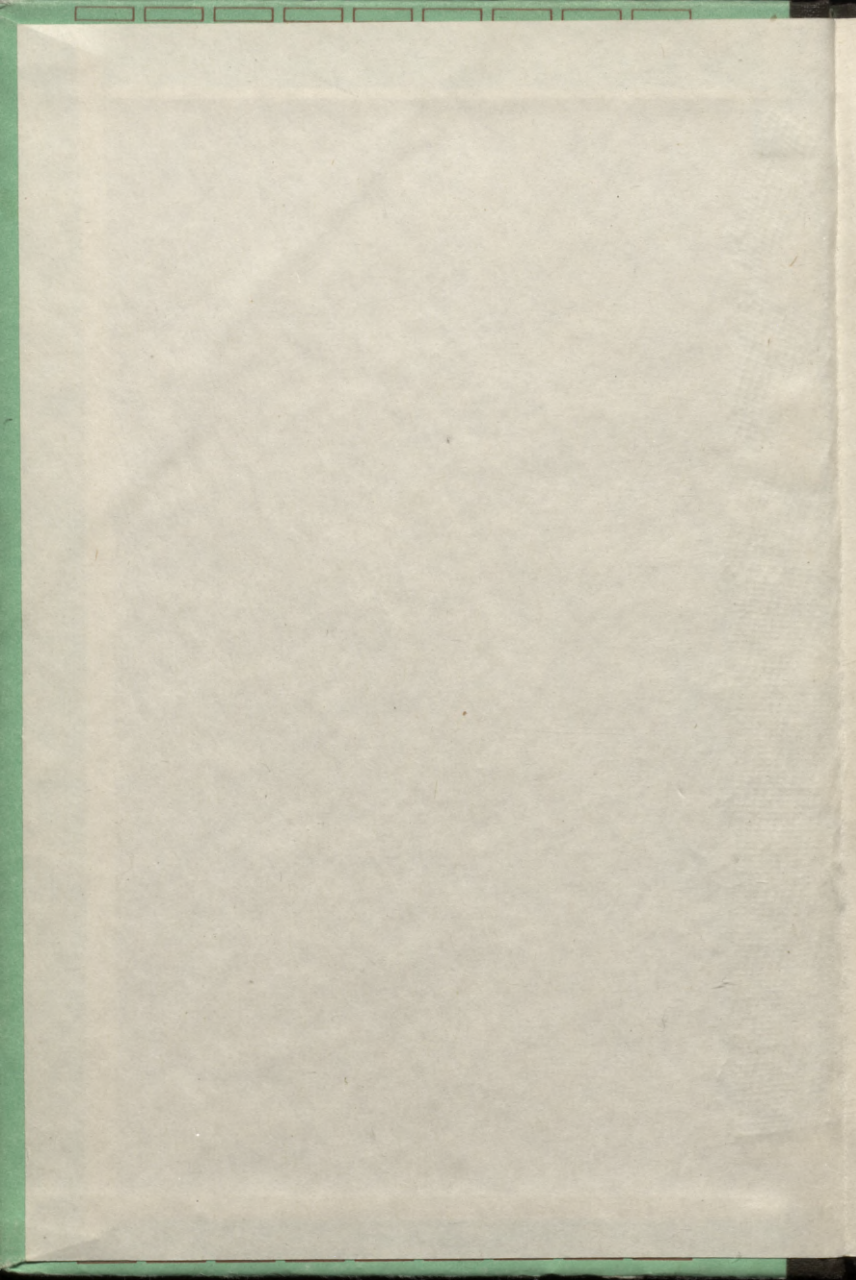
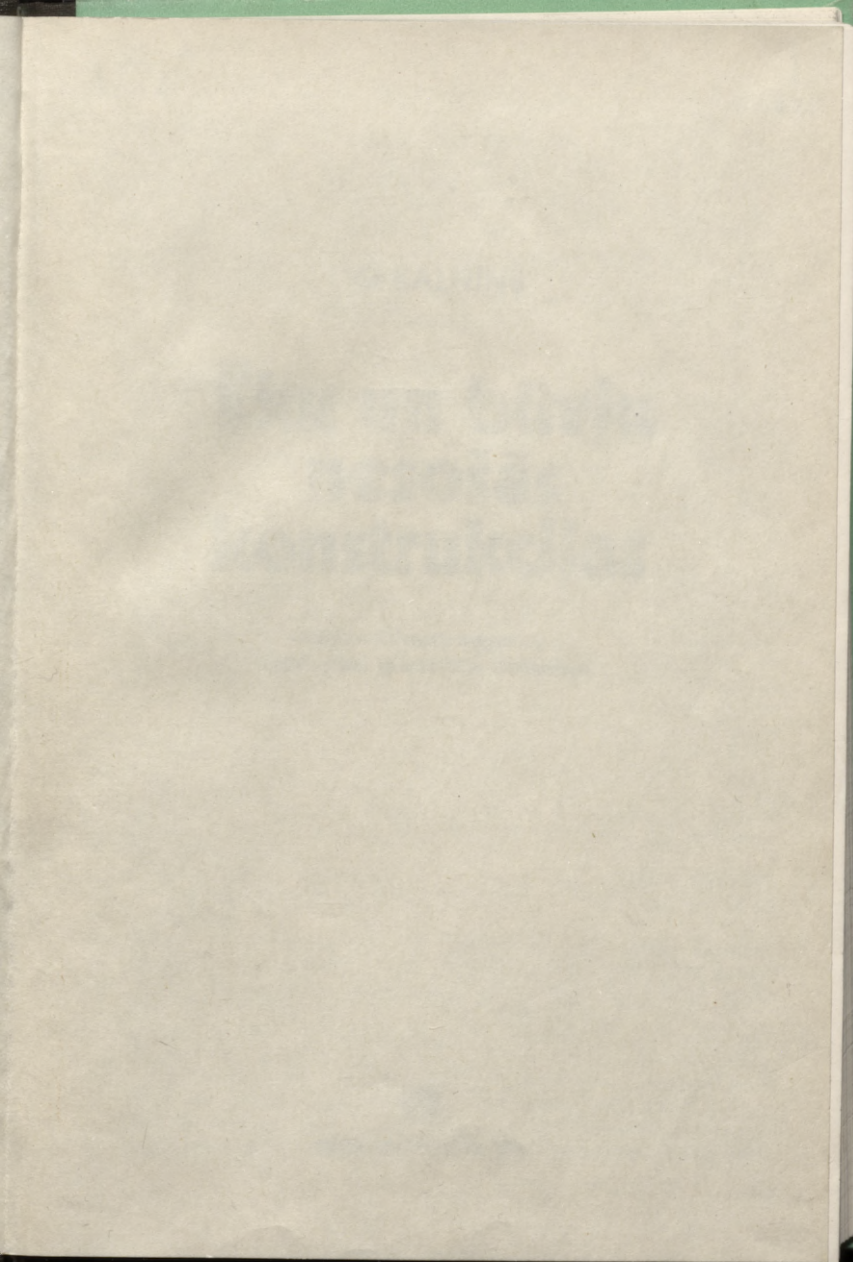


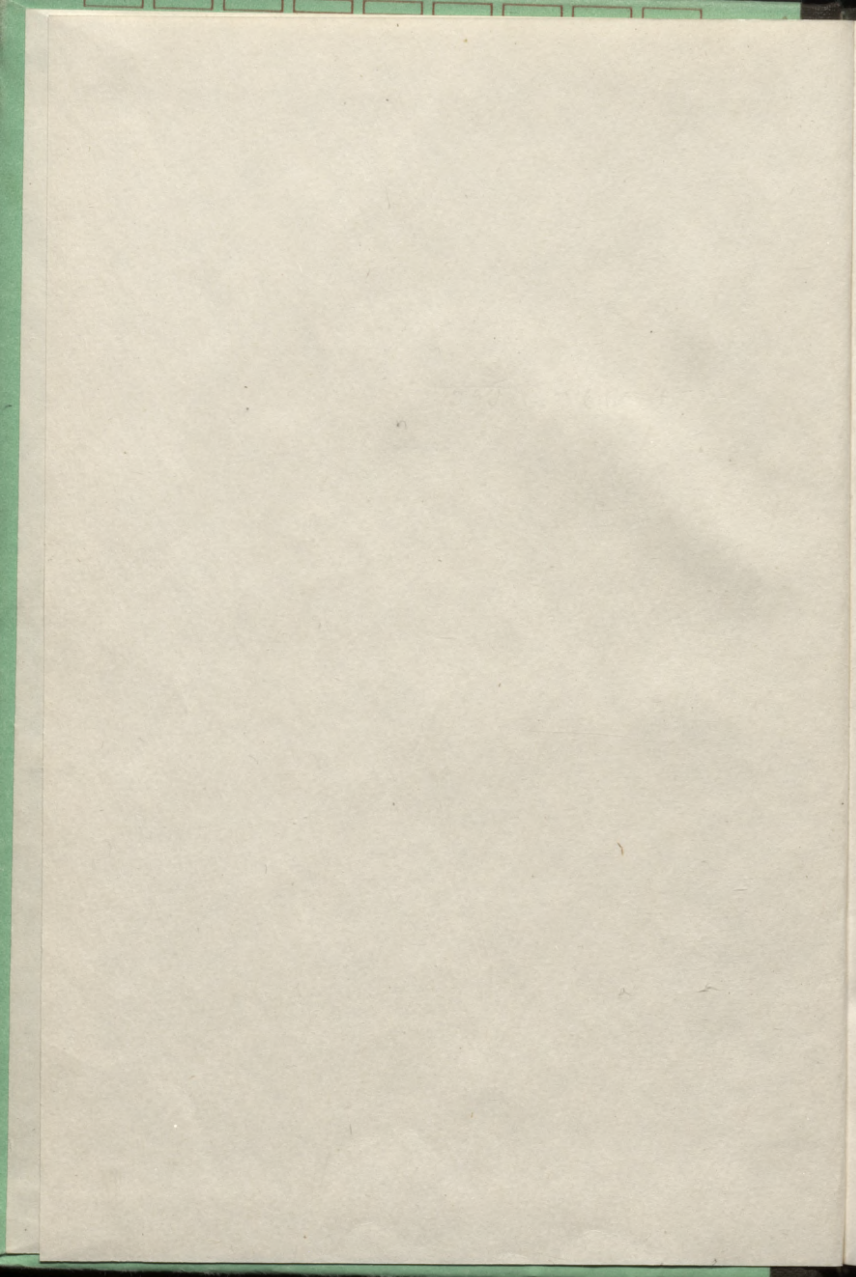
92-4
L 4

G. KALNIŅŠ

Ēku un būvju nesošās konstrukcijas







L 92-4
4

L
624

Kolnais Ģeometrisks
ĒKU UN BŪVJU
NESOŠAS KONSTRUKCIJAS

G. KALNIŅŠ

Ēku un būvju nesošās konstrukcijas

Mācību līdzeklis augstskolu
celtniecības specialitāšu studentiem



RIGA «ZVAIGZNE» 1991

Kalniņš Gunārs Augusta d.

**ĒKU UN BŪVJU
NESOŠAS KONSTRUKCIJAS**

Redaktore R. Priedīte. Māksl. redaktors U. Gulbis.
Tehn. redaktore A. Svilpe. Korektore V. Stobe.
Vāku zīm. O. Bērziņš.

Izdevniecība «Zvaigzne», 226013, Rīgā, K. Valdemāra ielā 105. Reģistr. apliec. Nr. 2-0300. Izdevn. Nr. 8133/T-241. 16,5 uzsk. iespiedl., 18,51 izdevn. l. Metiens 2000 eks.

Iespiesta tipogrāfijā «Rota», 226011, Rīgā, Blaumaņa ielā 38/40. Pasūt. Nr. 1152-1. Cena 80 kap.

LATVIJAS VALSTS
BIBLIOTĒKA

~~82~~ 545 030611479

Grāmatā iztirzāti šādi temati: nesošo konstrukciju projektēšanas principi, nesošas konstrukcijas dabā, nesošo konstrukciju attīstība, mūdienu ēku un būvju karkasi, pārsegumu tipveida konstrukcijas, telpiskie pārsegumi, iekārtie pārsegumi, membrānu pārsegumi, režģotās telpiskās konstrukcijas, pneimatiskās nesošas konstrukcijas, atsevišķu konstrukciju vienkāršoti aprēķini. Liela uzmanība veltīta tehnisko un arhitektūras problēmu saistībai.

Recenzents *L. Pabērzs*

Pēc autora skicēm ilustrācijas zīmējis *P. Vinklers*

Ievads

Celtniecības industrializācijas un intensifikācijas pamatā ir zinātniski tehniskais progress ēku un būvju nesošo konstrukciju izgatavošanā, montāžā un ekspluatācijā, samazinot būvmateriālu daudzumu, kā arī darba un naudas resursus. Šo jautājumu atrisināšana ir cieši saistīta ar kvalitatīvu jauno speciālistu (inženieru celtnieku un arhitektu) sagatavošanu. Grāmatā ietvertais materiāls ļaus intensificēt mācību procesu un plašāk apgūt zināšanas par ēku un būvju nesošajām konstrukcijām.

Lai izveidotu optimālu cilvēku darbības un atpūtas vidi ar ekonomisku risinājumu, ēku un būvju konstruktīvajam un arhitektoniskajam risinājumam tiek noteiktas arvien augstākas kvalitātes prasības. Ēkas un būves sastāv no nesošām un aizpildošām konstrukcijām. Nesošo konstrukciju izpēte, analīze, novērtēšana un sintēze ir nepieciešama gan visai celtniecībai kopumā, gan arī tās atsevišķām konstrukcijām. Nedrīkst aizmirst, ka galvenās nesošās konstrukcijas ietekmē arhitektonisko telpiskā plānojuma izteiksmīgumu. Tam nolūkam katrā konkrētā gadījumā ir jāizstrādā un savā starpā tehniski ekonomiski jāsalīdzina vairāki nesošo konstrukciju varianti, lai pēc tam izdevīgāko nesošo konstrukciju ieviestu dotajā projektā. Tādēļ projektētājam ir jāapgūst noteikts zināšanu daudzums par dažādu nesošo konstrukciju lietošanu konkrētai ēkai vai būvei. Šīs zināšanas ir jāapgūst pa etapiem.

Pirmajā etapā jāiepazīstas ar senāk celtām līdzīgām ēkām un būvēm un to nesošajām konstrukcijām, kā arī ar dabā sastopamajām konstrukcijām.

Otrajā etapā jāiepazīstas ar principiāli atšķirīgām dažādām nesošajām konstrukcijām un to nestspējām. Šajā etapā jānoskaidro arī nesošo konstrukciju iekšējie spriegumi, kas rodas ārējo spēku ietekmē, un sadalījums pa konstrukcijas elementiem.

Trešajā etapā jānoskaidro izvēlētās nesošās konstrukcijas galvenie rādītāji, ģeometriskie parametri un izmantotais materiāls. Šajā etapā par palīglīdzekļiem izmanto ārējo slodžu izraisītās dotās konstrukcijas iekšējo spriegumu un deformāciju diagrammas.

Mūsdienās ēku un būvju projektēšana attīstās, ieviešot automatizāciju, kā arī nesošo konstrukciju aprēķinos izmantojot elektroniskos

skaitļotājus, ar kuru palīdzību aprēķina un attēlo grafiski apmēram 20% nesošo konstrukciju. Turpmāk cilvēks būs brīvs no darbietilpīgiem konstrukciju projektēšanas procesiem un varēs pilnīgi nodoties radošam darbam.

Ko tad sauc par nesošo konstrukciju? Kas jāzina par nesošajām konstrukcijām arhitektam un inženierim celtniekam?

Par ēku un būvju nesošajām konstrukcijām sauc konstrukcijas, kuras spēj uzņemt visas pastāvīgās un mainīgās slodzes un pārnest tās tālāk uz nākamo nesošo konstrukciju līdz pat pamatnei, piemēram, pārseguma plātne, sija vai kopne, kolonna, pamats u. c.

Arhitektam ir jāzina dažādu konstrukciju forma un ģeometriskie izmēri, to nestspējas, izmantošanas iespējas, materiāls, virsmas apdare utt. Tātad jāzina tas viss, kas var ietekmēt ēkas vai būves telpiskā plānojuma risinājumus un arhitektonisko izteiksmīgumu, piemēram, lielām sporta būvēm tieši nesošās pārseguma un atbalsta konstrukcijas ietekmē kopējo arhitektonisko izteiksmīgumu un iekšējo funkcionālo plānojumu.

Inženierim celtniekam jāprot izvēlēties pareizu nesošo konstrukciju dotajai ēkai vai būvei, to pareizi aprēķināt, pieņemt optimālos izmērus un kopējo formu, t. i., tādu, lai tā nebejātu kopskatu un atbilstu arhitekta noteiktajām prasībām, lai tai būtu minimāla masa, lai tā būtu vienkārši izgatavojama, ērti transportējama un ātri samontējama būvlaukumā.

Arhitektam jāzina, kādā veidā konstrukcijas veido ēkas formu un kā tās ietekmē ēkas telpiskā plānojuma risinājumus. Inženierim celtniekam jāzina, kādā veidā konstrukcijas veido ēkas formu un kā tās ietekmē ēkas telpiskā plānojuma risinājumus. Inženierim celtniekam jāzina, kādā veidā konstrukcijas veido ēkas formu un kā tās ietekmē ēkas telpiskā plānojuma risinājumus.

Inženierim celtniekam jāzina, kādā veidā konstrukcijas veido ēkas formu un kā tās ietekmē ēkas telpiskā plānojuma risinājumus.

Inženierim celtniekam jāzina, kādā veidā konstrukcijas veido ēkas formu un kā tās ietekmē ēkas telpiskā plānojuma risinājumus.

Inženierim celtniekam jāzina, kādā veidā konstrukcijas veido ēkas formu un kā tās ietekmē ēkas telpiskā plānojuma risinājumus.

Inženierim celtniekam jāzina, kādā veidā konstrukcijas veido ēkas formu un kā tās ietekmē ēkas telpiskā plānojuma risinājumus.

Inženierim celtniekam jāzina, kādā veidā konstrukcijas veido ēkas formu un kā tās ietekmē ēkas telpiskā plānojuma risinājumus.

Inženierim celtniekam jāzina, kādā veidā konstrukcijas veido ēkas formu un kā tās ietekmē ēkas telpiskā plānojuma risinājumus.

Inženierim celtniekam jāzina, kādā veidā konstrukcijas veido ēkas formu un kā tās ietekmē ēkas telpiskā plānojuma risinājumus.

I. Nesošās konstrukcijas dabā

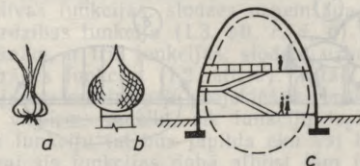
1.1. Vispārīgs apskats

Daudz senu vēsturisku būvju konstrukcijas ir veidotas līdzīgi dabā sastopamajām ķermeņu formām, kā, piemēram, Krievzemes veco baznīcu kupoli ir veidoti pēc sīpola vai ūdens piliena formas. Pat mūsdienās ir izplatīti kupoli, kuru forma atbilst vertikāli uzstādītai olai (1.1. att.). Analizējot augu valsts daudzveidīgās konstrukcijas, ir iespējams tālāk attīstīt un pilnveidot cilvēku radītās nesošās konstrukcijas.

Dabas un cilvēku izveidoto konstrukciju līdzību un pretstatu var izmantot par izejmateriālu jaunu ēku un būvju nesošo konstrukciju radīšanai, tāpēc ka cilvēks vienmēr ir centies izmantot dabas dotos paraugus.

Augu un dzīvnieku šūnu uzbūvē ir sastopamas estētiski izteiksmīgas konstrukcijas, kuru formas tiek izmantotas ēku un būvju celtniecībā, kā, piemēram, bišu šūnas sešstūra racionālās formas un konstrukcijas u. c.

Vai pastāv savstarpēja saistība starp konstrukcijām dabā un cilvēku veidotajām konstrukcijām vai ne? Vai dabā sastopamās konstrukcijas ir bez trūkumiem? Vai tās var izmantot par celtniecības konstrukciju projektēšanas paraugiem?



1.1. att. Konstrukciju līdzība dabā un celtniecībā:

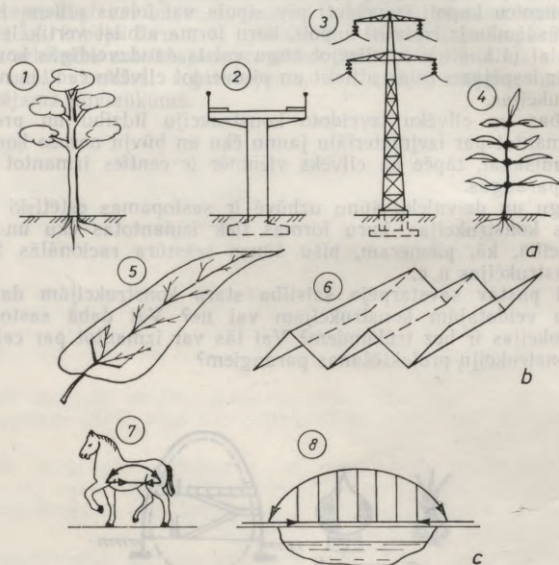
a — sīpols; b — senās Krievzemes baznīcas kupols; c — olai līdzīga reaktora čaula no monolīta dzelzsbetona.

Turpmākajās nodaļās uz šiem jautājumiem tiks dota atbilde, kā arī sniegta informācija par dabā sastopamo konstrukciju formu un nestspējas optimālu atrisināšanu.

1.2. Bionika un bioarhitektūra

Bionika ir zinātne par bioloģisko sistēmu struktūras un darbības principu izmantojamību tehnikā. *Bioarhitektūra* ir zinātnes virziens 20. gs. arhitektūrā.

Bioarhitektūra telpiskās vides organizācijai pilsēt būvniecībā un atsevišķās celtnēs, kā arī jaunu materiālu un konstrukciju radīšanai izmanto augu un dzīvnieku valsts strukturālos un konstruktīvos principus. Šādi veidotas arhitektoniskas formas bija sastopamas jau Senajā Ēģiptē, bet īpaši — mūsu gadsimta jūgendstila celtnēs. Mūsdienās bioarhitektūra uzskatāmi izpaužas liellaiduma plānajos pārsegumos (arhīt. F. Kendela, Meksika; P. L. Nervi, Itālija; R. Sar-



1.2. att. Dažādas nesošās konstrukcijas dabā un celtniecībā:

a — konsoles tipa nesošās konstrukcijas; *b* — krokveida nesošās konstrukcijas; *c* — lokveida nesošās konstrukcijas; 1 — ar saknēm zemē «noenkurots» koks, kura zari iespīlēti stumbūrā; 2 — tilta balsts; 3 — elektrolīnijas balsts; 4 — auga stiebrs ar lapām; 5 — auga lapa; 6 — krokveida nesošās konstrukcijas darbība; 7 — zirga skeleta darbības shēma ar spēku darbības virzieniem; 8 — lokveida tilta shēma un spēku darbības virzieni.

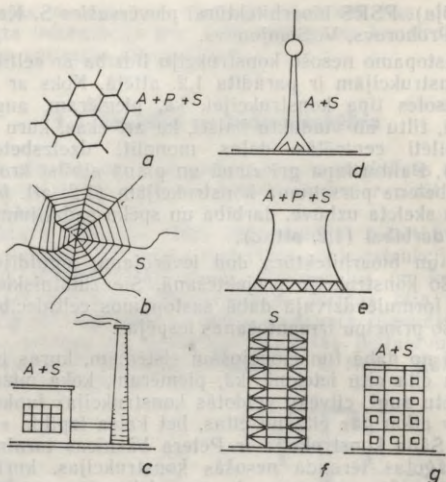
žērs, Francija). PSRS bioarhitektūrai pievērsušies S. Karpovs, I. Ļebedevs, A. Prohorovs, V. Semjonovs.

Dabā sastopamo nesošo konstrukciju līdzība ar celtniecībā sastopamām konstrukcijām ir parādīta 1.2. attēlā. Koks ar zariem dabā atbilst konsoles tipa konstrukcijai, kā, piemēram, augstsprieguma līniju balsti, tiltu un viaduktu balsti, kā arī ēkas, kuru stāvu pārsegumi iespīlēti centrālās daļas monolīti dzelzsbetona serdenī (1.2. att. *a*). Palmu lapa griezumā un plānā atbilst krokveida nesošām dzelzsbetona pārseguma konstrukcijām (1.2. att. *b*). Dzīvnieku valsti zirga skeleta uzbūve, darbība un spēka sadalījums atbilst lokveida tiltu darbībai (1.2. att. *c*).

Bionika un bioarhitektūra dod ievērojamu ieguldījumu ēku un būvju nesošo konstrukciju projektēšanā. Sie zinātniskie virzieni izskaidro un formulē dzīvajā dabā sastopamos celtniecības principus un parāda šo principu izmantošanas iespējas.

Atkarībā no dabā funkcionējošām sistēmām, kuras ir savstarpēji saistītas un cita citu ietekmē, kā, piemēram, koka miza, bez kuras koks nevarētu augt, cilvēku veidotās konstrukcijas funkcionē patstāvīgi un nav atkarīgas cita no citas, bet katra izpilda savu noteiktu uzdevumu. Šāda konstrukcija ir Pētera baznīcas tornim, kas izveidots no režģotas tērauda nesošās konstrukcijas, kura apšūta ar vara loksniem. Šis apšuvums ir gan dekoratīva virsma, gan arī vienlaikus tas aizsargā nesošo karkasu no atmosfēras iedarbības, nepalīdzot tam nest slodzi. Dabā redzam, ka dzīva organisma funkcija ir bioloģisku procesu sistēma, kas nodrošina organisma dzīvotspēju. Turpretī cilvēka apzināta darbība ēku un būvju projektēšanā un celtniecībā nodrošina ne tikai cilvēku dzīves bioloģisko vidi, bet arī cilvēku sabiedrisko dzīvi un darbību. Savukārt arhitektūra aptver cilvēku garīgo aspektu un mākslinieciski estētisko izpratni.

Analoģija starp pamatfunkcijām tehniskās un bioloģiskās sistēmās dota 1.3. attēlā. Attēlā parādītajām dabā sastopamām un tehnikā un celtniecībā pielietotām struktūrām un konstrukcijām ir vairākas funkcijas. Lapu šūnām ir trīs funkcijas: aizsardzības, slodzes uzņemšanas un pārveidošanās funkcijas (1.3. att. *a*). Zirnekļa tīklam un ēkas karkasam ir tikai viena funkcija — slodzes uzņemšana (1.3. att. *b, f*). Rūpnīcas dūmenim, televīzijas tornim un lielpaneļu ēkai ir divas funkcijas: slodzes uzņemšanas un atmosfēras iedarbības aizsardzības funkcija (1.3. att. *c, d, g*). Bet gradētavai, tāpat kā lapu šūnām, ir trīs funkcijas: slodzes uzņemšanas, aizsardzības un pārstrādes funkcija (1.2. att. *e*). Tātad, izmantojot piemērus no dabas jaunu konstrukciju projektēšanā un ieviešanā celtniecībā, ir svarīgi vispirms noteikt, cik funkciju izpilda dotā dabas konstrukcija, cik funkciju tai būs jāpilda ēku vai būvju ekspluatācijas laikā un vai šīs funkcijas dabā atbilst tām funkcijām, kuras jāpilda celtniecības konstrukcijai. Nedrīkst arī aizmirst, ka liela nozīme dzīvās dabas konstrukciju salīdzināšanai ar celtniecības konstrukciju vai to izmantošanai ir arī optiskajai analoģijai, it sevišķi risinot ēku un būvju arhitektonisko izteiksmīgumu.



1.3. att. Dažādas nesošo konstrukciju funkcijas dabā un celtniecībā:

a — lapas šūna; b — zirnekļa tīkls; c — rūpnīcas dūmenis; d — televīzijas tornis; e — gradētava; f — daudzstāvu ēkas karkass; g — lielpaneļu ēka; A — aizsardzības funkcija; S — slodzes uzņemšanas funkcija; P — pārveidošanās vai pārstrādes funkcija.

Bioarhitektūra ir izpētījusi, kā cilvēces vēsturiskās attīstības gaitā dabā sastopamās formas ietekmē arhitektūras procesu attīstību. Redzams, ka dabas funkcionāli pareizi orientētās formas mērķtiecīgi tiek izmantotas celtniecības objektos.

Salīdzinot pēc ārējās formas dabā veidotās un celtniecībā lietotās konstrukcijas, varam secināt, ka tās visā savā attīstības gaitā ir sastāvējušas no vienādas formas elementiem. Tādēļ mūsdienu nesošo konstrukciju projektētājiem sistemātiski ir jāanalizē dabas struktūras un konstrukciju formas, lai tās interpretētu celtniecības nesošajās konstrukcijās. Gan dabā, gan arī celtniecībā konstrukcijām ir kopējas ģeometriskas formas, kuras galvenokārt sastāv no taisnstūriem, trīsstūriem un apliem.

1.3. Dabas un celtniecības konstrukciju salīdzinājums

Dabā sastopamo dzīvo būtņu un augu valsts evolūcijas procesi norit miljoniem gadu. Šie procesi visbiežāk noritēja lēcienveidā mainīgos un sarežģītos apkārtējās vides apstākļos. Analogiski attīstījās un pilnveidojās nesošās konstrukcijas ēku un būvju celtniecībā, tikai daudz īsākā laikā. Nesošo konstrukciju attīstība bija cieši saistīta ar arhitektūras attīstību dažādos gadsimtos, bet arhitektūra

savukārt bija saistīta ar ražošanas spēku attīstību un jaunu sabiedrisko attiecību izveidošanos.

Jāatzīmē, ka, apskatot jautājumus par dabas un celtniecības konstrukciju atšķirību un kopīgumu, nedrīkstam aizmirst atšķirības starp prasībām dabā un celtniecībā. Dabā izveidotajām konstrukcijām (kā dzīvnieku, tā arī augu valstī) galvenā prasība ir augšana, vairošanās un izdzīvošana. Šie procesi noris, šūnām vairojoties vai sairstot vecajām šūnām. Piemēram, kokam mežā apakšējie zari nokalst un nokrīt, bet stumbrs aug arvien resnāks un slaidāks. Tātad dabā nepastāv prasība par atsevišķu konstrukcijas daļu nemainīgumu vai to atsevišķu daļu maksimālo pārvietojumu ierobežojumiem. Citādi tas ir ar celtniecības konstrukcijām. Tās laika gaitā nedrīkst deformēties vairāk nekā atļauts normatīvajās robežās (tas jāņem vērā šo konstrukciju aprēķinā), kā arī neviena nesošās un aizpildošās konstrukcijas daļa ekspluatācijas laikā nedrīkst «iziet no ierindas». No teiktā varam secināt, ka, ņemot piemērus no dabā esošajām konstrukcijām un tās izmantojot celtniecības jaunu konstrukciju izveidošanā, katrā konkrētā gadījumā jāpieiet kritiski.

Apskatot celtniecībā ēku un būvju nesošo konstrukciju un dabā sastopamo līdzīgo konstrukciju īpašības, redzam, ka ēku nesošos gotiskos konstrukciju elementus var salīdzināt ar mūsdienu režģoto kupola konstrukciju tāpat kā dabā pirmatnējā zvēra skeletu ar mūsdienu zidītājdzīvnieku skeletu.

Pētot dabas veidotās konstrukcijas un to darbības principus, piemēram, koka sakņu tīklu un enkurojumu zemē, redzam, ka šī dabas konstrukcija var būt par paraugu elastīgām nesošajām konstrukcijām, projektējot daudzstāvu ēkas viesuļvētras rajonos.

Daudzām dabā sastopamām konstrukcijām ir sešstūra forma, kā, piemēram, bišu šūnām, bruņurupuču bruņām u. c. Redzam, ka dabā, tāpat kā celtniecībā tiek realizēts princips — veidot atvieglo-tas konstrukcijas ar optimālu materiāla patēriņu. Celtniecībā šis princips tiek izmantots, lai ekonomētu materiālu, piemēram, veidojot sešstūra režģi vai sešstūra plakni, var samazināt sadalošo sienu šķērsgriezumu salīdzinājumā ar tādām pašām četrstūra vai trīsstūra sistēmām dažādās nesošās konstrukcijās.

Salīdzinot struktūras un sistēmas apjomu, galvenokārt ir jāizpēta regulēšanas, vadīšanas un pārveidošanas funkcijas. Dabā plānsieniņu čaulām, kā, piemēram, gludajiem gliemežvākiem, olu čaumalai, cilvēka galvaskausam u. c. ir asimetriska konstrukcija, kas radusies, pastāvīgi darbojoties asimetriskām slodzēm. Arī uz celtniecības konstrukcijām darbojas asimetriskas slodzes, taču diemžēl vēl joprojām ēku un būvju celtniecībā tiek izmantotas simetriskas konstrukcijas. Analizējot dabas konstrukcijas, varam secināt, ka asimetriskas formas konstrukcijas ir ekonomiskākas un racionālākas par simetriskas formas konstrukcijām.

Dabas un celtniecības nesošo konstrukciju salīdzināšana nebūtu pilnvērtīga, ja mēs neapskatītu dažus jautājumus par šo konstrukciju mērķtiecīgu izmantošanu nesošo konstrukciju turpmākajā attīstībā.

Nesošajām konstrukcijām, pirmkārt, ir jāuzlabo materiālu īpašības. Nākotnē pārsegumu norobežojošām un nesošajām konstrukcijām ir jāizmanto polimēru materiāli, kuru materiālās struktūras ir analogiskas organiskajiem materiāliem, kā arī tiem ir jābūt ar tādām pašām īpašībām kā organiskām čaulām, t. i., ādai vai augu noseplēvei, kuru šķērsgriezuma struktūra ļautu cauri plūst noteiktām gāzēm, lai varētu regulēt telpās mikroklimatu.

Otrkārt, ir jāražo būvmateriāli ar sevišķi elastīgām īpašībām. Tie ir materiāli, kuriem ilgstošas slodzes laikā nerastos paliekošas šļūdes deformācijas. Ieviešot un ražojot šādus materiālus celtniecībā, būtu iespējams izgatavot konstrukcijas ar jaunām nestspējas īpašībām. No šāda materiāla izgatavotajās nesošajās konstrukcijās elastīgās deformācijas ļaus automātiski sadalīt un izlīdzināt spriegumus konstrukcijas elementā. Vanšu un membrānu konstrukcijās šāda tendence celtniecības praksē jau tiek ieviesta.

Ļoti elastīgas ir ziedlapas, kuras no koncentrētas slodzes (piem., bites nosēšanās un aizlaišanās) ievērojami deformējas, bet pēc slodzes noņemšanas atgūst sākotnējo stāvokli.

Tātad varam secināt, ka dabā sastopamās nesošās konstrukcijas varam izmantot par paraugiem jaunu nesošu konstrukciju ieviešanai celtniecībā, izmantojot materiālus ar labākām nestspējas īpašībām, kā arī dabas veidoto nesošo konstrukciju (it sevišķi augu stiebru uzbūve) izpēte var rosināt radošo domu ēku un būvju konstrukciju projektēšanā un tās tālākā attīstībā;

atsevišķām dabā sastopamām nesošām konstrukcijām ir ievērojami labākas stiprības un deformatīvās īpašības nekā celtniecībā izmantotajām nesošajām konstrukcijām;

nesošās konstrukcijas dabā attīstās atkarībā no dabīgās atlasses, kas ir ciešā saistībā ar apkārtējo vidi.

Dabā sastopamās nesošās konstrukcijas bieži vien ir kāda dzīva organisma sastāvdaļa, kura nodrošina dzīvības funkcionēšanu un laika gaitā izmainās, tādējādi tai ir mainīgas stiprības un deformatīvās īpašības. Tas obligāti jāievēro, ņemot piemērus no dabas, jo celtniecībā nesošās konstrukcijas ar šādām īpašībām lietot pilnībā nevar. Dabā sastopamās konstrukcijas nekaitē apkārtējai videi, bet cilvēku veidotās konstrukcijas bieži vien nelabvēlīgi ietekmē dabas apstākļus un pat izmaina apkārtējo vidi.

Apkārtējās vides izmaiņas ir lielā mērā atkarīgas no kapitālās celtniecības apjoma. Pirms attīstīt kādu rūpniecības nozari, kurai ir apkārtējai videi kaitīga tehnoloģija, nepieciešams noteikt tās pareizo atrašanās vietu dabā, kā arī vienlaikus izbūvēt vides aizsardzības sistēmu. Tāpēc visus nākotnes celtniecības projektus, kuri pasliktinās cilvēka dzīves vidi un kaitēs tai, ir nepieciešams noliegt vai arī izveidot tādus, lai tie garantētu cilvēka organisma veselīgu funkcionēšanu. Šis princips ir vienīgais piemērotais kritērijs visu būvju un to konstruktīvo elementu novērtēšanai, kas saistīti ar apkārtējo vidi.

2. Nesošo konstrukciju vēsturiskā attīstība

2.1. Ražošanas spēku un līdzekļu ietekme uz nesošo konstrukciju attīstību

Nesošo konstrukciju attīstība ir noritējusi apmēram pieci tūkstošī gadu, un to var iedalīt trīs galvenos etapos (2.1. att.).

Pirmajā etapā pirmatnējās kopienas laikā, kad ražošanā izmantoja tikai cilvēka muskuļu spēku, nesošās konstrukcijas veidoja no dabā sastopamiem dabiskajiem materiāliem — akmens un koka stumbriem. Galvenās būves bija cilvēku mītnes (2.1. att. *a*), kuru forma un uzbūve sākumā līdzinājās dzīvnieku mītnēm vai putnu ligzdām, t. i., tika izmantotas dažādas spraugas un alas, kuras nosedza ar akmeņiem un koka stumbru krāvumiem. Izmantojamo konstrukciju elementu (akmeņu un koka stumbru) izmēri bija atkarīgi no cilvēku muskuļu spēka. Mītņu galvenais uzdevums bija aizsargāt cilvēku no dabas apstākļu (lietus, vētras, vēja u. c.) kaitīgās ietekmes. Vēlāk cilvēku mītnes sāka atšķirties no dzīvnieku mītnēm. Galvenokārt bija ģeometrisku formu atšķirības, t. i., cilvēku mītne plānā apzināti tika veidota taisna vai izliekta, bet dzīvnieku mītne —



2.1. att. Ražošanas spēki un līdzekļi nesošo konstrukciju attīstības etapos: *a* — cilvēku muskuļu izmantošana celtniecībā; *b* — vienkāršu mehānismu (sviru, veltņu, riteņu u. c.) izmantošana celtniecībā; *c* — būvdarbu mehānizācija un automatizācija.

parasti neapzināti veidota kā aplis. Mītnes virsma vai «pārsegums» cilvēku mītnēm apzināti ir plakans vai izliekts, bet dzīvnieku mītnē — nekārtīgi izveidota neapzināta izliekta virsma. Tātad redzam, ka cilvēks savas mītnes ceļ apzināti, izmantojot jau prātu, nevis tikai muskuļu spēku.

Otrajam etapam ir raksturīga ražošanas spēku un līdzekļu attīstība, kad cilvēks sāk izmantot vienkāršus dabas likumus savā labā un celtniecībā izmanto sviras, veltņus, riteņus, vinčas u. c., t. i., pārīet no dabisku neliela izmēra neapstrādātu konstrukcijas materiālu (akmens, koks) izmantošanas uz daudz lielāka izmēra akmens materiālu izmantošanu ar noteiktām geometriskām formām noteiktas formas būvēs. Šajā etapā vēlākajā periodā plaši sāk izmantot dažādus mehānismus, tādējādi daudzkārt palielinot spēkus konstrukciju pārvietošanai. Piemēram, 2700. g. p. m. ē. celtajās piramidās ir izmantoti lieli regulāras formas akmeņi (Heopsa piramīdas augstums ir 146,6 m, un visa piramīda ir celta tikai no lieliem, gludi apstrādātiem akmeņiem). Tas liecina, ka tajā laikā cilvēks jau prata izmantot mehānismus lielu smagumu pārvietošanai ievērojamā augstumā un attālumā (2.1. att. b).

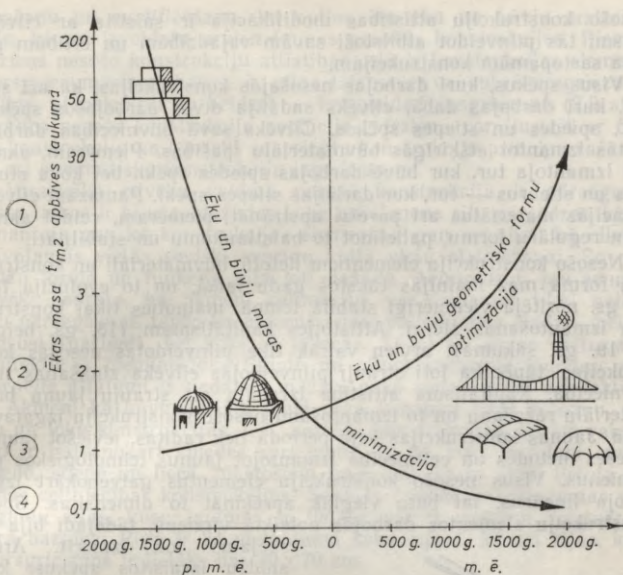
Trešajā etapā (ietilpst arī mūsdienas) celtniecībā, tāpat kā citās ražošanas nozarēs, ļoti intensīvi attīstās ražošanas spēki, kuru attīstības pamatā ir zinātnes atklājumi. Trešajā etapā ēku un būvju celtniecībā tiek izmantots liels skaits dažāda tipa mehānismu un būvmašīnu, tādējādi nesošās konstrukcijas ir iespējams pārvietot un pacelt jebkurā augstumā un attālumā. Tagad grūti pieejamās vietās ēkas un būves montē ar helikopteru palīdzību. Cilvēka uzdevums galvenokārt ir vadīt un organizēt darba procesu, kā arī kontrolēt tā izpildes kvalitāti. Visu šo darbu mērķis un uzdevums ir optimāli izmantot ražošanas līdzekļus, minimāli patērējot celtniecības izmaksas un laiku, kā arī vienlaikus nodrošināt optimālus ceļamās ēkas vai būves ekspluatācijas apstākļus.

2.2. Būvmateriālu un nesošo konstrukciju vēsturiskās attīstības apskats

Dažādu ēku un būvju vēsturiskā attīstība ir cieši saistīta ar galveno būvmateriālu ieviešanu celtniecībā, tāpēc ka cilvēks iemācījās apzināti izmantot dabā sastopamos būvmateriālus un konstrukcijas.

Ja apskatām laika periodu no 2000. g. p. m. ē. līdz 20. gs. m. ē., tad pēc ēkas masas izmaiņām uz 1 m² apbūves laukuma, kas raksturo izmantojamās būvmateriālus un laidumu palielināšanos šajā laika periodā, varam izpētīt ēku un būvju nesošo konstrukciju attīstību (2.2. att.).

Senās Ēģiptes piramīdu celtniecībā lietoja regulāras formas dabiskos akmeņus, tādējādi būves masa uz 1 m² apbūves laukuma bija līdz 200 t/m². Atkarībā no akmens krāvumu balstīšanas un izvieto-



2.2. att. Būvniecības attīstība atkarībā no nesošo konstrukciju attīstības un izmantošanas sfēras:

1 — masīvu dabiskā akmens bloku konstrukcijas; 2 — konstrukciju izveidošana no akmens mūriem; 3 — karkasu konstrukcijas; 4 — čaulu nesošās konstrukcijas.

šanas veida vēlākā laikā (ap 1000. g. p. m. ē.) Sīrijā, Bābelē, Grieķijā ēkas masa uz 1 m^2 apbūves laukuma strauji samazinājās un sasniedza $2,5 \dots 3 \text{ t/m}^2$. No 500. g. p. m. ē. līdz mūsu gadsimta sākumam, kad nesošās konstrukcijas veidoja no akmens mūriem, būves masa uz 1 m^2 izmantojamās platības vēl vairāk samazinājās un sasniedza tikai $1,5 \dots 2 \text{ t/m}^2$. Jāatzīmē, ka visos iepriekšējos periodos laidumu optimizācija jeb lielums izmainījās nedaudz. Izmantojot dažādu ēku un būvju celtniecībā nesošo karkasu, varēja samazināt ēkas masu — apmēram mūsu ēras 1000. gadā tā bija jau 1 t/m^2 , bet 20. gs. ļoti strauji samazinājās ēkas masa un palielinājās laidums. Mūsdienās ēku un būvju celtniecībā izmanto dažādas čaulas, tādējādi samazinot būves masu tā, ka tā ir tikai $0,1 \text{ t/m}^2$ no apbūves laukuma.

Galvenie būvmateriāli līdz mūsu ēras 1100. ... 1200. gadam bija koks, dabiskais akmens un mākslīgais akmens (ķieģelis). Tālāk celtniecības attīstībā sāka lietot betonu, metālu un pat plastmasu.

Atkarībā no ekspluatācijas estētiskajām un ekonomiskajām prasībām pastāvīgi tika modificētas visas nesošo konstrukciju formas.

Nesošo konstrukciju attīstības modifikācija ir saistīta ar cilvēka tieksmi tās pilnveidot atbilstoši savām vajadzībām un ērtībām pēc dabā sastopamām konstrukcijām.

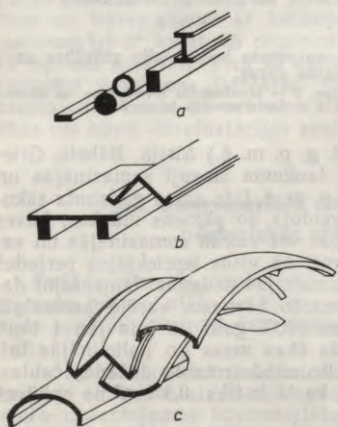
Visus spēkus, kuri darbojas nesošajās konstrukcijās, kā arī spēkus, kuri darbojas dabā, cilvēks sadalīja divos darbojošos spēkos, t. i., spiedes un stiepes spēkos. Cilvēks savā būvniecības darbībā centās izmantot atšķirīgās būvmateriālu īpašības. Piemēram, akmeņus izmantoja tur, kur būvē darbojas spiedes spēki, bet koka stumbrus un stiebrus — tur, kur darbojas stiepes spēki. Pamazām cilvēks iemācījās materiālus arī pareizi apstrādāt, piemēram, veidot akmeņiem regulāru formu, palielinot to balstslaukumu un stabilitāti.

Nesošo konstrukciju elementiem lietotie būvmateriāli un konstrukciju forma maz mainījās tūkstoš gadu laikā, un to evolūcija līdz 18. gs. noritēja vienmērīgi stabilā tempā, mainoties tikai konstrukciju izmantošanas sfērai. Attīstoties kapitālismam (18. gs. beigās un 19. gs. sākumā), arvien vairāk tika pilnveidotas nesošās konstrukcijas, tāpēc ka ļoti strauji pilnveidojās cilvēka zināšanas tieši būvniecībā. Kapitālisma attīstība izraisīja arī strauju jaunu būvmateriālu ražošanu un to izmantošanu nesošo konstrukciju izgatavošanā. Jaunas konstrukcijas šajā periodā tiek radītas, ieviešot jaunas aplēses metodes un celtniecībā izmantojot jaunus tehnoloģiskos paņēmienus. Visus nesošo konstrukciju elementus galvenokārt izgatavoja lineārus, lai būtu vieglāk aprēķināt to dimensijas. Spēki konstrukciju elementos darbojās noteiktā virzienā, tādējādi bija iespējams tos izmērīt. Ārējo slodžu izraisītos spēkus, kuri darbojās uz nesošām pārseguma konstrukcijām, uzņēma sijas, pasijas un kopnes u. c., kuras tālāk novadīja šos spēkus noteiktā virzienā pa sienām, kontrforsiem un kolonnām uz pamatni. Izmantojot šādas nesošo konstrukciju sistēmas, varēja izgatavot saliekamas konstrukcijas, kā arī ieviest būvniecībā standartizāciju un tipizāciju.

Eifeļa torni var uzskatīt par vienu no pirmajām būvēm, kurā tika izmantotas saliekamas tērauda standarta konstrukcijas.

Ieviešot būvniecībā betona konstrukcijas, 20. gs. sākumā plaši sāka lietot plakanās un telpiskās dzelzsbetona konstrukcijas.

No vēsturiskā viedokļa nesošo konstrukciju evolūcija nozīmē tālāku šo konstrukciju uz-



2.3. att. Šķērsgriezuma formas nesošo konstrukciju attīstības laikā:

a — dažāda šķērsgriezuma sijas, kuras darbojas liecē; *b* — dažādas plakanās nesošās konstrukcijas; *c* — dubultliekuma dažādas formas lokveida čaulas.

labošanu un modificēšanu, lai optimizētu ēku un būvju materiālo daļu, kā arī izveidotu arvien jaunas nesošās konstrukcijas. Pirmais virziens nesošo konstrukciju attīstības ceļā ir konstrukcijas elementu šķērsgriezuma izmaiņas, t. i., pilna taisnstūra vai apaļa šķērsgriezums, salikts, plānsieniņu un beidzot — krokveida šķērsgriezums (2.3. att.).

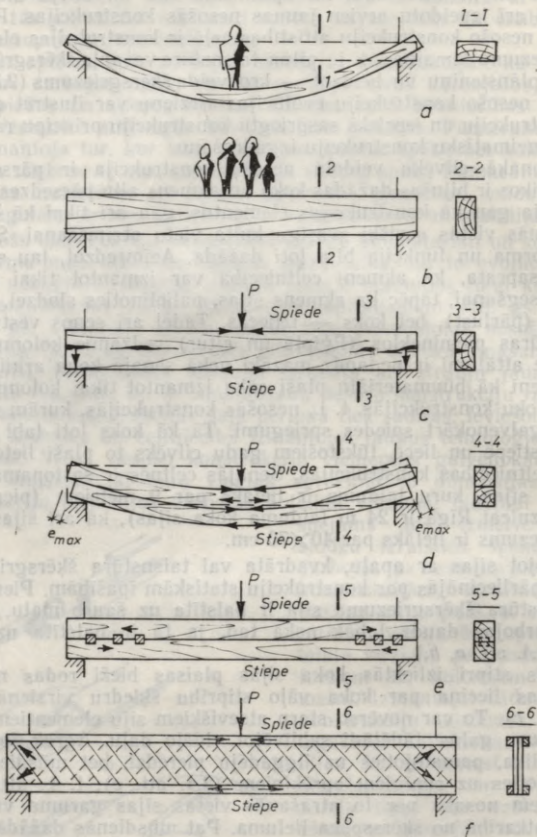
Otro nesošo konstrukciju evolūcijas virzienu var ilustrēt ar čaulas konstrukciju un iepriekš saspriegtgu konstrukciju principu rašanos, kā arī pneimatisku konstrukciju izgudrošanu.

Vissenākā cilvēku veidotā nesošā konstrukcija ir pārsegums. Visos laikos ir bijušas dažādas koka un akmens ailu pārsegdes, kuras izmantoja gan kā konstrukcijas elementus, gan arī tikai kā cilvēku dzīvojamās vietās sevišķi svarīgu kulta vietu atzīmēšanai. Šo pārsegžu forma un funkcija bija ļoti dažāda. Acīmredzot, jau senatnē cilvēki saprata, ka akmeni celtniecībā var izmantot tikai nelielu ailu pārsegšanai, tāpēc ka akmens sijas, palielinoties slodzei, pēkšņi sagrūst (pārlūst), bet koks — izliecas. Tādēļ arī senos vēsturiskos arhitektūras pieminekļos (Ēģiptē un citur) redzami kolonnu savstarpējie attālumi ir nedaudz mazāki nekā senajā koka arhitektūrā.

Akmeni kā būvmateriālu plaši sāka izmantot tikai kolonnu, velvju un loku konstrukcijās, t. i., nesošās konstrukcijās, kurām raksturīgi ir galvenokārt spiedes spriegumi. Tā kā koks ļoti labi strādā spiedē, stiepē un liecē, tūkstošiem gadu cilvēks to plaši lietoja dažādās celtniecības konstrukcijās. Senajās celtnēs ir sastopamas pārsegumu sijas, kuru laidums ir lielāks par 9 metriem (piemēram, Jura baznīcai Rīgā ir 24 m laiduma koka sijas), kā arī sijas, kuru šķērsgriezums ir lielāks par 40×70 cm.

Lietojot sijas ar apaļu, kvadrāta vai taisnstūra šķērsgriezumu, cilvēks pārliecinājās par konstrukciju statiskām īpašībām. Piemēram, ja taisnstūra šķērsgriezuma sija ir balstīta uz šauru malu, tad tā liecē darbojas daudz labāk nekā tad, ja tā ir balstīta uz platu malu (2.4. att. a, b,).

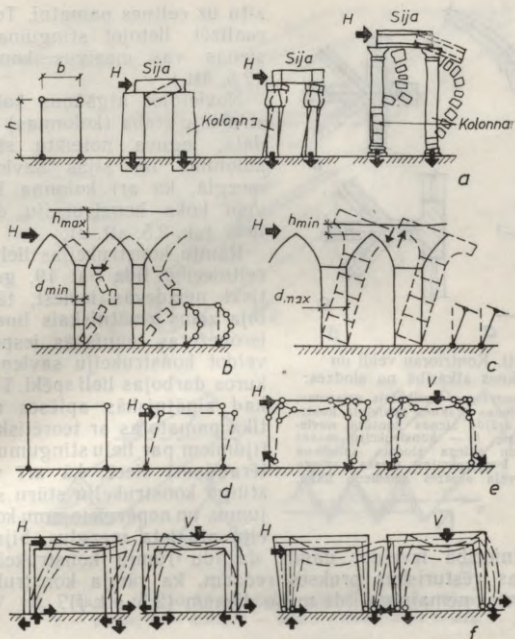
Vecās stipri izliektās koka sijās plaisas bieži rodas neitrālā zonā, kas liecina par koka vājo stiprību šķiedru virzienā cirpē (2.4. att. c). To var novērst, starp atsevišķiem siju elementiem ievievojot brusu galus, tādējādi sablīvējot vidējo daļu. Agrāk šos pretbīdņus lika, pamatojoties uz ilggadēju pieredzi, bet mūsdienās — pamatojoties uz rūpīgiem aprēķiniem (2.4. att. e), t. i., attālumus starp tiem nosaka pēc to atrašanās vietas sijas garuma virzienā, kā arī atkarībā no šķērsspēka lieluma. Pat mūsdienās dažādās virzemes būvēs ir mērķtiecīgi lietot koka konstrukcijas. Lai pārsegtu lielus laidumus, no atsevišķiem dēļiem var izveidot dažāda izmēra un formas līmētas sijas, ko nevar panākt, lietojot parastās sijas vai pasijas ar pilnu dabisko šķērsgriezumu. Ja no atsevišķām brusām saliktu siju izveido pēc kopņu principa ar augšjoslu un apakšjoslu un vidējo daļu aizpilda ar krusteniski veidotu dēļu sienu, var panākt konstruktīvo risinājumu ar visizdevīgākām statiskajām īpašībām (2.4. att. f), t. i., stiepto un spiesto spēku sadalījums pa abām joslām ir šāds: augšējā joslā spiede, apakšējā — stiepe, bet dēļu vertikālā siena starp joslām darbojas kā režģis kopnē.



2.4. att. Koka siju attīstība un darbība slodzes ietekmē:

a — sija nolikta uz plakanās malas; *b* — sija nolikta uz šaurās malas; *c* — koka sijas pārslodzē; *d* — viena virs otras novietotas koka sijas; *e* — koka sijas ar pretbīdņiem; *f* — krusteniski salikta režģota dēļu sija.

Apskatot seno akmens celtnu laiduma konstrukcijas, varam secināt, ka tūkstošiem gadu šī nesošā struktūra, kas sastāv no akmens sijām un kolonnām vai stabiem, tika lietota galvenokārt vertikālu slodžu uzņemšanai. Iespējamās horizontālās slodzes (vēja) salīdzinājumā ar kolonnu un siju lielo svaru bija nelielas (2.5. att. *a*). Veidojot augstākas kolonnas, ailu laidums palielinās nedaudz, bet



2.5. att. Nesošo pārseguma konstrukciju attīstība:

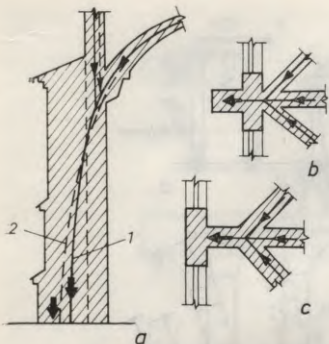
a — senās dabīgā akmens ailu pārsedes; b — ar mazu kolonnas šķēsgriezumu; c — ar lielu kolonnas šķēsgriezumu; d — siju un kolonnu sistēma ar locīkļu mezgliem; e — tas pats ar stūra atgāžņiem; f — ar stingu sijas (rīgeļa) un kolonnas savienojumu.

konstrukciju noturība ārējo spēku ietekmē samazinās (2.5. att. a). Ja kolonnas šķēsgriezums ir mazs (2.5. att. b), bet siena virs arkas — augsta, tad konstrukcija sabrūk ārējo spēku H ietekmē. Ja kolonnas šķēsgriezums ir liels (2.5. att. c), bet sienas augstums virs arkas ir minimāls, tad konstrukcija ārējo horizontālo spēku H ietekmē sabrūk, arkas cekulam pārvietojoties bīdes ietekmē.

Siju un kolonnu sistēma (2.5. att. d) ar locīkļu mezgliem ir noturīga, tāpēc ka atsevišķi elementi nevar iekļauties kopējā sistēmas darbībā. Ievietojot sistēmā stūra atgāžņus (2.5. att. e), tā kļūst noturīga, jo darbosies ārējo spēku ietekmē visa sistēma.

Izveidojot stingus sijas (rīgeļa) un kolonnas savienojumus, rāmja konstrukcija, neskatoties uz ārējo slodžu veidu un pielikšanas vietu, aktīvi pretojas liecei kā viena vesela nesoša konstrukcija.

Tad, kad sāka lietot velvju un loku konstrukcijas (2.5. att. b, c), bija nepieciešams izmainīt atbalstu, lai horizontālos spēkus novir-



2.6. att. Kontrforsu veidi un spiediena līknes atkarībā no slodzes:

a — ārējā kontrforsā vertikālais griezumā; *b* — ārpus sienas plaknes novietots kontrfors; *c* — ārējās sienas kontūrā novietots kontrfors; *1* — konstrukciju masas (pašvara) un sniega slodzes spiediena līkne; *2* — konstrukcijas masas, sniega slodzes un vēja slodzes spiediena līkne.

jams celtniecībā izveidot daudz dažādu rāmju konstrukciju. No celtniecības vēsturiskās prakses redzam, ka rāmja konstrukcija ir saglabājusies nemainīga līdz mūsu dienām (2.5. att. *f*).

zitu uz celtnes pamatni. To varēja realizēt, lietojot stinguma šķērs-sienas vai masīvus kontrforsus (2.6. att.).

Novietojot atgāžņus koka konstrukciju staba (kolonnas) augšējā daļā, ieguva noteiktu stingumu kolonnas un sijas savienojuma mezglā, kā arī kolonna kopā ar visu koka konstrukciju darbojās liecē (sk. 2.5. att. *e*).

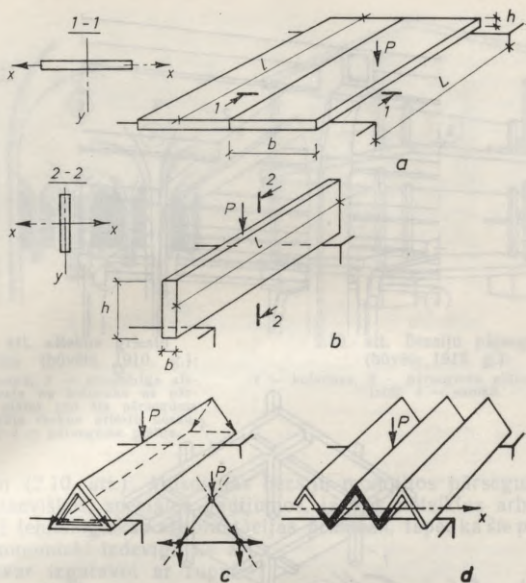
Rāmju konstrukcijas lielu būvju celtniecībā līdz pat 19. gs. praktiski neizdevās ieviest, tāpēc ka bija zems zinātniskais līmenis un ierobežotas tehniskās iespējas izveidot konstrukciju savienojumus, kuros darbojas lieli spēki. Tikai tad, kad zinātniskās aplēses metodes tika pamatotas ar teorētiskiem pētījumiem par lielu stingumu (piem., tēraudam) liecē, kā arī veidojot stingu konstrukciju stūru savienojumus un nepārvietojamu konstrukciju atbalsta mezglus, bija iespē-

2.2.1. Plakano nesošo sistēmu rašanās un attīstība

Plakanu nesošo sistēmu jeb konstrukciju rašanās ir cieši saistīta ar dzelzsbetona ieviešanu būvniecībā. Šīs konstrukcijas attīstījās, izveidojoties materiāli tehniskajai bāzei, kura nodrošināja nesošo konstrukciju kvalitatīvu izgatavošanu un lietošanu būvniecībā.

Par plakano nesošo sistēmu sākumu var uzskatīt 19. gs. otro pusī, kad tika radīts jauns būvmateriāls — dzelzsbetons. Franču zinātnieka Z. Monjē patenti uz betona stieģrošanas sistēmu 1869. gadā un uz kāpņu konstrukciju 1875. gadā ir svarīgi sasniegumi jaunā būvmateriāla ražošanas tehnoloģijas pilnveidošanai.

Beļģijā 1892. gadā tika uzbūvēta pirmā karkasa konstrukcijas māja, kurā tika izmantoti riboti dzelzsbetona pārsegumi, lai panāktu ēkas pilnīgu ugunsdrošību. Vienkāršais konstruktīvais risinājums, kas sastāv no monolitām plātnēm, sijām un pasijām, kuras balstās uz kolonnām, nav būtiski mainījies līdz pat mūsdienām. Pirmo reizi netika ievērots gadu tūkstošos izveidotais princips konstrukciju izgatavošanā, sadalot to slodžu uzņemšanas (sijas) un slodžu pārnesšanas (stabi, kolonnas) elementos.



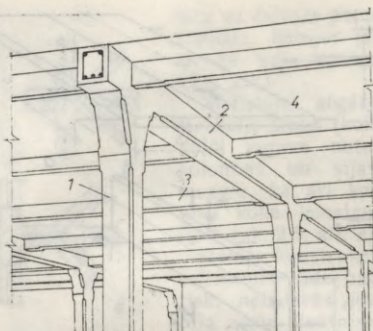
2.7. att. Plakano nesošo konstrukciju attīstība un darbības principi:
a — plātne; *b* — disks; *c* — stieņu sistēma; *d* — krokas.

Mūsu gadsimta divdesmitajos gados G. Šveicers, G. Elers un G. Krēmers ar saviem statistiskajiem pētījumiem pierādīja, kā var izmantot būvniecībā plakanas saliekamas konstrukcijas elementus, t. i., plātnes, diskus un krokas (2.7. att.).

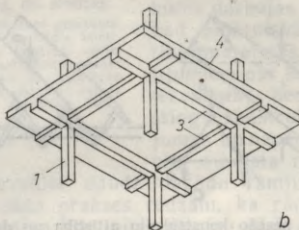
Plātnes (2.7. att. *a*) galvenais uzdevums ir nosēgt horizontālu pārseguma plakni un pārņest slodzes uz sienām vai sijām. *Disku* (2.7. att. *b*) uzdevums ir nodrošināt laidumā stingumu un pārņest slodzes uz sienām. *Stieņu sistēmas* uzdevums ir nodrošināt nesošai konstrukcijai telpisku noturību (2.7. att. *c*). *Krokas* (2.7. att. *d*) ir visu iepriekšapskatīto elementu darbības summa, kuras uzņem slodzes, nosēdz plakni, kā arī ir telpiski noturīgas.

Plakanām nesošām konstrukcijām var atrast atbilstošu analogiju dabā, piemēram, vēdekļveida palmu lapas pēc uzbūves un nestspējas ir līdzīgas krokotām celtniecības konstrukcijām, kas sastāv no atsevišķiem plakaniem elementiem (2.7. att. *d*).

Izmantojot dzelzsbetona fizikāli mehāniskās īpašības, bija iespējams vienlaikus izgatavot gan vertikālos (stabus, kolonnas), gan



a



b

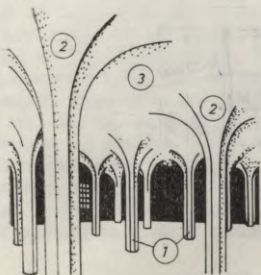
2.8. att. Monolīta dzelzsbetona ribotie pārsegumi:

- a — monolīts ribots pārsegums (būvēts 1892. g.);
 b — mūsdienu ribots monolīts dzelzsbetona pārsegums; 1 — kolonnas; 2 — pasijas; 3 — sijas;
 4 — plātne.

arī horizontālos nesošo konstrukciju elementus (plātnes, sijas, pasijas), tādējādi panākot kopēju statisko darbību (2.8. att.).

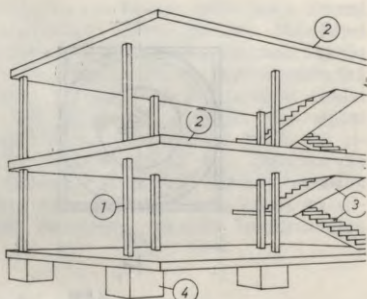
Jaunu dzelzsbetona nesošo konstrukciju attīstības virzienu 20. gs. sākumā deva zviedru zinātnieks R. Majars. Viņa projektētajās un celtajās būvēs spēku sadalījums nesošajās konstrukcijās ir noteiktā saistībā ar konstrukcijas ārējo formu, kas zināmā mērā ir analogisks ar dzīvā dabā sastopamajām konstrukcijām un darbības principiem. R. Majars pirmais atklāja plātņu krusteniskā stiegrojumā efektivitāti. Krusteniskais stiegrojums palielina dzelzsbetona plātnes nestspēju un ļauj izmainīt plātnes ārējo formu, atsakoties no iepriekš lietotās pasiju un siju sistēmas. Izmantojot jaunu plātnes aplēses metodi, 1910. gadā R. Majars Cīrihē uzbūvēja noliktavu ar dzelzsbetona bezsiju pārsegumu (2.9. att.).

Le Korbizjē 1915. gadā bezsiju principu izmantoja standarta dzīvojamās ēkas celtniecībā, stingri saistot pārseguma plātņi ar



2.9. att. «Beku» griestu pārsegums (būvēts 1910. g.):

1 — kolonna; 2 — vienmēriņa sfēriska pāreja no kolonnas uz pārseguma plātņi (no šīs pārseguma daļas iegūts «beku» griestu nosaukums); 3 — pārseguma plātne.



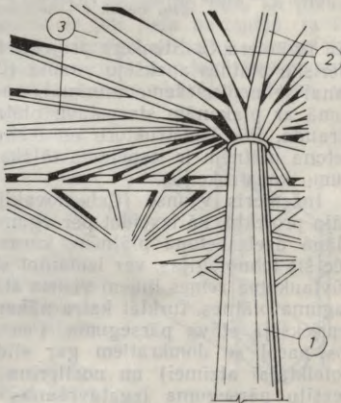
2.10. att. Bezsiju pārsegums (būvēts 1915. g.):

1 — kolonnas; 2 — pārseguma plātne; 3 — kāpu laidi; 4 — pamati.

stabiem (2.10. att.). Mūsdienās bezsiju monolītos pārsegumus lieto tikai atsevišķos, speciālos gadījumos, ja tiek noteiktas arhitektoniskas vai tehnoloģiskas ekspluatācijas prasības, tāpēc ka šie pārsegumi nav ekonomiski izdevīgi, kā arī tos nevar izgatavot ar rūpnieciskām metodēm.

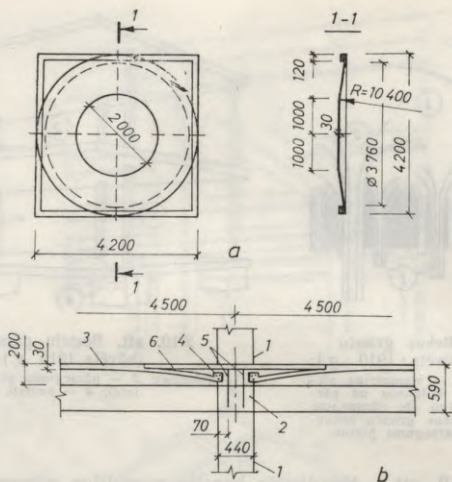
Lai novērstu minētos trūkumus, itāļu inženieri P. L. Nervī, Bartoli un A. Arkanželi 1953. gadā izvietoja pārsegumā ribas tikai galveno spriegumu virzienos, veidojot t. s. izostatisko riboto pārsegumu (2.11. att.). Taču neraugoties uz to, ka ar šādu paņēmieni izdevās samazināt betona patēriņu uz 1 m^2 , kā arī teorētiski ribas nebija grūti izvietot, plaši šos izostatiskos ribotos pārsegumus celtniecībā neizmantoja nevienā pasaules valstī, tāpēc ka tehnoloģiski ribu izvietojuma sistēma ir pārāk sarežģīta gan monolīta dzelzsbetona, gan arī saliekama dzelzsbetona pārsegumu izveidošanā.

Lai samazinātu plātnes masu, dzīvojamo ēku celtniecībā



2.11. att. Monolīta dzelzsbetona pārsegums (būvēts 1953. g.) ar galveno spriegumu virzienos izvietotām ribām:

1 — kolonna; 2 — ribas galveno spriegumu virzienos; 3 — pārseguma plātne.



2.12. att. Saliekama dzelzsbetona pārseguma plātne ar izliektu sfērisku apakšējo daļu (4500×4500):

a — ģeometriskie plātņu izmēri; *b* — plātnes balstišana uz kolonnām; 1 — rāmja kolonna; 2 — rāmja riģelis; 3 — pārseguma plātne; 4 — monolītais betons; 5 — riģeļa galu enkuri; 6 — monolīta betona stiegrojums.

pēc inženiera G. Stenkera projekta (Koreja) izmantoja pārsegumus ar sfērisku plātnes apakšējo virsmu (2.12. att.). Šādu plātņu izgatavošanai ir nepieciešams minimāls metāla patēriņš, kā arī salīdzinājumā ar plakanām starpstāvu plātnēm ir iespējams ekonomēt 60% tērauda. Pēc konstruktoru un tehnologu domām, saliekamā dzelzsbetona plātnēm ir iespējama tālāka attīstība, veidojot vieglu pārsegumu konstrukcijas.

Inženieris Vjunše (Čehoslovākija) piecdesmitajos gados izstrādāja projektu, kā izveidot pārsegumus no saliekamām apaļas formas plānā dzelzsbetona plātnēm, kuras novieto uz balstiem. Strādājot pēc šīs tehnoloģijas, var izmantot stāvu pacelšanas paņēmieni, t. i., būvlaukumā zemes līmeni visiem stāviem izgatavo dzelzsbetona pārseguma plātnes, turklāt katrā nākamā stāva pārsegumu izgatavo uz iepriekšējā stāva pārseguma. Pēc stāvu pārsegumu izgatavošanas tos paceļ ar domkratiem gar slidošām nesošām kolonnām (līdz noteiktajai atzīmei) un nostiprina pie tām pārsegumus. Tā kā šī bezsiju pārseguma izgatavošanas tehnoloģija ir ļoti ekonomiska, kā arī jāizmanto maz materiāla, daudzās valstīs to izmanto ļoti plaši. Bez tam, strādājot pēc šīs tehnoloģijas, var samazināt kopējo pārseguma biezumu, kā arī betona un metāla patēriņu, ko panāk, izmantojot augstaš marķas būvmateriālus.

Padomju Savienībā pārseguma pacelšanas metode tika attīstīta

tālāk, t. i., pirms katra stāva pārseguma pacelšanas attiecīgajā līmenī uz tā samontēja arī ār sienas, iekš sienas un šķērssienas. Mūsdienu rūpniecības un civilo ēku celtniecībā plaši ir izplatīta karkasu-paneļu ēku un «tiru» paneļu ēku celtniecība. Rūpniecībā un lauksaimniecībā galvenokārt tiek celtas ēkas, kurās vertikālo un horizontālo slodzi uzņem ēkas nesošais karkass, kas sastāv no kopnēm vai sijām (atkarībā no laiduma) un kolonnām, bet pārsegumus veido no ribotiem paneļiem (1,5×12; 1,5×6; 3×6; 3×12 m). Dzīvojamās ēkas tiek celtas galvenokārt pēc šādas konstruktīvās shēmas: nesošās paneļu sienas (diski) un plakanas pārseguma plātnes, kuras balstītas galos vai pa kontūru. Sīkāk mūsdienu nesošās konstrukcijas ir apskatītas 4. un 5. nodaļā.

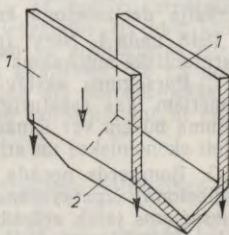
2.2.2. Kroku konstrukciju rašanās un attīstība

Kroku konstrukcijas bija pazīstamas (gan tikai pēc ārējās formas) jau gotisku baznīcas torņu celtniecībā, kur par būvmateriāliem tika izmantotas akmens plātnes.

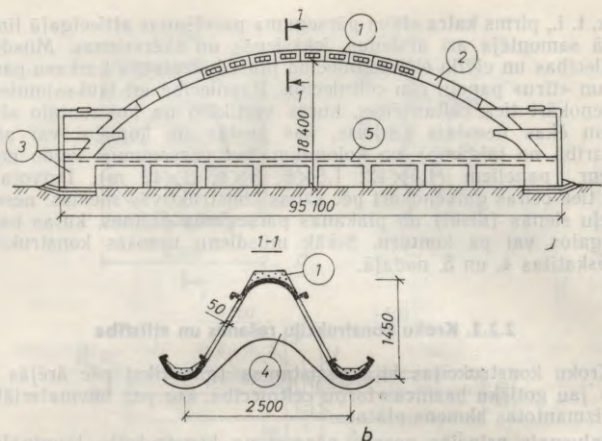
Galvenais princips nesošo pārseguma konstrukciju jauninājuma pamatā ir visu konstrukcijas elementu nestspējas īpašību kopēja, vienlaicīga izmantošana, ieskaitot sienīgas un saistību ar kroku konstrukciju ribām garenvirzienā.

1929. gadā G. Elers un G. Krēmers neatkarīgi viens no otra izteica vienu un to pašu principiāli jaunu ideju par kroku konstrukciju statisko darbu. G. Krēmers pievērsa uzmanību tam, ka plakaniem elementiem kroku konstrukcijās ir ļoti liela nestspēja, ja tie ir novietoti vertikālā plaknē (kas raksturīga diskam). Izmantojot šīs īpašības dzelzsbetona plātņu konstrukcijās, var iegūt ievērojamu ekonomisko efektu. Pēc G. Krēmera domām, būvējot silosus un elevatorus, zem tvertņu sienām nav nepieciešams iekārtot smagas pasijas, kuras uzņemtu lielās ekspluatācijas slodzes, tāpēc ka šo funkciju var izpildīt pati tvertnes siena, darbojoties kā šaura un augsta sija. Viņš izstrādāja speciālas konstrukcijas ievērojamas daļas lielām silosu torņiem, kuru vertikālās sienas apakšējā daļā pāriet piltuvveida dibena konstrukcijā. Šis risinājums deva ievērojamas priekšrocības salīdzinājumā ar tajā laikā tradicionālajiem silosu risinājumiem.

1930. gadā G. Elers realizēja pilnīgi jaunu konstruktīvo ideju, uzbūvējot katlu mājas tvertni vienā no Vācijas elektrostacijām (2.13. att.). Tvertnes nesošā konstrukcija ir veidota tikai no sienu un dibena elementiem, kuri savstarpējā saistībā veido vienu veselu sistēmu.



2.13. att. Ziemeļvācijas elektrostācijas katlu mājas bunkura shēma (1930. g.): 1 — bunkura siena, kura darbojas kā sija; 2 — bunkura dibena plātne.



2.14. att. Turinā (Itālija) izstāžu paviljona pārseguma konstrukcijas shēma: a — izstāžu paviljona šķēsgriezums; b — stiegrcimenta pārseguma bloka šķēsgriezums; 1 — pārseguma bloki ar apgaismes atverumiem; 2 — pilna šķēsgriezuma bloki; 3 — pārsegumu atbalstišanas zona; 4 — bloku stinguma V veida ribas; 5 — starpstāvu pārsegums.

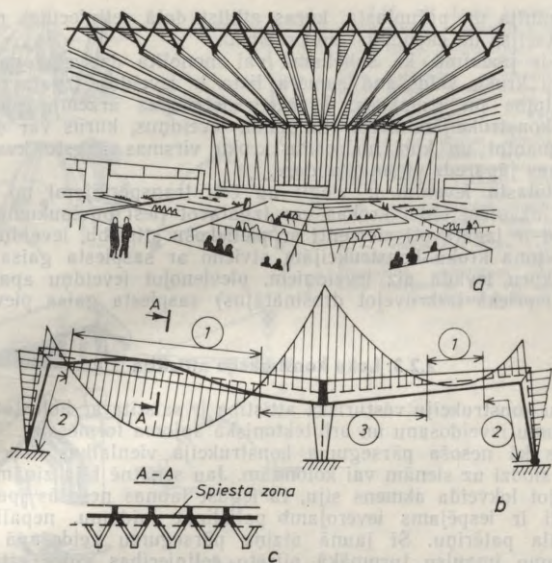
Jau tajā laikā G. Elers norādīja, ka, ievērojot šādus konstruktīvos principus, var projektēt visdažādākos pārsegumus, ja laiduma robežās nav siju un stinguma ribu.

Kroku konstrukcijas kā izteismīgus arhitektūras līdzekļus sāka intensīvi izmantot pēc Otrā pasaules kara, kaut gan jau 1915. gadā Francijā tika uzbūvēts pirmais eliņš dirižabļa uzglabāšanai, kur kroku pārseguma konstrukcija ēkas garenvirzienā sastāvēja no parabola veida formas lokiem ēkas šķērsvirzienā. Šis piemērs jau tad pierādīja dzelzsbetona kroku konstrukciju stinguma priekšrocības.

1948. gadā L. Nervī (pēc 33 gadiem) izmantoja to pašu principu Starptautiskā autosalona (Turīna) izstāžu paviljona projektam (2.14. att.). Pārsegums sastāv no plānsienīņu stiegrcimenta. No šiem piemēriem, kas raksturīgi tikai lokveida krokām, redzam, ka liel-laiduma būvēm var izmantot atvieglotas konstrukcijas, tāpēc ka tās ir ļoti ekonomiskas un arhitektoniski izteismīgas.

G. Bomgards norāda, ka, pareizi izvēloties materiālu (betonu, vieglbetonu) izgatavošanas tehnoloģiju un iepriekšējo sasprīgšanu, ir iespējams tālāk attīstīt efektīvas konstrukcijas ar lokveida formu kā kvalitatīvi jaunus liellaiduma konstrukcijas.

Konferenču zāles pārsegums Parīzē (1953—1956) ir būvēts no krokām, kuras, novietotas vertikālā un horizontālā virzienā, veido rāmi (2.15. att.). Konisku krokoto pārseguma virsmu ieguva, pastiprinot rāmja mezglus vietās, kur ir momentu koncentrācija, kā arī izteismīgi akcentējot pārseguma arhitektūru.



2.15. att. Kroku konstrukcijas pārsegums UNESCO konferenču zālei (Parīzē):
 a — zāles shēma; b — shematiskais garengriezums ar momentu epiņu; c — krokas šķērs-
 griezumam; 1, 2 un 3 — spiedes spēku darbības zonas.

No šī piemēra redzam, ka ar kroku konstrukcijām var izcelt nesošo konstrukciju formas izteiksmīgumu. Tā kā emocionālā arhitektūras konstrukcijas izpratne ir saistīta ar precīzu zinātnisko metodi, tad radošās sintēzes procesā ir iespējams izveidot kroku konstrukciju formas, kuras ir optimālas gan no arhitektūras izteiksmīguma viedokļa, gan arī no nestspējas kvalitātes. Tā kā kroku dzelzsbetona konstrukcijas vienlaikus izpilda arī norobežojošās un nesošās funkcijas, tām ir daudz priekšrocību salīdzinājumā ar citām konstrukcijām.

Tātad

kroku konstrukciju ieviešana atbilst mūsdienu celtniecības pieaugošām prasībām;

izmantojot kroku struktūru, ar plakanajiem vai lokveida pārsegumiem var izveidot izteiksmīgu ēkas arhitektūru;

kroku konstrukcijas ir ekonomiski izdevīgākas, būvējot individuālus objektus, kā arī izgatavojot sērijveida saliekamus elementus;

kroku konstrukcijām var lietot arī citus materiālus, piemēram, koku, cietas šķiedru plātnes, plastmasas un saliktas konstrukcijas

no alumīnija un putuplasta, kuras atbilst dotā celtniecības rajona ekspluatācijas un ekonomiskām prasībām.

Vēl ir jāatzīmē, ka saliekamā vai monolitā dzelzsbetona konstrukciju kroku veidošanā samērā liela ir ievērojama izgatavošanas darbietilpība un izmaksas. Tāpēc ir ieteicama ārzemju pieredze šādām konstrukcijām lietot stiklplasta ievēdņus, kurus var daudzkārt izmantot un kuri nodrošina kroku virsmas augstu kvalitāti, kā arī nav jāparedz virsmas apdare.

Stiklplasta ievēdņi ir viegli un ērti transportējami no viena objekta uz otru, tādēļ krokas var izgatavot tieši būvlaukumā. Pēc tam kad ir izgatavoti elementi ar pietiekošu stiprību, ievēdņus no dzelzsbetona kroku konstrukcijām atvieno ar saspiesta gaisa palīdzību, kuru ievada aiz ievēdņiem, pievienojot ievēdņu apakšējai daļai (iepriekš izskrūvējot drošinātājus) saspiesta gaisa pievadus.

2.2.3. Loku konstrukciju attīstība

Loku konstrukciju vēsturiskā attīstība ir saistīta ar lielu laidumu pārsegumu izveidošanu un arhitektoniskā apjoma formēšanu.

Loks kā nesoša pārseguma konstrukcija vienlaikus uzņem un pārnēs slodzi uz sienām vai kolonnām. Jau senātnē bija zināms, ka, izveidojot lokveida akmens siju, tā iegūst jaunas nesošas īpašības, tādējādi ir iespējams ievērojami palielināt laidumu, nepalielinot materiāla patēriņu. Šī jaunā atziņa pārsegumu veidošanā deva ievērojamu impulsu turpmākā pilsētu celtniecības vides attīstībā.

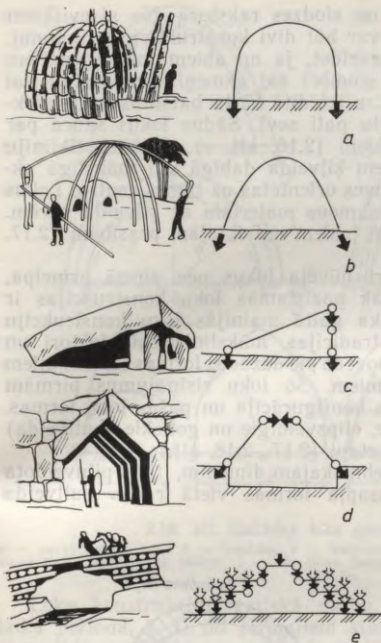
E. Torroha saka, ka no sprieguma sadalījuma viedokļa lokus var uzskatīt par vislielāko atradumu visā klasiskās arhitektūras vēsturē. Pat mūsu dienās tie nav zaudējuši savu nozīmi.

Loku attīstība sākās tad, kad cilvēks savu mītņu veidošanai izmantoja dažādu augu stiebrus un koku stumbrus izliektā veidā (2.16. att. *a*, *b*). Gandrīz tajā pašā laikā cilvēks iemācījās arī izveidot dabīgā un mākslīgā akmens materiāla lokus, kuri labi darbojas spiedē, bet slikti — liecē. Sevišķa uzmanība tika pievērsta loku un lineāru elementu savstarpējai saistībai. Loku attīstības process parādīts 2.16. un 2.17. attēlā.

Akmens krāvums (2.17. att. *a*) Argosā ir veidots pēc loka darbības principa, t. i., ir iespējams izņemt no mūra vidējo lielo akmeni, krāvamam nesabrūkot.

Vēlākā laikā, izveidojot lokus no ķīļveida akmeņiem (2.17. att. *b*) balstbīdes uzņemšanai, būvēja masīvu loka pēdas konstrukciju (balstbīdi var arī uzņemt pietiekoši liels zemes vai mūra spiediens ap loku; 2.17. att. *c*).

Jau senās Romas impērijas laikā lokus izmantoja ne tikai kā ailu un telpu pārsedes, bet arī kā arhitektūras izteiksmīguma līdzekli, risinot ēku un būvju sienu plaknes (2.17. att. *d*). Pēc apmēram diviem tūkstošiem gadu ēku un būvju celtniecībā lokus sāk veidot no monolīta betona. Homogēnā betona masa neļauj loku balstvietās rasties balstbīdes spēkiem. Monolitā betona loka statiskā



2.16. att. Loku konstrukciju vēsturiskā attīstības shēma:

a — mitne Mezopotāmijā (pārsēgums sastāv no zemē iespiļētiem stiebru kūļiem balstbīdēs uzņemsanai); *b* — plānā apakšas formas mitne (pārsēgums veidots no liektiem zemē iespiļētiem koka stumbriem); *c* — Ketlas monuments (sastāv no slīpas plātnes, kas balstīta uz diviem akmens stabiem, izveidojot trīslēcīgu arku, kurai lielā konstrukciju masa nodrošina tikai vertikālo spēku rašanos konstrukcijā); *d* — vārti Delosa salā (sastāv no divām slīpi novietotām akmens plātnēm, izveidojot trīslēcīgu loku, kura balstbīdi uzņem masīvie akmens balsti); *e* — «mānīgais» loks (nesoša konstrukcija sastāv no horizontāliem krustveidā novietotiem akmens vai koku krāvumiem, kas var uzņemt tikai vertikālas slodzes).

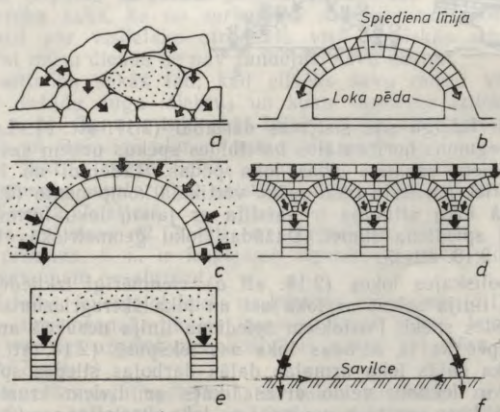
darbība ir līdzīga siju sistēmas darbībai (2.17. att. *e*). Loku sistēmas pārsēgumos horizontālos balstbīdēs spēkus uzņem savilce, kura balsta līmenī sasaista abas loka pēdas. Tādējādi no lokiem uz balstiem tiek pārnesta tikai spēka vertikālā komponente (2.17. att. *f*). Turpmākā loku attīstība ir saistīta ar jaunu loku formu rašanos atbilstoši spiediena liknei. Dažādas loku ģeometriskās formas ir parādītas 2.18. attēlā.

Paraboliskajos lokos (2.18. att. *a*) vienmērīgi izkliedētā slodzē spiediena līnija sakrīt ar loka asi un loka šķērsgrīzumā darbojas tikai spiedes spēki. Puslokiem spiediena līnija nesakrīt ar loka asi un loka ass līniju, tāpēc ka tā atrodas loka ass iekšpusē (2.18. att. *b*). Tas norāda, ka šajās loka ārmalās daļās darbojas stiepes spēki. Bultveida loku liekumu veido divas līknes ar diviem krustojamies rādiusiem, kuru centri ir novirzīti no loka simetrijas ass (2.18. att. *c*). Šajos lokos spiediena līnija tikai nedaudz atsevišķos posmos novirzās no ass līnijas. Bultveida loki salīdzinājumā ar puscilindra lokiem ir konstruktīvi racionālāki, tāpēc ka ar tiem var pārsegt dažādus laidumus (loku augstumi ir vienādi; 2.17. att. *d*). Spiediena līnijas

novietojums lokos ir atkarīgs no slodzes rakstura. No atsevišķiem elementiem izveidotiem lokiem var būt divi konstruktīvie risinājumi. Pirmkārt, liklīniju lokus var izveidot, ja no abiem loku pamatiem pakāpeniski tiek izbīdīti koka stumbri vai akmeņi (horizontāli vai ar nelielu pacēlumu) tā, lai katra izbīdītā kārtā balstītos uz iepriekšējo apakšējo kārtu un noturētu pati sevi. Šādus lokus sauc par «neīstiem» jeb «mānīgiem» lokiem (2.16. att. e). Otrkārt, liklīniju loku var izveidot no atsevišķiem ķīļveida dabīgā vai mākslīgā akmens materiāliem, kuru saduršuves orientētas uz līknes centru. Lokus var izveidot arī no taisnstūra akmens materiāla ar ķīļveida šuvēm. Šādi izveidoti loki atbilst visām lokiem noteiktajām prasībām (2.17. att. b, c, d).

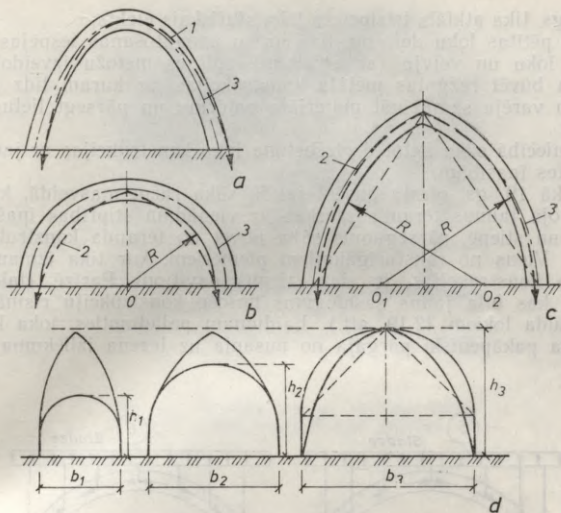
Senajā Grieķijā galvenokārt būvēja lokus pēc pirmā principa, t. i., «neīstos» lokus. Visplašāk pazīstamās loku konstrukcijas ir virsvārtu un kupolu loki. Laika gaitā mainījās loku konstrukciju geometriskā forma. Pieredze, tradīcijas, mākslinieciskie faktori un cenšanās panākt kaut ko jaunu noveda pie dažādas formas estētiskajiem un statiskajiem loku risinājumiem. So loku risinājumus pirmām kārtām noteica spiediena līknes konfigurācija un pašas loku formas. Varam uzskatīt, ka paraboliskie, elipsveidīgie un gotiskie (bultveida) loki ir atsevišķi loku attīstības etapi (2.17., 2.18. att.).

Paaugstinoties zinātniski tehniskajam līmenim, tika pilnveidota loku forma, t. i., antikās pusapļa formas vietā radās bultveida gotika.



2.17. att. Loku nesošo īpašību attīstības shēma:

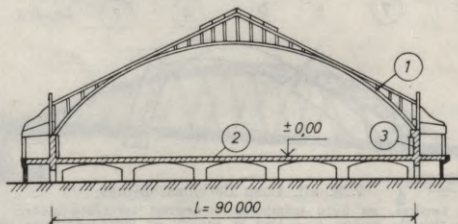
a — akmens mūra krāvums Argosā; b — ķīļveida akmens loks ar masīviem pēdu balstiem; c — loks ar lielu zemes vai mūra spiedienu; d — loki kā arhitektūras izteiksmes līdzeklis, izveidojot siļu un pārsegumu pārsedes; e — monolīta betona loks, kura darbība līdzīga siju sistēmas darbībai; f — balsta līmenī novietota savilce, kas uzņem horizontālos loka balstbīdes spēkus.



2.18. att. Dažādas loku ģeometriskās formas:

a — paraboliskais loks; *b* — pusloks; *c* — bultveida loks; *1* — spiediena līnija asimetriskā slodzē; *2* — spiediena līnija vienmērīgi izkliedēta slodzē; *3* — ass līnija.

