

# 1. IEVADS

---

## 1.1. Būvmehānikas priekšmets un uzdevumi

Jebkuru būvi, kura tiek projektēta uz stiprības, stingrības un noturības aprēķinu pamata, sauc par inženierbūvi.

Stiprības aprēķini nodrošina būves pretestību ārējām slodzēm. Noturības aprēķini novērtē būves spēju saglabāt savu sākotnējo vai līdzsvaroto deformēto stāvokli. Stingrības aprēķinu uzdevums ir nodrošināt inženierbūves pret lielām deformācijām un svārstībām, kuras nav pieļaujamas normālas būvju ekspluatācijas apstākļos.

**Zinātnes nozari, kura izstrādā būvju stiprības, stingrības un noturības aprēķinu principus un metodes sauc par būvmehāniku.**

Atšķirībā no materiālu pretestības, kuras pētījumu objekts ir atsevišķs konstrukcijas elements (parasti viens stienis), būvmehānikas uzdevumi ir orientēti uz būvju aprēķiniem kopumā, ņemot vērā kā atsevišķu elementu (stieņu un siju) tā arī šo elementu savienojumu struktūru un mehāniskās īpašības. Līdz ar to varam secināt, ka būvmehānika pilnā mērā izmanto tos pašus principus un metodes kā materiālu pretestība, piemērojot tos inženierbūvēm. Būvmehānika savos pētījumos balstās uz matemātikas, fizikas, teorētiskās mehānikas likumsakarībām, kā arī uz reālo būvju eksperimentālās izpētes rezultātiem.

Būvmehānika dod iespēju pareizi izprast inženierbūvju darbu to izgatavošanas un ekspluatācijas apstākļos, nepieļaujot nepilnības, kuras varētu novest pie kritiskiem būvju stāvokļiem.

Kaut arī būvmehānikas kā zinātnes nozares rīcībā ir daudzas drošas, inženierceltniecības praksē pārbaudītas aprēķinu metodes, to skaits nepārtraukti palielinās. Tiek formulēti gan jauni aprēķinu principi, gan pilnveidoti jau agrāk izmantotie, tos pielāgojot jaunajiem konstrukciju tipu veidiem. Svarīgi ņemt vērā, ka aprēķinu metodēm ir prognozējošs raksturs un līdz ar to aktuāls kļūst jautājums par šo metožu drošumu. Tādēļ jaunu metožu ieviešanas neatņemama sastāvdaļa ir to eksperimentāla pārbaude izstrādāšanas gaitā un eksperimentāls apstiprinājums jau izstrādātai teorijai uz reālām konstrukcijām.

Eksperimenta lomu jaunu teoriju izstrādāšanas gaitā nosaka nepieciešamība pētāmajā parādībā noteikt galveno un atdalīt to no otršķirīgā, nebūtiskā, ko var arī neņemt vērā. Šie eksperimenti parasti tiek veikti ar konstrukciju un to elementu modeļiem – speciāli izgatavotiem paraugiem. Šādu paraugu pārbaudei ir virkne priekšrocību. Tie ir vienkāršāki par pašām konstrukcijām, ir viegli izgatavojami un ērti pārbaudāmi laboratorijas apstākļos. Modeļi tiek veidoti tā, lai tie atspoguļotu tikai būtiskākās konstrukcijas īpašības. Tos eksperimenta gaitā var izmainīt un pilnveidot akceptējot to vai citu slogotas konstrukcijas izturēšanās īpatnību. Visbeidzot modeļus var novest līdz sabrukumam, kas visai svarīgi būves nestspējas noteikšanai.

Būves stiprību, noturību un stingrību nosaka pielietotais materiāls un tā īpašības, būves elementu forma un izmēri, iekšējās piepūles (spēki un momenti), kuras rodas un attīstās būves elementos tās sloģojuma gaitā. Līdz ar to jebkura aprēķina pamatā ir būves elementu iekšējo piepūļu noteikšana. Zinot būves elementu izmērus, pēc iekšējām piepūlēm varam spriest par katra elementa un līdz ar to arī visas būves kopumā stiprību, noturību un stingumu. Ja būves elementu izmēri nav zināmi, tad pēc projekta aprēķinā iegūtajām iekšējām piepūlēm varam noteikt tos izmērus, kuri nodrošina būves stiprības (nestspējas) nosacījumus.

Plakanu stieņveida konstrukciju gadījumā iekšējās piepūles parasti ir stieņa asi liecošs moments - **lieces moments (M)**, stieņa asij perpendikulārs spēks – **šķērsspēks (Q)** un spēks stieņa ass virzienā - **asspēks (N)**.

Jāņem vērā, ka jebkura būve slodzes iespaidā maina savu formu, t. i., deformējas. Deformācijas un iekšējās piepūles ir savstarpēji saistīti faktori, kuru mijiedarbība balstīta uz savstarpēja līdzsvara principiem. Tas nozīmē, ka jebkura domās izgriezta būves daļa, pieliekot tās virsmām iekšējām piepūlēm atbilstošus spēkus un momentus, atradīsies līdzsvarā. Gadījumos, kad būves materiāls savas fiziskās dabas dēļ nav spējīgs nodrošināt šādu līdzsvaru, deformēšanās process turpinās līdz pat sabrukumam.

Precīzas uzdevumu nostādnes gadījumos iekšējās piepūles jānosaka, ņemot vērā slodzes darbības gaitā būves deformēto stāvokli. Tomēr šāda uzdevuma atrisināšana saistīta ar būtiskām