Loku konstrukciju statiskā darba teorija tika pilnveidota ilgā laika periodā, t. i., no pirmajiem statikas interpretācijas paņēmieniem līdz empiriskām aplēses formulām un pēc tam — līdz zinātniski pamatotu aplēses metožu izmantošanai. Šajā periodā tika doti pirmie zinātniskie slēdzieni, pētot loku sagrūšanu, kuras cēloņi galvenokārt bija loku atbalstvietu nestspējas zaudēšana; tika noteiktas sakarības starp loka ass līniju un spēku pārnesānu loku akmens šuvēs;



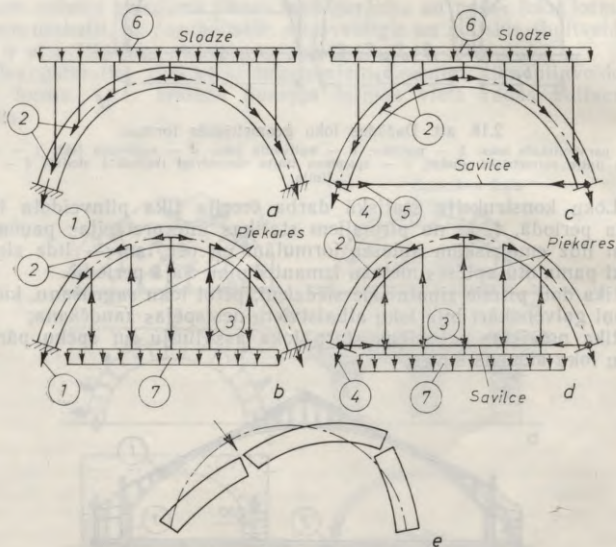
2.19. att. Tirgus paviljona shematiskais griezum (Parīzē 1935. g.):

1 — tērauda konstrukcijas loks ar laidumu 90 m; *2* — starpstāvu pārsegums; *3* — loka atbalsti.

19. gs. tika atklāts trīslociklu loka statiskais efekts; tika pētītas loku deformācijas un to izmantošanas iespējas bezlociklu loku un velvju (ar atsaitēm) aplēses metožu izveidošanā; sāka būvēt režģotas metāla konstrukcijas, ar kurām līdz minimumam varēja samazināt materiāla patēriņu un pārsegt lielus laidumus;

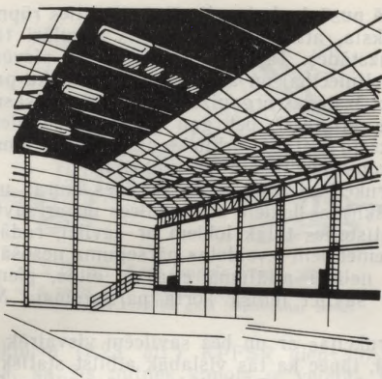
būvniecībā sāka lietot dzelzsbetona loku konstrukcijas ar jaunām kvalitātes īpašībām.

Tā kā 19. gs. otrajā pusē tērauda sāka ražot masveidā, kā arī izgatavoja jaunas tērauda markas ar vienādām stiprības īpašībām spiedē un stiepē, pārsegumus sāka būvēt no tērauda konstrukcijas lokiem. Viens no raksturīgākajiem piemēriem, kur tika izmantotas tērauda konstrukcijas, ir zivju tirgus paviljons Parīzē (laidums 90 m), kas bija jauns sasniegums nesošo konstrukciju risināšanā ar tērauda lokiem (2.19. att.). Laidumam palielinoties, loka konfigurācija pakāpeniski pārgāja no pusapļa uz lēzena izliekuma loka formu.

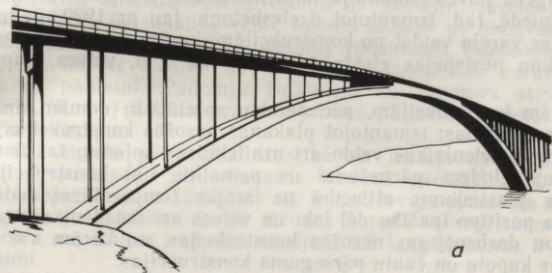


2.20. att. Loku darbības shēmas:

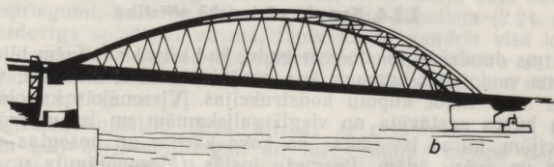
a — loks bez savilces, uz kuru iedarbojas vienmērīgi izklīdēta slodze; b — loks bez savilces, kuram piekāta slodze; c — loks ar savilci, uz kuru iedarbojas vienmērīgi izklīdēta slodze; d — loks ar savilci un piekārtu slodzi; e — nesimetriski pielikta slodze, kas var izraisīt loka sabrukšanu; 1 — spiediens loka pēdās ir ass pieskares virzienā; 2 — spiedes spēki lokā; 3 — stiepes spēki piekāres; 4 — vertikālā virzienā vērstie spiedes spēki loka pēdā lokiem ar savilci; 5 — stiepes spēki, kas darbojas savilcē; 6 — vienmērīgi izklīdēta slodze; 7 — piekāta slodze.



2.21. att. Tērauda loki ar savilcēm tenisa korta pārsegumam Milānā (Itālija).



a



b

2.22. att. Loku tiltu konstrukcijas:

a — dzelzsbetona loku tilts ar 280 m laidumu (Sveicē 1943. g.); b — tērauda loku tilts Holandē.

19. gs. otrajā pusē, kad strauji sāka attīstīties rūpniecība, zinātne, kultūra un māksla, attīstītākajās valstīs regulāri tika organizētas starptautiskas izstādes. Tajās liela vērība tika pievērsta tieši izstādes paviljonu celtniecībai un arhitektūrai, tāpēc ka paviljonam vajadzēja atspoguļot izstādes organizēšanas ideju un sasniegumus. Šiem objektiem nevis arhitekti, bet gan inženieri celtnieki deva ārējās formas un iekšējā satura arhitektonisko risinājumu, kas pilnīgi atbilda būves konstrukcijai un tās funkcijai.

Loku konstrukcijām sāka lietot savilces, kuras uzņem balstbīdi. Principiālās atšķirības lokiem bez savilces un ar savilci ir parādītas 2.20. attēlā. Attīstoties tālāk lokiem ar savilci, radās no vairākiem vienāda tipa elementiem izveidotas pārseguma nesošās konstrukcijas, kuras atrodas nelielā attālumā cita no citas, piemēram, tērauda loku kopne ar savilci tenisa korta pārsegumam Milānā (Itālija; 2.21. att.).

Loku konstrukcijas ar un bez savilcēm visvairāk tiek izmantotas tiltu būvniecībā, tāpēc ka tās vislabāk atbilst statiski konstruktīvām un estētiskām prasībām. Dzelzsbetona loku tiltam Sveicē (laidums 280 m; 2.22. att. a) braucamā daļa balstās uz kolonnām, kuras pārnes slodzi uz tilta lokiem, bet tērauda loka tiltam Holandē braucamās daļas konstrukcija piekārtā pie lokiem ar uzsprīgtām trosēm. Tilta tērauda loki savā starpā saistīti ar rombiska režģojuma kopni, kura darbojas arī kā stinguma saites (2.22. att. b).

Ja agrāk būvēs izmantoja tikai konstrukciju elementus, kas darbojas spiedē, tad, izmantojot dzelzsbetonu, jau ar 1920. gadu inženierbūves varēja veidot no konstrukcijām, kurām raksturīgs lineārais un plakņu nestspējas efekts (dzelzsbetona loki, velves, kupoli un čaulas).

Šādām konstrukcijām, pēc daudzu speciālistu domām, ir šādas pozitīvas īpašības: izmantojot plakanas nesošās konstrukcijas, nesošie elementi vienlaikus veido arī arhitektūras apjomu; tas ir visīstākais ceļš slodzes pārņemšanai uz pamatni; šīm konstrukcijām ir noteikts plastiskums attiecībā uz ārējās temperatūras iedarbību. Tieši šo pozitīvo īpašību dēļ loki un velves arī mūsdienās ir progresīvas un darbspējīgas nesošās konstrukcijas, no kurām var veidot dažādas kupolu un čaulu pārseguma konstrukcijas.

2.2.4. Kupolu vēsturiskā attīstība

Pirms daudziem tūkstošiem gadu, kad cilvēku mitnēm bija nepieciešams veidot pārsegumus, kas garāki par koka stumbru, vairākās zemēs sāka lietot kupolu konstrukcijas. Vissenākās kupolu pārsegumu būves sastāvēja no viegli saliekamām un izjaukamām konstrukcijām, kuras izveidotas no koka kārtīm un nosegtas ar augu lapām un zvēru ādām. Bezmežu joslās (Mezopotāmija u. c.), kur tika celtas masīvas māla vai ķieģeļu būves, veidoja kupola dzīvojamu mitņu pārsegumus. Par vissenāko dzīvojamo mitni ar ribotu kupolu daudzi uzskata pirms 23 tūkstošiem gadu celto mitni no mamuta



2.23. att. Sena kupola veida mitne:

1 — 4 metri gari mamuta ilkņi; 2 — akmens krāvums ilkņu resnākā gala iespīlēšanai zemē.

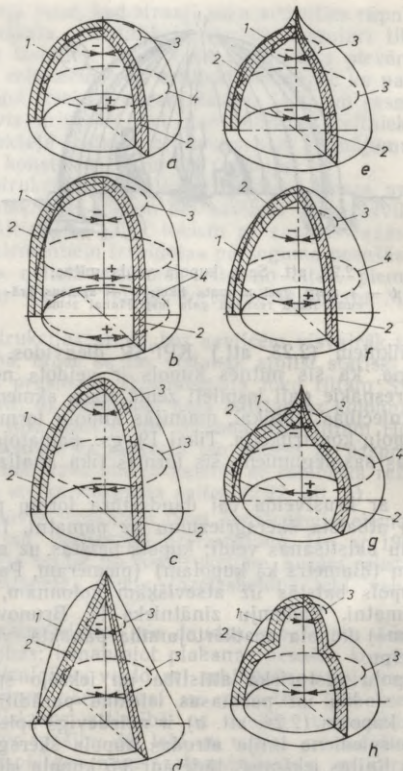
4 m gariem ilkņiem (2.23. att.) KPFSR dienvidos. Arheoloģiskie izrakumi liecina, ka šīs mitnes kupols ir veidots no 44 mamuta ilkņiem, kuru resnākie gali iespīlēti zemē starp akmens krāvumiem. Attīstoties celtniecības tehnikai, mainījās kupolu forma, kā arī tika pilnveidota kupolu konstrukcija. Tikai 19. gs., pamatojoties uz zinātnes un tehnikas sasniegumiem, šīs formas tika analizētas un sistematizētas.

Ēku kupoli ar krustveida vai daudzstūra formu plānā pārnesa slodzi pa visu atbalsta šķērsgrīzumu uz pamatni. Izveidojās divi galvenie kupolu balstīšanas veidi: kupols balstās uz masīvām cilindriskām sienām (diametrs kā kupolam) (piemēram, Panteona kupols Romā) un kupols balstās uz atsevišķām kolonnām, kuras slodzi pārnes uz pamatni. Padomju zinātnieks N. Brunovs atzīmē, ka Panteona (Romā) kupola neatkārtojamība panākta, veidojot pilnīgi noslēgtu iekštelpu.

Masīvo kupolu vēsturiskā attīstība un iekšējo spēku darbības virzieni ārējo slodžu un pašmasas ietekmē parādīti 2.24. attēlā. Pussfēriskajos kupolos (2.24. att. a) ir neizdevīgs spiediena virsmas sadalījums, jo spiediena līnija atrodas kupola šķērsgrīzuma smagumcentra ass līnijas iekšpusē, tādējādi $3/5$ kupola sienās ir stiepes spriegumi.

Pussfēriskiem kupoliem (2.24. att. b) ir ļoti neizdevīga spiediena virsma kupola šķērsgrīzumā, tādēļ tā lielākajā daļā darbojas stiepes spriegumi. Parabolveida vai elipsveida kupoliem (2.24. att. c) ir ļoti izdevīga spiediena virsma, tāpēc ka tā gandrīz visā kupola augstumā sakrīt ar kupola šķērsgrīzuma smagumcentra asi. Gan horizontālā, gan meridionālā virzienā kupola šķērsgrīzumā darbojas tikai spiedes spriegumi [2].

Konusveida kupoliem (2.24. att. d) ar nemainīgu sienu šķērsgrīzumu gan horizontālā, gan arī meridionālā virzienā darbojas tikai spiedes spriegumi. Austrumu kupolos (2.24. att. e) visā to augstumā šķērsgrīzumos darbojas spiedes spriegumi. Sādus kupolus var balstīt uz sienas bez gredzenveida enkurbalsta. Bultveida kupolos (2.24. att. f) augstuma apakšējā trešdaļā var rasties stiepes

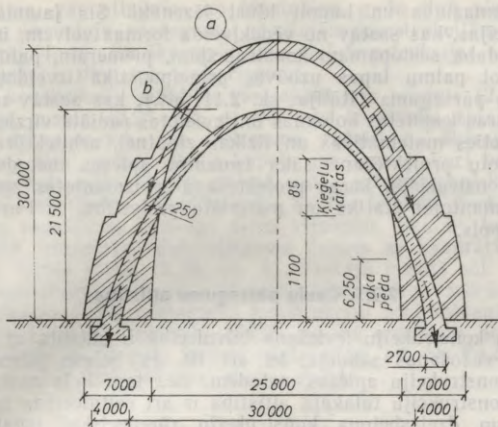


2.24. att. Masīvo kupolu formas un spiediena virsmas novietojums:

a – pussfēras kupols; *b* – pussfēras kupols ar pacēlumu; *c* – parabolveida kupols; *d* – konusveida kupols; *e* – austrumu kupols; *f* – bultveida kupols; *g* – sipolveida kupols; *h* – būru veida kupoli;
1 – spiediena virsmas līnija kupola šķērs griezumā;
2 – kupola šķērs griezumā ass līnija; *3* – spiedes spriegumi; *4* – stiepes spriegumi.

spriegumi, tāpēc ka kupola šķērs griezumā smagumcentra ass atrodas ārpus spiediena virsmas līknes.

Sipolveida kupola (2.24. att. *g*) apakšējā daļā darbojas stiepes spriegumi, tādēļ tā formu var izveidot, ja paredz speciālas konstrukcijas stiepes spriegumu uzņemšanai.



2.25. att. Dažādi kupolu pārsegumi:

a — Ktezifona pils šķērsgriezums; b — sāls noliktavas šķērsgriezums (Vācija).

Būru veida kupolos (2.24. att. *h*) galvenokārt darbojas tikai spiedes spriegumi. Stiepes spriegumi darbojas tikai tajā kupola daļā, kur mainās kupola forma [2].

Vienlaikus ar tādu masīvu kupolu attīstību, kura sienas šķērsgriezums bija nemainīgs visā tā augstumā, sāka attīstīties arī ribotu kupolu celtniecība. Pārejot uz akmens materiālu ar ilglaicīgu stiprību, kupolu elementus sadalīja šādi: ribas bija slodzes nesējas un kupola sienas — slodzes saņēmējas. Kupola atbalstsiena darbojās kā nepārtraukta sija, kas pārnesa slodzi uz kolonnām vai stabiem. Ribotos kupolus var salīdzināt ar jebkura auga lapu, t. i., nesošās konstrukcijas ir lapu dzīslas, bet aizpildošā slodzes saņēmēja — lapu plēve. Gan dabā, gan celtniecībā varam atrast analogiskus principus atvieglotu konstrukciju celtniecībā.

Divu dažādos laikos celtu kupolu konstrukciju salīdzinājumu redzam 2.25. attēlā. Pils Ktezifonā (2.25. att. *a*) celta no ķieģeļiem, kuri 85 kārtās virs 11 m augstās velvēs pēdas ir mūrēti pēc konsolu principa, izbīdot katru nākošo kārtu. Tālāk kupolu veido ar ķīļveida šuvēm, lietojot ātri cietējošu javu. Sāls noliktavai (Vācija; 2.25. att. *b*) kupols veidots no monolīta 25 cm bieza dzelzsbetona. Kupola forma veidota atkarībā no betona īpašībām un normālo spriegumu sadalījuma konstrukcijā. No šī piemēra varam secināt, ka vēsturiskā attīstībā samazinās kupolu sienas šķērsgriezums un konstrukciju risinājums.

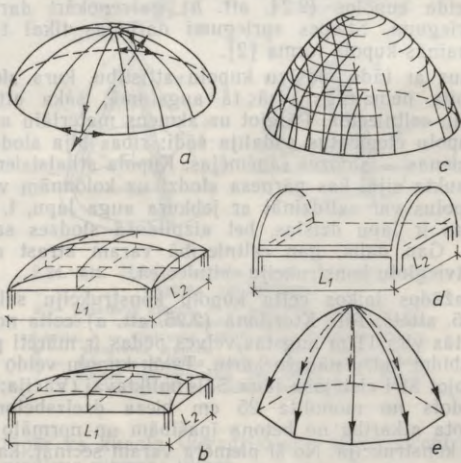
Turpmākā attīstībā kā no arhitektoniskā, tā arī no konstruktīvā viedokļa ribu skaits kupolos un velvēs palielinās, attālums starp

ribām samazinās un kupoli kļūst lēzenāki. Šīs jaunās nesošās konstrukcijas, kas sastāv no vēdekļveida formas velvēm, ir optimāli līdzīgas dabā sastopamām konstrukcijām, piemēram, palmu lapām. Izmantojot palmu lapas uzbūves principu, tika izveidots izstāžu paviljona pārsegums (Itālija; sk. 2.11. att.), kas sastāv no konsolsijām, kuras iespīlētas kolonnās un izvietotas radiālā virzienā.

Attīstoties matemātikas un fizikas zinātnē, arhitektūras speciālisti kupolu projektēšanā sāka izmantot aplēses metodes. Pirmā kupola konstrukcija, kuras projektēšanā ir izmantotas aplēses metodes, izmantojot statiku un materiālu pretestību, ir Parīzes Pantheonā kupols.

2.2.5. Čaulu pārsegumu attīstība

Čaulu konstrukciju ieviešana būvniecībā ir saistīta ar portlandcements ražošanas sākumu, kā arī 19. gs. beigās pilnveidojoties nesošo konstrukciju aplēses metodēm. Bez tam liela nozīme jaunu nesošo konstrukciju tālākajā attīstībā ir arī celtniecības industrializācijai un dzelzsbetona konstrukciju rūpnieciskai izgatavošanai. Šādās konstrukcijās labāk sadalās iekšējie spriegumi, labāk tiek izmantotas materiālu īpašības, kā arī ir mazāks materiālu patēriņš. Spēki nesošajās konstrukcijās tiek sadalīti tā, lai betons darbotos spīdē, bet tērauds — stiepē. Mūsdienās, izmantojot dzelzsbetona



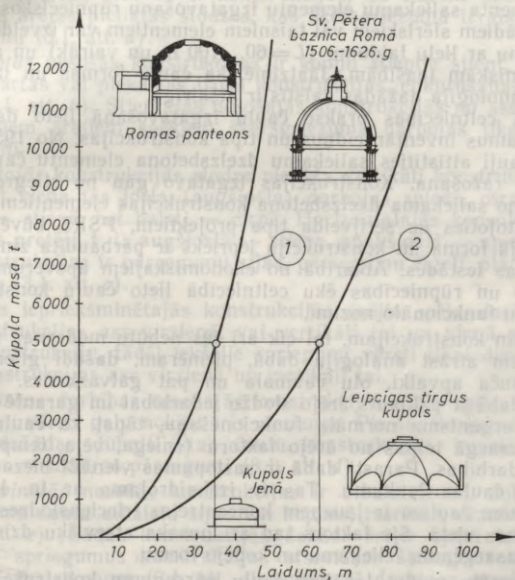
2.26. att. Čaulu attīstības etapi:

a — pārseguma forma atbilst ribotam kupolam; *b* — dubultliekuma čaulas ar kvadrāta vai taisnstūra formu plānā; *c* — režģota dubultizliekuma čaula; *d* — vienvirziena izliekuma cilindrisks čaula; *e* — astņstūra kupols.

konstrukcijas, var atteikties no tūkstošiem gadu ilgā pieredzē, ka kupolu un velvju pārseguma nesošajām konstrukcijām ir jābūt ar tādu ārējo formu un šķērsriezumu visā konstrukcijas augstumā, lai tajā darbotos tikai spiedes spriegumi.

Caulu konstrukciju attīstību var iedalīt trīs posmos (2.26. att.).

Pirmajā posmā (2.26. att. a) vēl nav teorētisku zināšanu par telpisku čaulas darbību un spriegumu sadalījumu šķērsgriezumā. Šajā posmā tiek veidoti ribotu kupolu pārsegumi, kuri balstās uz sienām vai kolonnām. Otrajā posmā rodas inženiertehniskie pamatojumi, kuri apstiprina dubultliekuma čaulas telpisko darbību, t. i., spriegumu sadalījumu šķēlumā divos virzienos. Ēku un būvju celtniecībā tiek izmantotas dubultliekuma čaulas ar kvadrātveida vai taisnstūra formu plānā (2.26. att. b). Trešajā posmā sāk izmantot telpisko konstrukciju darbību dažādu vienvirziena izliekuma vai dubultizliekuma čaulu pārseguma konstrukciju projektēšanā. Piemēram, Ceisa firmas planetārija (1922. g.) pārsegumam lietota režģotās konstrukcijas kupola forma (2.26. att. c). Čaulas ārējā režģotajā virsmā darbojas tikai stiepes spēki.



2.27. att. Masīvo kupolu un čaulu salīdzinājums atkarībā no to masām un laidumiem:

1 — senie masīvie kupoli; 2 — dzelzsbetona čaulu kupoli.

Tirgus paviljona pārsegumam Frankfurtē pie Mainas (1926. g.) lietota vienvirziena izliekuma čaula (2.26. att. d). Sādām čaulām telpisko darbību nodrošina čaulas galos novietotās diafragmas. Ārējo spēku ietekmē čaulas atbalsta kontūrā darbojas spiedes vai stiepes spēki, kurus pārnes uz stūra balstiem.

Caulu nesošo konstrukciju attīstības pamatā ir šāds princips: pārsegt pēc iespējas lielākus laidumus, minimāli izlietojot materiālu, kā arī pārsegumam ir jāizpilda vairākas funkcijas, piemēram, vienlaikus jānosedz pārseguma virsma, jāveido izteiksmīgs ēkas vai būves interjers un eksterjers u. c.

Salīdzinot senos masīvos kupolus ar mūsdienu vieglajiem dzelzsbetona čaulu kupoliem, varam secināt, ka, palielinoties laidumam, dzelzsbetona čaulu kupolu masa pieaug daudz lēnāk nekā seno masīvo kupolu masa. No 2.27. attēlā parādītajām līknēm, kuras raksturo laiduma un kupola masas savstarpējās saistības, redzam, ka, ja kupola masa paliek nemainīga, piemēram, 5000 t, tad ar čaulu kupoliem var pārsegt 60 m laidumu, bet ar masīviem — tikai 30 m laidumu.

Tālākā čaulu pārsegumu konstrukciju attīstība ir saistīta ar stiegrcimenta saliekamu elementu izgatavošanu rūpnieciskos apstākļos. No šādiem sferiskiem vai taisniem elementiem var izveidot čaulu pārsegumu ar lielu laidumu ($L=60\dots100$ m un vairāk) un augstām arhitektoniskām īpašībām. Jāatzīmē, ka čaulu formas un izgatavošanas tehnoloģija dažādās valstīs ir atšķirīga.

PSRS celtniecības praksē čaulu izgatavošanā lieto daudzkārt izmantojamus inventārveidņus un tipa konstrukcijas. No 1950. gada sāka strauji attīstīties saliekamu dzelzsbetona elementu čaulu konstrukciju ražošana. Konstrukcijas izgatavo gan no stiegrcimenta, gan arī no saliekama dzelzsbetona konstrukcijas elementiem.

Pamatojoties uz sērijveida tipa projektiem, PSRS būvē čaulas, kuru ārējā forma un konstrukcija iepriekš ir pārbaudīta zinātniskās pētniecības iestādēs. Atkarībā no ekonomiskajiem apsvērumiem sabiedrisko un rūpniecības ēku celtniecībā lieto čaulu konstrukcijas ar dažādu funkcionālo nozīmi.

Arī šīm konstrukcijām, lai cik arī tās nebūtu modernas un vieglas, varam atrast analogiju dabā, piemēram, dažādi gliemežvāki, bruņurupuča apvalki, olu čaumala un pat galvaskauss. Redzam, ka viss dabā ir pakļauts ārējo slodžu iedarbībai un garantē ar savu stiprību organisma normālu funkcionēšanu, tāpat kā čaulu pārsegums aizsargā telpas no ārējo faktoru (sniega, vēja, temperatūras u. c.) iedarbības. Parasti dabā ir sastopamas vienādi biezas čaulas pa visu čaulas laukumu. Tas ir izskaidrojams ar to, ka dabā sastopamām čaulām ir jāuzņem koncentrētas triecienslodzes ikvienā tās virsma vietā. Šis faktors tad arī nosaka atsevišķu dzīvo organismu aizsargčaulu izliekumu un kopējo formu.

Lai varētu veidot labākas čaulu pārsegumu konstrukcijas, vēl vairāk ir jāpēta augu un dzīvnieku valsts aizsargčaulas un apvalki, nosakot to fizikāli mehāniskās īpašības, formu un konstruktīvo risinājumu. Tas dotu ierosmi un jaunas idejas, kā radīt jaunus, vieglus

materiālus ar augstu stiprību. Celtniecībā ir nepieciešami ļoti viegli, izturīgi un elastīgi būvmateriāli un konstrukcijas, kas nodrošinātu iekšējo spriegumu sadalīšanos elastīgās deformācijas robežās, kā arī būtu ērti un ātri montējami. Mūdienu plānsieniņu dažādas telpiskās pārseguma konstrukcijas ir apskatītas 6. nodaļā.

3. Nesošo konstrukciju klasifikācija

3.1. Nesošo konstrukciju iedalījums pēc darbības principa

Visas ēku un būvju nesošās konstrukcijas pēc ārējo slodžu uzņemšanas veida var iedalīt šādās piecās galvenajās grupās: spiestas, stieptas, liektas, telpiskas un kombinētas darbības konstrukcijas.

Spiestās nesošās konstrukcijas ir kolonnas, stabi, kopņu statņi, kontrforsī, diski, loki u. c. konstrukcijas, uz kurām ass virzienā darbojas ārējās pieliktās slodzes, kas šķērsgrīzumā izraisa spiedes spriegumu (3.1. att. a).

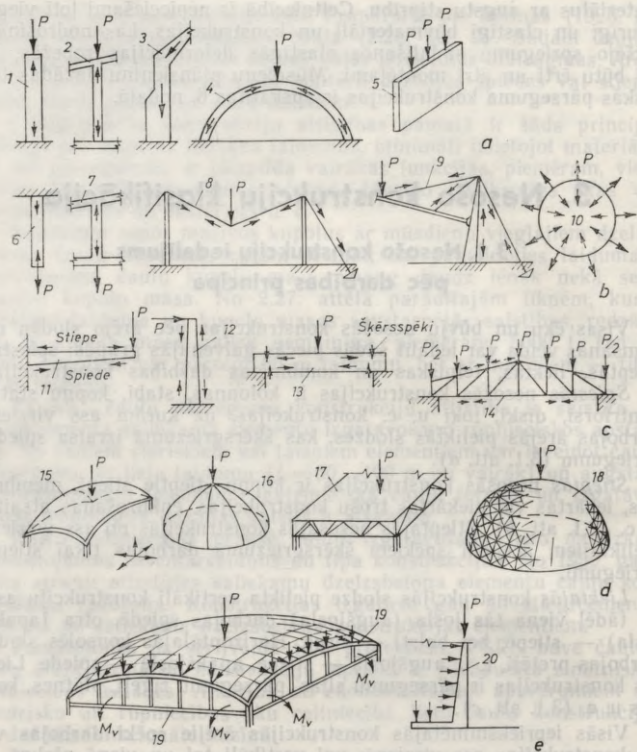
Stieptās nesošās konstrukcijas ir kopņu stieptie stieņi, membrānas, iekārtas vai piekārtas trošu konstrukcijas, enkurošanas atsaītes u. c. (3.1. att. b). Stieptajās nesošajās konstrukcijās no ass virzienā pieliktajiem ārējiem spēkiem šķērsgrīzumā darbojas tikai stiepes spriegumi.

Liektajās konstrukcijās slodze pielikta vertikāli konstrukciju asij, un tādēļ viena tās josla (augšjosla) darbojas spiedē, otra (apakšjosla) — stiepē, bet balsti — cirpē. Horizontālajās konsolēs slodze darbojas pretēji, t. i., augšjoslā — stiepe, apakšjoslā — spiede. Liektās konstrukcijas ir pārsegumu sijas, pārsegumu rīģeļi, plātnes, kopnes u. c. (3.1. att. c).

Visās iepriekšminētajās konstrukcijās ārējie spēki darbojas vai nu konstrukcijas ass virzienā, vai vertikāli tai un vienā plaknē ar pašu konstrukciju, tādēļ iekšējie spriegumi vērsti tikai divos virzienos: konstrukcijas ass virzienā un vertikāli tai.

Telpiskas darbības nesošajās konstrukcijās ārējo spēku izraisītie spriegumi vērsti galvenokārt trīs virzienos. Pie šādām konstrukcijām pieder dažādas dubultliektas čaulu konstrukcijas, kupoli, režģoti kupoli un struktūras pārsegumi (3.1. att. d).

Kombinētās nesošās konstrukcijas ir atbalstsīenas, dubultliektu pārsegumu čaulu atbalsta sijas vai kopnes, tvertnes, rezervuāri u. c. (3.1. att. e). Šādās konstrukcijās dažādi ārējie spēki izraisa arī dažādus spriegumus konstrukcijas atsevišķos šķērsgrīzumos. Piemēram, atbalstkopnei (3.1. att. e) augšjoslā darbojas spiedes spriegumi, apakšjoslā — stiepes spriegumi, atsevišķās vietās — vērpes spriegumi, bet statos un atgāžņos atkarībā no to atrašanās vietas — stiepes un spiedes spriegumi.



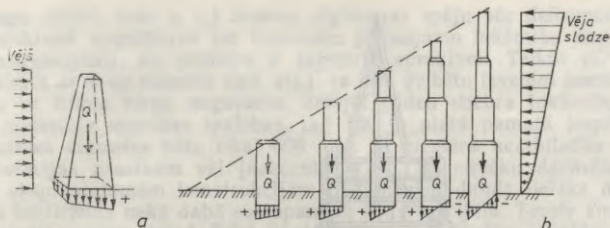
3.1. att. Nesošo konstrukciju iedalījums pēc darbības principa:

a — spiestas konstrukcijas; b — stieptas konstrukcijas; c — liektas konstrukcijas; d — telpiski darbojošās konstrukcijas; e — kombinētas darbības konstrukcijas; 1 — kolonnas, stabi; 2 — kopņu stabi; 3 — kontrforsī; 4 — loki; 5 — diski; 6 — stiepts stienis; 7 — kopņu stiepts stāts; 8 — iekārtu vanšu konstrukciju nesošās vantis; 9 — atsailes; 10 — membrānas pārsegumi; 11 — konsolsija; 12 — konsolstabs; 13 — sija, rīgelis, plātne; 14 — kopne; 15 — sfēriskas pārseguma konstrukcijas; 16 — kupoli; 17 — telpiskas režģotās konstrukcijas; 18 — režģoti kupoli; 19 — atbaskopnes un atbalstisijas; 20 — atbalstisijas.

3.2. Konstrukciju iedalījums pēc izmēriem un formas

Pēc nesošo konstrukciju izmēriem tās var iedalīt trīs galvenajās grupās: masīvi, stieņi (vai linijveida elementi) un virsmas.

Masīvi jeb masīvas būves. Masīvās būves iepriekšējos gadsimtos tika izmantotas kā pastāvošās valdošās iekārtas reprezentācijas un



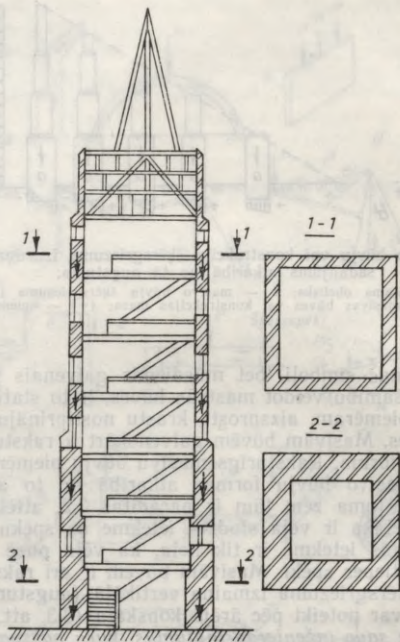
3.2. att. Masīvo būvju vai konstrukciju šķērs griezuma izmaiņas un spēka sadalījums atkarībā no tā augstuma:

a — pilna šķērs griezuma obelisks; *b* — masīvo būvju šķērs griezuma izmaiņas atkarībā no augstuma; *Q* — masīvas būves vai konstrukcijas masa; (+) — spiede; (–) — stiepe.

varas pierādīšanas simboli, bet mūsdienās galvenais princips, kas nosaka nepieciešamību veidot masīvas būves, ir to statiskā noturība un ilgmūžība, piemēram, aizsprosti, krastu nostiprinājumi un dažādas aizsargbūves. Masīvām būvēm galvenokārt ir raksturīga piramīdas vai konusa forma. Raksturīgs masīvu būvju piemērs ir obeliska konstrukcija. Masīvo būvju formas atkarībā no tā augstuma un sprieguma sadalījuma zem tām ir parādītas 3.2. attēlā. Jo lielāks augstums, jo lielāka ir vēja slodzes ietekme uz spēku sadalījumu, un, visbeidzot, tās ietekme ir tik liela, ka vēja pusē konstrukcijā sāk darboties stiepes spēki. Masīvām būvēm ir arī raksturīga sienu konstrukcijas šķērs griezuma izmaiņa vertikālā (augstuma) virzienā, kuru parasti nevar noteikt pēc ārējā kopskata (3.3. att.). Tātad *par masīvām būvēm sauc inženierdarinājumus, kuru pašsvars (masa) ir tik liels, ka reālās ārējās slodzes (vēja spiediens, ūdens vai zemes spiediens u. c.) neizraisa stiepes spriegumus darinājumā — visā konstrukcijas šķērs griezumā.*

Stieņi jeb līnijveida nesošās konstrukcijas. Par stieņu vai līnijveida nesošajām konstrukcijām sauc konstrukcijas, kuras galvenokārt uzņem normālus (spiedes, stiepes vai lieces) spēkus, kas darbojas stieņa garenass virzienā vai tai perpendikulāri. Stieņus kā līnijveida elementus plaši izmanto dažādu konstrukciju izveidošanā, piemēram, veidojot statņus, sijas u. c. Starp ārējo spēku iedarbību un stieņa aktīvu pretošanās spēju eksistē elementāra sakarība, līdzīga tai, kāda noris dabā ar kokiem.

Starp atsevišķiem līnijveida nesošiem elementiem pastāv atšķirības, kuras raksturo elementa statisko darbību, tā balstīšanas veidu (lociklu vai iespilēts), lietoto materiālu (koks, akmens, metāls vai dzelzsbetons) un tā īpašības. No stieņiem mūsdienās ir izveidotas visdažādākās nesošās konstrukcijas ar atšķirīgu ārējo formu un darbības principu. Izveidojot telpiskas režģotas stieņu sistēmu konstrukcijas, ir iespējams pārsegt lielus laidumus, minimāli izmantojot materiālu.



3.3. att. Tornis Rostokā (Vācija):

a — torņa šķērsriezuma shēma; b — torņa sienu biezumi dažādos līmeņos.

Lietojot stieņus nesošajās konstrukcijās, jāņem vērā savstarpējā sakarība starp stieņa garumu (augstumu) un tā šķērsriezuma laukumu, t. i., šķērsriezuma inerces momentu un konstrukcijas elementu lokāmību. Stieņu lokāmība savukārt ir atkarīga arī no stieņu balstīšanas veida (locīklu vai iespīlēta).

Dabas un būvniecības konstrukcijām ar cilindrisku šķērsriezumu lokāmība samazinās, palielinoties konstrukcijas augstumam.

Palielinot stieņu nesošās konstrukcijas garumu, pretēstība ārējo spēku ietekmei samazinās, konstrukcija izliecas un zaudē noturību. Lai nodrošinātu dotās stieņu konstrukcijas pietiekamu, normās paredzētu noturību, proporcionāli jāpalielina šķērsriezuma izmērs. Stieņu lokāmību nevar apskatīt kā izolētu kritēriju, bet tā jāvērtē kopā ar funkcionāli pieļaujamo vai nepieciešamo elementu formas izmaiņu eksploataācijas laikā. Būvniecības konstrukcijām nedrīkst mehāniski izmantot vai pārnest no dabā sastopamām konstrukcijām

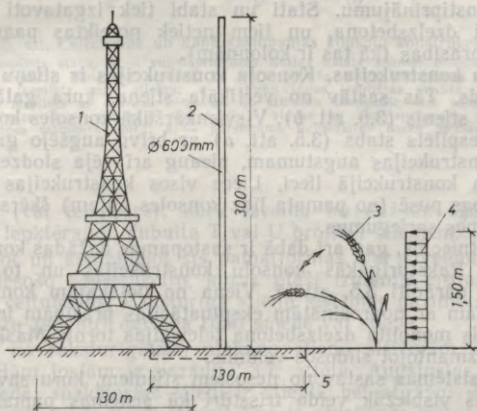
(augu stiebi, koki u. c.) formas atgūšanas spēju pēc deformācijas. Projektējot augstbūves (ar minimālu pieļaujamo lokāmību nesošām konstrukcijām), šis princips ir jāievērtē aprēķinos. Teikto var paskaidrot ar šādu piemēru (3.4. att.): ja mēs gribētu izveidot konstrukciju ar Eifeļa torņa augstumu, lietojot rudzu stiebra lokāmību un tā materiāla stiprības īpašības, tad 130 m platā pamatā iespīlētas caurules diametrs būtu tikai 600 mm. Šī piemēra neatbilstība ekspluatācijas prasībām vēl jāakcentē ar to, ka cilvēku darinātajām un ekspluatējamām konstrukcijām ir jāpieņem daudz lielāks drošības koeficients nekā dabā sastopamām konstrukcijām. Tomēr zināma analogija starp dzīvā dabā sastopamām un cilvēku izveidotajām nesošajām konstrukcijām ir, tāpēc, projektējot jaunas ēku un būvju nesošās konstrukcijas, būtu sīkāk jāpēta arī dabā izveidotās un sastopamās konstrukcijas.

Salīdzinot dabā sastopamās stieņu konstrukcijas ar būvniecībā sastopamām, varam secināt, ka

ārējo spēku ietekmē dabā sastopamajām nesošajām konstrukcijām ir ievērojami lielāka deformēšanās spēja nekā būvniecībā lietojamām;

ēku un būvju nesošajām stieņu konstrukcijām ekspluatācijas un tehnoloģiskās prasības nosaka pieļaujamo deformējamību, bet dabā šādu prasību nav;

dabas konstrukcijām deformējamība ir ļoti dažāda, un tā ir vislielākā augšanas procesa laikā;



3.4. att. Dabas un celtniecības stieņu konstrukciju īpašību salīdzinājums:
 1 — Eifeļa tornis; 2 — stienis, kura stiprības un deformatīvās īpašības atbilst augu stiebra īpašībām; 3 — 1,5 m garš labības stiebris ar lokāmību $\lambda = \frac{300\,000}{600} = 500$ m un stiebra diametru 3 mm; 4 — vēja slodze; 5 — pamats stieņa iestiprināšanai.

būvniecībā nesošām stieņu konstrukcijām ir ievērojami lielāks stingums nekā dabas konstrukcijām.

Kolonnas, stabi un statņi. Kolonnas, stabi un statņi ir nesošas stieņveida konstrukcijas, kuras darbojas un uzņem slodzes vertikālā stāvoklī.

Kolonnas kā būvelementus cilvēks lieto jau tūkstošiem gadu. Tās ne tikai nes būves slodzi, bet raksturo arī katras būves maksimālo individualitāti un arhitektūras stilu.

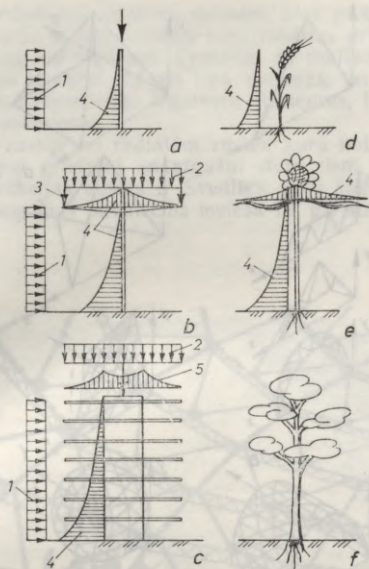
Mūsdienu celtniecībā par kolonnām sauc arī saliekamus dzelzsbetona elementus, kuriem gan nav ne bāzes, ne kapitēlu, bet kas darbojas vertikālā virzienā un tiek lietoti gan sabiedrisko un dzīvojamu ēku, gan arī rūpniecības un lauksaimniecības būvju celtniecībā, izmantojot karkasa vai nepilna karkasa ēku konstruktīvo shēmu. Kolonnas šķērs griezums var būt apaļš, kvadrātveida, taisnstūra vai daudzstūra formas. Šķērs griezuma formu izvēlas atkarībā no arhitektoniskām vai ekspluatācijas prasībām, bet šķērs griezuma izmērus aprēķina atkarībā no lietojamā būvmateriāla (ķieģelis, koks, betons, dzelzsbetons vai metāls), slodzes lieluma, kolonnas galu balstīšanas veida (brīvi, lociklveida vai iespilēti) un slaiduma (šķērs griezuma attiecība pret garumu).

Par *statiem* parasti sauc spiestus elementus dažādas formas kopnēs, jumta krēslā kopturu un spāru balstīšanai. Uz *stabiem* parasti balsta dažādus komunikāciju vadus un elektropārvades līniju vadus. Stabi ir iespilēti gruntī, un tie uzņem vertikālās un horizontālās vēja slodzes. Apakšzemes tuneļu būvniecībā uz stabiem balsta pārseguma pagaidu nostiprinājumu. Stati un stabi tiek izgatavoti no koka, metāla vai dzelzsbetona, un tiem netiek noteiktas paaugstinātas estētiskās prasības (kā tas ir kolonnām).

Konsoļu konstrukcijas. Konsoļu konstrukcijas ir stieņu konstrukciju paveids. Tās sastāv no vertikāla stieņa, kura galā iespilēts horizontāls stienis (3.5. att. *b*). Visvienkāršākā konsoles konstrukcija ir gruntī iespilēts stabs (3.5. att. *a*) ar brīvu augšējo galu. Palielinoties konstrukcijas augstumam, pieaug arī vēja slodzes ietekme, kas izraisa konstrukcijā lieci. Liece visos konstrukcijas šķēšumos vēja darbības pusē (no pamata līdz konsoles galam) šķērs griezumus izraisa stiepes spriegumus.

Gan celtniecībā, gan arī dabā ir sastopamas dažādas konsoļu konstrukcijas. Raksturīgākās konsoļu konstrukcijas un to darbības principi ir parādīti 3.5. attēlā. Viena no lielākajām konsoles tipa konstrukcijām ar nodrošinātām ekspluatācijas prasībām ir 533 metrus augstais monolīta dzelzsbetona televīzijas tornis Maskavā, kurš uzbūvēts, izmantojot slidošos veidņus.

Stieņu sistēmas sastāv no nesošiem stieņiem, kuru savstarpējais savienojums visbiežāk veido trīsstūri kā sistēmas pamatelementu. Visraksturīgākā stieņu sistēmas konstrukcija ir kopne ar dažādu ārējo formu (trīsstūra, trapeces, poligonāla) un paralēlām joslām. Praktiski no stieņu elementu sistēmas (kopnes) var izveidot arī visdažādākās nesošās konstrukcijas (3.6. att.). Visu nesošo stieņu sistēmu konstrukciju pamatā ir plakans vai telpisks nemainīgs (stings)



3.5. att. Celniecībā un dabā sastopamās konsolju konstrukcijas:

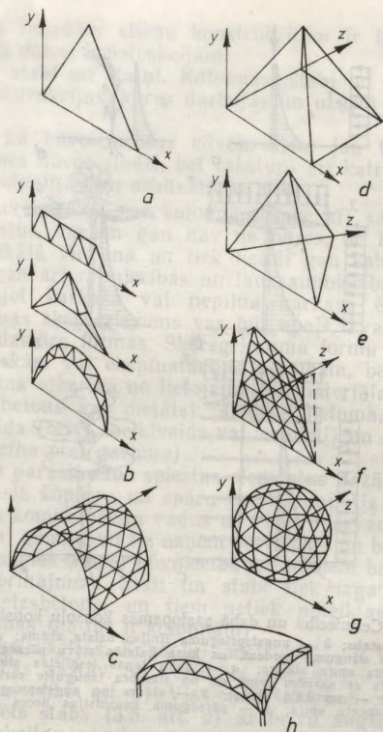
a — zemē iespilēts stabs; *b* — augstsprieguma līnijas balsta shēma; *c* — daudzstāvu ēka ar pamatos iespilētu stinguma serdeni, uz kura balstās stāvu pārseguma diskus; *d* — ar saknēm zemē iespilēts augu stiebrs; *e* — puķu lapas iespilētas stiebrā; *f* — koks ar zariem (koks iespilēts ar saknēm zemē un no stumbra izaugušie zari veido iespilējumu); *1* — vēja slodze; *2* — vertikālā slodze; *3* — slodze no augstsprieguma līnijas vadiem; *4* — lieces momentu epīra; *5* — pārseguma konsolsijas lieces momenta epīra.

trīsstūris (vai tetraedrs), kuru izveido no dažāda šķērsriezuma (caurule, leņķtēraudi, dubulta T vai U profila) stieņiem.

Variējot un kombinējot šīs pamatformas, var izveidot ļoti daudz dažādu nesošo konstrukciju, kuras plaši izmanto visdažādāko ēku un būvju celtniecībā. Raksturīga stieņu sistēmas pazīme ir atsevišķu tā elementu (stieņu) darbība tikai spiedē vai stiepē.

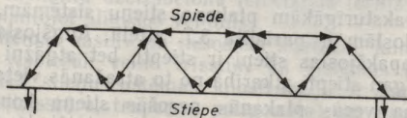
Viena no raksturīgākām plakano stieņu sistēmām, t. i., kopne ar paralēlām joslām ir parādīta 3.7. attēlā. Augšjoslas stieņi darbojas spiedē, apakšjoslas stieņi ir stiepti, bet atgāžņi starp joslām ir gan spiesti, gan stiepti atkarībā no to atrašanās vietas.

Ja salīdzina vecās plakanās nesošās stieņu konstrukcijas ar mūsdienu plakanām kopnēm, tad varam konstatēt, ka tās ir samērā līdzīgas. Galvenokārt ir mainījusies lietojamo materiālu specifika un stieņu mezglu savienojuma veidi. Pamatojoties uz šiem principiem



3.6. att. Stieņu sistēmas un no tām izveidotās nesošas konstrukcijas:

a — trīsstūris; *b* — plakanas konstrukcijas (dažādas kopnes); *c* — vienvirziena izliekuma stieņu sistēmas konstrukcija; *d* — oktaedra puse; *e* — tetraedrs; *f*, *g* — dubultliekuma stieņu sistēmas konstrukcija; *h* — dubultliekuma stieņu sistēmas telpiska konstrukcija.



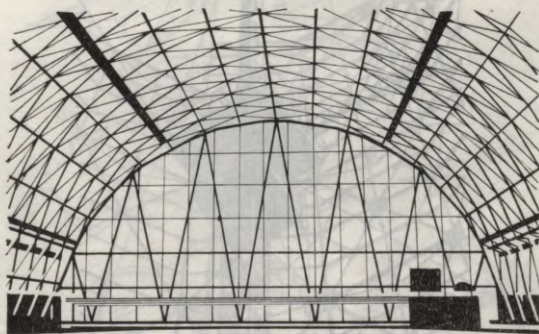
3.7. att. Kopne ar paralēlām joslām, kas sastāv no trīsstūra stieņu sistēmām.

un izmantojot mūsdienīgu aprēķinu metodes, visā pasaulē tiek projektētas jaunas nesošo stieņu sistēmu konstrukcijas arvien lielāku ēku un būvju laidumu pārsegšanai. Praktiski to realizē, izmantojot tēraudu un vieglos metālus, kā arī tipa sistēmas, lai būtu iespējams tieši būvlaukumā rūpnieciski izgatavot elementus, lietojot progresīvus montāžas paņēmienus.

Kupols, kas sastāv no radiālām ribām, kuru noturību nodrošina horizontāli režgoti gredzeni un atgāžņi starp tiem, ir parādīts 3.8. attēlā *a*. Konstrukcijas autors ir Svedlers, kurš šādas nesošās konstrukcijas (pārseguma) būvniecībā ieviesa 19. gs. otrajā pusē.



a



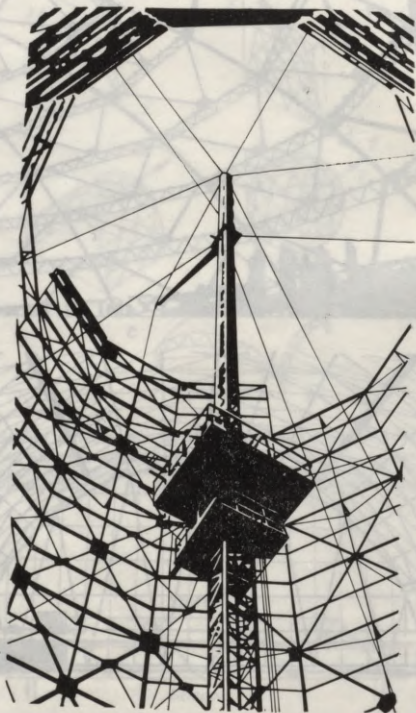
b

3.8. att. Režgotas sfēriskas stieņu sistēmas metāla konstrukcijas:
a — režgots stieņu sistēmas kupola fragments; *b* — vienvirziena cilindriskas formas režgotas stieņu sistēmas pārsegums tenisa kortam Parīzē.

Izmantojot stieņu sistēmas, var izveidot daudz dažādu nesošo konstrukciju dažādu ēku pārsegumiem (3.8, 3.9. att.).

Virsmas konstrukcijas. Nesošo konstrukciju kvalifikācijā ietilpst arī tādi nesošie ēku un būvju elementi, kuri izpilda divas funkcijas, t. i., vienlaikus ar slodzes uzņemšanu nosedz arī noteiktu ēkas vai būves virsmas daļu. Pie šādām nesošām konstrukcijām pieder pārseguma plātnes, diski, krokas un dažādas formas plānsieniņu čaulas un kupoli.

Plātnes ir plakanas plānsienu nesošās konstrukcijas, kuras uzņem slodzi, kas pielikta plātnes virsmai (3.10. att. a). Plātnes lieto dažāda tipa ēku pārsegumu izveidošanai. Ja plātnes novieto verti-



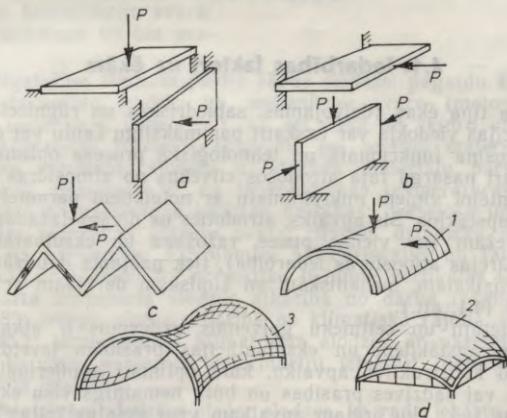
3.9. att. Režģotas stieņu sistēmas montāža ķīmiskā kombināta gradētavai (Vācijā).

kāli, tās var izmantot kā piekārtus sienu paneļus, uz kuriem iedarbojas horizontāli spēki — vēja slodze. Plātņu šķērsriezuma forma var būt ļoti dažāda (5.6. nod.).

Diski ir plakans plānsienu nesošs elements, kurš uzņem plaknes virzienā pielikto slodzi (3.10. att. *b*). Diskus ēku un būvju celtniecībā lieto galvenokārt kā vertikālas vai horizontālas stinguma diafragmas.

Krokas ir plakanas plānsienu nesošas konstrukcijas, kas sastāv no kopā savienotiem diskiem, kuri novietoti noteiktā leņķī (3.10. att. *c*). Ārējās vertikālās un horizontālās slodzes krokās sadalās pa plaknēm, un tādējādi kopējā darbā tiek iesaistīta visa krokas konstrukcija. Jāatzīmē, ka kroku konstrukciju optimālās formas atbilstoši nestspējai ir pilnīgā vienotībā ar pārseguma arhitektonisko izteiksmīgumu.

Čaulas ir sfēriskas plānsieniņu nesošas konstrukcijas, kurās spēki tiek pārnesti divos virzienos — garenvirzienā (meridionālā) un šķērsvirzienā (platumā). Bez šiem spēkiem čaulās darbojas arī aploces spēki. Pēc ārējās formas čaulas iedala divās pamatgrupās: vienvirziena izliekuma un divvirziena izliekuma čaulas. Bez tam celtniecībā lieto arī vēl daudz dažādu čaulu formu, kuras iegūst nosaukumu pēc virsmas ģeometriskā nosaukuma, piemēram, cilindriskās, konusoidālās, hiperboloidālās, hiperboloidāli paraboloidālās u. c. (3.10. att. *d*) čaulas. Čaulās sprieguma stāvoklis ir telpisks. Čaulas var izgatavot gan no saliekama dzelzsbetona elementiem, gan arī no monolīta dzelzsbetona. Monolītām dzelzsbetona čaulām ir sarežģīti ievērojami, tāpēc celtniecībā šīs čaulas plaši neizmanto.



3.10. att. Virsmu konstrukciju veidi:

a — plātnes; *b* — diski; *c* — krokas; *d* — sfēriskas virsmas konstrukcijas; 1 — cilindriska čaula; 2 — kupolveida čaula; 3 — hiperboloida-paraboloidālā čaula.

Attīstoties stiklplasta ievaidņu ražošanai, celtniecībā turpmāk tiks lietotas galvenokārt monolītās čaulas.

Dažādas formas čaulas kā telpiskas konstrukcijas ir arī optiski izteiksmīgas un atbilst arī mūsdienu arhitektoniskām prasībām.

Pie virsmas konstrukcijām pieder arī pneimatiskie karkasu pārsegumi un gaisa atbalsta pārsegumi. Šajās plēves tipa virsmas konstrukcijās darbojas tikai stiepes spēki. To telpiskā forma var būt ļoti dažāda (sk. 10. nod.). Nesošās konstrukcijas klasificē arī pēc izmantotā materiāla nosaukuma, piemēram, betona, dzelzsbetona, metāla, koka un salikta jeb kombinēta materiāla nesošās konstrukcijas.

Pēc autora domām, šajā nodaļā doto nesošo konstrukciju klasifikāciju nevar uzskatīt par visaptverošu, jo ir iespējams tās klasificēt vēl sīkāk gan pēc to darbības principa, gan arī to formas un uzbūves. Nesošo konstrukciju klasifikācijas nodaļas galvenais uzdevums bija iepazīstināt lasītājus ar mūsdienu celtniecībā plaši lietoto konstrukciju dažādību gan formas, gan arī to darbības jomā. Par katru klasifikācijā apskatīto konstrukciju turpmākajās nodaļās tiks sniegta konkrēta informācija, lai lasītājs to varētu pareizi izmantot ēku un būvju projektēšanā.

4. Ēku nesošie karkasi mūsdienu celtniecībā

4.1. Iedarbības faktori uz ēkām

Dažāda tipa ēkas (dzīvojamās, sabiedriskās un rūpniecības) no ekspluatācijas viedokļa var uzskatīt par mākslīgu čaulu vai apvalku, kurš nodrošina funkcionālā un tehnoloģiskā procesa optimālu darbību, kā arī pasargā tajā atrodošos cilvēkus no atmosfēras iedarbības, garantējot viņiem mikroklimatu ar noteiktiem parametriem un komforta apstākļus. Šis apvalks, atrodoties uz divām dažādām iedarbības robežām (no vienas puses, ražošana un ekspluatācija, no otras, — ārējās atmosfēras iedarbība), tiek pakļauts daudzām ietekmējošām fizikālām, mehāniskām un ķīmiskām darbībām ar dažādu intensitāti (4.1. att.).

Projektētāju un celtnieku galvenais uzdevums ir atkarībā no konkrētiem apstākļiem un ekspluatācijas prasībām izveidot tādu ēkas ārējo konstruktīvo apvalku, kurš optimāli apmierinātu visas ražošanas vai sadzīves prasības un būtu nemainīgs visu ekspluatācijas laiku, t. i., ēku ārējam apvalkam visu ekspluatācijas laiku ir jāiztur ārējās un iekšējās ietekmējošās iedarbes, kā arī jāatbilst stiprības, noturības, ekonomiskajām, arhitektūras un estētiskajām prasībām. Dažādas ietekmējošās iedarbes uz rūpniecības ēkām, kuras

nepieciešams ievērot materiālu izvēlē, konstrukciju aprēķiniem, kā arī lai pasargātu ēku no priekšlaicīgas sagrūšanas, ir parādītas 4.1. attēlā. Sabiedriskajām un dzīvojamām ēkām šādas ietekmes ir ievērojami mazāk, tāpēc ka nav ražošanas procesa kaitīgo iedarbību.

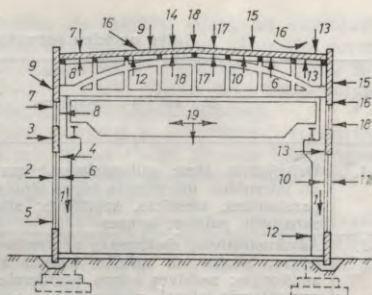
4.1.1. Slodžu un iedarbību klasifikācija

Slodžu un iedarbību klasifikācija sastādīta atbilstoši celtniecības normām CNuN¹ 2.01.07.—85. Visas slodzes un iedarbības atkarībā no darbības ilguma var iedalīt pastāvīgās un mainīgās (ilgstošās, īslaicīgās, sevišķās) slodzēs.

Pie pastāvīgām slodzēm pieder ēkas vai būves svars, kas sastāv no nesošo un norobežojošo konstrukciju svara, grunts spiediena un tās svara.

Pie ilgstošām slodzēm pieder šādas slodzes: pagaidu šķērssienas svars; stacionāru iekārtu un mehānismu svars (motori, virpas, tilpnes, rezervuāri, konveijeri), kā arī cietu un šķidru vielu svars, ar ko aizpildītas tvertnes; šķidrumu un beramu materiālu svars un gāzes spiediens; slodzes uz dažādu materiālu pārsegumiem, produktiem, grāmatām u. c.; tehnoloģiskās temperatūras ietekme, kura rodas no pastāvīgās iekārtas darbības; dzesējošā ūdens kārtā uz jumta; ražošanas putekļu svars; cilvēku, dzīvnieku un iekārtu slodzes uz pārsegumu dzīvojamās, sabiedriskajās un lauksaimniecības ēkās ar pazeminātu normatīvo lielumu; vertikālās tilta celtnes un piekārtā transporta slodzes atkarībā no darba režīma pēc VS 25546—82; sniega slodze atkarībā no klimatiskā rajona (sk. CNuN 2.01.07.85.); temperatūras klimatiskās slodzes ar pazeminātu normatīvo lielumu; pamatnes deformāciju ietekme; materiālu šļūdes un rukuma ietekmes.

Pie īslaicīgām slodzēm pieder slodzes, ko rada iekārtu palaišana vai pārbaude; remontstrādnieku un materiālu svars iekārtu remon-



4.1. att. Ietekmējošās iedarbes uz rūpniecības ēku vertikālām un horizontālām konstrukcijām:

1 — ēku daļu sienu un karkasa masa; 2 — vēja spiediens; 3, 4 — ārējā un iekšējā gaisa temperatūras ietekme; 5, 6 — ārējā un iekšējā gaisa mitruma ietekme; 7, 8 — ārējā un iekšējā agresīvā ķīmiskā iedarbe; 9 — saules radiācijas ietekme; 10 — temperatūras ietekme; 11 — trokšņi; 12 — dinamiskās slodzes un vibrācijas; 13 — mikroorganismi; 14 — pastāvīgās slodzes (pārseguma konstrukcijas masa, piekārtas iekārtas u. c.); 15 — mainīgās slodzes (sniega slodze, transportlīdzekļu un to ekspluatācijas slodzes); 16, 17 — apkārtējās temperatūras ietekme; 18 — atmosfēras mitrums; 19 — tilta celtnes vertikālās un horizontālās slodzes.

¹ CNuN — Строительные нормы и правила (СНиП).

Ēku un telpu normatīvās slodzes

Nr. p. k.	Ēku vai telpu nosaukums	Normatīvā slodze p , kPa (kgf/m ²)	
		pilna slodze	samazināta slodze
1.	Dzīvojamās ēkas; guļamtelpas bērnu iestādēs un internātos; dzīvojamās telpas atpūtas namos, pansionātos, viesnīcās, koprūmītēs; slimnīcu un sanatoriju palātas; terases	1,5 (150)	0,3 (30)
2.	Administratīvās, zinātniskās pētniecības kantora telpas; skolas un mācību iestāžu klases un auditorijas; sadzīves telpas (garderobes, dušas, mazgājamās telpas), rūpniecības un sabiedriskās ēkas	2,0 (200)	0,7 (70)
3.	Veselības aizsardzības iestāžu kabineti un laboratorijas; zinātnisko un mācību iestāžu laboratorijas; elektronisko skaitļotāju mašīnu telpas; sabiedrisko ēku virtuves; tehniskie stāvi un pagrabtelpas	2,0 (200) ne mazāk	1,0 (100) ne mazāk
4.	Lasītavas; ēdnīcas, kafējnīcas, restorāni; saspulču, sanāksmju, uzgaidāmās, skatītāju, koncertu un sporta zāles; tirdzniecības, izstāžu un ekspozīciju zāles	2,0 (200) 3,0 (300) 4,0 (400) 4,0 (400) ne mazāk	0,7 (70) 1,0 (100) 1,4 (140) 1,4 (140) ne mazāk
5.	Grāmatu krātuves, arhīvi	5,0 (500) ne mazāk	5,0 (500) ne mazāk
6.	Teātru skatuves	5,0 (500) ne mazāk	5,0 (500) ne mazāk
7.	Skatītāju tribīnes ar sēdvietām, stāvvietās	4,0 (400) 5,0 (500)	1,4 (140) 1,8 (180)
8.	Bēniņu telpas	0,7 (70)	—
9.	Pārsegumi atsevišķās vietās, kur iespējama cilvēku drūzmēšanās (pie izejām no ražošanas telpām, pie zālēm, auditorijām u. c.); atpūtas izmantošanai; citās vietās	4,0 (400) 1,5 (150) 0,5 (50)	1,4 (140) 0,5 (50) —
10.	Balkoni (lodžijas) a) ar vienmērīgu slodzi gar balkona vai lodžijas nožogojumu, ja joslas platums ir 0,8 m b) ar vienmērīgu slodzi pa visu balkona (lodžijas) laukumu. Slodzes darbība nelabvēlīgāka par 10. a slodzi	4,0 (400) 2,0 (200)	1,4 (140) 0,7 (70)
11.	Rūpniecības ēku laukumi	1,5 (150) ne mazāk	—
12.	Vestibili, foajē, gaiteni, kāpņu telpas, kurās saistības ar telpām, uzrādītām pozīcijās a) 1,2 un 3 b) 4, 5, 6 un 11 c) 7	3,0 (300) 4,0 (400) 5,0 (500)	1,0 (100) 1,4 (140) 1,8 (180)
13.	Staciju peroni	4,0 (400)	1,4 (140)
14.	Jaunlopu mītnes liellopu mītnes	2,0 (200) ne mazāk 5,0 (500) ne mazāk	0,7 (70) ne mazāk 1,8 (180) ne mazāk

Piezīmes: 1.—8. pozīcijā dotā slodze attiecas uz laukumu, kurš nav aizņemts ar iekārtām vai materiāliem; 2.—9. pozīcijā slodze ir bez sniega slodzes.

tēšanas zonās; cilvēku, dzīvnieku un iekārtu svars uz dzīvojamo, sabiedrisko un lauksaimniecības ēku pārsegumiem ar pilnu normatīvo slodzi; transporta un pacelšanas iekārtu slodzes ar pilnu normatīvo slodzi; sniega normatīvās slodzes; klimatiskās temperatūras normatīvās slodzes; vēja slodzes un apledojuuma slodzes.

Pie **sevišķām slodzēm** pieder seismiskās iedarbības; sprādzienu un eksploziju iedarbības; slodzes, kuras rodas strauju tehnoloģisko iekārtu un procesu izmaiņu un bojājumu gadījumā; iedarbības no pamatnes deformācijām, mainoties tās struktūrai.

Nesošo konstrukciju aprēķinos jāņem slodzes ar visneizdevīgāko iespējamo kombināciju summu atbilstoši norādījumiem, kuri izteikti CNuN 2.01.07.—85. «Slodzes un iedarbības». Normatīvās vienmērīgi izklīdētās mainīgās slodzes dotas 4.1. tabulā.

Sniega, vēja un apledojuuma slodzes lielumu nosaka pēc celtniecības normām CNuN 2.01.07.—85. Jāatzīmē, ka celtniecības normās PSRS teritorija sniega slodzes noteikšanai ir sadalīta šādos rajonos ar sniega normatīvo slodzi zemes līmeni uz 1 m²:

I — 5 (50); II — 7,0 (70); III — 1,0 (100); IV — 1,5 (150); V — 2,0 (200); VI — 2,5 (250) kPa (kgf/m²), bet vēja slodzes noteikšanai — šādos rajonos ar normatīvo vēja spiedienu uz 1 m²:

Ia — 0,17 (17); I — 0,23 (23); II — 0,30 (30); III — 0,38 (38); IV — 0,48 (48); V — 0,60 (60); VI — 0,73 (73); VII — 0,85 (85) kPa (kgf/m²).

Apledojuuma slodzes nepieciešams ņemt vērā, projektējot elektro-pārvades līnijas, antenu mastus u. c. PSRS tiek sadalīta šādos piecos apledojuuma rajonos ar attiecīgu apledojuuma biezumu, mm: I — ne mazāk par 3; II — 5; III — 10; IV — 15 un V — ne mazāk par 20 mm.

Bez iepriekšapskatītām slodzēm un iedarbībām, projektējot nesošās konstrukcijas, jāņem vērā arī pārējās slodzes, kuras nav dotas celtniecības normās. Pie pārējām slodzēm pieder speciālas tehnoloģiskās slodzes, mitruma un rukuma iedarbības, kā arī slodzes, kuras rodas celtniecības laikā vai var rasties ekspluatācijas gaitā. Šīs slodzes tiek norādītas projekta pasūtītāja normatīvajos dokumentos, lai projektētāji tās ņemtu vērā nesošo konstrukciju aprēķinā un projekta dokumentācijas sastādīšanā.

Visas iepriekšapskatītās slodzes un ietekmes atsevišķi vai kopumā var izraisīt konstrukcijas sagraušanu, kā arī izmainīt iekšējo telpas vidi vai ražošanas apstākļus. Pie šiem faktoriem pieder nesošo konstrukciju nestspējas samazināšanās, mainoties materiālu struktūrai; siltumcaurlaidības spējas palielināšanās, pieaugot konstrukcijas mitrumam; telpu pārkaršana vai izaukstēšana, konstrukciju materiālu korozija, krāsojuma un apdares kārtu bojājumi, plaisu parādīšanās konstrukcijās u. c. Ēku projektēšanā ir jāņem vērā gan atsevišķi faktori, gan arī to kopējā iedarbība visneizdevīgākajā šo faktoru kombinācijā.

Laī ēkas būtu stipras, noturīgas, ilgstoši ekspluatējamas, komfortablas un ar minimāliem celtniecības un ekspluatācijas izdevumiem, jāparedz visefektīvākie pasākumi konstrukciju aizsardzībai

pret priekšlaicīgu sagrūšanu. Rūpniecības ēkās nepieciešams līdz minimumam samazināt ražošanas kaitīgās vides ietekmi uz konstrukcijām, maksimāli hermetizējot tehnoloģisko procesu, palielinot gaisa apmaiņu telpās vai veicot citus nepieciešamos pasākumus.

4.2. Vienstāva ēku karkasi

4.2.1. Materiālu izvēle nesošajiem ēku karkasiem

1 Vienstāva civilajām un rūpniecības ēkām karkasa izveidošanai visplašāk tiek lietotas saliekamās dzelzsbetona un tērauda konstrukcijas. Mūsu zemē salīdzinājumā ar aizrobežu celtniecību ievērojami mazāk karkasus veido no monolīta dzelzsbetona, alumīnija, koka vai plastmasas.

2 Izveloties materiālu karkasa elementu izgatavošanai, jāņem vērā laiduma un kolonnu soļa izmēri, ēkas augstums, kā arī to slodžu raksturs un lielums, kuras darbojas uz ēkas nesošo karkasu. Rūpniecības ēkām jāņem vērā arī ražošanas telpu gaisa agresivitāte, celtniecības rajons, ugunsdrošības prasības, ilgmūžība un tehniski ekonomiskie faktori.

Tālāk tiks apskatītas un analizētas dažādu materiālu nesošās karkasu konstrukcijas.

1-1 **Dzelzsbetona konstrukcijas karkass** ir ilgzsturīgs, nedegošs un maz deformējas. Lietojot šādas karkasa konstrukcijas gan civilo, gan rūpniecības ēku celtniecībā, var ekonomēt tēraudu, kā arī ir mazi ekspluatācijas izdevumi. Dzelzsbetona nesošo karkasu trūkumi ir šādi: liela masa, darbietilpīga elementu savstarpējā savienošana, apgrūtināta monolītu konstrukciju izveidošana ziemā, sarežģīta konstrukciju piestiprināšana un demontēšana.

Pēdējos gadu desmitos, lietojot iepriekšsasprīgtu stiegrojumu, augstas markas betonu un tēraudu, kā arī izmantojot efektīvo plān-sienu konstrukcijas, ir izdevies palielināt dzelzsbetona nestspēju, samazināt tā masu un līdz ar to paplašināt dzelzsbetona konstrukciju izmantošanas sfēru gan civilo, gan arī rūpniecības ēku celtniecībā.

1-2 **Tērauda konstrukcijas karkasiem** salīdzinājumā ar dzelzsbetona karkasiem ir mazāka masa, liela nestspēja, mazāki izmēri, augsta industrializācijas pakāpe, labākas transportēšanas iespējas un maza montāžas darbietilpība. Tēraudam raksturīga ir liela īpašību pastāvība, viendabīgums un izturība. Tērauda konstrukciju pastiprināšana ir ar mazu darbietilpību.

Pie tērauda karkasu konstrukciju trūkumiem pieder korozija un nestspējas samazināšanās augstās temperatūrās. Tā kā rūpniecībā tiek patērēts ļoti daudz tērauda, tā pielietošana celtniecībā ir ierobežota.

1-3 **Alumīnija konstrukcijas karkasi** atšķirībā no tērauda un dzelzsbetona karkasu konstrukcijām ir viegli (ar augstu nestspēju) un

Samērā izturīgi pret koroziju. Salīdzinājumā ar tērauda karkasa konstrukcijām tie ir mazāk trausli zemās temperatūrās, kā arī nerodas dzirksteles, sitot pa tiem ar cietu priekšmetu. Pie negatīvām īpašībām pieder liels temperatūras izplešanās koeficients, neliela karstuma izturība un darbietilpīga savienojumu izveidošana.

4-4. **Koka konstrukcijas karkasi** ir viegli, ar nelielu temperatūras izplešanās koeficientu un augstu izturību pret dažādām ķīmiskām iedarbībām, kā arī tie ir labi transportējami. Tie ir lētāki par dzelzsbetona un tērauda karkasiem. Tādējādi koka karkasa konstrukcijas ir efektīvas lauksaimniecības, rūpniecības (ar ķīmisko agresivitāti) un sporta būvju celtniecībā. Ja kokmateriālu lieto kopā ar tēraudu, kurš uzņem stiepes spēkus, ievērojami paplašinās tā lietošanas iespējas. Mūsu zemes atsevišķos rajonos, kas bagāti ar kokmateriālu, koka un koka-metāla konstrukcijas ir ieteicams lietot plaši.

Koka karkasu konstrukciju trūkumi ir šādi: tie ir pakļauti tru-pēšanai, degoši, ievērojami deformējas slodzes ietekmē, kā arī žūstot un briestot.

4-5. **Akmens konstrukcijas** par nesošajiem elementiem mūsdienās lieto reti, galvenokārt ēkās ar nelieliem laidumiem un rūpniecības ēkās bez tilta celtnēm ar nelielām slodzēm uz balstiem. Akmens konstrukciju pozitīvās īpašības ir ilgizturība, ugunsdrošība un lielas dabisko materiālu rezerves. Pie trūkumiem pieder liela darbietilpība apstrādē un sarežģīta būvniecība ziemā.

4-6. **Plastmasas nesošas konstrukcijas** pagaidām lieto samērā maz, galvenokārt norobežojošās ēku konstrukcijās. Atšķirībā no iepriekš apskatītajiem celtniecības materiāliem tās ir vieglas, rūpnieciski izgatavojamas, korozijnoturīgas, bet tās nav ugunsdrošas, tām ir lielas šļūdes deformācijas, konstrukcijas ātri noveco, kā arī tās ir ļoti dārgas.

Dzīvojamo, sabiedrisko, lauksaimniecības un rūpniecības ēku nesošās konstrukcijas galvenokārt izgatavo no saliekamā dzelzsbetona konstrukcijām.

Vienstāva ēkās lietot tērauda konstrukcijas ir atļauts šādos gadījumos: *apkurināmās ēkās* jumta konstrukcijām ar 30 m un lielāku laidumu; *neapkurināmās ēkās*, kurām ir azbestcements jumta segums, ja ir 12 m laidums (vai lielāks) un ar piekārtu transportu, kura celtspēja lielāka par 2 t; ja ir 18 m laidums un piekārts transports, kura celtspēja lielāka par 3,2 t, kā arī ēkās ar 24 m un lielāku laidumu. Tērauda konstrukcijas var arī lietot neapkurināmās ēkās ar veltņu materiāla jumta segumu, ja laidums ir 30 m un lielāks, un daudzlaidumu ēkās ar laidumu 18 m; ēkās ar piekārtu celtni siju (monosliedi), kuras celtspēja 5 t, kā arī ja darbojas kāda cita piekārtā slodze, kas lielāka par tipa saliekama dzelzsbetona konstrukciju nestspēju; ēkās, kurās starpkopņu telpā jāizvieto komunikācijas un tipa dzelzsbetona kopņu režģojuma izmēri to nepieļauj; ja zemes svārstības ir 8 balles un ēku laidumi ir 24 m un vairāk; ja zemes svārstības ir 9 balles un ēku laidumi ir 18 m un vairāk, kā arī ēkām, kuras ceļ grūti pieejamās vietās. Pārseguma nesošās tērauda konstrukcijas atļauts lietot ēkām ar lielu dinamisko slodzi; karstiem

cehiem ar intensīvu siltuma izstarojumu, ja konstrukciju virsmas sakaršanas temperatūra ir augstāka par 100 °C; ja ēkām ir tērauda kolonnas; liellaiduma sporta būvēm un sabiedriskajām ēkām, kuras būvē pēc individuāla projekta.

Tērauda kolonnas var lietot ēkām, kuras būvē grūti pieejamos rajonos un šajos rajonos nav saliekamo dzelzsbetona konstrukciju izgatavošanas rūpnīcu; ja augstums no grīdas līdz kopnei ir lielāks par 18 m; ēkām ar tilta celtni neatkarīgi no kolonnas augstuma, ja celtna celtspēja ir 50 t un vairāk, kā arī tad, ja tilta celtna celtspēja ir mazāka, bet ir sevišķi smags darba režīms; ja kolonnu solis lielāks par 12 m; ja tilta celtni izvietoti divos līmeņos; civilajām ēkām, ja tipa dzelzsbetona kolonnas neatbilst prasītajiem garuma izmēriem un pieļaujamām slodzēm.

Bez tam tērauda kolonnas var uzstādīt zem celtnu sijām, virsgaismu rāmjiem, statņu būvju rīģeļiem, kā arī tipa vieglās nesošās un norobežojošās konstrukcijās, kuras būvēm piegādā kompleksā veidā.

Tā kā celtniecības materiāli, konstrukcijas un transporta izdevumi ir 60% no kopējām ēkas izmaksām, tad viens no aktuālākajiem uzdevumiem celtniecības tehniskā progresa palielināšanā ir samazināt ēku un būvju konstruktīvajiem elementiem materiālu ietilpību.

Ēkas tērauda un dzelzsbetona apjomu ir iespējams samazināt, plašāk lietojot alumīnija konstrukcijas un plānsienu dzelzsbetona

4.2 tabula

Vienstāva rūpnīcības ēku konstruktīvo risinājumu
tehniski ekonomiskie rādītāji uz ražošanas
laukuma 1 m²

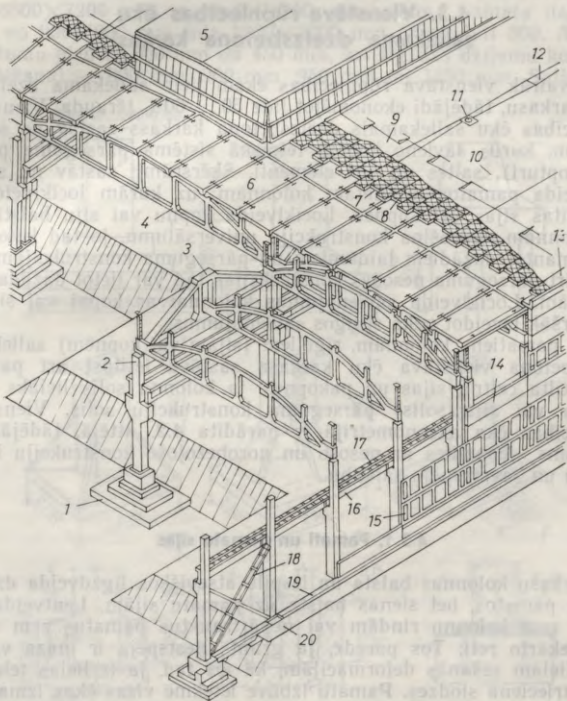
Nr. p. k.	Rādītāji	Konstruktīvo risinājumu tipi				
		dzelzsbetona karkass ar dzelzsbetona pārseguma paneļiem	tērauda karkass ar dzelzsbetona pārseguma paneļiem	tērauda karkass ar štancētiem metāla paneļiem	tērauda karkass ar pārsegumu	
					no štancētiem paneļiem	no azbestcimenta plātnēm
1.	Konstrukciju masa, kg/%	$\frac{520}{100}$	$\frac{372,8}{70,1}$	$\frac{82,7}{15,6}$	$\frac{72,7}{13,7}$	$\frac{128,5}{24,2}$
2.	Tērauda patēriņš, kg/%	$\frac{50,6}{100}$	$\frac{69,5}{137}$	$\frac{68,5}{136}$	$\frac{58,1}{115}$	$\frac{48,5}{95,8}$
3.	Darbietilpīgums, cilvēkst. %	$\frac{3,09}{100}$	$\frac{2,69}{87}$	$\frac{2,03}{65,8}$	$\frac{1,91}{64}$	$\frac{1,84}{59,5}$
4.	Izmaksa, %	100	96	71,8	67,5	71,5

konstrukcijas, kuras par 25...30% vieglākas nekā tipa dzelzsbetona konstrukcijas.

Salīdzinošie tehniski ekonomiskie rādītāji vienvācu rūpniecības ēkām ar dažādiem konstruktīviem risinājumiem doti 4.2. tabulā.

Tērauda konstrukcijas masu var samazināt, ieviešot celtniecībā augstas stiprības un efektīva profila (plānsienu elektrometinātas caurules, dubulta T profilu ar platiem plauktiem u. c.) tēraudus. Bez tam mūsdienīgu liellaiuma pāsrēģumos lieto iepriekšsaprīgtas tērauda konstrukcijas.

Ēkas nesošā karkasa izveidošanā ir šādi trīs varianti: dzelzsbetona, tērauda un kombinēta tipa karkasi, kuros ir dzelzsbetona



4.2. att. Vienstāva dzelzsbetona karkasa ēkas konstruktīvie elementi:

1 — pamats; 2 — kolonna; 3 — pakopne; 4 — kopne; 5 — virsgaisma; 6 — pārseguma plātnē; 7 — tvaika izolācija; 8 — siltuma izolācija; 9 — izlīdzošā kārtā; 10 — jumta segums; 11 — lietusūdens iekšējā novadīšana; 12 — lietusūdens savācēja tekne; 13 — tekne pie ārienes; 14 — sienu panelis; 15 — logu bloks; 16 — celtņa sija; 17 — celtņa sija; 18 — vertikālas stinguma saites; 19 — pamata sija; 20 — asfalts.

kolonnas, bet no tērauda vai koka kopnes un sijas. Izdevīgāko variantu izvēlas atkarībā no laiduma parametriem, ugunsdrošības prasībām, tehniski ekonomiskajiem rādītājiem un ekspluatācijas; ražošanas vai sabiedriskajām ēkām — no arhitektoniski estētiskajiem faktoriem, bet rūpniecības ēkām — vēl arī no ceha iekšējā transporta veida un ražošanas vides kaitīguma.

Dažāda tipa ēkām, izvēloties būvmateriālus un konstrukcijas, nepieciešams ievērot vietējo būvmateriālu rūpniecību specifiku, ģeoloģiskos un klimatiskos apstākļus, kā arī dotajam rajonam noteiktās arhitektūras un estētiskās prasības.

4.3. Vienstāva rūpniecības ēku saliekama dzelzsbetona karkasi

Visvairāk vienstāva rūpniecības ēkām lieto saliekama dzelzsbetona karkasu, tādējādi ekonomējot līdz 50...60% tērauda. Vienstāva rūpniecības ēku saliekamais dzelzsbetona karkass sastāv no šķērsrāmjiem, kurus savieno kopējā telpiskā sistēmā pārseguma paneli (vai kopturi), saites un citi elementi. Šķērsrāmji sastāv no stingī ligzdveida pamatos iespīlētām kolonnām, uz kurām locīklveidā ir atbalstītas sijas vai kopnes. Locīklveida kopņu vai siju balstīšana uz kolonnām nodrošina konstrukciju universālumu, jo tad kolonnas var izmantot dažādiem laidumiem un pārseguma konstrukcijām, bet savukārt pārseguma nesošās konstrukcijas tad var lietot dažāda tipa kolonnām. Locīklveida savienojumus kolonnai ar kopni vai siju ir vienkāršāk izveidot nekā stingos savienojumus.

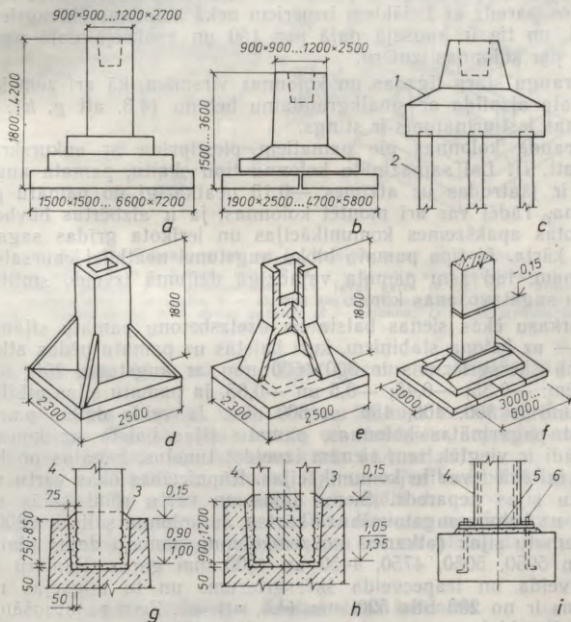
Bez pamatiem, kolonnām, rīģeļiem (sijām vai kopnēm) saliekamā dzelzsbetona vienstāva ēku karkasa sastāvā ietilpst arī pamatu sijas, tilta celtņu sijas un pakopnes, ja kolonnu solis lielāks nekā (kopņu vai siju solis) pārseguma konstrukciju solis. Vienstāva rūpniecības ēka aksonometrijā ir parādīta 4.2. attēlā, tādējādi ir iespējams iepazīties ar nesošo un norobežojošo konstrukciju izvietojumu un savstarpējo saistību.

4.3.1. Pamati un pamatu sijas

Karkasu kolonnas balsta un iespīlē atsevišķos ligzdveida dzelzsbetona pamatos, bet sienas balsta uz pamatu sijām. Lentveida pamatus zem kolonnu rindām vai nepārtrauktus pamatus zem visas ēkas iekārto reti. Tos paredz, ja grunts nestspēja ir maza vai tā ir ar lielām sēšanās deformācijām, kā arī tad, ja ir lielas tehnoloģiskā trieciena slodzes. Pamatu izbūve ietekmē visas ēkas izmaksas, jo no visas ēkas darbietilpīguma tās ir 6...8%, bet dzelzsbetona patēriņš pamatiem sasniedz 20%. Pēc izbūves veida pamatus iedala monolītos un saliekamos pamatos. Jāatzīmē, ka pamatu konstrukciju izvēle ir cieši saistīta ar pamatni, t. i., ar dotās vietas grunts sastāvu, nestspēju un deformatīvajām īpašībām.

Neliela izmēra pamatus (pamatu masa nepārsniedz 6 t), kā arī atvieglotos pamatus (ribotus vai dobtus) mērķtiecīgi ir montēt no atsevišķiem blokiem.

Monolītus pamatus izveido pakāpienveidā ar centrālās daļas pagarinājumu un ligzdu kolonnas iespīlēšanai. Šādus pamatus paredz taisnstūra šķēsgriezuma un arī divzaru kolonnu balstīšanai (4.3. att. a). Pamatu izgatavošanai lieto betonu ar B20 (M200) un lielāku klasi ar stieģojuma sietu no A—I un A—II klases tērauda. Atkarībā no uzņemamās slodzes lieluma, kolonnas šķēsgriezuma izmēriem un pamata dziļuma ir paredzēti vairāki pamatu tipa izmēri: pamatu bloki ar augstumiem 1500 mm un no 1800 līdz 4200 mm (ar moduli 600) un izmēriem plānā no 1500×1500 mm līdz 6600×7200 mm ar moduli 300, zemkolonnu pamatu daļas izmēri no 900×900 mm līdz 1200×2700 mm ar moduli 300. Atkāpju augstumu pieņem 300 mm un 450 mm, bet ligzdas dziļumu kolonnas iespīlēšanai — 800 mm, 900 mm, 950 mm un 1250 mm. Saliekamie



4.3. att. Dzelzsbetona pamati un kolonnu iespīļējumu veidi:

a — monolīti pamati; b — saliekami pamati; c — pāļu pamati; d, e — riboti un dobtī pamati; f — zemkolonnas celmveida pamati; g, h — kolonnu iespīļējumi pamatos; i — kolonnu piestiprināšana pie pamatiem (ASV); 1 — režģogs; 2 — pāļi; 3 — betons; 4 — tērauda paliktņi; 5 — enkurskrūves.

dzelzsbetona pamati var būt no viena bloka vai no vairākiem elementiem. Ligzdveidu pamati, kas sastāv no vairākiem elementiem, parādīti 4.3. attēlā *b, f*. Saliekamo pamatu atbalstplātnes laukums parasti nepārsniedz 27 m².

Ribotas vai dobtas konstrukcijas saliekami pamati parādīti 4.3. attēlā *d, e*. Salīdzinājumā ar parastajiem monolītiem pamatiem saliekamiem pamatiem ir mazāka masa.

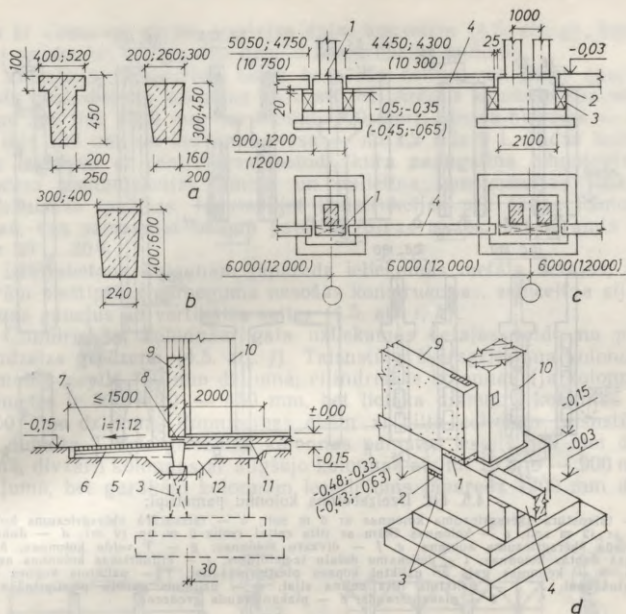
Zem dzelzsbetona kolonnām ar lieliem izmēriem paredz pamatus ar bāzes tipa zemkolonnas daļu (4.3. att. *f*). Pamata bāzes daļu uzstata tad, kad izpilda nulles ciklu. Pamata bāzes daļu ar kolonnu savieno, sametinot izlaistās stiegras un pēc tam savienojuma vietu aizbetonējot. Mūsdienās plaši tiek lietoti pāļu pamati. Dzelzsbetona pāļi ir kvadrātveida vai apaļa šķērs griezuma. Pāļu galus saista ar monolītu vai saliekama dzelzsbetona režģogu, kuru vienlaikus izmanto arī par zemkolonnas ligzdveida daļu (4.3. att. *c*). Pāļu pamatiem ir ievērojami mazāks zemes darba apjoms un materiāla patēriņš nekā parastajiem pamatiem. Kolonnas iespīlēšanai ligzdas pamatos paredz ar lielākiem izmēriem nekā kolonnas šķērs griezuma izmēri, un tie ir augšējā daļā par 150 un apakšējā daļā par 100 lielāki par kolonnas izmēru.

Spraugu starp ligzdas un kolonnas virsmām, kā arī zem kolonnas gala aizpilda ar smalkgraudainu betonu (4.3. att. *g, h*). Šāds kolonnas iestiprinājums ir stingrs.

Tērauda kolonnas pie pamatiem piestiprina ar enkurskrūvēm (4.3. att. *i*). Lai samazinātu kolonnu tipu skaitu, pamata augšējai daļai ir jāatrodas uz atzīmes —0,15 neatkarīgi no pamatu pēdas dziļuma. Tādēļ var arī montēt kolonnas, ja ir aizbērtas būvbedres, iekārtotas apakšzemes komunikācijas un ierikota grīdas sagatavošanas kārtā. Ja tipa pamatu bloku augstums neatbilst caursalšanas dziļumam, tad zem pamata vajadzīgā dziļumā izveido smilts vai betona sagatavošanas kārtu.

Karkasu ēkā sienas balsta uz dzelzsbetonu pamatu sijām, bet sijas — uz betona stabiņiem, kuri balstās uz pamatu pēdas atkāpes. Stabiņu šķērs griezums ir 300×600 mm ar augstumu līdz šādām atzīmēm: —0,35; —0,45; —0,5 un —0,65, ja pamatu sijas atbilstošie augstumi ir 300, 400, 450 un 600 mm. Ja veido dziļus pamatus, lietojot pagarinātas kolonnas, pamatu sijas balsta uz konsolēm. Tādējādi ir vieglāk zem sienām izveidot tuneļus, kanālus un kolektoros, lai ēkā ievadītu komunikācijas. Rūpniecības ēkā vārtu vietās pamatu sijas neparedz. Sienu daļas un vārtu rāmi šajās vietās balsta uz betona sagatavošanas kārtas. Ja kolonnu solis ir 6000 mm, tad pamatu sijas (atkarībā no zemkolonnu pamatu daļas platuma) pieņem 5950, 5050, 4750, 4450 un 4300 mm garas. Pamatu sijām ir T veida un trapecveida šķērs griezums un to augšējās malas platums ir no 200 līdz 520 mm (4.4. att. *a*). Zem pašnesošām ķieģeļu, siko bloku un paneļu sienām liek 450 mm augstas pamatu sijas, bet zem piekārtām paneļu sienām — 300 mm augstas sijas.

Ja kolonnu solis ir 1200 mm, tad lieto 400, 600 mm augstas trapecveida šķērs griezuma sijas, kuru augšējās malas platums ir



4.4. att. Pamatu sijas un to balstīšana uz pamatiem:

a — kolonnu solis 6 m; *b* — kolonnu solis 12 m; *c* — pamatu sijas balstīšana; *d* — ār sienas un kolonnas pamati; 1 — uzbetonējums; 2 — javas kārtā (2 cm); 3 — atbalsta stabiņš; 4 — pamatu sija; 5 — smilts; 6 — šķembu sagatavošanas kārtā (15 cm); 7 — asfalts (2 cm); 8 — hidroizolācija; 9 — sienas panelis; 10 — kolonna; 11 — sagatavošanas kārtā; 12 — izdedži.

300 un 400 mm (4.4. att. *b*). Sijas garumi ir 11950, 10750 un 10300 mm.

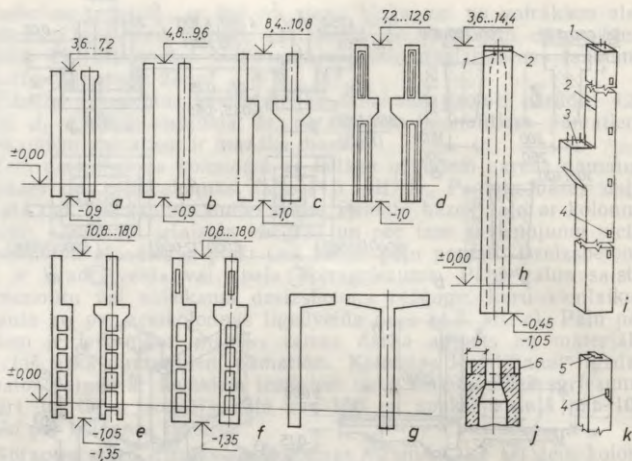
Pamatu sijas augšējā mala ir par 30 mm zemāka nekā tirās grīdas līmenis. Pamatu sijas balsta uz stabiņiem, iepriekš noklājot 20 mm biezu cementa-smilšu javas kārtu (4.4. att. *c*).

Ārsienas balstīšana uz pamata siju un sijas nodrošināšana pret grunts deformāciju ietekmi parādīta 4.4. attēlā *d*.

Bez karkasa ēkās un ēkās ar nepilnu karkasu neatkarīgi no ēkas tipa nesošās sienas balsta uz saliekamu betona bloku pamata.

4.3.2. Saliekama dzelzsbetona kolonnas

Ēkām bez tilta celtniem lieto kolonnas bez konsolēm (4.5. att. *a, b, g, h*), bet ēkās ar tilta celtniem — kolonnas ar konsolēm (4.5. att. *c, d, e, f, i*). Uz konsolēm balsta zemceltņu sijas. Atkarībā no



4.5. att. Dzelzbetona kolonnu pamattipi:

a — taisnstūra šķērsriezuma kolonnas ar 6 m soli; *b* — taisnstūra šķērsriezuma kolonnas ar 12 m soli; *c* — kolonnas ēkām ar tilta celtņi (solis 6 m un 12 m); *d* — dubulta T veida šķērsriezuma kolonna; *e, f* — divzaru kolonnas; *g* — T veida kolonnas; *h* — apakšas dobtas kolonnas; *i* — lielkamo detaļu izvietojums; *j* — cilindriskas kolonnas augšdaļa; *k* — kolonnas gals ar uzliktni kopnes piestiprināšanai; *l* — uzliktnis kopnes piestiprināšanai; 2, 3 — uzliktnis tilta celtņa sijai; 4 — uzliktnis paneļu piestiprināšanai; 5 — plakanterāuds; 6 — plakanterāuda gredzens.

kolonnas novietojuma ēkā tās iedala malējās un vidējo rindu kolonnās.

Dzelzbetona kolonnām ir taisnstūra, dubulta T veida šķērsriezums (4.5. att. *a, b, c, d*), salikts šķērsriezums (divzaru kolonnas; 4.5. att. *e, f*). Divzaru kolonnām salīdzinājumā ar taisnstūra šķērsriezuma kolonnām ir lielāks stingums, un tās lieto ēkās, kuru augstums ir lielāks par 10,8 m. Dubulta T šķērsriezuma kolonnām betona patēriņš ir 25...30% mazāks nekā kolonnām ar taisnstūra šķērsriezumu.

Kolonnu šķērsriezumu izmēri dažāda tipa ēkām ir atkarīgi no slodzes lieluma un telpas augstuma (kolonnas slaiduma).

Izplatītākie kolonnu šķērsriezuma izmēri ir šādi: kolonnām ar taisnstūra šķērsriezumu — 240×240, 300×300 un no 400×400 līdz 500×800 mm; ar dubulta T šķērsriezumu — 400×600 un 400×800 mm, bet divzaru kolonnām — no 400×1000 līdz 600×1900 mm. Kolonnu zari savā starpā saistīti ar šķēršļiem, kuri novietoti pa visu kolonnas garumu ik pēc 1500...3000 mm.

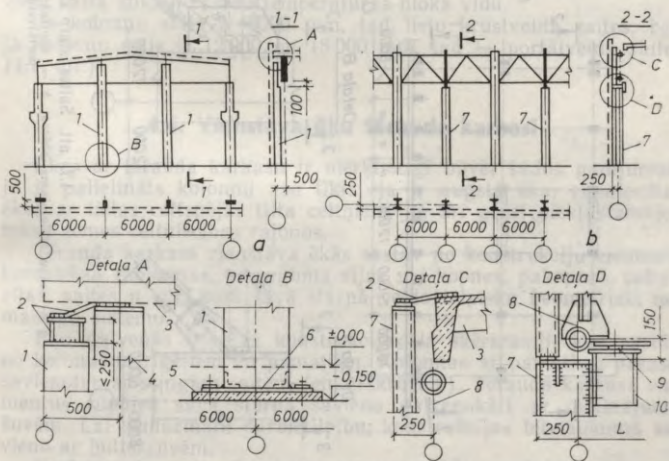
Augstām ēkām kolonnas var veidot no divām vai trijām daļām, kuras savstarpēji savieno ar uzliekamām detaļām un metinājuma šuvēm. Šādas saliktas kolonnas ir ērti izgatavot un transportēt. Tekstilrūpniecības, sabiedriskajām un sporta būvēm lieto arī kolon-

nas ar vienu vai divām augšējās daļas konsolēm (4.5. att. g), kuras ļauj samazināt pārseguma nesošo konstrukciju laidumu.

Vienstāva rūpniecības ēkām bez tilta celtna var lietot cauruļveida dzelzsbetona kolonnas (4.5. att. h). Ārējais kolonnas diametrs ir no 300 līdz 1000 mm (ar moduli 100 mm), sienas biezums — no 50 līdz 120 mm un kolonnas masa — no 1,2 līdz 9 t. Šādas kolonnas izgatavo ar centrifūgas metodi, kura paaugstina tehnoloģiskā procesa mehanizācijas līmeni un palielina konstrukcijas fizikāli mehāniskās īpašības. Izgatavojot konstrukcijas pēc šādas tehnoloģijas, var samazināt betona patēriņu divas reizes, bet tērauda — par 20...30%.

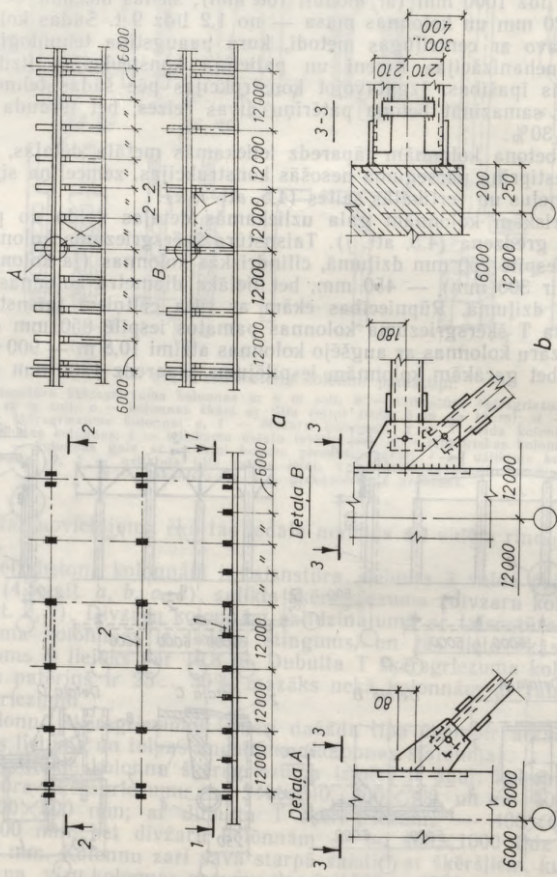
Dzelzsbetona kolonnām jāparedz ieliekamās metāla detaļas, pie kurām piestiprina pārseguma nesošās konstrukcijas, zemceltna sijas, sienas paneļus un vertikālās saites (4.5. att. i, k).

Cilindriskām kolonnām gala uzlietāmās detaļas veido no plandzelzs gredzena (4.5. att. j). Taisnstūra šķēsgriezuma kolonnas pamatos iespilē 750 mm dziļumā, cilindriskās kolonnas (ja kolonnas diametrs ir 300 mm) — 450 mm, bet lielāka diametra kolonnas — 1050 mm dziļumā. Rūpniecības ēkām ar tilta celtniem taisnstūra un dubulta T šķēsgriezuma kolonnas pamatos iespilē 850 mm dziļumā, divzaru kolonnas ar augšējo kolonnas atzīmi 10,8 m — 900 mm dziļumā, bet garākām kolonnām iespilējums jāparedz 1200 mm dzi-



4.6. att. Statņu (ēkas gala) kolonnu tipi un stiprināšanas detaļas:

a — dzelzsbetona ēkas gala kolonnas; b — tērauda statņu kolonnas ēkas garenvirzienā; 1 — dzelzsbetona kolonna; 2 — savienojošie metāla elementi; 3 — pārseguma panelis; 4 — kopne; 5 — betons B 15 (M-150); 6 — 20 mm bieža tērauda plātne; 7 — tērauda kolonnas; 8 — atbalsta vai vertikālo saišu ass; 9 — montāžas paliktņi; 10 — tērauda dubulta T profils nr. 30.



4.7. att. Saites starp dzelzsbetona kolonnām:
 a — saišu izvietojuma shēma; b — stiprināšanas detaļas; 1 — krustveida saites; 2 —
 portālvēdīda saites.

lumā. Kolonnu izgatavošanai lieto no B20 (M200) līdz B60 (M600) klases betonu un metinātus stieģrojuma karkasus.

Bez galvenajām nesošajām kolonnām paredz (režģotas statņu) kolonnas ēkas galos, kā arī starp galvenajām kolonnām, ja solis starp asīm ir 12 m, bet sienu paneļu garums ir 6 m. Abas šīs papildu kolonnu grupas paredzētas sienu paneļu stiprināšanai un uzņem daļēji sienas masu un vēja slodzi.

Kolonnas ēkas galos izgatavo no dzelzsbetona vai tērauda. Dzelzsbetona kolonnu šķērsgriezums ir no 300×300 līdz 400×600 mm. Tērauda statņu kolonnām ir dubulta T šķērsgriezums ar paplašinātiem plauktiem. Šīs kolonnas pie pamatiem un pārsegumam piestiprina ar locīklveida savienojumu (4.6. att.).

Lietojot dzelzsbetona karkasus, ēkas noturību šķērsvirzienā nodrošina kolonnu iespilējumi pamatos un pārseguma stingrais disks, kurš izveidots no piemetinātiem paneļiem ar uzliekamām metāla detaļām pie sijām vai kopnēm. Horizontālie spēki, kas darbojas ēkas šķērsvirzienā, no pārseguma diskjiem tiek pārnesti uz kolonnu šķērsrindām.

Lai nodrošinātu ēkas noturību garenvirzienā, jāparedz vertikālo saišu sistēma starp kolonnām un pārseguma līmeni. Rūpniecības ēkām ar piekārto transportu starpkolonnu saites iekārto tikai tad, ja telpa ir augstāka par 9,6 m. Lai samazinātu temperatūras svārstību izraisīto spēku ietekmi uz ēkas karkasu, vertikālās saites novieto katrā kolonnu rindā temperatūras bloka vidū.

Ja kolonnu solis ir 6000 mm, tad lieto krustveida saites, bet, ja kolonnu solis ir 12000 un 18000 mm, tad — portālveida saites (4.7. att.).

4.4. Vienstāva ēku tērauda karkasi

Ēkas ar tērauda karkasu ir mērķtiecīgi būvēt šādos gadījumos: ja ir palielināts kolonnu asu tīkls; ja ir augsta ēka; rūpniecības ēkās ar lielas celtspējas tilta celtnēm, kā arī grūti piekļūstamajos mūsu zemes celtniecības rajonos.

Tērauda karkass vienstāva ēkās sastāv no konstrukciju elementu kompleksa (kolonnas, pārseguma sijas vai kopnes, pakopnes, celtnu sijas, saites u. c.), kurš savā starpā veido telpisku ģeometriski nemainīgu sistēmu.

Ēku galvenās nesošās konstrukcijas ir šķērsrāmji, kas sastāv no kolonnām, rīģeļiem un pamatiem. Kolonnas ar pamatiem parasti savienotas ar stingām saitēm (enkurskrūvēm). Tērauda karkasa elementus rūpnīcā savā starpā savieno galvenokārt ar metinājuma šuvēm. Lai samazinātu darbietilpību, konstrukcijas būvlaukumā savieno ar bultskrūvēm.

Karkasa elementus izgatavo no mazoglekļa mazlēģēta vai augstas stiprības tērauda dažādiem profiliem, lai samazinātu materiāla patēriņu un vienkārģotu tā formu. Materiāla ekonomiju var iegūt arī, lietoģot efektīvus profilus (locģtus cauruģveida u. c.), kā arī iepriekģsasprģģģtas konstrukcijas.

4.4.1. Tērauda kolonnas un to bāzes

Tērauda kolonnas vienstāva ēkām var būt ar nemainīgu vai mainīgu šķērsgriezumu (4.8. att.)

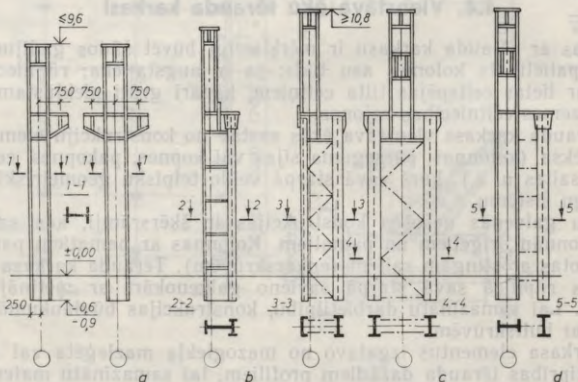
Kolonnas iedala pilna šķērsgriezuma (4.8. att. *a, b*) un divzaru kolonnās (4.8. att. *c, d*). Pēc konstruktīvās shēmas divzaru tērauda kolonnas iedala vēl šādās divās apakšgrupās: pirmajā, kad abi kolonnu zari kopīgi uzņem slodzi (4.8. att. *c*), un otrajā, kad katrs zars uzņem savu slodzi atsevišķi (4.8. att. *d*).

Kolonnas ar nemainīgu šķērsgriezumu lieto sabiedriskās un rūpniecības ēkās bez tilta celtna vai ēkās ar nelielās celtspējas (līdz 20 t) tilta celtni un līdz 9,6 m augstās ēkās. Pārējos gadījumos lieto kolonnas ar mainīgu šķērsgriezumu.

Kolonnas ar pilnu šķērsgriezumu lietderīgi lietot tad, ja tās ir centriski spiestas vai arī tām ir maza ekscentriskā vertikālā slodze. Neraugoties uz to, ka divzaru kolonnu izgatavošana ir darbietilpīgāka, tās lieto ļoti bieži, tāpēc ka tām ir nepieciešams mazāk tērauda.

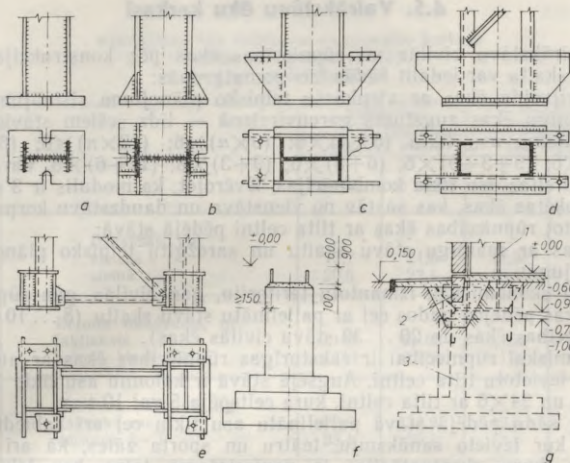
Sabiedrisko vai rūpniecības ēku kolonnu šķērsgriezums ir atkarīgs no konkrētajiem apstākļiem un ekspluatācijas prasībām.

Lai palielinātu kolonnu balstlaukumu un nodrošinātu stingu kolonnas savienošanu ar pamatu, kolonnas apakšējā daļā jāparedz tērauda konstrukcijas bāze. Visvairāk celtniecībā ir izplatītas bezlociklu bāzes. Centriski spiestām kolonnām bāzi ir ieteicams izveidot no vienas tērauda plātnes (4.9. att. *a*) vai arī ar pastipriņošām ribām (4.9. att. *b*). Bieži kolonnām lieto arī bāzi, kas sastāv no tērauda



4.8. att. Tērauda kolonnu galvenie tipi:

a — ar nemainīgu šķērsgriezumu; *b, c* — ar mainīgu šķērsgriezumu; *d* — divzāģas kolonnas.



4.9. att. Tērauda kolonnu bāzes un to piestiprināšana pie pamatiem:

a — tērauda plātnes bāze; *b* — tērauda plātnes bāze ar ribām; *c* — tērauda plātnes bāze ar traversiem; *d* — U profila bāze; *e* — divzaru kolonnas bāze; *f* — pamats zem tērauda kolonnas; *g* — tērauda kolonnas balstīšana uz pamata; 1 — kolonna; 2 — pamata sija; 3 — piebetonēts pilastrs; 4 — apbetonējums.

plātnes un traversiem (4.9. att. *c*). Ekscentriski spiestām kolonnām ar nelielu lieces momentu bāzi izveido kā centriski spiestām kolonnām.

Ja divzaru kolonnām zaru savstarpējais attālums nav liels, tad izveido kopīgu bāzi (4.9. att. *d*), bet pārējos gadījumos katram kolonnas zaram paredz atsevišķu bāzi (4.9. att. *e*). Bāzi un kolonnu savieno ar metinājuma šuvēm. Lai nodrošinātu kvalitatīvu savienojumu, kolonnas gals jānofrēzē, bet atbalsta plakne jānoslipē.

Tērauda kolonnas balsta uz dzelzsbetona stabveida pamatiem (4.9. att. *f*). Pamatu virsmai jābūt uz atzīmes $-0,7 \dots -1,0$ m. Virs pamata liek 100 mm biezu cementa-smilšu (1:2) javas kārtu, pie pamatiem bāzi piestiprina ar enkurskrūvēm.

Isām bāzēm pamata augšējā daļa var atrasties grīdas līmenī, jo tad ir vienkāršāk montēt kolonnas (to veic pēc nulles cikla pabeigšanas), kā arī samazinās tērauda patēriņš kolonnu izgatavošanai. Lai aizsargātu kolonnas zemgrīdas daļu no korozijas, to nosedz ar betona kārtu.

Sienas balsta (tāpat kā dzelzsbetona karkasam) uz pamatu sijām, kuras savukārt balstās uz piebetonētiem stabiņiem (4.9. att. *g*).

4.5. Vairākstāvu ēku karkasi

Vairākstāvu civilās un rūpniecības ēkas pēc konstrukcijas un stāvu skaita var iedalīt šādās trīs pamatgrupās:

sērijveida ēkas ar vienkāršu telpisko plānojuma risinājumu un nemainīgu ēkas augstumu garenvirzienā — līdz sešiem stāviem — ar kolonnu asu tīklu $(6 \times n) \times 6$; $(9 \times n) \times 6$; $(12 \times n) \times 6$; $(6+3+6) \times 6$; $(9+3+9) \times 6$; $(6+3) \times 6$; $(9+3) \times 6$; $(12+6) \times 6$. Var lietot arī vēl citas asu tīkla kombinācijas, ievērojot, ka modulis ir 3 metri;

bloķētas ēkas, kas sastāv no vienstāva un daudzstāvu korpusiem, ieskaitot rūpniecības ēkas ar tilta celtni pēdējā stāvā;

ēkas ar mainīgu stāvu skaitu un sarežģītu telpisko plānojuma risinājumu.

Laī ekonomiskāk izmantotu teritoriju, gan civilās, gan rūpniecības ēkas pēdējos gados ceļ ar palielinātu stāvu skaitu (8...10 stāvu rūpniecības ēkas un 20...30 stāvu civilās ēkas).

Ķīmiskai rūpniecībai ir raksturīgas rūpniecības ēkas ar augšējā stāvā ievietotu tilta celtni. Augšējā stāvā ir kolonnu asu tīkls 12×6 , 18×6 un 24×6 ar tilta celtni, kura celtspeja 5 vai 10 t.

Ar šādu pēdējā stāvā palielinātu asu tīklu ceļ arī sabiedriskās ēkas, kur izviesto sanāksmju, teātru un sporta zāles, kā arī citas telpas, kuru ekspluatācijai ir nepieciešama telpa bez iekšējiem balstiem.

Bez vairākstāvu ēkām ar pilnu karkasu būvē arī dažāda tipa ēkas ar nepilnu karkasu, kur ārējo kolonnu vietā ir nesošas ārsienas.

Vairākstāvu ēku būvniecībā karkasu visbiežāk izveido no saliekama dzelzsbetona konstrukcijām, retāk — no tērauda konstrukcijām. Dzelzsbetona karkasu kalpošanas laiks ir ilgāks, tie ir ugunsdroši, un to izgatavošanai vajag mazāk tērauda.

Tērauda karkasus daudzstāvu ēku būvniecībā atļauts lietot tad, ja

stāvos lietderīgā slodze uz pārsegumu ir lielāka par 300 kPa (3000 kgf/m²) un asu tīkls ir 6×6 m;

lielāka par 150 kPa/m², (1500 kgf/m²), asu tīkls — 6×9 m;

lielāka par 10,0 kPa/m² (1000 kgf/m²), asu tīkls — 6×12 m (ja noteiktas sevišķas ražošanas vai ekspluatācijas prasības);

lielas dinamiskās slodzes;

īsi celtniecības termiņi;

ir grūti pieejami celtniecības rajoni;

ir jāveido kolonnas ar mazu šķēsgriezumu;

ir agresīva ekspluatācijas vide u. c., kā arī ēkām ar trim un vairāk stāviem, ja augšējā stāva laidums ir 18 m un lielāks.

4.5.1. Dzelzsbetona karkasi

Dzelzsbetona karkasus iedala saliekamos un monolītos karkasos. Mūsu zemē galvenokārt lieto saliekamos dzelzsbetona karkasus, kaut arī pēc dažiem tehniski ekonomiskajiem rādītājiem priekšrocības ir

Vairākstāvu ēku saliekamo un monolīto karkasu
tehniskie ekonomiskie rādītāji
uz 1 m² grīdas laukuma

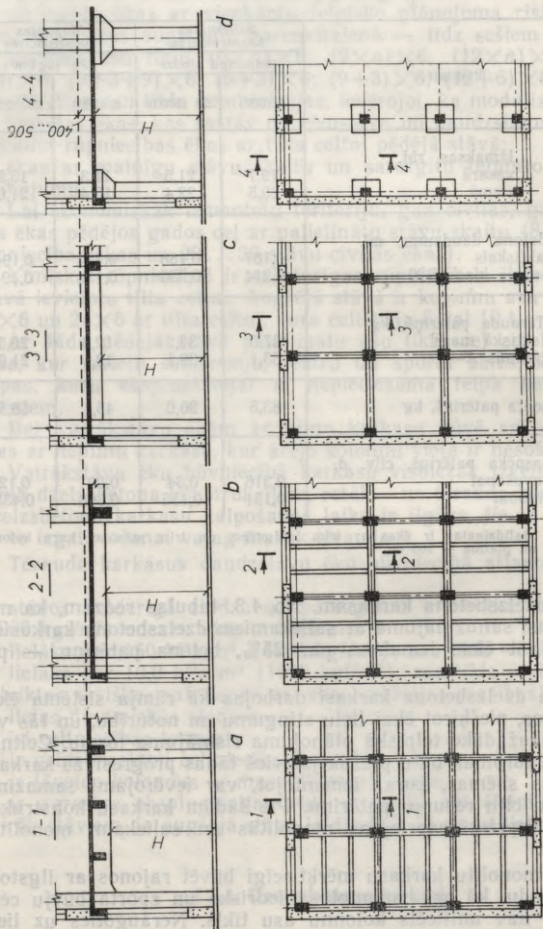
Nr. p. k.	Rādītāji	Saliekamas konstrukcijas		Monolītas konstrukcijas	
		Ietderīgā slodze		kPa (kgf/m ²)	
		5 (500)	20 (2000)	5 (500)	20 (2000)
1.	Izmaksas, rbļ. vasarā ziemā	19,7 20,5	21,5 22,4	11,3 15,4	15,5 21,6
2.	Betona daudzums, m ³ faktiskais betona klase B20	0,187 0,214	0,188 0,236	0,154 0,154	0,194 0,194
3.	Tērauda patēriņš, kg faktiskā masa tērauds A—I	27,5 33,1	32,2 39,1	12,3 13,1	20,3 21,0
4.	Cementa patēriņš, kg	83,5	96,0	45,1	58,5
5.	Darbaspēka patēriņš, cilv. d. izgatavošanai celtniecībai	0,316 0,151	0,34 0,155	0,091 0,368	0,12 0,433

Piezīme. Salīdzinātas ir ēkas ar trim laidumiem un trim stāviem, kuru kolonnu ass tīkls ir 6×6 un platība — 900 m².

monolītam dzelzsbetona karkasam. No 4.3. tabulas redzam, ka monolītie karkasi salīdzinājumā ar saliekamiem dzelzsbetona karkasiem ļauj samazināt ēkas izmaksas par 25%, betona patēriņu — par 53%.

Monolītie dzelzsbetona karkasi darbojas kā rāmja sistēma ēkas abos virzienos, piešķirot ēkai lielu stingumu un noturību, un tās var būvēt ar visdažādāko telpiskā plānojuma risinājuma formu. Celtniecības praksē turpmāk būtu plašāk jāievieš tādas progresīvās karkasa konstruktīvās shēmas, kuras izmantojot, var ievērojami samazināt materiālu un citu resursu patēriņu. Pie šādām karkasu konstrukcijām pieder iepriekšsaprīgtas monolītās un saliekami monolītās karkasbūves.

Ēkas ar monolītu karkasu mērķtiecīgi būvēt rajonos ar ilgstošu siltuma periodu, kā arī izmantot sabiedrisko un sporta būvju celtniecībā, ja nav unificēts kolonnu asu tīkls. Neraugoties uz lielo darbietilpību, celtniecības laiku un ievērojamo kokmateriālu patēriņu ievērojamo izgatavošanai, monolītos dzelzsbetona karkasus vairākstāvu dažāda tipa ēku būvniecībā nepieciešams lietot plašāk. Monolītas



4.10. att. Monolīta dzelzsbetona daudzstāvu karkasu shēmas:
 a — ar galveniem šķēršrāmjumiem; b — ar galveniem garšrāmjumiem; c — ar plātnēm, kas
 balstītas pa kontūru; d — ar beidzēju pārsegumiem.

dzelzsbetona nesošās konstrukcijas plaši izplatītas aizrobežu celtniecības praksē.

Monolītiem daudzstāvu ēku karkasiem ir šādas galvenās pamatshēmas: ar šķērsrāmi un garenšijām (4.10. att. *a*); ar galvenām garenšijām un šķērssijām (4.10. att. *b*); ar sijām abos virzienos (sijas novietotas virs kolonnām; 4.10. att. *c*) un bezsiju pārsegumi (4.10. att. *d*). Pēc pirmās shēmas (4.10. att. *a*) būvētajiem karkasiem ir lielāks šķērsstingums, bet rāmja rīgelis (galvenā sija) ēkas šķērsvirzienā ievērojami samazina izmantojamo telpas augstumu, garenšijas aizēno griestus, un starp tām sakrājas netīrais gaiss un gāzes.

Bezsiju pārsegumu shēma ir mazāk stinga, bet ir iespējams samazināt stāvu augstumu (ja ir dots nepieciešamās brīvās telpas augstums), labāk dabīgi izgaismot telpas un uzlabot gaisa apmaiņu telpā. Ja pirmā varianta vietā lieto pēdējo variantu, tad stāvu augstumu var samazināt par 0,4 ... 0,5 m (4.10. att. *d*).

Lai monolīta dzelzsbetona karkasu būvniecībā efektīvi izmantotu standarta inventārievidņus, pamatu, kolonnu, siju un plātņu izmēri ir unificēti. Pamatu pēdas izmēri ir 1500×1500 ... 6600×7200 m (ar moduli 300) un ar augstumu 1500 un 1800 ... 4200 mm (ar moduli 600). Pamatu izmēri zemkolonnas daļā ir 900×900 ... 1200×2700 mm (ar moduli 300). Atkāpju izmēri pamatu pēdai ir 300, 450 un 600 m. Kolonnu šķērsgrīzumi intervālā no 300×300 līdz 600×1200 mm izmainās, platumā ar moduli 100 un augstumā ar moduli 100 un 200. Sijām tiek rekomendēti šādi izmēri: platumā — 150, 200, 300, 400, 500 mm (virs 500 mm sijas platums jāpalielina par 100 mm); augstumā no 300 līdz 800 mm izmanto moduli 100 mm; virs 800 mm — moduli 300 mm. Attiecība starp sijas augstumu un platumu ir jāizvēlas no 2 līdz 3. Plātnēm ar biezumu līdz 100 mm pieņem moduli 10 mm; no 100 līdz 200 mm — moduli 20 mm; no 200 līdz 300 mm — moduli 50 mm, bet par 300 mm biezākām plātnēm — moduli 100 mm.

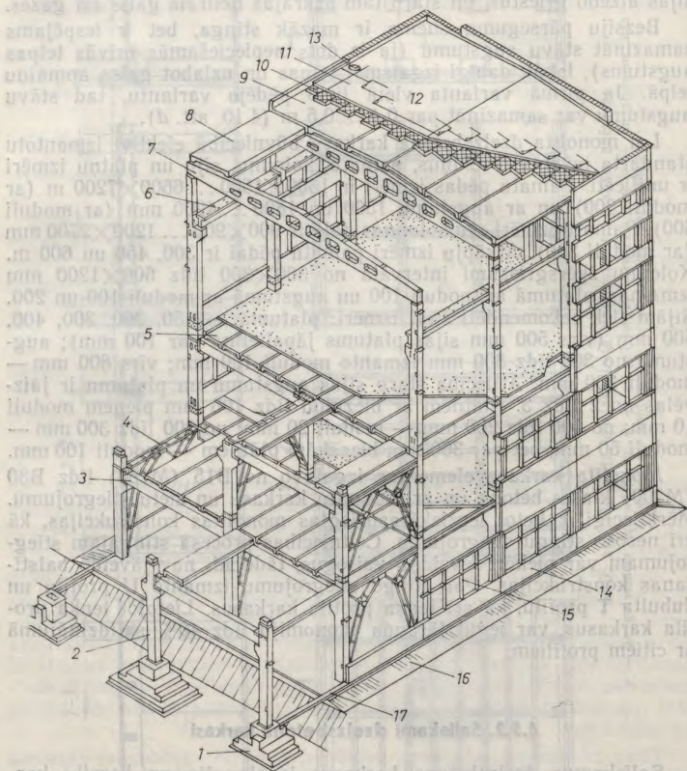
Monolīta karkasa elementus izgatavo no B15 (M150) līdz B30 (M300) klases betona un ar metinātu karkasu un sietu stiegrojumu. Mērķtiecīgi ir lietot iepriekšsaprīgtas monolītas konstrukcijas, kā arī nesošo stingu stiegrojumu. Celtniecības procesā stingajam stiegrojumam var piekārt ievērojama vairogi, tādējādi nav jāveido balstīšanas konstrukcijas. Par stingo stiegrojumu izmanto U profilu un dubulta T profilu, kā arī leņķa profila karkasus. Lietojot leņķa profila karkasus, var iegūt tērauda ekonomiju līdz 40% salīdzinājumā ar citiem profiliem.

4.5.2. Saliekami dzelzsbetona karkasi

Saliekamus dzelzsbetona karkasus iedala siju un bezsiju karkasos.

Siju tipa karkasiem ir liels telpiskais stingums. Ēkas šķērsvirzienā karkasa stiprību un noturību nodrošina rāmji, kuri izveidoti, stingi savienojot kolonnas ar rīģeļiem. Noturību ēkas garenvirzienā

siju karkasam panāk, ievietojot starp kolonnām vertikālas saites vai izveidojot rāmi viena kolonnas soļa robežās. Pirmajā gadījumā vertikālās portāla tipa saites ievieto katrā kolonnu rindā temperatūras bloka vidū. Otrajā gadījumā izveido viena kolonnu soļa robežās rāmjus no divām blakusesošām kolonnām un garenriģeļa. Šos rāmjus izveido katrā vidējā kolonnu rindā un katrā ēkas temperatūras blokā.



4.11. att. Daudzstāvu saliekama dzelzsbetona karkasa ēkas konstruktīvie elementi:

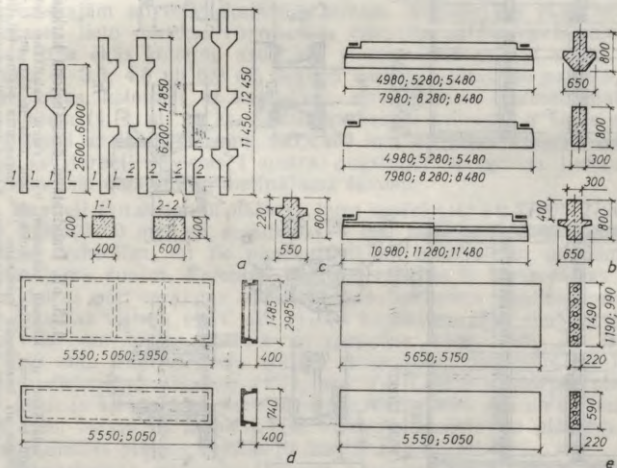
1 — pamats; 2 — kolonna; 3 — starpstāvu pārseguma riģelis; 4 — vertikālās starpkolonnu saites; 5 — starpstāvu pārseguma plātne; 6 — tilta celtna sija; 7 — pārseguma sija; 8 — jumta pārseguma plātne; 9 — tvaika izolācija; 10 — siltuma izolācija; 11 — izlīdzinošā kārtā; 12 — jumta segums; 13 — lietusūdens novadišanas piltuve; 14 — sienu panelis; 15 — logu bloks; 16 — asfalts; 17 — pamata sija.

Siju tipa karkasi vairākstāvu ēkās tiek izveidoti no pamatu blokiem, pamatu sijām, kolonnām, rīģeļiem, pārseguma plātnēm un tērauda saitēm (stinguma saites izvietotas ēkas garenvirzienā). Rūpniecības tipa ēkai daudzstāvu saliekama dzelzsbetona karkasa konstrukcijas aksonometriskā shēma ir dota 4.11. attēlā.

Pamati zem kolonnām ir ar tādu pašu konstruktīvo risinājumu kā vienstāva karkasu ēkām. Kolonnas pamatos iespīlē 600 mm dziļās ligzdās. Pamata virsmas atzīme ir $-0,15$. Cokola sienu paneļus balsta uz pamata sijām, kuras savukārt balsta uz betona pamatu stabiņiem.

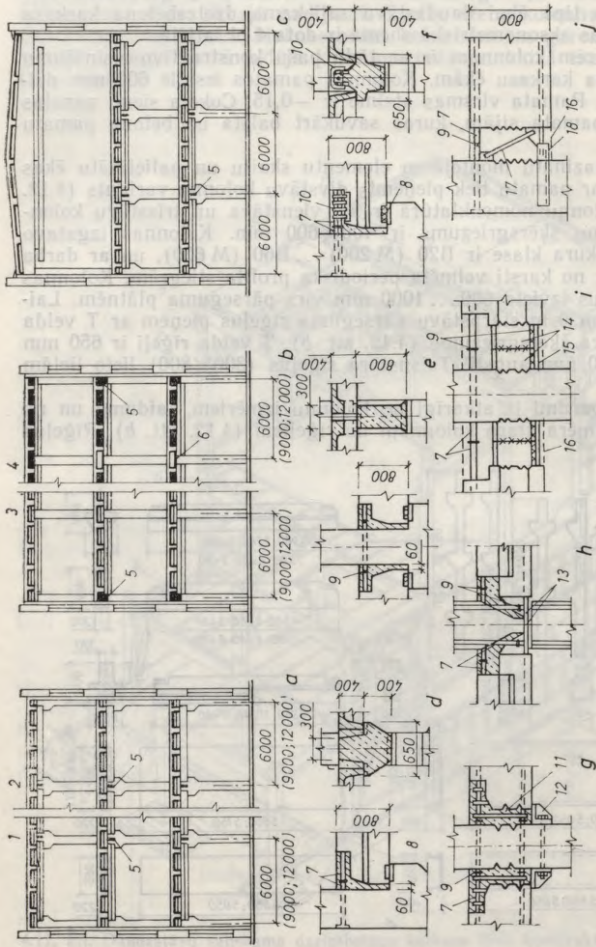
Lai samazinātu montējamo elementu skaitu un palielinātu ēkas noturību, par pamatu tiek pieņemts divstāvu kolonnu variants (4.12. att. a). Kolonnu nomenklatūrā ir arī vienstāva un trīsstāvu kolonnas. Kolonnu šķērsriezums ir 400×600 mm. Kolonnas izgatavo no betona, kura klase ir B20 (M 200) ... B60 (M 600), un ar darba stiegrojumu no karsti velmēta periodiska profila stiegrām. Kolonnas savienojumus izvieto 600 ... 1000 mm virs pārseguma plātnēm. Laidumiem 6 un 9 m starpstāvu pārseguma rīģeļus pieņem ar T veida un taisnstūra šķērsriezumu (4.12. att. b). T veida rīģeļi ir 650 mm plati un 800 mm augsti. Taisnstūra rīģeļus (300×800) lieto lielām slodzēm.

Rīģeļu garumi ir atkarīgi no kolonnu izmēriem, laiduma un no spraugas izmēra starp kolonnām un rīģeļiem (4.12. att. b). Rīģeļus



4.12. att. Dzelzsbetona elementi karkasam ar sijām, ja rīģeļus balsta uz kolonnas konsolēm:

a — kolonnas; b — pārseguma rīģeļi ar laidumu 6 un 9 m; c — pārseguma rīģeļi ar 12 m laidumu; d — ribotas plātnes; e — gludas dobtais plātnes.



4.13. att. Daudzstāvu dzelzsbetona karkasa ēku griezumi un konstruktīvās detaļas:

a — rīgeļu balstīšana uz kolonnu konsolēm; b — rīgeļu balstīšana tieši uz kolonnām; c — augšējā stāva laidums bez vidējām kolonnām; d, e — rīgeļu balstīšanas detaļas, ja kolonnu asu tīkls ir 6×6 m; f — rīgeļu balstīšanas detaļas, ja asu tīkls ir 6×12 m; g, h, i, j — rīgeļu balstīšana uz bezkonsolu kolonnām; j — rīgeļu balstīšana uz rīgeļu plauktiem; 2 — pārseguma plātņu balstīšana uz rīģeļiem; 3 — pārsegumi no ribotām plātnēm; 4 — pārsegumi no caurmotām plātnēm; 5 — garcentrālā stinguma rīģeļi; 6 — tehnisko iekārtu izvietošanas panelis; 7 — rīģeļu izlaidumi; 8 — ieliekamās detaļas; 9 — metinājuma šuve; 10 — aptveres; 11 — monolītais betons; 12 — montāžas plauktņš; 13 — rīģeļa un kolonnas uzlīkņi; 14 — ieliekamās detaļas no U profila; 15 — plakanteranda plauktņš; 16 — apbetonējuma robeža; 17 — atgrābņš; 18 — ieliekamā detaļa no iekārtprofiļa.

izgatavo no B20 (M 200) ... B40 (M 400) klases betona ar parasto un iepriekšsaspriego stiegrojumu no periodiska profila stiegrām.

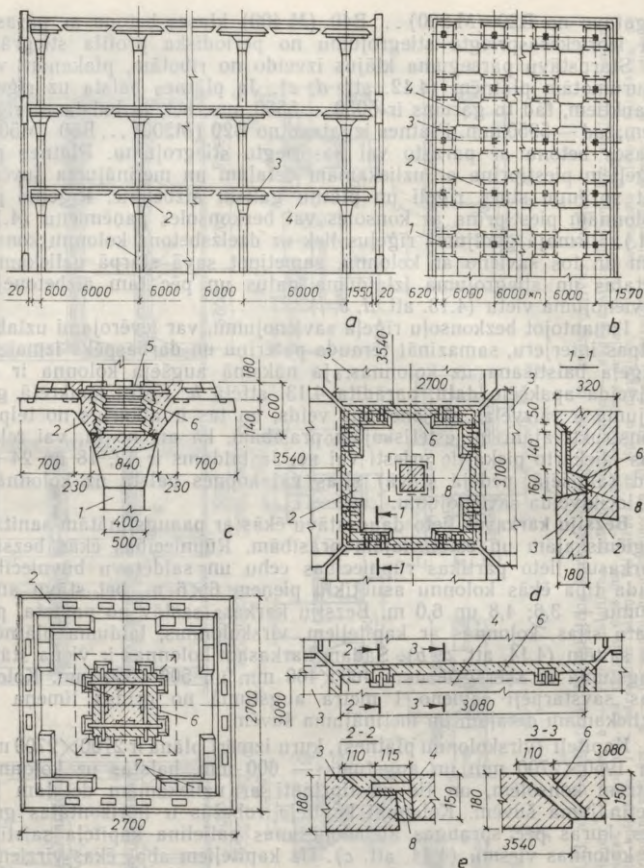
Starpstāvu pārseguma klājus izveido no ribotām, plakanām vai caurumotām plātnēm (4.12. att. *d, e*). Ja plātnes balsta uz rīģeļu plauktiem, tad to garums ir 5050 ... 5650 mm, bet, ja balsta uz rīģeļiem, tad — 5950 mm. Plātnes izgatavo no B20 (M200) ... B50 (M500) klases betona ar parasto vai saspriego stiegrojumu. Plātnes pie rīģeļiem piestiprina ar uzliekamām detaļām un metinājuma šuvēm, bet spraugu starp rīģeļi un plātņu galiem aizbetonē. Rīģeļus pie kolonnām piestiprina ar konsoles vai bezkonsoles paņēmienu (4.13. att.). Pirmajā gadījumā rīģeļus liek uz dzelzsbetona kolonnu konsolēm un tos savieno ar kolonnu, sametinot savā starpā uzliekamās detaļas un stiegrojuma izlaiduma galus un pēc tam aizbetonējot savienojuma vietu (4.13. att. *d, e, f*).

Izmantojot bezkonsoļu rīģeļa savienojumu, var ievērojami uzlabot telpas interjeru, samazināt tērauda patēriņu un darbaspēka izmaksu. Rīģeļa balstišana uz kolonnas, ja nākamā augšējā kolonna ir ar ķīļveida apakšējo daļu, parādīta 4.13. attēlā *h*. Katrā konkrētā gadījumā ir jāizvēlas savienojuma veids, un tas ir atkarīgs no telpas konstruktīvajām un estētiskajām prasībām, kā arī no tā, vai telpā būs jāiekārto piekārtie griesti vai ne. Ja laidums ir 12, 18 un 24 m, tad (augšējā, pēdējā stāvā) sijas vai kopnes balsta uz kolonnām ar locīklveida savienojumu.

Bezsiju karkasus lieto daudzstāvu ēkās ar paaugstinātām sanitāri higiēniskajām un estētiskajām prasībām. Rūpniecības ēkās bezsiju karkasus lieto pārtikas rūpniecības cehu un saldētavu būvniecībā. Šāda tipa ēkās kolonnu asu tīklu pieņem 6×6 m, bet stāvu augstumu — 3,6; 4,8 un 6,0 m. Bezsiju karkass sastāv no pamata, pamatu sijas, kolonnas ar kapitēļiem, virskolonnas, laiduma plātnēm un saitēm (4.14. att. *a, b*). Šādam karkasam kolonnas ir viena stāva augstumā ar šķērsriezumu 400×400 mm un 500×500 mm. Kolonnas savstarpēji savieno 1 metra augstumā no grīdas līmeņa ar uzliekamām detaļām un metinājuma šuvēm.

Kapitēļi (virskolonnu plātnes), kuru izmēri plānā ir 2700×2700 mm un 1950×2700 mm un augstums — 600 mm, balstās uz kolonnas četrām konsolēm, un tie piestiprināti ar uzliekamām detaļām un metinājuma šuvēm. Kolonnai kapitēļa robežās ir horizontālas gropes, kuras pēc spraugas aizbetonēšanas palielina kapitēļa saistību ar kolonnas virsmu (4.14. att. *c*). Uz kapitēļiem abos ēkas virzienos liek 180 mm biezas plātnes ar izmēriem 3100×3540 un 2150×3540 mm. Plātnes galos atklāto stiegrojumu piemetina pie kapitēļa uzliekamām detaļām (4.14. att. *d*). Laiduma vidējās plātnes (4. pozīcija 4.14. att. *c*), kuru izmēri ir 3080×3080 mm un biežums — 150 mm, balsta uz kolonnu asu virzienos uzliktajām plātnēm. Šis viduslaiduma plātnes balstās pa kontūru (4.14. att. *e*).

Dzelzsbetona elementus bezsiju pārsegumiem izgatavo no B20 (M200) ... B50 (M500) klases betona. Plātņu savstarpējās savienojuma vietas aizbetonē ar betonu B30 (M300). Plātņu stiegrojuma piemetināšana pie otra elementa uzliekamajām detaļām un savieno-



4.14. att. Daudzstāvu ēkas bezsiju karkass:

a — šķērsriezums; *b* — pārseguma plāns; *c* — kapitela savienojums ar kolonnām; *d* — virskolonnņu plātņu savienojums ar kapiteli; *e* — laiduma un virskolonnņu plātņu savstarpējais savienojums; *1* — kolonna; *2* — kapitelis; *3* — virskolonnņas plātne; *4* — laiduma plātne; *5* — stiegras ar diametru 22 mm; *6* — B 30 (M300) klases betons; *7* — ieliekamās detaļas; *8* — stiegrojuma izlaidumi no plātnes.

juma vietu aizbetonēšana nodrošina karkasa stingumu ēkas garenvirzienā un šķērsvirzienā.

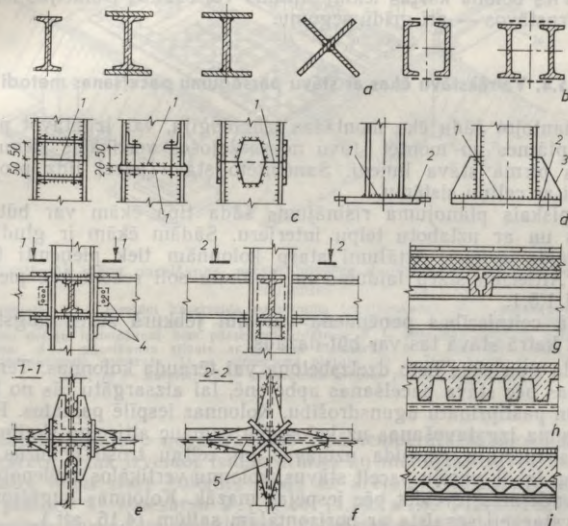
Vairākstāvu ēku dzelzsbetona siju karkasiem ir liela materiālu ietilpība, tādēļ tos rekomendējams izgatavot no augstas stiprības vieglbetoniem ar iepriekšsaprīgtu stiegrojumu.

4.5.3. Tērauda karkasi vairākstāvu ēkām

Vairākstāvu ēkās tērauda karkasus atļauts lietot, ja ir lielas lietderīgās slodzes, ja nav unificēts ēkas telpiskais plānojums, kā arī grūti pieejamos rajonos. Kolonnu asu tīklu pieņem tādu pašu kā dzelzsbetona karkasu ēkām.

Galvenie tērauda karkasa elementi ir kolonnas un rīģeļi, kuri savstarpēji saistīti ēkas šķērsvirzienā un garenvirzienā, izveidojot vienu ģeometriski nemainīgu telpisku sistēmu. Tērauda karkasi var būt saišu, rāmju vai kombinētas sistēmas konstrukcijas. Visracionālākā ir rāmju karkasa sistēma, kurā telpiskais karkasa stingums tiek panākts ar kolonnu, rīģeļu un to savienojuma mezglu stingumu. Izmantojot rāmju karkasu shēmu, var unificēt savienojuma mezglus un to elementus, lietot viena tipa kolonnas, rīģeļus, bāzes un enkurus.

Lieto pilna šķērsgriezuma tērauda kolonnas (4.15. att. *a*) vai režģotas kolonnas lielām slodzēm (4.15. att. *b*). Montāžas elementa garumu kolonnām pieņem no 8 līdz 15 m, kas atbilst divu vai trīs



4.15. att. Tērauda karkasa elementi daudzstāvu ēkām:

a — kolonnu šķērsgriezumu veidi; *b* — kolonnas no diviem U vai dubulta T profiliem; *c* — kolonnu savienojumu veidi; *d* — kolonnu bāzes izveidojumi; *e* — siju piestiprināšana dubulta T veida kolonnai; *f* — siju piestiprināšana krustveida šķērsgriezuma kolonnai; *g* — ribotu dzelzsbetona paneļu pārsegums; *h*, *i* — gofrētu metāla plātņu pārsegumi; *j* — kolonnas gals (frēzēts); 2 — atbalsta plātne; 3 — stinguma riba; 4 — leņķa profils; 5 — kniedes.

stāvu augstumiem. Kolonnas savstarpēji savieno ar bultskrūvēm. Ja normālspekā nav lieli, tad augšējās un dažreiz apakšējās kolonnas savstarpēji savieno ar nepārtrauktu metinājuma šuvi vai arī piemetina no visām pusēm uzliktņus (4.15. att. c). Uz kolonnas bāzi daudzstāvu ēkās darbojas lieli normālspekā un šķērsspekā, tādēļ zem kolonnas gala novieto 10...20 mm biezu tērauda plātņi. Tērauda plātņi pie kolonnas piemetina ar metinājuma šuvēm un atbalsta ribām (4.15. att. d).

Kolonnas ar bāzi balsta uz dzelzsbetona pamata, virs kura ir 50 mm bieža cementa-smilšu javas kārtā. Pie pamata kolonnu piestiprina ar enkurskrūvēm. Rīģelus izgatavo no velmētiem vai saliktiem dubulta T šķērsgrīzuma elementiem. Pie kolonnām rīģelus stiprina ar uzliekamām detaļām un metinājuma šuvēm (4.15. att. e, f). Virs rīģeļiem iekārto saliekama dzelzsbetona plātņu pārseguma klāju un atkarībā no ēkas funkcionālās nozīmes izveido skaņas vai siltuma izolācijas kārtas (4.15. att. g). Labi tehniski ekonomiskie rādītāji ir pārsegumiem, kas sastāv no viļņotām vai krokotām metāla plātnēm, virs kurām noklāj betona kārtu. Metāla plātņu klājs izpilda arī ievēdņu un pārseguma stieģrojuma funkcijas (4.15. att. h, i). Virs betona kārtas ieklāj siltuma vai skaņas izolācijas kārtas, bet starpstāvos — arī grīdu segumu.

4.5.4. Vairākstāvu ēkas ar stāvu pārsegumu pacelšanas metodi

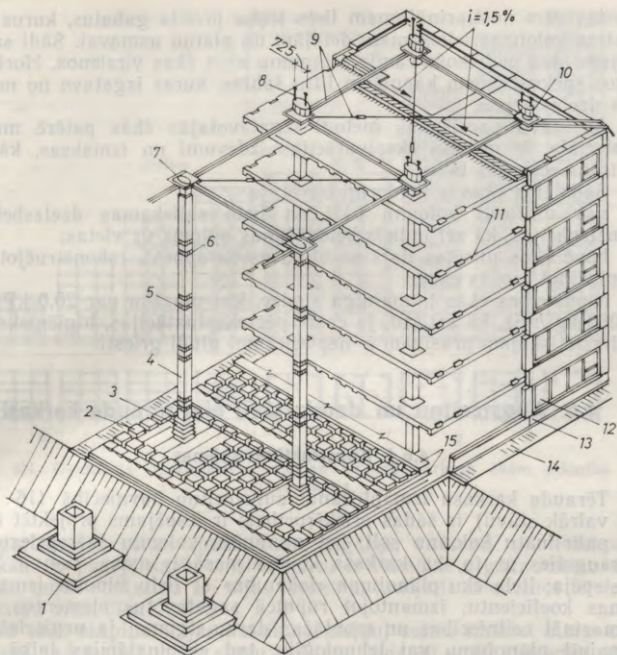
Izmantojot šādu ēku montāžas tehnoloģiju, var izgatavot pārseguma plātnes un montēt stāvu norobežojošos vertikālos sienu elementus pirmā stāva līmenī. Samontēto stāvu paceļ līdz projekta atzīmei ar celtņu sistēmu.

Telpiskais plānojuma risinājums šāda tipa ēkām var būt ļoti dažāds un ar uzlabotu telpu interjeru. Šādām ēkām ir gludi vai kesonveida griesti. Attālumā starp kolonnām tiek pieņemti 6 un 12 m. Attiecību starp laidumu un kolonnu soli rekomendē pieņemt 1:1 vai 1,5:1.

Šajā celtniecības paņēmienā var būt jebkurš stāvu augstums, turklāt katrā stāvā tas var būt dažāds.

Šāda tipa ēkās lieto dzelzsbetona vai tērauda kolonnas. Tērauda kolonnas pēc stāva pacelšanas apbetonē, lai aizsargātu tās no korozijas un pastiprinātu ugunsdrošību. Kolonnas iespilē pamatos. Pirms pārseguma izgatavošanas uz kolonnām uzmauc attiecīgo skaitu pārseguma turētāju, tērauda uznavas un celtņu trošu enkurus. Lai ērtāk un labāk varētu pacelt stāvus, kolonnu vertikālos savienojumus rekomendējams izveidot pēc iespējas mazāk. Kolonnas augšējos galus savstarpēji sasaista ar horizontālām saitēm (4.16. att.).

Pēc stāvu samontēšanas tos paceļ ar elektromehāniskiem vai hidrauliskiem celtņiem. Katram celtņim ir divas vilkšanas sistēmas (troses), kuras piestiprinātas pie attiecīgā pārseguma kolonnas uznavas. Celtņus nostiprina uz kolonnu galiem. Atkarībā no lietderīgās slodzes lieluma starpstāvu plātnes ir gludas vai kesonveida.



4.16. att. Ar stāvu pacelšanas metodi būvētas daudzstāvu ēkas konstruktīvie elementi:

1 — pamats; 2 — ievēdņi kasetveida pārseguma izgatavošanai; 3 — pārseguma plātņu pacelšanas pakete; 4 — kolonna; 5 — metāla kolonnas apvalks; 6 — atvērumi (80×120 mm) lielāko detaļu ievietošanai zem pārseguma plātnes; 7 — kolonnas augšējā gala nostiprinājums; 8 — pacelšanas stienis ar 50 mm diametru; 9 — montāžas saišu sistēma; 10 — hidrauliskais domkrats; 11 — pārseguma plātnes; 12 — logu bloki; 13 — sienu paneļi; 14 — asfalts; 15 — pārseguma plātnes pirms pacelšanas.

Plātnes izgatavo nepārtrauktas visā temperatūras bloka plātībā. Lai varētu ērtāk izveidot temperatūras un montāžas šuves un labāk izmantot telpu starp kolonnu rindu un ārējo sienu, paredz konsoles tipa plātnes ar iznesumu 2...3 m (4.16. att.). Plātnes stiegro ar plakaniem karkasiem un sietiem. Izgatavošanas laikā starp pārseguma plātnēm liek veltiņu materiāla starplikas. Kesonu izveidošanai pārseguma plātnē ievieto presēta kartona kastes. Spraugu starp plātnes uzdevu un kolonnu pieņem 10 līdz 15 mm, bet tērauda kolonnām — 25 mm. Pārseguma plātnes pagaidu nostiprināšanai montāžas laikā lieto stieņus, kurus iebīda kolonnu apvalku caurumos.

Pastāvīgam nostiprinājumam lieto leņķa profila gabalus, kurus piemetina kolonnas ieliekamām detaļām un plātņu uzdevam. Šādi savienojumi dod pietiekošu rāmja stingumu abos ēkas virzienos. Horizontālos spēkus uzņem kāpņu un liftu šahtas, kuras izgatavo no monolīta dzelzsbetona.

Ar stāvu pacelšanas metodi izgatavotajās ēkās patērē mazāk materiāla, ir mazāki ekspluatācijas izdevumi un izmaksas, kā arī ir īsāks celšanas laiks.

Šāda tipa ēkas ir lietderīgi būvēt, ja

nav unificēti kolonnu tikli un lieto saliekamas dzelzsbetona konstrukcijas, kā arī ir liels betonēšanas apjoms uz vietas;

būvē ēkas pilsētas daļā ar blīvu esošo apbūvi, rekonstruējot vai paplašinot esošās ēkas;

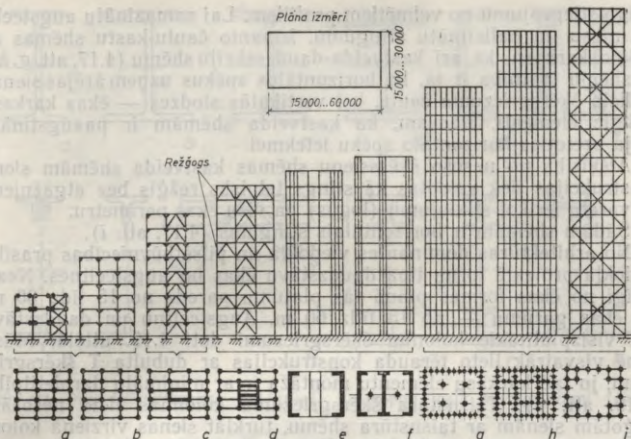
rūpniecības ēkās ir mainīga slodze, kas mazāka par $20,0 \text{ kPa/m}^2$ (2000 kgf/m^2), kā arī tad, ja ēkām pēc ekspluatācijas, higiēniskajām vai estētiskajām prasībām ir nepieciešami gludi griesti.

4.6. Augstceltņu un daudzstāvu ēku tērauda karkasi

4.6.1. Konstruktīvās shēmas

Tērauda karkasu izmantošanai augstceltņu būvniecībā (16...30 un vairāk stāvu) ir šādas priekšrocības: ir iespējams projektēt ēkas ar palielinātu kolonnu soli, bet minimālu kolonnu šķērsriezumu; neraugoties uz to, ka karkasa kopējā masa ir maza, tam ir liela nestspēja; liela ēku plānojuma «lokanība» ar lielu tilpuma izmantošanas koeficientu; izmantojot rūpniecā sagatavotus elementus, var samazināt celtniecības un montāžas darbu ilgumu; ja nepieciešams izmainīt plānojumu vai tehnoloģiju, tad ekspluatācijas laikā var transformēt nesošās konstrukcijas; ir iespējams ēku demontēt pēc ekspluatācijas termiņa izbeigšanās u. c. Augstceltņu ēku karkasi, tāpat kā vairākstāvu ēku karkasi, sastāv no kolonnām, rīģeļiem (pārseguma sijām), vertikālām stinguma saitēm un horizontāliem pārseguma diskām. Augstceltņu un daudzstāvu ēku karkasi uzņem un pārnes uz pamatiem visas vertikālās un horizontālās slodzes. Palielinoties ēkas stāvu skaitam un kopējam augstumam, arvien bīstamākas kļūst horizontālās vēja slodzes, tāpēc mūsdienu celtniecības praksē karkasu klasifikācija augstceltnēm un daudzstāvu ēkām ir saistīta ar horizontālo slodžu uzņemšanas veidu. Daudzstāvu un augstceltņu konstruktīvās shēmas parādītas 4.17. attēlā.

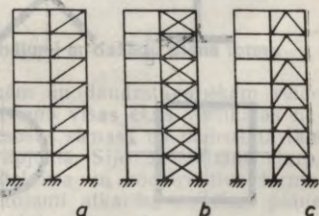
Ēkām līdz 20 stāviem vairāk izplatīta ir saišu shēma ar locīklas savienojuma mezgliem (4.17. att. a), kurai ir vairākas priekšrocības salīdzinājumā ar citām karkasu shēmām. Sai shēmai ir vienkārši siju un kolonnu savienojuma mezgli un mazāka karkasu montāžas darbietilpība; horizontālo ēkas stingumu nodrošina ar vertikālām saitēm, kuras novietotas visās rāmja šķērsplaknēs un garenplaknēs. Vertikālās saites var būt novietotas pēc šādiem trim veidiem: atgāžņi pa diagonāli (4.18. att. a), krusteniskās saites (4.18. att. b)



4.17. att. Optimālās konstruktīvās shēmas tērauda karkasa ēkām atkarībā no stāvu skaita.

un portālveida saites (puslaiduma atgāžņi; 4.18. att. *c*). Visekonomiskākā ir pēdējā saišu shēma, kurai ir visīsākie atgāžņu-saišu elementi, un tā samazina arī sijas laidumu, tādējādi samazinot tērauda patēriņu visai ēkai.

Ja ēkas ekspluatācijas noteikumi neļauj saites izvietot starp karkasiem, tad, palielinoties stāvu skaitam (līdz 40...50 stāviem), lieto rāmju karkasus (sk. 4.17. att. *b*, *c*). Saišu laidumos izveido stingu betona diafragmu vai ēkas vidējā daļā paredz taisnstūra betona serdeni, kuru izmanto vertikālo komunikācijas sistēmu novietošanai. Ēkas stingumu var palielināt, divos vai vairāk stāvos visā stāva augstumā iekārtojot stingu režģogu (4.17. att. *d*). Ja stāvu skaits ir lielāks par 60, tad lieto bezkarkasa shēmas ar nesošām šķērssienu, kuras darbojas kā stinguma diafragmas (sk. 4.17. att. *e*, *f*). Kopējā šķērssienu nestspēja horizontālu slodžu gadījumā tiek nodrošināta ar pārseguma diskkiem, sienu aizpildījumu un horizontālo un vertikālo saišu sistēmu palīdzību, kuras ievietotas ārējās un iekšējās sienās. Nesošo sienu izveidošanai lieto monolītu dzelzsbetonu ar



4.18. att. Vertikālo stinguma kopņu režģojuma veidi:

a — atgāžņu režģis; *b* — krustveida režģis; *c* — divatgāžņu režģis.

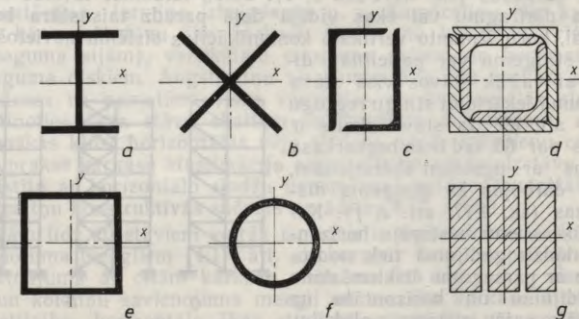
stingo stiegrojumu no velmētiem profiliem. Lai samazinātu augstceltnes masu un palielinātu stingumu, izmanto čaulu-kastu shēmas ar iekšējo karkasu, kā arī kastveida-daudzsekciju shēmu (4.17. att. *g, h*). Šo shēmu īpatnība ir tā, ka horizontālos spēkus uzņem ārējās sienas kā liela šķērsriezuma čaula, bet vertikālās slodzes — ēkas karkasa iekšējie elementi. Redzam, ka kastveida shēmām ir paaugstināta spēja pretoties horizontālo spēku ietekmei.

Atšķirībā no nesošo šķērssienu shēmas kastveida shēmām sienu konstrukcijas tiek veidotas kā stings telpisks režģis bez atgāžņiem, lai varētu ierīkot stiklojumu (logus) pa visu ēkas perimetru.

Šādām shēmām ir horizontālais stingums (4.17. att. *i*).

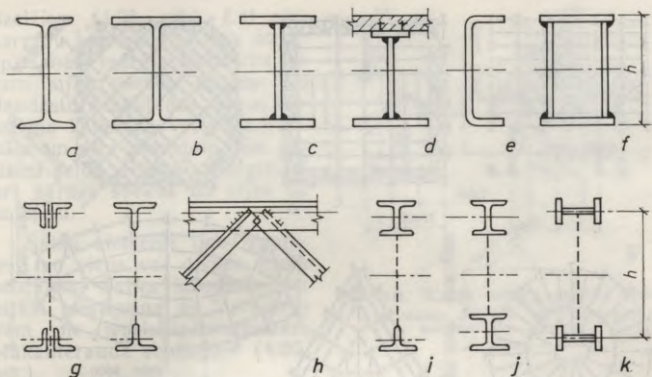
No arhitektūras dominantes viedokļa un pilsēt būvniecības prasību viedokļa projektē torņu tipa daudzstāvu ēkas un augstceltnes. Neatkarīgi no ēkas formas plānā tās platumu paredz no 15 līdz 30 m, bet ēkas garumu — no 15 līdz 60 m. Augstceltņu un daudzstāvu ēku visizplatītākie kolonnu šķērsriezumi doti 4.19. attēlā. Mūsu zemē visvairāk lieto tērauda konstrukcijas ar dubulta T šķērsriezumu, jo tad karkasu elementu montāža ir ar minimālu darbietilpību (4.19. att. *a*). Taisnstūra šķērsriezuma kolonnas lieto nesošām režģotām sienām ar taisnstūra shēmu, turklāt sienas virzienā kolonnas izmēri var būt no 300 līdz 1500 mm, bet sienas šķērsvirzienā — no 200 līdz 600 mm. Iekšējam karkasam, kurš saistīts ar šķērssienu izbūvi, izdevīgas ir krustveida šķērsriezuma kolonnas, jo tad tās var noslēpt šķērssienu konstrukcijās (4.19. att. *b*). Mūsdienās augstceltņu būvniecībā izmanto salikta profila šķērsriezumus (4.19. att. *d, g*) ar maksimālu nestspēju un minimāliem šķērsriezuma izmēriem.

Sijām-rīģeļiem izmanto galvenokārt dubulta T un U profilus, kā arī taisnstūra kārbveida sijas (4.20. att.). Ekonomiskākas ir sa-



4.19. att. Kolonnu šķērsriezuma veidi:

a — dubulta T veida kolonna; *b* — krustveida kolonna; *c* — taisnstūra kolonna; *e* — kvadrāta kolonna; *f* — caurules veida kolonna; *d, g* — no leņķa vai plakana profila elementiem kombinēta kolonna.



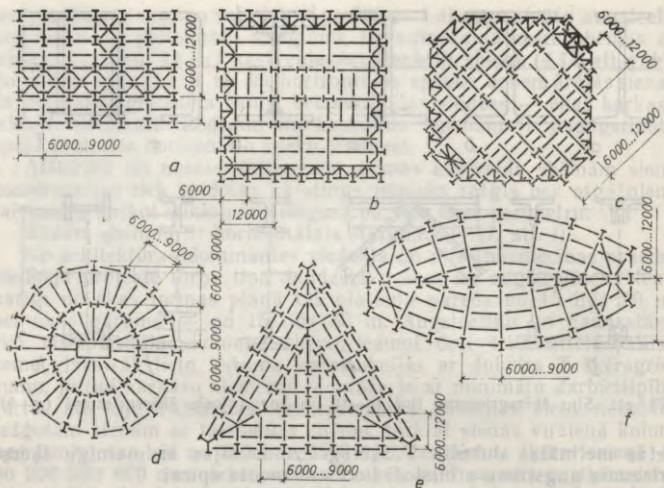
4.20. att. Siju šķērsriezuma tipi (a—f) un kopņu joslu šķērsriezumi (g—k).

liktas metinātas dubulta T šķērsriezuma sijas ar mainīgu šķērsriezuma augstumu atbilstoši lieces momenta epīrai.

Starpstāvu pārseguma augstums (atkarībā no ekonomiskiem apsvērumiem) ir jāpieņem no 350 līdz 400 mm. Tam nolūkam galveno siju augstumu pieņem mazāku par optimālo lielumu, un tas ir robežās $h/l = 1/10 \dots 1/18$. Augstceltnēm ar lielāku laidumu nesošā pārseguma konstrukcija var tikt izveidota no krustveidā novietotām sijām vai kopnēm, kuras darbojas divos vai vairāk virzienos. Atkarībā no ēkas plāna formas saišu, rāmju un rāmju-saišu karkasiem, kuri ir visvairāk izplatīti mūsu zemē, ārējās sienas ir piekārtas un izveidotas no vienslāņa vai trisslāņu paneļiem, bet kastveidu sistēmas karkasu augstceltnēm sienas projektē ar nesošu režģi, kas sastāv no kolonnām un sijām-saitēm. Kolonnu solis šādās sienās ir 3 m. Starpstāvu pārseguma konstrukciju izveido tādu pašu kā vairākstāvu karkasa ēkām, kuras apskatītas iepriekšējā nodaļā.

4.6.2. Pārseguma konstruktīvie risinājumi ar dažādu plāna formu

Starpstāvu pārsegumi augstceltnēm un daudzstāvu ēkām veido horizontālus stingus diskus, kuri savieno visas ēkas vertikālās nesošās konstrukcijas (kolonnas un nesošās sienas) un nodrošina tām kopēju darbu visas būves vai ēkas apjomā. Siju izvietojumu starpstāvu pārsegumā nosaka ēkas arhitektūra un konstruktīvā forma. Raksturīgākie pārseguma siju izvietojumi atkarībā no ēkas plāna formas parādīti 4.21. attēlā. Horizontālo pārseguma stingumu nodrošina ar dzelzsbetona pārseguma plātnēm, bet nepieciešamības gadījumā paredz arī vēl pārseguma robežās horizontālas stinguma saites (4.21. att. a), kuras novieto pa ēkas perimetru, kā parādīts



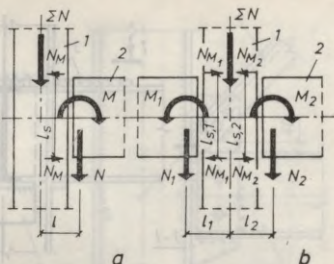
4.21. att. Pārsegumu nesošo konstrukciju izvietojuma shēmas ēkām ar dažādiem plāniem (a...f).

4.21. attēlā *b, c*. Rāmju karkasos rīgeļu (siju) savienojuma vietā ar kolonnu darbojas lieces moments M un vertikālās slodzes N (4.22. att.). Lieces moments sadalās divos spēkpāros N_m , kuru savstarpējais attālums ir vienāds ar rīgeļa augstumu. Šos spēkus uz kolonnu pārnes uzliekamās piemetinātās detaļas. Šķērsspēkus uz sijas uz kolonnu pārnes pie kolonnām piestiprināti plauktiņi. Dubulta T šķērsgriezuma kolonnām un sijām savienojuma mezglu vietās ir jāparedz stinguma ribas (4.23. att.). Šādas stinguma ribas neļauj kolonnu plauktiem deformēties normālspēku ietekmē, kas darbojas uz kolonnām sijas piestiprinājuma vietās. Ja kolonnām ir taisnstūra šķērsgriezums (4.23. att. *b, c*), tad uzliekamās detaļas platumam pie kolonnas jābūt vienādam ar kolonnas platumu, bet, ja sijas un kolonnas izgatavotas no dobiem taisnstūra elementiem, tad kolonnu platumam ir jābūt vienādam ar sijas platumu. Izmantojot šādu risinājumu, var lietot uzliekamās detaļas, kuras piemetina kolonnai un sijai (rīgelim) sānos, tādējādi samazinot mezglu montāžas darbietilpību. Ja uzliekamajām detaļām un sijai (rīgeļa) galos paredz caurumus, kuros ievietot bulskrūves, tad mezglu montāža ir vieglāka un ātrāka (4.23. att. *c*). Krustveida šķērsgriezuma kolonnām rīgeļus piestiprina ar atbalsta plauktiem un uzliekamiem planktērauda gabaliem (4.24. att.). Cauruļveida kolonnām šķērsspēki no sijām uz kolonnu tiek pārnesti ar vertikāli piestiprinātiem plank-

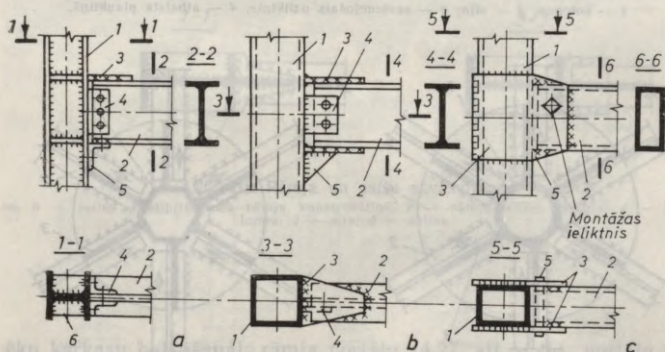
dzelžiem (4.25. att.). Lai aizsargātu kolonnas sienīgu no sapiešanas, mezglu vietā virs un zem sijas paredz apaļus vai daudzstūra uzliktņus, kurus piemetina kolonnai, vertikālām ribām un siju plauktam. Šie uzliktņi veido stingāku mezglu, kā arī pārnes spēkus no sijas uz kolonnu.

Saišu elementi tiek izgatavoti no viena vai diviem leņķa profiliem. Saietes kolonnām un sijām piestiprina ar bultskrūvēm pie iepriekšpiemētinātām plakanterauda veidlapām (4.26. att.).

Bieži no pilsēt būvniecības vai arhitektonisko prasību viedokļa nepieciešams daudzstāvu ēkas apjomu pacelt zināmā augstumā no zemes, tādējādi radot funkcionāli brīvu telpu, kuru var izmantot kā pilsētas plānojuma daļu (automašīnu stāvvietām, gājējiem utt.). To var atrisināt, ja nesošo ēkas karkasu balsta uz speciālas portāla tipa nesošās konstrukcijas. Celtniecības praksē lieto šādus portālus

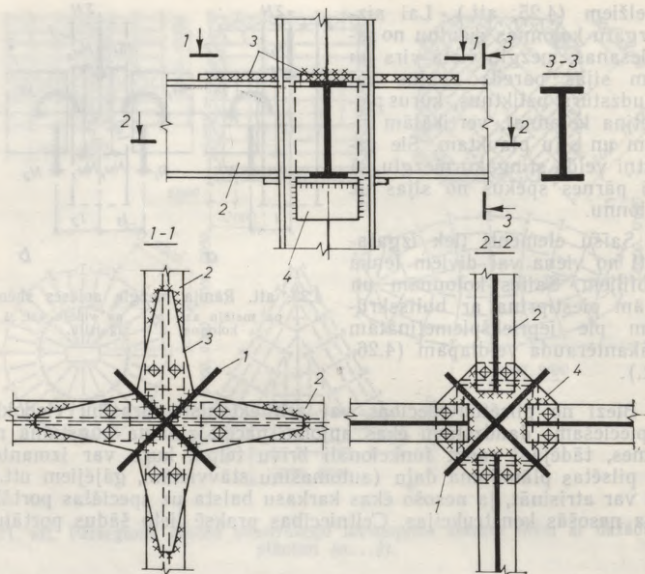


4.22. att. Rāmja mezgla aplēses shēma: a — pa malējo asi; b — pa vidējo asi; 1 — kolonna; 2 — riņģelsija.

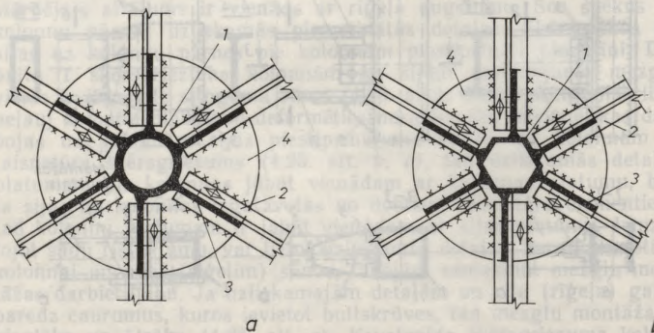


4.23. att. Kolonnas un sijas savienojuma mezglu veidi:

a — kolonnas un sijas dubulta T veida šķersgriezumiem; b — kvadrātveida kolonnas šķersgriezumiem; c — kolonnas un sijas taisnstūra šķersgriezumiem; 1 — kolonna; 2 — sija; 3 — uzliktnis; 4 — montāžas elements; 5 — atbalsta plauktiņš; 6 — stinguma riba.

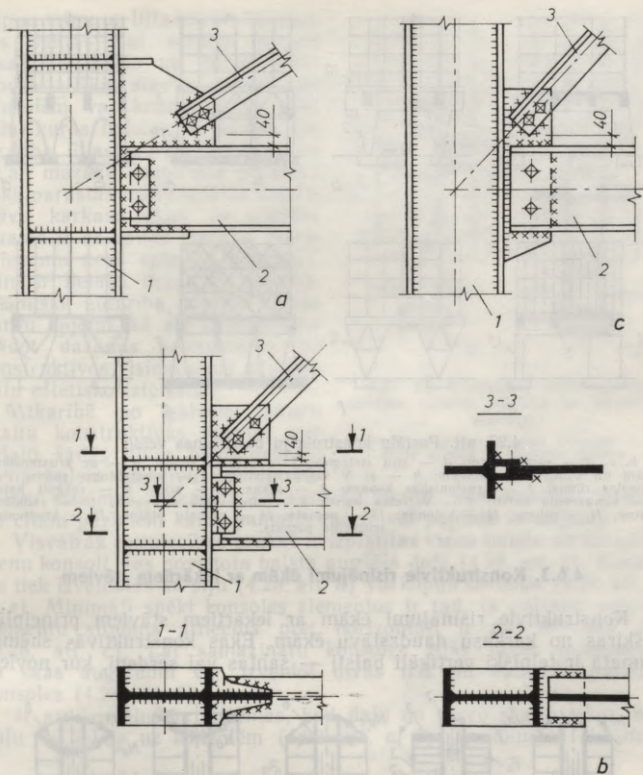


4.24. att. Siju savienojumi ar krustveida šķērsriezuma kolonnā:
 1 — kolonna; 2 — sija; 3 — savienojošais uzliktnis; 4 — atbalsta plauktiņš.



4.25. att. Siju savienojums ar kolonnā trīsstūra asu tīklam:

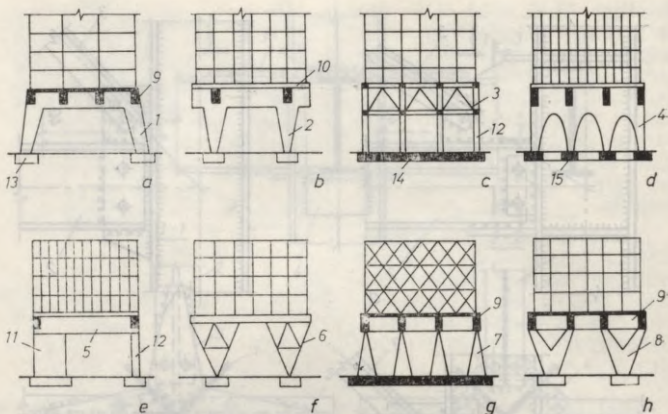
a — apaļam kolonnas šķērsriezumam; *b* — sešstūra kolonnas šķērsriezumam; 1 — kolonna; 2 — sija; 3 — vertikālā savienojuma riba; 4 — apaļa atbalsta plātne.



4.26. att. Rāmja un saišu savienojumi:

ca, b — saišu piestiprinājums rāmja konstrukcijai; *c* — rāmja saišu mezgls; *1* — kolonna; *2* — sija; *3* — saišes.

ēku karkasu balstišanai: rāmja portālu (4.27. att. *a, b*), portālu no krusteniskām kopnēm (4.27. att. *c*), velvveida portālu (4.27. att. *d*), siju portālu (4.27. att. *e*), režģota rāmja portālu (4.27. att. *f*), konisku balstu portālu (4.27. att. *g*) un portālu no V veida balstiem (4.27. att. *h*). Atkarībā no konkrētiem vietas apstākļiem un ēkas kopējām arhitektūras prasībām pieņem izdevīgāko variantu.

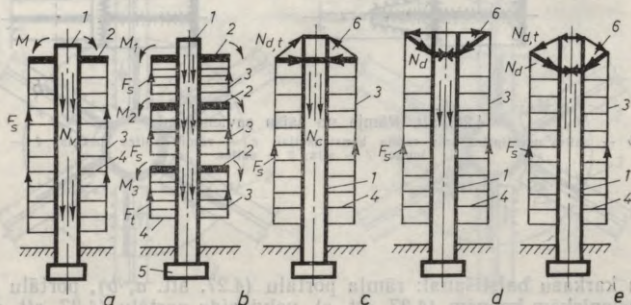


4.27. att. Portālu konstrukciju balstīšanas veidi:

a, b, c, d — rāmju veidi; *d* — siju sistēmas; *f* — režgots rāmis; *g* — ar krusteniskām sijām un konusveida balstiem; *h* — ar V veida balstiem; *1* — vienlaiduma rāmis; *2* — konsoles rāmis; *3* — krusteniskās kopnes; *4* — arkas; *5* — sijas; *6* — režgoti balsti; *7* — konusveida balsti; *8* — V veida balsti; *9* — siju veida rostverks; *10* — sadalītājpilnāte; *11* — pilons; *12* — kolonna; *13* — pamats; *14* — pamatu plātne; *15* — krustenisks lentveida pamats.

4.6.3. Konstruktīvie risinājumi ēkām ar iekārtiem stāviem

Konstruktīvie risinājumi ēkām ar iekārtiem stāviem principiāli atšķiras no karkasu daudzstāvu ēkām. Ēkas konstruktīvās shēmas pamatā ir telpiski vertikāli balsti — šahtas vai serdeņi, kur novieto



4.28. att. Konstruktīvās shēmas viena balsta ēkām ar iekārtiem stāviem:

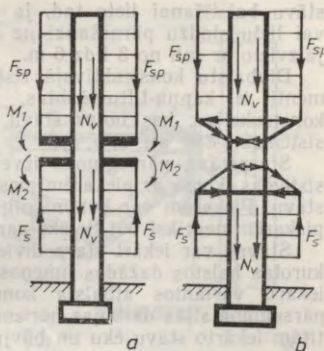
a — iekārti stāvi; *b* — grupveida iekārti stāvi; *c, d, e* — iekārti stāvi ar dažādas ģeometriskās formas atgāzņu un saiņu sistēmu; *1* — nesošais balsts (tornis); *2* — nesošais siju režģis; *3* — iekāres; *4* — pārsēguma siju sistēma; *5* — pamats; *6* — nesošais atgāzņu sistēmas.

kāpņu telpu un lifta komunikācijas. Šis šahtas vai serdeņi uzņem visas vertikālās un horizontālās slodzes. Ēku stāvus piekar pie konsolēm vai krusteniskām kopnēm, kuras balstās uz šahtas vai serdeņa. Ēkas ar iekārtiem stāviem ir ar mazāku materiāla patēriņu nekā parastās tradicionālās daudzstāvu karkasu ēkas, jo stieptās iekares ir ar daudz mazāku šķērsgrīzumu nekā spiestās kolonnas. Tām ir lielāka lietderīgā platība, seismiskā noturība, mazāki zemes darbu apjomi, kā arī ir iespējams veidot dažādus arhitektūras un konstruktīvos risinājumus ar oriģinālu estētisko izteiksmi.

Atkarībā no galveno balstu skaita konstruktīvās shēmas var iedalīt šādās divās pamatgrupās: viena balsta un divu vai vairāk balstu sistēmas. Atkarībā no konsoļu skaita, konstrukcijas formas un citām pazīmēm katrā pamatgrupā ir vēl papildu iedalījumi.

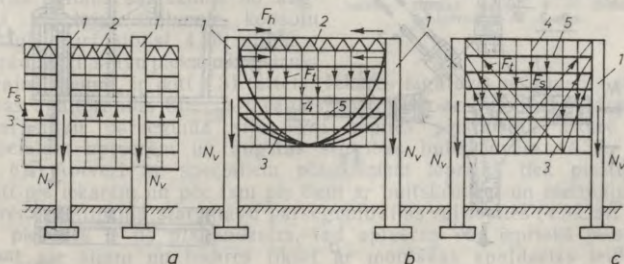
Visvairāk celtniecības praksē ir izplatītas viena balsta sistēmas ar vienu konsoli, kas novietota balsta augšējā daļā (4.28. att. a). Konsoles tiek izveidotas kā siju (4.28. att. a) vai kopņu sistēmas (4.28. att. c, d, e). Minimāli spēki konsoles elementos ir tad, ja galveno nesozo elementu slīpums attiecībā pret horizontāli ir no 30° līdz 35° (4.28. att. c). Lai samazinātu konsoles sijās lieces momentus, pa ēkas augstumu var izveidot divas trīs un vairākas papildu konsoles (4.28. att. b).

Ir arī kombinētās sistēmas, kad daļu no stāvu skaita iekar, bet daļu — balsta uz konsolēm (4.29. att. a, b). Kombinētās sistēmas



4.29. att. Kombinētā konstruktīvā sistēma vienam balstam ar iekārtiem stāviem:

a — divas grupas ar siju režģogu; b — divas grupas ar atgāzņu sistēmu.



4.30. att. Divbalstu iekārtu stāvu konstruktīvās shēmas:

a — iekārta sistēma; b, c — kombinēta tiltveida sistēma; 1 — balsts; 2 — režģogs; 3 — iekares; 4 — kolonnas; 5 — sijas.

stāvu balstīšanai lieto tad, ja pārseguma biezuma samazināšanai vai lielu slodžu pārņemšanai uz daļu no stāviem vertikālie balsti ir jāizvieto ar soli no 3 līdz 6 m.

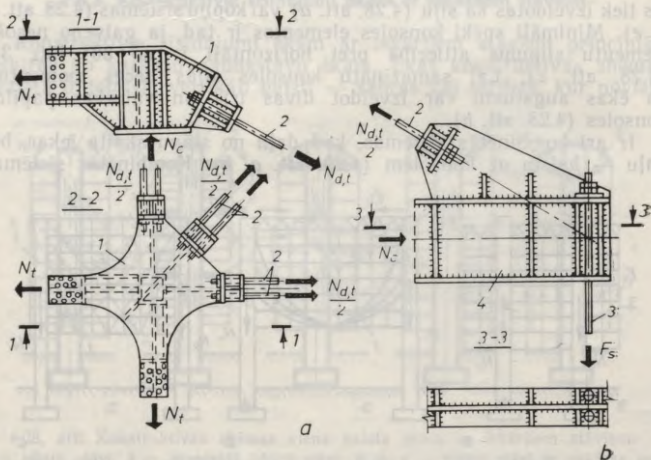
Divbalstu konstruktīvajā risinājumā galvenie ēkas nesošie elementi ir kāpņu-liftu šahtas, uz kurām balsta tās pārseguma konstrukcijas, kas notur stāvu, t. i., sijas, kopnes vai arī vanšu sistēmas (4.30. att. a, b, c).

Starpstāvu pārsegumus izveido kā siju vai krustenisku kopņu sistēmas, kuras ar piekarēm piestiprina pie konstrukcijām, kas notur stāvu. Piekarēm var būt mainīgs solis. Maksimālais attālums starp piekarēm nedrīkst būt lielāks par 12 m.

Stāvus var iekārt starp diviem balstiem ar vantīm, kuras noenkurotas balstos dažādos līmeņos (4.30. att. b, c). Šajos divos stāvu iekaru variantos atbalsta konstrukcijā, kā arī iekārtā karkasa pārseguma sijās darbojas horizontāli spēki F_h (4.30. att. b). Bez apskatītām iekārtotām stāvu ēku un būvju shēmām ir vēl citi varianti, kuros galvenās nesošās balsta konstrukcijas ir izveidotas kā loki, rāmji vai V veida balsti.

4.6.4. Stāvu iekaru konstrukcijas

Pēc statikas ēkas ar iekārtiem stāviem darbojas kā stienis ar konsolēm, kurš iespīlēts pamatos, un uz to darbojas pastāvīgas un mainīgas vertikālās un horizontālās slodzes. Visas slodzes uzņem ēkas nesošais centrālais balsts. Uz balstu iedarbojas vertikālās



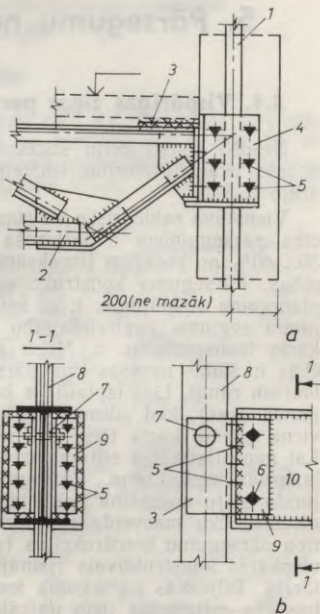
4.31. att. Stieņu un atsaišu savienojuma detaļas:

1 — atbalsta rāmīš; 2 — savilces stienis; 3 — iekare; 4 — atbalsta sija.

slodzes N_v , kuras ir balsta masas, ēkas masas un lietderīgās slodzes ēku stāvos summa. Uz centrālo balstu darbojas arī horizontālo (vēja) slodžu radītais lieces moments. Kastveida (šahtas) šķērsriezuma balstu aprēķina kā ekscentriski spiestu stieni. Pēc ugunsdrošības noteikumiem galvenajam balstam jābūt no dzelzsbetona.

Apakšējā stāva līmenī sienu biezums ir atkarīgs no stāvu skaita, un tas ir robežās no 400... 800 mm, bet augšējos stāvos — 200... 600 mm. Sevišķa uzmanība jāvelta, projektējot pamatus, jo tiem jāuzņem ļoti lieli horizontālo spēku radītie lieces momenti un jāpārnes tie uz pamatni. Pamatu konstrukcijas var būt veidotas no dzīliem vietās pāliem ar paplašinātu apakšējo daļu vai arī no monolīta dzelzsbetona plātnes u. c.

Pārseguma konstrukcijas ir ēkas horizontālie stinguma diski, kuru nesošās konstrukcijas sastāv no vienā līmenī novietotām galvenajām sijām un palīgsijām. Sijas darbojas kā vienlaiduma pārtrauktas sistēmas, bet atsevišķos gadījumos arī kā krustveida siju vai kopņu sistēmas. Vertikālās iekares strādā centrālā stiepē F_s (4.31. att.), kuras lielums samazinās no augšas uz leju. Galvenie konsolu mezgli, kuri atbilst 4.28. attēlā *c* parādītajai stāvu piekaru konstruktīvajai shēmai, ir doti 4.31. attēlā. Iekares izgatavo no augstas stiprības apaļtērauda. Stieņus mezglos nostiprina ar dubultuzgriežņiem. Starpstāvu pārseguma sijas vai kopnes piestiprina iekarē ar speciālām aptverēm un augstas stiprības bultskrūvēm (4.32. att. *a, b*). Aptveri ar speciāliem plauktiņiem iepriekš tiek piestiprināti pie iekarēm un pēc tam pie tiem ar bultskrūvēm un metinājuma šuvēm piestiprina starpstāvu pārsegumu sijas vai kopnes (4.32. att. *a*). Ja piekares ir no plakandzelzs, tad aptverus var iepriekš piestiprināt pie sijām un iekares fiksēt ar montāžas apaļdzelzs ieliktni (4.32. att. *b*). Pēc iekaru, pārsegumu un citu tērauda konstrukciju montāžas betonē ārējās sienas, ietverot iekares betona apvalkā.



4.32. att. Starpstāvu pārseguma piestiprināšana iekarē:

- a* — lokanaļi iekarē; *b* — stingai iekarē;
 1 — lokanaļi iekarē; 2 — riņģelis (kopne);
 3 — savienojuma uzliktnis; 4 — balsta žņvaugs; 5 — augstas stiprības skrūves;
 6 — montāžas bultas; 7 — ieliktnis; 8 — lokšņu (stinga) iekarē; 9 — montāžas leņķtērauds; 10 — sija.

5. Pārsegumu nesošās konstrukcijas

5.1. Vispārīgas ziņas par mūsdienu tipa pārsegumiem

Nesošo konstrukciju sistēmā pārsegumu nesošās konstrukcijas nosaka ēkas ilgziturbību, iekštelpas raksturu un bieži vien arī ēkas ārējo izskatu.

Vienstāva sabiedrisko un rūpniecības ēku projektēšanā un celtniecībā pārsegumiem ir izšķiroša nozīme, tāpēc ka to izmaksas ir 30..40% no kopējām izmaksām un 30% no kopējās ēkas darbietilpības. Pārseguma konstrukcijas ļoti ietekmē kopējo ēkas telpisko plānojuma risinājumu, t. i., kolonnu soli, virsgaismas iekārtojumu, jumta segumu, nepieciešamību iekārtot piekārtos griestus vai piekārtu transportu u. c. Mūsu zemē rūpniecības un sabiedriskajās ēkās ir šādas nesošās tipa pārseguma konstrukcijas: sijas, kopnes, loki un rāmji. Ļoti izplatīti ir bezbēniņu pārsegumi (izņemot dzīvojamās ēkas), kad siltuma izolācija un hidroizolācija tiek izveidota vienā kopējā kārtā tieši virs nesošajām pārseguma konstrukcijām. Lai nepasliktinātos siltuma izolācijas materiālu īpašības, tās kārtai jāparedz vēdināšana. Pārsegumu nesošās konstrukcijas kopā ar jumta klāju nodrošina ēkām telpisko stingumu. Sabiedrisko un rūpniecības ēku masveida celtniecībā visplašāk ir izplatītas plakanās tipa pārsegumu konstrukcijas (sijas, kopnes u. c.), tāpēc ka tām ir vienkāršs konstruktīvais risinājums, kā arī tās ir drošas ekspluatācijā. Telpiskās pārseguma konstrukcijas sabiedrisko un rūpniecības ēku celtniecībā lieto unikālu objektu būvniecībā, lai vienlaikus ar pārseguma konstruktīvo risinājumu panāktu arī labu telpisko plānojumu un arhitektonisko izteiksmīgumu. Atšķirībā no plakanajām pārseguma konstrukcijām telpiskajām ir liels stingums, ekonomisks materiālu patēriņš, taču sarežģītī konstrukcijas elementi un darbietilpīga montāža.

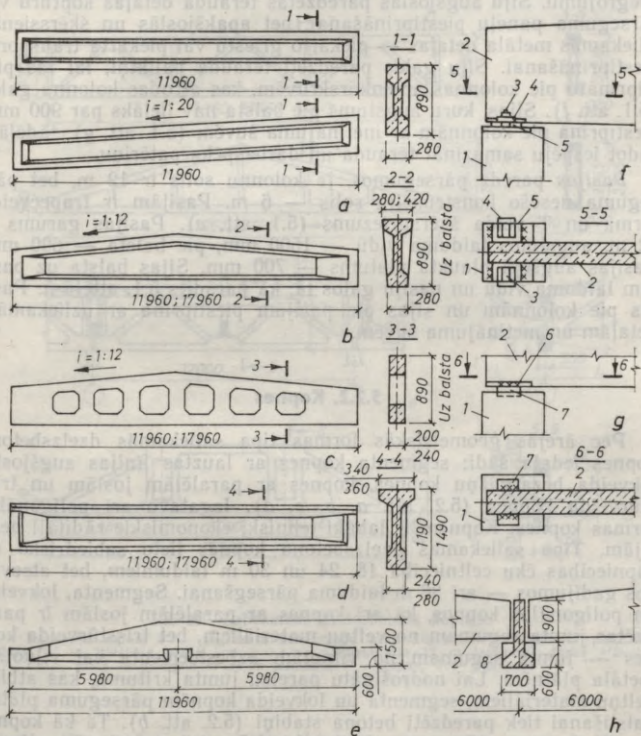
Nesošās pārseguma konstrukcijas veidu un lietojamo materiālu izvēlas atkarībā no laiduma un atbalsta soļu izmēra, slodžu lieluma un rakstura (uz pārsegumu), segumu materiāla, celtniecības rajona, bet rūpniecības ēkām ir jāņem vērā vēl arī iekšējā telpas gaisa agresivitāte.

Ir dzelzsbetona, tērauda, koka un no diviem materiāliem (koka-tērauda, tērauda-dzelzsbetona) nesošās plakanās pārseguma tipa konstrukcijas. Kombinētās nesošās pārseguma konstrukcijās tiek izmantotas katra materiāla pozitīvās īpašības. Tādēļ pārseguma spiestos elementus izveido no dzelzsbetona vai koka, bet stieptos elementus — no tērauda. Redzam, ka kombinētajām konstrukcijām bieži vien ir lielāka darbības noturība un ilgziturbība.

5.2. Tipa saliekamās dzelzsbetona pārseguma konstrukcijas

5.2.1. Sijas

Saliekamās tipa dzelzsbetona sijas lieto vienslīpu un divslīpu, kā arī plakaniem ēku pārsegumiem ar laidumu no 6 līdz 18 m (5.1. att. *a, b, c, d*). Vienslīpu un plakano pārsegumu sijām ir taisnliniju augšjosla, bet divslīpu pārsegumu sijām — lauztas līnijas



5.1. att. Saliekama dzelzsbetona pārseguma sijas:

a, d — dubulta T veida šķēsgriezuma sijas plakaniem un vienslīpu pārsegumiem; *b* — tas pats, divslīpu pārsegumiem; *c* — caurumota divslīpu pārseguma sija; *e* — kopnes pasija; *f, g* — siju piestiprināšana pie kolonnām; *h* — siju piestiprināšana pie pasijas; 1 — kolonna; 2 — sija; 3 — enkurskrūve; 4 — paliktņis; 5 — sijas atbalsta plātne; 6 — sijas ieliekamā detaļa; 7 — sijas ieliekamā detaļa kolonnai; 8 — pasija.

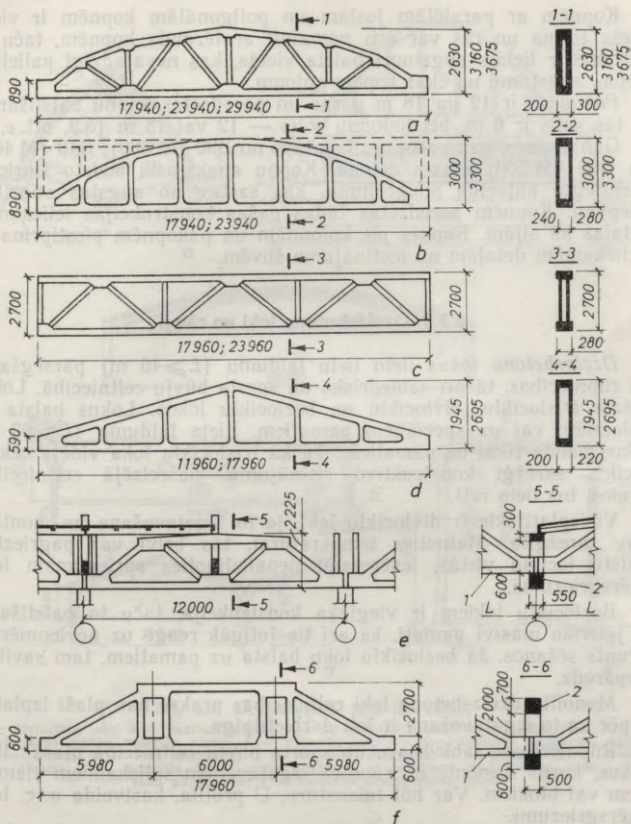
augšjosla ar kritumu 1:12. Pārsegumiem ar 6 un 9 m laidumu izmanto T veida šķērsgriezuma sijas ar 590 un 890 mm augstumiem pie balsta (sijas galos), bet 12 un 18 m laidumiem — sijas ar dubulta T veida un taisnstūra šķērsgriezumu un 890, 1190 un 1490 mm augstumiem pie balsta. Vienkāršāk ir izgatavot sijas ar taisnstūra šķērsgriezumu un vertikāliem atvērumiem (5.1. att. c), tāpēc ka tad telpās ir vieglāk izvietot augšējo komunikācijas vadu sistēmu, taču šādu siju izgatavošanai ir nepieciešams vairāk materiāla nekā T veida un dubulta T veida šķērsgriezuma sijām. Siju izgatavošanai lieto B20 (M200) . . . B50 (M500) klases betonu un iepriekšsaspriegtus stiebrojumus. Siju augšjoslās paredzētas tērauda detaļas kopturu vai pārseguma paneļu piestiprināšanai, bet apakšjoslās un šķērssienās ieliekamās metāla detaļas — piekārti griestu vai piekārtā transporta piestiprināšanai. Siju galos paredzēti tērauda paliktņi, lai tās piestiprinātu pie kolonnas ar enkurskrūvēm, kas atrodas kolonnu galos (5.1. att. f). Sijas, kuru augstums pie balsta nav lielāks par 900 mm, piestiprina pie kolonnām ar metinājuma šuvēm (5.1. att. g), tādējādi radot iespēju samazināt tērauda un darbspēka patēriņu.

Pasijas paredz pārsegumos, ja kolonnu solis ir 12 m, bet pārseguma nesošo konstrukciju solis — 6 m. Pasijām ir trapecveida forma un T veida šķērsgriezums (5.1. att. e). Pasijas garums ir 12 m, augstums laiduma vidū — 1500 mm, pie balsta — 600 mm. Pasijas augšējā plaukta platums — 700 mm. Sijas balsta uz pasijām laiduma vidū un pasiju galos tā, kā parādīts 5.1. attēlā h. Pasijas pie kolonnām un sijas pie pasijām piestiprina ar uzliekamām detaļām un metinājuma šuvēm.

5.2.2. Kopnes

Pēc ārējās ģeometriskās formas tipa saliekamās dzelzsbetona kopnes iedala šādi: segmenta kopnes ar lauztas līnijas augšjoslu, lokveida bezatgāzņu kopnes, kopnes ar paralēlām joslām un trīsstūrveida kopnes (5.2. att. a, b, c, d). Izgatavo arī poligonālās formas kopnes. Kopnēm ir labāki tehniski ekonomiskie rādītāji nekā sijām. Tipa saliekamas dzelzsbetona kopnes lieto sabiedrisko un rūpniecības ēku celtniecībā 18, 24 un 30 m laidumiem, bet atsevišķos gadījumos — arī 36 m laiduma pārsegšanai. Segmenta, lokveida un poligonālās kopnes, kā arī kopnes ar paralēlām joslām ir paredzētas jumta segumam no veltņu materiāliem, bet trīsstūrveida kopnes — jumta segumam no viļņotām azbestcements vai viļņotām metāla plātnēm. Lai nodrošinātu pareizu jumta kritumu, kas atbilst veltņu materiāliem, segmenta un lokveida kopnēm pārseguma plātņu balstīšanai tiek paredzēti betona stabiņi (5.2. att. b). Tā kā kopnes ir režģotas un savienojumu attālumi ir 1,5 vai 3 m, tad pārsegumam var izmantot 1,5 un 3 m platas plātnes. Tipa kopnes izgatavo pārsegumiem ar 6, 12 un 18 m lielu soli.

Racionālākas ir segmenta un lokveida kopnes, jo salīdzinājumā ar citām kopnēm to režģojumā darbojas mazāki spēki, tādējādi dodot



5.2. att. Saliekamas dzelzsbetona kopnes;

a — segmenta kopne; *b* — segmenta betatgāzņu arku kopne; *c* — kopne ar paralēlām joslām; *d* — trīsstūra veida kopne; *e* — pakopne (ar 12 m laidumu) darba stāvoklī; *f* — pakopne ar 18 m laidumu; *1* — kopne; *2* — pakopne.

iespēju tās veidot ar mazāka šķērsriezuma režģojumu. Ja kopņu augstums pie balstiem ir mazs, tad samazinās visas ēkas augstums un līdz ar to arī ēkas apjoms. Lokveida betatgāzņu kopnes formu ir tehnoloģiski vienkāršāk izgatavot, kā arī racionālāk var izmantot starpkopņu telpu.

Kopnēm ar paralēlām joslām un poligonālām kopnēm ir vienkārša forma un tās var ērti nomainīt ar tērauda kopnēm, taču to trūkums ir lielais augstums balsta vietās, kas nevajadzīgi palielina sienas augstumu un ēkas kopējo apjomu.

Pakopnes ir 12 un 18 m garas un paredzētas kopņu balstīšanai, ja tās solis ir 6 m, bet kolonnu solis — 12 vai 18 m (5.2. att. e, f).

Gan kopnes, gan pakopnes izgatavo no B30 (M 300), B40 (M 400) un B50 (M 500) klases betona. Kopņu apakšjoslā ievieto iepriekšsaspriegto kūļveida stiegrojumu, kas sastāv no augstas stiprības stieplēm. Kopnēm paredzētas tādas pašas konstrukcijas ieliekamās detaļas kā sijām. Kopnes pie kolonnām un pakopnēm piestiprina ar uzliekamām detaļām un metinājuma šuvēm.

5.2.3. Dzelzsbetona loki un rāmji

Dzelzsbetona lokus lieto lielu laidumu ($L \geq 40$ m) pārsegšanai kā rūpniecības, tā arī sabiedrisko un sporta būvju celtniecībā. Lokus iedala trīslociklu, divlociklu un bezlociklu lokos. Lokus balsta uz kolonnām vai uz speciāliem pamatiem. Liela laiduma ($L \geq 60$ m) lokus balsta tikai uz pamatiem. Tā kā trīslociklu loka vidējā cekula locikla sarežģī konstruktīvo risinājumu, pašreizējā celtniecības praksē tos lieto reti.

Visizplatītākie ir divlociklu loki, jo to izgatavošana un montāža nav sarežģīta. Mainoties temperatūrai, tās brīvi var pagriezties balstu lociklu vietās, ievērojami nepalielinoties spriegumam loka šķēsgriezumā.

Bezlociklu lokiem ir vieglāka konstrukcija, taču to balstīšanai ir jāierīko masīvi pamati, kā arī tie jutīgāk reaģē uz nevienmērīgu grunts sēšanos. Ja bezlociklu loku balsta uz pamatiem, tam savilces neparedz.

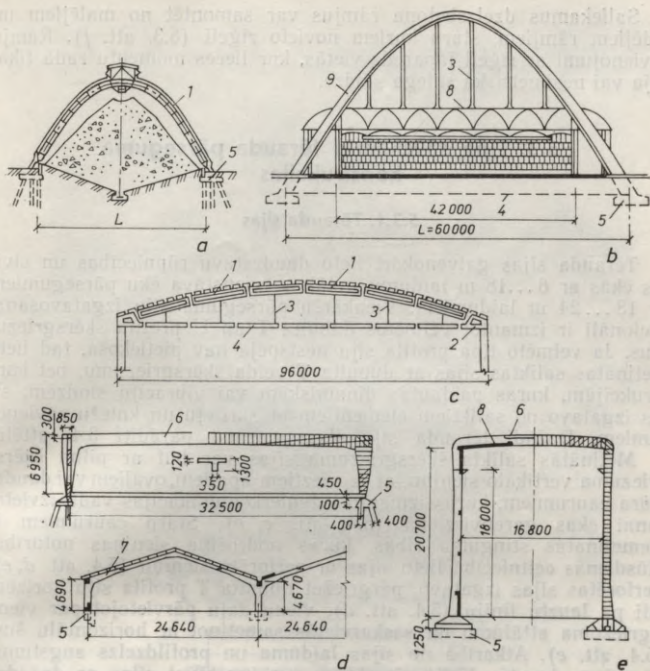
Monolīta dzelzsbetona loki celtniecības praksē nav plaši izplatīti, tāpēc ka to izgatavošana ir ļoti darbietilpīga.

Rūpniecības, sabiedrisko un sporta būvju celtniecībā plašāk lieto lokus, kurus samontē no rūpniecā izgatavotiem saliekamiem elementiem vai blokiem. Var būt taisnstūra, U profila, kastveida u. c. loku šķēsgriezumi.

Uz pāļu pamatiem balstīts divlociklu saliekama dzelzsbetona loks ir parādīts 5.3. attēlā a.

Stingri uz pamatiem balstīts bezlociklu loks ar 60 m laidumu un 40 m augstumu ir parādīts 5.3. attēlā b. Šajā piemērā redzami loki ir atklāti, un tiem ir piekārts viegls ēkas pārsegums. Atklātus lokus izmanto arī kā arhitektonisku ēkas elementu.

No iepriekšsaspriegtiem elementiem veidots saliekama dzelzsbetona loks ar 96 m laidumu un 12 m soli, kurš balstās uz kolonnām, parādīts 5.3. attēlā c. Atsevišķo loka elementu masa ir 25 t un garums — līdz 17 m. Elementus savā starpā savieno ar uzliekamām detaļām un metinājuma šuvēm. Iekares savilces izgatavo no leņķa



5.3. att. Dzelzbetona loki un rāmji:

a – divlociklu loki; *b* – bezlociklu loki; *c* – uz kolonnām balstīts bezlociklu loks; *d*, *e* – vienlaiduma atklāti monolīti rāmji; *f* – pamatos iespīlēts daudzlaidumu saliekama dzelzbetona rāmjs; 1 – loka elements; 2 – atbalsta elements; 3 – piekare; 4 – savilce; 5 – pamati; 6 – monolīts dzelzbetona rāmjs; 7 – saliekams dzelzbetona rāmjs; 8 – ēkas pārsegums; 9 – monolīts dzelzbetona loks.

profila. Lai tērauda savilci aizsargātu pret koroziju, to ievieto siles tipa dzelzbetona elementos, kurus pēc tam aizlej ar cementa javu.

Var būt vienlaiduma, daudzlaidumu, monolīti vai saliekami dzelzbetona rāmji (5.3. att.). Rāmju ģeometrisko nemainīgumu nodrošina stingrie elementu mezgla savienojumi. Rāmja riģeļiem var būt taisna, lauza vai liklīniju forma. Var būt trīslociklu, divlociklu vai bezlociklu rāmji.

Vienlaiduma divlociklu iepriekšsaspriegts dzelzbetona rāmjs ar mainīgu statu šķērsriezumu un bezlociklu rāmjs ar statu iespīlējumu pamatos parādīts 5.3. attēlā *d*, *e*. Abos gadījumos rāmji «iziet» ārpus sienas kontūras, tādējādi veidojot savdabīgu arhitektonisku fasādi.

Saliekamus dzelzsbetona rāmjus var samontēt no malējiem un vidējiem rāmjiem, starp kuriem novieto rīģeli (5.3. att. *f*). Rāmju savienojumi ar rīģeli jāparedz vietās, kur lieces momentu rada tikai vēja vai nesimetriska sniega slodze.

5.3. Tipa saliekamās tērauda pārseguma konstrukcijas

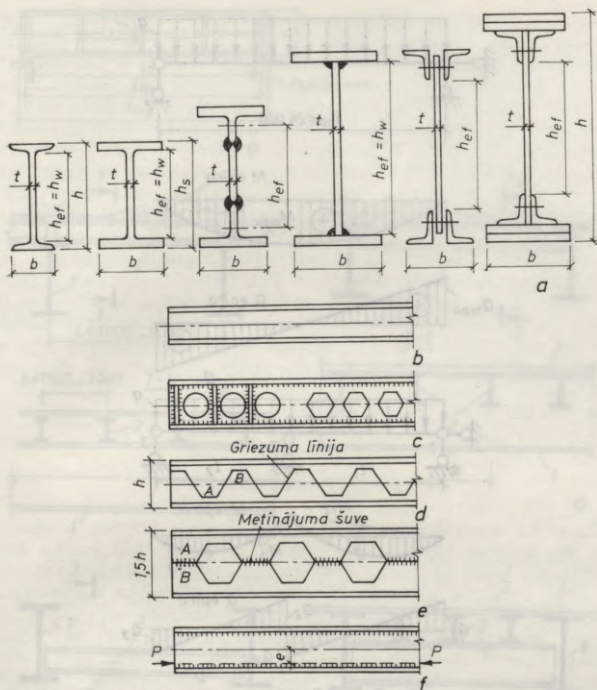
5.3.1. Tērauda sijas

Tērauda sijas galvenokārt lieto daudzstāvu rūpniecības un civi-lās ēkās ar 6...18 m laidumu, retāk — vienkāršu ēku pārsegumiem ar 18...24 m laidumiem. Vienkāršu pārseguma siju izgatavošanai racionāli ir izmantot velmētos dubulta T un U profila šķērsgriezumus. Ja velmēto tipa profila siju nestspēja nav pietiekoša, tad lieto metinātas saliktas sijas ar dubulta T veida šķērsgriezumu, bet konstrukcijām, kuras pakļautas dinamiskām vai vibrāciju slodzēm, sijas izgatavo no saliktiem elementiem ar skrūvju un kniežu savienojumiem. Dažādi tērauda siju šķērsgriezumi parādīti 5.4. attēlā.

Metinātās salikta šķērsgriezuma sijas var būt ar pilna šķērsgriezuma vertikālo sienīņu, ar izgrieztiem apaļiem, ovāliem vai daudzstūra caurumiem, kurus izmanto inženierkomunikācijas vadu izvietošanai ēkas garenvirzienā (5.4. att. *c, e*). Starp caurumiem ir piemērinātas stinguma ribas, kuras nodrošina sienīņas noturību. Mūsdienās celtniecībā lieto sijas ar perforētu sienīņu (5.4. att. *d, e*). Perforētas sijas izgatavo, pārgriežot dubulta T profila siju horizontāli pa lauztu līniju (5.4. att. *d*), vienu daļu pārvietojot par viena izgriezuma attālumu un saskarvietās sametinot ar horizontālu šuvi (5.4. att. *e*). Atkarībā no sijas laiduma un profildzelzs augstuma, kā arī no lauztās līnijas izmēriem var izgatavot sijas ar dažādas formas atvērumiem un dažādu augstumu. Optimālu profilu var iegūt, ja augstumu palielina par 1,5 *h* no tipa profila augstuma. Perforētām tērauda sijām ir tāda pati masa kā vemētām profila sijām, bet to nestspēja un stingums ir ievērojami lielāks nekā izmantojamam tipa profilam, tāpēc tās var izmantot lielākiem laidumiem un lielākām slodzēm. Sādas sijas ir ieteicams lietot palielinātam laidumam ar mazu slodzi (nevis otrādi!), jo tad šķērsspēka iedarbība uz vertikālo sienīņu nav liela. Projektējot perforētas sijas, celtniecībā var ekonomēt apmēram 20...30% tērauda. Bet, tā kā siju izgatavošanas izmaksas ir lielas, to lietošana katrā konkrētā gadījumā ir ekonomiski jāpārbauda un jāsalīdzina ar citiem variantiem.

Palielinoties laidumam vai aplēses slodzei, ekonomiski izdevīgi ir lietot sijas ar iepriekšēju saspriegšanu. To panāk, ja sijas stieptajā daļā novieto iepriekš saspriegtu trosi (5.4. att. *f*).

Statiskā ziņā sijas var būt vienlaiduma pārtrauktas vai divlaidumu un daudzlaidumu nepārtrauktas sijas. Tās var būt ar konsolēm un bez tām (5.5. att. *a, b, c*). Celtniecībā visizplatītākās ir vienlaiduma sijas, jo to izgatavošana, montāža un ekspluatācija ir

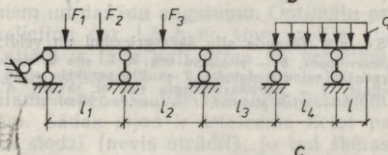
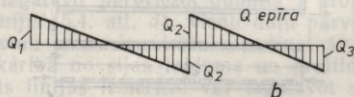
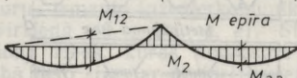
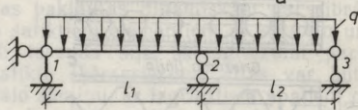
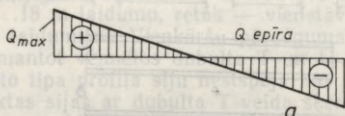
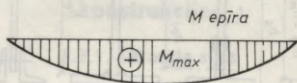
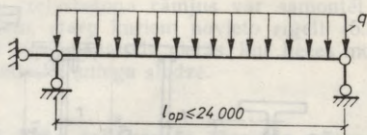


5.4. att. Tērauda siju šķērsriezumi un veidi:

a — dažādi siju šķērsriezumi; *b* — pilnsienu sija; *c* — sija ar perfocaurumiem; *d, e* — sijas izveidotas, pārgriežot velmēta dubulta T profila vertikālo sienu un pēc tam savienojuma vietās sametinot; *f* — iepriekšsaspriegta sija ar savilci; *h* — sijas augstums; *b* — sijas platums; *t* — sienīņas biezums.

vienkārša. Daudzslaidumu nepārtrauktām sijām ir mazāks tērauda patēriņš un lielāks stingums nekā vienlaiduma sijām, tādēļ tās plaši lieto daudzstāvu karkasa ēku celtniecībā.

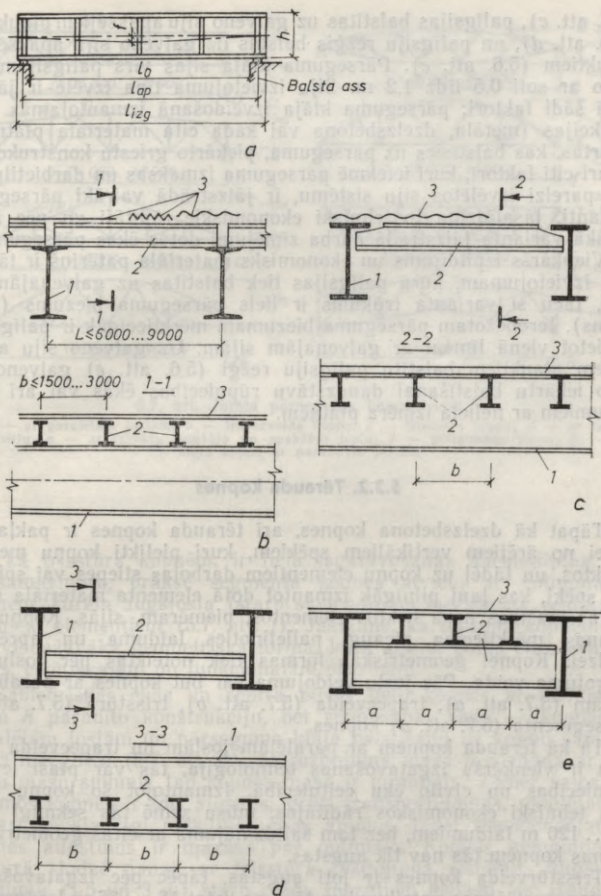
Galvenie noteicošie siju parametri ir aplēses laidums l_{ap} un šķērsriezuma augstums h (5.6. att. *a*). Sijas izgatavošanas garums ir atkarīgs no brīvā attāluma starp balstiem un balstišanas laukuma lieluma, kurš savukārt ir atkarīgs no atbalsta konstrukcijas materiāla nestspējas (ķieģeļu mūris, betons, tērauds). Optimālais sijas augstums ir atkarīgs no aplēses laiduma l_{ap} , slodzes lieluma, tērauda marķas, sijas nozīmes, ekspluatācijas prasībām utt., un $h/l_{ap} = 1/10 \dots 1/15$.



5.5. att. Sijas statiskās shēmas:
 a — vienlaiduma sijai; b — nepārtrauktai divlaidumu sijai; c — nepārtrauktai daudzlaidumu sijai.

Ēkās un būvēs veido tērauda siju sistēmu, kas sastāv no galvenajām sijām un palīgsijām. Galvenās sijas pārsedz doto laidumu, un to solis ir 6...9 m.

Palīgsijas, kuras balstās uz galvenajām sijām, ir novietotas 1,5...3 m cita no citas. Atkarībā no savstarpējā novietojuma siju



5.6. att. Siju izvietojumu veidi:

a — siju galvenie izmēri; b — palīgsijas izvietotas virs galvenajām sijām; c — palīgsijas izvietotas vienā līmenī ar galvenās sijas augšējo virsmu; d — palīgsijas ir balstītas uz galveno siju apakšējiem plauktiem; e — palīgsijas ir balstītas pie siju režģa; 1 — galvenās sijas; 2 — sijas; 3 — klājs.

sistēmām ir šādi četri varianti: ar augšējo palīgsiju novietojumu virs galvenajām sijām (5.6. att. b), palīgsijas novietotas starp galvenajām sijām vienā līmenī ar galvenās sijas augšējo virsmu

(5.6. att. c), palīgsijas balstītas uz galveno siju apakšējiem plauktiem (5.6. att. d), un palīgsiju režģis balstās uz galveno siju apakšējiem plauktiem (5.6. att. e). Pārseguma klāja sijas virs palīgsijām novieto ar soli 0,5 līdz 1,2 m. Siju izvietojuma tipa izvēlē ir jāņem vērā šādi faktori: pārseguma klāja izveidošanā izmantojamās konstrukcijas (metāla, dzelzsbetona vai kāda cita materiāla plātnes); iekārtas, kas balstīsies uz pārseguma, piekārtu griestu konstrukcijas, kā arī citi faktori, kuri ietekmē pārseguma izmaksas un darbietilpību. Lai pareizi izvēlētos siju sistēmu, ir jāizstrādā vairāki pārsegumu varianti, jāsalīdzina to tehniski ekonomiskie rādītāji un pēc izdevīgākā varianta jāizstrādā darba zīmējumi dotās ēkas pārsegumam.

Vienkāršs izpildījums un ekonomisks materiāla patēriņš ir tādām siju izvietojumiem, kurā palīgsijas tiek balstītas uz galvenajām sijas, taču šī varianta trūkums ir liels pārseguma biežums (augstums). Ierobežotam pārseguma biežumam mērķtiecīgāk ir palīgsijas novietot vienā līmenī ar galvenajām sijas. Uz galveno siju apakšējiem plauktiem balstītu palīgsiju režģi (5.6. att. e) galvenokārt lieto iekārtu balstīšanai daudzstāvu rūpniecības ēkās vai arī pārsegumiem ar nelielu izmēra plātnēm.

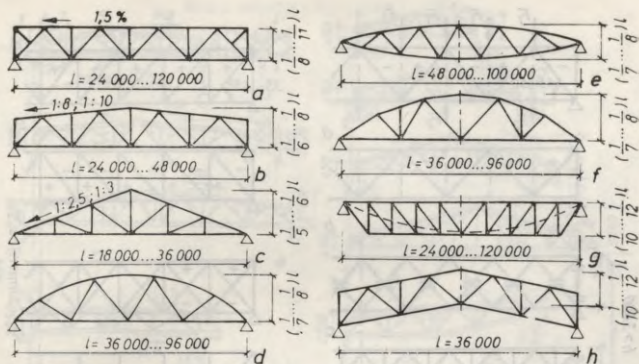
5.3.2. Tērauda kopnes

Tāpat kā dzelzsbetona kopnes, arī tērauda kopnes ir pakļautas liecībai no ārējiem vertikāliem spēkiem, kuri pielikti kopņu mezglu punktos, un tādēļ uz kopņu elementiem darbojas stiepes vai spiedes ass spēki, kas ļauj pilnīgāk izmantot dotā elementa materiāla nestspējas īpašības nekā liektos elementos, piemēram, sijās. Kopņu lietošanas mērķtiecība pieaug, palielinoties laiduma un aprēķina slodzei. Kopnei ģeometriskās formas tiek noteiktas pēc joslu un režģojuma veida. Pēc joslu veidojuma var būt kopnes ar paralēlām joslām (5.7. att. a), trapecveida (5.7. att. b), trīsstūra (5.7. att. c) un segmenta (5.7. att. d) kopnes.

Tā kā tērauda kopnēm ar paralēlām joslām un trapecveida kopnēm ir vienkārša izgatavošanas tehnoloģija, tās var plaši ieviest rūpniecības un civilo ēku celtniecībā. Izmantojot šo kopņu augstos tehniski ekonomiskos rādītājus, mūsu zemē tās sekmīgi lieto 24...120 m laidumiem, bez tam salīdzinājumā ar citas ģeometriskās formas kopnēm tās nav tik augstas.

Trīsstūrveida kopnes ir ļoti augstas, tāpēc pēc izgatavošanas un transportēšanas noteikumiem tās var lietot 18...36 m laidumiem. Šīs kopnes galvenokārt lieto ēkām un būvēm, kurām ir augsti un stāvi jumti ar maza izmēra jumta klāju materiāliem, piemēram, vilņota azbesta cementa plātnēm, jumta skārda, kārniņu u. c. segumiem, kā arī tad, ja pēc būves arhitektoniskajiem noteikumiem ir jāveido jumts ar slīpumu no 25° līdz 45°.

Segmenta kopņu izgatavošanai ir nepieciešams maz materiāla, tāpēc šo kopņu efektivitāte pieaug, palielinoties laidumam. Tā kā kopnēm ir daudz dažādu garu elementu un šķērsriezumu, tām, tā-

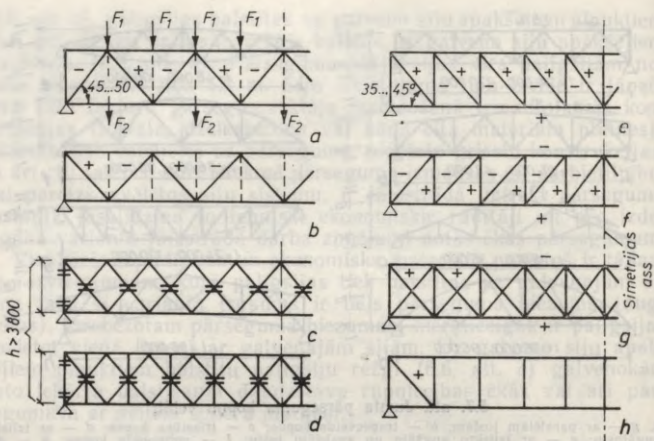


5.7. att. Jumta pārseguma kopņu veidi:

a, g — ar paralēlām joslām; *b* — trapezveida kopne; *c* — trīsstūra kopne; *d* — ar izliektu augšjoslu; *e* — ar izliektu augšējo un apakšējo joslu; *f* — poligonālā kopne; *h* — divslīpu kopne ar paralēlām joslām.

pat kā trīsstūra kopnēm, ir liela izgatavošanas darbietilpība. Lai to samazinātu, praksē segmenta kopnes atvieto ar poligonālām kopnēm, kurām augšjosla (starp savienojumu mezgliem) veidota no taisniem elementiem (5.7. att. *f*). Jāatzīmē, ka tērauda kopnēm var būt visdažādākā ģeometriskā forma, kura atbilst dotās ēkas arhitektūras, estētiskajām un funkcionālām prasībām.

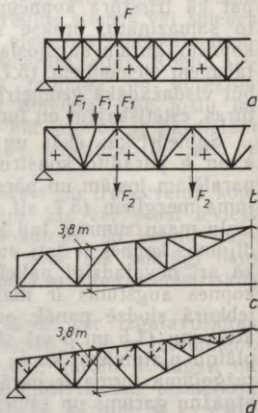
Sabiedriskās ēkās un sporta būvēs lieto kopnes ar 5.7. attēlā *e* un *h* parādīto konstrukciju, bet rūpniecības ēkās — kopnes ar paralēlām joslām un pārseguma klāja balstīšanu uz kopņu savienojuma mezgliem (5.7. att. *g*). Ja režģojuma masa ir vienāda ar abu joslu masu summu, tad kopnes masa ir minimāla. Tomēr šajos gadījumos kopnes ir ļoti augstas, grūti transportējamas, montējamas, kā arī nevajadzīgi palielinās ēkas apjoms, tādēļ rekomendējamais kopnes augstums ir mazāks par optimālo. Kopnes nemainīgumu jebkurā slodzē panāk ar trīsstūra režģojuma sistēmu. Augšjoslā attālumu (1,5 un 3 m) starp režģu mezgliem pieņem pēc standarta plātņu platumiem, kuras balsta uz kopnēm. Visizplatītākā trīsstūra režģojuma forma ir parādīta 5.8. attēlā *a, b*. Redzam, ka kopējais atgāzņu garums un savienojuma mezglu skaits ir mazāks nekā kopnēm ar citu režģojuma formu. Atgāzņi attiecībā pret apakšjoslu jānovieto $45^\circ \dots 50^\circ$ leņķī. Trūkums trīsstūra režģojuma kopnēm ar lieliem laidumiem ir augšjoslas un apakšjoslas lielais brīvais attālums starp savienojuma mezgliem, jo tad pārseguma plātnes balstās arī uz kopnes joslām, kuras izraisa papildu spriegumus joslās



5.8. att. Kopņu režģojuma shēmas:

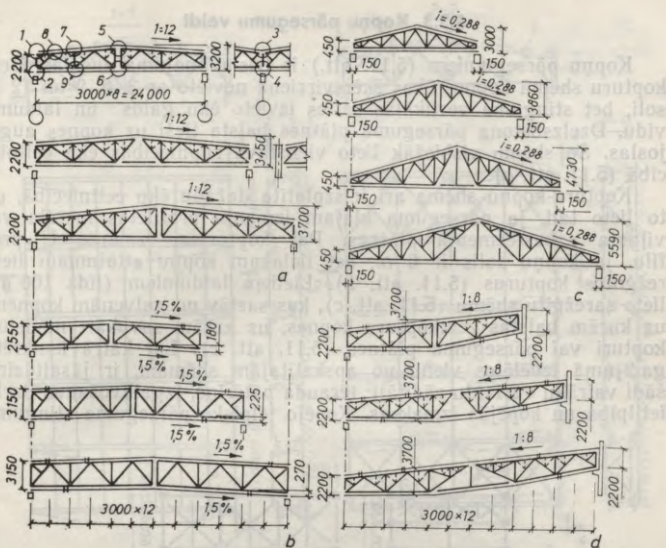
a, b — ar atgāžņiem; *c, d* — ar montāžas savienojumiem kopņu augstuma vidū; *e, f* — ar viena tipa atgāžņiem un statiem; *g* — ar krusteniskiem atgāžņiem un statiem; *h* — ar statiem.

un negatīvi ietekmē konstrukciju darbību. Lai šos trūkumus novērstu, trīsstūra režģojuma vidū pretī augšējam vai apakšējam mezglam novieto statņus. Viens no trīsstūra režģojuma paveidiem ir rombiskais režģojums (5.8. att. *c, d*). Šīs kopnes ir ļoti stingas un ar lielu pretestības spēju šķērsspēkiem. Nelielam kopņu augstumam lieto kāpjošo vai kritošo atgāžņu sistēmu (5.8. att. *e, f*) $35^\circ \dots 45^\circ$ leņķī pret apakšjoslu. Krustveida režģojumu (5.8. att. *g*) lieto kopnēm, uz kurām iedarbojas zīmju mainīgās slodzes. Šī režģojuma priekšrocības ir tās, ka visi režģojuma atgāžņi darbojas tikai stiepē, jo spiedē (to lielā slaiduma dēļ) tie nedarbojas. Bezatgāžņu kopnes (5.8. att. *h*) lieto starpstāvu pārsegumos, kopņu aizņemto augstumu izmantojot ekspluatējamu telpu iekārtošanai. Šo kopņu trūkums ir ievērojami lieces momenti gan joslās, gan arī statņos, kuri palielina tērauda patēriņu.



5.9. att. Spraišļu sistēmas kopņu režģu veidi:

a, b — ar statiem un atgāžņiem spēku pielikšanas vietās; *c, d* — divdaļīgās kopnes režģojumi pie spraišļu sistēmas.



5.10. att. Tipa unificēto kopņu veidi:

a — trapeceveida kopnes; *b* — kopnes ar paralēlām joslām; *c* — trīsstūra kopnes; *d* — vienslīpu kopnes.

Attālumu starp augšjoslas mezgliem var samazināt, ja pamata trīsstūra režģim papildus izveido spraišļu sistēmas režģi, kurš vienlaikus samazina kopnes plaknē brīvo atgāžņu garumu (5.9. att. *a*).

Kopņu projektēšanā ir jāievēro arī transportēšanas gabarīti, kurus nedrīkst pārsniegt. Transportējot pa dzelzceļu, drīkst būt 3800 mm augstas un 3200 mm platas kopnes. Ja šīs prasības nevar ievērot, tad vidējā kopnes zonā lieto spraišļu sistēmu vai kopni sadala divās daļās (5.9. att. *c*, *d*). Dažāda tipa ēkām lieto unificētas tipa tērauda kopnes ar 24, 30 un 36 m (5.10. att.) laidumiem. Lai unificētu ēku un būvju parametrus, tipa kopnēm laiduma izmaiņas ir pieņemtas ar moduli 6 m. Katrai kopnei formas robežās ir pieņemti vienādi augšjoslas slīpumi, lai saglabātu vienādu kopnes augstumu uz balsta neatkarīgi no tā laiduma lieluma.

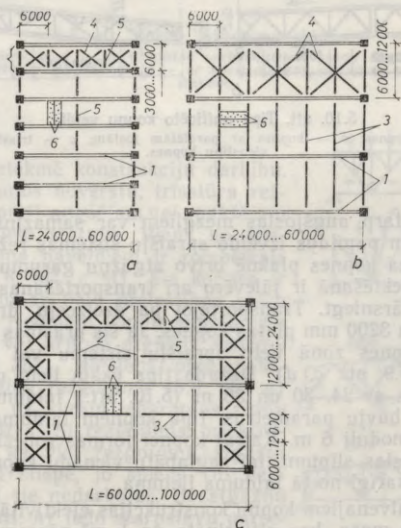
Viens no galvenajiem kopņu konstrukcijas efektivitātes rādītājiem ir konstrukciju masa, kas attiecināta uz 1 m^2 pārseguma laukuma.

Optimālais kopņu solis tiek noteikts atkarībā no kopnes un koprturu minimāla tērauda patēriņa. Parasti pieņem 6 vai 12 m lielu soli. No projektēšanas prakses redzam, ka abos kopņu attālos tērauda patēriņš uz pārseguma 1 m^2 ir gandrīz vienāds.

5.3.3. Kopņu pārsegumu veidi

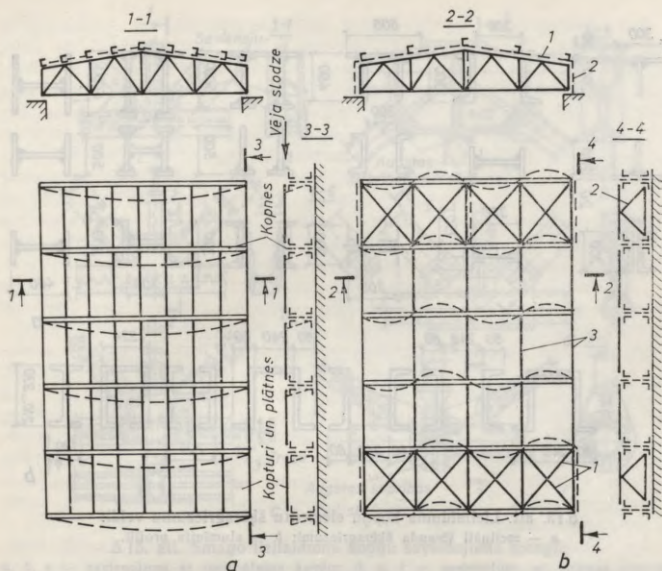
Kopņu pārsegumiem (5.11. att.) ir trīs plānojuma shēmas. Bezkopturu shēmā kopnes ēkas šķērsvirzienā novieto ar 3, 6, 9 un 12 m soli, bet stinguma vertikālās saites izvieto ēku galos un laiduma vidū. Dzelzsbetona pārseguma plātnes balsta tieši uz kopnes augšjoslas. Šo shēmu visbiežāk lieto vienstāva rūpniecības ēku celtniecībā (5.11. att. a).

Kopturu-kopņu shēma arī ir izplatīta dažādu ēku celtniecībā, un to lieto tad, ja pārseguma klājam izmanto profilētas metāla vai viļņota azbestcimenta plātnes. Par kopturiem izmanto U profilu, ja kopņu solis ir 6 m, bet lielākam kopņu attālumam lieto režģotus kopturus (5.11. att. b). Lieliem laidumiem (līdz 100 m) lieto sarežģītu shēmu (5.11. att. c), kas sastāv no galvenām kopnēm, uz kurām balstās zemkopturu kopnes, uz kurām savukārt novietoti kopturi vai pārseguma plātnes (5.11. att. c). Lai katrā konkrētā gadījumā izvēlētos vienu no apskatītajām shēmām, ir jāsalīdzina šādi vairāku variantu rādītāji: tērauda patēriņš, izgatavošanas darbietilpība un kopējās izmaksas. Kopējo telpisko pārseguma stingumu



5.11. att. Kopņu pārsegumu konstruktīvās shēmas:

a — bezkopturu shēma; b — kopturu shēma; c — sarežģīta shēma ar galveno kopņu attālumu 12... 24 m; 1 — galvenā laiduma kopne; 2 — palīgkopne; 3 — kopturi; 4, 5 — saites; 6 — pārseguma plātnes.



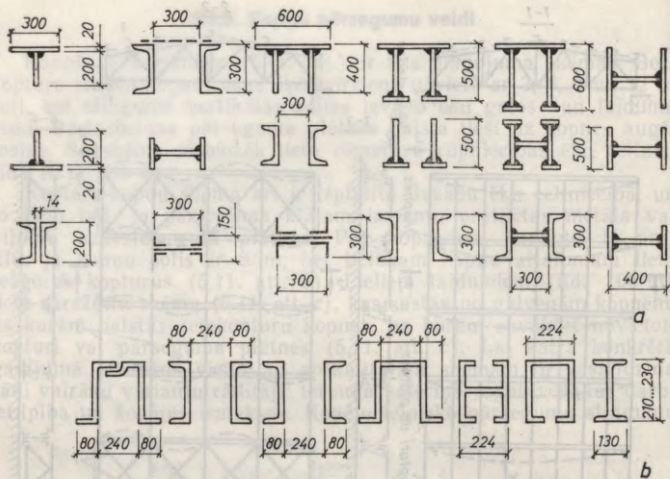
5.12. att. Kopņu telpiskā darbība:

a — kopņu deformēšanās, zaudējot noturību, ja nav saišu sistēmas; *b* — kopņu augšējās spiestās joslas deformēšanās saišu sistēmā; 1 — horizontālās saites; 2 — vertikālās saites; 3 — starpkopņu atsaites.

rada kopnes, kopturi un pareizi starp kopnēm izvietotas horizontālo un vertikālo saišu sistēmas. Vienai kopnei horizontālā virzienā ir mazs stingums, un tādēļ temperatūras bloka robežās tās savstarpēji jāsaista ēku galos un pie temperatūras šuvēm. Ar saitēm kopā savienotas divas kopnes veido telpiski stingu bloku (5.12. att.).

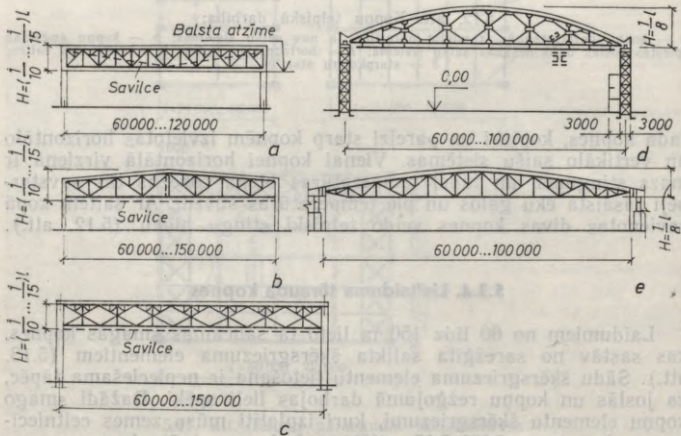
5.3.4. Liellaiduma tērauda kopnes

Laidumiem no 60 līdz 150 m lieto tā saucamās smagās kopnes, kas sastāv no sarežģīta salikta šķērsriezuma elementiem (5.13. att.). Šādu šķērsriezuma elementu lietošana ir nepieciešama tāpēc, ka joslās un kopņu režģojumā darbojas lieli spēki. Dažādi smago kopņu elementu šķērsriezumi, kuri izplatīti mūsu zemes celtniecības praksē, ir parādīti 5.13. attēlā *a*. Lai samazinātu kopnes masu, bieži lieto arī dažādus alumīnija lējuma profilus, kuri parādīti 5.13. attēlā *b*.



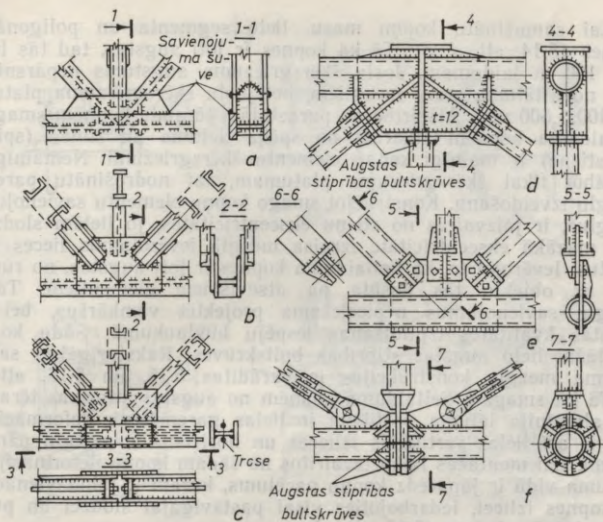
5.13. att. Liellaiduma kopņu elementu šķērsgrīzumu veidi:

a — metināti tērauda šķērsgrīzumi; b — alumīnija profili.



5.14. att. Liellaiduma kopņu tipi:

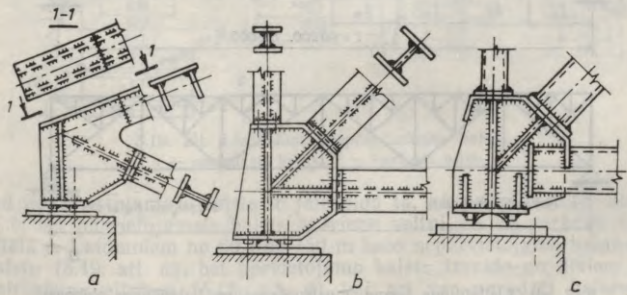
a, c — ar paralēlām joslām un savilci; b — trapecveida kopne ar savilci; d, e — segmenta kopne.



5.15. att. Smago liellaiduma kopņu savienojuma mezgli:

a, b, c — savienojumi ar metinājuma šuvēm; d, e, f — savienojumi ar augstas stiprības bultskrūvēm.

Smagajām liellaiduma kopnēm ir dažāda konfigurācija un trīsstūra vai rombiskā režģojums ar spraišļu papildu sistēmām, kuras samazina ekscentriski spiesto augšjoslas aplēses garumu kopnes plaknē (5.14. att.). Lieliem laidumiem lieto kopnes ar paralēlām joslām un trapecveida kopnes ar iepriekšēju sasprīguumu (5.14. att. a, b, c).

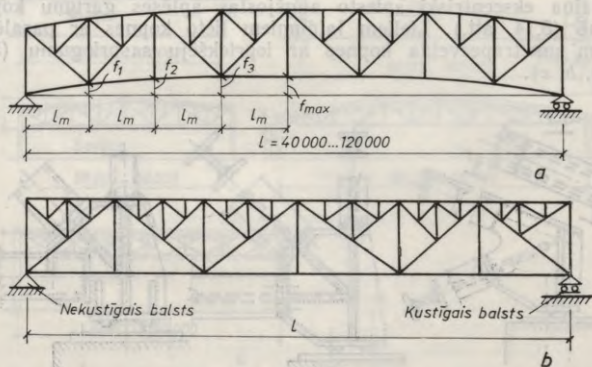


5.16. att. Smago liellaiduma kopņu balsta mezglu veidi.

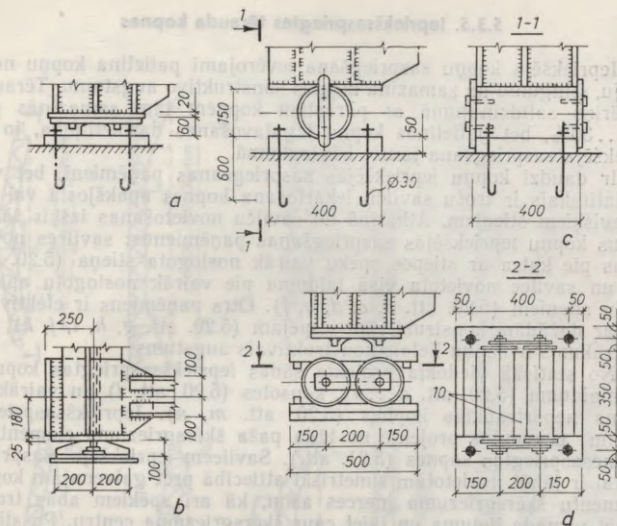
Lai samazinātu kopņu masu, lieto segmenta un poligonālās kopnes (5.14. att. *d, e*). Tā kā kopnes ir ļoti augstas, tad tās lieto līdz 100 m laidumam. Joslu šķēsgriezuma augstums nepārsniedz 1/15 no attāluma starp mezgliem, bet joslu šķēsgriezuma platums $b=400 \dots 500$ mm. Atšķirībā no parastajām tērauda kopnēm smagām liellaiduma kopnēm atkarībā no spēka lieluma un zīmes (spiede vai stiepe) ir mainīgi kopņu elementu šķēsgriezumi. Nemainīgam ir jābūt tikai šķēsgriezuma platumam, lai nodrošinātu pareizu mezglu izveidošanu. Konstrējot smago kopņu elementu savienojuma mezglus, ir jāizvairās no stieņu ekscentricitātes, jo lielām slodzēm pati mazākā ekscentricitāte izraisa mezglā ievērojamus lieces momentus. Ievērojot to, ka liellaiduma kopnes ir ļoti augstas, no rūpnīcas uz objektu tās nosūta pa atsevišķiem elementiem. Tāpēc mezglu savienojumus nepieciešams projektēt vienkāršus, bet ar augstas kvalitātes izpildīšanas iespēju būvlaukumā. Šādu kopņu montāžai lieto augstas stiprības bultskrūves. Raksturīgākās savienojuma mezglu konstrukcijas ir parādītas 5.15. un 5.16. attēlā.

Tā kā smagām liellaiduma kopnēm no augstas stiprības tērauda vai alumīnija lējuma profiliem ir lielas garenstieņu deformācijas, tām ir arī lielas vertikālās izlieces un horizontālie mezglu pārvietojumi. Lai montāžas laikā izvairītos no šādām kopņu deformācijām, laiduma vidū ir jāparedz kopņu pacēlums, kuram ir jābūt vienādam ar kopnes izlieci, iedarbojoties visai pastāvīgajai slodzei un pusei no mainīgās slodzes (5.17. att. *a*).

Lai horizontālais pārvietojums neietekmētu kopnes darbu, smagās liellaiduma kopnes balstīšanu projektē ar vienu pārvietojamu un otru nepārvietojamu balstu (5.18. att.). Ja laidums ir 30...60 m,

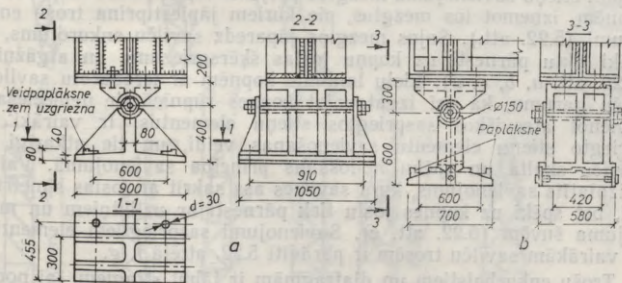


5.17. att. Liellaiduma kopņu konstruēšanas un balstīšanas shēmas: *a* — kopņu konstruktīvā pacēluma izveidošanas shēma; *b* — kopņu balstīšana.



5.18. att. Liellaiduma kopņu balstīšanas veidi:

a, b — nekustīgie balsti; c, d — kustīgie balsti ar veltņu sistēmu.



5.19. att. Liellaiduma kopņu balansa balsti:

a — nekustīgais balsts; b — kustīgais balsts.

Šāds nepārvietojamais balsts ir jāizveido tā, kā parādīts 5.18. attēlā a, b, bet pārvietojamais balsts ar vienu veltņi, — kā parādīts 5.18. attēlā c. Laidumiem no 60 līdz 150 m lieto nepārvietojamo balansēto balstu (5.19. att. a), bet pārvietojamo balstu izveido no diviem vai vairākiem veltņiem (5.18. att. d) vai arī var paredzēt balansēta tipa balstu (5.19. att. b).

5.3.5. Iepriekšsasprīgtas tērauda kopnes

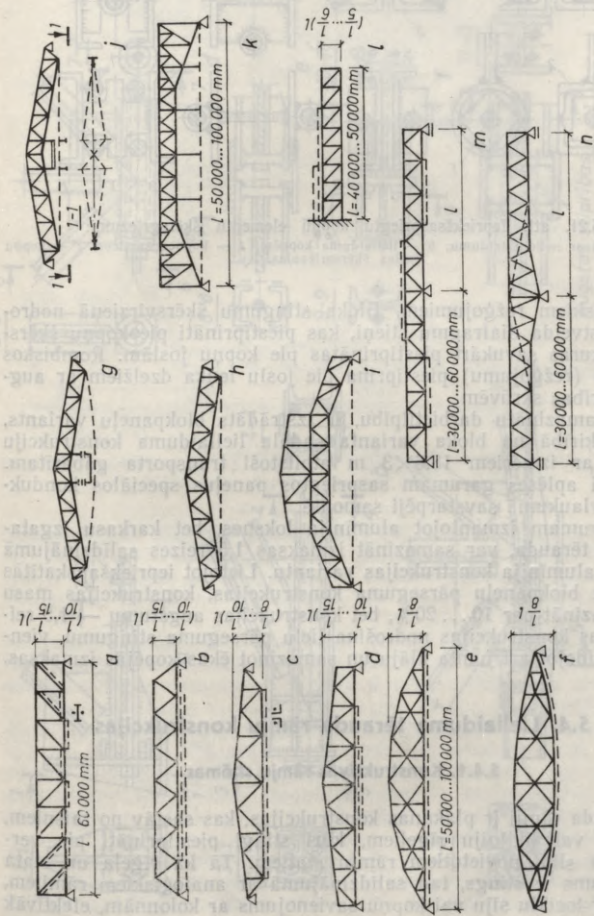
Iepriekšēja kopņu sasprīgšana ievērojami palielina kopņu nest-spēju, stingumu un samazina kopnes konstruktīvo augstumu. Tērauda patēriņš salīdzinājumā ar parastām kopnēm tām samazinās par 25...30%, bet palielinās kopņu izgatavošanas darbietilpība, jo iepriekšēja sasprīgšana jāveic būvlaukumā.

Ir daudzi kopņu iepriekšējās sasprīgšanas paņēmieni, bet visizplatītākais ir trošu savilču iekārtošana kopnes apakšjoslā vai pie atsevišķiem stiepiem. Atkarībā no savilču novietošanas izšķir šādus divus kopņu iepriekšējās sasprīgšanas paņēmienus: savilces novietotas pie katra ar stiepes spēku vairāk noslogota stieņa (5.20. att. a) un savilce novietota visā laidumā pie vairāk noslogotu apakšjoslu stieņiem (5.20. att. b, c, d, e, f). Otrs paņēmieni ir efektīvāks un ar dažādām konstruktīvām iespējām (5.20. att. g, h, i, j, k), bet tā trūkums ir kopņu lielais konstruktīvais augstums.

No statiskā viedokļa projektē šādas iepriekšsasprīgtas kopnes: vienlaiduma (5.20. att. a...k), konsoles (5.20. att. l) un vairāklaiduma nepārtrauktās kopnes (5.20. att. m, n). Iepriekšsasprīgto kopņu elementus projektē no tāda paša šķērsriezuma elementiem kā nesasprīgtas kopnes (5.21. att.). Savilcēm iepriekšējai sasprīgšanai ir jābūt novietotām simetriski attiecībā pret galvenajām kopņu elementu šķērsriezuma inerces asīm, kā arī spēkiem abās trosēs jābūt vienāda lieluma un jāiet caur šķērsriezuma centru. Pa stieņa garumu savilcējtroši ievieto piemētinātos cauruļģubalos un izlaiž caur stinguma ribās izveidotajiem atvērumiem (5.21. att. a, b). Kopņu stieņa savienojuma mezģlus projektē tādus pašus kā parastām kopnēm, izņemot tos mezģlus, pie kuriem jāpiestiprina trošu enkurojumi (5.22. att.). Sajos mezģlos jāparedz savilču enkurojums, lai spēki tiktu pārnesti uz kopņu joslas šķērsriezumu un atgāžņiem (5.22. att. a, b, c, d). Lielu laidumu kopnēm ar ierobežotu savilcējtrošu garumu, kā arī izgatavojot kopnes rūpnīcā, ir nepieciešams savienot atsevišķos sasprīgtos stieņu elementus. Ir vairāki sasprīgto stieņu elementu savienošanas veidi, un tie atkarīgi no savilču skaita un spēku nodošanas principa savienojumā. Vairāk ir izplatīts savienojums, kurā savilces ass sakrīt ar joslas simetrijas asi, bet spēki uz kopnes joslu tiek pārnesti ar uzliktnjiem un metinājuma šuvēm (5.22. att. e). Savienojumi sasprīgtiem elementiem ar vairākām savilču trosēm ir parādīti 5.22. attēlā f, g.

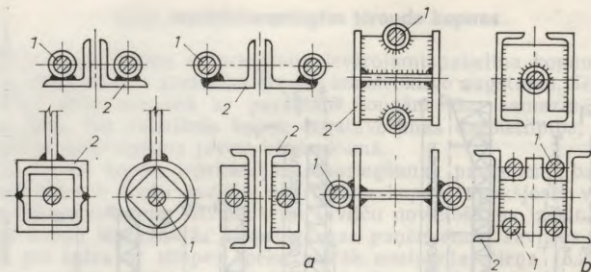
Trošu enkurbalstiem un diafragmām ir jābūt stingiem, lai nodrošinātu mezģla nemainīgumu, iedarbojoties trošu-savilču koncentrētām spēkam.

Mūsu zemē plaši tiek lietotas bloku un blokpaneļu iepriekšsasprīgtas konstrukcijas ar laidumu līdz 200 m, kuras izgatavo no tērauda vai alumīnija profiliem (5.23. att.). Šādās konstrukcijās sasprīgšanas elements ir plānsieniņu ($t=1...3$ mm biezs) apšuvums, kurš kopā ar kopnes joslu darbojas stiepē vai spiedē un izpilda arī pārseguma klāja funkciju. Plānsieniņu apšuvuma plātnes uzstiep uz stinga rāmja, kas izgatavots no divām vertikālām kopnēm



5.20. att. Iepriekšsaprīgtu kopņu tipi.

a, b, l, m, n — kopnes ar paralēlām josiām un savītelī pte kopnes josiām; *c, d* — tas pats trapeceveida kopnēm; *e, f* — tas pats segmenta kopnēm; *g, h, i, l, k* — kopnes ar savīteļi ārpus tās izmēriem.



5.21. att. Iepriekšsaspriegtų kopņņu elementu šķērsgriezumi:
a — kopņēm ar nelielu laidumu; *b* — liellaiduma kopņēm; 1 — kopnes savilces; 2 — kopņu joslās šķērsgriezums.

ar rombiskiem režģojumiem. Bloka stingumu šķērsvirzienā nodrošina krustveida diafragmu stieņi, kas piestiprināti pie kopņu šķērssaitēm, kuras savukārt piestiprinātas pie kopņu joslām. Rombiskos atgāžņus (režģojumu) piestiprina pie joslu leņķa dzelžiem ar augstas stiprības skrūvēm.

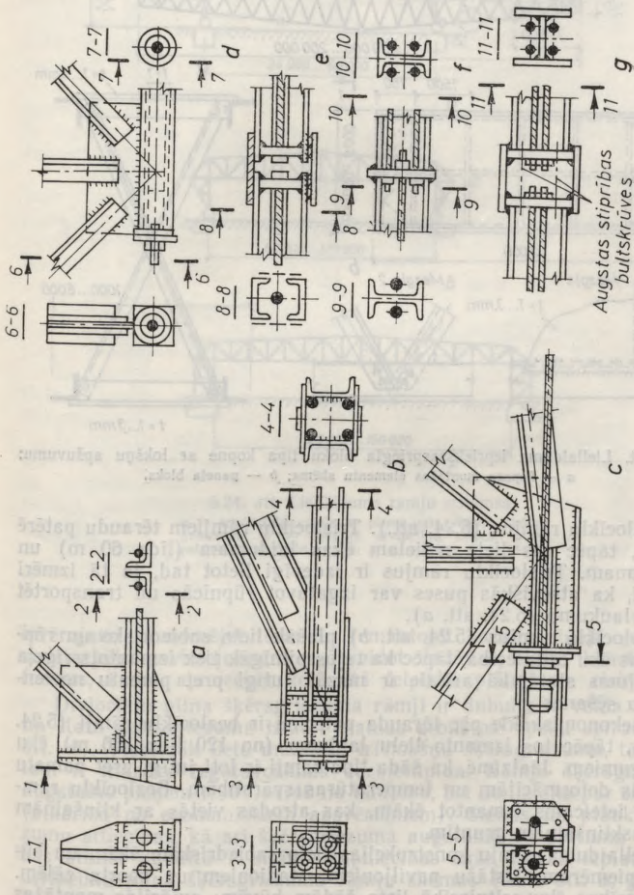
Laī samazinātu darbietilpību, ir izstrādāts blokpaneļu variants, kurš atšķirībā no bloka varianta sadala liellaiduma konstrukciju paneļos ar izmēriem 13,6×3 m atbilstoši transporta gabarītam. Atbilstoši aplēses garumam saspriegtos paneļus speciālos konduktorus būvlaukumā savstarpēji samontē.

Apšuvumam izmantojot alumīnija loksnes, bet karkasu izgatavojot no tērauda, var samazināt izmaksas 1,5 reizes salīdzinājumā ar visas alumīnija konstrukcijas variantu. Lietojot iepriekšapskatītās bloku un blokpaneļu pārseguma konstrukcijas, konstrukcijas masu var samazināt par 10...20%, bet konstrukcijas augstumu — 1,5 reizes. Šādas konstrukcijas nodrošina lielu pārseguma stingumu, vienlaikus veidojot arī jumta klāju un samazinot ēkas kopējās izmaksas.

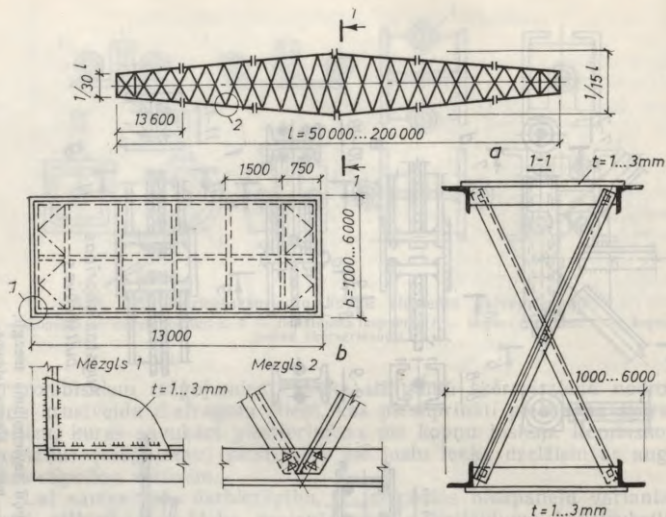
5.4. Liellaiduma tērauda rāmju konstrukcijas

5.4.1. Konstruktīvās rāmju shēmas

Tērauda rāmji ir plakanas konstrukcijas, kas sastāv no taisniem, laužtiem vai liklīniju rīģeļiem, kuri stingri piestiprināti pie vertikāli vai slīpi novietotiem rāmju statiem. Tā kā rīģeļa un stata savienojums ir stings, tad salīdzinājumā ar analogiskiem rāmjiem, kuriem ir lociklu siju vai kopņu savienojums ar kolonnām, efektīvāk tiek izmantots tērauds un ievērojami palielinās ēkas stingums. Šāda tipa rāmjus mērķtiecīgi projektēt laidumiem, kas lielāki par 60 m, bet tos var arī lietot, aizstājot kopņu un siju konstrukcijas laidumiem no 24 līdz 60 m. Pēc statiskās noturības izšķir trīslociklu, divlociklu



5.22. att. Iepriekšspriegtu koppu savienojuma mezgli;
 a, b — balsta mezgli; c, d, e, f — mezgli kopnes laiduma,



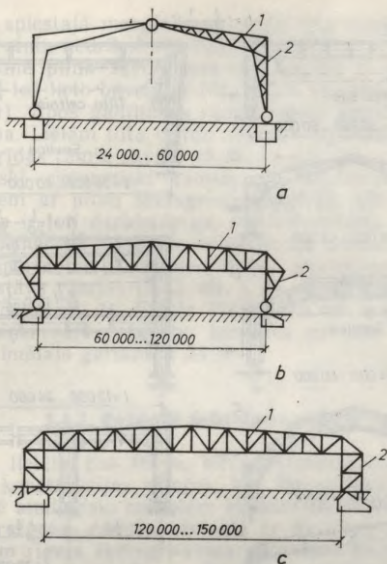
5.23. att. Liellaiduma iepriekšsaspriegta bloku tipa kopne ar lokšņu apšuvumu:
 a — kopnes montāžas elementu shēma; b — paneļa bloks.

un bezlociklu rāmjus (5.24. att.). Trīslociklu rāmjiem tērauda patērē vairāk, tāpēc tos lieto nelielam ēkas laidumam (līdz 60 m) un augstumam. Trīslociklu rāmjus ir izdevīgi lietot tad, ja tā izmēri ir tādi, ka atsevišķās puses var izgatavot rūpnīcās un transportēt uz būvlaukumu (5.24. att. a).

Divlociklu rāmjus (5.24. att. b) plašāk lieto sabiedrisko un rūpniecības ēku celtniecībā, tāpēc ka tajos pilnīgāk tiek izmantots riģeļa iespīļējums statā, kā arī tie ir mazāk jutīgi pret pamatu nevienmērīgu sēšanos.

Vīsekonomiskākie pēc tērauda patēriņa ir bezlociklu rāmji (5.24. att. c), tāpēc tos izmanto lielu laidumu (no 120 līdz 150 m) ēku pārsegumiem. Jāatzīmē, ka šāda tipa rāmji ir ļoti jutīgi pret pamatu sēšanās deformācijām un temperatūras svārstībām. Bezlociklu rāmjus ir ieteicams izmantot ēkām, kas atrodas vietās ar klinšainām vai pusklinšainām gruntīm.

Liellaiduma rāmju konstrukcijas lieto sabiedriskām ēkām un būvēm, piemēram, izstāžu paviljoniem, stadioniem un sporta zālēm. Rūpniecības ēku celtniecībā lieto šādām būvēm: aviācijas montāžas ceļiem, kuģu būves eļļiem, autoparkiem, universālām rūpniecības ēkām u. c. Ēkām ar rāmju konstrukciju ir liela arhitektūras-plānojuma «lokanība», kā arī ir iespējams atrisināt praktiski jebkuru arhitektūras, konstruktīvo, tehnoloģisko vai funkcionālo uzdevumu,

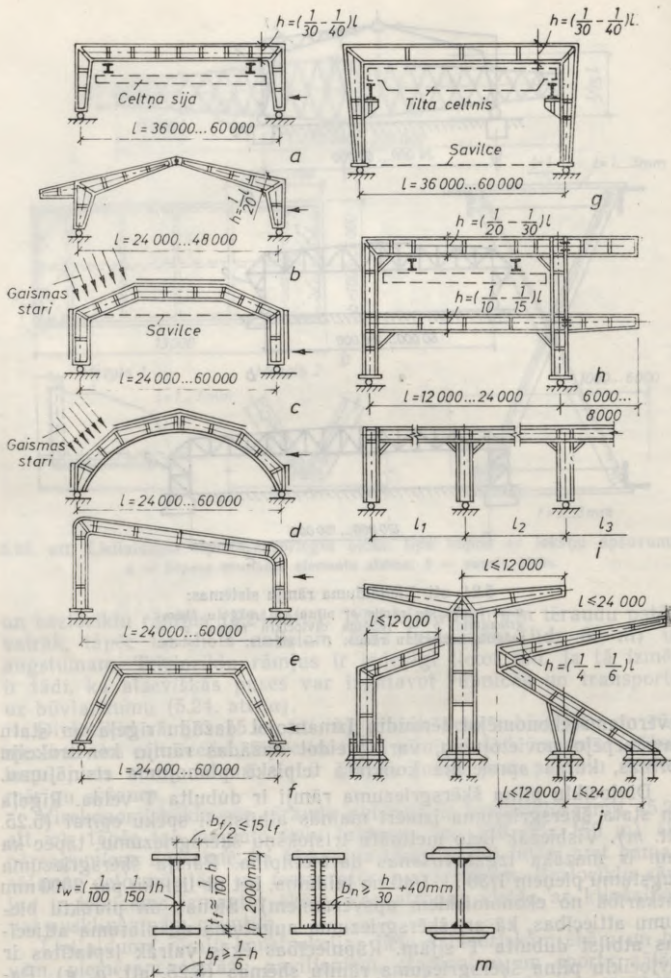


5.24. att. Liellaiduma rāmju sistēmas:

a — trislēcīklu rāmis ar pilnu vai režģotu šķērsgrīzumu; *b* — režģots divlēcīklu rāmis; *c* — režģots bezlēcīklu rāmis; 1 — rīģelis; 2 — stats.

ievērojami ekonomējot tēraudu. Izmantojot dažādu rīģeļa un statu savstarpējo novietojumu, var izveidot dažādas rāmju konstrukciju formas, kuras apmierina konkrētā telpiskā plānojuma risinājumu.

Divlēcīklu pilna šķērsgrīzuma rāmji ir dubulta T veida. Rīģeļa un stata šķērsgrīzuma izmēri mainās atbilstoši spēku epīrai (5.25. att. *m*). Visbiežāk lieto metinātu trislēcīkļu šķērsgrīzumu, tāpēc ka tam ir mazāka izgatavošanas darbietilpība. Rāmja šķērsgrīzuma augstumu pieņem $1/30 \dots 1/40$ no laiduma, bet ne lielāku par 2000 mm (atkarībā no ekonomiskiem apsvērumiem). Sienas un plauktu biežumu attiecības, kā arī šķērsgrīzuma augstuma un platuma attiecības atbilst dubulta T sijām. Rūpniecības ēkās vairāk izplatītas ir divlēcīklu pilna šķērsgrīzuma rāmju shēmas (5.25. att. *a, g*). Palielinoties laiduma lielumam līdz 60 m, ekonomiski izdevīgāk ir lietot rāmjus ar laužas konfigurācijas rīģeļi un savilci rīģeļa iespīlēšanas līmenī (5.25. att. *c*). Atkarībā no arhitektūras un ekspluatācijas prasībām rāmju rīģeļi un kolonnas var tikt novietoti zināmā slīpumā (5.25. att. *e, f*). Lai izvairītos no lielas spiedes spēku



5.25. att. Pilna šķērsriezuma rāmju konstruktīvās shēmas:

a, c, d, e, f, g — divlociklu rāmju shēmas; b — trīslociklu rāmis ar konsoli; * — divlociklu divstāvu rāmis; i — vairāklaidumu rāmis; j, k, l — konsolu tipa rāmji ar iespējumu pamatos; m — rāmju šķērsriezumu veidi.

koncentrācijas spiestajā mezgla zonā, šāda tipa rāmjos šaurie leņķi starp rīģeli un statu nedrīkst būt mazāki par 45° .

Spēku ietekmē pilna šķērsriezuma rāmjiem ir maza deformēšanās, un tādēļ tos lieto būvēm ar tilta celtni vai piekārtu transportu (5.25. att. *g, h*). Abos gadījumos rāmja rīģeļa augstums ir $1/20 \dots 1/40$ no laiduma. Lielām tilta celtnu slodzēm ($Q=25$ t) ir ieteicams paredzēt zemgrīdas rāmja savilci (5.25. att. *g*).

Labi tehniski ekonomiski rādītāji ir nepārtrauktiem vairāklaidumu rāmjiem ar pilnu šķērsriezumu (5.25. att. *i*), bet, tā kā to izgatavošana ir ļoti darbietilpīga, to izmantošanu nosaka speciālas prasības, piemēram, minimāla konstrukciju izliece u. c.

Atsevišķu sporta būvju celtniecībā bez iepriekšapskatītiem rāmjiem lieto vienstāva rāmjus (5.25. att. *j, k*) un sarežģītas konfigurācijas rāmjus (5.25. att. *l*). Rīģeļa šķērsriezuma augstumu iespējuma vietā pieņem $1/4 \dots 1/6$ no konsoles garuma (5.25. att. *l*). Konsoles maksimālais garums ir 24 m.

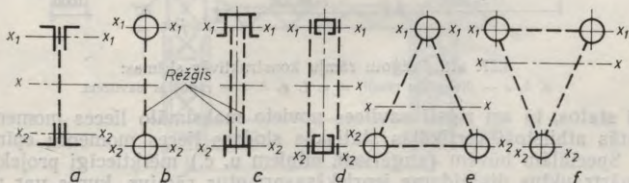
5.4.2. Režģotie liellaiduma rāmji

Ja laidums lielāks par 60 m, pilna šķērsriezuma rāmju vietā lieto režģotas konstrukcijas rāmjus, kur šķērsriezumu rīģelīm un statam projektē analogiski režģotām kopnēm (5.26. att.).

Divlocīklu režģotus rāmjus projektē ar locīklām pamata līmenī. Šādiem rāmjiem rīģeļa šķērsriezuma augstumu pieņem $1/8 \dots 1/15$ no laiduma (5.27. att. *a, b, c*). Bezlocīklu režģotiem rāmjiem ir lielāks stingums nekā divlocīklu rāmjiem, tādēļ rīģeļa augstumu var samazināt līdz $1/12 \dots 1/20$ no laiduma.

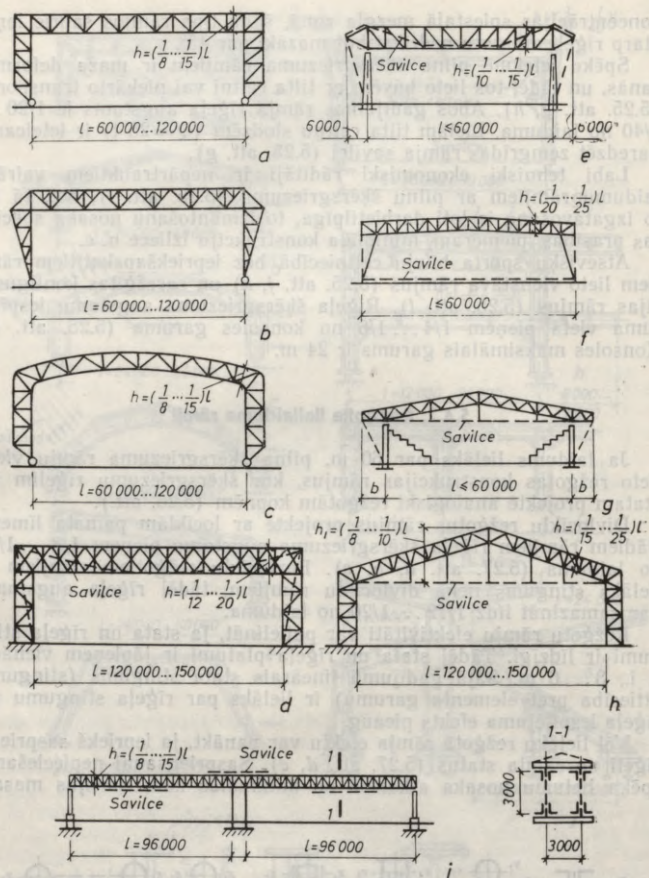
Režģotu rāmju efektivitāti var palielināt, ja stata un rīģeļa stingumi ir līdzīgi. Tādēļ stata un rīģeļa platumi ir jāpieņem vienādi, t. i., 3...6 m. Šajā gadījumā lineārais stata stingums (stinguma attiecība pret elementa garumu) ir lielāks par rīģeļa stingumu un rīģeļa iespējuma efekts pieaug.

Vēl lielāku režģotā rāmja efektu var panākt, ja iepriekš saspriedz rīģeli un rāmja status (5.27. att. *d, e*). Saspriegšanai nepieciešamo spēka lielumu nosaka atkarībā no minimālās konstrukcijas masas.



5.26. att. Režģotu rāmju šķērsriezumu veidi:

a, b, c, d — plakani režģoti šķērsriezumi; *e, f* — trīsstūra režģoti šķērsriezumi.

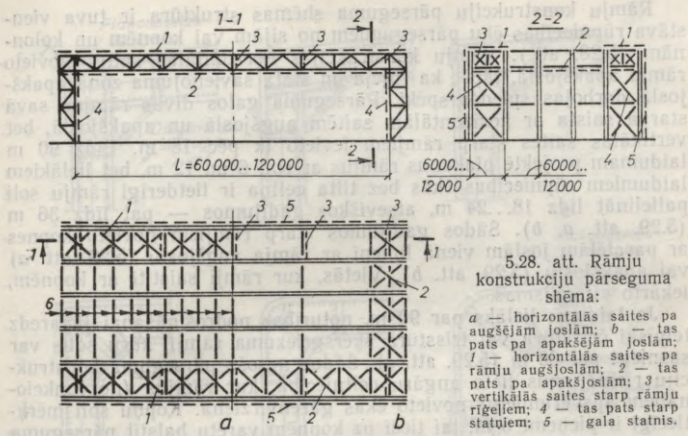


5.27. att. Režgotu rāmju konstruktīvās shēmas:

a, b, c — divlociklu rāmji; d, e, f, g, h, i — rāmji ar savilcēm.

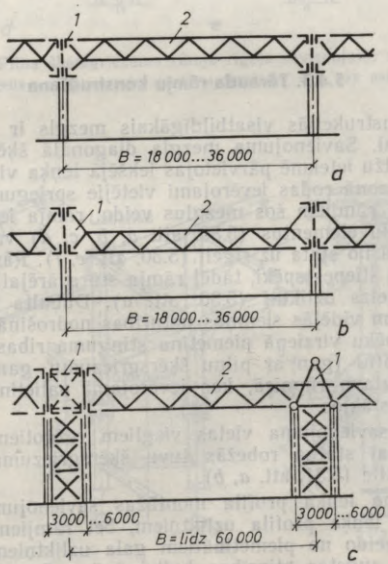
Kā statos, tā arī rīgeli savilces novieto maksimālo lieces momentu vietās atbilstoši vertikālās statiskās slodzes lieces momentu epīrai.

Speciālām būvēm (angāriem, eļļiem u. c.) mērķtiecīgi projektēt nepārtrauktus divlaiduma iepriekšsaspriegtus rāmjus, kuros var novietot lokālās taisnliniju savilces un izveidot vienkāršus rāmja mezglus (5.27. att. i).



5.28. att. Rāmju konstrukciju pārseguma shēma:

a — horizontālās saites pa augšējām joslām; *b* — tas pats pa apakšējām joslām; *1* — horizontālās saites pa rāmju augšjoslām; *2* — tas pats pa apakšjoslām; *3* — vertikālās saites starp rāmju rīģeljiem; *4* — tas pats starp statņiem; *5* — gala statnis.



5.29. att. Starp rāmjiem novietoto režģoto kopņu varianti:

a — kopnes augšjosla vienā līmenī ar rāmju augšjoslu; *b*, *c* — kopnes apakšjosla vienā līmenī ar rāmja apakšjoslu; *1* — rāmis; *2* — kopne.

Rāmju konstrukciju pārseguma shēmas struktūra ir tuva vienkāršai rūpniecības ēku pārsegumiem no sijām vai kopnēm un kolonnām (5.28. att.). Rāmju konstrukcijās horizontālās saites novietotas rāmja apakšjoslā, tāpēc ka rīģeļa un stata savienojuma zonā apakšjoslā darbojas spiedes spēki. Pārseguma galos divus rāmjus savā starpā saista ar horizontālām saitēm augšjoslā un apakšjoslā, bet vertikālās saites starp rāmjiem ievieto ik pēc 18 m. Līdz 90 m laidumam projektē plakanus rāmjus ar soli 6 un 12 m, bet lielākiem laidumiem rūpniecības ēkās bez tilta celtni ir lietderīgi rāmju soli palielināt līdz 18..24 m, atsevišķos gadījumos — pat līdz 36 m (5.29. att. a, b). Šādos gadījumos starp rāmjiem novieto kopnes ar paralēlām joslām vienā līmenī ar rāmja augšjoslu (5.29. att. a) vai apakšjoslu (5.29. att. b). Vietās, kur rāmji saistīti ar kopnēm, iekārto virsgaismas.

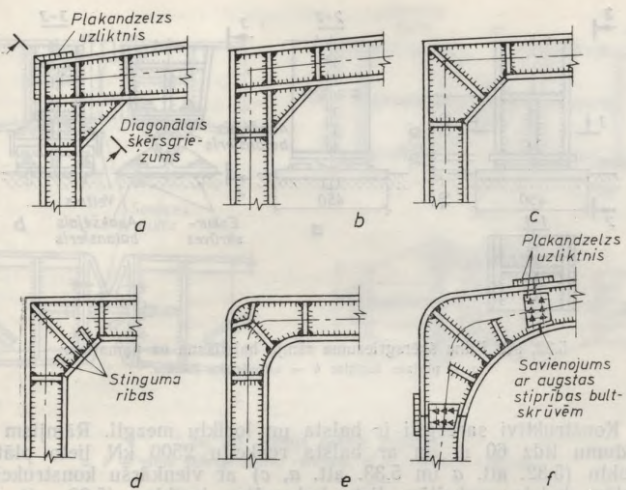
Ja laidums lielāks par 90 m, noturības nodrošināšanai jāparedz telpiski četrstūra vai trīsstūra šķēsgriezuma rāmji, kuru solis var sasniegt pat 60 m (5.29. att. c). Šādus nesošo pārseguma konstrukciju risinājumus lieto angāru celtniecībā, kur rāmjus (no funkcionāliem apsverumiem) novieto ēkas garenvirzienā. Kopņu soli mērķtiecīgi ir pieņemt 6 m, lai tieši uz kopnēm varētu balstīt pārseguma plātnes.

5.4.3. Tērauda rāmju konstruēšana

Rāmju konstrukcijās visatbildīgākais mezgls ir rīģeļa savienojums ar statni. Savienojuma mezgla diagonālā šķēsgriezumā neitrālā ass slodžu ietekmē pārvietojas iekšējā leņķa virzienā, un mezgla spiestajā zonā rodas ievērojami vietējie spriegumi. Tāpēc pilna šķēsgriezuma rāmjiem šos mezglus veido, rāmja iekšējā stūrī piemetinot papildu elementus (5.30. att. a, b, c, d) vai arī ar liektu pāreju virzienā no stata uz rīģeli (5.30. att. e, f). Rāmja stūra ārējā malā darbojas stiepes spēki, tādēļ rāmja stūra ārējai virsmai piemetina plakandzelzs uzliktņi (5.30. att. a). Dubulta T veida rāmja šķēsgriezumam vidējās sieniņas noturības nodrošināšanai abās pusēs spiedes spēku virzienā piemetina stinguma ribas. Rīģeļa savienojumu ar statni (gan ar pilnu šķēsgriezumam, gan arī režģotiem rāmjiem) izgatavo rūpnīcā, kas ievērojami palielina drošību ekspluatācijas apstākļos.

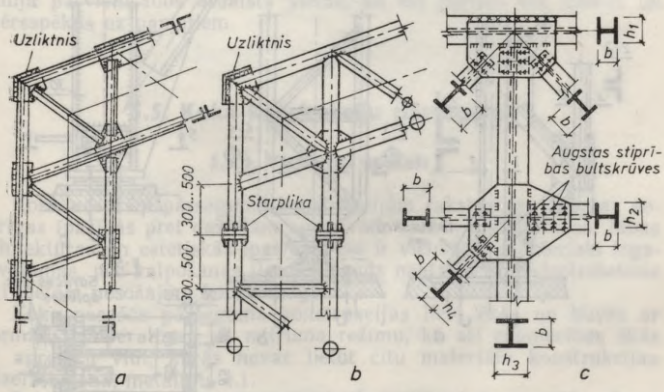
Montāžas savienojuma vietas viegliem režģotiem rāmjiem paredz rīģeļa vai statņa robežās tuvu šķēsgriezumam, kur lieces moments ir nulle (5.31. att. a, b).

Rāmjiem no leņķa profila montāžas savienojumu izveido no piemetinātiem leņķa profila uzliktņiem, bet rāmjiem no caurulēm savienojumu veido no piemetinātiem gala uzliktņiem, savā starpā savienojot ar augstas stiprības bulskrūvēm. Smagus liellaiduma rāmjus montē būvlaukumā no saliekamiem elementiem, savienojumiem lietojot augstas stiprības bulskrūves (5.31. att. c).



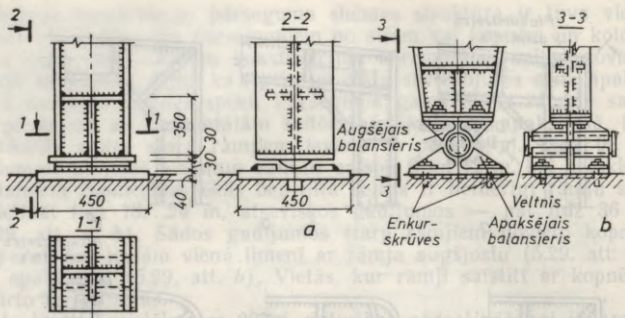
5.30. att. Pilna šķersgriezuma rāmja rīģeļa savienojumi ar statu:

a, b, c, f — rīģelis ar statu savienots platā leņķī; d, e — tas pats taisnā leņķī.



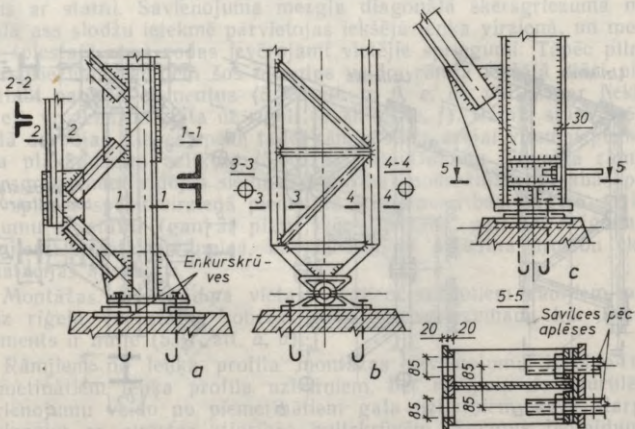
5.31. att. Režgotu rāmju rīģeļa savienojumi ar statu:

a — rāmis izveidots no leņķa profiliem; b — tas pats no caurulēm; c — tas pats no dubulta T profila.

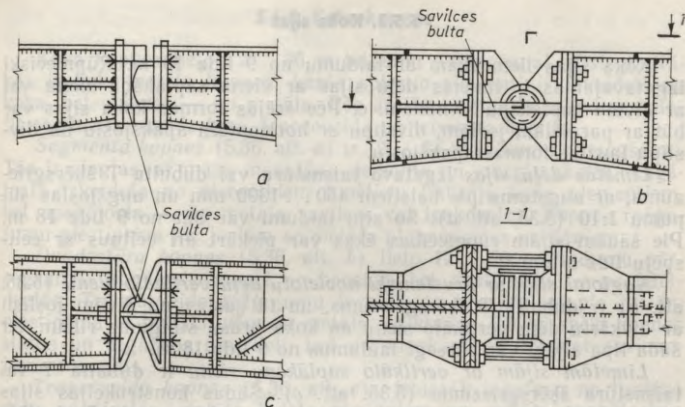


5.32. att. Pilna šķērsriezuma rāmju balstišana uz pamatiem:
 a — plātnes locikla; b — cilindriska locikla.

Konstruktīvi sarežģīti ir balsta un lociklu mezgli. Rāmjiem ar laidumu līdz 60 m un ar balsta reakciju 2500 kN lieto plātņu lociklu (5.32. att. a un 5.33. att. a, c) ar vienkāršu konstrukciju. Lielām balsta reakcijām lieto balansētas lociklas (5.32. att. b), kuras sastāv no apakšējās (pie pamata noenkurotās) un augšējās (pie rāmja piestiprinātās) balansiera plātnes, starp kurām novietots veltņis.



5.33. att. Režgotu rāmju balstišana uz pamatiem:
 a, c — plātnes locikla; b — balansējošā cilindra locikla.



5.34. att. Rāmja cekula locīklas:

a, b — pilna šķērsriezuma rāmjiem; c — režģotiem rāmjiem.

Balstu savienojuma vietās rāmju elementus pastiprina ar stinguma ribām un papildu lapām, lai vienmērīgi sadalītu koncentrēto slodzi mezglā pa visu rāmja elementa šķērsriezumu (5.34. att.). Slodzes ietekmē plātņu un balansa locīklas nodrošina nepieciešamo rāmja pārvietošanos atbalsta vietās, kā arī pārnes ass spēkus un šķērsspēkus uz pamatiem.

5.5. Koka konstrukciju pārsegumi

5.5.1. Vispārīgs apskats

Koka nesošām pārseguma konstrukcijām raksturīgas augstas noturīgas īpašības pret dažādām agresīvām vidēm, neliela masa, labas arhitektūras un estētiskās īpašības, tās ir vienkārši rūpnieciski izgatavojamas, pēc kalpošanas ilguma daudz neatpaliek no dzelzsbetona vai metāla nesošajām konstrukcijām.

Koka nesošās pārseguma konstrukcijas lieto ēkās un būvēs ar normālu temperatūras un mitruma režīmu, kā arī rūpniecības ēkās ar agresīvu vidi, kurās nevar lietot citu materiālu konstrukcijas (dzelzsbetona, metāla u. c.).

Sabiedriskajām, sporta un rūpniecības ēkām koka nesošās pārseguma konstrukcijas lieto siju, kopņu, loku un rāmju sistēmu veidā.

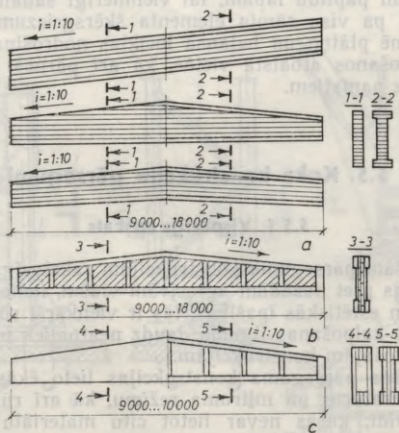
5.5.2. Koka sijas

Koka sijas lieto ēkām ar laidumu no 9 līdz 18 m. Rūpnieciski izgatavojamas ir līmētas dēļu sijas ar vienu saplākšņu sienu vai ar divām saplākšņu sienām u. c. Pēc ārējās formas koka sijas var būt ar paralēlām joslām, divslīpu ar horizontālu apakšjoslu un divslīpu lauztas formas apakšjoslu.

Līmētās dēļu sijas izgatavo taisnstūra vai dubulta T šķērsgriezuma, ar augstumu pie balstiem 450...1300 mm un augšjoslas slīpumu 1:10 (5.35. att. a). Šo siju laidumi var būt no 9 līdz 18 m. Pie šādām sijām rūpniecības ēkās var piekārt arī celtņus ar celtspēju līdz 3 tonnām.

Naglotai sijai ar krusteniski novietotu dēļu vertikālo sienu (5.35. att. b) ir dubulta T šķērsgriezums, un tā sastāv no divām joslām ar divkārtu dēļu vertikālo sienu un koka brusu stinguma ribām. Ar šāda tipa sijām var pārsegt laidumus no 9 līdz 18 m.

Līmētām sijām ar vertikālo saplākšņu sienu ir dubulta T vai taisnstūra šķērsgriezums (5.35. att. c). Šādas konstrukcijas sijas lieto sabiedriskajām, sporta un rūpniecības ēkām ar laidumu līdz 18 m. Saplākšņu savienojuma vietās, kā arī ik pēc 1/8...1/10 no laiduma novieto koka brusu stinguma ribas. Šādas konstrukcijas sijas ir vieglāk izgatavojamas, un tām ir jāpatērē mazāk kokmateriāla nekā naglotām dēļu sijām.



5.35. att. Koka pārsegumu sijas:

a — līmētas dēļu sijas (vienslīpu, divslīpu); b — naglota dēļu sija; c — līmēta vienkārtas vai divkārtu saplākšņu sija.

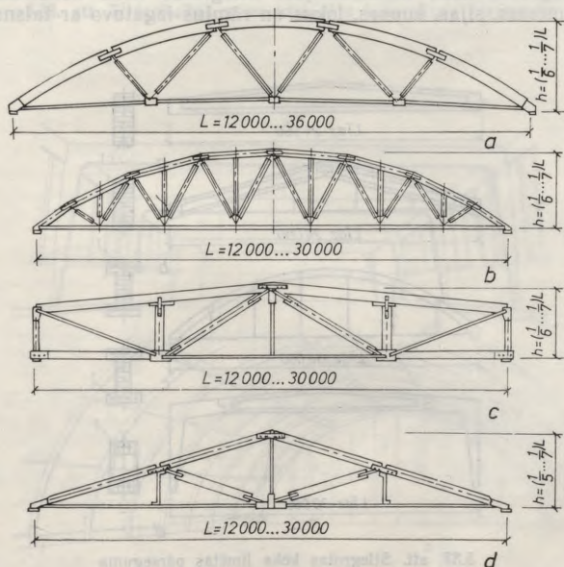
5.5.3. Koka kopnes

Koka kopnes lieto 12...36 m laidumu pārsegšanai. Visizplatītākās ir koka-metāla kopnes, kurās spiestie elementi ir izveidoti no koka, bet stieptie — no metāla. Pēc ārējās formas kopnes var iedalīt segmenta, daudzstūra, trapecveida un trīsstūra kopnēs.

Segmenta kopnes (5.36. att. a) ir 12...36 m laidumu pārsegšanai. Tās ir vieglas, ar mazu montāžas elementu un mezglu skaitu. Augšjosla izveidota no atsevišķiem līmētiem likliniju koka elementiem, bet apakšjosla — no metāla savilces vai leņķdzelzs. Kopnes režģojumu piestiprina pie joslām ar metāla plakandzelzs uzliktņiem.

Daudzstūra kopnes (5.36. att. b) lieto 12...30 m laidumu pārsegšanai. Augšjoslu montē no brusām, bet apakšjoslu — no leņķdzelzs. Trīsstūrveida režģojumu izveido no brusām un pie joslām piestiprina ar bultskrūvēm un metāla uzliktņiem. Tā kā spēki kopnes statos un atgāžņos nav lieli, tad arī vienkārši ir izveidot savienojuma mezglus.

Trapecveida kopnes (5.36. att. c) visbiežāk izgatavo no līmētas dēļu augšjoslas, metāla balsta atgāžņiem un metāla apakšjoslas.



5.36. att. Koka-metāla kopnes:

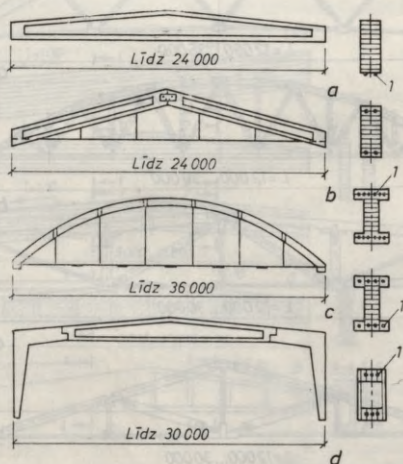
a — segmenta; b — daudzstūra; c — trapecveida; d — trīsstūra.

Sādas kopnes lieto 12...30 m laidumu pārsegšanai. Kopnei ir trīsstūra veida režģojums. Vidējos atgāžņus un status izgatavo no koka brusām.

Trīsstūra kopnes (5.36. att. d) lieto 12...30 m laidumu pārsegšanai. Augšjoslu izgatavo no līmētiem dēļu blokiem, bet apakšjoslu — no leņķdzelzs vai apaļdzelzs. Mezglus izveido no metāla plakandzelzs uzliktņiem un bultskrūvēm.

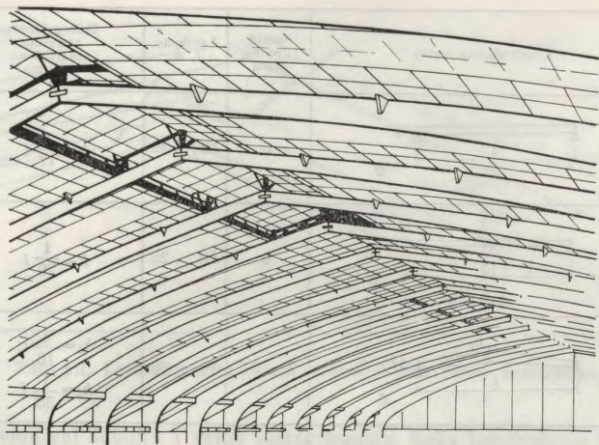
5.5.4. Stiegotas koka konstrukcijas, loki un rāmji

Koka nesošo konstrukciju nestspēju un stingumu var palielināt, ja lieto stiegrošanu (5.37. att.). Ja stiegrošanas koeficients ir 0,01...0,04, tad koka siju nestspēja un stingums palielinās 1,6...3,2 reizes. Bez tam stiegotas koka konstrukcijas ir vieglas, laika gaitā maz deformējas, drošākas, kā arī tās var izgatavot no zemākas šķiras kokmateriāla. Koka elementus kopnēm un rāmjiem stiegro, izmantojot tērauda vai stiklplasta stiegrojumu. Stiegras un koksni savieno ar epoksīda līmi. Lai aizsargātu tērauda stiegras no korozijas, tās novieto starp koka elementiem. Var izgatavot arī iepriekšsaprīgtas stiegotas koka konstrukcijas. Stiegotas koka konstrukcijas, kā, piemēram, sijas, kopnes, lokus un rāmjus izgatavo ar taisnstūra,

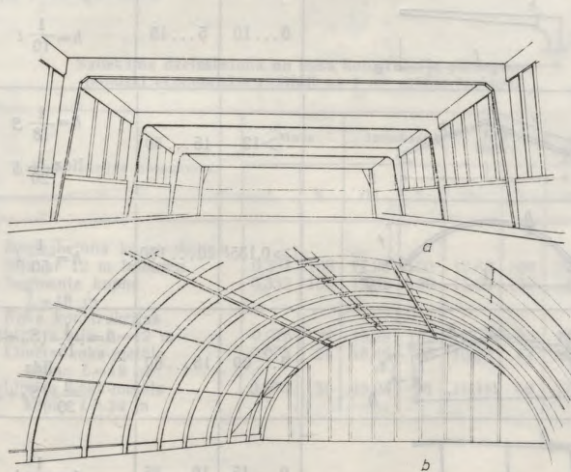


5.37. att. Stiegotas koka līmētas pārseguma konstrukcijas:

a — sija; b — spraišļu sija; c — loks; d — rāmis;
1 — stiegras.

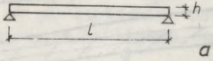
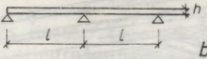
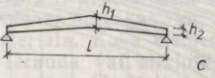
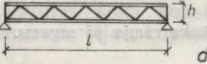
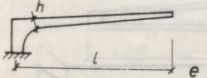
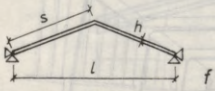
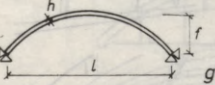
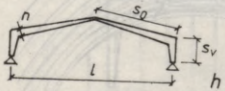
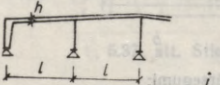


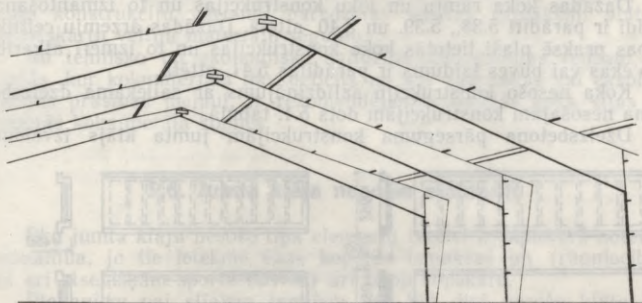
5.38. att. Tirdzniecības zāles trīslociklu koka rāmja pārsegums.



5.39. att. Tenisa kortu pārsegumi:

a — līmēts koka rāmis; *b* — trīslociklu koka arka.

Konstrukcijas veids	Jumta slīpums, grādi	Laidums l , m	Sķēsgriezuma augstums atkarībā no laiduma
	0	10...30	$h = \frac{1}{17} l$
	0	10...25	$h = \frac{1}{20} l$
	3...15	10...30	$h_1 = \frac{1}{16} l$; $h_2 = \frac{1}{30} l$
	0	30...60	$h = \frac{1}{13} l$
	0...10	5...15	$h = \frac{1}{10} l$
	>12	15...50	$h = \frac{1}{18} S$ līdz $\frac{1}{20} S$
	$f \geq 0,135l$	20...100	$h = \frac{1}{50} l$
	0...60	15...60	$h = \frac{1}{15} (S_o + S_u)$ līdz $\frac{1}{20} (S_o + S_u)$
	0...15	10...25	$h = \frac{1}{20} l$



5.40. att. Lauksaimniecības ēkas trīslēcīklu koka rāmja konstrukcija.

T veida vai dubulta T veida šķērsgriezumu. Koka konstrukciju lokus un rāmjus var lietot sabiedrisko, sporta būvju, lauksaimniecības un rūpniecības ēku jumta pārseguma nesošo konstrukciju izveidošanai. PSRS un ārzemju celtniecības praksē ar mežiem bagātos rajonos plaši lieto koka lokus un rāmjus dažādu tirdzniecības, sporta u. c. būvju pārsegumiem.

5.1. tabula

Saliekama dzelzsbetona un koka konstrukciju pārsegumu tehniski ekonomiskie rādītāji uz 1 m² grīdas laukuma

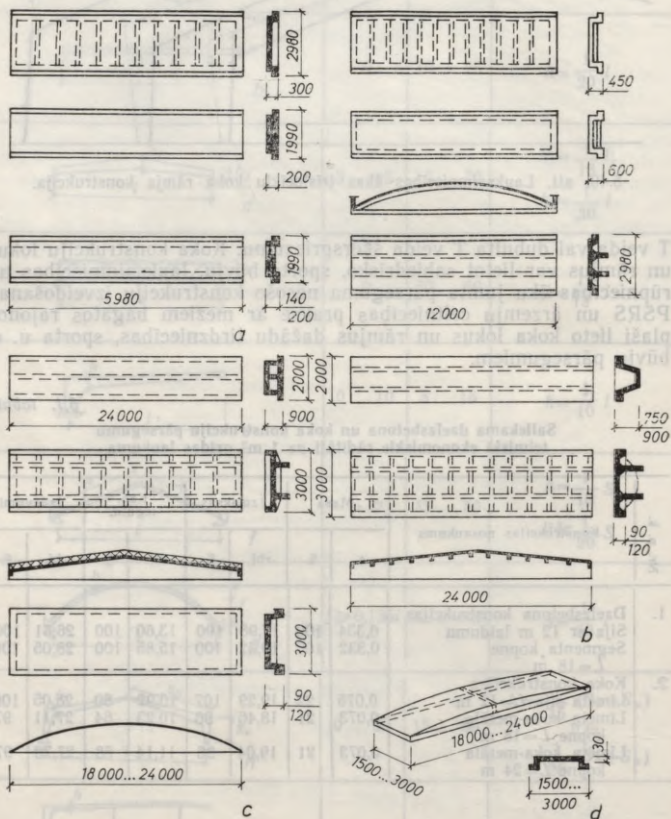
Nr. p. k.	Konstrukcijas nosaukums	Masa		Izmaksas		Kap. ieguld.		Izdevumi	
		t	%	rbļ.	%	rbļ.	%	rbļ.	%
1.	Dzelzsbetona konstrukcijas	0,334	100	17,98	100	13,60	100	26,51	100
	Sija ar 12 m laidumu Segmenta kopne L = 18 m	0,332	100	19,32	100	15,85	100	28,05	100
2.	Koka konstrukcijas								
	Limēta sija L = 12 m	0,075	22	19,29	107	10,92	80	28,05	106
	Limēta koka-metāla kopne L = 18 m	0,073	21	18,46	96	10,23	64	27,11	97
	Limēta koka-metāla kopne L = 24 m	0,073	21	19,04	96	11,14	68	27,78	97

← 5.41. att. Ārzemēs lietoto koka pārseguma konstrukciju veidi un galvenie izmēri:
a — limēta vienlaiduma sija; *b* — limēta vairāklaidumu sija; *c* — limēta sija ar pacēlumu;
d — kopne ar paralēlām joslām; *e* — rāmis ar iespīcējumu balstā; *f*, *g* — arkas; *h* — trīslēcīklu rāmis; *i* — rāmis ar vidējiem balstiem.

Dažādas koka rāmju un loku konstrukcijas un to izmantošanas veidi ir parādīti 5.38., 5.39. un 5.40. attēlā. Dažādas ārzemju celtniecības praksē plaši lietotās koka konstrukcijas un to izmēri atkarībā no ēkas vai būves laiduma ir parādītas 5.41. attēlā.

Koka nesošo konstrukciju salīdzinājums ar saliekama dzelzsbetona nesošajām konstrukcijām dots 5.1. tabulā.

Dzelzsbetona pārseguma konstrukcijām jumta klājs izveidots



5.42. att. Jumta nesošo plātņu veidi:

a — ribotas dzelzsbetona un vieglbetona pilna šķērsgriezuma plātnes; b — tas pats 12 m laidumiem (KZS un 2T tipa); c — tas pats 18 un 24 m laidumiem («Dinakor», kastveida, dobtas un 2T tipa); d — tas pats KZS tipa.

no dzelzsbetona plātnēm ar trīskārtu veltņu materiālu segumu, bet koka konstrukciju variantā paredzētas limētas saplākšņu plātnes ar trīskārtu veltņu materiālu segumu.

No tehnisko un ekonomisko salīdzinājumu tabulas redzam, ka vietās, kur kokmateriāls nav deficīts un kur ražošanas vai ekspluatācijas prasības pieļauj, ir rekomendējamas limētas koka sijas un limētas koka-metāla kopnes.

5.6. Jumta klāja nesošie elementi

Ēku jumta klāju nesošo tipa elementu izvēlei ir jāpievērš noteikta uzmanība, jo tie ietekmē ēkas kopējās izmaksas un (rūpniecības, kā arī atsevišķām sporta būvēm) arī telpu kopskatu.

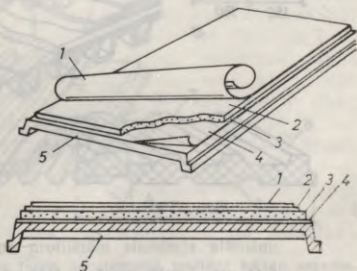
Plakaniem vai slīpiem jumtiem var būt divi nesošo klāju varianti: ar kopturiem, uz kuriem balstās neliela izmēra ($l=1500\dots 3000$ mm) plātnes, un bez kopturiem, kuru plātnes balstās tieši uz pārseguma nesošajām konstrukcijām (sijām, kopnēm u. c.). Pēdējā variantā ir ievērojami mazāks elementu skaits, mazāka darbietilpība un celtniecības-montāžas darbu izmaksas.

5.6.1. Jumta klājs no saliekamām dzelzsbetona plātnēm

Masveida neapkurināmo ēku celtniecībā jumta nesošo klāju iekārtošanai bieži lieto iepriekšsaspriegtas ribotas plātnes ar garumu 6 un 12 m un platumu 3 m (retāk 1,5 m; 5.42. att. a, c). Mazāks materiāla patēriņš un montāžas darbietilpība ir, ja lieto lielizmēra 3×12 m plātnes.

Apkurināmām ēkām ar nesošo konstrukciju soli 6 m lieto plātnes no šūnu betona vai kāda cita vieglbetona (5.42. att. a). Ievērojami var samazināt jumta nesošā klāja masu, lietojot plānsienu lokveida plātnes ar laidumu 18 un 24 m (5.42. att. d). Mūsdienās rūpniecības un sabiedrisko ēku celtniecībā ar asu tīklu 12×18 m lieto ribotas 2T, «Dinakor» tipa plātnes, kā arī dobtas plātnes (5.42. att. c).

Līdz minimumam būvlaukumā var samazināt darbu operācijas, ja lieto kompleksās plātnes (5.43. att.). Šīs plātnes rūpniecā izgatavo ar tvaika, siltuma un jumta hidroizolācijas seguma kārtām. Būvlaukumā tikai starp plātnēm ir jānoblivē šuves un jāuzber aizsargkārtā.



5.43. att. Kompleksa plātne:

- 1 — hidroizolācija; 2 — izlīdzinošā kārtā;
3 — siltuma izolācija; 4 — tvaika izolācija;
5 — dzelzsbetona vai vieglbetona plātne.

5.6.2. Jumta klājs no nesošām profilētām tērauda plātnēm

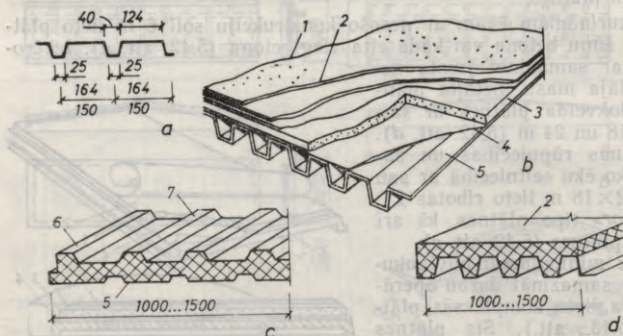
Pirmo reizi šāda tipa jumta klājs tika iekārtots Volgas automobiļu rūpnīcā ar kopējo jumta platību 700 tūkst. m² (5.44. att.). Dažāda profila plātnes izgatavo no 0,8...1,0 mm biežām tērauda loksņēm ar ribu augstumu 60...80, plātņu platumu 1250 un garumu līdz 12 m. Plātnes balsta uz kopturiem vai tieši uz nesošām jumta pārseguma konstrukcijām (sijām, kopnēm u. c.). Šādu plātņu lietošana par 25...40% samazina izgatavošanas un montāžas darbietilpību.

5.6.3. Jumta klājs no nesošām alumīnija un azbestcements loksņēm

Neapkurināmu ēku jumta nesošo klāju var izveidot arī no viļņotām alumīnija loksņēm (5.45. att.), kuras balsta uz U profila kopturiem (5.45. att. b, c).

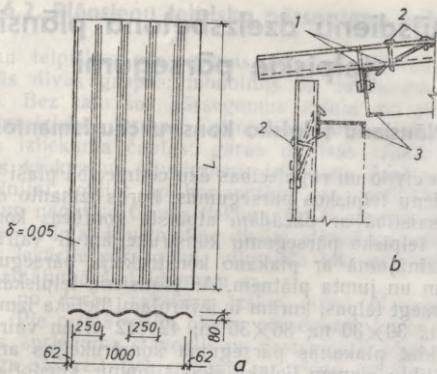
Siltā jumta nesošo klāju izveido no profilētām alumīnija loksņēm (5.46. att.). Šāda tipa klājus nosedz ar veltņu materiālu hidroizolācijas segumu. Vēdināmiem siltajiem jumtiem segumu izveido no profilētām alumīnija loksņēm (5.46. att. b).

Jumta nesošo klāju, galvenokārt neapkurināmām ēkām, var izveidot arī no pastiprināta profila azbestcementsa viļņotām loksņēm, kuras balsta uz iepriekšaspriektiem dzelzsbetona kopturiem. Šādi jumta nesošie klāji ir viegli, rūpnieciski izgatavojami un ekonomiski. Lai ekspluatācijas laikā mitruma ietekmē loksnes nedeformētos, tās pirms noklāšanas no abām pusēm jānokrāso ar alumīnija-bituma krāsu.

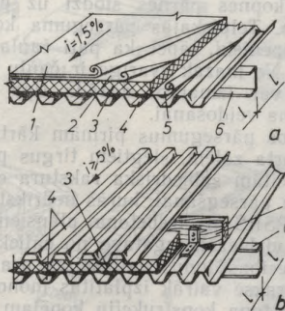


5.44 att. Jumta nesošais klājs no profilētām tērauda plātnēm:

a — plātnes profils; b — klāja konstrukcijas kopskats; c — triskārtu panelis; d — divkārtu panelis; 1 — aizsargkārtā; 2 — hidroizolācijas kārtā; 3 — cietā siltuma izolācija; 4 — ruberoīds; 5 — profilēta tērauda plātnē; 6 — putuplasts; 7 — augšējā profilēta tērauda plātnē.



5.45. att. Jumta klājs no viļņotām alumīnija plātnēm:
 a — plātnē; b — plātņu piespīrināšanas detaļa; 1 — fasona enkurs; 2 — bulstskrūves;
 3 — U profila kopturis.



5.46. att. Silta jumta klājs no profilētām alumīnija plātnēm:
 a — veltņu materiālu jumts; b — vīdināms jumts no alumīnija profilēta lokšņu seguma;
 1, 2 — staniolizols un ruberoids bituma mastikā; 3 — cieta plātņu siltuma izolācija;
 4 — profilētas alumīnija plātnes; 5 — tvaika izolācija; 6 — kopturis; 7 — koka brusa
 100×40.

6. Mūsdienu dzelzsbetona plānsienu telpiskie pārsegumi

6.1. Plānsienu telpisko konstrukciju izmantošana

Mūsdienu civilo un rūpniecības ēku celtniecībā plaši lieto dzelzsbetona plānsienu telpiskos pārsegumus, kuros izmanto dažādas formas čaulas saistībā ar dažādām atbalsta kontūras konstrukcijām.

Plānsienu telpisko pārsegumu konstrukcijām ir vairākas priekšrocības salīdzinājumā ar plakano konstrukciju pārsegumiem, t. i., sijām, kopnēm un jumta plātnēm. Ar plānsienu telpiskām konstrukcijām var pārsegt telpas, kurām ir ievērojami lielāka izmēra kolonnu asu tīkls, t. i., 30×30 m; 36×36 m; 42×42 m un vairāk, nekā ar kopnēm. Turklāt plakanās pārseguma konstrukcijas ar palielinātu kolonnu asu tīklu aizņem lielāku ēkas tilpumu, kļūstot sarežģītākas un dārgākas.

Materiālu patēriņš telpiskām plānsienu pārseguma konstrukcijām ir par 25...40% mazāks nekā plakano konstrukciju elementu pārsegumiem. Tā kā celtniecībā dzelzsbetona plakanās konstrukcijas (sijas, rīģeli, plātnes) tiek izgatavotas un montētas ar rūpnieciskām metodēm, plānsienu telpiskās čaulu konstrukcijas izmantošana katrā atsevišķā gadījumā ir tehniski ekonomiski jāpamato. Telpiskajiem plānsienu pārsegumiem ir mazāka masa (kas ir ļoti svarīgi lieliem laidumiem), kā arī tie izpilda norobežojošās un nesošās funkcijas.

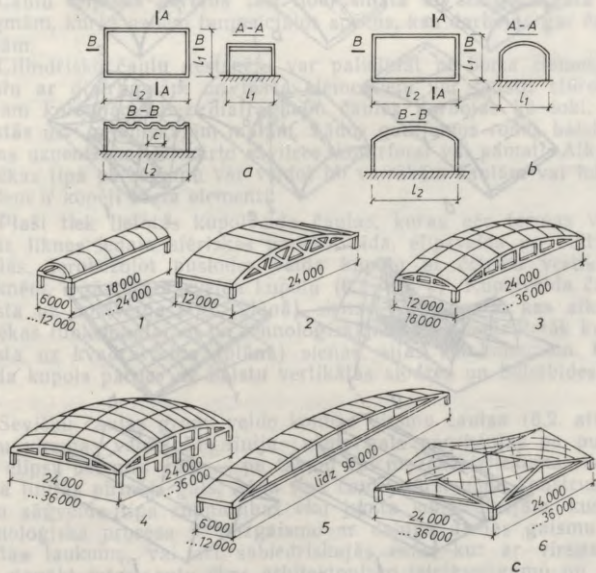
Plakanu elementu pārsegumos slodze uz pamatni tiek pārnesta vairākās pakāpēs, piemēram, sniega slodzi vispirms uzņem pārseguma plātnes, tad kopnes pārnes slodzi uz pakopnēm un tikai tad — uz kolonnām. Telpiskajās pārseguma konstrukcijās slodze netiek pārnesta pakāpeniski, tāpēc ka pati čaula uzņem un pārnes slodzi uz kolonnām. Ne mazāk svarīga ir čaulu ģeometrisko formu daudzveidība, kuru var izmantot dažāda tipa ēku arhitektoniski telpiskā izteiksmīguma veidošanai.

Plānsienu telpiskos pārsegumus pirmām kārtām lieto šāda tipa ēkām: angāriem, sporta zālēm, slēgtiem tirgus paviljoniem, izstāžu zālēm, stacijām un citām sabiedriska rakstura celtnēm, kā arī dažādu rūpniecības ēku pārsegšanai, kurās nedrīkst būt iekšējie starpbalsti (kolonnas). PSRS dzelzsbetona plānsienu telpiskās pārseguma konstrukcijas visbiežāk izgatavo no saliekamiem elementiem, jo tas atbilst celtniecības industrializācijas prasībām, turpretī ārzemju celtniecības praksē vairāk izplatītas monolitās konstrukcijas, kuras atbilst dzelzsbetona konstrukciju kopējam ražošanas veidam. Jāatzīmē, ka, neskatoties uz iepriekšminētajām priekšrocībām, gan ekonomiskajā, gan arī arhitektūras estētiskajā ziņā plānsienu telpiskās dzelzsbetona konstrukcijas mūsu zemē izmanto maz, un tādēļ turpmāk gan inženieriem celtniekiem, gan arī arhitektiem jāpievērš lielāka uzmanība šādu konstrukciju izstrādāšanai un izmantošanai dažādu ēku un būvju celtniecībā.

6.2. Plānsienu telpisko pārsegumu veidi

Plānsienu telpiskos pārsegumus pēc izgatavošanas veida var iedalīt šādās divās grupās: monolītos un saliekama dzelzsbetona pārsegumos. Bez tam šos pārsegumus iedala arī pēc tās čaulas virsmas ģeometriskās formas. Celtniecības praksē visizplatītākās ir vienvirziena izliekuma čaulas: garas un īsas cilindriskas čaulas; prizmatiskās krokas un divvirzīņu izliekuma čaulas, kuru forma izveidota, līnijai rotējot ap horizontālo vai vertikālo asi; čaulas ar pozitīvu un negatīvu Gausa liekumu un taisnstūra plānu; čaulas, kuru virsma veidota, krustojoties divām sfēriskām virsmām (saliktās čaulas); iekārtie pārsegumi; viļņveida loki ar mazu viļņa augstumu salīdzinājumā ar laidumu u. c.

Atkarībā no darba rakstura izšķir divus plānsienu telpiskos pārsegumus. Pie pirmā veida pieder pārsegumi, kuros pārvietojumi, deformācijas, sprieguma stāvoklis un nestspēja kopējai slodzei (pašmasai, sniega slodzei) tiek noteikta ar vienu izmēru plānā. Tie ir

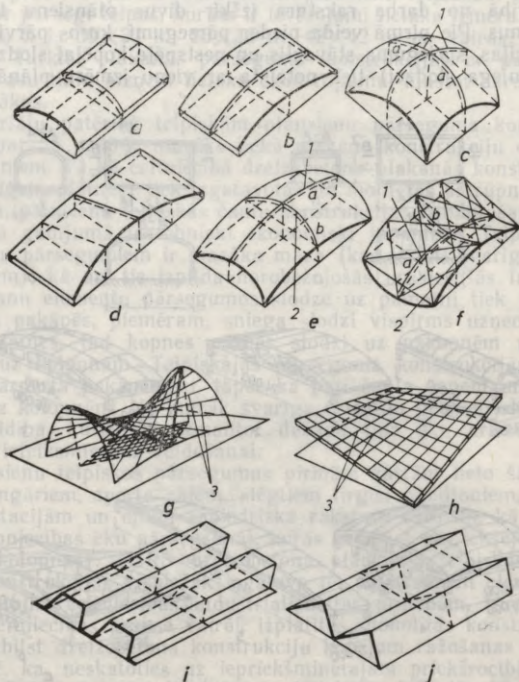


6.1. att. Čaulu pamatformas un izplatītākie saliekama dzelzsbetona čaulu pārsegumi:

a — daudzkroku pārsegumi; *b* — dubultizliekuma čaula; *c* — saliekamas dzelzsbetona čaulas; 1 — gara cilindriskā čaula; 2 — īsa cilindriskā čaula; 3 — dubultizliekuma čaula; 4 — lēzena Gausa izliekuma čaula; 5 — viļņota velves čaula; 6 — hiperboliska-paraboloīdas formas čaula.

daudzvilņu loki un krokas ar mazu vilņa garuma c un laiduma l attiecību (6.1. att. *a*). Šāda tipa pārsegumos visas krokas vai vilņi zem vienmērīgi izkļiedētas slodzes izliecas vienādi, kas liecina par vienādu sprieguma stāvokli. Katra kroka vai vilnis šādam pārsegumam (izņemot galējos) var tikt aprēķināts atsevišķi kā sija ar atbilstošu plānsienu šķērsriezuma formu, platumu c un laidumu l . Ja šāda tipa pārsegums izveidots kā krokots vai vilņots loks ar savilci, tad katra kroka vai vilnis var tikt apskatīts kā atsevišķs loks ar loka platumu c un laidumu l .

Pie otrā veida pieder tādi pārsegumi, kuros pārvietojumi, deformācijas, sprieguma stāvoklis un nestspēja kopējai slodzei ir atkarīgi no diviem izmēriem plānā l_1 un l_2 (6.1. att. *b*). Pie šiem



6.2. Cauļu pārsegumu formu izplatītākie veidi:

a — gara cilindriskā čaula; *b* — īsa cilindriskā čaula; *c* — kupolveida čaula; *d* — konusveida čaula; *e* — paraboloidāla čaula; *f* — hiperboliska čaula; *g, h* — hiperboliskā-paraboloidas čaula; *i, j* — krokveida čaulas; *1* — liklīniju veidule (*a*); *2* — liklīniju veidule (*b*); *3* — taisnlīniju veidules.

pārsegumiem pieder visas pārējās čaulu formas ar vienu vai divu rādīšu izliekumu, iekārtie un citi čaulu pārsegumi.

Sādās čaulās ārējā vienmērīgi izkliedētā slodze rada savstarpēji līdzsvarotus normālpēkus un šķērsspēkus, bet nerada lieces momentu. Čaulas līdzsvara stāvoklis tiek nodrošināts ar atbilstošu izliekumu, kuru var salīdzināt ar uzstieptu membrānu.

Pat lielos laidumos čaulas nav biezas (30...100 mm), tāpēc ka betons čaulās galvenokārt darbojas spiedē. Atšķirībā no plakano konstrukciju sistēmas čaulās ārējo spēku ietekmē izveidojas telpiskais sprieguma stāvoklis, tāpēc tās ir arī ekonomiskākas. Projektējot čaulas, nepieciešams izvairīties no koncentrētu slodžu ietekmes, lai čaulās nedarbotos lieces moments un nebūtu ievērojami jāpalielina čaulas biezums.

Visvienkāršākās ir cilindriskās čaulas, un tās iedala garās un īsās čaulās (6.2. att. a, b). Čaula ir īsa, ja tās platums l_2 (viļņa garums) attiecībā pret laidumu l_1 (attālums starp gala diafragnām) ir no 1 līdz 1,5, t. i., $l_1/l_2 \leq 1 \dots 1,5$, bet gara —, ja šī attiecība ir (l_1/l_2) lielāka par 1,5, t. i., $l_1/l_2 > 1,5$.

Čaulu telpiskā darbība tiek nodrošināta ar stingām gala diafragnām, kuras uzņem tangenciālos spēkus, kas darbojas gar čaulas malām.

Cilindrisko čaulu nestspēju var palielināt ar borta elementiem. Čaulu ar diafragnām un borta elementiem var balstīt stūros uz četrām kolonnām. Bez diafragnām čaulas darbojas kā loki, kuri balstās uz gareniskajām malām. Šādos gadījumos rodas balstbīde, kuras uzņemšanai jāiekārto savilces, kontrforsī vai pamati. Atkarībā no ēkas tipa pārsegumu var veidot no vairākām čaulām vai lokiem, kuriem ir kopēji borta elementi.

Plaši tiek lietotas kupolveida čaulas, kuras pēc formas veidojošās liknes iedala sfēriskās parabolveida, elipsveida un bultveida čaulās. Ierobežojot puslodes veida kupolu ar četrām vertikālām plaknēm, iegūstam būrveida kupolu (6.2. att. c). Kupolveida čaulas balsta uz apaļveida siju (plānā) sienas vai pamata, kas atkarīgs no ēkas funkcionālajām un tehnoloģiskajām prasībām. Retāk kupolu balsta uz kvadrātveida (plānā) sienas, sijas vai kolonnām. Čaulveida kupols pārnēs uz balstu vertikālas slodzes un balstbīdes spēkus.

Sevišķu čaulas grupu veido konusa virsmu čaulas (6.2. att. d), kuru virsmas veidojošās līnijas viens gals pārvietojas pa pusapli vai elipsi, bet otrs gals — pa taisnu vai mazāka izliekuma rādīšu nekā līnijas pirmais gals. Šāda tipa čaulu pārseguma konstrukcijas lieto zāģveida tipa rūpniecības ēku jumta konstrukcijām, kur pēc tehnoloģiskā procesa ir jāizgaismo ar dabīgo dienas gaismu viss grīdas laukums, vai arī sabiedriskajās ēkās, kur ar virsgaismu var panākt interesantu ēkas arhitektonisko izteiksmīgumu un telpu izgaismošanu. Čaulas ar dubultizliekumu, kurās abi virsmas veidojošie rādīsu centri atrodas virsmas vienā pusē, sauc par paraboloidām čaulām (6.2. att. e), bet hiperboloidām čaulām rādīsu centri atrodas abās čaulas virsmas pusēs (6.2. att. f). Šīm abām

**Tehniski ekonomiskie rādītāji
pārsegumiem no plakaniem un telpiskiem elementiem**

Nr. p. k.	Pārseguma konstrukcijas apraksts (sastāvs)	Kolonnu tikls, m	Materiālu patēriņš uz 1 m ² pārseguma			
			betons		tērauds	
			bie- zums	%	kg	%
1.	Segmenta kopne un 3×12 m pārseguma plātne	12×24	11,4	100	15,1	100
2.	No cilindriskām garām čaulām (6.2. att. a)	12×24	7,9	69	12,9	85
3.	No cilindriskām īsām čaulām (6.2. att. b)	12×24	8,6	75	10,8	72
4.	No būrveida kupola čaulām (6.2. att. c)	24×24	7,4	65	8,9	59
5.	No paraboloidām čaulām (6.2. att. e)	12×24	7,9	69	8,5	56
6.	No hiperboloīdām čaulām (6.2. att. f)	12×24	7,1	62	11,9	79
7.	No hiperbolas paraboloida čaulām (6.2. att. g)	24×24	7,3	64	8,2	54
8.	No hiperbolas paraboloida čaulām	24×24	6,0	53	8,1	54

čaulām virsmu veidojošās liknes ir ar dažādiem liekuma rādiusiem. Dubultizliekuma virsmas ir arī hiperboliskā paraboloida čaulai (6.2. att. g), kurai virsmu veido divas slīpi viena pret otru vērstas taisnlīniju veidules, pārvietojoties pa parabolu.

Ēku pārsegumus var veidot arī, ja hiperboliskā paraboloida virsmu ierobežo četras taisnlīniju malas. Tādējādi šāda tipa pārsegumus var sadalīt kvadrātveida elementos (6.2. att. h). Praktiski šādu čaulu samontē no vienāda tipa plātnēm. Tā kā čaulai ir izliekums, tad nelielo starpību starp atsevišķām plātnēm kompensē ar dažāda platuma šuvēm starp plātnēm, kuras monolitizē (aizbetonē) montāžas laikā.

Hiperboliskā paraboloida čaulas lieto ēku pārsegumiem ar kvadrātveida vai taisnstūra kolonnu asu tīklu.

Krokotu pārsegumu čaulas (6.2. att. i, j) sastāv no monolīti savā starpā savienotām plakanām plānsieniņu plātnēm, kuras novietotas noteiktā leņķī un balstās uz diafragmām.

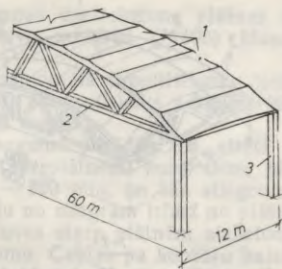
Salīdzinājumam 6.1. tabulā ir doti tehniski ekonomiskie rādītāji pārsegumiem no plakaniem elementiem un pārsegumiem no telpiskiem plānsieniņu elementiem.

No tabulā dotajiem tehniski ekonomiskajiem rādītājiem redzam, ka neatkarīgi no čaulu formas tām patērē ievērojami mazāk betona (31...47%) un tērauda (15...46%). Neraugoties uz šo ekonomiju, čaulu pārseguma konstrukcijas celtniecības praksē ieviešas samērā lēni. Tas izskaidrojams ar to, ka inventārieveidņu izgatavošana no

metāla ir dārga, bet stiklplasta ievaidņi vēl nav pietiekoši plaši ieviesti dzelzsbetona rūpniecās. Turpmākās celtniecības attīstības un pilnveidošanas uzdevums ir ieviest masveida ražošanā plānsienu telpiskas pārsegumu konstrukcijas.

Tālāk apskatītas celtniecībā lietotās plānsienu pārseguma konstrukcijas.

Pārsegums ar 60 m laidumu, kas sastāv no kopnes ar parabolisku augšjoslu (betons B50 (M 500)) un lokveida plātnēm ar 12 m laidumu (betons B30 (M 300)), ir parādīts 6.3. attēlā. Kopnes samontē no atsevišķiem elementiem un pēc mezgla samonolitizēšanas darba stiegras uzspriedz. Kopnes augšjosla ir izlaisti stiegru gali, bet plātņu galos ir paredzēti izgriezumi. Pēc kopņu un plātņu uzliedamo detaļu sametināšanas šuves aizbetonē, tādējādi iesaistot pārseguma plātnes kopnes augšjoslas darbā.

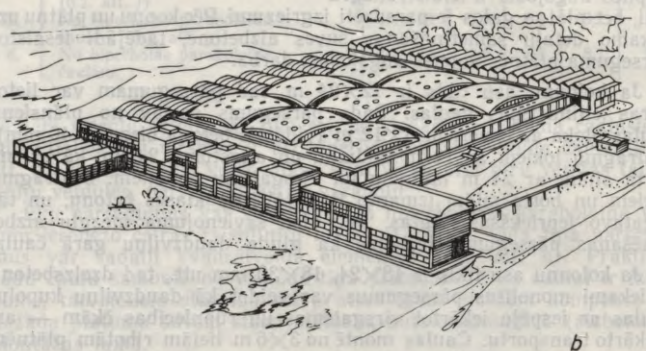
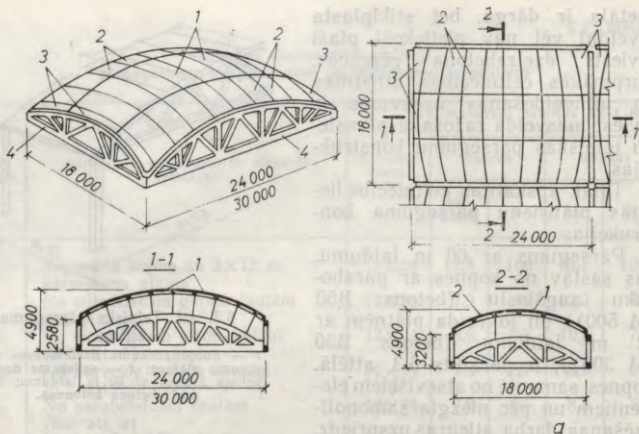


6.3. att. Telpiska pārseguma shēma:

1 — dubultizliekuma dzelzsbetona pārseguma plātnes; 2 — saliekama dzelzsbetona kopnes ar 60 m laidumu; 3 — dzelzsbetona kolonnas.

Ja kolonnu asu tīkls ir 12×24 m, tad pārsegumam var lietot garas cilindriskās čaulas. Šāds pārsegums sastāv no plānsienu čaulas bloka ar izmēriem 5×12 m (vidējais betona biežums 40 mm), diafragmu lokiem ar 12 m laidumu un augstumu 2,3 m, kā arī no borta sijām ar 24 m laidumu un virsgaismu paneļiem. Diafragmu lokiem un borta sijām izmanto B40 (M 400) klases betonu, un tās izgatavo iepriekšsasprietas. Pēc visu savienojuma mezglu aizbetonēšanas pārsegums darbojas kā gluda daudzvīļu garā čaula.

Ja kolonnu asu tīkls ir 18×24 , 18×30 mm utt., tad dzelzsbetona saliekami monolītus pārsegumus var veidot kā daudzvīļu kupolučaulas ar iespēju iekārtot virsgaismas un rūpniecības ēkām — arī piekārtu transportu. Čaulas montē no 3×6 m lielām ribotām plātnēm un kontūras kopnēm, kuras novietotas pārseguma visās četrās malās un balstās uz stūra kolonnām (6.4. att. a). Pārsegumu plātnes (diafragmu) kopnēm piemetina ar uzliedamām detaļām. Šuves starp plātnēm aizbetonē, bet spraugas starp atsevišķām čaulām aizbetonē tikai pie balstiem 3...4 m garumā. Tas nepieciešams, lai nodrošinātu diafragmu kopņu horizontālo pārvietošanos, jo katra čaula ir aprēķināta kā brīvi stāvoša čaula. Monolītas dzelzsbetona kupolveida čaulas ir izmantotas gumijas izstrādājumu rūpniecībai Anglijā (6.4. att. b). Galvenais korpuss pārsegts ar deviņām $18,6 \times 25,5$ m lielām, 2,4 m augstām un 75 mm biežām čaulām, kuras balstās uz četriem dzelzsbetona lokiem. Starp čaulām ir pārsegums no plātnēm, kuras balstās uz loku savilcēm un ir saistītas ar tām. Kupolos (6.4. att. b) paredzēta zenīta tipa virsgaismas ar 1,8 m diametru.



6.4. att. Telpiski kupolveida čaulu pārsegumi:

a — ar izmēriem plānā 18×24 un 18×30 m; *b* — ar izmēriem plānā 18,6×25,5 m; 1 — vidējās plātnes; 2 — kontūras plātnes; 3 — nepilnas malējās plātnes; 4 — kontūras atbalsta kopnes-diafragmas.

Saliekama dzelzsbetona dubultliekuma čaula ar 100 m laidumu ir parādīta 6.5. attēlā *a*. Čaula sastāv no 13 sekcijām, kuru platumu ir 7,5 m, un divām iepriekšsaspriegtām savilcēm. Katras sekcijas izmēri 7,5×8,36 m ar vidējo biezumu 60 mm. Sekcijas malās ir ribas, bet diafragmas izveidotas sekciju galos. Savilces novietotas zem čaulas ribām. Savilces sastāv no 8,07 m gariem betona blokiem, kuriem katrā pusē ir 6 gropes un gropēs ievietoti stieņu kūļi. Savilce piekārtā pie čaulas ar metāla piekariem. Čaulas izvietota ar

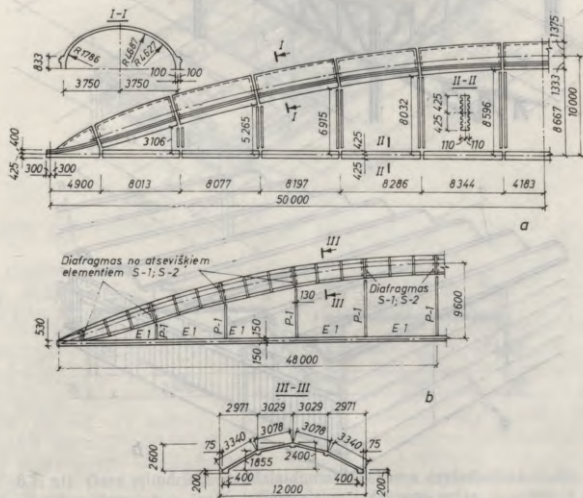
2,5 m atstarpēm, kurās novieto plakanas dzelzsbetona plātnes ar stikla blokiem. Čaulu sekcijas izgatavo no B40 (M400) klases betona.

No taisnstūrveida ribotām plātnēm samontēta dubultliekuma čaula parādīta 6.5. attēlā *b*. Sis risinājums ir ekonomiskāks nekā iepriekšējais, jo mazāk ir jāizmanto betons un metāls.

Hiperbolas paraboļoīda čaulu pārsegums parādīts 6.6. attēlā *a*. Pārsegums izveidots no 3×3 m ribotām plātnēm, kuru sienu biežums ir 35...40 mm, ribu augstums — 120 mm, un tās stiegro ar 6...10 mm diametra stiegru sietu. Daļu no stiegrām izlaiž no plātņu galiem un savstarpēji sametina, bet šuves starp plātnēm aizbetonē, tā iegūstot konstrukcijas kopējo stingumu. Čaulas pa kontūru balsta uz kopnēm vai sijām ar 12...36 m laidumu. Horizontālos spēkus uzņem dzelzsbetona savilces, kuras novietotas pa čaulas diagonālēm.

Saliekama dzelzsbetona trapecveida kroku-čaulu pārseguma konstrukcija parādīta 6.6. attēlā *b*. Krokas balstās uz sijām ar trapecveida robotu augšjoslu, kuras savukārt balstās uz kolonnām. Kolonnas asu tīkls ēkām ar šāda tipa pārsegumiem var būt 6×6 līdz 6×30 m.

Saliekama iepriekšsaspriegta dzelzsbetona garā čaula ar izmēriem plānā 24×12 m parādīta 6.7. attēlā. Pie čaulas savilcēm piekārtas 3×6 m dzelzsbetona plātnes, kuras veido griestus. Bēniņu

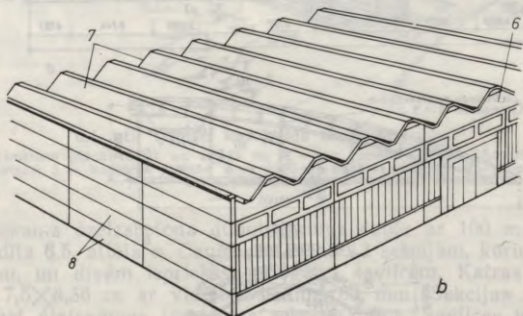
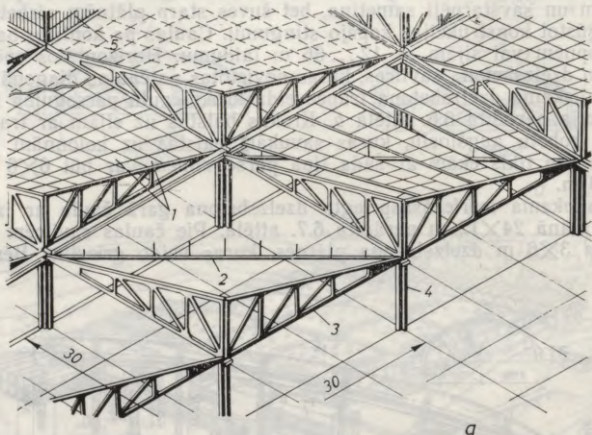


6.5. att. Saliekamas dzelzsbetona dubultizliekuma čaulas:

a — čaula ar 100 m laidumu; *b* — čaula no taisnstūrveida ribotām plātnēm ar 96 m laidumu.

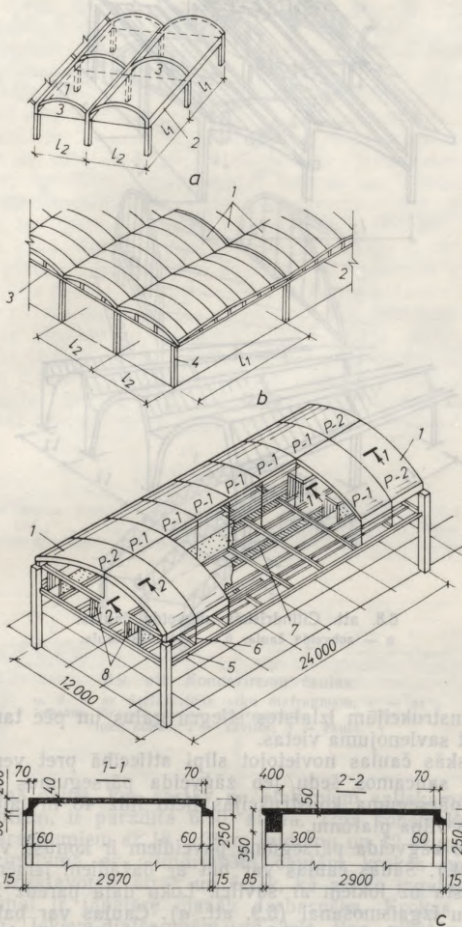
telpā izvieto gaisa vēdināšanas vadus un apgaismošanas sistēmas. Čaula sastāv no divu tipu 16 izliektām plātnēm ar izmēriem 3×6 m, bet var arī lietot izliektas plātnes ar izmēriem 3×12 m. Čaulas gala izliekto plātņu biezums ir 50 mm ar borta ribu izmēriem 350×300 mm, bet vidējo izliekto plātņu biezums — 40 mm ar 250×60 mm ribām pa plātnes perimetru (6.7. att.).

Izliektās plātnes balsta uz iepriekšsaprīgtiem dzelzsbetona siju tipa borta elementiem. Lai visi čaulas elementi ārējo spēku ietekmē darbotos kopīgi, tie stingri jāsavieno savā starpā. To panāk, same-



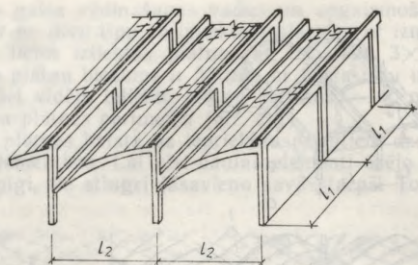
6.6. att. Čaulu pārsegumu tipi:

a — hiperboliskā-paraboloīdas čaula; *b* — saliekama dzelzsbetona pārsegumi; 1 — plātnes; 2 — savilce; 3 — kopnes; 4 — kolonnas; 5 — stiklojums; 6 — atbalsta sija; 7 — saliekamas dzelzsbetona krokas; 8 — sienas panelis.

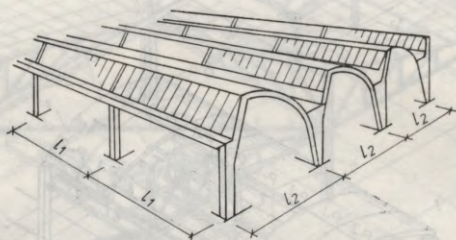


6.7. att. Gara cilindriskā daudzslaidumu saliekama dzelzsbetona čaula:

a — konstruktīvā shēma; b — čaulas izliktu plātņu sadalījums joslās; c — vienas sekcijas kopskats; 1 — izliktie paneļi; 2 — borta elements; 3 — diafragma; 4 — kolonna; 5 — piekārtie griesti; 6 — piekares; 7 — gaismas ķermeņi; 8 — gaisa vadi.



a



b

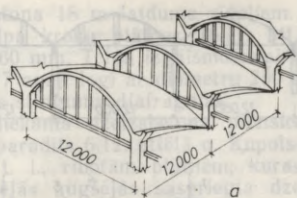
6.8. att. Cilindriskās zāgveida čaulas:
a — zobveida čaula; b — zāgveida čaula.

tinot no konstrukcijām izlaistos stiegru galus un pēc tam monolīti aizbetonējot savienojuma vietas.

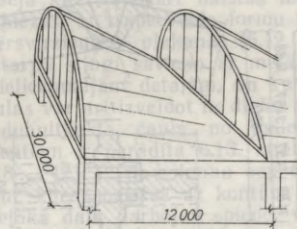
Cilindriskās čaulas novietojot slīpi attiecībā pret vertikāli, var izveidot tā saucamos šedu jeb zāgveida pārsegumus (6.8. att.). Šāda tipa pārseguma konstrukcijas lieto līdz 48 m laidumiem ar 12 m čaulas viļņa platumu.

Viens no zāgveida pārseguma paveidiem ir konusa virsmu čaulas (6.9. att.). Šādas čaulas var būt ar dažādiem izmēriem plānā. Čaulas balsta uz lokiem ar savilci. Loku daļā paredz logus zemčaulas telpu izgaismošanai (6.9. att. a). Čaulas var balstīt arī uz tērauda lokveida kopnēm (6.9. att. a). Šāda tipa čaulas galvenokārt darbojas šķērsvirziena spiedē. Čaulas galos darbojošies spēki tiek pārnesti uz stingrības diafragmu (loku vai kopni) un tālāk — uz kolonnām. Koniskās čaulas var būt vienviļņa vai vairākviļņu.

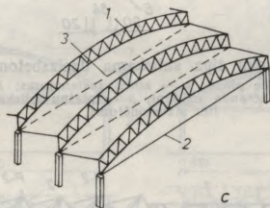
Atkarībā no telpu izgaismošanas prasības var būt līdz 12 m lieli laidumi ar čaulas viļņa garumu līdz 90 m.



a



b



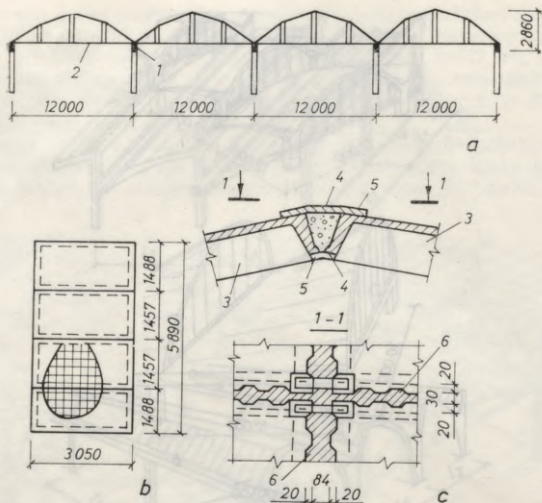
c

6.9. att. Konusvirsmu čaulas:

a, b — ar dzelzsbetona arku diafragmām; c — ar liektām tērauda kopņu diafragmām; 1 — tērauda loku kopne; 2 — savilce; 3 — čaula.

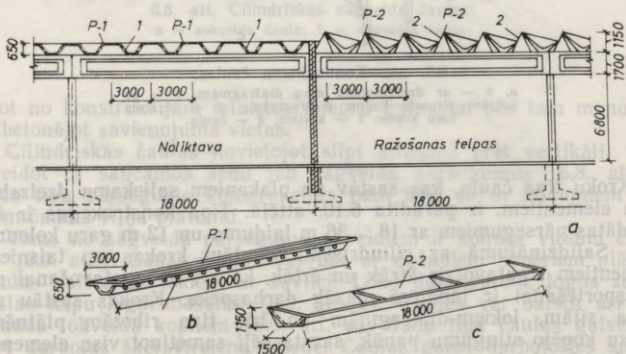
Kroku tipa čaula, kas sastāv no plakaniem saliekama dzelzsbetona elementiem, ir parādīta 6.10. attēlā. Tipa konstrukcijas ir izstrādātas pārsegumiem ar 18...36 m laidumu un 12 m garu kolonnu soli. Salīdzinājumā ar cilindriskām čaulām kromas no taisniem elementiem izgatavot ir ātrāk un ērtāk, kā arī to izgatavošanai un transportēšanai ir jāpatērē mazāk darbaspēka. Krokas sastāv no borta sijām, lokiem-diafragmām un trīs tipa ribotām plātnēm. Kroku kopējo stingumu panāk, savstarpēji sametinot visu elementu uzliekamās detaļas un pēc tam visas šuves monolīti aizbetonējot.

Šāda tipa konstrukciju izmantošanas piemērs celtniecībā ir pārsegums pārtikas rūpnīcai Itālijā (6.11. att.). Pārsegums (ar izmēriem plānā 18×18 m) sastāv no krokveida 3×18 m plātnēm, kuras



6.10. att. Kroku tipa saliekama dzelzsbetona čaula:

a — šķērsriezums; *b* — plātne plānā; *c* — kores savienojums; 1 — borta elements; 2 — diafragma; 3 — plātne; 4 — tērauda uzliktņi; 5 — plātņu ielikamās detaļas; 6 — monolīts aizbetonējums.



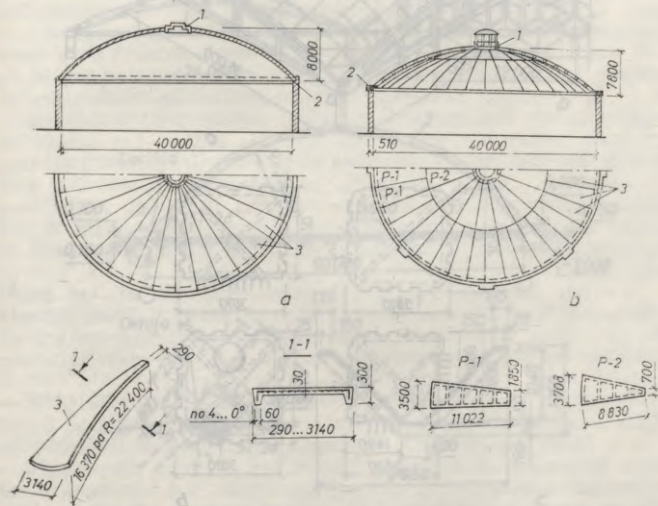
6.11. att. Kroku tipa saliekama dzelzsbetona čaulu pārsegums galvenajam pārtikas rūpnīcas korpusam (Itālija):

P-1 — kroku elements virs noliktavas; *P-2* — kroku elements virs ražošanas telpām; 1 — apaļi loģi; 2 — slīpais stiklojums.

balsta uz dzelzsbetona 18 m laiduma riģeļiem. Pārsegumam ir izmantotas divas tipa kroku plātnes (6.11. att. *b*). Kroku plātņu sienas biezums ir 60 mm. Telpu izgaismošanai katrā plātnes slīpajā sienā ir izveidoti 17 apaļi logi ar diametru 250 mm. Kroku elementu galos ir paredzētas stinguma diafragmas.

Kupolveida saliekama dzelzsbetona plānsieniņu pārsegums ar diametru 40 m ir parādīts 6.12. attēlā *a*. Kupols sastāv no 32 radiāliem elementiem, t. i., ribotām plātnēm, kuras balstās uz ārējās apakšējās un vidējās augšējās saspriegta dzelzsbetona gredzena veida sijas. Apakšējā sija savukārt balstās uz kolonnām. Kupola plātnes ir 30 mm biezas, ar trapecveida formu plānā, garenvirzienā ir izliektas, bet šķērsvirzienā — plakanas (6.12. att. *b*).

Plātnes savā starpā stingi savieno ar metāla uzliktņiem, kuros piemetina plātņu ieliekamajām detaļām, un spraugas monolīti aizbetonē. Kupola čaulas var arī izveidot no divām plātnēm (6.12. att. *b*). Lēzena pozitīvi dubultliekta čaula no saliekamiem unificētiem dzelzsbetona elementiem ir parādīta 6.13. attēlā. Šāda tipa pārsegumus lieto 18×18...42×42 m kolonnu asu tīklam. Čaula sastāv no ribotām plātnēm, kuras balstās uz kontūru kopnēm, lokiem vai sienām. Čaulas lielākā daļa darbojas spiedē, vērā ņemami stiepes spēki ir tikai čaulas stūros. Čaulu montē no kvadrātveida (3×3 m)

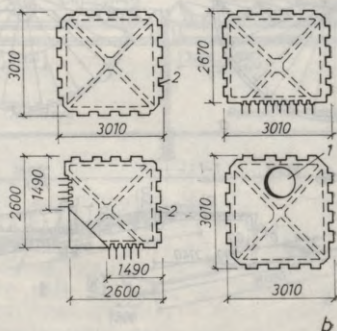
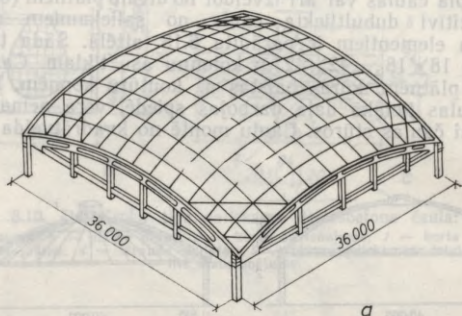


6.12. att. Saliekama dzelzsbetona kupols:

a — no radiāliem ribotiem saliekama dzelzsbetona elementiem; *b* — no divās joslās novietotiem trapecveida elementiem; 1 — augšējais atbalsta gredzens; 2 — apakšējā atbalsta sija; 3 — kupola elementi.

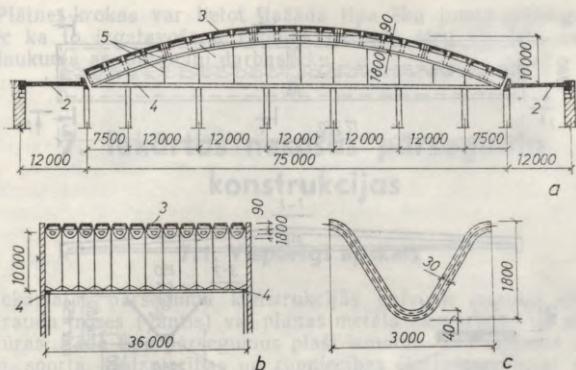
vai taisnstūra (3×6 m) plātnēm. Pa čaulas kontūru novieto plātnes ar borta ribām. Vidējo plātņu biezums ir 30...50 mm ar diagonālām 200 mm augstām ribām (6.13. att. b). Plātnēs virsgaismu ierīkošanai var paredzēt atvērumus. Stingu savienojumu plātnēm ar kopnes augšjoslu panāk, sametinot no plātnēm un kopnes izlaisto stiegrojumu un pēc tam šuves monolīti aizbetonējot. Blakusesošas čaulas balsta uz kontūras kopni, kurai ir divas atsevišķas augšjoslas un režģojums, bet viena kopēja apakšjosla.

Plānsienu velves lieto lielu ($l \geq 100$ m) laidumu pārsegumiem. Šīm pārseguma konstrukcijām balstos darbojas bīdes spēki, kurus uzņem savilces. Izplatītas ir mucveida velves, kā arī viļņotās velves no saliekamiem dzelzsbetona elementiem.



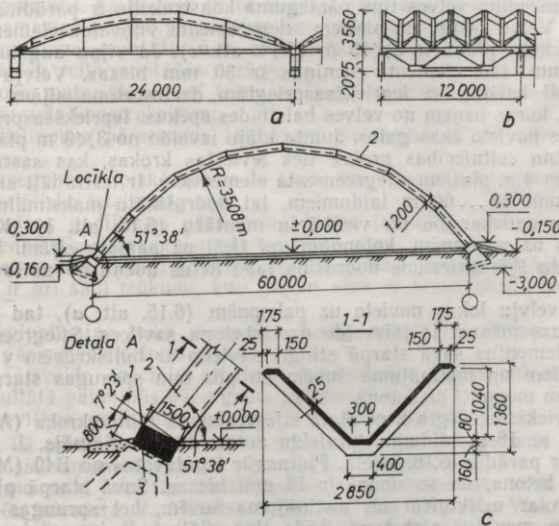
6.13. att. Lēzena dubultizliekuma saliekama dzelzsbetona čaula no 3×3 m plātnēm:

a — kopskats; b — plātņu tipi; 1 — atvērumi virsgaismas iekārtošanai; 2 — rievojums monolītu stingu šuvju izveidošanai starp plātnēm.



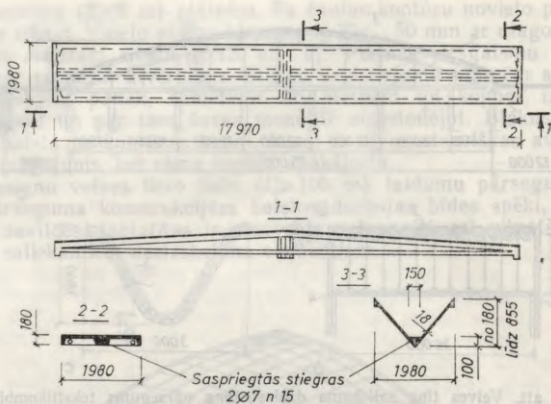
6.14. att. Velves tipa saliekama dzelzsbetona pārsegums tekstilkombināta ražošanas korpusam Krasnojarskā;

α — šķērsriezums; b — garengriezums; c — loka elementa šķērsriezums; 1 — stiegcementa loka elements; 2 — horizontālas iepriekšaspriegtas dzelzsbetona balsta sijas; 3 — pārseguma plātnes; 4 — savilce; 5 — iekares.



6.15. att. Lokveida kroka, kas sastāv no stiegcementa elementiem;

α — šķērsriezums krokai ar 24 m laidumu; b — garengriezums krokai ar 24 m laidumu; c — šķērsriezums krokai ar 60 m laidumu; 1 — pamatu sija; 2 — krokas elements; 3 — metālisks gumijas paliktnis.



6.16. att. Stiegrcements panelis-kroka APO—18×2.

Plānsieniņu velves tipa pārseguma konstrukcija ir parādīta 6.14. attēlā. Velve sastāv no pieciem stiegrcementsa viļņveida elementiem, kuru izmēri plānā ir 3×15 m (6.14. att. c). Ja viļņu augstums ir 1800 mm, tad elementa sienīgas ir 30 mm biezas. Velvju gala elementi balstās uz iepriekšsaspriegtām dzelzsbetona sijām (6.14. att. a), kuras uzņem no velves balstbīdes spēkus. Iepriekšsaspriegtās savilces novieto ēkas galos. Jumta klāju izveido no 3×3 m plātnēm. Mūsdienų celtniecības praksē tiek ieviestas krokas, kas sastāv no taisniem 3 m platiem stiegrcementsa elementiem. Ir izstrādāti arī tipa risinājumi 18...60 m laidumiem, lai nodrošinātu maksimālu pārsegumu saliekamību un vienkāršu montāžu (6.15. att. b). Krokas balstās uz pakopnēm, kolonnām vai tieši uz pamatu sijām. Kroku elementu šķērsriezums nodrošina labu lietuvu ūdeņu novadīšanu no jumta.

Ja velvju lokus novieto uz pakopnēm (6.15. att. a), tad balstbīdes uzņemšanai ir jāizveido dzelzsbetona savilces. Stiegrcementsa loku elementus savā starpā stingri savieno ar bultskrūvēm vai arī uzliktņiem un metinājuma šuvēm un pēc tam spraugas starp elementiem monolīti aizbetonē.

Iepriekšsaspriegta 2 m plata stiegrcementsa plātne-kroka (ARO—18×2) ar 18 m laidumu (projekta autori doc. A. Kalnājs, J. Sutka u. c.) ir parādīta 6.16. attēlā. Plātnes ir izgatavotas no B40 (M 400) klases betona, un to sienas ir 18 mm biezas. Savā starpā plātnes savieno ar uzliktņiem un metinājuma šuvēm, bet spraugas starp plātnēm monolīti aizbetonē. Šāda tipa plātnes ir izmantotas Bulduru sovhoztehnikuma govju kūts pārsegumam. Tā kā plātņu izgatavošanai izmanto smalkgraudainu betonu ar lielu blīvumu, jumta segums nav jāveido no veltnu materiāliem.

Plātnes-krokas var lietot dažāda tipa ēku jumta pārsegumiem, tāpēc ka to izgatavošana rūpnīcā garantē ātru un ērtu montāžu būvlaukumā ar minimālu darbaspēku.

7. Iekārtas nesošās pārseguma konstrukcijas

7.1. Vispārīgs apskats

Iekārtajās pārseguma konstrukcijās galvenie nesošie elementi ir tērauda troses (vantis) vai plānas metāla membrānas un atbalsta kontūras. Šāda tipa pārsegumus plaši izmanto liela laiduma sabiedrisko, sporta, tirdzniecības un rūpniecības ēku pārsegšanai (sporta zālēm, cirkiem, tirgus paviljoniem, lidostām, garāžām u. c.).

Vanšu pārsegumu konstrukcijām salīdzinājumā ar tradicionālajām tērauda pārseguma konstrukcijām ir šādas priekšrocības:

stieptajos pārseguma elementos efektīvi tiek izmantots viss vanšu šķērsgriezums, kā arī var lietot augstas stiprības tēraudu, kas savukārt samazinā nesošo pārseguma konstrukcijas masu;

pārseguma montāžā nav nepieciešamas sastatnes, tādējādi ir vienkāršāk veikt montāžas darbus;

vanšu materiāli ir ērti transportējami salīdzinājumā ar kopnēm u. c. tērauda konstrukcijām;

palielinoties pārseguma laidumam, samazinās 1 m^2 pārseguma izmaksa;

pārsegumu telpiskā forma ir tāda, ka ir iespējams paaugstināt ēkas estētisko izteiksmīgumu;

daudzos gadījumos pārseguma forma labvēlīgi ietekmē akustikas, redzamības un izgaismošanas risinājumu.

Neraugoties uz šīm priekšrocībām, iekārtām pārseguma konstrukcijām ir arī šādi trūkumi, kuri jāņem vērā šo konstrukciju ekspluatācijā:

ekspluatācijas laikā mainoties vanšu sākotnējai formai, notiek lielas pārseguma deformācijas;

ir jāizveido speciāla atbalsta konstrukcija vanšu enkurošanai, tā rezultātā palielinās pārseguma pašizmaksa;

atsevišķos gadījumos no jumta ir grūti novadīt lietus ūdeņus.

Tā kā priekšrocību ir vairāk nekā trūkumu, visā pasaulē arvien vairāk sāk izmantot iekārtās pārseguma konstrukcijas.

Pirmo reizi iekārtās konstrukcijas tika izmantotas 1896. gadā, kad pēc inženiera V. Suhovska projekta tika uzbūvēts Viskrievijas mākslas un rūpniecības izstādes paviljons Nižņijnovgorodā. Pēc tam ilgu laiku netika izmantotas iekārtās pārseguma konstrukcijas, tādēļ tās vēl nav pietiekoši izpētītas un trūkst noteiktu aplēses metožu. 1952. gadā pēc arhitekta A. Novicka projekta tika uzcelta



7.1. att. Sporta zāle (ASV, 1952. g.).

sporta zāle (97×92 m) ar ortogonālu vanšu sieta pārsegumu, kas noenkurots divos slīpos dzelzsbetona parabolas veida lokos (7.1. att.). Šāda iekārto pārsegumu konstrukcija un forma plaši tika izmantota sabiedrisko ēku pārsegšanai (koncertzāle «Ukraina» Harkovā, dziesmu svētku estrāde Tallinā, vasaras kinoteātris Baku u. c.).

Ar elipsveida plāna formu iekārtās pārseguma konstrukcijas (7.2. att.) vēlāk lietoja cirka ēku pārsegšanai Kuibiševā, Novosibirskā, Doņeckā u. c. Mūsdienās jau ir daudz dažādu šādu pārseguma konstrukciju variantu ar lielu izteiksmīgumu un oriģinālu arhitektonisko risinājumu.

Literatūrā ir daudz priekšlikumu par šo pārsegumu klasificēšanu, ņemot vērā virsmas ģeometriju, formu plānā, vanšu konstruktīvo shēmu, pārseguma klāja materiālu, stinguma nodrošināšanas veidu u. c.

Tā kā visas iekārtās pārseguma konstrukcijas sastāv no laiduma un atbalsta kontūras, šīs pārseguma konstrukcijas mērķtiecīgi ir iedalīt šādi pēc konstruktīvajām un statiskajām īpatnībām: iekārtas čaulas, vanšu pārsegumi, iekārtas kopnes un sijas, membrānas un kombinētas sistēmas.

Turpmāk tiek dots īss konstrukciju apraksts.

Iekārtas čaulas iegūst, liekot uz vantīm dzelzsbetona, stiegrota cementa vai keramzītbetona plātnes, kuras šuvju vietās (lai nodrošinātu stingumu) savstarpēji un kopā ar vantīm monolīti aizbetonē. Visu pārsegumu kopā ar vantīm var veidot arī monolītā betonā.

Pēc konstruktīvā risinājuma visas iekārtās čaulas ir vienjoslas (stieptās) sistēmas ar plakanu atbalsta kontūru. Šādās pārseguma konstrukcijās vantis novieto paralēli vai radiāli.



7.2. att. Izstāžu zāle Karlsruē (VFR, 1953. g.).

Vanšu pārseguma stingumu iegūst, veidojot divjoslu vanšu sistēmu, kas sastāv no nesošām un savelkošām vantīm. Vanšu sietam ir Gausa negatīvā liekuma virsma. Pēc jumta klāja plātņu uzlikšanas vanšu sistēma turpina darboties patstāvīgi.

Iekārtas kopnes vai *sijas* var uzskatīt par stingām vantīm, kuras viegliem jumtiem stabilizē pārsegumu.

Membrānas ir iekārtas čaulas, kurām nesošā konstrukcija veidota no tērauda vai alumīnija lējuma plānām loksņēm.

Kombinētās sistēmas sastāv no lokanām vantīm un stingiem elementiem. Stingos elementus lieto, lai stabilizētu pārsegumu un sadalītu koncentrētās un nevienmērīgās slodzes pa vairākām vantīm.

Piekārtas konstrukcijas veido no trosēm (vantīm) ar stingām sijām vai kopnēm. Pamatojoties uz konstruktīvajām atšķirībām, šajā nodaļā apskatītas šādas konstrukcijas: iekārtas čaulas ar radiālām vantīm, divjoslu pārsegumi ar paralēlām vantīm, divjoslu pārsegumi ar radiālām vantīm, pārsegumi ar vanšu sietiem, stīgu pārsegumi, pārsegumi ar iekārtām kopnēm un sijām, membrānu pārsegumi, kombinētas sistēmas pārsegumi un piekārtie pārsegumi. Iekārtu pārsegumu vantis ir no tērauda trosēm, stiegrām un augstas markas stiepļu kūļiem.

Nelielu laidumu vantīm var izmantot periodiska profila A—III un A—IV klases stiegras ar maksimālo diametru 40 mm.

7.2. Iekārtas čaulas

7.2.1. Pārsegumi ar paralēlām vantīm

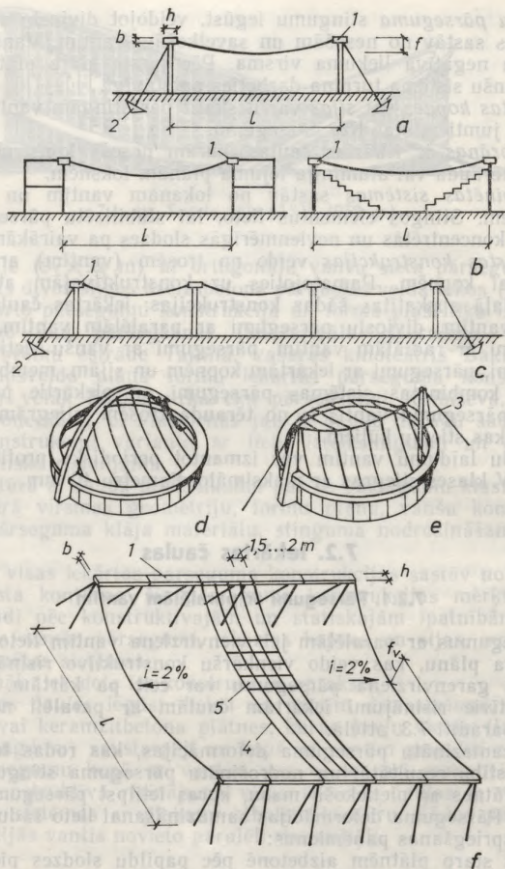
Pārsegumus ar paralēlām jeb vienvirziena vantīm lieto ēkām ar taisnstūra plānu, kas veido vienkāršu konstruktīvo risinājumu, kā arī ēkas garenvirzienā pārsegumu var celt pa kārtām. Galvenie konstruktīvie risinājumi iekārtām čaulām ar paralēli novietotām vantīm parādīti 7.3. attēlā.

Lai samazinātu pārseguma deformācijas, kas rodas temperatūras svārstību rezultātā, un nodrošinātu pārseguma stingumu, lieto jumta plātnes ar pietiekošu masu, kuras ietilpst pārseguma kopējā darbībā. Pārseguma deformācijas samazināšanai lieto šādus iepriekšējās saspriegšanas paņēmienus:

šuves starp plātnēm aizbetonē pēc papildu slodzes pielikšanas, kura vienāda ar siltuma izolācijas, jumta seguma un sniega masu summu. Papildu slodzi var novietot uz pārseguma plātnēm vai piekārt vantīm no apakšas. Pēc tam kad betons sasniedzis pietiekamu stiprību, papildu slodzi noņem;

vantis ar domkratu uzstiepj pēc jumta plātņu uzlikšanas, šuvju aizbetonēšanas un betona pietiekošas stiprības sasniegšanas. Vantis ievieto speciālos kanālos, kuros pēc uzstiepšanas injicē cementa mīklu;

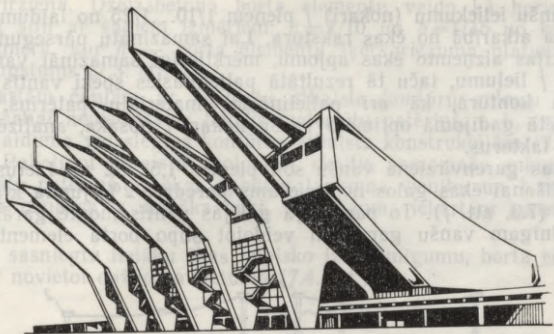
šuves aizbetonē ar briestoša cementa (BC-40) javu pēc jumta elementu montāžas. Suves aizbetonē nepārtraukti;



7.3. att. Iekārto čaulu pārsegumu veidi ar paralēlām vantīm:

a — ar atsaitēm; *b* — ar atbalsta rāmjiem; *c* — daudzslaiduma sistēma ar atsaitēm; *d* — ar dzelzsbetona atbalstbloku; *e* — ar sadalošo vanti; *f* — konstruktīvā shēma iekārtai čaulai ar paralēlām vantīm; *1* — borta elements; *2* — enkurpamatš; *3* — pilons; *4* — nesošās vantīs; *5* — pārseguma plātnes.

monolīta betona klāju izveido ievaidņos, kuri piekārti vantīm. Betonē pa joslām visā laiduma garumā, atstājot starp joslām šuves. Pēc joslū betonēšanas visas šuves starp joslām vienlaikus aizbetonē.



7.2.2. Pārsegumi ar radiālo konstrukciju

Pārsegumu veida atbalsta uzgrem visas pasliktzvarotie sniega slodzes

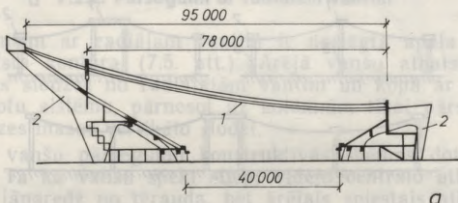
7.6. attēla

Radiālo

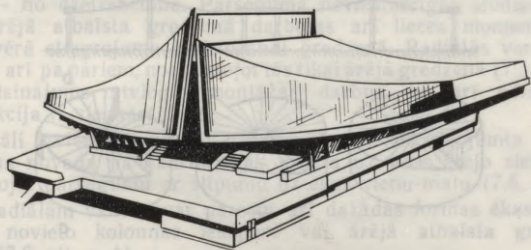
Ar radiālo

Vanšu nokari

Masāvav



a



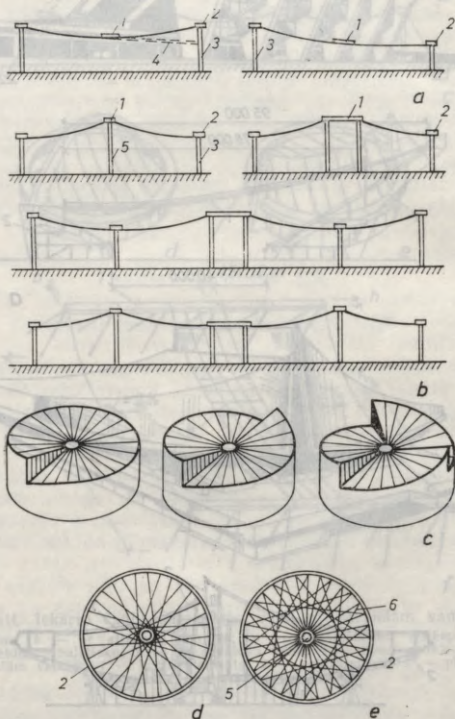
b

7.4. att. Zāles ar iekārtiem pārsegumiem:

a — zāle Brēmenē (VFR); b — divzāļu kinoteātris «Rossija» Erevānā (PSRS); 1 — iepriekšaspriegtas vantis; 2 — atbalsta rāmjī.

Vanšu ieliekumu (nokari) f pieņem $1/10 \dots 1/25$ no laiduma, kuru nosaka atkarībā no ēkas rakstura. Lai samazinātu pārseguma konstrukcijas aizņemto ēkas apjomu, mērķtiecīgi samazināt vanšu nokares f lielumu, taču tā rezultātā palielināsies spēki vantīs un atbalsta kontūrā, kā arī palielināsies materiālu patēriņš. Katrā konkrētā gadījumā optimālo vanšu nokari f nosaka, analizējot minētos faktoros.

Ēkas garenvirzienā vanšu soli pieņem $1,5 \dots 2$ m. Lietus ūdens novadišanai ēkas galos nepieciešams paredzēt 2% jumta klāja kritumu (7.3. att. f). To panāk, ja galējās vantis montē garākas vai nemainīgam vanšu garumam veidojot slīpo borta elementu ēkas



7.5. att. Iekārtas čaulas ar radiālām vantīm:

a — ieliekti pārsegumi; b — ar vidējās daļas pacēlumu un valrākiem laidumiem; c — spirālveida pārsegums; d — bez centrālā atbalsta; e — ar centrālo atbalstu; 1 — centrālais gredzens; 2 — ārējais atbalsta gredzens; 3 — kolonnas; 4 — ūdens novadišanas caurule; 5 — centrālais atbalsts; 6 — savelkošās vantīs.

garenvirzienā. Dzelzsbetona borta elementu veido kā horizontāli guldītu siju ar šādiem izmēriem: $h=1/10$ un $b=1/15$ no kolonnu soļa izmēra, kur h — borta elementa šķērsriezuma platums, bet b — augstums (7.3. att. a).

Iekārtām ēaulām ar noslēgtu atbalsta kontūru enkuru balstu izveidošanai nepieciešams lielāks materiālu patēriņš, t. i., tāpat kā vairāklaiduma vai slēgtas kontūras atbalsta konstrukcijām (7.3. att. c, d). Palielinot atbalstu (kolonnu) skaitu, samazinās enkurbalstu materiālu patēriņš uz ēkas apbūves laukuma vienību un 1 m^2 pārseguma izmaksa ir mazāka nekā vienlaiduma iekārtām konstrukcijām.

Lai sasniegtu lielāku ēkas telpisko izteiksmīgumu, borta elementus var novietot dažādā augstumā (7.4. att.).

7.2.2. Pārsegumi ar radiālām vantīm

Pārsegumiem ar radiālām vantīm ir noslēgta apaļa vai elipsveida atbalsta kontūra (7.5. att.). Ārējā vanšu atbalsta kontūra uzņem visas slodzes no radiālajām vantīm un kopā ar tām veido pašlīdzsvarotu sistēmu, pārnesot uz kolonnām tikai pārseguma un sniega slodzes masas vertikālo slodzi.

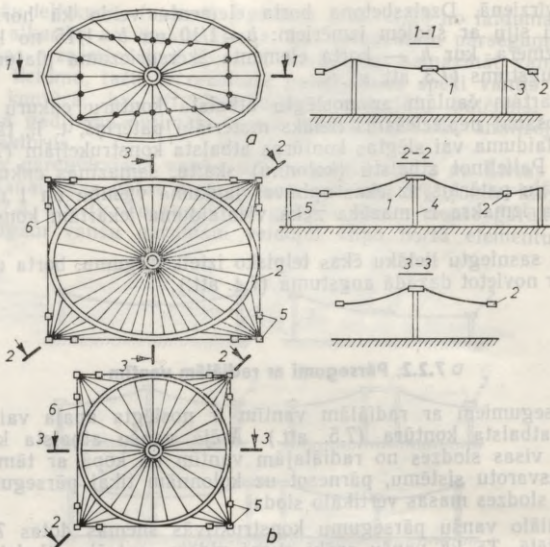
Radiālo vanšu pārsegumu konstruktīvās shēmas dotas 7.5. un 7.6. attēlā. Tā kā vanšu spēki stiepj vidējo centrālo atbalsta gredzenu, tas jāparedz no tērauda, bet ārējais spiestais atbalsta gredzens — no dzelzsbetona. Pārseguma nevienmērīgās slodzes gadījumā ārējā atbalsta gredzenā darbojas arī lieces moments, kas jāņem vērā stiegrojuma izvietojumam gredzenā. Radiālās vantis var novietot arī pa pāriem, noenkurojot tās tikai ārējā gredzenā (7.5. att. d). Šāds risinājums atvieglo montāžas darbus, kā arī pārseguma konstrukcija ir vienkāršāka.

Radiāli izvietotiem vanšu pārsegumiem ūdeni no jumta centrālās daļas novada pa cauruli, kas virzīta uz ēkas ārējo sienu, vai arī veidojot pārsegumu ar slīpumu uz ēkas vienu malu (7.5. att. a).

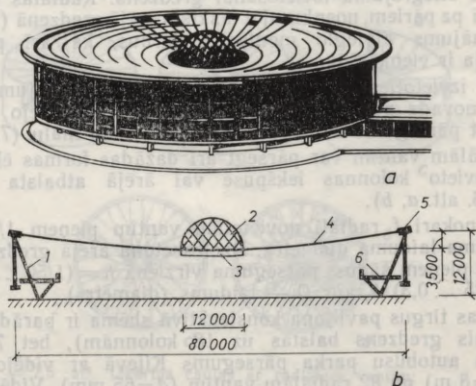
Ar radiālām vantīm var pārsegt arī dažādas formas ēkas plānā, ja tās novieto kolonnas iekšpusē vai ārējā atbalsta gredzena ārpusē (7.6. att. a, b).

Vanšu nokari f radiāli novietotām vantīm pieņem $1/10 \dots 1/20$ no pārseguma laiduma diametra. Dzelzsbetona ārējā gredzena izmērus h un b pieņem šādus: pārseguma virzienā $h=(1/50 \dots 1/100) D$ un $b=(0,25 \dots 0,3) h$, kur D — laidums (diametrs).

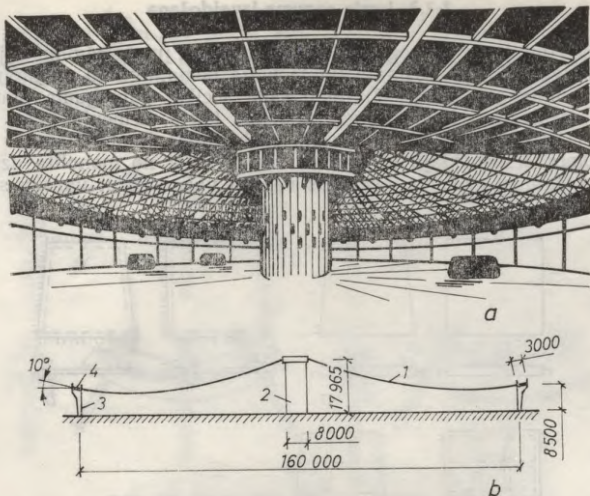
Maskavas tirgus paviljona konstruktīvā shēma ir parādīta 7.7. attēlā (ārējais gredzens balstās uz 18 kolonnām), bet 7.8. attēlā ir parādīts autobusu parka pārsegums Kijevā ar vidējo centrālo balstu ($d=8\text{ m}$) un 82 radiālām vantīm ($d=65\text{ mm}$). Vidējais balsts izmantots kā vēdināšanas šahta.



7.6. att. Iekārtās čaulas ar radiālām vantīm ēkām ar dažādu plāna formu:
a — pārsegums ar atbalsta kontūru ārpus ēkas; *b* — taisnstūra un kvadrāta plāns ar vanšu iekšēju enkurošanas kontūru; 1 — centrālais gredzens; 2 — atbalsta kontūra; 3 — kolonnas; 4 — centrālais atbalsts; 5 — stūra balsti; 6 — ārējās kontūras nostiprinotās vantis.

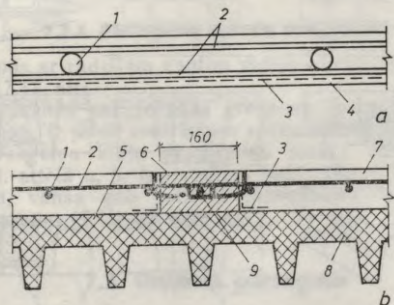


7.7. att. Tirgus paviljons Maskavā:
a — kopskats; *b* — konstruktīvais griezumš; 1 — slīpie statņi; 2 — metāla kupols; 3 — centrālais gredzens vanšu enkurošanai; 4 — vantis ar keramzībetona plātnēm; 5 — saliekami monolīts dzelzsbetona gredzens (1500×1000 mm); 6 — antrosolu pārsegums.



7.8. att. Garāža ar diametru 160 m Kijevā:

a — garāžas interjers; *b* — griezuma shēma; 1 — 82 radiālās vantis no 65 mm diametra trosēm, virs kurām novietotas ribotas dzelzsbetona plātnes ar 17 dažāda tipa izmēriem; 2 — centrālais cilindruveida balsts ar diametru 8 m, kuru izmanto par vēdināšanas šahtu; 3 — ārējās kolonnas; 4 — ārēja atbalsta tērauda kontūra ($h=3000$ mm).



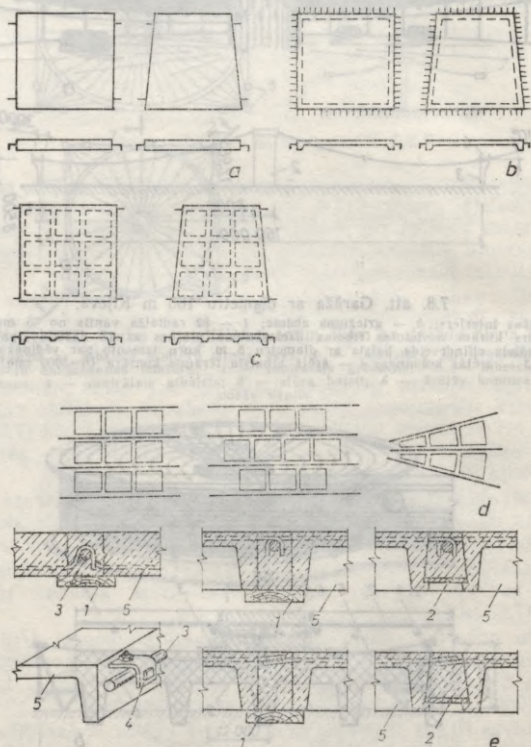
7.9. att. Iekārta pārseguma monolītas čaulas izveidošana:

a — ar metāla audumveida sieta ievieidņiem; *b* — ar profilētu plātņu ievieidņiem; 1 — stieģrojuma tērauda vantis; 2 — šķērsstieģrojums; 3 — metāla audumveida siets; 4 — apmetums; 5 — ruberoīda kārtā; 6 — šuves starp iebetonētajām joslām (betons); 7 — hidroizolācija; 8 — profilētas penoplasta vai presētas minerālvates plātnes; 9 — enkurstieģra.

7.2.3. Jumta seguma izveidošana

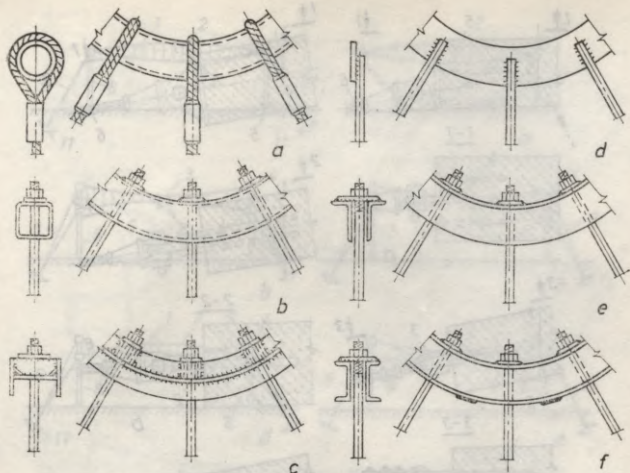
Iekārtām čaulu pārsegumu konstruktīvajām jumta segumam jābūt tik smagam, lai nodrošinātu jumta klāja nemainīgumu un blīvumu, tāpēc jumta segums ir jāizveido šādā secībā: pārseguma plātnes, tvaika izolācija, cieta siltuma izolācijas kārtā, cementa javas izlīdzinošā kārtā un veltņu materiāla (ruberoīda) jumta klājs.

Jumta nesošo klāju uz vantīm var izveidot no monolīta dzelzsbetona čaulas, piekarot ievaidņus vantīm vai piekarot vantīm salie-



7.10. att. Iekārto čaulu pārsegumu plātņu veidi un balstīšana uz vantīm:

- a* — plakans dzelzsbetona vai vieglbetona plātnes; *b* — ribotas dzelzsbetona plātnes;
c — stieģcimenta plātnes; *d* — plātņu novietošanas veidi starp paralēlām un radiālām vantīm; *e* — plātņu balstīšanas veidi uz vantīm; 1 — dēlis; 2 — lentveida paliktņis; 3 — vantis; 4 — ar buļtskrūvēm piespīrināts plakandzelzs enkurs pie panela ieliktnā; 5 — pārseguma panelis.



7.11. att. Vanšu enkurošana centrālajā gredzenā:

a — caurules gredzens ar aptverošām vantīm; *b* — kvadrātveida metināts gredzens ar izvērtām vantīm; *c* — metināts gredzens ar dubulta T profila šķēsgriezumu; *d* — plakandzelzs gredzens ar piemetinātām vantīm; *e* — gredzens no diviem leņķtēraudiem; *f* — gredzens no diviem U profiliem.

kamas dzelzsbetona, stiegrota cementa vai vieglbetona (keramzītbetona, keramzītgāzbetona, gāzbetona u. c.) plātnes, kuru šuves aizbetonē (7.9., 7.10. att.).

7.2.4. Pārseguma nesošie savienojumi

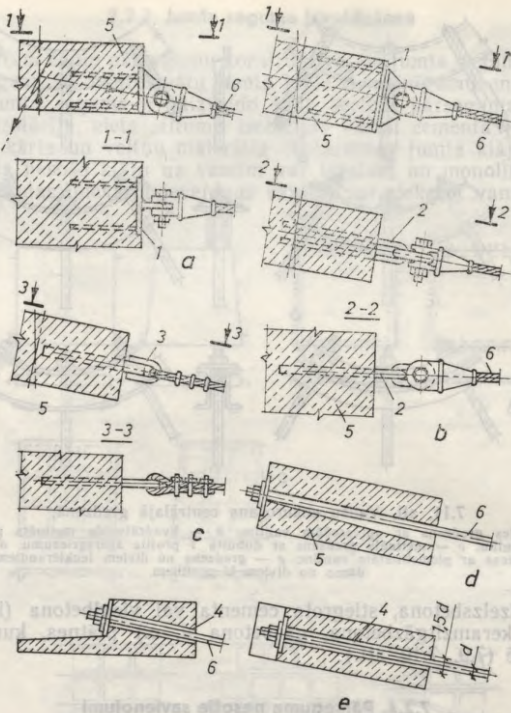
Pārsegumos ar radiālām vantīm vidējo centrālo gredzenu izveido no tērauda (7.11. att.).

Lai ārējā vanšu enkurošanas gredzenā (kontūrā) nerastos papildu spriegumi, ir jābūt centriskam spēku sadalījumam (7.12. att. *a*). Veidojot pārseguma klāju ar papildu slodzi, vanšu enkurošanai izmanto 7.12. attēlā *a*, *b*, *c* parādītos paņēmienus. Uzstiepjot vantis ar domkratu, vanšu gali kontūrā jānostiprina tā, lai ir iespēja mainīt tās garumu (7.12. att. *d*).

7.3. Divjoslu pārsegumi

7.3.1. Pārsegumi ar paralēlām vantīm

Novietojot vanšu pāri vertikālā virzienā, var iegūt stingu, maz deformējamu pārsegumu ar vieglu jumta segumu. Šim nolūkam nepieciešams vanšu sistēmu konstruēt tā, lai vienas vantis ir ar

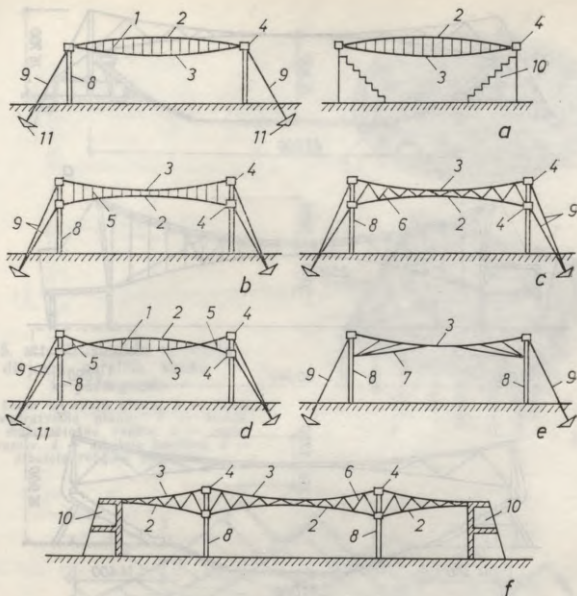


7.12. att. Vanšu nostiprināšana dzelzsbetona atbalsta kontūrā:

a — piemetinot plakandzelzi pie ieliekamās detaļas; b — piemetinot plakandzelzi pie cilpveida ieliekamās detaļas; c — piemetinot pie ieliekamās detaļas apaļdzelzs iekavu; d — izveidojot konisku caurumu kontūrā; e — iebetonējot slīpi cauruli; 1 — ieliekamā detaļa; 2 — cilpveida ieliekamā detaļa; 3 — apaļdzelzs iekava; 4 — metāla caurule; 5 — atbalsta dzelzsbetona kontūra; 6 — vantis.

ieliekumu, bet otras — ar izliekumu. Divjoslu vanšu sistēmas parādītas 7.13. attēlā. Visos gadījumos ieliektās vantis ir nesošas, bet uz augšu izliektās — savelkošas. Ieliektās vantis uzņem visu pārseguma masas slodzi un papildu spēkus no iepriekšējā uzsprieguma. Izliektās savelkošās vantis izmanto pārseguma nesošo vanšu konstrukciju iepriekšējai uzspriegšanai.

Slodzi no nesošām ieliektām vantīm ar borta elementiem pārnes uz atsaitēm un kolonnām (7.13. att. a, b, c) vai malējiem rāmjiem (7.13. att. f).



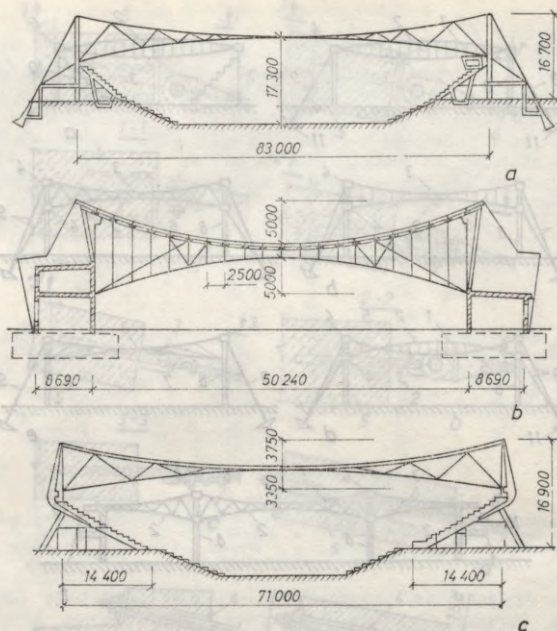
7.13. att. Divjoslu vanšu pārsegumu sistēmas ar paralēlām vantīm:

a — ar statņiem starp vantīm; *b* — ar saitēm starp vantīm; *c* — ar stiepiem atgāzņiem starp vantīm; *d* — ar spiestiem un stiepiem statņiem; *e* — ar gareniskām atsaitēm; *f* — daudzslaiduma sistēma; *1* — statņi; *2* — stabilizējošās vantis; *3* — nesošās vantis; *4* — borta elements vanšu enkurošanai; *5* — saites; *6* — atgāzņi; *7* — gareniskās saites; *8* — kolonnas; *9* — atsaites; *10* — diafragmas atsaišu vietās; *11* — atsaišu pamati.

Borta elementa var nebūt, ja vanšu pāru solis atbilst kolonnu un atsaišu solim un ēkas garenvirzienā kolonnu noturība ir nodrošināta.

Ja nesošās vantis atrodas zem stabilizējošām, tad saites starp tām ir spiestas, bet, ja otrādi, tad — stieptas. Ja statņi-saites ir ar maināmu garumu (vītņi), tad tos var izmantot vanšu uzsprigšanai. Šādu sistēmu literatūrā sauc par vanšu kopnēm. Vanšu kopnes ir nestabilas ēkas garenvirzienā, tādēļ ēkas garenvirzienā pārseguma montāžas laikā starp vantīm jāņem vērā jādparedz vertikālās saites. Horizontālo saišu funkcijas izpilda jumta segums. Ja saites starp augšējo un apakšējo vanti izvietoti slīpu atgāzņu veidā, tad iegūst ne tikai ekonomisku, bet arī ēkas šķērsvirzienā noturīgāku sistēmu (7.13. att.).

Vanšu nokari divjoslu pārsegumos pieņem $1/10 \dots 1/20$ no pārseguma laiduma.



7.14. att. Liellaiduma pārsegumi ar paralēlu divjoslu vanšu sistēmām:
 a — hokeja stadions «Juhannesdorf» Stokholmā (Zviedrijā); b — autobusu parks Berlīnē (Vācijā); c — vingrošanas zāle Sokoto (Nigērijā).

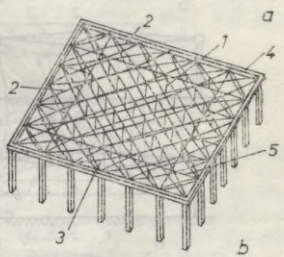
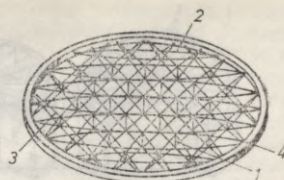
Dažādu valstu piemēri sporta būvju un autobusu parku pārsegšanai ar vanšu sistēmas konstrukcijām ir parādīti 7.14. attēlā.

Novietojot vanšu kopnes paralēli divos vai trijos virzienos, izveidojas nesošā pārseguma sistēma apaļam vai kvadrātveida ēkas plānam (7.15. att.). Tā kā vanšu solis nav liels, jumta klāju var veidot bez papildu kopturiem, to balstot tieši uz vantīm.

Novietojot dažādās vertikālās plaknēs nesošās un savelkošās vantis (7.16. att.), veidojas krokveida pārsegumi. Šādiem pārsegumiem ir savdabīgs arhitektoniskais izteiksmīgums.

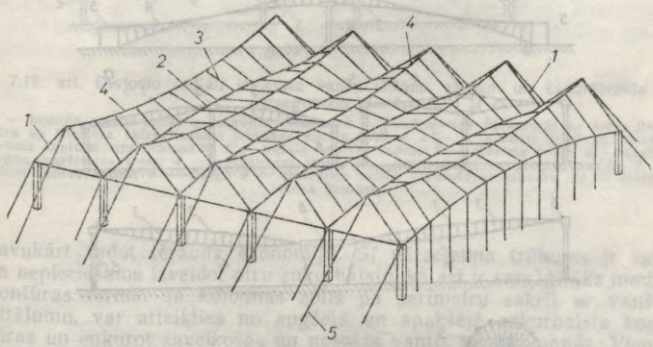
7.3.2. Pārsegumi ar radiālām vantīm

Divjoslu pārsegumus ar radiāli izvietotām vantīm plaši lieto sabiedrisko ēku pārsegumiem. Galvenās šāda tipa pārsegumu sistēmas ir parādītas 7.17. un 7.18. attēlā. Visos gadījumos vantis noen-



7.15. att. Krusteniski novietotu divjoslu paralēlu vanšu pārsegumi:

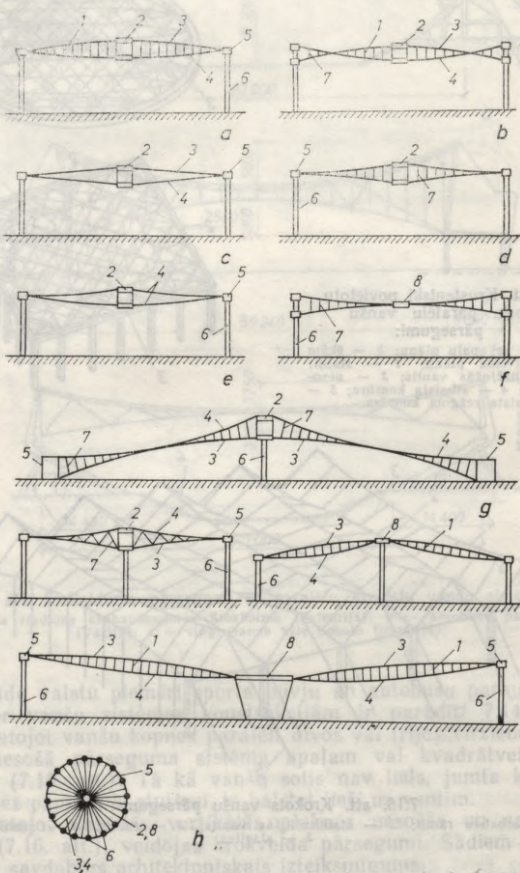
a — ēkām ar apaļu plānu; *b* — ēkām ar kvadrātveida plānu; 1 — statņi; 2 — stabilizējošās vantis; 3 — nesošās vantis; 4 — atbalsta kontūra; 5 — atbalsta režģotā kontūra.



7.16. att. Krokots vanšu pārsegums:

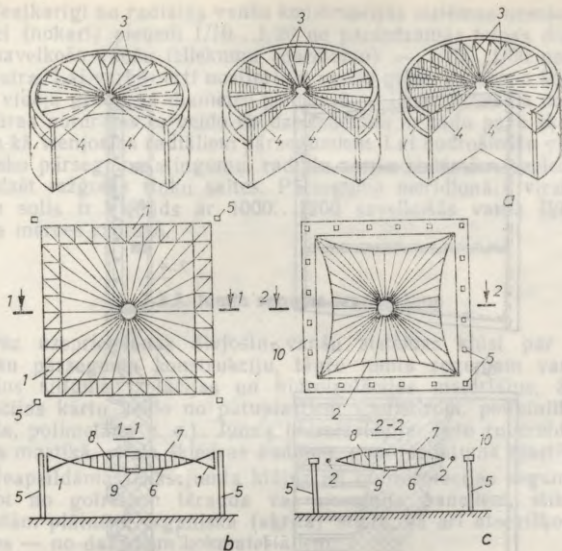
1 — gala atbalsta rāmji; 2 — stabilizējošās vantis; 3 — saites; 4 — nesošās vantis; 5 — atsaites.

kuro ārējā dzelzsbetona kontūrā un iekšējā tērauda gredzenā. No ārējā dzelzsbetona kontūras (borta) elementa pārseguma masa un slodze uz tās tiek pārnesta kā vertikāla slodze uz kolonnām. Savelkošās vantis var būt novietotas virs vai zem nesošām vantiņ, kā arī laidumā krustoties ar tām. Ja laidumā savelkošās vantis krustojas ar nesošajām vantiņ, tad samazinās pārseguma konstrukcijas kopējais augstums (7.17. att. *b*) un statņu garums starp vantiņ,



7.17. att. Divjoslu pārsegumu shēmas ar radiālām vantīm:

a — ar statņiem; *b* — ar savstarpēji krusteniskām vantīm; *c*, *e* — velosipēda riteņa veids; *d* — ar saitēm starp vantīm; *f* — ieliktas nesošās vantis ar saitēm; *g* — varianti ar centrālo balstu; *h* — visu variantu plāna shēma; 1 — statņi; 2 — centrālais vantu enkurošanas cilindrs (cilindriskas formas kopne); 3 — stabilizējošās vantis; 4 — nesošās vantis; 5 — ārējais vantu enkurošanas gredzens (kontūra); 6 — kolonnas; 7 — saites; 8 — centrālais gredzens.



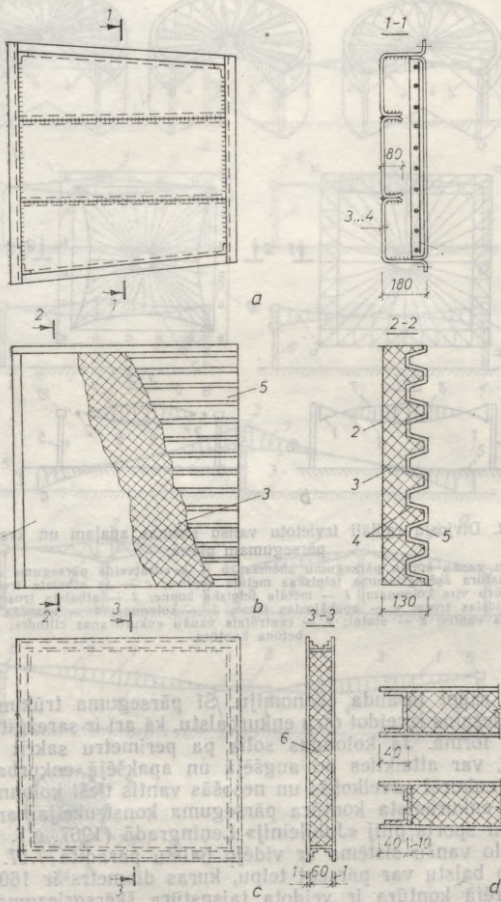
7.18. att. Divjoslu radiāli izvietotu vanšu shēmas apaļam un kvadrātveida pārsegumam plānā:

a — krokotu vanšu kopņu pārsegumu shēmas; *b* — kvadrātveida pārsegums ar ārējo kontūru no trīsstūra šķēsgriezuma telpiskas metāla kopnes; *c* — ar atbalsta trosi un dzelzsbetona kontūru virs kolonnām; 1 — metāla telpiska kopne; 2 — atbalsta trose; 3 — vanšu kopņu augšjoslas trose; 4 — apakšjoslas trose; 5 — kolonnas; 6 — nesošās vantis; 7 — stabilizējošās vantis; 8 — statņi; 9 — centrālais vanšu enkurošanas cilindrs; 10 — dzelzsbetona kontūra.

savukārt radot tērauda ekonomiju. Šī pārseguma trūkums ir tas, ka nepieciešams izveidot otru enkurbalstu, kā arī ir sarežģītāka jumta kontūras forma. Ja kolonnas solis pa perimetru sakrīt ar vanšu attālumu, var atteikties no augšējā un apakšējā enkurbalsta kontūras un enkurot savelkošās un nesošās vantis tieši kolonnās. Viena apakšējā enkurbalsta kontūra pārseguma konstrukcijai ar laidumu $l=93$ m ir sporta pilij «Jubiļeinij» Ļeņingradā (1967. g.).

Radiālo vanšu sistēma ar vidējo balstu parādīta 7.17. attēlā *g*. Ar vidējo balstu var pārsegt telpu, kuras diametrs ir 160...320 m. Balsta ārējā kontūra ir veidota taisnstūra šķēsgriezuma telpiska gredzena veidā, un to izmanto dažādu palīgtelpu izvietošanai. Ar vidējo balstu var veidot dažādas pārseguma formas (7.17. att. *h*).

Radiālās vanšu sistēmās var veidot arī kvadrātveida ēkas pārsegumus plānā (7.18. att. *b*, *c*). Ārējās kontūras šķēsgriezumu var veidot kā telpiska trīsstūrveida kopni (7.18. att. *b*) vai arī kā troses, kuras noenkurotas stūra balstos (7.18. att. *c*).



7.19. att. Metāla konstrukcijas paneļi vanšu pārsegumiem:

a — no metāla metinātām plātnēm; b — divkārtu ar gofrētu metāla klāju; c — trīskārtu no alumīnija loksņēm; d — paneļu apmaļu izveidošana; 1 — akustiskā kārtā uz sieta vai putuplasta kārtā; 2 — ruberoids; 3 — putuplasts FRP-1 vai PSB-S; 4 — līme 88-N; 5 — cinkota gofrēta alumīnija plātne (Nr. 80-674-1); 6 — putuplasts.

Neatkarīgi no radiālās vanšu konstrukcijas sistēmas nesošo vanšu izlieci (nokari) pieņem 1/10...1/20 no pārsedzamās telpas diametra, bet savelkošo vanšu izliekumu (pacēlumu) — 1/10...1/30 no telpas diametra. Lai varētu ērti nostiprināt vanšu galus gredzena konstrukcijā, vidējā gredzena diametru pieņem 6...12 m. Atkarībā no ārējās kontūras noturības to veido no dzelzsbetona ar tādu pašu šķērsgriezumu kā vienjoslas radiāliem pārsegumiem. Lai nodrošinātu vispārējo telpisko pārseguma stingumu, radiālu vanšu sistēmām nepieciešams paredzēt režģotas riņķu saites. Pārseguma meridionālā virzienā šo saišu solis ir vienāds ar 1000...1200 savelkošās vants šķērsgriezuma inerces rādīsu.

7.3.3. Jumta seguma izveidošana

Pēc uzspriegšanas divjoslu vanšu sistēmas kļūst par stingu nesošu pārseguma konstrukciju, tāpēc jumta segumam var lietot vieglus siltuma izolācijas un hidroizolācijas materiālus. Siltuma izolācijas kārtu veido no putuplastiem (polistirola, polivinilhlorīda, fenola, polimetāna u. c.). Jumta hidroizolācijai lieto ruberoīdu bitumena mastikā, stikla šķiedras audumu, gumijas-bituma mastiku u. c.

Neapsildāmās ēkās jumta klājus un hidroizolācijas segumus var veidot no gofrētiem tērauda vai alumīnija paneļiem, stiklplasta viļņotām plātnēm, organiskā (akrila) stikla, kā arī atsevišķos gadījumos — no dažādiem kokmateriāliem.

Konstruktīvie jumta klāju risinājumi parādīti 7.19. un 7.20. attēlā.

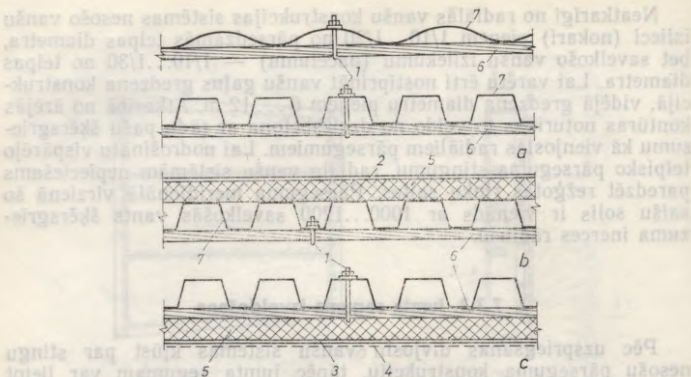
Metāla trīsoslāņu paneļus pie vantiem piestiprina ar speciāliem plauktiņiem (7.21. att. *a*). Jumta klāja plātņu savienošanai var būt vairāki konstruktīvi risinājumi (7.21. att. *b*, *c*, *d*, *e*), un to lietošana ir atkarīga no materiāla un plātņu kontūras apdares.

7.3.4. Vanšu enkurošanas un statņu piestiprināšanas mezgli

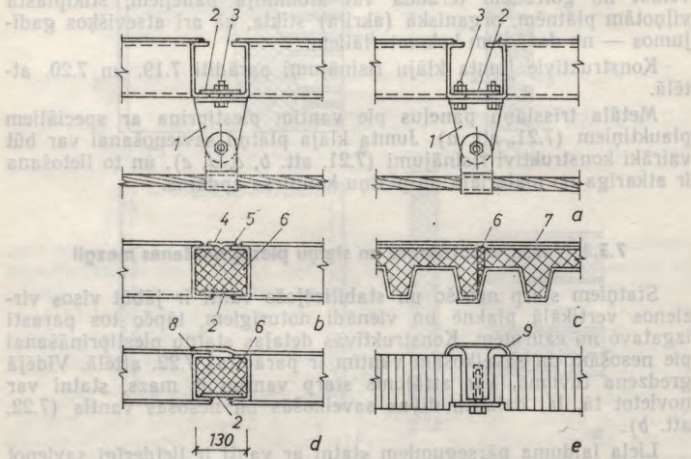
Statņiem starp nesošo un stabilizējošo vanti ir jābūt visos virzienos vertikālā plaknē un vienādi noturīgiem, tāpēc tos parasti izgatavo no caurulēm. Konstruktīvās detaļas statņu piestiprināšanai pie nesošām un savelkošām vantiem ir parādītas 7.22. attēlā. Vidējā gredzena tuvumā, kur attālums starp vantiem ir mazs, statni var novietot tā, lai balstītu divas savelkošās un nesošās vantis (7.22. att. *b*).

Liela laiduma pārsegumiem statni ar vanti ir lietderīgi savienot locīklveidā, kā parādīts 7.23. attēlā *a*, *b*.

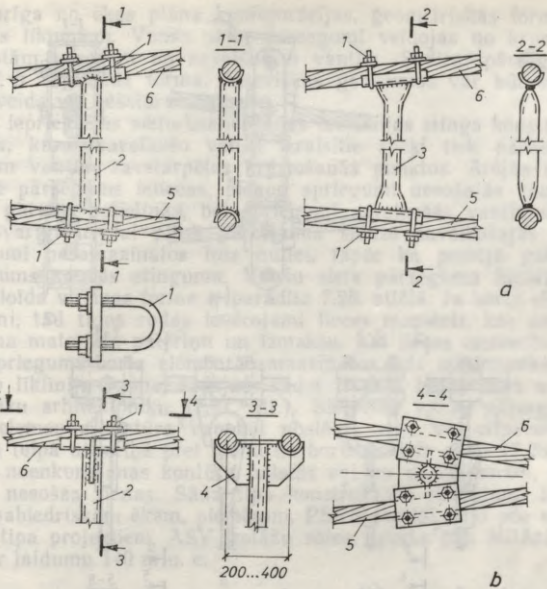
Vanšu uzspriegšanai statņi ir ar vītņiem un papildu uzgriežņiem (7.24. att. *a*). Ja konstruktīvajā shēmā ir paredzēts, ka nesošās vantis krustojas ar stabilizējošām, tad tās savstarpēji savieno ar speciāliem metāla uzliktņiem vai žņaugiem (7.24. att. *b*, *c*). Atgāžņus



7.20. att. Vanšu pārsegumu konstrukciju veidi no gofrētām metāla loksņēm:
a — bez siltuma izolācijas kārtas; *b* — siltuma izolācijas kārtā virs profilētām metāla loksņēm; *c* — siltuma izolācija zem vantīm; *1* — cilveida buitskrūves plātņu piestiprināšanai pie vantīm; *2* — hidroizolācijas klājs; *3* — tvaika izolācija; *4* — siets siltuma un tvaika izolācijas piestiprināšanai pie vantīm; *5* — siltuma izolācijas slānis; *6* — vantis; *7* — profilēta metāla loksnes.



7.21. att. Pārseguma paneļu savienojuma mezgli un to piestiprināšana pie vantīm:
a — plātņu balstīšana uz vantīm ar metāla «solīņu»; *b* — metināts paneļu savienojums; *c* — divkārtu savienojums; *d* — metināts alumīnija paneļu savienojums ar starpliku; *1* — atbalstu «solīņš»; *2* — paliktņi; *3* — montāžas buitskrūves; *4* — nosekontūras josla; *5* — metinājuma šuve; *6* — mineralvates starplika; *7* — 2 kārtu veltņu materiālu hidroizolācija; *8* — alumīnija metinājuma šuve; *9* — savienojuma starplika ar elastīgiem paliktņiem.



7.22. att. Statpņu nostiprināšana divjoslu vanšu pārsegumos:

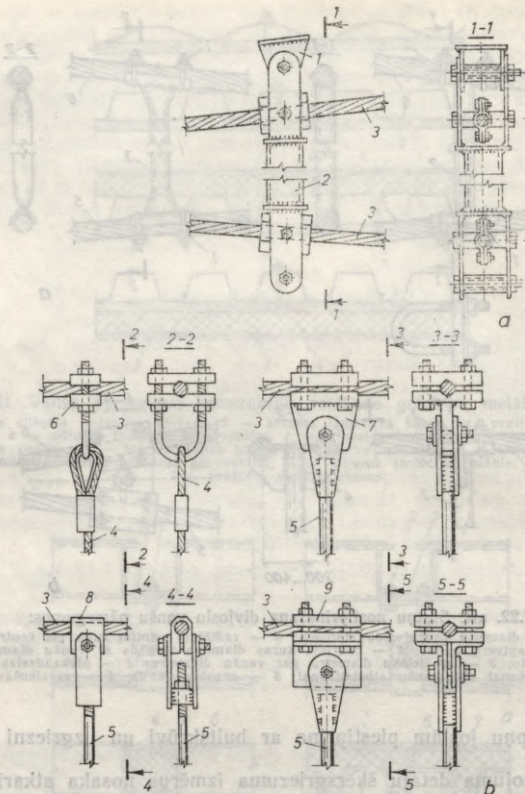
a — dažāda diametra cauruļveida statņiem; b — radiālām vantīm tuvu pie centrālā gredzena; 1 — aptveru bultas; 2 — caurule, kuras diametrs vienāds ar vanšu diametru vai mazāks par to; 3 — ar lielāku diametru par vanšu diametru; 3 — plakandzelzs «plauktiņa» izveidošanai abu vanšu atbalstīšanai; 5 — nesošās vantis; 6 — saveldošās vantis.

vanšu kopņu joslām piestiprina ar bultskrūvi un uzgriezni (7.24. att. d).

Savienojuma detaļu šķērs griezuma izmērus nosaka atkarībā no aplēsēm stiepē, cīpē un vietējā spiedē.

Divjoslu pārsegumiem vanšu noenkurošana ārējā kontūrā ir analogiska iekārto čaulu noenkurošanai.

Konstruktīvie risinājumi vanšu nostiprināšanai divjoslu pārseguma ārējā un vidējā gredzenā ir parādīti 7.25. attēlā. Ārējā un vidējā gredzena šķērs griezumus aprēķina atkarībā no stipības, un tiem izmanto dažāda tērauda izstrādājuma profilus. Lai tērauda borta elementus aizsargātu no korozijas, tos iestrādā monolītā betona apvalkā. Vidējais enkurbalsts divjoslu vanšu pārsegumam tiek veidots no diviem gredzeniem, kuri pa perimetru savstarpēji savienoti ar cauruļveida statņiem (7.25. att.).



7.23. att. Divjoslu vanšu pārsegumu statņu un saišu piestiprināšanas detaļas:
 a – statņa locīkveida sastiprinājums ar vantīm; b – saišu piestiprinājums vantīm;
 1 – plātņu balstīšanas plauktiņš; 2 – statnis no caurules; 3 – vantis; 4 – trošu saiņe;
 5 – saiņe no apaļtērauda; 6 – piestiprinājums ar cilpveida bultskrūvī; 7 – stiprinājums
 ar uzliktņiem un 4 bultskrūvēm; 8 – stiprinājums ar aptverī un vienu bultskrūvī; 9 –
 stiprinājums ar uzliktņiem un 2 leņķtēraudiem.

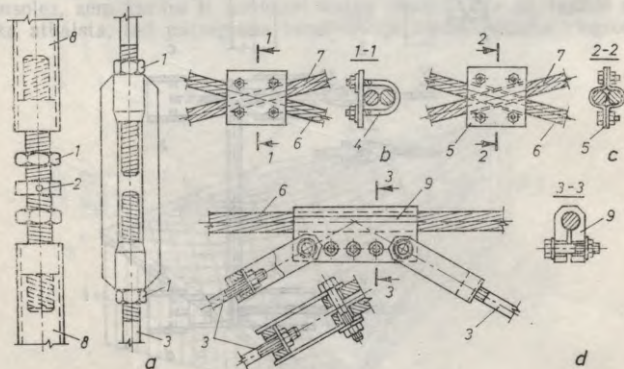
7.4. Vanšu sietu pārsegumi

7.4.1. Pārsegumu formas

Vanšu sietu pārsegumiem ir ļoti dažāda arhitektoniskā forma, un ar tiem var veidot arvien jaunas mākslinieciski izteiksmīgas ēkas, kurām ir dažāda funkcionāla nozīme. Pārseguma ārējā forma

ir atkarīga no ēkas plāna konfigurācijas, ģeometriskās formas un statikas likumiem. Vanšu sietu pārsegumi veidojas no krusteniski novietotām nesošām un savelkošām vantīm. Šādiem pārsegumiem parasti ir seglveida forma. Atsevišķos gadījumos var būt siets ar trīsstūrveida vai sešstūrveida acīm.

Pēc iepriekšējas sietu uzstiepšanas izveidojas stinga konstruktīvā sistēma, kurai savelkošo vanšu izraisītie spēki tiek pārnesti uz nesošām vantīm savstarpējos krustošanās punktos. Ārējās slodzes ietekmē pārsegums ieliecas, pieaug spriegumi nesošajās vantīs un vanšu garumi palielinās, bet spriegumi savelkošās vantīs samazinās. Svarīgi ir, lai pilnā pārseguma slodzē savelkošajās vantīs spriegumi nesamazinātos līdz nullei, tāpēc ka pretējā gadījumā pārsegums zaudēs stingumu. Vanšu sieta pārseguma hiperboliskā paraboloida virsmas forma ir parādīta 7.26. attēlā. Ja borta elementi ir taisni, tad tajos rodas ievērojami lieces momenti, kas savukārt palielina materiāla patēriņu un izmaksu. Lai lieces momenta izraisītie spriegumi borta elementā samazinātos līdz minimumam, tam jāveido liklīniju forma, tādējādi radot iespēju būvēt ēkas ar interesantāku arhitektoniku (7.27. att.). Sietveida vanšu pārsegumiem borta elementu kontūra var būt noslēgta apla vai elipsveida un izliekta telpā attiecībā pret vienu no horizontālām asīm (7.28. att.). Vanšu noenkurošanas kontūra balstās vai nu uz kolonnām, vai uz ārējās nesošās sienas. Šāda tipa konstruktīvie risinājumi ir daudzām sabiedriskām ēkām, piemēram, PSRS septiņi cirkļi pēc «Giproteatr» tipa projektiem, ASV izstāžu zāles, sporta pils Milānā (Itālijā) ar laidumu 140 m u. c.

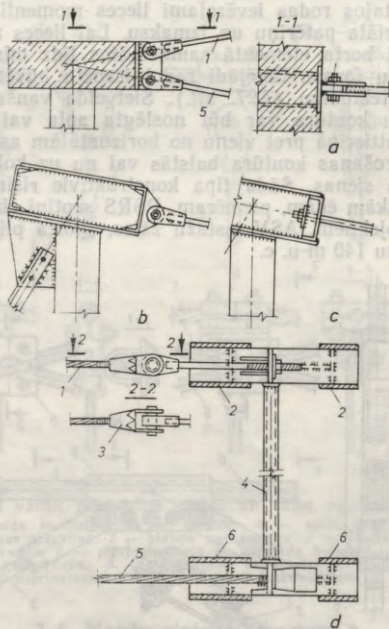


7.24. att. Vanšu uzspriegšanas, krustošanās vietu un atgāzņu piestiprināšanas detaļu mezgli:

a — statņu un saišu uzspriegšana divjoslu vanšu pārsegumiem; *b* — nesošo un savelkošo vanšu savienošana ar divām aptverbultskrūvēm; *c* — ar diviem profilētiem uzliktņiem un 4 bultskrūvēm; *d* — atgāzņu piestiprināšana pie vanšu kopnes augšjoslas; 1 — kontrol-uzgriežnis; 2 — caurums stieņa ievietošanai, uzgriežot bultskrūvi; 3 — saite vai atgāznis, kas darbojas stiepē; 4 — aptverbultas; 5 — profilēti metāla uzliktņi; 6 — nesošās vantis; 7 — savelkošās vantis; 8 — cauruļstatnis; 9 — aptvere-žņaugs.

Ja atbalsta ārējā kontūrā ir vienā horizontālā plaknē, tad vanšu sietam ir eliptiskas paraboloidas virsmas ieliekums. Elipsveida pārsegumam plānā ar slīpi novietotām vantīm pret galvenām asīm (7.28. att. c) vienmērīgi izkliedētas slodzes gadījumā ārējā kontūrā nav lieces momenta. Šādas sistēmas pārsegumiem jumta klāju izveido tādu pašu kā iekārtām čaulu konstrukcijām.

Veidojot atbalsta kontūru no diviem parabolveida pretēji vērstiem lokiem, varam iegūt interesantus un arhitektoniski izteiksmīgus pārsegumus, jo tad var mainīt lielās robežās loku augstumu un formu plānā (7.29. att.). Lokus parasti izgatavo no dzelzsbetona. Loku savstarpējo līdzsvaru nodrošina kolonnas, vitrāžu statņi vai speciālas atsaites, kuras ir izvietotas ārējās sienas kontūrā. Lokos bez spiedes spēkiem darbojas lieces un vērpes momenti, tādēļ to



7.25. att. Vanšu nostiprināšana ārējā kontūrā un iekšējā gredzenā divjoslu vanšu pārsegumiem:

a — dzelzsbetona ārējā kontūra radiāliem vanšu pārsegumiem; b, c — metāla konstrukcijas ārējā kontūrā; d — vanšu noenkurošana centrālajā gredzenā radiāliem divkārtu vanšu pārsegumiem; 1 — savelkošās vantis; 2 — augšējais gredzens; 3 — vanšu enkurošanas uzgalis; 4 — cauruļveida statņi starp augšējo gredzenu; 5 — nesošās vantis; 6 — apakšējais gredzens.

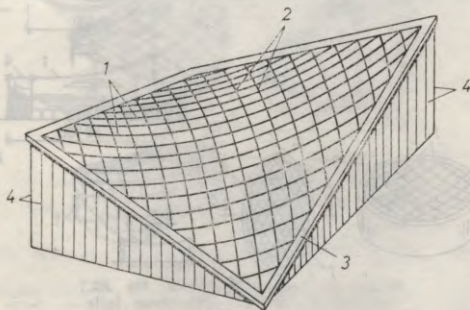
izmēri ir lielāki nekā seglveida vanšu pārsegumiem ar noslēgtu atbalsta kontūru. Šāda veida vanšu pārsegumi ir izmantoti sabiedrisko un sporta būvju pārsegšanai Vācijā, Čehoslovākijā, Polijā, kā arī PSRS (7.29., 7.30. att.).

Divus vanšu nostiprināšanas lokus var novietot tā, lai tie nekrustotos (7.30. att.) un veidotu atsevišķas brīvstāvošas atbalsta kontūras, kuras var novietot vertikāli vai slīpi. Savelkošo vanšu nostiprināšanai paredz enkurpamatus, stingu enkursiju vai noenkurošanas trosi.

Ja loki ēkas galos novietoti vertikāli, tad tiem jāparedz atbalsti vai atsaites (7.30. att. e, f). Ar vertikāli novietotiem lokiem var veidot arī vairāklaidumu ēkas (7.30. att. f).

Ir iespējams atbalsta kontūru izveidot arī no vairākiem lokiem. Pēc Kijevas Zinātniskās pētniecības projektēšanas institūta priekšlikuma vanšu izvietojuma shēmas ar jebkuru atbalsta loku skaitu ir parādītas 7.31. attēlā. Ar šādu pārseguma konstruktīvo risinājumu sporta būvēs var panākt labu skatītāju tribiņu izvietojumu un sporta arēnu, labi tiek izgaismots grīdas laukums, un tādēļ šādus pārsegumus lieto izstāžu vai tirgus paviljoniem. Interesantu arhitektonisko izteiksmīgumu panāk, ja pārsegumu veido no trim savstarpēji saistītiem lokiem (7.32. att.). Vidējo loku novieto vertikāli, bet abus pārējos (malējos) — horizontāli vai leņķī.

Hokeja stadionam ASV horizontālie dzelzsbetona loki ir skatītāju tribiņu nesošās konstrukcijas, bet ēkas garenass virzienā novietotais vidējais vertikālais dzelzsbetona loks ar parabolveida izliekumu veido zāles pārsegumu (7.33. att.). Vidējam lokam abos galos ir konsoles, zem kurām ir novietoti ieejas vestibili. Tā kā fasādē nav loka atbalsta, tad pārseguma konstrukcija iegūst optisku vieglumu.



7.26. att. Vanšu tīkla pārsegums ar hiperboliskā-paraboloīda virsmu:

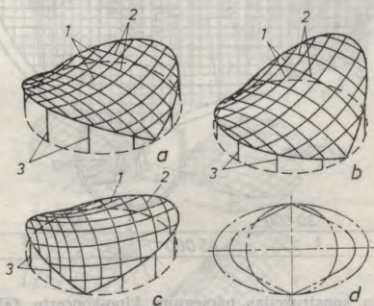
1 — nesošās vantis; 2 — savelkošās vantis; 3 — dzelzsbetona vai metāla vanšu enkurošanas kontūra, kuras diagonālie stūri balstās uz pamata; 4 — kolonnas kontūra balstīšanai (enkurošanai).

otrs — uz pilona. Uz diviem ēkas galos novietotiem piloniem balstās divas galvenās vantis, kuras noenkurotas speciālos pamatos. Pamati savstarpēji saistīti ar dzelzsbetona balstiem, kas iet cauri visai ēkai. Lai ekonomētu dzelzsbetonu, balsti ēkas vidējā daļā ir savstarpēji attālināti un veido divu peldbaseinu ārējās sienas. Nesošās vantis izgatavotas no dubulta T veida profila, bet savelkošās — no trosēm.

Var veidot arī vanšu pārsegumu ar vienu loku un divām malējām enkura atbalsta trosēm (7.36. att.). Atbalsta troses noenkurotas loka apakšējā balstā un balsta kontūras sijā. Pēc šādas konstruktīvās shēmas uzbūvēts kinoteātris Prāgā.

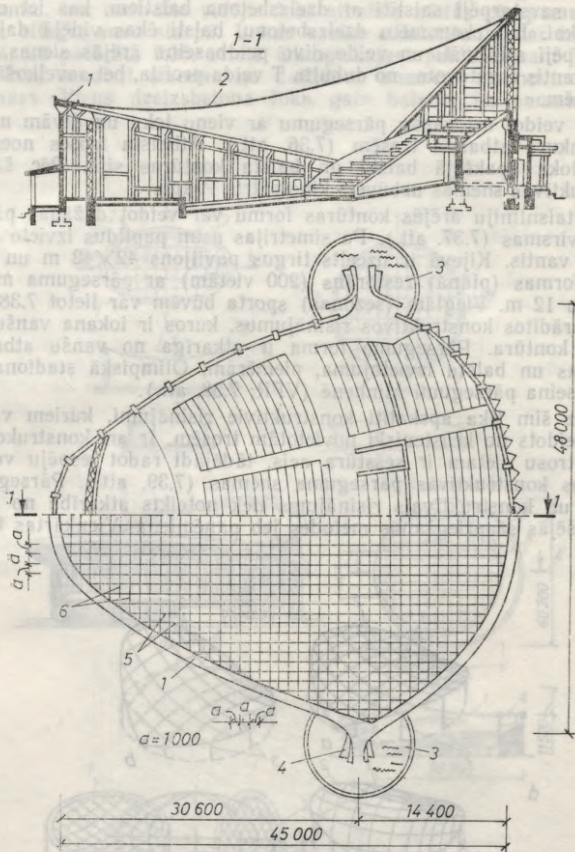
Ar taisnliniju ārējās kontūras formu var veidot dažādas pārseguma virsmas (7.37. att.). Pa simetrijas asīm papildus izvieto stingrības vantis. Kijevā ir uzcelts tirgus paviljons 42×42 m un sešstūra formas (plānā) restorāns (200 vietām) ar pārseguma malas garumu 12 m. Viegļām (sezonas) sporta būvēm var lietot 7.38. attēlā parādītos konstruktīvos risinājumus, kuros ir lokana vanšu atbalsta kontūra. Pārseguma forma ir atkarīga no vanšu atbalsta kontūras un balstu izvietošanas, piemēram, Olimpiskā stadiona un peldbaseina pārsegumi Minhenē (VFR; 7.38. att.).

Līdz šim tika apskatīti konstruktīvie risinājumi, kuriem vanšu siets veidots no krusteniski novietotām trosēm. Ir arī konstrukcijas, kurās trosi sietam ir sešstūra acis, tādējādi radot iespēju veidot dažādas konstruktīvās pārseguma shēmas (7.39. att.). Pārseguma forma un konstruktīvais risinājums tiek noteikts atkarībā no sieta iepriekšējās sasprīegšanas metodes jeb paņēmiena. Vienkārta trošu



7.28. att. Vanšu pārsegumi ar diviem slīpi novietotiem vanšu enkurošanas lokiem:

a — simetriski novietoti loki; *b* — asimetriski novietoti loki; *c* — dažādi rādīsa un novietojuma loki; *d* — iespējamās ēkas pārseguma formas plānā; 1 — nesošās vantis; 2 — savelkošās vantis; 3 — kolonnas vai atsaites.

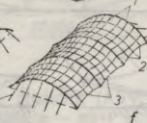
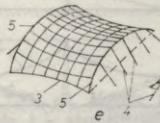
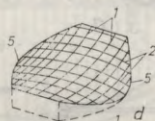
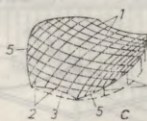
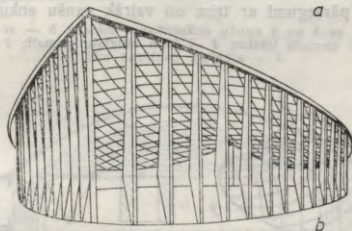
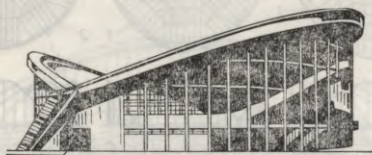


7.29. att. Vanšu konstrukcijas pārsegums kino-koncertu zālei «Ukraina» (Harkovā, 1962. g.):

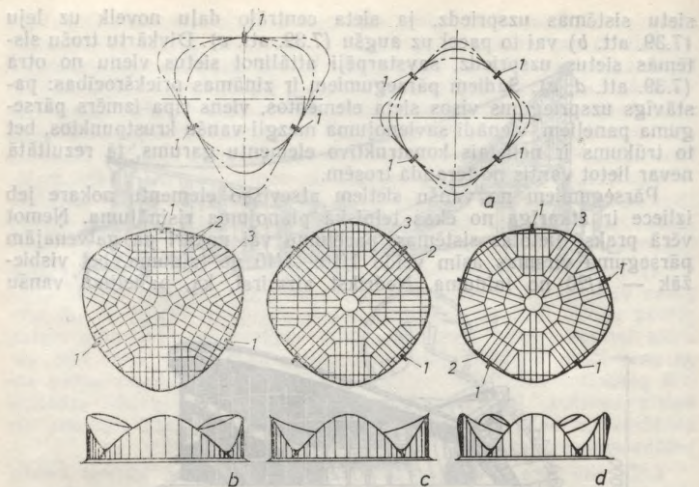
a — griezum 1-1; *b* — stāva un pārseguma plāns; 1 — atbalsta kontūra no diviem dzelzsbetona lokiem ar šķērsriezumu $2 \times 1,5$ m; 2 — vanšu pārsegums no stiegrota cementa paneļiem, 4 kārtām skaidu plātņu un 4 kārtām ruberoida seguma; 3 — dekoratīvi ūdens baseini lietus ūdens savākšanai; 4 — monolīta dzelzsbetona kontrforsī ar lietus ūdens novadtekni; 5 — nesošās vantis; 6 — stabilizējošās vantis.

sietu sistēmas uzspriedz, ja sieta centrālo daļu novelk uz leju (7.39. att. *b*) vai to paceļ uz augšu (7.39. att. *c*). Divkārtu trošu sistēmās sietus uzspriedz, savstarpēji attālinot sietus vienu no otra (7.39. att. *d*, *e*). Šādiem pārsegumiem ir zināmas priekšrocības: pastāvīgs uzspriegums visos sieta elementos, viens tipa izmērs pārseguma paneļiem, vienādi savienojuma mezgli vanšu krustpunktos, bet to trūkums ir nelielais konstruktīvo elementu garums, tā rezultātā nevar lietot vantis no tērauda trosēm.

Pārsegumiem no vanšu sietiem atsevišķo elementu nokare jeb izliece ir atkarīga no ēkas telpiskā plānojuma risinājuma. Ņemot vērā praksē lietotās sistēmas, pacēlumu vai nokari pa galvenajām pārseguma virsmas asīm veido $1/10$.. $1/40$ no laiduma, bet visbiežāk — $1/20$ no laiduma. Nedrīkst aizmirst, ka, palielinot vanšu

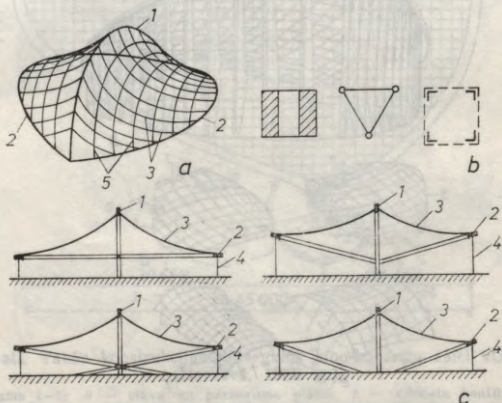


7.30. att. Vanšu pārsegumi ar dažādi novietotiem vanšu enkurošanas lokiem: *a* — sporta zāle Bratislavā (Cehoslovākija, 1961. g.); *b* — pārsegums no diviem ieliektiem lokiem; *c* — savstarpēji atvēršiti slīpi loki; *d* — atvēršiti ieliekti loki; *e* — vertikāli loki; *f* — daudzlaidumu pārsegums ar vertikāliem lokiem; *1* — nesošās vantis; *2* — stabilizējošās vantis; *3* — savācošā trosē, sija vai enkurpamatu rinda; *4* — atsaites; *5* — dzelzsbetona vai metāla konstrukcijas loki.



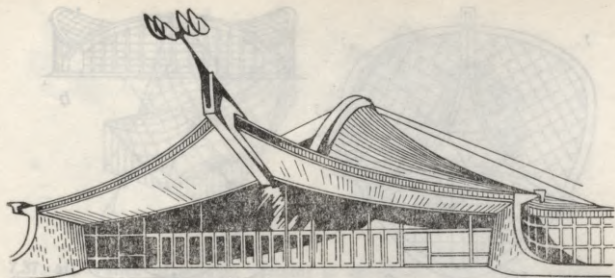
7.31. att. Vanšu pārsegumi ar trim un vairāk vanšu enkurošanas lokiem:

a — ēku formas plānā ar 3 un 4 vanšu enkurošanas lokiem; *b* — ar trim lokiem; *c* — ar četriem lokiem; *d* — ar pieciem lokiem; 1 — loku atbalstu pamati; 2 — vanšu sieta tīkls; 3 — atbalsta kontūras loki.

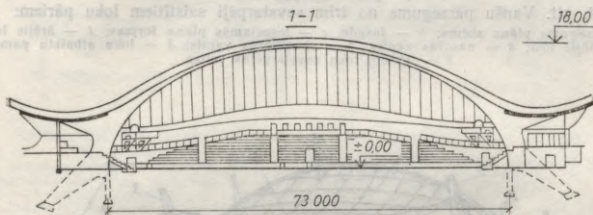


7.32. att. Vanšu pārsegumu shēmas ar enkurošanas kontūru, kas sastāv no trim savstarpēji dažādi novietotiem lokiem:

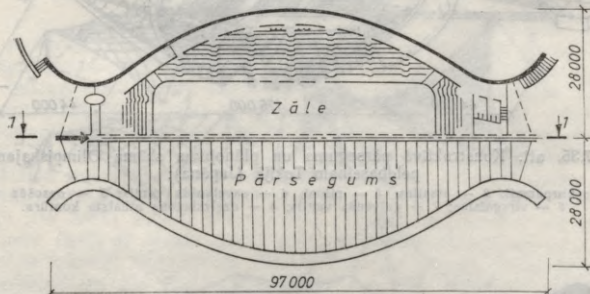
a — pārseguma shēma; *b* — vidēja loka šķērsriezumi ar virsgaismu; *c* — malējo loku novietojanas varianti; 1 — vertikālais centrālais loks; 2 — malējie loki; 3 — nesošās vantis; 4 — atsaites; 5 — savelkošās vantis.



a



b

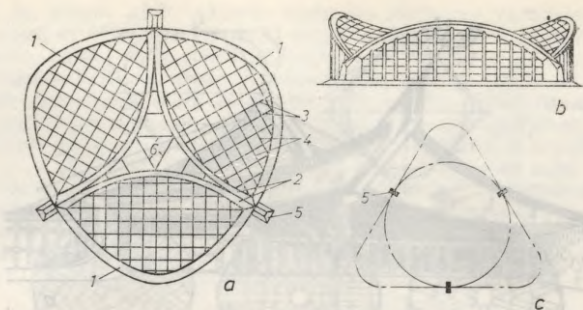


c

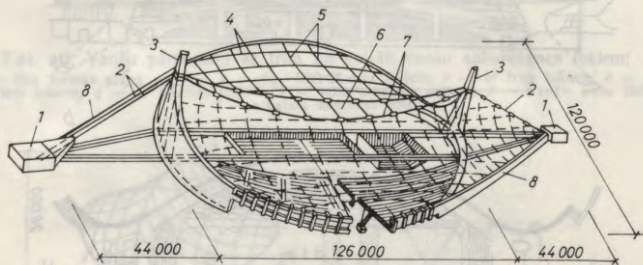
7.33. att. Hokeja stadions (ASV, 1958. g.):

a — kopskats; b — garengriezums; c — stāva pārseguma plānu daļas.

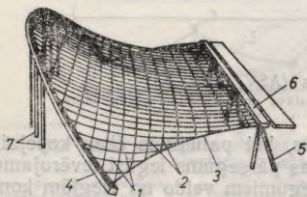
izliekumu, spriegumi tajās samazinās, bet palielinās ēkas kopējais apjoms. Pēc vanšu sietu uzspriegšanas pārsegums iegūst ievērojamu stingumu. Jūmta klājus šādiem pārsegumiem veido no vieglām konstrukcijām, tāpat kā divjoslu vanšu sistēmām (sk. 7.20. att.).



7.34. att. Vanšu pārsegums no trim savstarpēji saistītiem loku pāriem:
a — pārseguma plāna shēma; *b* — fasāde; *c* — iespējamās plāna formas; 1 — ārējie loki; 2 — iekšējie loki; 3 — nesošās vantis; 4 — savelkošās vantis; 5 — loku atbalstu pamati; 6 — iekšējo loku savstarpējās saites.

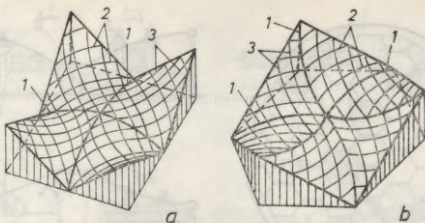


7.35. att. Konstruktīvā pārseguma un plānojuma shēma Olimpiskajam peldbaseinam Tokijā (Japāna):
 1 — enkurpamati; 2 — atsaites; 3 — piloni; 4 — savelkošās vantis; 5 — nesošās vantis; 6 — virsgaismā; 7 — galvenās vantis; 8 — dzelzsbetona atbalsta kontūra.



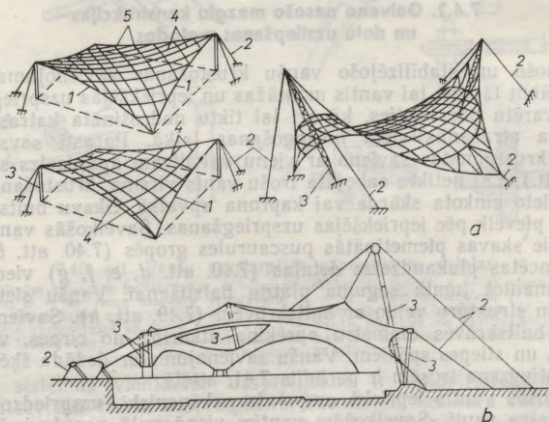
7.36. att. Vanšu pārsegumu shēma ar vienu enkurbloku:

1 — nesošās vantis; 2 — savelkošās vantis; 3 — savācēja enkurtirose; 4 — loks; 5 — rāmji; 6 — enkursija; 7 — atsaites.



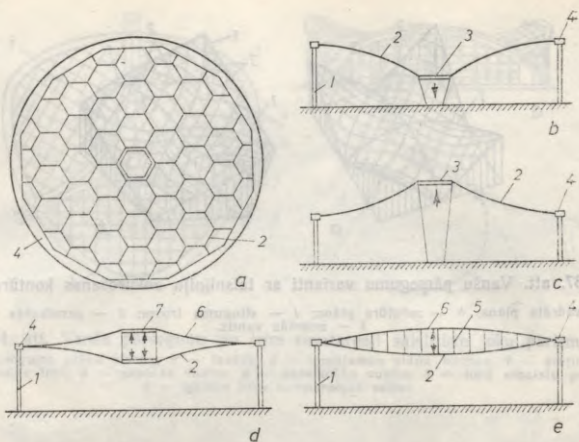
7.37. att. Vanšu pārsegumu varianti ar taisnlīniju enkurošanas kontūru:

a — kvadrāta plāns; b — sešstūra plāns; 1 — stinguma troses; 2 — savelkošās vantis; 3 — nesošās vantis.



7.38. att. Vanšu pārsegumi ar lokanu atbalsta kontūru:

a — varianti; b — Olimpiskais peldbaseins Minhenē (Vācijā); 1 — trošu kontūra; 2 — atsaites; 3 — atbalsta kolonnās; 4 — nesošās vantis; 5 — savelkošās vantis.



7.39. att. Vanšu pārsegumu veidi ar sešstūru vanšu struktūras sietu:

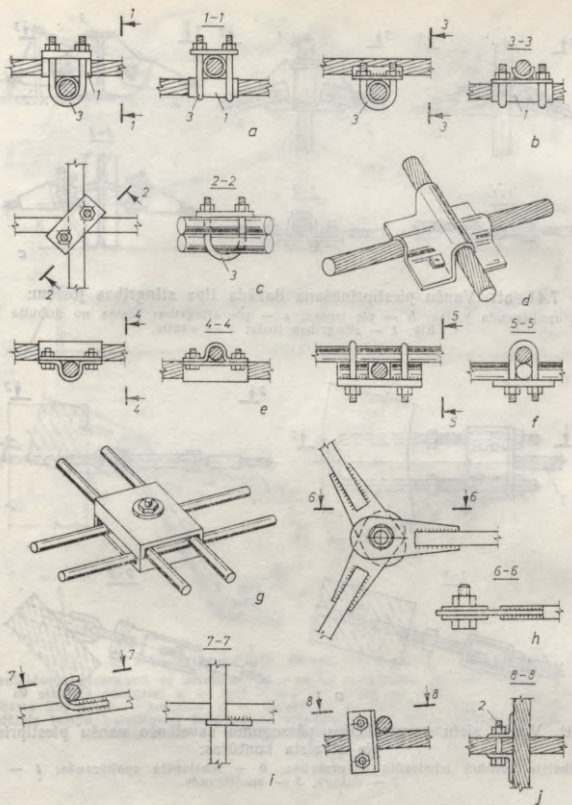
a — plāns; *b* — vienjoslas pārsegums ar iekšējo lietus ūdens novadīšanu; *c* — ar ārējo lietus ūdens novadīšanu; *d* — divkārtu pārsegums ar centrālo vanšu enkurošanas gredzenu; *e* — divkārtu pārsegums ar statņu sistēmu starp nesošajām un savelkošām vantīm; 1 — kolonnas; 2 — vanšu siets; 3 — iekšējais atbalsts ar vanšu enkurgredzenu; 4 — ārējā gredzenkontūra; 5 — statņi; 6 — savelkošais siets; 7 — centrālais enkurgredzens.

7.4.2. Galveno nesošo mezglu konstrukcijas un sietu uzstipšanas metodes

Nesošo un stabilizējošo vanšu krustošanās savienojuma mezglam jābūt tādām, lai vantis montāžas un iepriekšējās uzspriegšanas laikā varētu pārvietoties, kā arī lai tiktu nodrošināta katras vantis noteikta atrašanās vieta noslogošanas laikā. Parasti savstarpēji vantis krustpunktos savieno ar vienu vai divām apaļdzelzs skavām (7.40. att.). Lai netiktu sabojāta trošu vantis virsma, krustošanās vietas ievieto cinkota skārda vai kaprona apvalkā. Skavu bultskrūves pilnīgi pievelk pēc iepriekšējās uzspriegšanas. Savelkošās vantis novieto pie skavas piemetinātās puscaurules gropēs (7.40. att. *b*).

Stancētas plakandzelzs detaļas (7.40. att. *d*, *e*, *f*, *g*) vienlaikus var izmantot jumta seguma plātņu balstīšanai. Vanšu sieta sešstūrainu struktūru veido ar bultskrūvēm (7.40. att. *h*). Savienojumu vietās bultskrūves diametru aprēķina atkarībā no cirpes, vietējās spiedes un stiepes spēkiem. Vanšu savienojums ar dažāda šķērsgrīzuma stinguma trosēm ir parādīts 7.41. attēlā.

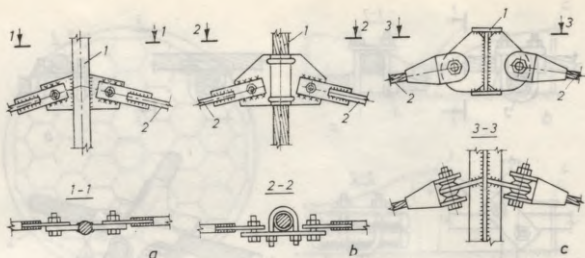
Nesošās vantis iepriekš uzspriedz pakāpeniski, uzspriedzot atsevišķi katru vanti. Savelkošām vantīm vienā galā paredz ierīci mehāniskai uzspriegšanai ar uzgriežņu atslēgu (7.42. att.) vai domkratu. Vantis, kurām kontrolē spriegumus, uzstiepj ar tarētu uzgriežņu atslēgu vai hidraulisku domkratu. Izmantojot dinamometriskas atslēgas, var uzspriegt vanti ar spēku līdz 350 kN. Visas



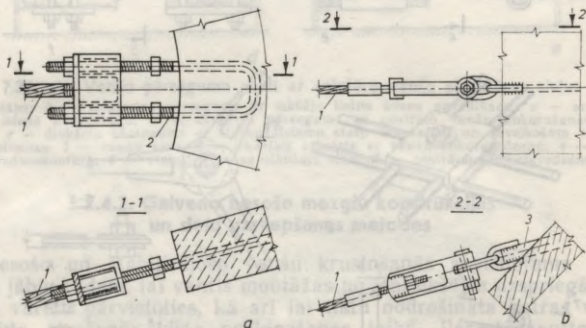
7.40. att. Vanšu savstarpējās stiprināšanas detaļas:

a — ar divām cilpveida bultskrūvēm; *b* — ar bultskrūvi un šerīvi; *c* — ar vienu cilpveida bultskrūvi; *d* — ar vienu štancētu veidgabalu; *e* — ar diviem uzliktņiem; *f* — ar divām cilpveida bultskrūvēm un starpliku; *g* — ar uzliktņiem un vienu bultskrūvi; *h* — sešstūra vanšu sieta savienojums ar vienu bultskrūvi; *i* — vanšu fiksators no apalērauda; *j* — fiksators no leņķtērauda; *1* — cinkotas caurules vai kaprona uzdeva; *2* — bultskrūvju savilces; *3* — cilpveida bultskrūve.

vanšu sistēmas vienlaikus uzspriegšana ir industriālāka metode nekā atsevišķu vanšu uzspriegšana. Piemēram, sešstūra vanšu sieta ceļot uz augšu vai velkot uz leju, ar vidējā centrālā elementa palīdzību var uzspriegt vienlaikus visu pārseguma vanšu sistēmu. Nepieciešams atzīmēt, ka vienlaikus vanšu uzspriegšanas paņēmieni var lietot tikai tad, ja sieti ir izveidoti ar precīzu projekta vanšu garumu.



7.41. att. Vanšu piestiprināšana dažāda tipa stingribas joslām:
a — pie apaļtērauda joslās; *b* — pie troses; *c* — pie stingribas joslās no dubulta T profila; 1 — stingribas josla; 2 — vantis.



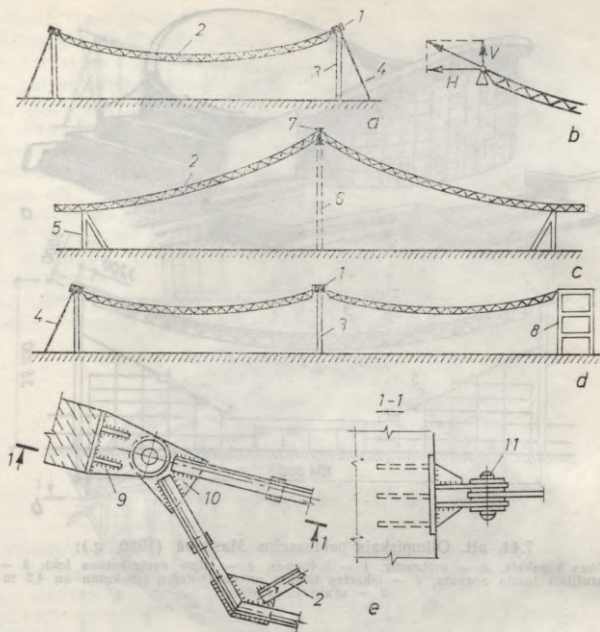
7.42. att. Vanšu sietu konstrukcijas pārsegumu saveldošo vanšu piestiprināšana pie atbalsta kontūras:

a — atbalsta kontūrā iebetonēta enkurskrūve; *b* — iebetonēts apaļtērauds; 1 — vantis; 2 — enkurs; 3 — apaļtērauds.

7.5. Iekārtās sijas un kopņu pārsegumi

Iekārtās sijas vai kopnes izmanto kā stingas vantis vieglu jumta konstrukciju stabilizācijai. Šī konstruktīvā sistēma ir starpvariants starp iekārtu čaulu un membrānu pārsegumiem. Šo pārseguma konstrukciju priekšrocība ir tā, ka var izmantot lietu tērauda profilu, kā arī tās ir vienkārši izgatavot un montēt.

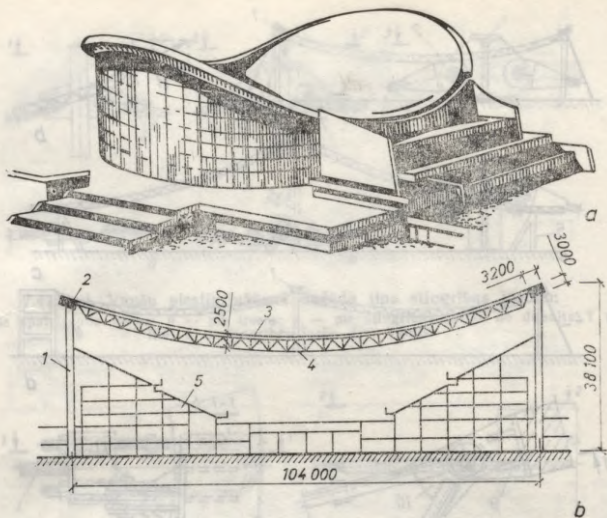
Iekārtās sijas vai kopnes var novietot paralēli vai radiāli. No tām var izveidot dažādas jumta pārseguma formas kā sabiedriskajām, tā arī sporta un rūpniecības ēkām. Dažas piekārto kopņu pārseguma konstrukciju shēmas ir parādītas 7.43. attēlā. Kopņu augstumu pieņem $1/40 \dots 1/60$ no pārseguma laiduma. Iekārtās sijas



7.43. att. Iekārto kopņu pārsegumi:

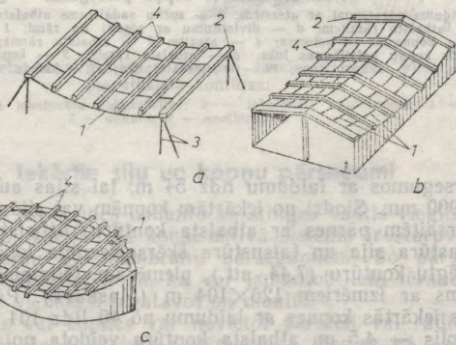
a — vienlaiduma pārsegumi ar atsaitēm; *b* — spēku sadalījums atbalsta mezglā; *c* — divlaidumu ar atbalsta rāmjem; *d* — divlaidumu ar atsaiti un rāmi; *1* — borta elements; *2* — iekārta kopne; *3* — kolonna; *4* — atsaitē; *5* — atbalsta rāmis; *6* — loka balsts; *7* — vidējais kopņu balstīšanas loks; *8* — atbalsta rāmis; *9* — kopnes piestiprināšanas enkursplātnes; *10* — kopnes starplika; *11* — kniede.

lieto pārsegumos ar laidumu līdz 54 m, lai sijas augstums nepārsniegtu 900 mm. Slodzi no iekārtām kopnēm vai sijām uz kolonnām un enkursaitēm pārnes ar atbalsta kontūru. Atbalsta kontūra var būt taisnstūra sija un taisnstūra šķērsgriezuma loki ar apaļu vai ovālu slēgtu kontūru (7.44. att.), piemēram, Olimpiskā peldbaseina pārsegums ar izmēriem 126×104 m (Maskavā). Pārsegumam izmantotas iekārtās kopnes ar laidumu no 40 līdz 104 m (7.44. att.), kopņu solis — 4,5 m, atbalsta kontūra veidota no diviem dzelzsbetona lokiem ar 110 m laidumu. Lokī novietoti 30° leņķī pret horizontālo plakni, un tos balsta uz kolonnām, kuras novietotas aiz skatītāju tribinēm.



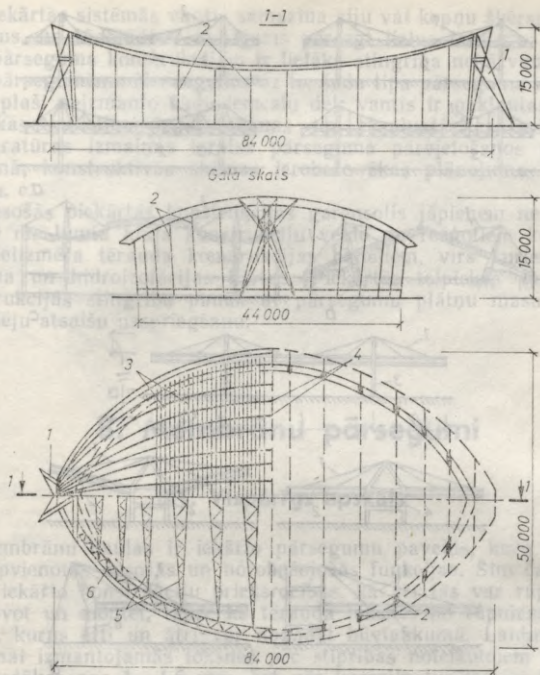
7.44. att. Olimpiskais peldbaseins Maskavā (1980. g.):

a — ēkas kopskats; *b* — griezum; 1 — kolonnas; 2 — slīpie dzelzsbetona loki; 3 — cin-kots profilēts jumta segums; 4 — iekārtas kopnes ar parabolisku ieliekumu un 4,5 m soli; 5 — skatītāju tribīnes.



7.45. att. Kombinētās vanšu pārsegumu sistēmas dažādas formas ēkām (plānā):

a — vantis ēkas šķērsvirzienā; *b* — vantis ēkas garenvirzienā; *c* — līklniju plāna forma; 1 — nesošās vantis; 2 — borta elements; 3 — rāmis; 4 — noslodzes sija vai kopne.

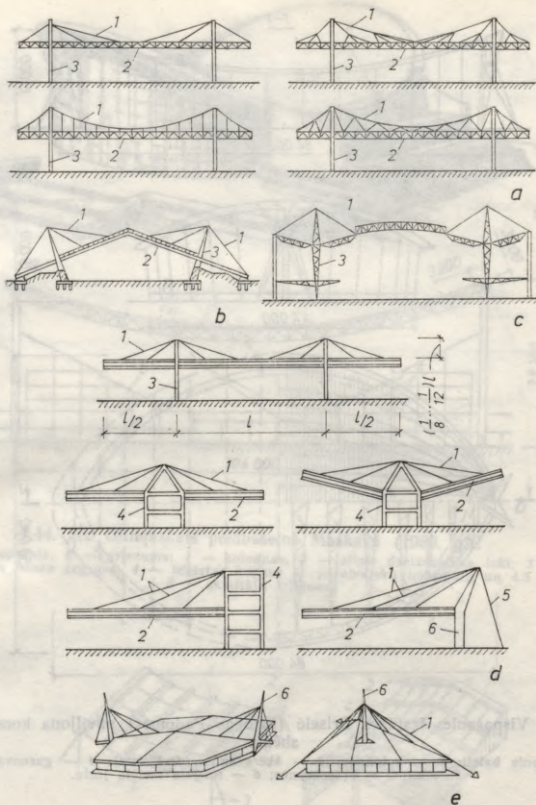


7.46. att. Vispasaules izstādes Briselē (Eiropas Padomes) paviljona konstruktīvā shēma:

1 — galvenie balsti; 2 — kolonnas; 3 — šķērsvantis ($d=5$ mm); 4 — garenavtis ($d=30$ mm); 5 — šķērskopnes; 6 — režģota metāla josla.

7.6. Kombinētās un piekārtās pārseguma konstrukcijas

Kombinētās pārseguma konstrukcijas sastāv no lokanām vantīm un stingrēm elementiem, kuri, kopā darbojoties, viens otru atvieglo. Stingros pārseguma elementus (sijas vai kopnes) novieto perpendikulāri vantīm (7.45. att.). Šāda konstruktīvā pārseguma shēma stabilizē pārseguma formu un vienmērīgi sadala slodzi pa nesošām vantīm. Ēka plānā var būt gan taisnstūra (7.45. att. a, b), gan arī liklīniju formas (7.45. att. c, 7.46. att.). Šādu pārsegumu stabilizāciju nodrošina ar siju vai kopņu, jumta klāja, siltuma un hidro-



7.47. att. Piekārtā pārseguma konstrukciju shēmas:

a — dažādas piekaru sistēmas shēmas; b — ziemas Olimpiskā stadiona pārseguma šķēsgriezuma shēma (ASV, 1960. g.); c — PSRS izstāžu paviljona šķēsgriezuma shēma Briselē (1958. g.); d — divjoslu un vienkonsoles sistēmas varianti; e — telpiskas piekārtas konstrukcijas shēmas; 1 — atsaites; 2 — kopne vai sija; 3 — balsti; 4 — rāmis; 5 — enkursaites; 6 — galvenais balsts-pilons.

izolācijas kārtu masu, kuras pastāvīgā ietekme uz vantīm nodrošina tām nemainīgu darbības stāvokli.

Piekārtās pārseguma konstrukcijas sastāv no stingas pārseguma konstrukcijas un ārējām vantīm, kuras nostiprinātas kolonnās vai pilonos. Šādiem pārsegumiem ir dažādi konstruktīvie risinājumi (7.47. att.).

Piekārtās sistēmās vantis samazina siju vai kopņu šķērsriezuma izmērus, un tādējādi ir iespējams pārsegt lielus laidumus. Piekārtām pārseguma konstrukcijām ir lielāka stingrība nekā vanšu sistēmas pārsegumiem. Neraugoties uz to, šāda tipa pārseguma konstrukcijas plaši neizmanto šādu iemeslu dēļ: vantis ir pakļauts korozijai, kas palielina izgatavošanas un ekspluatācijas izdevumus; temperatūras izmaiņas izraisa pārseguma pārvietošanos vertikālā virzienā; konstruktīvās shēmas ierobežo ēkas plānojuma risinājumus u. c.

Nesošās piekārtās konstrukcijas garensolis jāpieņem ne mazāks kā 10 m. Jumta klāja konstrukciju veido no režģotiem kopturiem vai lielizmēra tērauda konstrukcijas paneļiem, virs kuriem veido siltuma un hidroizolācijas kārtas. Piekārtās telpiskās pārseguma konstrukcijās stingrību panāk ar pārsegumu plātņu masu vai iepriekšēju atsaīšu uzspriegšanu.

8. Membrānu pārsegumi

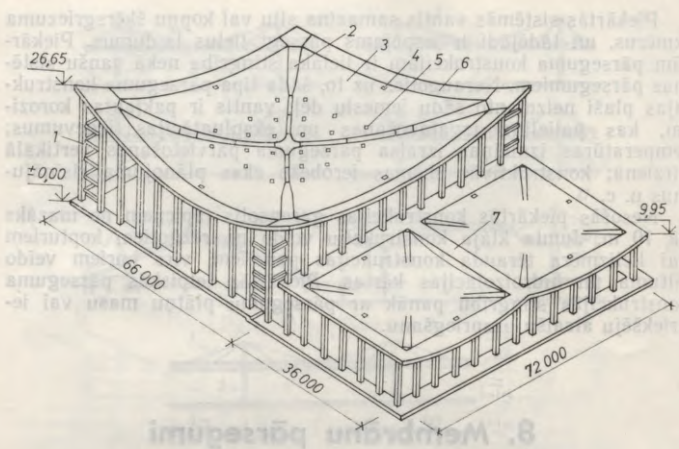
8.1. Vispārīgs apskats

Membrānu čaulas ir iekārto pārsegumu paveids, kurā izdevīgi tiek apvienotas nesošās un norobežojošās funkcijas. Šīm čaulām ir visas iekārto konstrukciju priekšrocības, kā arī tās var rūpnieciski izgatavot un montēt, tāpēc ka tērauda loksnes no rūpnīcas saņem ruļļos, kurus ērti un ātri var nogādāt būvlaukumā. Laidumu pārsegšanai izmantojamās loksnes pēc stiprības noteikumiem nedrīkst būt biezākas par 1...1,5 mm, bet pēc korozijnoturības — biezākas par 3...4 mm. Ja membrānu pārsegumos lieto loksnes no alumīnija sakausējuma, tad tās biežumu pieņem tikai atkarībā no metāla stiprības.

Membrānu čaulu pārsegumu forma ir ļoti dažāda, un tā ir analoģiska iekārto čaulu vai vanšu sietu pārsegumu formai. Membrānu čaulu izlieci rekomendē pieņemt $1/15 \dots 1/25$ no pārseguma laiduma. Membrānu pārsegumos atbalsta kontūras konstruktīvie risinājumi ir līdzīgi vanšu sistēmas pārsegumiem.

8.2. Membrānu stabilizācija

Membrānu čaulu projektēšanā galvenā ir pārseguma virsmas stabilizācija, tāpēc ka tērauda vai alumīnija loksņēm praktiski nav pretošanās spējas lieci. Lai nodrošinātu membrānu pārsegumu stingumu, nepieciešams lietot kādu no turpmāk minētajiem konstruktīvajiem risinājumiem.

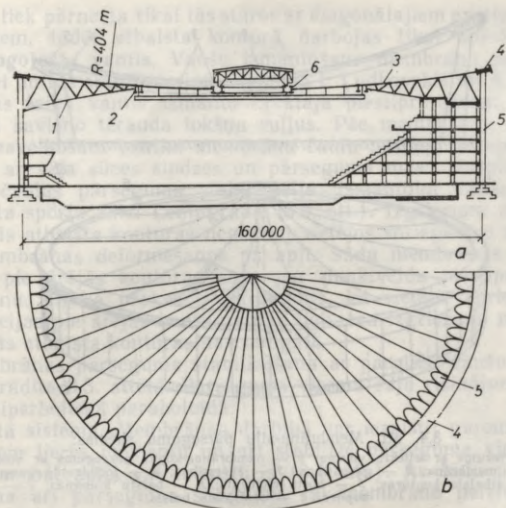


8.1. att. Universālā sporta zāle 5000 skatītājiem Izmailovā (Maskava, 1980. g.):
 1 — stūru kolonnu savstarpējās saites; 2 — diagonālās pastiprinājuma joslas no 20 mm biežām tērauda loksņēm; 3 — membrāna no 2 mm bieža nerūsējoša tērauda loksņēm; 4 — lietus ūdens notekcaurulu piltuves; 5 — virsgaismas; 6 — dzelzsbetona kontūra; 7 — tērauda kontūra.

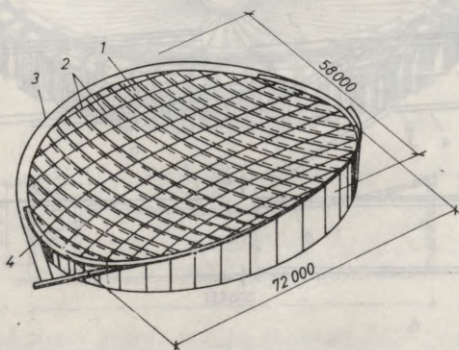
Pārseguma noslodze. Šādu metodi pārseguma stabilizēšanai lietderīgi lietot membrānu pārsegumos, kuru prototips ir iekārto čaulu pārsegumi ar radiālām vai paralēlām vantīm (sk. 7.3.; 7.5. att.). Dotajā gadījumā par noslodzi izmanto siltuma izolācijas masu, kuru var veidot no atsevišķām plātnēm vai monolīta vieglbetona slāņa, Galvenais noteikums pārseguma stabilizācijas nodrošināšanai ir tas, ka pārseguma masai jābūt lielākai par vēja sūces spēkiem. Par pārseguma noslodzi var izmantot arī centrālā enkurgredzena, aerācijas virsgaismas, inženieriekārtu un ūdens novadišanas sistēmu masas.

Siltuma izolācijas slāņa radīto stabilizācijas efektu var palielināt, ja vieglbetona plātņu izolāciju liek ar 12 cm spraugām, kuras aizbetonē ar briestošā cementa javu. Plātņu un spraugu izmērus nosaka atkarībā no iepriekšējā uzsprieguma lieluma.

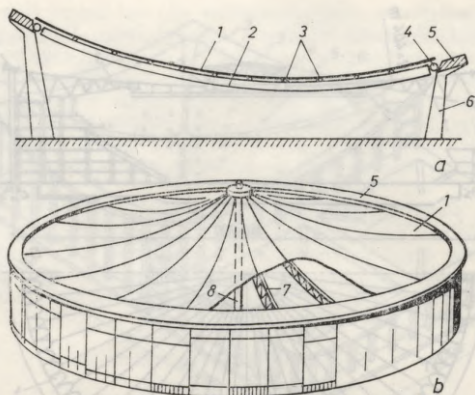
Konstruktīvais risinājums membrānu pārsegumam ar stabilizējošo noslodzi parādīts 8.1. attēlā (universālā sporta zālei Izmailovā Maskavā; celta 1980. gadā Olimpiskajām sporta spēlēm). Visa pārseguma membrāna izgatavota no 2 mm biežām nerūsējošā tērauda loksņēm. Noslodzei un pārseguma stabilizācijai ir paredzēta 15 cm bieža putu betona siltumizolācija ar stiegrota cementa izlīdzinošo kārtu, virs kuras atrodas hidroizolācija no stikla auduma staniola un sintētisko sveķu kārtām. Slodze no membrānas uz atbalsta



8.2. att. Membrānas pārseguma shēma zālei ar 25 000 skatītāju vietām Ļeņingradā:
a — zāles šķērsgriezums; *b* — pārseguma plāns; 1 — radiālas vanšu kopnes; 2 — vidējais tērauda gredzens ar diametru 72 m; 3 — sfēriska 6 mm bieža tērauda lokšņu membrāna; 4 — saliekami monolīta dzelzsbetona kontūra (5×1,05 m); 5 — eliptiski izgriezumi membrānā pie atbalsta kontūras vietējo spriegumu novēršanai.

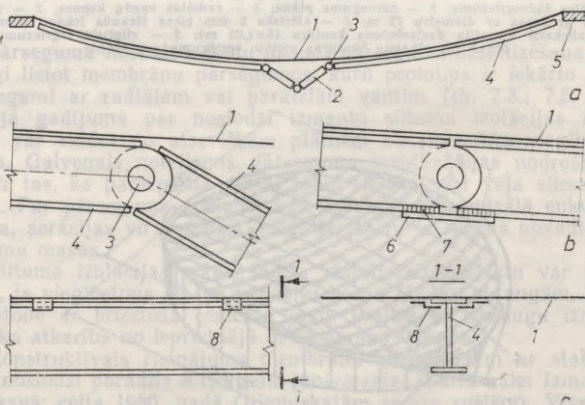


8.3. att. Membrānas pārseguma konstruktīvā shēma slidotavai Minskā:
 1 — membrāna no 63 cinkota 1,5 mm biežām tērauda loksnēm; 2 — stabilizējošās vantis no 22 mm diametra cinkotām trosēm ar soli 2 m; 3 — lēzeni dzelzsbetona loki; 4 — loku savstarpējā saite un ārējā kontūra.



8.4. att. Membrānu-siju pārsegumu shēmas:

a — šķērsriezums ar ielektu virsmu; *b* — membrānas-kopņu pārsegums ar vidējo centrālo balstu; 1 — membrāna; 2 — garenribas; 3 — šķērsribas; 4 — lociklveida garenribu savienojums pie atbalsta kontūras; 5 — borta elements; 6 — balstu kolonnas; 7 — meridiānās kopnes; 8 — centrālais balsts.



8.5. att. Membrānas čaulas stabilizācija, iepriekš uzspriedzot garenribas:

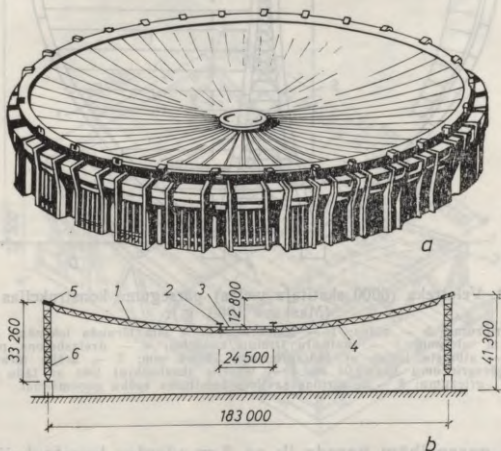
a — šķērsriezuma shēma; *b* — garenribas locikļa pirms un pēc membrānas uzspriegšanas; *c* — ribas savienojums ar membrānu; 1 — membrāna; 2 — ribas locikļa pāris; 3 — locikļa; 4 — garenriba no dubulta T profila; 5 — borta elements; 6 — montāžas uzliktnis; 7 — metinājuma šuve; 8 — fiksatori.

kontūru tiek pārnesta tikai tās stūros ar diagonālajiem pastiprinājuma elementiem, tādēļ atbalsta kontūrā darbojas tikai spiedes spēki.

Noslogojošās vantis. Vanšu izmantošanu membrānu pārsegumu noslodzei un tās stabilizācijai ierosināja I. Ļudkovskis un Ā. Ivanovs. Montāžas laikā vantis izmanto tā klāja piestiprināšanai, uz kura attin un savieno tērauda lokšņu rullļus. Pēc membrānas izveidošanas ar savelkošām vantīm membrānu čaulu uzstiepj ar spēku, kurš vienāds ar vēja sūces slodzes un pārseguma masu starpību. Membrānas čaulas pārseguma stabilizācija, izmantojot vanšu kopnes, izmantota sporta zālei Ļeņingradā (8.2. att.). Izgriezumi membrānā pie ārējās atbalsta kontūras nepieļauj vietējos spriegumus un nodrošina membrānas deformēšanos pa apli. Šādu membrānas piestiprināšanu pie ārējās kontūras sauc par punktveida piestiprināšanas paņēmieni. Tā kā praksē ir pārbaudīts, ka vietējie spriegumi un deformācijas pie ārējās kontūras nav lieli, tad izgriezumi membrānā pie ārējās atbalsta kontūras nav obligāti.

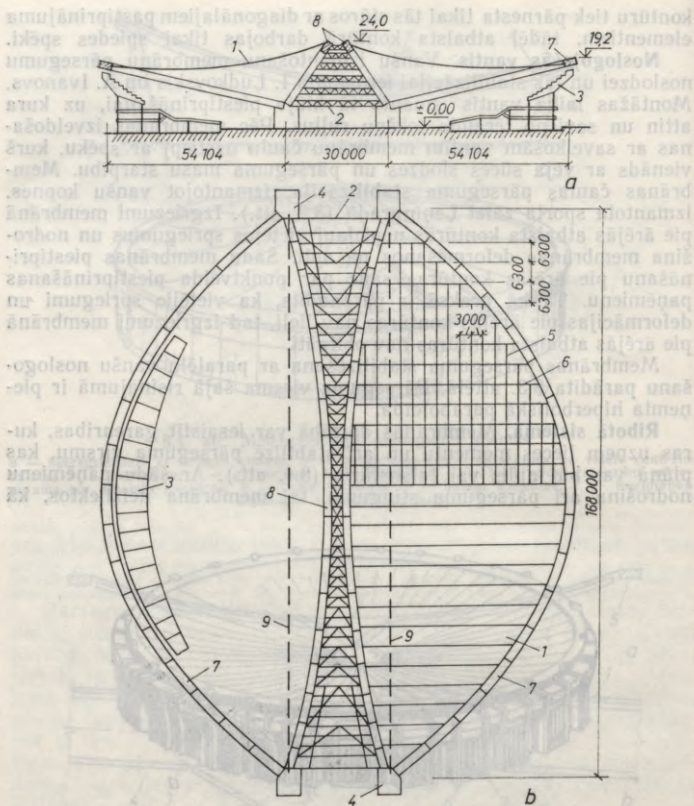
Membrānas pārseguma stabilizēšana ar paralēlu vanšu noslogošanu parādīta 8.3. attēlā. Pārseguma virsma šajā risinājumā ir pieņemta hiperboliskā paraboloidā.

Ribotā sistēma. Membrānas darbībā var iesaistīt garenribas, kuras uzņem lieces momentu un arī stabilizē pārseguma virsmu, kas plānā var būt aplis vai taisnstūris (8.4. att.). Ar šādu paņēmieni nodrošina arī pārseguma stingumu, lai membrāna neizliektos, kā



8.6. att. Universāls slēgts stadions ar 45 000 skatītāju vietām Maskavā (1980. g.):

a — kopskats; *b* — griezuma shēma; 1 — membrāna no 5 mm tērauda loksnēm; 2 — centrālais gredzens 30×24,5 m; 3 — plātne tehnoloģiskajām iekārtām; 4 — radiālās iekārtas kopnes; 5 — monolīts dzelzsbetona ārējais gredzens (5×1,75 m); 6 — pa perimetru izvietotas kolonnas ar soli 20 m.



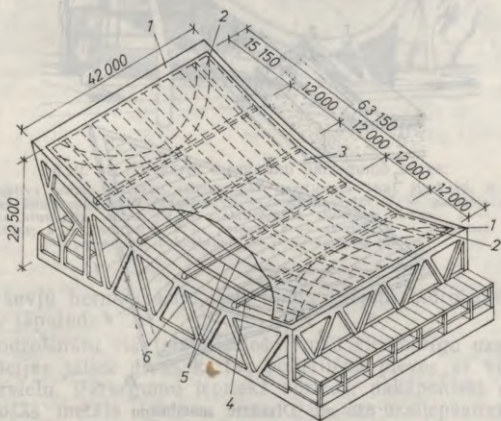
8.7. att. Velotreka (6000 skatītāju vietas) pārseguma konstrukcijas shēma (Maskavā 1980. g.):

a — šķērsgriezums; *b* — plāns; 1 — membrāna no 4 mm tērauda loksņēm; 2 — kopnes ar 3...26 m laidumu; 3 — skatītāju tribīnu konsoles; 4 — dzelzsbetona pamati; 5 — kopturi; 6 — atbalsta joslas ar šķērsgriezumu 750×6 mm; 7 — ārējie tērauda loki ar kastveida šķērsgriezumu 3,04×2,04 m; 8 — iekšējie (bezlociklu) loki ar tādu pašu šķērsgriezumu; 9 — zemgrīdas savilces balstbīdes spēku uzņemšanai.

arī starp garenribām paredz ik pa 3 m viegļas konstrukcijas šķērsribas. Garenribas kopā ar membrānu darbojas kā stinguma saites. Garenribu ieliekumu veido kvadrātparabolisku. Ribas var būt gan sijas, gan arī kopnes ar šķērsgriezuma augstumu 1/70...1/90 no laiduma.

Lai samazinātu garenribu šķērsgriezumu, membrānas var arī stabilizēt, iepriekš tās uzstiepjot. Šim nolūkam garenribās paredz divus locīklas savienojuma veidgabalus (8.5. att.). Šādas sistēmas ribots membrānas pārsegums ir izveidots Maskavas universālajam slēgtajam stadionam ar eliptisku formu plānā un izmēriem 224×183 m (8.6. att.).

Seglveida forma ar pastipriņošiem elementiem. Pārsegumu var stabilizēt, veidojot membrānas ar seglveida virsmu un speciāliem pastipriņošiem elementiem. Šāda tipa membrānu pārsegums tika izmantots Olimpiskajam velotrekam Krilatskā (Maskava). Velotreka konstruktīvā pārseguma shēma ir parādīta 8.7. attēlā. Pārseguma virsma veidota no divām hiperboliskām paraboloida virsmām, un plānā tai ir elipses forma ar izmēriem 168×138 m. Membrānas montēja uz tērauda konstrukcijas joslu un pasiju režģa ar izmēriem $6,3 \times 3$ m. Slodzes ietekmē membrānā galvenokārt darbojas stiepes spēki. Ēkas garenass virzienā novietotās pasijas ar soli 3 m nepieļauj membrānas ieliekšanos starp 6,3 m attālumā novietotajām atbalsta joslām. Ārējo un iekšējo atbalsta kontūras loku veido no tērauda vai dzelzsbetona konstrukcijām. Ārējie loki ēkas galos balstās uz pamatiem brīvi ar locīklu savienojumu, bet vidējie loki pamatos ir iespīlēti. Zem velotreka novietotās tērauda savilces uzņem pārseguma balstbīdī, kas neļauj loku pamatiem pārvietoties ēkas garenass virzienā.



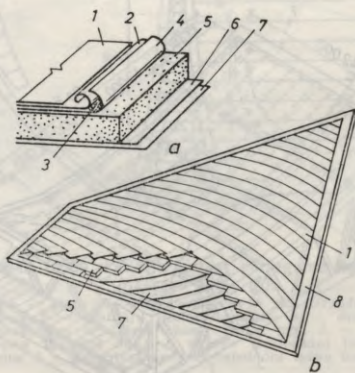
8.8. att. Membrānas pārseguma konstruktīvā shēma Ļeņina sporta pilij Frunzē:

1 — dzelzsbetona josla membrānas enkurošanai; 2 — membrānas pastiprinājuma loki no 20 mm tērauda loksnēs; 3 — membrāna no 2 mm biežām nerūsējošā tērauda loksnēm; 4 — šķērsribas ar metinātu dubulta T šķērsgriezumu (1×1 m); 5 — garenribas no U profila Nr. 27 ar soli 3 m; 6 — slīpas dzelzsbetona kolonnas, kuras var uzņemt gan spiedes, gan arī stiepes spēkus.

Membrānas noslogošana ar šķērsribām. Membrānas pārsegumus ar cilindriski ieliektu virsmu var stabilizēt, lietojot šķērsribas, tāpat kā kombinētajos vanšu pārsegumos (sk. 7.45. att.). Iepriekš membrānas var uzspriegt ar šķērsribām, kuru galus noenkuro ar enkurskrūvēm pamatos vai pie statņiem. Pēc membrānas pārseguma uzspriegšanas tās virsma iegūst prizmatisku konfigurāciju. Ēkas šķērsvirzienā membrāna kopā ar šķērsribām nedaudz izliecas, tādējādi ir iespējams lietot ūdeni novadīt no jumta. Šī paņēmiena trūkums ir tas, ka lieliem laidumiem šķērsribu izveidošanai ir nepieciešams daudz metāla.

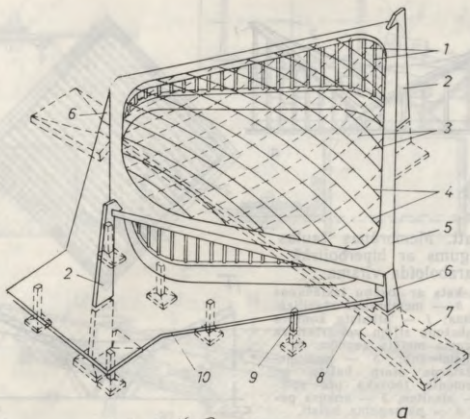
Sāds membrānu pārseguma konstruktīvais risinājums izmantots Ļeņina sporta pils pārsegumam Frunzē (8.8. att.). Šajā pārseguma konstrukcijā bez šķērsribām ir novietotas arī garenribas no dubulta T profila (Nr. 27) un soli 3 m. Garenribas papildus stabilizē membrānu ēkas garenvirzienā, kā arī tās izmanto kā pasijas tērauda lokšņu uzklāšanai un montāžai.

Divkārtu membrāna. Membrānu čaulu ar hiperboliska paraboloīda virsmu iepriekš var saspriegt, atbalsta kontūrai pievelkot stabilizējošu lenti. Membrānu veido no divām tērauda vai alumīnija lokšņu kārtām, starp kurām izvietotas hidroizolācijas un siltuma izolācijas kārtas. Metāla loksnes ir novietotas savstarpēji perpendikulāri un sakrīt ar virsmas izliekumiem (8.9. att.). Ja stabilizējošās alumīnija loksnes novieto ar savstarpēju pārlaidumu un



8.9. att. Divkārtu membrānu konstrukcijas:

a — siltā jumta izveidošana; *b* — kopējā pārseguma shēma ar kvadrāta plānu; 1 — stabilizējošās tērauda lentes; 2, 4 — polietilēna plēves; 3 — ziežviela; 5 — siltuma izolācijas kārtas; 6 — tvaika izolācijas kārtas; 7 — nesošā tērauda lokšņu membrāna; 8 — dzelzsbetona vai tērauda atbalsta kontūra.

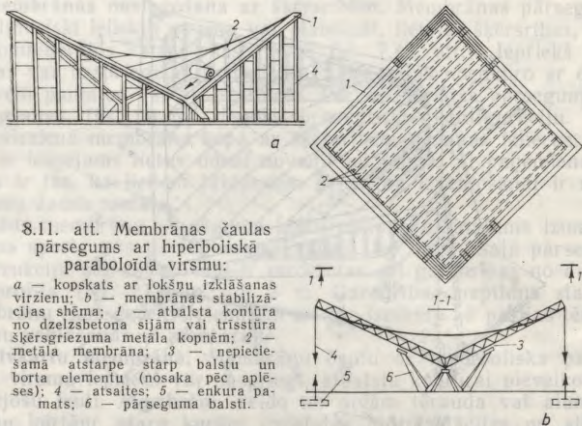


8.10. att. Divkārtu membrānu pārsegumu būves:

a — konstruktīvā shēma «Medību saimniecība» paviljonam TSSI Maskavā; *b* — kopskats stomatoloģijas konferenču zālei Maskavā; 1 — enkuru statņi; 2 — galvenie stūra balsti; 3 — nesošās alumīnija lentes; 4 — stabilizējošās alumīnija lentes; 5 — dzelzsbetona atbalsta kontūra; 6 — kontrforsī; 7 — pamati; 8 — savilce; 9 — kolonnas pirmā stāva pārseguma balstīšanai; 10 — pārseguma plātne.

kaučuka šuvju hermetizāciju, tad jumta klājam hidroizolācijas segums nav jāparedz.

Lai nodrošinātu visu stabilizējošo lenšu vienmērīgu uzstiepšanu, virs izolācijas jāliek divas kārtas polietilēna plēves ar vidū ievietotu smērvielu. Pārsegumu iepriekš spriedz, pakāpeniski uzstiepjot stabilizējošās metāla loksnes, kuru gali ar uzstiepšanas iekārtu noenkuroti atbalsta kontūrā. Šāda tipa divkārtu membrānu pārseguma konstrukcija ir izmantota paviljona «Medību saimniecība» (izmēri 46,5×46,5 m plānā) pārsegšanai TSSI Maskavā un Maskavas stomatoloģijas institūta konferenču zālei (elipses forma plānā un izmēri 26×22 m; 8.10. att.).



8.11. att. Membrānas čaulas pārsegums ar hiperboliska paraboloida virsmu:

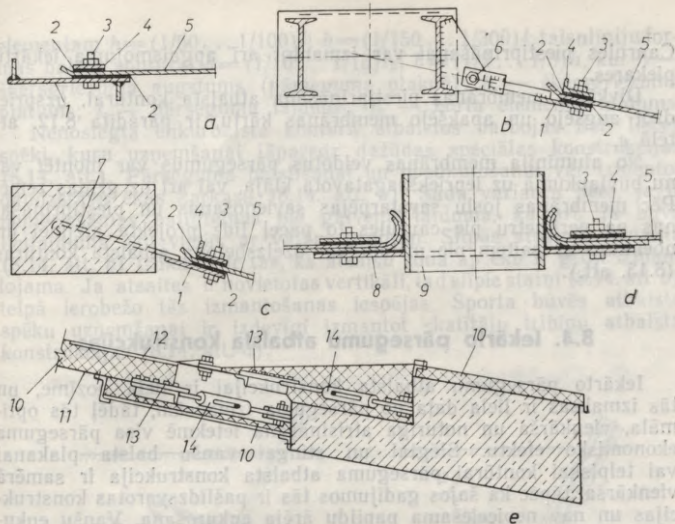
a — kopskats ar lokšņu izklāšanas virzienu; *b* — membrānas stabilizācijas shēma; 1 — atbalsta kontūra no dzelzsbetona sijām vai trīsstūra šķērsgriezuma metāla kopņēm; 2 — metāla membrāna; 3 — nepieciešamā atstarpe starp balstu un borta elementu (nosaka pēc aplēses); 4 — atsaites; 5 — enkura pamats; 6 — pārseguma balsti.

Membrānas uzspriegšana, pārvietojot kontūras stūrus. Kvadrātveida ēkām plānā membrānas var stabilizēt, atbalsta kontūras divu slīpi novietoto rāmju apakšējos galus brīvi balstot uz pamata, bet augšējos ar saitēm piestiprinot pamatiem. Ar šo saišu palīdzību var pārvietot rāmja augšējos stūrus uz leju, tādējādi stabilizējot (uzstiepjot) membrānu. Metāla lokšnes klāj paralēli rāmja malai. Montē, iekarot atbalsta kontūrā pārvietojamu tiltu, kura platums atbilst montējamo lokšņu platumam. Šādi pārseguma virsmai ir hiperbolas paraboloida forma. Konstruktivais risinājums un membrānas čaulas uzspriegšanas shēma ir parādīta 8.11. attēlā.

8.3. Membrānu pārsegumu stiprinājumu detaļas

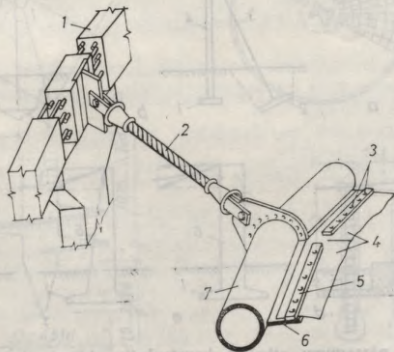
Membrānu pārsegumos metāla lentes savstarpēji savieno ar pārlaidumu un nepārtrauktu metinājuma kakta šuvi vai ar punktveida metinājumu (t. s. «elektroknieides»). Lai samazinātu pārseguma montāžas darbietilpību, ir ieteicams rūpnīcā sametināt vairākas lentes, veidojot platas klāja joslas, kuras būvlaukumā savā starpā savieno ar automatizēto metināšanu zem izdedžu slāņa. Membrānu piestiprināšana atbalsta kontūrai ir parādīta 8.12. attēlā *a*, *b* un *c*. Starp uzliktņiem un membrānu jāveido 1 mm bieza epoksīda sveķu un kvarca smilts maisījuma kārtā, kura pastiprina berzi bultu savienojuma vietās un pa visu kontūras savienojuma garumu.

Detaļa lietus ūdens novadcaurules izvadīšanai caur membrānas pārsegumu ir parādīta 8.12. attēlā *d*. Caurules augšējā daļa tiek izvadīta virs siltuma izolācijas slāņa, bet apakšējo daļu lietus ūdens notekcaurulei novieto starp pārseguma un piekārtajiem griestiem.



8.12. att. Membrānas lēņu stiprināšanas detaļas:

a — pie kontūras; *b* — savienojums ārpus kontūras; *c* — tas pats dzelzsbetona kontūrai; *d* — atvēruma izveidošana membrānā; *e* — divkārtu membrānas piestiprināšana dzelzsbetona kontūrai; 1 — apakšējā metāla loksne; 2 — berzes palielināšanas kārtā no epoksīda sveķiem ar kvarca smiltīm; 3 — augstas stiprības bultskrūves; 4 — augšējais uzliktnis; 5 — alumīnija lente; 6 — bultu locikla; 7 — enkurdzelzs; 8 — metāla disks; 9 — caurule; 10 — siltuma izolācija; 11 — nesošā alumīnija lente; 12 — stabilizējošā alumīnija lente; 13 — leņķtērauda uzliktnis; 14 — savilces iekārta.



8.13. att. Membrānas piestiprināšana atbalsta dzelzsbetona kontūrai ar atsaitēm un aptvercauruli:

1 — dzelzsbetona atbalsta kontūra; 2 — trošu saite; 3 — bultskrūves; 4 — alumīnija lentes; 5 — uzliktnis; 6 — caurulei piemetināta membrānas piestiprināšanas tērauda lente; 7 — caurule.

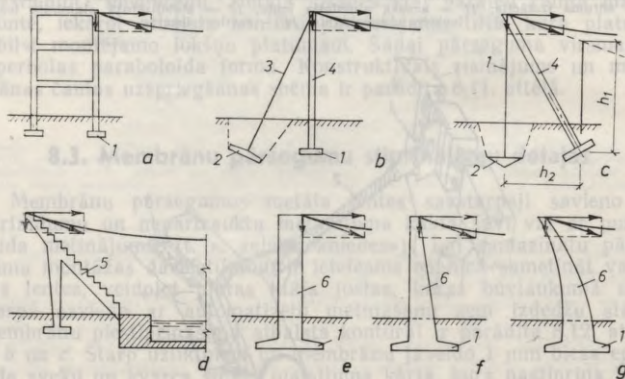
Caurules piestiprināšanai var izmantot arī apgaismojuma iekārtu piekares.

Divkārtu membrānas piestiprināšana atbalsta kontūrai, uzspriedzot augšējo un apakšējo membrānas kārtu, ir parādīta 8.12. attēlā *e*.

No alumīnija membrānas veidotus pārsegumus var montēt vai nu būvlaukumā uz iepriekšsagatavota klāja, vai arī uz grīdas zemē. Pēc membrānas joslu savstarpējas savienošanas un piestiprināšanas pa perimetru pie caurules to pacel līdz projekta atzīmei un noenkuro ar saitēm pie metāla vai dzelzsbetona atbalsta kontūras (8.13. att.).

8.4. Iekārto pārsegumu atbalsta konstrukcijas

Iekārto pārsegumu atbalsta konstrukcijai ir liela nozīme, un tās izmaksas ir liela daļa no pārseguma izmaksām, tādēļ tās optimāla, vienkārša un noturīga atrisināšana ietekmē visa pārseguma ekonomisko efektu. Slēgtai un stingrai vanšu balsta plakanai vai telpiskai kontūrai pārseguma atbalsta konstrukcija ir samērā vienkārša, tāpēc ka šajos gadījumos tās ir pašlīdzsvarotas konstrukcijas un nav nepieciešama papildu ārēja enkurošana. Vanšu enkurošanas kontūras šķērsriezuma izmēri atkarībā no ģeometriskās formas var būt šādi: loku formas balsta kontūras elementiem $h = (1/30 \dots 1/60)l$; $b = (1/3 \dots 1/4)h$; riņķa formas balsta kontūras

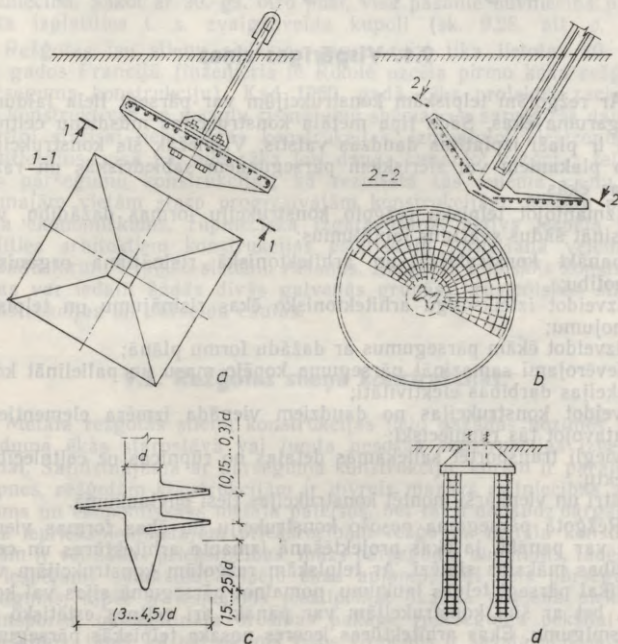


8.14. att. Iekārto pārsegumu atbalsta konstrukciju shēmas, ja atbalsta kontūra nav noslēgta pa pārseguma perimetru:

a — stings rāmis; *b* — ar statni un atsaiti; *c* — ar slīpu statni un vertikālu atsaiti; *d* — ar skatītāju tribīņu balstīšanas konstrukciju; *e*, *f*, *g* — ar dažādas formas piloniem; *1* — pamats; *2* — enkura pamats; *3* — atsaites; *4* — statnis; *5* — monolīta vai saliekama dzelzsbetona skatītāju tribīnes konstrukcija; *6* — dzelzsbetona piloni.

elementam $h = (1/50 \dots 1/100)l$; $b = (1/150 \dots 1/300)l$; taisnliniju formas balsta kontūrai $h = (1/10 \dots 1/15)l_b$; $b = (1/2 \dots 1/3)h$, kur h — šķērsriezuma augstums (pārseguma plaknē); b — šķērsriezuma platums; l — pārseguma laidums; l_b — borta elementa laidums.

Nenoslēgtā enkurbalsta kontūrā atbalstos darbojas lieli lieces spēki, kuru uzņemšanai jāparedz dažādas speciālas konstrukcijas (8.14. att.). Pārseguma balstišanai noenkurošanai var izmantot daudzstāvu ēkas karkasu (8.14. att. a). Šādu variantu lieto, ja ir nepieciešamas palīgtelpas pie galvenā laiduma, kā arī, ja būvē liellaiduma ēku vietās ar vājām gruntīm. Slīpās atsaites varianta (8.14. att. b) trūkums ir tas, ka atsaišu zona ap ēku ir grūti izmantojama. Ja atsaites ir novietotas vertikāli, tad slīpie statņi (8.14. att. c) telpā ierobežo tās izmantošanas iespējas. Sporta būvēs atbalsta spēku uzņemšanai ir izdevīgi izmantot skatītāju tribiņu atbalsta konstrukcijas (8.14. att. d).



8.15. att. Enkura pamatu veidi:

a — plātnes veida dzelzsbetona pamats; b — dzelzsbetona koniskais čaulas pamats; c — skrūpālis; d — vietas pāji ar paplašinātu apakšējo daļu.

70 Balsta spēku uzņemšanai no vanšu vai membrānu pārsegumiem var paredzēt arī dažādas formas pilonus (8.14. att. *e*, *f* un *g*).

Atsaišu enkurošanai gruntī var lietot 8.15. attēlā parādītos dažādas konstrukcijas enkura pamatus. Plātņu enkuru un konisko čaulu pamatu pretestības spēja izraušanai ir atkarīga no grunts uzbēruma masas lieluma (8.15. att. *a*, *b*). Viens no enkura pamatu veidiem ir arī 8.15. attēlā *c* parādītais skrūvpālis. Skrūvpāli var būt no metāla vai dzelzsbetona, ar dobu vidu un vītņu lāpstām ar izmēriem no 0,4 līdz 1,2 m. Ar speciālu iekārtu tos var ieskrūvēt līdz 8 m dziļumam un līdz 45° slīpumā no vertikāles. Atsaites var enkurot arī pie vietas pāļiem, kuri var būt ar dažādu skaitu, formu un garumu (8.15. att. *d*).

9. Režģotas pārseguma konstrukcijas

9.1. Vispārīgas ziņas

Ar režģotām telpiskām konstrukcijām var pārsegt liela laiduma un garuma ēkas. Šāda tipa metāla konstrukcijas mūsdienu celtniecībā ir plaši izplatītas daudzās valstīs. Visbiežāk šīs konstrukcijas lieto plakaniem vai sfēriskiem pārsegumiem sabiedriskās un ražošanas ēkās.

Izmantojot telpisku režģoto konstrukciju formas dažādību, var atrisināt šādus svarīgus jautājumus:

panākt konstruktīvā un arhitektoniskā risinājuma organisku vienotību;

izveidot izteiksmīgu arhitektonisko ēkas risinājumu un telpisko plānojumu;

izveidot ēkām pārsegumus ar dažādu formu plānā;

ievērojami samazināt pārseguma kopējo masu un palielināt konstrukcijas darbības efektivitāti;

veidot konstrukcijas no daudziem vienāda izmēra elementiem, izgatavojot tās rūpnieciski;

viegli transportēt saliekamās detaļas no rūpnīcas uz celtniecības objektu;

ātri un vienkārši montēt konstrukcijas tieši būvlaukumā.

Režģotā pārseguma nesošo konstrukciju un ēkas formas vienotību var panākt, ja ēkas projektēšanā izmanto arhitektūras un celtniecības mākslas sintēzi. Ar telpiskām režģotām konstrukcijām var ne tikai pārsegt telpas laukumu, nomainot pārsegumā sijas vai kopnes, bet ar šīm konstrukcijām var panākt arī celtnes estētisko izteiksmīgumu. Ēkas arhitektūras ieceres nosaka telpiskās pārseguma konstrukcijas tipu. Izmantojot šīs konstrukcijas, papildus var akcentēt raksturīgākās celtnes līnijas, tās rūpnieciskumu, masveidību, universālumu u. c.

Iekšējo telpu arhitektonisko izteiksmīgumu un celtnes eksterjera risinājumu var panākt, estētiski pareizi izveidojot telpiskās režģotās pārseguma konstrukcijas, t. i., kombinējot dažādus konstruktīvos elementus dažādas formas pārsegumam plānā, dažādi izvietojot balstus dažādām ēkas augstuma un plāna izmēru attiecībām utt. Ar režģotām un telpiskām konstrukcijām ēkas projekta izstrādāšanas gaitā ir jāatrisina arī mākslinieciski estētiskais ēkas izteiksmīgums un inženierrisinājums. Dažādās ēkās un celtnēs izmantojamām režģotām telpiskām konstrukcijām ir jābūt arī ekonomiskām, unificētām un labi saliekamām, tāpēc ēkas arhitektūras un konstrukciju risinājumi ir jāveic vienlaikus, papildinot un korigējot tos projekta izstrādes laikā.

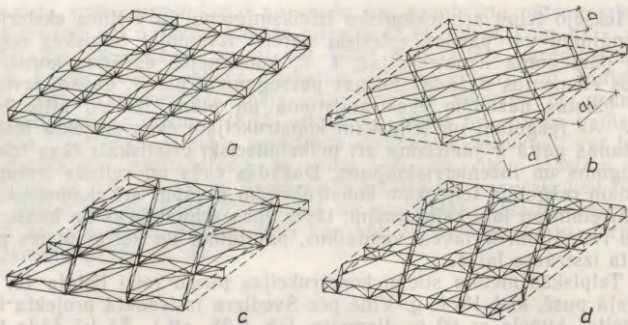
Telpiskās metāla stieņu konstrukcijas pirmo reizi lietoja 19. gs. otrajā pusē, kad 1874. g. Vinē pēc Svedlera izstrādātā projekta tika uzcelts kupols ar 60 m diametru (sk. 9.28. att.). Tā kā šāda tipa kupolus bija sarežģīti izgatavot un montēt, tie nebija plaši izplatīti celtniecībā. Sākot ar 20. gs. otro pusi, visā pasaulē būvniecībā plaši sāka izplatīties t. s. zvaigžņveida kupoli (sk. 9.28. att. c, d).

Režģotas īsu stieņu sistēmas pirmo reizi tika lietotas 20. gs. 40. gados Francijā (inženieris le Rikolē uzcēla pirmo koka režģoto pārseguma konstrukciju). Kad 1960. gadā sāka projektēt racionālas konstruktīvās un mezglu risinājumu shēmas un sarežģītās daudzkārtīgi statiski nenoteiktās konstrukcijas, izmantojot elektroniskos skaitļotājus, visā pasaulē sāka ļoti daudz izmantot režģotas telpiskās pārsegumu konstrukcijas, kā rezultātā tās ieņēma vienu no pirmajām vietām starp progresīvajām konstrukcijām. Metāla patēriņa ekonomiskums, rūpnieciska izgatavošana, aktīva iespēja piedalīties arhitektiem konstrukcijas estētiskajā formēšanā veicināja dažādu formu telpisko sistēmu rašanos. Režģotās telpiskās konstrukcijas var iedalīt šādās divās galvenās grupās: krusteniskās stieņu konstrukcijas un tīklveida čaulas.

9.2. Režģotas stieņu konstrukcijas

Metāla režģotās stieņu konstrukcijas lieto dažādas nozīmes lielai daļai ēkās starpstāvā vai jumta nesošās konstrukcijas izveidošanai. Salīdzinājumā ar pārseguma konstrukciju, kurām ir paralēlas kopnes, režģotām konstrukcijām ir divreiz mazāks celtniecības augstums un ekonomiskāks metāla patēriņš, bet tās ir nedaudz dārgākas. Bez iepriekšpieminētajām priekšrocībām režģotām metāla konstrukcijām ir vēl šādas priekšrocības: mazs pārseguma augstums, tādējādi ir iespējams samazināt kopējo ēkas apjomu; ļoti liels pārseguma stingums, tāpēc ir iespējams piestiprināt dažādā virzienā piekārtu transportu; paaugstināta drošības pakāpe (pārseguma pēkšņai sagrūšanai), tāpēc ka pārsegums visos virzienos ir savstarpēji saistīta sistēma.

Režģotās pārsegumu konstrukcijas plaši lieto izstāžu un demonstrāciju zāļu, teātru, koncertzāļu, tirdzniecības un tirgus paviljonu,

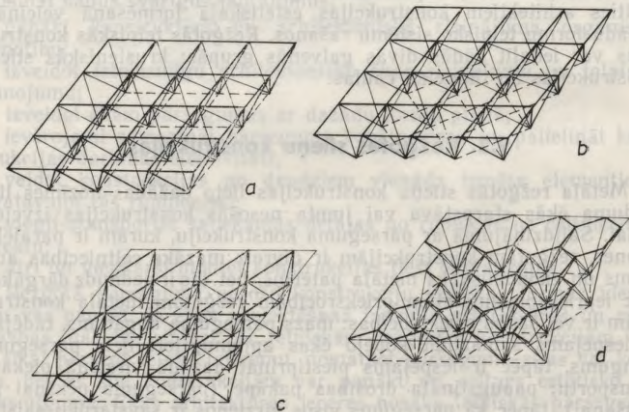


9.1. Pārseguma shēma no vertikālām krusteniskām kopnēm:

a, b — kopnes novietotas divos virzienos; *c, d* — kopnes novietotas trīs virzienos.

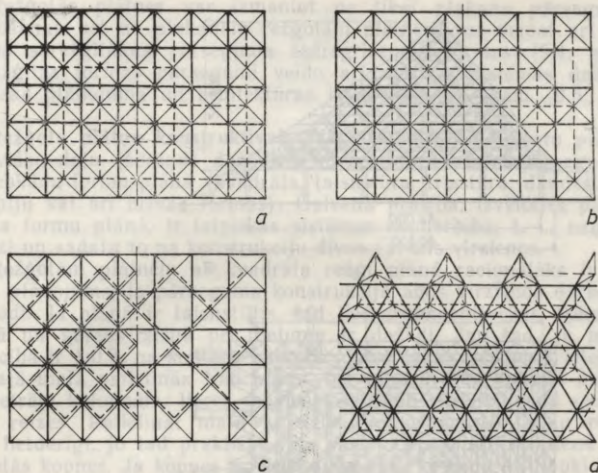
sporta zāļu, slidotavu, peldbaseinu, garāžu un rūpniecības ēku pārsegšanai. Bez tam režģotās konstrukcijas sekmīgi lieto arī lielu sienas virsmu izveidošanai.

Dažādi režģoto pārseguma konstrukciju konstruktīvie risinājumi tiek veidoti, krustojot plakanas kopnes divos, trijos un četros virzienos (9.1. att.). Tā kā pārsegums ir no stieņu režģa veidota plakne, tad literatūrā bieži tā tiek nosaukta par režģotu plakni. Vertikālā



9.2. att. Krusteniskās stieņu konstrukcijas no režģotām piramidām:

a, b — piramīdas ar kvadrāta pamatni; *c* — ar trīsstūra pamatni; *d* — ar sešstūra pamatni.

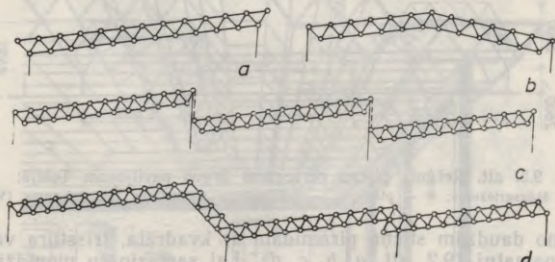


9.3. att. Pa kontūru balstītas režģotas stieņu plātnes shēmas ar samazinātu montāžas elementu skaitu:

a, b, c — ar četrstūra pamatni; *d* — ar trīsstūra pamatni (ar resnām līnijām apzīmētas augšjoslas stieņi, ar tievām — atgāzņi, bet ar pārtrauktām līnijām — apakšjoslas stieņi).

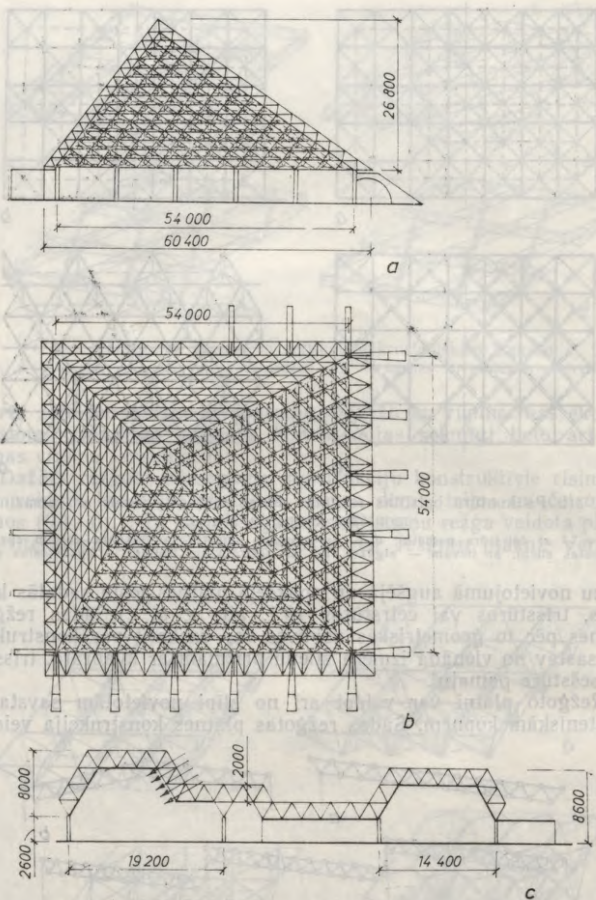
kopņu novietojumā augšējā un apakšējā plātnes josla sadalās kvadrātos, trīsstūros vai četrstūros (9.1. att. *a, b, c*). Šādas režģotas plātnes pēc to ģeometriskās uzbūves var uzskatīt par konstrukciju, kas sastāv no vienāda izmēra stieņu prizmām ar kvadrāta, trīsstūra vai sešstūra pamatni.

Režģoto plātņi var veidot arī no slīpi novietotām savstarpēji krusteniskām kopnēm. Šādas režģotas plātnes konstrukcija veidojas



9.4. att. Dažāda šķērsriezuma režģoto pārseguma plātņu shēmas:

a — vienslīpu pārsegums; *b* — divslīpu pārsegums; *c* — zāģveida pārsegums; *d* — sarežģīta profila pārsegums.



9.5. att. Režgots plātņu pārsegums tirgus paviljonam Tokijā:
 a — šķērsgriezums; b — plāns; c — peldbaseina shematiskis šķērsgriezums (VFR).

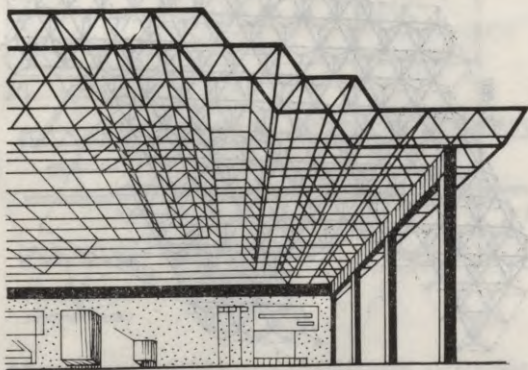
It kā no daudzām stieņu piramidām ar kvadrāta, trīsstūra vai sešstūra pamatni (9.2. att. *a, b, c, d*). Lai samazinātu montāžas elementu skaitu un nesošā karkasa elementos būtu vienāds spriegums, šo režgoto plātņu kopējā sistēmā neievieto atsevišķus stieņus (9.3. att.).

Režgotās plātnes var izmantot ne tikai plakanu pārsegumu veidošanai, bet no plakanām režgotām plātnēm var veidot arī dažādas sarežģītākas pārseguma šķērsriezuma formas (9.4. att.). Sarežģītas formas pārsegumi veido arī nesošās sistēmas dažāda telpiskā plānojuma un arhitektūras izteiksmīguma ēkām (9.5., 9.6. att.).

Režgotu plātņu konstruktīvais raksturojums. Ar režgotu plātņu atsevišķo daļu (šūniņu) dažādiem tipiem var izveidot pārsegumus ar jebkādu formu plānā (kvadrāta, taisnstūra, trīsstūra, daudzstūra, līklīniju vai arī brīvas formas). Galvenā prasība, izvēloties pārseguma formu plānā, ir telpiskās sistēmas kopdarbība, t. i., uzņemt slodzi un sadalīt to pa konstrukciju divos vai trīs virzienos.

Režgotām plātnēm ar kvadrāta režģi plānā racionālāks ir arī ēkas plānojums, jo pārseguma konstrukcija abos virzienos darbojas vienādi. Ja plānā ir taisnstūris, tad lieces momenti ēkas šķērsvirzienā un garenvirzienā pēc lieluma ir dažādi. Jau tad, ja malu attiecība ir 1:0,8, pa kontūru balstītā plātnē lieces momenta ietekme īsākajā malā palielinās 1,56 reizes, bet plātnē, kas balstīta stūros uz četrām kolonnām, lieces momenta ietekme garenvirzienā pieaug 2,25 reizes. Palielināt malu attiecības ar ortogonālo joslu režģi nav lietderīgi, jo tad praktiski visu slodzi uzņem šķērsvirzienā novietotās kopnes. Ja kopnes novieto diagonālā virzienā 45° leņķī pret plātnes kontūru, tad var palielināt malu attiecības vairāk nekā par 1:0,8.

Režgotās plātnes ar kvadrāta vai sešstūra režģojumu plānā (sk. 9.1. att. *a, d*) sastāv no ģeometriski mainīgām stieņu prizmām vai piramīdām un tādēļ nevar uzņemt vērpi. Pēc pārseguma stinguma prasībām plātņu konsoles nedrīkst būt lielākas par pieciem plātnes augstumiem. Plātnēm ar trīsstūra režģojumu plānā ir

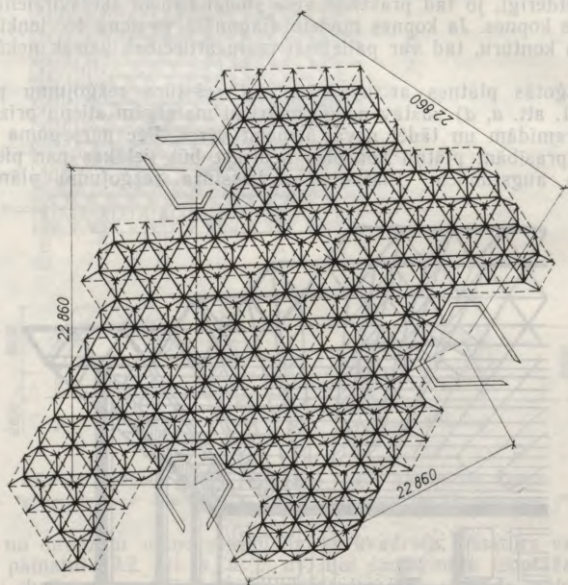


9.6. att. Telpisks piramīdveida režģots pārsegums.

ģeometriski nemainīgs telpiskais stieņu režģis un lielāks stingums nekā plātnēm ar četrstūra režģi plānā. Šādas plātnes lieto sarežģītam ēkas plānojumam ar dažāda veida konsolu sistēmām, bet jāatzīmē, ka plātņu konstruktīvais risinājums ir ievērojami sarežģītāks un darbietilpīgāks pārseguma montāžā, jo ir daudz saliekamo elementu. Režģotas plātnes pārsegums ir izmantots Nacionālā paviljona celtniecībā Vispasaules izstādē Ņujorkā 1964. gadā (9.7. att.).

Tā kā režģotās plātnes slodzes ietekmē telpiski darbojas vairākos virzienos, to biezums ir $1/15 \dots 1/30$ no laiduma. Plātnes biezums ir atkarīgs arī no ēkas formas plānā un tās atbalstīšanas veida uz kolonnām. Režģoto plātņu konstruktīvās šūniņas (režģojums) izmēri plānā ir $1,2 \dots 3$ m, un tie ir atkarīgi no jumta seguma konstrukcijas un tās masas. Ja pārsegumu montē no atsevišķiem stieņiem, tad nepieciešams unificēt stieņu garumus, kurus aprēķina atkarībā no režģotās plātnes biezuma h un leņķiem, ko veido stieņi attiecībā pret horizontālo vai vertikālo plakni.

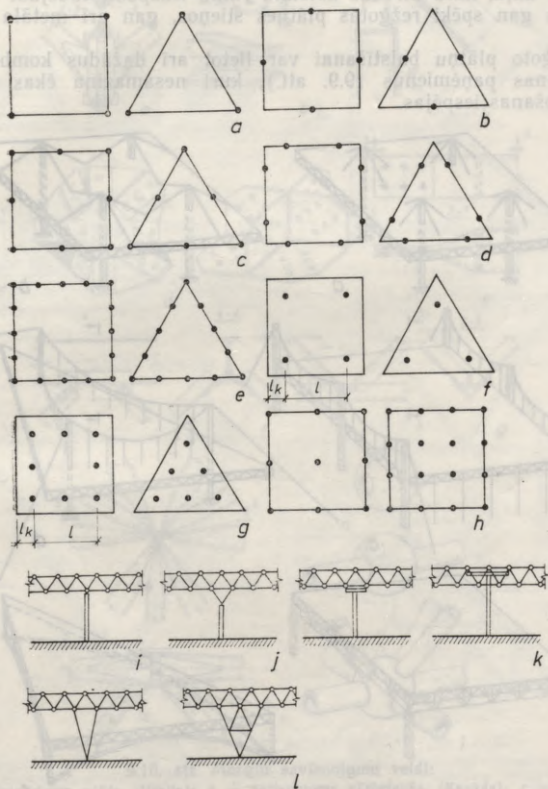
Režģoto plātņu balstīšanas veidi. Režģoto plātņu atbalsta veidu nosaka atkarībā no dotā objekta plānojuma risinājuma. Būtiska priekšrocība režģoto plātņu pārsegumiem ir tā, ka balstus var iz-



9.7. att. Sarežģīta plānojuma režģotas plātnes pārsegums Vispasaules izstādes paviljonam Ņujorkā.

vietot jebkurā konstrukcijas zonā atbilstoši arhitekta priekšlikumam. Jāievēro tikai prasība, lai plātne strādātu telpiski divos vai vairāk virzienos. Balstu izvietojuma varianti dažādas formas režģotu plātņu balstīšanai uz kolonnām ir parādīti 9.8. attēlā. Pieņemot kādu no parādītajām shēmām, nepieciešams zināt šādas konstruktīvās īpatnības:

izvietojot balstus pēc 9.8. attēlā *a* un *b* parādītās shēmas, pie balstiem režģotā plātnē darbojas ievērojami spēki un metāla patēriņš



9.8. att. Varianti režģotas plātnes atbalstīšanai uz kolonnām:

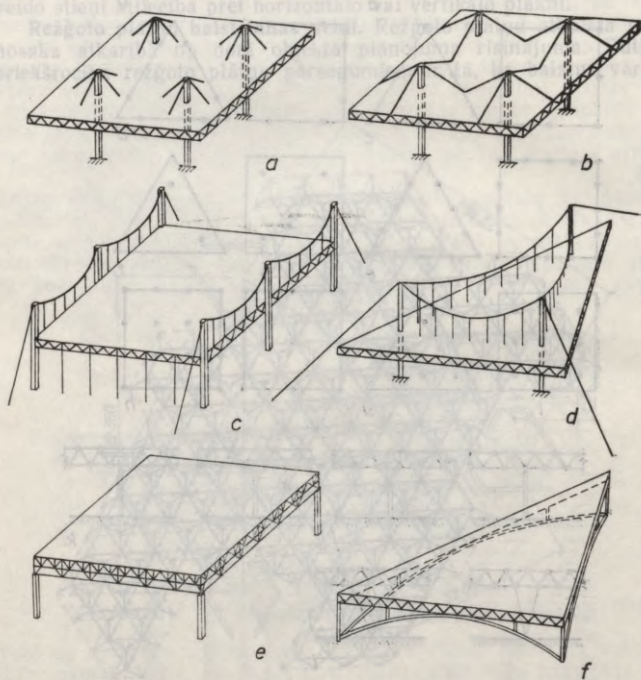
a — kolonnas stūros; *b* — pie stūra konsolēm; *c*, *e* — kolonnas pa ēkas perimetru; *f*, *g* — ar plātnes pārkāri kolonnām; *h* — daudzslaidumu pārsegumi; *i* — parasta kolonna; *j* — kolonna ar režģotu kapiteli; *k* — kolonna ar stingu kapiteli; *l* — telpiski balsti.

pārsegumam palielināsies, tādēļ konstruktīvajam risinājumam plātņu atbalstīšanai uz kolonnām ir jābūt tādām, lai balsta reakcijas spēks no kolonnas sadalītos režģotajā plātnē pa vairākiem stieņiem un vairākos virzienos, kā tas ir redzams 9.8. attēlā *j, k, l*;

ja kolonnas solis nav liels, tad pa plātnes perimetru atbalsta mezgli ir vienkāršas konstrukcijas un metāla patēriņš ir nemainīgs (9.8. att. *e*);

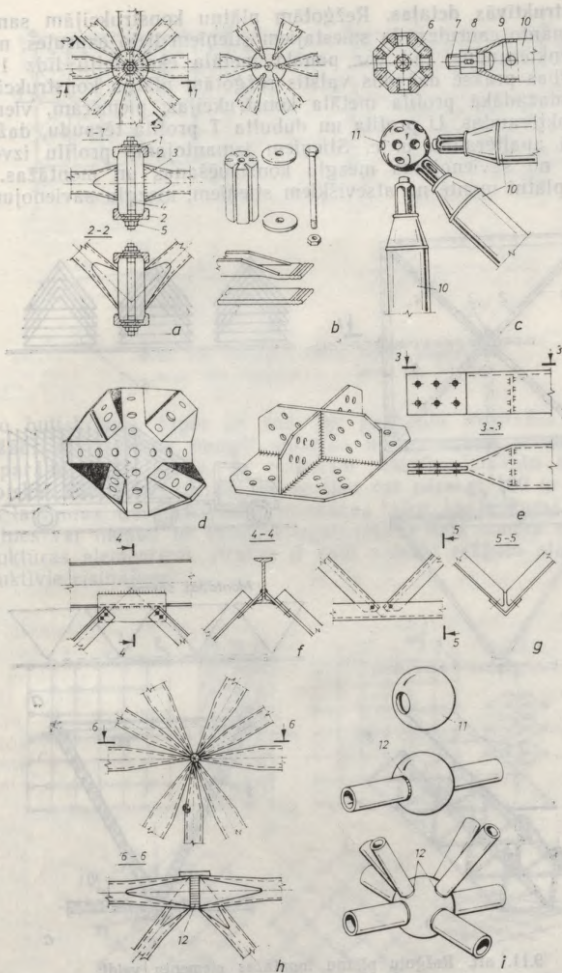
ja kolonnas izvieto pārseguma kontūras iekšpusē (9.8. att. *f un g*) ar konsoles garumu $l_k = (0,2 \dots 0,25)l$, tad tās atslogo to pārseguma daļu, kura atrodas kolonnu rindu iekšpusē, tādējādi samazināsies gan spēki režģotās plātnes stieņos, gan arī metāla patēriņš.

Režģoto plātņu balstīšanai var lietot arī dažādus kombinētus balstīšanas paņēmienus (9.9. att.), kuri nesamazina ēkas plāna izmantošanas iespējas.



9.9. att. Kombinēta režģotās plātnes atbalstīšana:

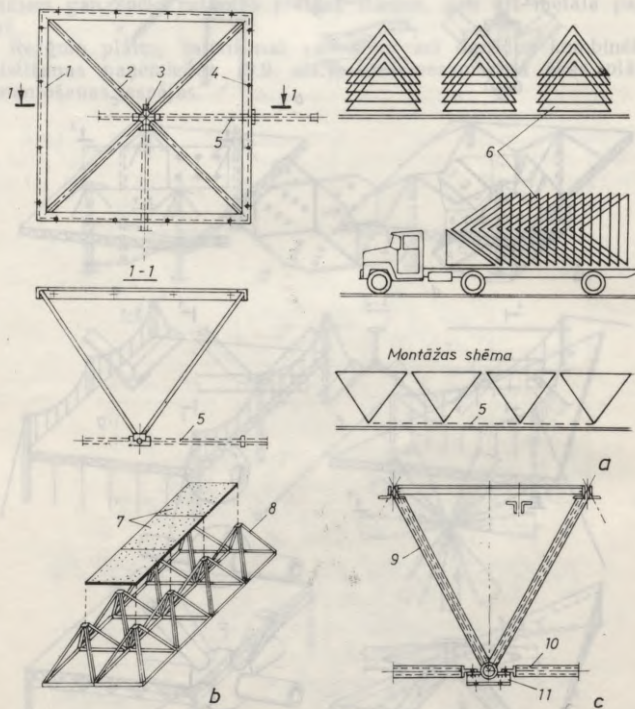
a, b, c, d — izmantojot vantis un kolonnas; *e* — izmantojot pakopnes; *f* — balstot uz lokiem.



9.10. att. Mezglu savienojumu veidi:

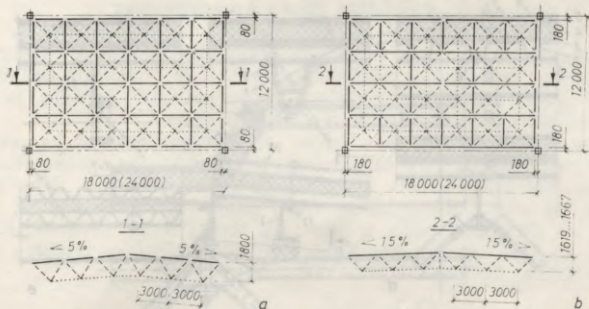
a — savienojums «IFI» (Vācija); b — savienojums «Triodetik» (Kanāda); c — savienojums «Mero» (Vācija); d — štancēta detaļa savienojumam «Junistrat» (ASV); e — savienojums ar telpisku metinātu detaļu; f — profilētauda savienojuma detaļa augšjoslni (PSRS); g — tas pats apakšjoslni; h — metināts caurulstieņu savienojums; i — savienojums ar lodveida detaļu (Vācija); 1 — paliktņi; 2 — vāciņš; 3 — ķīļveida piemetināts uzgalis; 4 — savilces bultskrūve; 5 — uzgrieznis; 6 — caurums ar iekšējo vītņi; 7 — bultskrūve; 8 — uzgrieznis; 9 — montāžas atvērums; 10 — caurulveida stieņi; 11 — lodveida savienojuma detaļa; 12 — metinājuma šuve.

Konstruktīvās detaļas. Režgotām plātņu konstrukcijām samērā plaši izmanto caurules. Ja spiestajiem stieņiem lieto caurules, nevis divus leņķtēraudus, tad var panākt metāla ekonomiju līdz 15%. Celtniecības praksē dažādās valstīs režgotām plātņu konstrukcijām lieto visdažādākā profila metāla konstrukcijas, piemēram, vienādmalu leņķtēraudus, U profila un dubulta T profila tēraudu, dažāda diametra apaļtēraudu u. c. Stieņiem izmantojamo profilu izvēlas atkarībā no savienojuma mezglu konstruēšanas un montāžas. Ja režgto plātņi montē no atsevišķiem stieņiem, mezglu savienojumos



9.11. att. Režgotu plātņu montāžas elementu veidi:

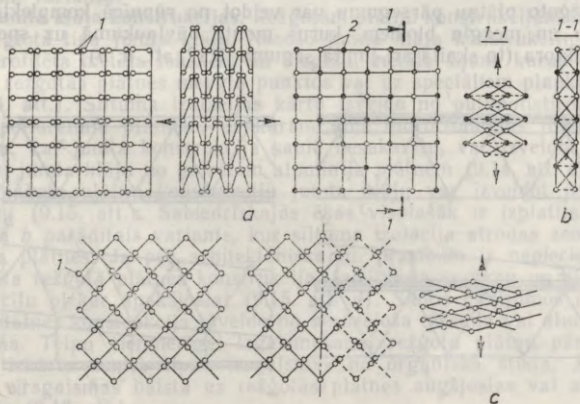
a — no sistēmas «Speis-dek» režgotām piramidām (Anglija); *b* — no sistēmas «Speis-grid» (ASV) režgotām piramidām; *c* — režgotā plātne no sistēmas «Tjabakord» telpiskām trīsstūra kopnēm (Francija); 1 — leņķtērauda rāmis; 2 — cauruli atgāzņi; 3 — savienojuma mezgla elements; 4 — montāžas buļskrūvju caurumi; 5 — apakšjoslas stienis ar labo un kreiso vītņi galos; 6 — piramīdu savienošana krautnēs un to transportēšana; 7 — metāla plātne; 8 — režgotas piramīdas; 9 — trīsstūra telpiska kopne; 10 — montāžas stienis; 11 — dubulta T veida profila elements piekārtā transporta vai piekārtu griestu stiprināšanai.



9.12. att. Telpisko stieņu bloku shēmas:

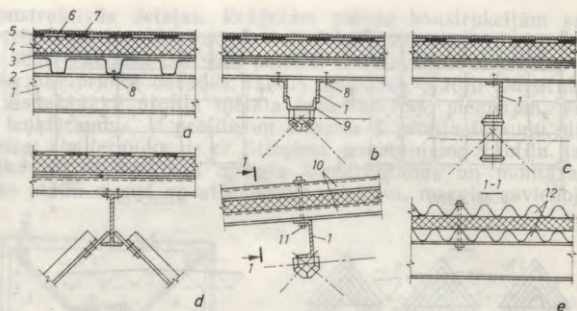
a — bloka tips «Berline»; b — bloka tips TKCZPI.

lieto bultskrūves, tāpēc ka tad var paātrināt montāžas procesu. Dažādi savienojuma mezgli atkarībā no izmantotā stieņu profila ir parādīti 9.10. attēlā. Ja režgotām plātnēm izmanto metinātas telpiskās stieņu struktūras, tad ar tām var pārsegt 100 m un lielākus laukumus. Lai samazinātu montāžas laiku, būvlaukumā režgotās plātnes var montēt no rūpnīcā izgatavotiem liela izmēra vienādiem struktūras elementiem. Praksē ir šādi vairāki režgoto plātņu konstruktīvie risinājumi:



9.13. att. Izbidāmu plātņu shēmas:

a — Maskavas arhitektūras institūta izstrādātā shēma; b — TKCZPI izstrādātā shēma; c — Sverdlovskas arhitektūras institūta izstrādātā shēma; 1 — locīkļu mezgli ar vertikālu kustības asi; 2 — locīkļu mezgli savstarpēji pārvietojamās plaknēs.



9.14. att. Režgotu plātņu savienoto jumta konstrukciju varianti:

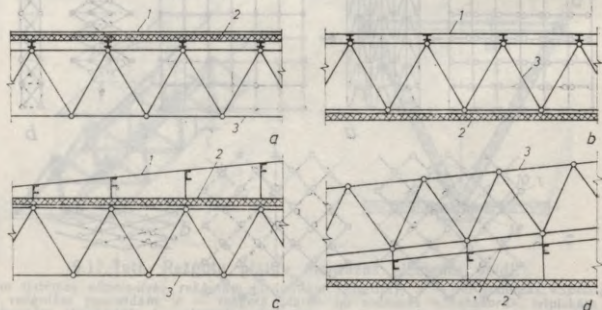
a — jumta konstrukcija; *b*, *c* — varianti ar kopturiem; *d* — bezkopturu variants; *e* — ventilējamu jumtu variants; 1 — kopturi; 2 — profilēts klājs; 3 — veltnu tvaika izolācijas kārta; 4 — plātņu putuplasts; 5 — ruberoida aizsargkārtā; 6 — triskārtu jumta segums; 7 — oju aizsargkārtā; 8 — bultskrūves; 9 — atbalsta plauktiņš; 10 — profilēta alumīnija plātne; 11 — cinkotas bultskrūves; 12 — vēdināšanas gaisa starpkārta.

režgotās plātnes būvlaukumā montē no vienāda izmēra stieņu piramidām (9.11. att.);

režgotās plātnes apakšējo daļu montē no piramidām ar virsotnēm uz augšu, bet plātnes spiesto daļu izveido no metāla plātnēm, kuras izpilda arī jumta klāja un seguma funkcijas (9.11. att.);

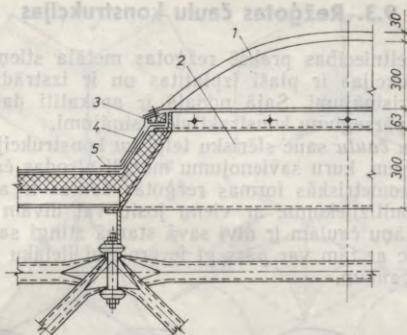
režgotu plātņi var veidot arī no trīsstūra šķērsgriezuma telpiskām kopnēm, kuras savstarpēji savieno ar montāžas stieņiem (9.11. att. *c*);

režgotu plātņu pārsegumu var veidot no rūpnīcā komplektētiem stieņu un mezglu blokiem, kurus montē būvlaukumā uz speciāla konduktora (to skaitā arī jumta segumu; 9.12. att. *a*, *b*);



9.15. att. Režgotu plātņu pārsegumu jumta seguma novietojuma shēmas:

a — parastais siltā jumta variants; *b* — aukstais jumts ar siltiem piekārtiem griestiem; *c* — jumta segums ar slīpumu virs režgotās plātnes; *d* — piekārtais jumta segums; 1 — jumta segums; 2 — siltuma izolācija; 3 — režgotā plātne.



9.16. att. Organiskā stikla zenīta virsgaisma:

- 1 — hermētiska gaisa kārts; 2 — trapecveida šķērs-griezuma metāla konstrukcijas virsgaismas atbalsts; 3 — koka rāmis; 4 — cinkota skārda segums; 5 — papildu ruberoida kārtas.

rūpnīcā režģotās plātnes sekciju var montēt un sabīdīt, kā parādīts 9.13. attēlā. Pēc tam sekciju būvlaukumā izvērs atbilstoši projekta izmēriem. Katrā konkrētā gadījumā ir jāsalīdzina vairāku variantu tehniski ekonomiskie rādītāji, lai atrastu ekonomiski izdevīgāku variantu.

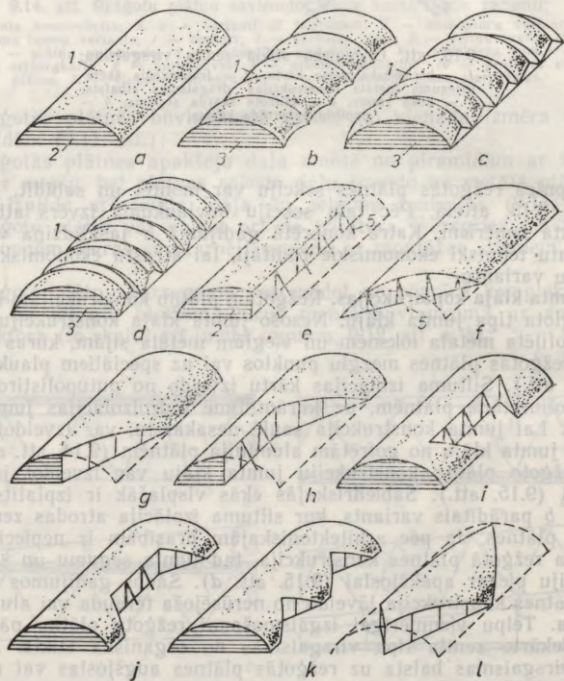
Jumta klāja konstrukcijas. Režģotām plātņu konstrukcijām izveido atvieglota tipa jumta klāju. Nesošo jumta klāja konstrukciju veido no profilēta metāla loksniem un vieglām metāla sijām, kuras balsta tieši režģotās plātnes mezglu punktos vai uz speciāliem plauktiņiem (9.14. att.). Siltuma izolācijas kārtu izveido no putupolistirola vai putupoliuretāna plātnēm, uz kurām līmē hidroizolācijas jumta segumu. Lai jumta konstrukcija saulē nesakarstu, var izveidot vēdināmu jumta klāju no gofrētām alumīnija plātnēm (9.14. att. e).

Režģoto plātņu konstrukciju jumta klāju var izveidot jebkurā līmenī (9.15. att.). Sabiedriskajās ēkās visplašāk ir izplatīts 9.15. attēlā *b* parādītais variants, kur siltuma izolācija atrodas zem režģotās plātnes. Ja pēc arhitektoniskajām prasībām ir nepieciešama atklāta režģotā plātnes konstrukcija, tad jumta segumu un siltuma izolāciju piekar apakšjoslai (9.15. att. *d*). Šādos gadījumos režģotās plātnes konstrukcija jāveido no nerūsējoša tērauda vai alumīnija lējuma. Telpu vienmērīgai izgaismošanai režģotu plātņu pārsegumos iekārto zenīta tipa virsgaismas no organiskā stikla. Zenīta tipa virsgaismas balsta uz režģotās plātnes augšjoslas vai atrauti no tās (9.16. att.).

9.3. Režģotas čaulu konstrukcijas

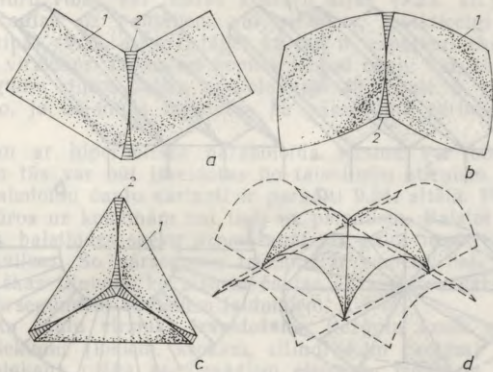
Pasaules celtniecības praksē režģotas metāla stieņu pārseguma kupola konstrukcijas ir plaši izplatītas un ir izstrādāti dažādi to konstruktīvie risinājumi. Sajā nodaļā ir apskatīti dažādas formas režģoto čaulu pārsegumu konstruktīvie risinājumi.

Par režģotu čaulu sauc sfērisku telpisku konstrukciju, kas sastāv no stieņu režģiem, kuru savienojumu mezgli atrodas čaulas virsmas līmenī. Pēc geometriskās formas režģotās čaulas ir ar vienu izliekumu vai dubultizliekumu, ar vienu joslu vai divām joslām. Divjoslu jeb divslāņu čaulām ir divi savā starpā stingri savienoti stieņu režģi, un tāpēc ar tām var pārsegt ievērojami lielāku laidumu nekā ar vienjoslas čaulām.



9.17. att. Dažādas telpiskās formas režģotām čaulām:

a — cilindriskas čaulas; *b* — dubultliekuma čaulas; *c, d* — krokotas čaulas; *e* — čaulas ar dažāda veida izgriezumiem; *1* — sietveida konstrukcija; *2* — gala diafragmas; *3* — gala nesošā konstrukcija; *4* — kolonnas; *5* — atgāzņi.



9.18. att. Dažādas čaulu kompozīcijas:

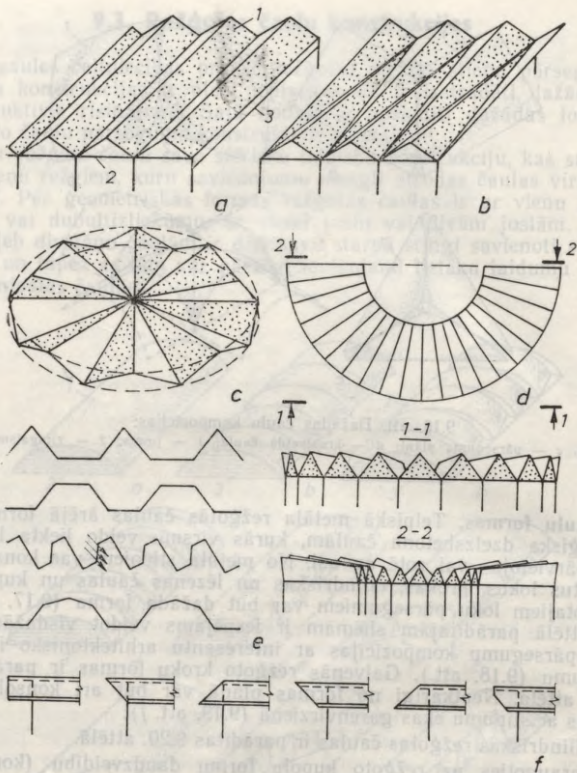
a, b, c — pārseguma plāni; *d* — krustveida čaula; *1* — jumts; *2* — virsgaismas.

Čaulu formas. Telpiskā metāla režgotās čaulas ārējā forma ir analogiska dzelzsbetona čaulām, kurās virsmu veido liekta līnija, kas pārvietojas vai rotē ap asi. No metāla stieņiem var konstruēt režgotus lokus, krokas, cilindriskas un lēzenas čaulas un kupolus. Režgotajiem loku pārsegumiem var būt dažāda forma (9.17. att.). No attēlā parādītajām shēmām ir iespējams veidot visdažādākās loku pārsegumu kompozīcijas ar interesantu arhitektonisko izteiksmīgumu (9.18. att.). Galvenās režgoto kroku formas ir parādītas 9.19. attēlā. Neatkarīgi no formas plānā var būt arī konsolveida krokas ar slīpumu ēkas garenvirzienā (9.19. att. *f*).

Cilindriskas režgotas čaulas ir parādītas 9.20. attēlā.

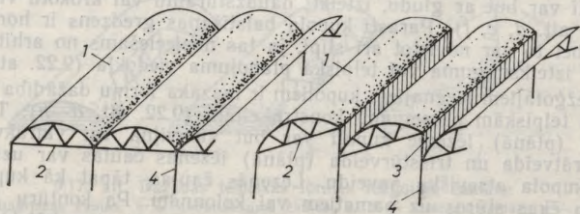
Neraugoties uz režgoto kupolu formu daudzveidību (koniska, eliptiska utt.), parasti tos visus sauc par sfēriskiem kupoliem. Savstarpēji sfēriskos kupolus izšķir pēc plāna formas un izliekuma augstuma. Galvenās sfērisko kupolu formas ir parādītas 9.21. attēlā. Kupoli var būt ar gludu, izteikti daudzstūrīnu vai krokotu virsmu (9.21. att. *d, e, f*). Parasti kupola balstišanas gredzens ir horizontāls, bet to var novietot arī slīpi, ja tas nepieciešams no arhitektoniskā izteiksmīguma vai telpiskā plānojuma viedokļa (9.22. att. *c*).

Režgotajiem lēzenajiem kupoliem ir mazāka formu dažādība nekā citām telpiskām pārsegumu konstrukcijām (9.22. att. *d-h*). Taisnstūra (plānā) lēzenie kupoli var būt vienviļņa vai vairākviļņu. Kvadrātveida un trīsstūrveida (plānā) lēzenās čaulas var uzskatīt par kupola atsevišķu paveidu. Lēzenās čaulas, tāpat kā kupolus, balsta ēkas stūros uz pamatiem vai kolonnām. Pa kontūru (perimetru) lēzenās čaulas balstās uz diafragmām, kuras var būt kopnes,



9.19. att. Krokotas režģoto čaulu formas:

a, b — paralēlas krokas ar trīsstūra šķērsgriezumi; *c, d* — čaulas ar radiālām krokām; *e* — iespējamie kroku šķērsgriezumi; *f* — kroku konsolu varianti; *1* — sietveida konstrukcija; *2* — diafragma; *3* — borta elements ēkas galos.



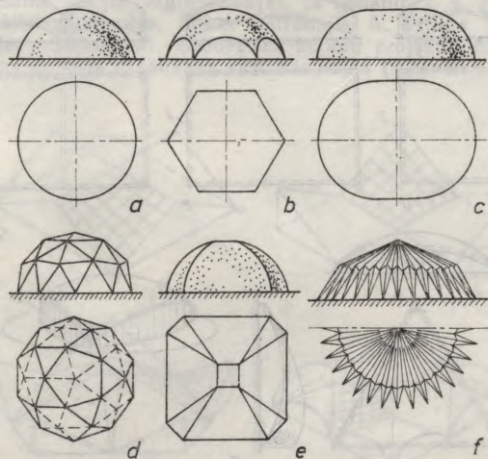
9.20. att. Cilindrisko režģoto čaulu formas:

1 — režģota konstrukcija; *2* — diafragma; *3* — stiklojums; *4* — kolonnas.

loki, kontūru ribas vai liektas kontūru sijas (9.23. att.). Balstot lēzenās čaulas uz pamatiem vai piloniem, mērķtiecīgi ir lietot kontūru ribas (9.23. att. *a*), tāpēc ka tad ir iespējams ēku paplašināt abos virzienos. Lokus un kopnes lēzeno čaulu balstīšanai lieto, ja pārsegumu stūros balsta uz kolonnām (9.23. att. *b*, *c*). Liektas sijas lieto, ja kolonnas izvietotas pa pārseguma perimetru (9.23. att. *d*).

Čaulām ar hiperboliskā paraboloīda virsmu var būt dažāda forma, un tās var būt izveidotas no taisnlīniju stieņiem. Hiperbolisko paraboloīdu čaulu varianti ir parādīti 9.24. attēlā. Pārsegumu balsta stūros uz kolonnām vai tieši uz pamatiem. Balstot čaulu uz kolonnām, balstbīdes spēku uzņemšanai tās galos nepieciešams paredzēt savilces. Šo pārsegumu trūkums ir samērā liels neizmantojamais ēkas tilpums, ko aizņem čaulas ēkas stūros vai malās, it sevišķi pārsegumiem ar lieliem laidumiem.

Režgotu čaulu virsmas izveidošana. Režgotu čaulu virsmu ar vienu izliekumu (lokiem, krokām, cilindriskām čaulām) veido no izliekta plakana režģa ar vienādiem elementu izmēriem (9.25. un 9.26. att.). Velvju virsmu veidošanai lieto režģus ar dažādu režģojuma formu, piemēram, trīsstūra, romba, sešstūra vai kvadrātveida režģus ar diagonāliem šķēršļiem (9.25. att.). Lielāks stingums ir pārsegumam ar trīsstūra vai četrstūra (ar šķēršļiem) režģojumu



9.21. att. Režgotu kupolu formas:

a — sfēriska kupols ar apalu formu plānā; *b* — tas pats ar daudzstūri plānā; *c* — kupols ar ovālu formu plānā; *d*, *e* — sfēriska daudzšķautņains virsmas kupols; *f* — krokots kupols.

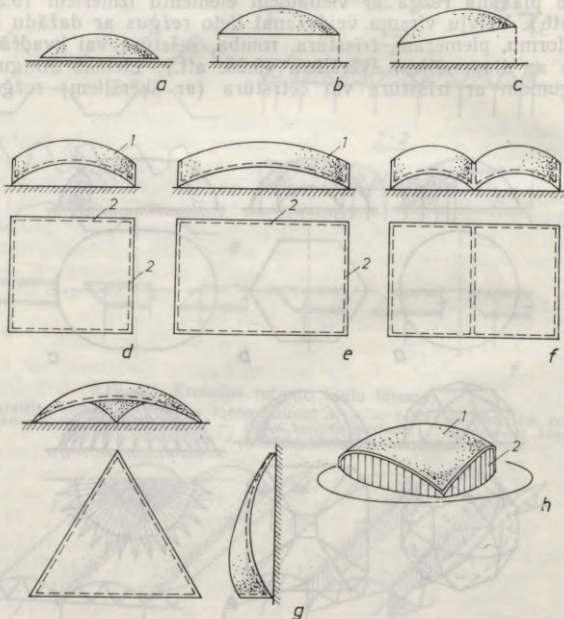
(9.25. att. *a, c, f*). Krokotas velves var izveidot, ja stieņu režģi ir novietoti tā, kā parādīts 9.26. attēlā.

Krokotas velves ar rombisku režģi un locīklu mezglu savienojumiem var transformēt ēkas garenvirzienā, t. i., sabīdīt un izvērst atkarībā no ekspluatācijas vajadzībām (9.26. att. *b, c*).

Krokoto velvju malās lieto 9.27. attēlā parādītās stieņu režģu sistēmas.

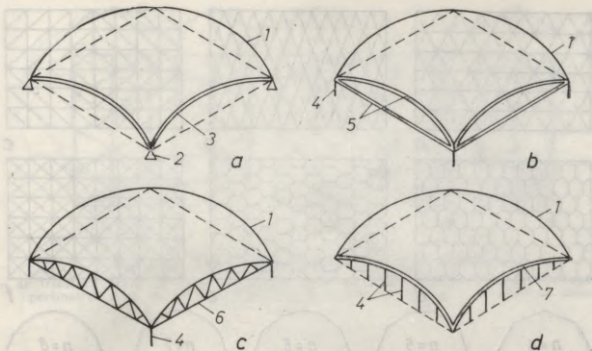
Cilindrisko čaulu virsmu veidošanai lieto režģus ar nemainīgu geometrisku formu, kas nepieciešama, lai nodrošinātu pārseguma stingumu ārējās slodzes ietekmē (sk. 9.25. att. *a, c, f*).

Celtniecības praksē ir izplatītas dažāda režģojuma kupolu sistēmas, galvenās no tām ir parādītas 9.28. attēlā. Vissenākās stieņu režģu shēmas ir parādītas 9.28. attēlā *a, b*, kur horizontālie gredzeni kupola režģī izvietoti vienādā attālumā un kupola stingumu panāk ar diagonālajiem stieņiem. Vēl vairāk pilnveidojot kupolu režģojuma



9.22. att. Varianti kupolu novietošanai attiecībā pret zemi:

a, b — horizontāli; *c* — slīpi; *d* — ar kvadrātveida plānu; *e* — ar vienu laidumu; *f* — ar diviem laidumiem; *g, h* — trīsstūra plānā čaula; *1* — režģota pārseguma konstrukcija; *2* — diafragma.

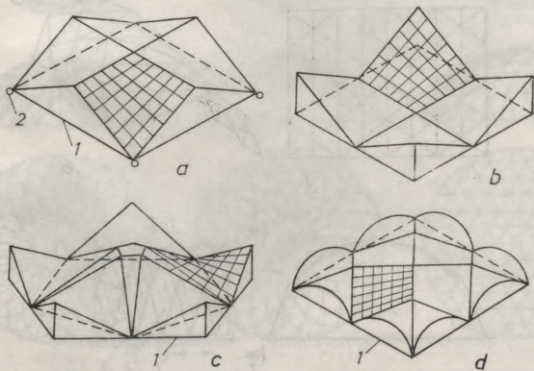


9.23. att. Lēzenu čaulu tipi:

a — pārsegums ar kontūras ribi; *b* — tas pats ar lokiem; *c* — tas pats ar kopnēm; *d* — tas pats ar atbalstīju uz kolonnām; 1 — režgota čaulas plātne; 2 — pamats; 3 — kontūras riba; 4 — kolonnas; 5 — kontūras loki; 6 — kontūras kopne; 7 — liklīnijas sija.

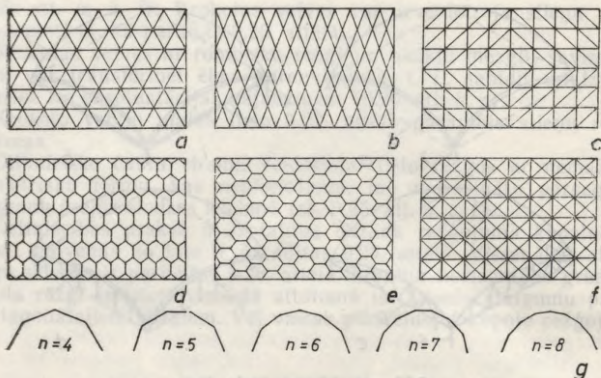
shēmas, tiek panākta izteiksmīgāka arhitektūra un kupolu dažādība (9.28. att. *d, e, f*).

Interesants stieņu režģis veidojas, ja izmanto t. s. ģeodēziskos vai kristāliskos kupolus, kurus izstrādājis A. Fillers (ASV) un M. Tupolevs (Maskava). Ģeodēzisko kupolu projektēšanas pamatā ir sfēriskas virsmas sadalīšana vienādās daļās (9.29. att.).



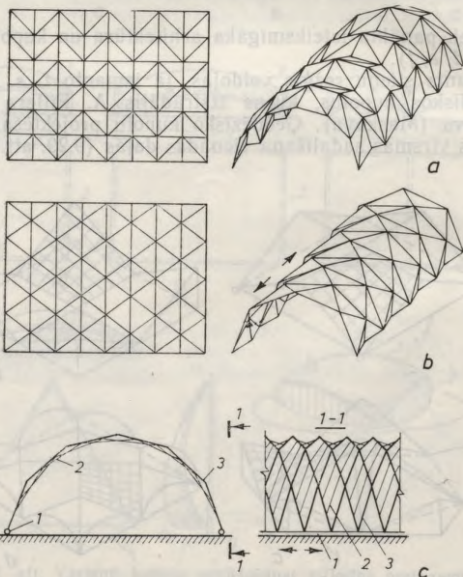
9.24. att. Režgotu čaulu formas no hiperboliskā paraboloida plaknēm:

a, b — no četrām plaknēm; *c* — no piecām plaknēm; *d* — no daudzām plaknēm.



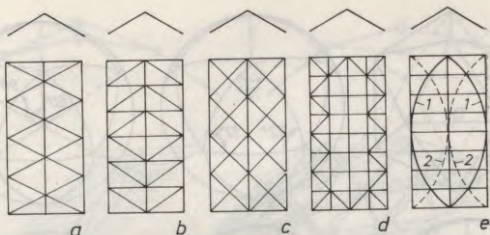
9.25. att. Cilindrisko čaulu režģojuma veidi:

a — no vienādmalu trīsstūriem; *b* — no rombiem; *c* — ar kvadrātveida režģi un diagonāli; *d, e* — ar sešstūra režģi; *f* — kvadrātveida ar divām diagonālēm; *g* — čaulas virsmas ar dažādu stieņu skaitu.



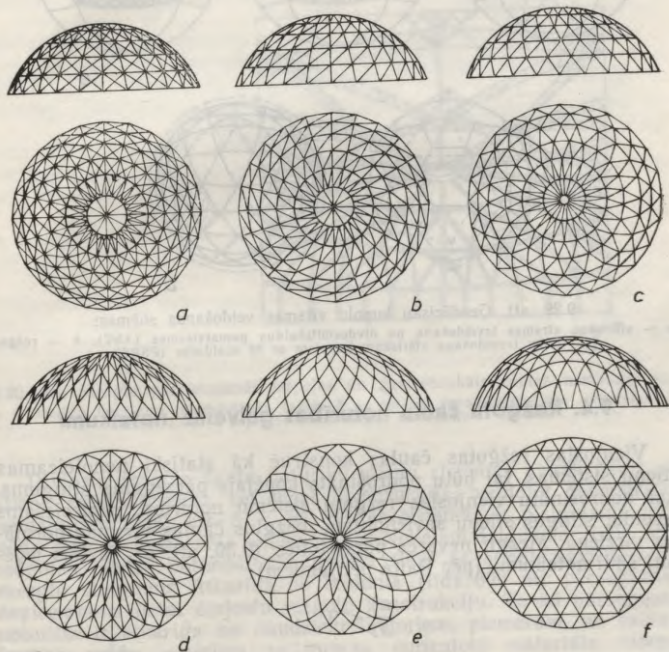
9.26. att. Krokotu loku režģojuma shēmas:

a — ar kvadrātveida režģojumu; *b* — ar rombveida režģojumu; *c* — transformējams režģots loks ar pastāvīgu laidumu; *1* — loka pārvietošanas slīdes; *2* — saites; *3* — loku režģi.



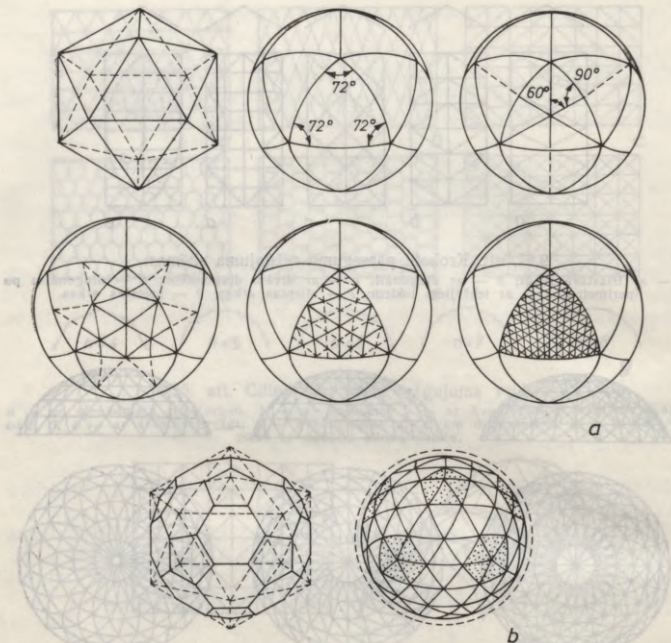
9.27. att. Krokotu pārsegumu režģojuma shēmas:

a — ar trīsstūra režģi; *b* — ar diagonāli; *c* — ar divām diagonālēm; *d* — diagonāles pa perimetru; *e* — ar iekšējiem lokiem; 1 — stieptas arkas; 2 — spiestas arkas.



9.28. att. Sfērisku kupolu režģojumu veidi:

a, b — radiāla riņķveida shēma; *c, d* — zvaigzņveida shēma; *e* — rombiska shēma; *f* — lokveida shēma.



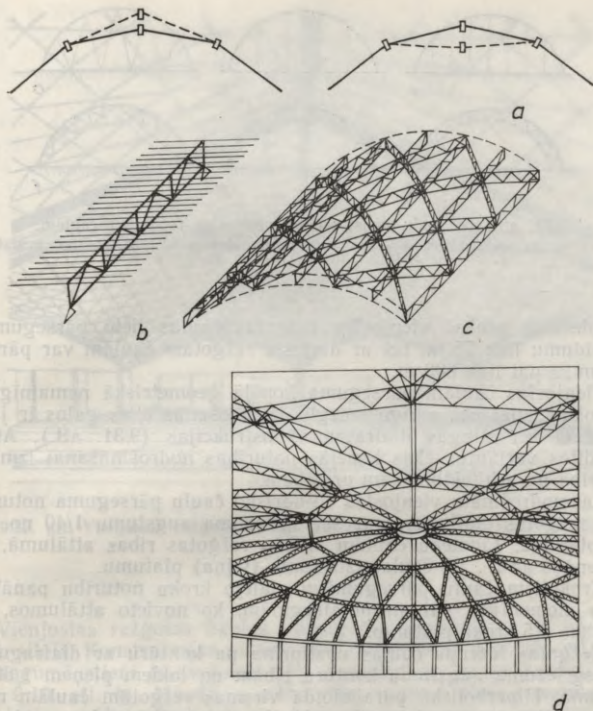
9.29. att. Ģeodēzisku kupolu virsmas veidošanas shēmas:
a — sfēriskas virsmas izveidošana no divdesmitskaldaņa pamatvirsmas (ASV); *b* — režģo-
 juma izveidošana sfēriskam kupolam ar 32 skaldnēm (PSRS).

9.4. Režgotu čaulu noturības galvenie noteikumi

Vienjoslas režģotas čaulas konstruē kā statiski nenoteicamas stieņu sistēmas, lai būtu nodrošināts kopējais pārseguma stingums. Lai nodrošinātu vienjoslas režģotu sistēmu noturību, nepieciešams izveidot stingus stieņu savienojumu mezglus čaulas virsmas normāles virzienā. Mezgli nevarēs pārvietoties (9.30. att. *a*), ja būs ievēroti šādi noteikumi (pēc Raita pētījumiem):

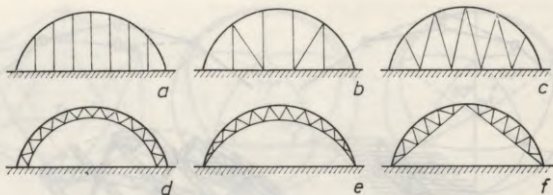
$$\frac{a^2}{Ri} < 9,$$

kur *a* — stieņa garums (režģa izmērs);
R — čaulas izliekuma rādiuss;
i — stieņa šķērsgriezuma inerces rādiuss.



9.30. att. Mezglu pārvietošanās iespējas un ģeometriskais čaulas nemainīgums: a — mezglu iespējamā pārvietošanās čaulā; b — parasto kopņu pārseguma nemainīguma shēma; c, d — telpiskas konstrukcijas nemainīguma shēmas.

Divjoslu režģoto čaulu noturību stieņu sistēmās panāk nevis ar stieņu savienojumiem, bet visas konstrukcijas veidojot ģeometriski nemainīgas (9.30. att. b, c, d). Sādās sistēmās ir pieļaujama jebkāda stieņu savstarpējā savienošana. Nelielam laidumam (20...50) režģotas čaulas noturību var panākt tikai ar stieņu savienojuma mezglu stingumu. Atkarībā no laiduma (līdz 600 m) pārsegšanai nepieciešams lietot divjoslu režģotu konstrukciju. Tā kā pārseguma noturība ir atkarīga no daudziem faktoriem, piemēram, no čaulas formas, režģu izmēriem un formas, izmantotā materiāla, stieņu šķērsgriezuma un slodzes lieluma u. c., tad grūti ir noteikt pārejas robežu no vienjoslas čaulām uz divjoslu režģotām čaulām. Katrā konkrētajā gadījumā čaulas noturību un joslu skaitu aprēķina.



9.31. att. Ēku galu konstrukcijas vienjoslas režģotām čaulām:

a — ar vertikāliem statņiem; *b* — ar statņiem un atgāžņiem; *c* — ar slīpiem statņiem; *d, e* — ar divlocīku lokiem; *f* — ar trislocīku lokiem.

Celtniecības praksē vienjoslas režģotās čaulas lieto pārsegumiem ar laidumu līdz 75 m, bet ar divjoslu režģotām čaulām var pārsegt laidumus pat līdz 600 m.

Vienjoslas čaulām pārseguma kopējā ģeometriskā nemainīguma nodrošināšanai bez stingu mezglu izveidošanas ēkas galos ir jāparedz vēl arī stingas diafragmu konstrukcijas (9.31. att.). Attēlā parādītos variantus ēkas kopējās noturības nodrošināšanai izmanto atkarībā no arhitektoniskām prasībām.

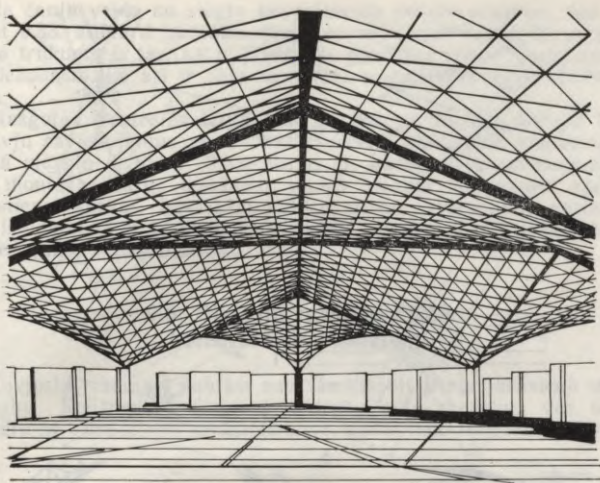
Lai nodrošinātu vienjoslas cilindrisko čaulu pārseguma noturību, lieto režģotas diafragmas ar šķērsriezuma augstumu $1/40$ no čaulas platuma. Līdzteku čaulām izvietoti režģotas ribas attālumā, kas ir vienāds ar $1 \dots 1,5$ čaulas izliekuma (viļņa) platumu.

Krokotiem čaulu pārsegumiem malējo kroku noturību panāk ar borta elementiem vai starpdiafrāmām, ko novieto attālumos, kas ir ar $2 \dots 2,5$ kroku platumu.

Režģotas lēzenās čaulas nostiprina pa kontūru ar diafrāmām. Šķērsriezuma augstumu kontūru ribām un lokiem pieņem $1/60$ no laiduma. Hiperboliskā paraboloida virsmas režģotām čaulām noturību panāk ar borta elementiem. Horizontālais šķērsriezuma izmērs borta elementiem ir jāpieņem $1/50 \dots 1/60$ no laiduma, bet vertikālais izmērs — $1/100 \dots 1/120$ no laiduma.

9.5. Vienjoslas režģotu čaulu konstruktīvie risinājumi

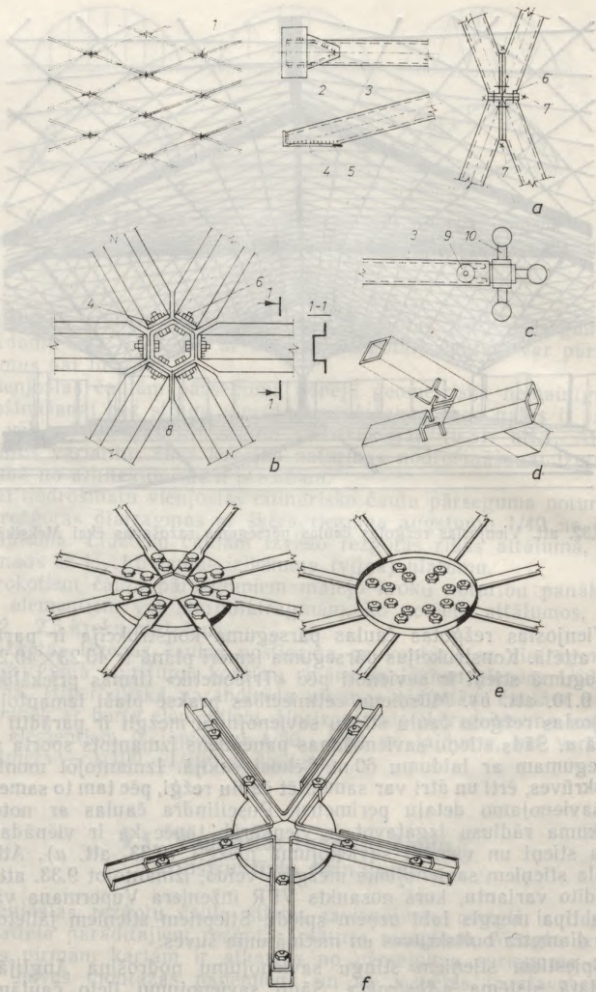
Vienjoslas režģotu čaulu stieņu savienojumu mezgli ir līdzīgi 9.10. attēlā parādītajiem režģotas plātnes mezgliem. Mezglu izvietojums pirmām kārtām ir atkarīgs no pārseguma sprieguma stāvokļa, būves montāžas paņēmiena un no iespējas izgatavot elementus rūpniecā. Jāatzīmē, ka pārseguma forma un virsmas ģeometrija praktiski nenosaka to, kādiem jābūt stieņu savienojuma mezgliem. Vienjoslas režģotām čaulām stieņi mezglos tiek savienoti vienādā leņķī pret čaulas virsmu.



9.32. att. Vienjoslas režģotas čaulas pārsegums ražošanas ēkai Meksikā.

Vienjoslas režģotas čaulas pārseguma konstrukcija ir parādīta 9.32. attēlā. Konstrukcijas pārseguma izmēri plānā ir $40,23 \times 40,23$ m. Pārsegumā stieņi ir savienoti pēc «Tripodetik» firmas priekšlikuma (sk. 9.10. att. b). Mūsdienu celtniecības praksē plaši izmantojamie vienjoslas režģoto čaulu stieņu savienojumu mezgli ir parādīti 9.33. attēlā a. Šāds stieņu savienošanas paņēmiens izmantots sporta zāles pārsegumam ar laidumu 60 m Čehoslovākijā. Izmantojot montāžas bultskrūves, ērti un ātri var samontēt čaulu režģi, pēc tam to sametinot pa savienojamo detaļu perimetru. Puscilindra čaulas ar noteiktu izliekuma rādiusu izgatavot ir vienkārši, tāpēc ka ir vienāda garuma stieņi un vienādi savienojuma mezgli (9.33. att. a). Atklāta profila stieņiem savienojuma mezglus veido, izmantojot 9.33. attēlā b parādīto variantu, kurš nosaukts VFR inženiera Vupermana vārdā. Šāda tipa mezgls labi uzņem spiedi. Stieptiem stieņiem jālieto lielāka diametra bultskrūves un metinājuma šuves.

Spiestiem stieņiem stingu savienojumu nodrošina Anglijā izstrādātā sistēma «Abstrakt». Šādu savienojumu lieto čaulām ar kvadrātveida stieņu režģojumu (9.33. att. c). Izgatavo arī citas formas ieliktnus triju vai sešu stieņu savienošanai. «Abstrakt» sistēmas stieņu savienošanu ir ieteicams lietot lēzeniem kupoliem, jo stieņos darbojas tikai spiedes spēki.



9.33. att. Režgotu čaulu savienojuma mezglu veidi:

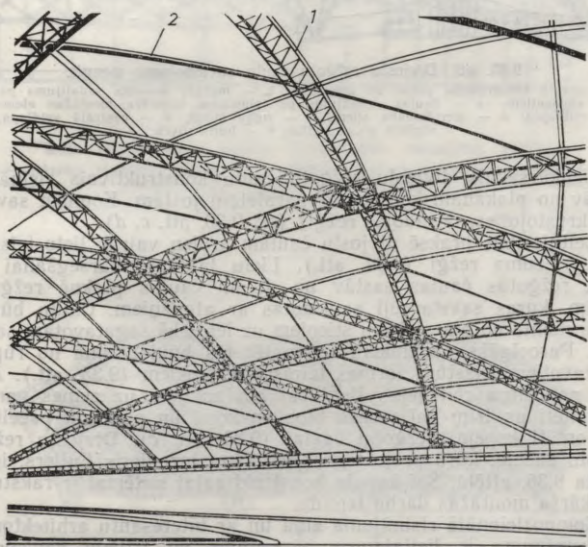
a — metināti savienojumi (Čehoslovākija); *b* — savienojums ar bultskrūvēm (Vācija); *c* — savienojums ar speciālu krustveida ieliktni (Anglija); *d* — kvadrāta šķērsriezuma stieņu savienojums ar metinājumu šuvēm; *e* — kupola bultskrūvju savienojums; *f* — tas pats ar uzliktni. *1* — savienojumu vieta; *2* — leņķtērauda gabals; *3* — caurule; *4* — metinājuma šuve; *5* — lokšņu tērauda paliktņi; *6* — montāžas bultskrūves; *7* — montāžas metinājums; *8* — lieta veiddetaļa; *9* — fiksators; *10* — krustveida ieliktnis.

Ja čaulu veido no slēgta kvadrātveida profila stieņiem, tad var lietot 9.33. attēlā *d* parādīto stieņu savienošanas veidu. Šī savienojuma trūkums ir tas, ka ir jābūt ļoti precīzam stieņu garumam un izgriezumiem, kā arī ir liela montāžas metinājuma šuvju darbietilpība.

Režgotas vienjoslas čaulas ātri un ērti var montēt, lietojot bultskrūvju savienojumus ar fasona štancētām šķivjuveida vai zvaigžņveida mezglu detaļām (9.33. att. *e*, *f*). Bultskrūvju savienojumi ir ērti montāžas darbu veikšanai, un tie vienādi labi uzņem spiedes un stiepes spēkus. Iepriekšapskatītos stieņu savienojumu variantus var izmantot tikai kā izzināšanas avotu jaunu, vēl efektīvāku stieņu savienojumu veidošanai.

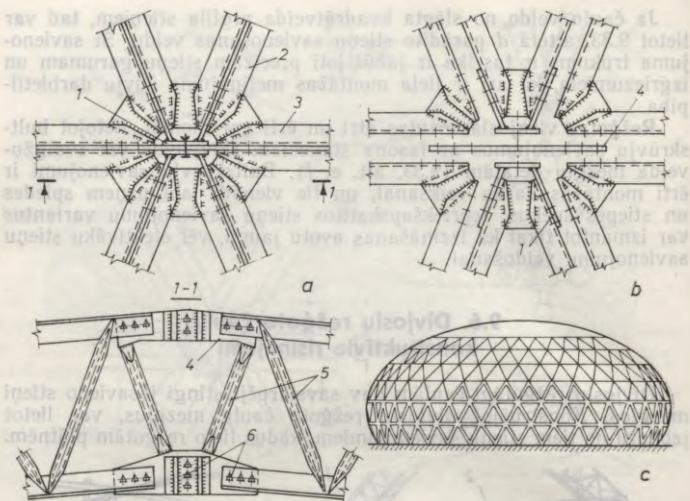
9.6. Divjoslu režģoto čaulu konstruktīvie risinājumi

Divjoslu režģotām čaulām nav savstarpēji stingri jāsavieno stieņi mezglos. Konstruējot divjoslu režģoto čaulu mezglus, var lietot jebkuru no tiem stieņu savienojumiem, kādus lieto režģotām plātnēm.



9.34. att. Divjoslu pārsegums ar telpiski novietotiem stieņiem un trīsstūra šķēsgriezuma kopnēm:

1 — telpiskie stieņi, kuri veido pamatrežģi; 2 — jumta kopturi.



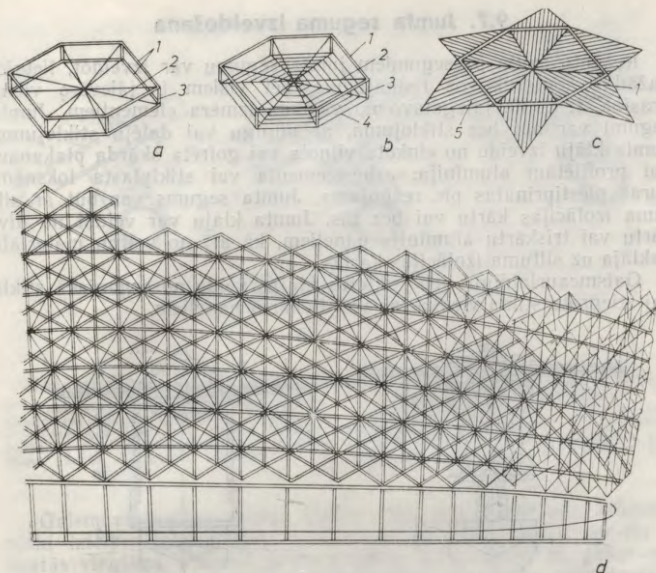
9.35. att. Divjoslu režgotu čaulu savienojumu mezgli:

a — mezgla konstrukcija plānā un griezumā; *b* — mezgla nosacīts sadalījums pa montāžas elementiem; *c* — čaulas sadalījums pa telpiskiem trīsstūra montāžas elementiem; 1 — veidlapas; 2 — meridiānālie stieņi; 3 — riņķa stieņi; 4 — centrālā veidlapa; 5 — atgāžņi no caurulēm; 6 — bultskrūves.

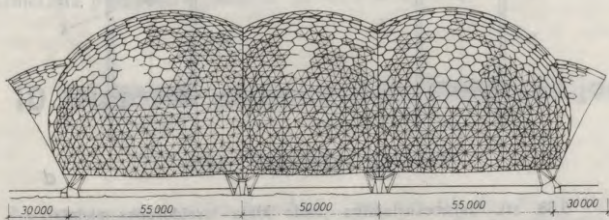
Visvienkāršākais divjoslu režgotu čaulu konstruktīvais risinājums sastāv no plakanām kopnēm ar paralēlām joslām. Kopnēm savstarpēji krustojoties, izveidojas režģis (sk. 9.30. att. *c, d*).

Celtniecības praksē divjoslu čaulām arvien vairāk lieto trīsstūra šķērsriezuma režģi (9.34. att.). Lielu laidumu pārsegšanai divjoslu režgotās čaulas sastāv no divām čaulas plaknē režgotām joslām, kuras savstarpēji savienotas ar atgāžņiem. Čaulu būvlaukumā montē no atsevišķiem stieņiem uz iepriekš sagatavotām sastatnēm. Parocīgāks paņēmieni ir montēt tās būvlaukumā no rūpnīcā izgatavotiem trīsstūra formas telpiskiem blokiem (9.35. att.). Atkarībā no celtna celtnespējas šie bloki būvlaukumā uz zemes var tikt samontēti pa trim vai vairāk blokiem kopā un pēc tam pacelti un piemontēti kopējai režgotai čaulai (9.35. att. *c*). Divjoslu režgota kupolu shēma, kuru projektējis amerikāņu inženieris Fullers, ir parādīta 9.36. attēlā. Šai kupolu konstruktīvajai sistēmai ir raksturīga vienkārša montāžas darbu izpilde.

Kompozicionālā risinājuma ziņā un ar interesantu arhitektonisko izteiksmīgumu ir liellaiduma pārsegums no trijiem savienotiem kupoliem (9.37. att.). Šo režgotu divjoslu kupola pārseguma konstrukciju Odesas ostai izstrādājuši Sverdlovskas arhitektūras institūta zinātnieki. Katra kupola diametrs ir 100 m.



9.36. att. Divjoslu kupolu konstruktīvie risinājumi (ASV):
a, b — sešstūra elementu varianti; *c* — rombiskas plātnes ar cauruļu stiepiem; *d* — kupola montāža; 1 — cauruļu stiegi; 2 — savilces; 3 — statņi; 4 — metāla loksnes; 5 — locīta rombiska metāla loksne.

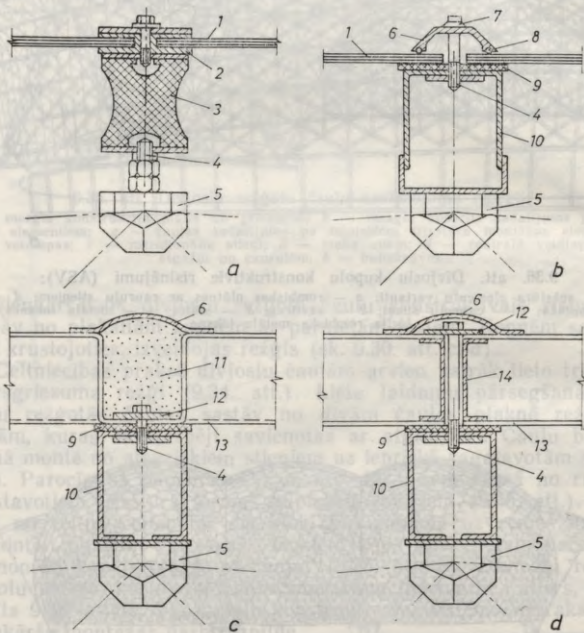


9.37. att. Pārsegums no vairākiem divjoslu kupoliem.

9.7. Jumta seguma izveidošana

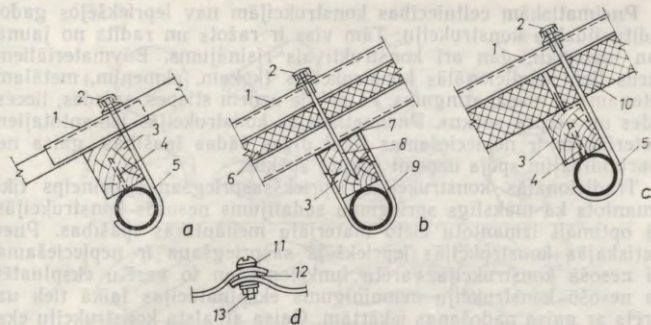
Režģotu čaulu pārsegumiem jumta segumu var izveidot, lietojot dažādus konstruktīvos risinājumus, bet visiem ir jāievēro viena prasība, t. i., tie jāizgatavo no vienāda izmēra elementiem. Jumta segumi var būt bez stiklojuma, ar pilnīgu vai daļēju stiklojumu. Jumta klāju izveido no cinkota viļņota vai gofrēta skārda plakanām vai profilētām alumīnija, azbestcements vai stiklplasta loksņēm, kuras piestiprinātas pie režģojuma. Jumta segums var būt ar siltuma izolācijas kārtu vai bez tās. Jumta klāju var veidot no divkārtu vai trīskārtu alumīnija paneļiem, kā arī no veltņu materiāla paklāja uz siltuma izolācijas kārtas.

Gaismcaurlaidīgus jeb stiklotus klājus veido no organiskā stikla vai stiegrota stikla vienkārtas vai divkārtu paneļiem.



9.38. att. Gaismcaurlaidīga jumta klāja izveidošanas piemēri:

a, b — vienkārtas stiklojums; *c, d* — trīskārtu stiklotu paneļu varianti; 1 — organiskā vai armēta stikla plātne; 2 — alumīnija profils; 3 — sintētiskā kaučuka amortizators; 4 — montāžas bulskrūve; 5 — čaulas elements; 6 — alumīnija uzliktnis; 7 — plastmasas paliktņš; 8 — blīve; 9 — elastīga starplika; 10 — tērauda vai stiklplasta kopturis; 11 — putuplasts vai minerālvate; 12 — paliktņš; 13 — trīskārtu stiklplasta panelis; 14 — stiklplasta rāmis.



9.39. att. Jumta seguma piestiprināšana pie režģotām čaulu konstrukcijām:

a — aukstais jumts; *b, c* — siltais jumts; *d* — stiklplasta lokšņu savienojums; 1 — alumīnija vai stiklplasta vijņotas loksnes; 2 — plastmasas uzgalis; 3 — koka latojums; 4 — dzelzsnis-tapa; 5 — cinkota tērauda enkurskrūve; 6 — putuplasts; 7 — plastmasas paliktņi; 8 — cinkota nagla; 9 — plakandzelza aptveris; 10 — trīskārtu alumīnija apšuvuma panelis ar siltuma izolāciju; 11 — elastīgs paliktņis; 12 — hermetizējoša lente; 13 — cinkota bultskrūve.

Gaismaurlaidīgu panelu jumta klāji veido iekštelpu arhitektoniski izteiksmīgāku, tāpēc ka pārseguma konstrukcija optiski izskatās vieglāka. Piemēri jumta seguma izveidošanai no gaismaurlaidīgiem paneliem, kuros stiklojumam ir iespēja temperatūras ietekmē pārvietoties, ir parādīti 9.38. attēlā. Tas obligāti jāņem vērā liela laiduma pārsegumiem, tāpēc ka organiskam stiklam un metālam ir ļoti atšķirīgi lineārie izplešanās koeficienti.

Režģojumu jumta klāja piestiprināšanai var veidot no metāla profiliem vai koka brusām. Koka vai metāla režģi pie čaulas augšjolas piestiprina ar skavas bultām (9.39. att.).

Režģotu čaulu pārsegumiem siltuma izolāciju izveido no viegliem porainiem materiāliem, t. i., no minerālvates, polistirola vai polimetāna putuplasta plātnēm (9.39. att. *b, c*).

10. Nesošās pneimatiskās konstrukcijas

10.1. Vispārīgs apskats

Neviena no nesošajām konstrukcijām nav tik strauji attīstījusies kā pneimatiskās ēku un būvju konstrukcijas. Šo konstrukciju ekspluatācija ir mazāka par 40 gadiem. Tagad pasaulē ir vairāk par simts tūkstošu dažādu šādas konstrukcijas ēku un būvju pārsegumu, kuras izgatavo visās tehniski attīstītās valstīs.

Pneimatiskām celtniecības konstrukcijām nav iepriekšējos gados radītu līdzīgu konstrukciju. Tām viss ir ražots un radīts no jauna, gan materiāli, gan arī konstruktīvais risinājums. Būvmateriāliem, kurus lieto tradicionālās konstrukcijās (kokam, akmenim, metālam, betonam) ir masa, stingums, kā arī tie uzņem stiepes, spiedes, lieces, bīdes un vērpes spēkus. Pneimatiskajās konstrukcijās izmantotajiem materiāliem ir nepieciešamas tikai divas šādas īpašības: gaisa ne-caurlaidība un spēja uzņemt stiepes spēkus.

Tradicionālās konstrukcijās iepriekšsaspriegšanas princips tika izmantots kā mākslīgs spriegumu sadalījums nesošās konstrukcijās, lai optimāli izmantotu cieto materiālu mehāniskās īpašības. Pneimatiskajās konstrukcijās iepriekšējā saspriegšana ir nepieciešama, lai nesošā konstrukcija varētu funkcionēt un to varētu ekspluatēt. Šo nesošo konstrukciju nemainīgums ekspluatācijas laikā tiek uzturēts ar gaisa padošanas iekārtām. Gaisa atbalsta konstrukciju ekspluatācijai ir nepieciešama absolūti droša gaisa padeves sistēmas darbība, jo, zūdot gaisa pārspiedienam telpā, nesošās pneimatiskās pārseguma konstrukcijas pārtrauks eksistēt.

1956. gadā ASV tika organizēta pirmā firma, kas izmantoja pneimatiskās būves. 1957. gadā ASV bija jau ap 50 šādu firmu, un šīs konstrukcijas tika izmantotas arī Eiropā un Japānā. Daudzās firmās pieredzes trūkuma dēļ nevarēja atrisināt rindu konstruktīvu un tehnoloģisku problēmu un līdz ar to nodrošināt nepieciešamo konstrukcijas kvalitāti un drošu tās ekspluatāciju. Konstrukciju ražotāji arī konstatēja šo konstrukciju jaunas kvalitatīvās īpašības, kuras ekspluatācijā vēl nebija izmantotas. Tas turpmāk ietekmēja inženieru tehnoloģisko un arhitektūras risinājumu attīstību pneimatisko būvju celtniecībā visā pasaulē. Tagad valstīs, kuras pārdzīvo enerģijas krīzi, ir palielināta interese par pneimatisko būvju ekspluatācijas ekonomiskumu. Tas galvenokārt ir saistīts ar lielāku kuri-nāmā patēriņu nekā tradicionālām kapitālām ēkām. Siltuma enerģijas daudzumu pneimatisko būvju ekspluatācijā var samazināt divējādi: palielināt čaulas termisko pretestību, iekārtojot dubultsienas vai siltuma izolējošu kārtu u. c., vai izmantot čaulu kā saules enerģijas kolektoru.

Pneimatiskās konstrukcijas var iedalīt šādās divās patstāvīgās grupās: gaisa atbalsta pārsegumi un pneimatiskie karkasu pārsegumi. Viena no otras tās atšķiras ar statiskās darbības principu, konstrukciju un ekspluatācijas raksturu. Pneimatisko celtniecības konstrukciju klasifikācija dota 10.1. attēlā.

Gaisa atbalsta pārseguma konstrukcijas (mikstās čaulas) balstās uz gaisa spiediena pamata, ja telpā ir lielāks gaisa spiediens nekā ārējais atmosfēras spiediens. Tā kā telpā nav liels gaisa spiediens un gaiss tiek nepārtraukti padots ar ventilatoru, nav noteiktas sevišķas prasības čaulas un visas telpas hermetizācijai. Svarīgi, lai pastāvētu līdzsvars starp gaisa zudumiem un gaisa padevi telpā. Gaisa atbalsta čaulas un kupolī tiek piestiprināti atbalsta kontūrai — gruntij, pamatam vai sienu konstrukcijām. Var būt šādas gaisa atbalsta konstrukcijas: dažādas ģeometriskas formas pārsegumi (10.1. att.



10.1. att. Pneimatisko nesošo konstrukciju klasifikācija:

a — gaisa atbalsta pārsegumi; *b* — pneimatiskie karkasu pārsegumi; 1 — vienkāršas formas; 2 — saliktas formas; 3 — sarežģītas formas; 4 — lēcas (spilveni); 5 — vienlaiduma lēcas ar pastipriņošām trosēm vai sietiem; 6 — vairāklaidumu lēcas ar pastipriņošām trosēm; 7 — stieņu paneļi; 8 — ortotropie paneļi; 9 — izotropie paneļi.

a_1 , a_2 , a_3); lēcas jeb spilvena pārsegumi (10.1. att. a_4) vai ar trosēm un sietiem pastiprināti pārsegumi (10.1. att. a_5 , a_6).

Pneimatiskie karkasu pārsegumi ir nesošas pneimatiskas konstrukcijas, kuru nestspēju nodrošina dažādas formas ar gaisu piepildīti slēgti elementi — stieņi vai paneļi, kuru nestspēju nodrošina pastāvīgs nemainīgs gaisa spiediens to slēgtajā apjomā. Parasti šīs konstrukcijas ir kā atsevišķi konstruktīvi elementi ar lielu iekšējo gaisa spiedienu, kurām ir nepieciešama maksimāla hermetizācija. Ja varētu panākt konstrukciju elementu pilnīgu hermetizāciju, tad šīs konstrukcijas būtu ideālas, tāpēc ka tām ir liela nestspēja un tās ir neparasti vieglas (ļoti maza konstrukcijas masa). Līdz šim vēl nav atrasta metode konstrukciju absolūtai hermetizācijai. No celtniecības viedokļa funkcionāla atšķirība starp gaisa atbalsta un pneimatiskiem karkasu pārsegumiem ir tā, ka pneimatiskie karkasu pārsegumi ir nelieli elementi — sijas, stati, velves, loki, paneļi u. c., bet gaisa balstītie pārsegumi — veselas ēkas, kurās var strādāt, atpūsties vai nodarboties ar sportu.

Starpvariants starp gaisa atbalsta un pneimatiskajiem karkasu pārsegumiem ir divkārtu pneimatiskie pārsegumi, kurus sauc par pneimolēcām, ja to forma plānā ir apaļa, ovāla vai daudzstūra, bet — par pneimospilveniem, ja forma plānā ir taisnstūris. Pēc statiskās darbības pneimolēcas un pneimospilveni pieder pie gaisa atbalsta konstrukcijām, bet pēc gaisa spiediena telpā, kurš ir vienāds ar atmosfēras spiedienu, tās var attiecināt uz pneimatiskajiem karkasu pārsegumiem.

10.2. Vēsturiskā attīstība un pirmās konstrukcijas

Uzskatāms vēja enerģijas izmantošanas piemērs ir kuģu buras, vējdzirnavu spārni u. c. Gaisa baloni, dirižabļi un izpletņi ir piemēri tam, kā gaisu var izmantot tehniskiem mērķiem. Šīs konstrukcijas (10.2. att.) var uzskatīt par mūsdienu celtniecībā izmantojamo pneimatisko nesošo konstrukciju pirmsākumu.

Dzīvā dabā mēs sastopamies ar lielu skaitu dzīvībai svarīgu orgānu, kuri var izplest un transformēt savu čaulas formu. Pie tādiem pieder kuņģis, dzīvnieku krūšis kurvis, kā arī atsevišķu varžu sugu balss maisi, kuri var izplesties lielāki par vardes galvas izmēru. Ņemot piemēru no dzīvā dabā sastopamajām elastīgām organisma daļām, jau sirmā senatnē no ādām vai dzīvnieku iekšējiem orgāniem veidoja ar gaisu piepildītas konstrukcijas, kuras izmantoja kā plostus, ar ko turēties virs ūdens un pārvietoties pa to. Vēlāk, attīstoties tekstilrūpniecībai, tika gatavoti gaisa baloni, aerostati, dirižabļi, piepūšamās laivas un kuteri.

Pirmā pneimatiskā karkasu celtniecības konstrukcija ir «aerosija», kuru izgudroja I. Sumovskis 1893. gadā un patentēja ASV (nr. 511 472). Profesors G. Pokrovskis pirmais izstrādāja projektu par pneimostieņu un pneimolēcu izmantošanu pārsegumu izveidošanai. Viņa izveidoto pneimolēcu pārsegumu (10.3. att.) 1957. gadā

izmantoja vasaras teātra zāles pārsegumam Bostonā. Pēc šīs būves lēcu pārsegumi tika izmantoti daudzkārt. Piemēram, Vācijā vesela tirdzniecības iela 29,4 m platumā un 185 m garumā 1974. gadā tika nosepta ar spilvenveida pneimatiskām pārseguma konstrukcijām.

Pneimatisko karkasu celtniecības konstrukciju attīstības ceļš bija savādāks. Neraugoties uz to, ka 18. gs. notika pirmie lidojumi ar gaisa baloniem, kuru darbības pamatā bija lielās gāzu necaurlaidošās čaulās ieslēgta karsta gaisa (vēlāk — ūdeņraža un hēlija) celtspeja, būvniecībā šīs čaulas (piestiprinot tās pie zemes) sāka izmantot ļoti vēlu.

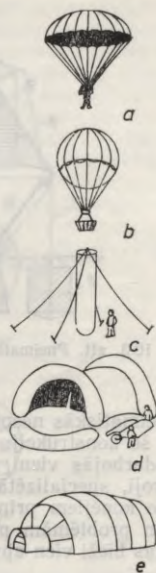
Ēku ar paaugstinātu gaisa spiedienu 1917. gadā projektēja angļu inženieris F. U. Lančesters (angļu patents nr. 119 339). Tā bija pneimatiska karkasa cilindriskas formas velve ar sfēriskiem galiem, kurai bija visi mūsdienu ēkās paredzētie elementi, t. i., čaula un tās enkurošanas iekārta, ieejas slūžas, gaisa padeves iekārta un pat lokveida trošu sistēmas, kas notur konstrukciju. Sādas sistēmas vēl ir pneimatisko konstrukciju jaunums.

1938. gadā U. Lančesters publicēja jaunu projektu gaisa atbalsta kupolam ar 330 m diametru kvadrātveida plānā ēkas pārsegšanai. Kupola konstrukcijā bija paredzētas horizontālas apļveida un merisionālas trošu saites.

Nākamais gaisa atbalsta pneimatiskās konstrukcijas ēkas projekts tika izstrādāts 1941. gadā. Šī projekta autors bija amerikāņu inženieris H. Stīvensons. Pārsegums bija sfērisks segments ar 336 m diametru un ļoti mazu pacēlumu. Par čaulas materiālu tika izmantots 1,27 mm biezs lokšņu tērauds. Jāatzīmē, ka šie abi projekti, kuri radās kara laika apstākļos, netika realizēti. Pasaulē pirmā ēka ar gaisa atbalsta nesošām pneimatiskām konstrukcijām tika uzbūvēta 1948. gadā. Šīs ēkas projekta autors bija amerikāņu aviācijas inženieris V. U. Berds. Ēkas kupola diametrs bija 16 m un augstums — 12 m.

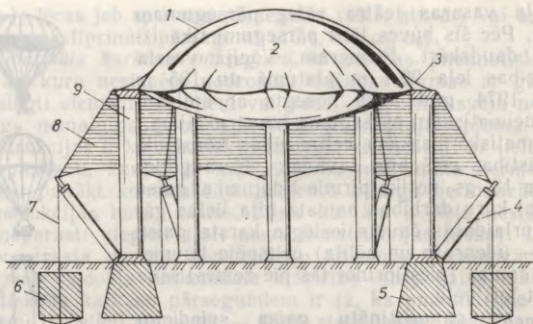
Pirmās pneimatiskās būves PSRS (sfērisks kupols ar 36 m diametru) tika uzbūvētas 1959. gadā, otrs kupols ar diametru 22 m — 1960. gadā, bet trešais — puscilindra velve ar sfēriskiem galiem un automātisku gaisa regulēšanas padevi tika samontēts 1960. gadā un 1961. gadā eksponēts TSSI Maskavā.

Pneimatiskā karkasa jeb ar gaisu pildītas pneimatiskās konstrukcijas vēsturiskā attīstība nav atdalāma no gaisa atbalsta konstrukciju attīstības. Abas pēc ekspluatācijas un izveidošanas atšķirīgās



10.2. att. Pneimatisko konstrukciju vēsturiskā attīstība:

a — izpletnis; *b* — gaisa balons, pneimatiska sistēma; *c* — pneimatisks statnis; *d* — pneimatisks loks; *e* — pneimatiska velve.



10.3. att. Pneimatiskis pārsegums sporta zālei (projekts; PSRS, 1936. g.).

pneimatiskās nesošās konstrukcijas attīstījās vienlaikus, jo ļoti bieži ar šo konstrukciju projektēšanas un zinātniskās pētniecības darbiem nodarbojās vieni un tie paši zinātniskās pētniecības konstruktoru biroji, specializētās organizācijas un firmas. Tas ir saprotams, jo pēc kopējiem principiem, izejas materiāliem un aplēses teorētiskajām problēmām pneimatiskās karkasu un gaisa atbalsta konstrukcijas bieži vien apvienojās kopējā būves tipā.

10.3. Nesošās pneimatiskās konstrukcijas mūsdienu celtniecībā

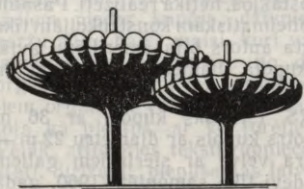
Pneimatiskās karkasu jeb ar gaisu pildītās konstrukcijas (pneimatiskie stieņi un pneimatiskie paneli) celtniecībā nav izplatītas. PSRS ir tikai daži eksperimentāli paraugi, un arī aizrobežu celtniecībā tās nav ieviestas sērijveida ražošanā.

Tas izskaidrojams ar šādiem konstrukciju trūkumiem:

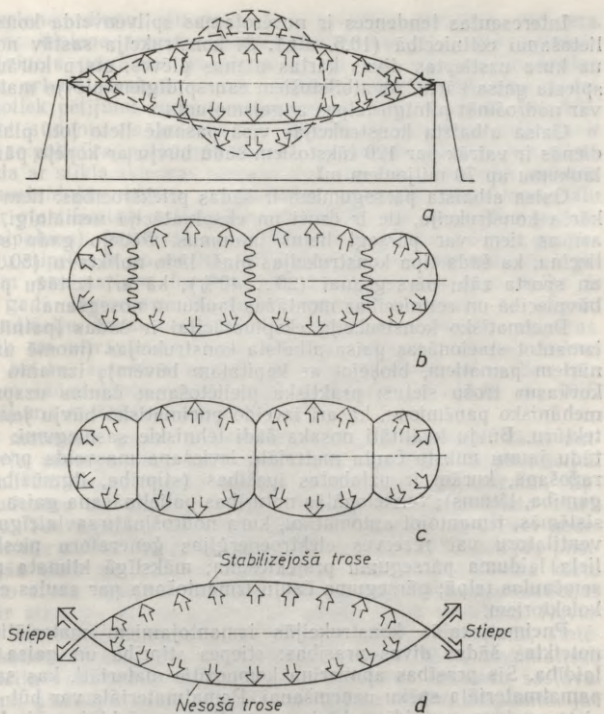
šīs konstrukcijas ir ekonomiski izdevīgi un mērktiecīgi lietot tikai līdz 12... 15 m lieliem laidumiem;

tā kā čaulā ir augsts gaisa darba spiediens, materiālam ir jābūt kvalitatīvākam, kā arī grūti ir nodrošināt hermētiskumu;

konstrukciju lielās izmaksas no 3 līdz 4 reizēm pārsniedz gaisa atbalsta konstrukcijas izmaksas.



10.4. att. Pneimatisku konstrukciju saulesargi (sēnes tipa) ar 20 un 30 m diametru (Starptautiskajā izstādē EKSP0-70).



10.5. att. Pneimatiskās spilvenveida nesošās struktūras mehānismi, kuri nodrošina formas noturību:

a — malu noenkurošana; b — savilcū atsperes; c — iekšējās diafragmas; d — savelkošās un nesošās troses.

Pneimatisko karkasu konstrukciju priekšrocības salīdzinājumā ar gaisa atbalsta konstrukcijām ir šādas:

ekspluatējamās telpās nav gaisa pārspiediena, nav jāiekārto gaisa padeve un gaisa slūžas utt.

Neraugoties uz minētajiem trūkumiem, atsevišķās valstīs ir uz-būvētas dažas ar gaisu piepildītas pneimatiskās konstrukcijas, kuras pēc ārējās formas ir arhitektoniski izteiksmīgas, piemēram, starptautiskajā izstādē Ekspo-70 Japānā saulesargi — «pneimatiskās sēnes» (10.4. att.) ar 20 un 30 m diametru. Katras konstrukcijas piepildīšana ar gaisu līdz konstrukcijas stabilizācijai norit ne ilgāk par 15 minūtēm.

Interesantas tendences ir novērojamas spilvenveida konstrukciju lietošanai celtniecībā (10.5. att.). Šī konstrukcija sastāv no rāmja, uz kura uzstieptas divas kārtas plānas plēves, starp kurām ir sašpiesta gaisa kārtā. Ar atbilstošiem caurspīdīgiem plēvju materiāliem var nodrošināt pilnīgu telpas apgaismojumu.

Gaisa atbalsta konstrukcijas visā pasaulē lieto ļoti plaši. Mūsdienās ir vairāk par 120 tūkstošiem šādu būvju ar kopējo pārseguma laukumu ap 70 miljoniem m².

Gaisa atbalsta pārsegumiem ir šādas priekšrocības: tiem ir vienkārša konstrukcija, tie ir droši un ekspluatācijā nemainīgi, lēti, kā arī ar tiem var pārsegt lielus laidumus. Pēdējo gadu statistika liecina, ka šāda tipa konstrukcijas plaši lieto noliktavu (50...70%) un sporta zāļu pārsegšanai (20...40%), kā arī izstāžu paviljonu būvniecībā un celtniecības montāžas laukumu nosegšanai.

Pneimatisko konstrukciju ekspluatācijai ir šādas īpatnības: var izmantot stacionāras gaisa atbalsta konstrukcijas (montē uz stacionāriem pamatiem, bloķējot ar kapitālām būvēm); izmanto «miksto karkasu» trošu sietus; praktiska pielietošana; čaulas uzspriedz ar mehānisko paņēmienu, kā arī izveido pneimatisko būvju jauno arhitektūru. Būvju kvalitāti nosaka šādi tehniskie sasniegumi: sekmīga tādu jaunu miksto čaulu materiālu ieviešana masveida produkcijas ražošanā, kurām ir uzlabotas īpašības (stiprība, ilgmūžība, nedegamība, lētums); funkcionālās noturības palielināšana gaisa padeves sistēmās, izmantojot automātiku, kura nodrošinātu savlaicīgu papildu ventilatoru vai rezerves elektroenerģijas ģeneratoru pieslēgšanu; liela laiduma pārsegumu projektēšana; mākslīgā klimata radīšana zemčaulas telpā; pārseguma čaulu izmantošana par saules enerģijas kolektoriem.

Pneimatiskajās konstrukcijās izmantojamiem materiāliem tiek noteiktas šādas divas prasības: stiepes stiprība un gaisa necaurlaidība. Šīs prasības apmierina kompozītie materiāli, kas sastāv no pamatmateriāla spēku uzņemšanai. Pamatmateriāls var būt audums, siets; gaisnecaurlaidīga kārtā — polimēru pārklājs vai dublējuma plēve. Ražo šādus divus materiālu veidus: ar pastveida polimēriem klātu vai piesūcinātu audumu un divkārtas plēves ar vidū novietotu sintētiskās šķiedras sietu. Celtniecībā plašāk ir izplatīts pirmais materiāls.

Bez minētajām divām galvenajām prasībām ir vēl rinda papildu prasību: nedegamība, gaisnecaurlaidība, ķīmiskā vai bioloģiskā noturība, noturība pret zemām un augstām temperatūrām, iespēja ražot sērījveidā, ērta savienojuma šuvju izveide u. c. Ļoti svarīga īpašība, kura nemitīgi jāpilnveido, ir čaulas ilgmūžība, tādēļ zinātnieki vairāk pēta iespējas, kā ražot materiālu ar ilgu kalpošanas laiku jebkuros atmosfēras apstākļos.

Mūsdienu pneimatisko konstrukciju materiālus pēc izmantošanas var iedalīt divās grupās. Pirmajā grupā ietilpst materiāli, kurus lieto masveida pneimatisko konstrukciju būvniecībā ar laidumu, kas nav lielāks par 60 m. Šīs grupas materiāliem spēkus uzņem sintētiskās šķiedras audums. Var būt poliamīda (kaprona, neilona, dede-

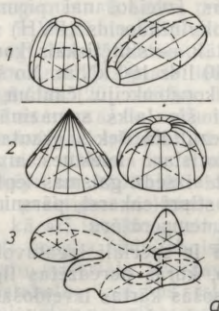
rona, perlona, silona, stilona u. c.), poliefīra (lavsāna, dakrona, grizutena, diolena, trevīra, teterona, terilena u. c.), retāk polivinilspirta (vinola, vinilona, kuralona u. c.) vai arī poliakrīlitrilīna (nitrona, orlona, dralona u. c.) sintētiskā šķiedra. Pēdējos gados PSRS notiek pētījumi auduma izgatavošanā no poliamīda, bet ASV sāk ražot audumu no kevlarā. Šo šķiedru pārraušanas stiprība ir lielāka par poliefīra, poliamīda šķiedru un tērauda stiepes stiprību un ir vienāda ar stikla šķiedras pārraušanas stiprību. Visvairāk izplatīts gaisnecaurlaidošās kārtas izveidošanai pirmajai čaulu materiālu grupai ir plastificētais polivinilhlorīds (PVH) vai hlorsulfīra polietilēns (haipalons), bet retāk — sintētiskais kaučuks. Pirmās grupas materiālu stiprība ir no 40 līdz 100 kN/m. No šiem materiāliem izgatavotajām pneimatisko konstrukciju čaulām kalpošanas laiks ir 5...10 gadi. Ievērojami šis laiks samazinās rajonos ar augstu saules radiāciju, kuras rezultātā tiek sagrautas sintētiskās šķiedras. Visvairāk no ultravioleto staru ietekmes aizsargā melnas krāsas segums, bet tas savukārt aizsedz gaismas iepļūšanu telpā. Bez tam gaisms zem šādas čaulas stipri sakarst, pārsniedzot vairāk par 10°C salīdzinājumā ar ārējo temperatūru.

Otrā materiālu grupā ir speciāli izgatavoti materiāli tādu unikālu būvju pārsegumiem, kuras paredzētas ilgstošai ekspluatācijai. Šādām būvēm čaulas nesošās kārtas izveidošanai lieto augstas stiprības audumus un audumus, kas noturīgi pret ultravioleto staru iedarbību. Tos izgatavo no stikla šķiedrām, metāla un citiem nedeģošiem materiāliem. No 1974. līdz 1982. gadam ASV celtajās pneimatiskajās ēkās un būvēs stiepes spēku uzņemšanai čaulas kārtā sastāv no stikla šķiedras auduma. Čaulas materiāla ekspluatācijas ilgums ir atkarīgs arī no gaisnecaurlaidīgā slāņa īpašībām. Nevienam no iepriekšapskatītajiem materiāliem (PVH, harpalons, sintētiskais kaučuks) nav liels ekspluatācijas laiks, tādēļ pneimatisko konstrukciju celtniecībā lieto polimērus ar ītoso saturošu sastāvu. Piemēram, pārklājot čaulu audumu ar teflona kārtu, ekspluatācijas ilgums var būt no 20 līdz 30 gadu, turklāt šie pārsegumi ir gaismcaurlaidīgi, kā arī tie nepārklājas ar netirumiem. Šādu materiālu pārseguma izmaksas pagaidām vēl ir piecas reizes lielākas par pirmās grupas materiālu pārseguma izmaksām, tādēļ tos lieto tikai kapitālu būvju celtniecībā. Metālu pneimatisko būvju konstrukcijās šos pārsegumus var lietot ne tikai nesošajai kārtai, bet arī gaisu aizturošajai kārtai. No minētā izriet, ka metāla loksnes var lietot pneimatiskām konstrukcijām kā veselu gatavu materiālu, kurš nodrošina gan stiprību, gan arī gaisnecaurlaidību.

Pneimatiskajām konstrukcijām lietojot plānas metāla loksnes, ir jānovērš šādi trūkumi: jānovērš spriegumu koncentrācija atsevišķās lokšņu vietās, jāpārējo no nesaspriegta krokota stāvokļa saaspriegtā izlīdzinošā stāvoklī, un otrādi; grūti ir savienot plānas metāla plātnes; paaugstināta bīstamība, zaudējot stiprību korozijas ietekmē. Novēršot iepriekšminētos trūkumus, metāla membrānas var lietot pneimatiskajās konstrukcijās. Kā piemēru var minēt sporta arēnas pārsegumu Kanādā ar izmēriem 91,5×73,2 m un pacelumu

3 m, kuru uzbūvēja 1979. gadā. Pārseguma čaula sastāv no 27 nerūsējošā tērauda 1,6 mm biezām loksnēm. Suves starp loksnēm izveidotas no lokaniem kroku uzliktņiem, kuri kompensē lokšņu bīdi, čaulai pārejot no plakana stāvokļa sfēriskajā.

Viena no svarīgākajām celtniecības tendencēm ir lielu laidumu pārsegšana ar mazu materiāla patēriņu. Šajā ziņā pneimatiskajām konstrukcijām ir ļoti lielas priekšrocības salīdzinājumā ar iepriekš-

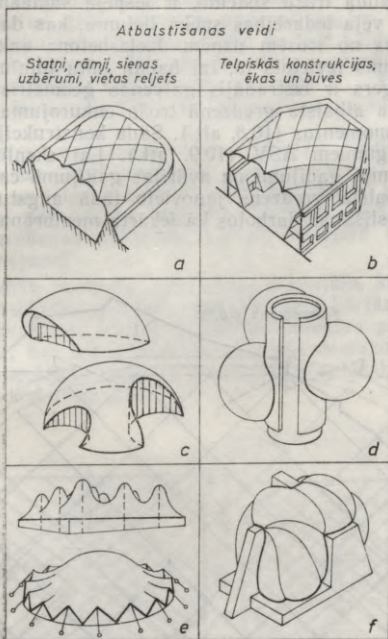


Pastipriņošo elementu veidi			
ar trosēm	ar atsaitēm	ar diafragmām	
4			
5			
6			

10.6. att. Galvenie pneimatisko konstrukciju formu veidošanas principi:

a — pārsegumi bez pastipriņošiem elementiem; *b* — pārsegumi ar dažāda veida pastipriņošiem elementiem; 1 — formas izmaiņas plānā; 2 — seguma formas izmaiņas; 3 — seguma formas izmaiņas un izmaiņas plānā; 4 — garuma izmēru un formas izmaiņas; 5 — pastiprinājuma izvietojuma izmaiņas; 6 — pastiprinājuma attālumu izmaiņas.

apskatītajām tradicionālajām celtniecības konstrukcijām no akmens, betona, tērauda u. c. materiāliem. Diezin vai ir pasaulē kāda cita konstrukcija, kura uz 1 m² pārseguma laukuma patērē mazāk par 1 kg materiāla. Palielinoties laidumam, arī pneimatiskajās konstrukcijās palielinās iekšējie spēki, kuru uzņemšanai jāpalielina materiāla stiprība vai arī jāveido jaunas konstruktīvas formas. Izmantojot jaunās konstruktīvās formas (10.6. att., 10.7. att.), mākslīgi var palielināt čaulas virsmas izliekumu. Pēdējais variants ir racionālāks nekā variants, kurā palielina materiāla stiepes stiprību. Gludo čaulas virsmu pārveidojot par gofrētu, ribotu vai balonveida virsmu var tikai ar papildu pastiprinošiem elementiem, piemēram, lietojot troses, sietus, atsaites un diafragmas (10.6. att.).



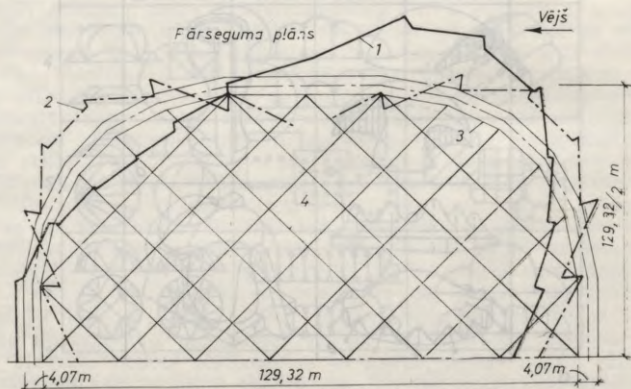
10.7. att. Pneimatisko konstrukciju balstīšanas veidi:

a, b — atbalsta kontūra dažādā augstumā no zemes; *c, d* — dažādu virsmu un konstrukciju savienošana; *e, f* — balsta formas izmaiņas neatkarīgi no pārseguma telpiskās formas.

Ar čaulām bez «mīkstajiem karkasiem» trosēm vai sietiem pār-
sedz šādus laidumus: cilindriskās pneimatiskās konstrukcijās ir ar
57 m lielu laidumu, lēzenās sfēriskās — 74 m un ar 3/4 pacēlumu —
64 m. Tālāka laiduma palielināšana šāda tipa pneimatiskām kon-
strukcijām ir saistīta ar ļoti augstas stiprības materiāla ražošanu,
kas ir iespējama, bet ekonomiski neizdevīga.

Lai palielinātu laidumu, mūsdienīgu pneimatisko gaisa atbalsta
konstrukciju celtniecībā lieto pastiprinošus elementus. Izmantojot
galveno spēku uzņemšanai trošu režģus un sietus, var atslogot čaulas
materiālu, atstājot tam norobežojošās un lokālo spēku (starp
sietu un trošu spraugām) uzņemšanas funkcijas. Izmantojot tērauda
vai sintētisko materiālu trošu sistēmu vai tīklu, var daudzkārt pa-
lielināt laiduma izmērus, turklāt samazinot čaulas materiāla stip-
rības īpašības.

Lietojot tērauda trošu sistēmu, ir iespēja samazināt čaulas pa-
cēlumu un arī vēja iedarbības spēka lielumu, kas darbojas uz pār-
segumu. Spēkus no trosēm uzņem dzelzsbetona enkurbalsts, kurā
troses enkurojums izvietots tā, lai balstā būtu minimāli lieces mo-
menti. D. Geigers ir izstrādājis galvenās ģeometriskās sakarības,
kuras nodrošina atbalsta gredzenā trošu enkurojuma izraisītos mi-
nimālus lieces momentus (10.8. att.). Šāda konstrukcija ir izmantota
stadionu pārsegumiem ASV (10.9. att.). Lai ekspluatācijas laikā
nenotiktu nelaimes gadījumi un avārijas gadījumā čaula nenokristu
uz grīdas, atbalsta gredzens jānovieto tādā augstumā, lai čaula
bez gaisa atbalstīšanas darbotos kā iekārta membrāna. Tas ir jāņem



10.8. att. Pārseguma plāna fragments zālei (ASV) ar dzelzsbetona atbalsta
gredzena maksimālā lieces momenta epīrām:

1 — vēja slodzes epīra; 2 — sniega slodzes epīra; 3 — dzelzsbetona atbalsta gredzens;
4 — tērauda troses ar $d=73$ mm.

vērā, projektējot jebkādas formas plānā pneimatiskās pārseguma konstrukcijas.

Pirmā liellaiduma lēzenā čaula tika samontēta 1969. gadā Starptautiskajā izstādē Ekspo-70 Japānā. Pārseguma izmēri plānā ir $78,1 \times 132,8$ m, pacēlums — 7 m, t. i., $f/l = 0,09$.

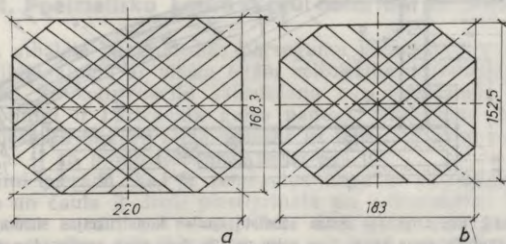
Pamatojoties uz šīm pneimatiskām pārseguma konstrukcijām, turpmāk tika veidoti arvien jauni liellaiduma pārseguma tipi ar mazu pacēlumu un trošu rombisku izvietojumu (ar soli 10...12 m). Pārseguma miksto čaulu izgatavoja no stikla auduma ar teflona klāju, kura kalpošanas laiks ir līdz 30 gadiem.

Šāda tipa pneimatiskie pārsegumi ir vairāk nekā 10 reizes vieglāki par dzelzsbetona, tērauda un koka pārsegumiem, kas savukārt ļauj atvieglot sienu un pamata konstrukcijas. Pēc amerikāņu ekonomistu aprēķiniem, šādas pārsegumu izmaksas ir divas reizes lētākas par tradicionālo pārsegumu izmaksām.

Vienas kārtas gaisa atbalsta pneimatiskajām konstrukcijām ir zemas siltumtehnikās īpašības, tāpēc no tām veidoto telpu apsildīšanai ziemā ir jāpatērē ļoti daudz siltuma enerģijas. Siltuma zudumus var samazināt divas reizes, ja ierīko 7...8 mm biezu porolona siltuma izolācijas kārtu vai pārseguma čaulu veido no divām kārtām.

Divas kārtas pneimatiskām konstrukcijām izveido no ārējās esošās kārtas un brīvi piekārtas iekšējās kārtas. Gaisa spiediens starp kārtām un telpā ir vienāds, tādējādi iekšējai kārtai var izmantot materiālu ar mazāku stiprību, izveidot speciālus siltuma un skaņas atstarošanas līdzekļus, kā arī interjerā izmantot dažādu krāsu noformējumu u. c.

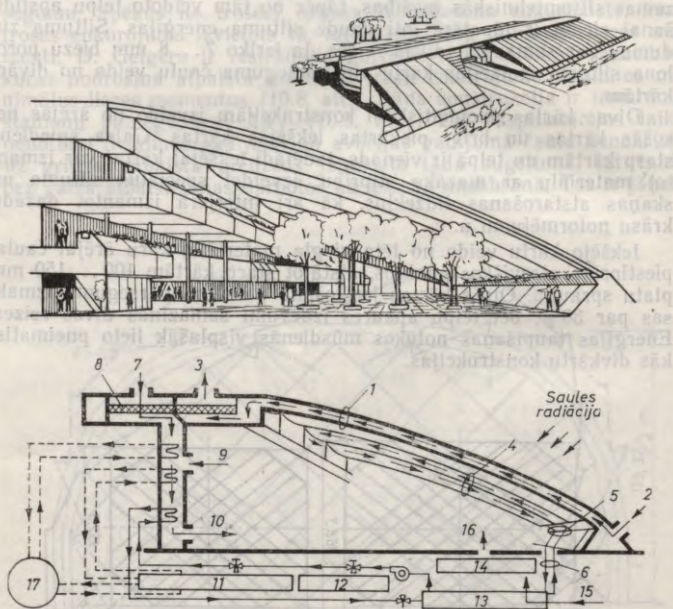
Iekšējo kārtu veido no lēta viegla materiāla, kuru ārējai čaulai piestiprina atsevišķos punktos, atstājot starp kārtām 100...150 mm platu spraugu. Otrās kārtas ierīkošana palielina pārseguma izmaksas par 30%, bet telpu apkures izdevumi samazinās divas reizes. Enerģijas taupīšanas nolūkos mūsdienās visplašāk lieto pneimatiskās divkārtu konstrukcijas.



10.9. att. Pastiprinošo vanšu izvietojums stadionu pneimatiskajiem pārsegumiem:
a — stadionam Pontiakā (ASV); *b* — stadionam Sirakjusē (ASV).

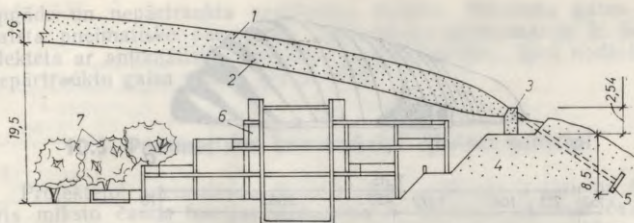
Pneimatisko konstrukciju pārsegumu virsmas ir pakļautas saules radiācijai, kas ietekmē telpu ekspluatāciju (telpas apkuri, atdzesēšanu un dabīgo apgaismojumu). Šī ietekme savukārt ir saistīta ar čaulas materiāla īpašībām (atstarošanu, saules enerģijas necaurlaidību un gaiscaurlaidību). Materiālu īpašības raksturo atbilstoši koeficienti. Parasto čaulas materiālu īpašības atkarībā no virsmas krāsas atrodas plašās robežās: atstarošanas koeficients no 10 līdz 70%, enerģijas necaurlaidības koeficients no 35 līdz 90% un gaiscaurlaidības koeficients no 5 līdz 20%.

Izmantojot divkārtu pneimatiskās čaulas, ļoti labi var izmantot saules enerģiju, bet trīskārtu čaulām — vēl labāk. Ir vairāki pneimatisko pārseguma konstrukciju projekti, kuros ēkas apsildīšanai un mikroklīmatam ir paredzēts izmantot saules enerģiju. Viens no tādiem projektiem ir parādīts 10.10. attēlā. Trīskārtu čaula (ASV)



10.10. att. Divkārtu gaisa atbalsta čaulas konstrukcijas shēma:

1 — saules apsildīta gaisa kārtā; 2 — gaisa padevē; 3 — gaisa nosūce; 4 — gaisa recirkulācija; 5 — karstā ūdens reģistri; 6 — karstā ūdens cirkulācija; 7 — svaigā gaisa ieņemšanas vieta; 8 — divas dehidrācijas kārtas; 9 — recirkulācijas gaisa; 10 — kondicionētais gaisa; 11 — kondicionētais; 12 — rezerves boileris; 13 — karstā ūdens tilpne; 14 — ūdens sildītava; 15 — vietējais karstais ūdens; 16 — gradētava.



10.11. att. Divkārtu gaisa atbalsta pārsegums:

1 — ārējā kārtā; 2 — iekšējā kārtā; 3 — atbalsts; 4 — zemes uzbērums; 5 — enkurojums; 6 — ēkas; 7 — koki.

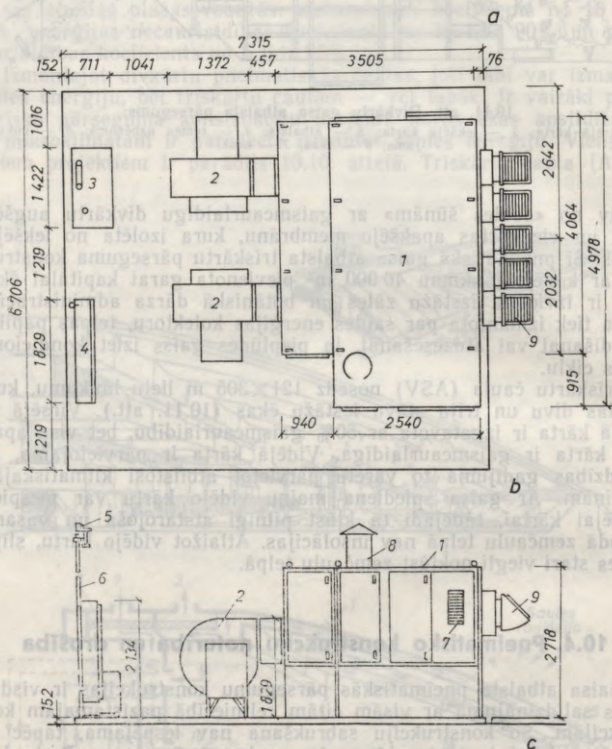
sastāv no «saules šūnām» ar gaismcaurlaidīgu divkārtu augšējo joslu un vienkārtas apakšējo membrānu, kura izolēta no iekšējās telpas. Šī pneimatiskā gaisa atbalsta trīskārtu pārseguma konstrukcija ar kopējo laukumu 40 000 m² pievienota garai kapitālai ēkai, kurā ir izvietota izstāžu zāles un botāniskā dārza administrācija. Čaula tiek izmantota par saules enerģijas kolektoru, telpas papildu apsildīšanai vai atdzesēšanai, ja pieplūdes gaiss iziet kondicionēšanas ciklu.

Trīskārtu čaula (ASV) nosedz 121×305 m lielu laukumu, kurā atrodas divu un triju stāvu iestāžu ēkas (10.11. att.). Virsējā un vidējā kārtā ir izgatavota ar 50% gaismcaurlaidību, bet visa apakšējā kārtā ir gaismcaurlaidīga. Vidējā kārtā ir pārvietojama, lai vajadzības gadījumā to varētu pārvietot atbilstoši klimatiskajām izmaiņām. Ar gaisa spiediena maiņu vidējo kārtu var piespiest augšējai kārtai, tādējādi tā kļūst pilnīgi atstarojoša un vasaras periodā zemčaulu telpā nav insolācijas. Atlaižot vidējo kārtu, slīpie saules stari viegli nokļūst zemčaulu telpā.

10.4. Pneimatisko konstrukciju noturība un drošība

Gaisa atbalsta pneimatiskās pārsegumu konstrukcijas ir visdrošākās salīdzinājumā ar visām citām celtniecībā pazīstamajām konstrukcijām. Šo konstrukciju sabrukšana nav iespējama, tāpēc ka tad, ja pilnīgi ir pārtraukta gaisa padeve, pārseguma čaula lēni vairāku desmitu minūšu laikā nosēžas uz telpu iekārtām vai grīdas. Sādas ēkas ir arī pilnīgi seismiski noturīgas.

Aprēķini pierāda, ka, ja zemčaulas telpā ir vajadzīgais gaisa spiediens un čaula ir droši piestiprināta pie enkurošanas kontūras, tad to nevar saraut pat viesuļvētra. Svarīgi ir zemčaulas telpā noturēt pastāvīgu (aprēķina) gaisa spiedienu, pretējā gadījumā (kā liecina visas konstatētās avārijas) čaulu var saplēst pat neliels vējš.



10.12. att. Pneimatisks gaisa atbalsta pārseguma konstrukcijas būve Maskavā (ar izmēriem plānā 103×40 m):

a — kopskats; *b* — telpas plāns apkures un ventilācijas sistēmām; *c* — tas pats griezumā; *1* — apkures iekārta 4220 MJ; *2* — ventilators; *3* — ģenerators (15 kW); *4* — vadības skapis; *5* — vēja devējs; *6* — 6 m augsta statņveida caurule; *7* — gaisa padeves atvērumš; *8* — izvadš; *9* — siltā gaisa izvadš.

Tāpēc, apskatot čaulas un vēja savstarpējo iedarbību, kuru aprēķina vai modelē, var secināt, ka vissvarīgākie faktori ēkas pārseguma noturībai un drošai telpu ekspluatācijai ir elektroenerģijas

apgāde un nepārtraukta ventilatoru darbība. Mūsdienu gaisa atbalsta pneimatisko pārseguma konstrukciju ekspluatācija ir komplektēta ar automātiski darbojošos vadības sistēmu, kura nodrošina nepārtrauktu gaisa padevi (10.12. att.).

10.5. Pneimatisko konstrukciju aplēses principi

Projektējot pneimatiskās konstrukcijas, praktiski ir jārisina šādi trīs miksto čaulu teorijas uzdevumi: ir jāatrod optimālā čaulas forma, jānosaka čaulas pārvietojumi slodzes ietekmē un jānosaka spēka sadalījums pa čaulas virsmu. Celtniecības praksē ir sastopamas dažādas pneimatisko konstrukciju ģeometriskās formas, kuras sastāv no dažādām sfēriskām virsmām un ir ar dažādu čaulas piestiprināšanas kontūru. Tā kā slodzes ir gan vienpusīgi asimetriskas (sniegs, vējš), gan koncentrētas (troles, atsaites), tad vēl līdz šim laikam projektētāji izmanto čaulu bezmomenta lineāro teoriju vienādojumus, ievēdot tajos rindu pieņēmumu, vienkāršojumu un neievērojot dažus apstākļus.

Viens no galvenajiem projektētāju un čaulu materiālu izgatavotāju uzdevumiem ir pareiza materiālu izvēle atkarībā no maksimālajiem stiepes spēkiem, kuri rodas čaulās no neizdevīgākas aprēķinu slodžu kombinācijas.

Gaisa atbalsta pneimatiskām sfēriskām čaulām ar laidumu līdz 50 m daudzās valstīs projektēšanas normām ir rekomendētas vienkāršas formulas.

Čaulas virsmas vienā tekošā metrā katrā galveno asu virzienā spēkus nosaka pēc šādas formulas:

$$T = \alpha p R + \beta q R, \quad (10.1)$$

kur p — gaisa pārspiediens zemčaulas telpā;

q — vēja spiediens;

α, β — koeficienti, kuri noteikti pēc bezmomentu vai kādas citas teorijas;

R — izliekuma rādiuss.

Pēc formulas (10.1) čaulai noteiktais ir lielākais spēks, kurš darbojas čaulas laukumā (virsmā). Tādas pašas empiriskas formulas ir spēku noteikšanai pie čaulas atbalsta kontūras, pēc kurām nosaka arī čaulu enkurošanas konstrukciju.

Maksimālo spēku noteikšanai čaulās dažāda augstuma H un izliekuma rādiusa R attiecībām koeficienta β lielums dažādās valstīs ir dots 10.1. un 10.2. tabulā.

Kā redzams no tabulas, dažādās valstīs koeficienta β lielums atrodas plašās robežās, tādēļ pneimatiskajām konstrukcijām Japānā tiek izstrādātas vienotas normas, kur šie koeficienti unificēti.

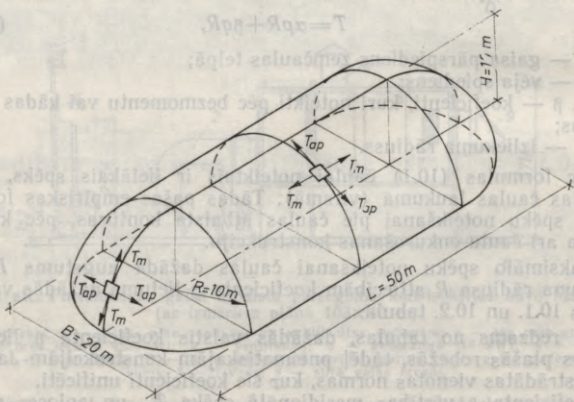
Koeficienta β vērtības meridionālā spēka T_m un aploces spēka T_{ap} noteikšanai pārseguma vidējā daļā cilindriskas formas gaisa atbalsta pneimatiskajām konstrukcijām dotas 10.2. tabulā.

Koeficients β sfēriskām čaulām un cilindrisko čaulu galiem (10.13. att.)

Dažādu valstu normas	Koeficienta β vērtības spēkiem T_m un T_{ap}							
	$T_m = 0,5pR + qR\beta$ šādām H/R vērtībām				$T_{ap} = 0,5pR + \beta qR$ šādām H/R vērtībām			
	0,5	0,75	1,0	1,5	0,5	0,75	1,0	1,5
Anglija Kanāda Itālija	—	1,0	1,3	1,75	—	1,0	1,3	1,75
Japāna	0,7	—	1,3	1,70	0,7	—	1,3	1,70
Vācija	1,3	1,4	1,5	—	1,0	1,1	1,2	—

Pārbaudot dažādās valstīs notikušo avāriju cēloņus, ir konstatēts, ka čaulas sabrukšanu neizraisīja maksimālie stiepes spēki, bet gan čaulas plīsums, kurš nebija maksimālo stiepes spēku vietā. Tas liecina, ka čaulas sabrukšanas modelis, kas balstās uz čaulas pārraušanu maksimālās stiepes spēku vietās, neatbilst īstenībai.

Tika konstatēts, ka čaula plīst šādās vietās: čaulai saskaroties ar stingām konstrukcijām (ar karkasu, ar blakus esošu būvi u. c.);



10.13. att. Puscilindriska pneimatiskā pārseguma shēma.

Koeficients β vidējā pārseguma daļā
cilindriskas formas gaisa atbalsta pneimatiskajām čaulām

Čaulas izmēri		Koeficientu β vērtības spēkiem T_m un T_{ap}					
		$T_m = 0,57R + \beta qR$ pēc normām			$T_{ap} = pR + \beta qR$ pēc normām		
		Anglija	Japāna	VFR	Anglija	Japāna	VFR
1,5	1,33	1,6	1,6	—	1,25	1,0	—
	2,0	1,5	1,5	—	0,9	1,0	—
	2,67	1,5	—	—	0,8	1,0	—
	4,0	1,5	1,5	—	0,75	1,0	—
1,0	1,33	1,3	1,3	1,2	0,9	1,0	1,0
	2,0	1,4	1,4	1,2	0,8	1,0	1,0
	2,67	1,5	—	—	0,8	—	—
	4,0	1,75	1,8	1,3	0,8	1,0	1,1
0,75	1,33	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	0,9
	2,0	1,3	1,3	1,2	0,9	1,0	0,9
	2,67	1,6	—	—	0,9	—	—
	4,0	2,3	2,3	1,3	0,9	1,0	1,0
0,5	1,33	—	—	1,1	—	—	0,7
	2,0	—	—	1,2	—	—	0,8
	4,0	—	—	1,3	—	—	0,9

10.3 tabula

Čaulas materiāla drošības koeficienti

Valsts	PSRS	Anglija	Japāna	VFR	VDR	ASV
Drošības koeficients	3,5...4	4	2,5...3,5	5	5	4

asās pārējas vietās no vienmērīgi sfēriskas uz taisnu plakni; dažādu izgriezumumu vietās, it sevišķi nenoapaļotas formas izgriezumumos, darba un montāžu šuvju vietās.

Bieži par plūsuma sākumu vējainā laikā var būt čaulas pārduršana uz telpā esošajām iekārtām. Visa teiktā rezultātā varam secināt, ka čaulas sabrukšanu nevar aprēķināt. Tās noturību ekspluatācijas laikā garantē augsts drošības koeficients, t. i., attiecība starp īslaicīgo stiprību un aplēses stiprību vai pieļaujamo spriegumu.

Dažādu valstu čaulu materiāla drošības koeficienti, kurus lieto pneimatisko celtniecības nesošo konstrukciju aprēķinos, ir doti 10.3. tabulā.

Kā liecina avārijas cēloņi, tad čaulu stiprības aprēķini nav pilnīgi, jo tie neņem vērā sprieguma koncentrācijas atsevišķās čaulu vietās, kā rezultātā mīkstās čaulās veidojas plisumi. Turpmākajā mīksto čaulu aprēķinu teorijas attīstībā ir jāņem vērā ne tikai atsevišķi materiāla stiprības rādītāji, kas iegūti nelielu paraugu pārbaudē, bet gan tie jāņem vērā ar citiem rādītājiem, kuros pārbaudē un plisuma stiprības īpašības ir tādās attiecībās, kas atbilst reāliem čaulas darbības apstākļiem.

10.6. Pneimatisko būvju arhitektūra

Daudzās valstīs pneimatisko būvju celtniecībā izmanto rūpnīcās izgatavotus tipa projektus, kurus var izmantot arī sabiedriskajām un rūpniecības ēkām. Lielākais vairums pneimatisko būvju ir vienveidīgas, praktiskas un ekonomiskas, sākot ar tehnoloģiju, lietojamo materiālu un beidzot ar ārējo formu. Pneimatisko būvju vienveidīgums ir izskaidrojams ar to, ka arhitekti vēl pilnībā neatzīst šīs būves par radošiem objektiem. Ar pneimatisko būvju projektēšanu galvenokārt nodarbojas inženieri, kuri rada arvien jaunus materiālus un savienojumu mezglus, nerisīnot arhitektūras kompozīcijas, estētiskos un telpiskā plānojuma organizācijas jautājumus.

Viens no arhitektu radošā darba galvenajiem uzdevumiem ir veidot dažāda tipa pneimatiskām būvēm atšķirīgas arhitektūras formas. Pneimatisko būvju nesošo konstrukciju formas ir gan ļoti dažādas, bet nav brīvi pieņemtas, tāpēc ka tās ir pakļautas formu veidošanas likumiem un daudziem citiem faktoriem, kuri ierobežo projektētāja darbu. Tāpēc svarīgi ir zināt šo faktoru ietekmi uz projektētāja brīvo izdomu pneimatisko būvju arhitektūras kompozīcijas risināšanā. Galvenie paņēmieni un formu veidošanas līdzekļi ir klasificēti šādās grupās: čaulas bez pastiprinošiem elementiem, čaulas ar pastiprinošiem elementiem un čaulas pie balsta kontūras (sk. 10.1.; 10.6.; 10.7. att.).

Čaulām bez pastiprinošiem elementiem galvenie formu veidošanas paņēmieni var būt čaulas virsmas izmaiņa dažāda balsta formai plānā. Šim čaulām ir raksturīga vienmērīga plūstoša pārēja no vienas formas otrā.

Galvenais paņēmienis čaulu formu veidošanai ar pastiprinošiem elementiem ir lineāru vai punktveida stabilizācijas elementu izmantošana. Šāda veida čaulām ir asa lauza un sarežģīta kopējā virsmas forma.

Dažādu formu veidošanai lieto modeļu paņēmieni. Čaulas modeļus izveido no gumijas plēvēm.

Ja čaulas stiprināšanai par formveidojošiem elementiem izmanto iekšējās atsaites un diafragmas (sk. 10.6. att. b), tie sadala būves iekšējo telpu, kā arī sarežģīti lietus ūdens novadīšanu no pārseguma virsmas.

Ja čaulas ārvirsmas veidošanai izmanto auduma diafragmu, tad ir iespējams plašā diapazonā izmainīt formu līnijas. Auduma diafragmas lieto tad, ja arhitektoniski čaulas ārējai formai ir ievērojami jāatšķiras no konstruktīvi prasītās formas.



10.14. att. Pneimatisko būvju ieeju izvietojuma un krāsu variantu shēmas.

10.15. att. Vienkāršas sfēriskas formas pneimatisko būvju arhitektūras kompozīcijas risinājumi ar dažāda tipa atsaīšu konstrukcijām:

a — vienkāršs puslodes formas pneimatiskais pārsegums; *b* — pārsegums ar vienādā attālumā izvietotām atsaītēm; *c* — pārsegums ar dažādu krāsojumu; *d* — pa perimetru dažādos attālumos izvietotas atsaītes; *e, f, g* — dažādas formas un dažādā attālumā izvietotas atsaītes.

Interesanta ir t. s. atbalsta kontūras izvietojanas metode, t. i., vai nu tiek mainīts atbalsta kontūras līmenis, vai notiek tā telpiskās izmaiņas (sk. 10.7. att.). Šajā gadījumā ir šādi divi pneimatisko konstrukciju veidošanas paņēmieni:

neatkarīgi no pneimatiskās čaulas formas tiek izveidota noteiktas formas atbalsta kontūra, kura nosaka kopējo būves arhitektonisko risinājumu (sk. 10.7. att. *e, f*);

atbalsta kontūra veidojas, savienojoties čaulai ar pastāvīgas formas virsmu (sk. 10.7. att. *c, d*). Šis paņēmiens ir samērā vienkāršs, un ar to var veidot skaistas, izteiksmīgas atbalsta kontūras līnijas, kuras ievērojami atdzīvina būves plastiku.

Lai atbalsta kontūra ietekmētu pneimatisko būvju formu, to izveido kā sienu vai uzbērumu ar dažādu augstumu. Atbalsta konstrukcijas var būt arī loki, rāmji un dažādi citi būvju elementi, turklāt vienā gadījumā čaulas var būt kā dominējošais konstruktīvais elements, bet citā — kā pakārtots elements, kurš izpilda tikai pārseguma funkcijas.

Pneimatiskā būve pēc materiāla, faktūras, krāsas un formas ir samērā vienkārša. Aktīvs kompozīcijas akcents šādās būvēs ir ieejas, tāpēc to raksturam un arhitektoniskajam risinājumam ir jābūt tādām, kas ievērojami ietekmētu visas būves kopskatu. Ieeju, piemēram, var izveidot grunts uzbērumā, tādējādi brīvi veidojot arhitektonisko kompozīciju. Bez tam ēkas arhitektonisko izskatu var veidot, arī apvienojot ieejas ēkā ar ventilācijas telpām, apkures telpām un palīgtelpām (garderobes, kases u. c.). Šādi risinājumi ar samērā vienkāršiem līdzekļiem palīdz izvairīties no kompozīcijas saskaldīšanas, kā arī dod zināmu ekonomisko efektu, jo samazinās pamatu, sienu un citu konstrukciju apjomi.

Ieejas izmanto arī kā pamatelementu ēkas mēroga optiskai nošķiršanai.

Vairāki ieeju kompozicionālie risinājumi, kā arī krāsu joslu izvietojumi kopējā kompozicionālā pneimatisko būvju izteiksmīguma akcentam ir parādīti 10.14. attēlā.

Vēl pneimatiskās būves lielumu raksturo arī konstruktīvie čaulas elementi. Pirmām kārtām enkura un spēka joslu konstrukcijas, ventilācijas un apkures iekārtas, pastiprinošās troses diafragmas, atsaites un savienojuma šuves.

Vienkāršas sfēriskas formas pneimatisko būvju risinājumi ar dažādām balsta joslām ir parādīti 10. attēlā *a* un *b*. Lietojot dažādas krāsu toņus, tā pati atbalsta josla optiski čaulu «atrauj» no zemes virsmas (10.15. att. *c, d*). Dažādu atsaīšu konstrukcijas un novietojums vienkāršas formas pneimatiskās būves var padarīt interesantas (10.15. att. *f, g*).

Varam secināt, ka turpmākai pneimatisko būvju arhitektūrai ir jāattīstās kopā ar speciālu ražošanas apvienību, kura kompleksī risinās visas čaulu ražošanas problēmas un līdz ar to arī iestenos iecerētās kompozīcijas.

Pielikums

Nesošo konstrukciju lietošanas īsa rekomendācija

Nesošo konstrukciju nosaukums	Eku vai būvju nosaukums un laiduma lielums
1	2
Saliekama dzelzsbetona karkasi	Rūpniecības, sabiedriskās, lauksaimniecības ēkas un sporta būves
Tērauda karkasi	Rūpniecības ēkas ar lielu tilta celtna celtnespēju un laidumu, kas lielāks par 30 m. Augstceltnes
Saliekama dzelzsbetona sijas	Rūpniecības, sabiedriskās, lauksaimniecības ēkas un sporta būves ar laidumu līdz 18 m
Saliekama dzelzsbetona kopnes	Tas pats ar laidumu 18...30 m
Saliekama dzelzsbetona loki un rāmji	Rūpniecības, tirdzniecības, lauksaimniecības ēkas un sporta būves ar 24...96 m laidumu
Tērauda sijas	Eku rekonstrukcija, kā arī smaga režīma daudzstāvu rūpniecības ēkas
Metāla kopnes	Dažāda tipa unikālas ēkas un būves ar 24...120 m laidumu
Iepriekšsaspriegtas tērauda kopnes	Tas pats ar 60...200 m laidumu
Tērauda rāmji	Rūpniecības ēkas ar smagu režīmu, sporta būves ar 42...150 m laidumu

1	2
Dažāda tipa koka sijas	Tirdzniecības, rūpniecības, lauksaimniecības ēkas un sporta būves ar 6...18 m laidumu
Koka kopnes	Tas pats ar 12...30 m laidumu
Stiegrotas koka kopnes un rāmji	Tas pats ar 24...36 m laidumu
Dažādas dzelzsbetona čaulas, kupoli, velves un krokas	Rūpniecības, lauksaimniecības, tirdzniecības ēkas un sporta būves ar 18...100 m laidumu
Dažāda tipa vanšu pārseguma konstrukcijas	Sabiedriskās un sporta būves lielam skatītāju skaitam ar 60...100 m laidumu
Membrānu metāla pārsegumi	Tas pats ar 60...200 m laidumu
Tērauda režģoti plakani pārsegumi	Sabiedriskās, tirdzniecības, lauksaimniecības ēkas un sporta būves ar 18...42 m laidumu
Tērauda režģotas čaulas	Dažādi liela izmēra angāri, sporta un tirdzniecības būves ar 18...100 m laidumu
Pneimatiskie pārsegumi	Lauksaimniecības ēkas, sporta būves, kā arī ielu un kvartālu pārsegumi ar 18...360 m laidumu

Literatūra

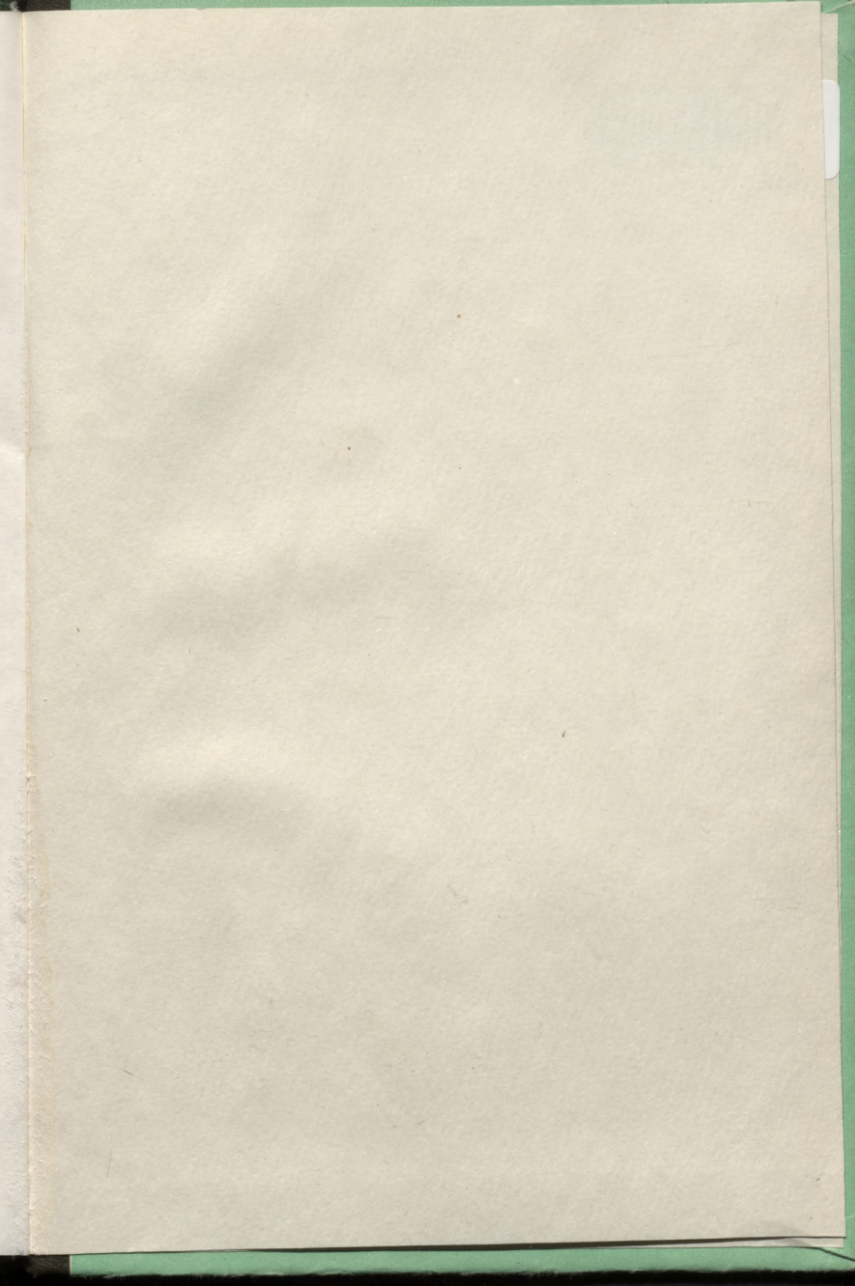
1. Беленя Е. И., Астряб С. М., Ромазанов Э. Б. Предварительно-напряженные металлические листовые конструкции. — М., 1979.
2. Бютнер О., Хампе Э. Сооружение — Несущая конструкция — Несущая структура. — М., 1983.
3. Горенштейн Б. В. Железобетонные пространственные конструкции для строительства на Севере. — Л., 1979.
4. Дятков С. В. Архитектура промышленных зданий. — 2-е изд. — М., 1984.
5. Дыховичный Ю. А. Большепролетные конструкции сооружений Олимпиады-80 в Москве. — М., 1982.
6. Ермолов В. В. Прошлое, настоящее и будущее пневматических строительных конструкций. В сб.: Пневматические строительные конструкции. — М., 1983.
7. Железобетонные конструкции. Специальный курс. / Под ред. В. М. Байхова. — 3-е изд. — М., 1981.
8. Ким Н. Н., Маклакова Т. Г. Архитектура гражданских и промышленных зданий. — М., 1987.
9. Кирсанов Н. М. Висячие и вантовые конструкции. — М., 1981.
10. Мардер А. П. Металл в архитектуре. — М., 1980.
11. Мембранные (тонколистовые) висячие покрытия. Обзор. — М.; ВНИИИС, 1981.
12. Металлические конструкции. Специальный курс / Н. С. Стрелецкий, Е. И. Беленя, Г. С. Ведеников и др. — 2-е изд. — М., 1982.
13. Металлические конструкции. Справочник проектировщика. — 2-е изд. — М., 1980.
14. Москалев Н. С. Конструкции висячих покрытий. — М., 1980.
15. Орса Ю. Н. Особенности архитектуры пневматических воздухопорных сооружений. В сб.: Пневматические строительные конструкции. — М., 1983.
16. Пневматические строительные конструкции / Под ред. Ермолова В. В. — М., 1983.

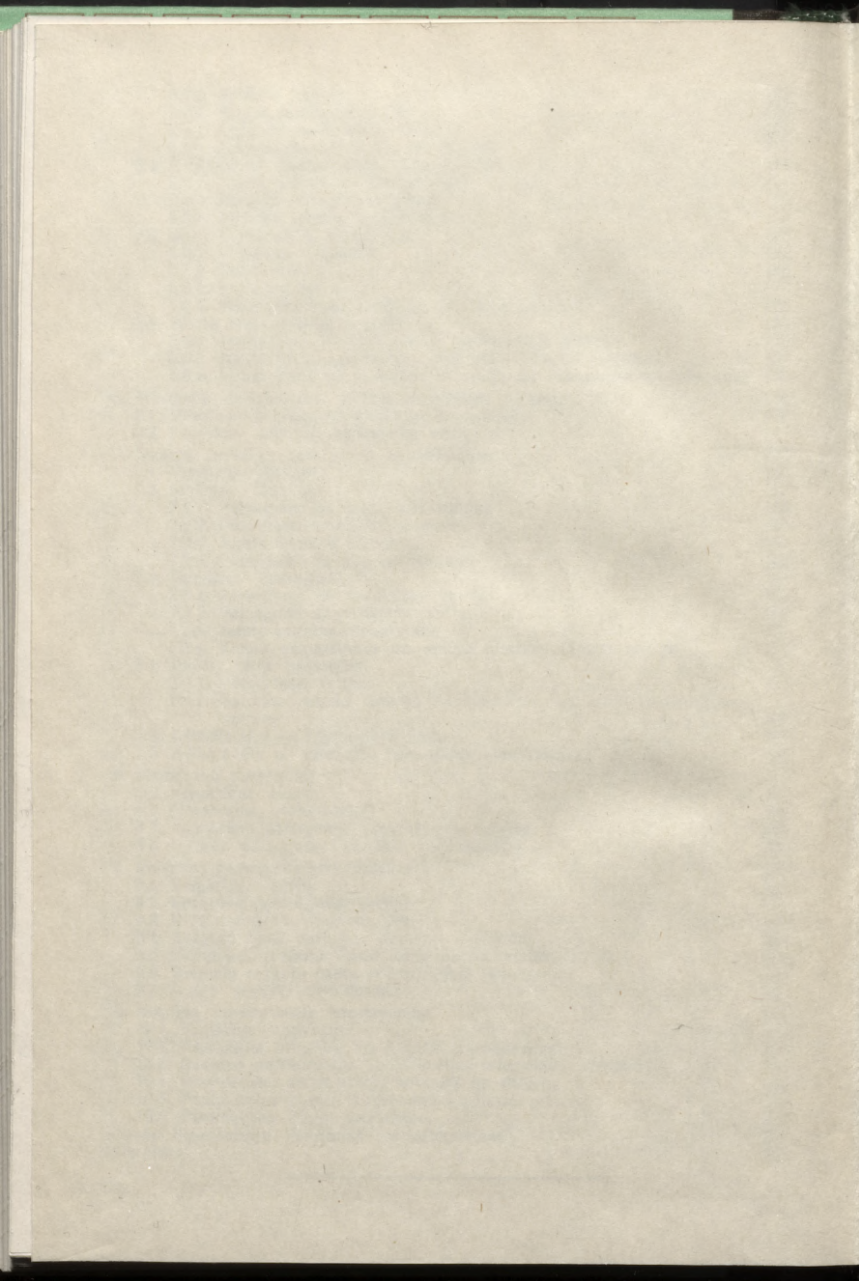
17. Строительные нормы и правила СНиП 2.01.07. — 85. Нагрузки и воздействия. Нормы проектирования. — М., 1986.
18. Строительные нормы и правила СНиП 11-23-81. Стальные конструкции. Нормы проектирования. — М., 1982.
19. Строительные конструкции зданий и сооружений / Под ред. Могилата А. Н. — М., 1980.
20. Трушев А. Г. О возможности аппроксимации простейшими расчетными схемами напряженного состояния полых оболочек положительной и отрицательной гауссовой кривизны. — Известия вузов. Сер.: Строительство и архитектура. — 1980, № 10.
21. Трушев А. Г. Пространственные металлические конструкции. — М., 1983.
22. Файбишенко В. К. Металлические конструкции. — М., 1984.
23. Шубин Л. Ф. Промышленные здания. — М., 1986.

Saturs

Ievads	3-
1. Nesošās konstrukcijas dabā	5-
1.1. Vispārīgs apskats	5
1.2. Bionika un bioarhitektūra	6
1.3. Dabas un celtniecības konstrukciju salīdzinājums	8
2. Nesošo konstrukciju vēsturiskā attīstība	11
2.1. Ražošanas spēku un līdzekļu ietekme uz nesošo konstrukciju attīstību	11
2.2. Būvmateriālu un nesošo konstrukciju vēsturiskās attīstības apskats	12
2.2.1. Plakano nesošo sistēmu rašanās un attīstība	18
2.2.2. Kroku konstrukciju rašanās un attīstība	23
2.2.3. Loku konstrukciju attīstība	26
2.2.4. Kupolu vēsturiskā attīstība	32
2.2.5. Caulu pārsegumu attīstība	36
3. Nesošo konstrukciju klasifikācija	39
3.1. Nesošo konstrukciju iedalījums pēc darbības principa	39
3.2. Konstrukciju iedalījums pēc izmēriem un formas	40
4. Ēku nesošie karkasi mūsdienu celtniecībā	50
4.1. Iedarbības faktori uz ēkām	50
4.1.1. Slodžu un iedarbību klasifikācija	51
4.2. Vienstāva ēku karkasi	54
4.2.1. Materiālu izvēle nesošajiem ēku karkasiem	54
4.3. Vienstāva rūpniecības ēku saliekama dzelzsbetona karkasi	58
4.3.1. Pamati un pamatu sijas	58
4.3.2. Saliekama dzelzsbetona kolonnas	61
4.4. Vienstāva ēku tērauda karkasi	65
4.4.1. Tērauda kolonnas un to bāzes	66
4.5. Vairākstāvu ēku karkasi	68
4.5.1. Dzelzsbetona karkasi	68
4.5.2. Saliekami dzelzsbetona karkasi	71
4.5.3. Tērauda karkasi vairākstāvu ēkām	77
4.5.4. Vairākstāvu ēkas ar stāvu pārsegumu pacelšanas metodi	78
4.6. Augstceltņu un daudzstāvu ēku tērauda karkasi	80
4.6.1. Konstruktīvās shēmas	80
4.6.2. Pārseguma konstruktīvie risinājumi ēkām ar dažādu plāna formu	83
4.6.3. Konstruktīvie risinājumi ēkām ar iekārtiem stāviem	88
4.6.4. Stāvu iekaru konstrukcijas	90
5. Pārsegumu nesošās konstrukcijas	92
5.1. Vispārīgas ziņas par mūsdienu tipa pārsegumiem	92
5.2. Tipa saliekamās dzelzsbetona pārseguma konstrukcijas	93
5.2.1. Sijas	93
5.2.2. Kopnes	94
5.2.3. Dzelzsbetona loki un rāmji	96
5.3. Tipa saliekamās tērauda pārseguma konstrukcijas	98
5.3.1. Tērauda sijas	98

5.3.2. Tērauda kopnes	102
5.3.3. Kopņu pārseguma veidi	106
5.3.4. Liellaiduma tērauda kopnes	107
5.3.5. Iepriekšsasprīgtas tērauda kopnes	112
5.4. Liellaiduma tērauda rāmju konstrukcijas	114
5.4.1. Konstruktīvās rāmju shēmas	114
5.4.2. Režgotie liellaiduma rāmji	119
5.4.3. Tērauda rāmju konstruēšana	122
5.5. Koka konstrukciju pārsegumi	125
5.5.1. Vispārīgs apskats	125
5.5.2. Koka sijas	126
5.5.3. Koka kopnes	127
5.5.4. Stiegrotas koka konstrukcijas, loki un rāmji	128
5.6. Jumta klāja nesošie elementi	133
5.6.1. Jumta klājs no saliekamām dzelzsbetona plātnēm	133
5.6.2. Jumta klājs no nesošām profilētām tērauda plātnēm	134
5.6.3. Jumta klājs no nesošām alumīnija un azbestcementsa loksņēm	134
6. Mūsdienu dzelzsbetona plānsienu telpiskie pārsegumi	136
6.1. Plānsienu telpisko konstrukciju izmantošana	136
6.2. Plānsienu telpisko pārsegumu veidi	137
7. Iekārtas nesošās pārseguma konstrukcijas	153
7.1. Vispārīgs apskats	153
7.2. Iekārtas čaulas	155
7.2.1. Pārsegumi ar paralēlām vantīm	155
7.2.2. Pārsegumi ar radiālām vantīm	159
7.2.3. Jumta seguma izveidošana	162
7.2.4. Pārseguma nesošie savienojumi	163
7.3. Divjoslu pārsegumi	163
7.3.1. Pārsegumi ar paralēlām vantīm	163
7.3.2. Pārsegumi ar radiālām vantīm	166
7.3.3. Jumta seguma izveidošana	171
7.3.4. Vanšu enkurošanas un statņu piestiprināšanas mezgli	171
7.4. Vanšu sietu pārsegumi	174
7.4.1. Pārsegumu formas	174
7.4.2. Galveno nesošo mezglu konstrukcijas un sietu uzstiepšanas metodes	186
7.5. Iekārtas siju un kopņu pārsegumi	188
7.6. Kombinētās un piekārtās pārseguma konstrukcijas	191
8. Membrānu pārsegumi	193
8.1. Vispārīgas ziņas	193
8.2. Membrānu stabilizācija	193
8.3. Membrānu pārsegumu stiprinājumu detaļas	202
8.4. Iekārtas pārsegumu atbalsta konstrukcijas	204
9. Režgotas pārseguma konstrukcijas	206
9.1. Vispārīgas ziņas	206
9.2. Režgotas stieņu konstrukcijas	207
9.3. Režgotas čaulu konstrukcijas	220
9.4. Režgotu čaulu noturības galvenie noteikumi	228
9.5. Vienjoslas režgotu čaulu konstruktīvie risinājumi	230
9.6. Divjoslu režgotu čaulu konstruktīvie risinājumi	233
9.7. Jumta seguma izveidošana	236
10. Nesošās pneimatiskās konstrukcijas	237
10.1. Vispārīgs apskats	237
10.2. Vesturiskā attīstība un pirmās konstrukcijas	240
10.3. Nesošās pneimatiskās konstrukcijas mūsdienu celtniecībā	242
10.4. Pneimatisko konstrukciju noturība un drošība	251
10.5. Pneimatisko nesošo konstrukciju aplēses principi	253
10.6. Pneimatisko būvju arhitektūra	256
Nesošo konstrukciju lietošanas īsa rekomendācija	259
Literatūra	261





LATVIJAS NACIONĀLA BIBLIOTEKA



0306114479

Kontroleksmpiare

80 k.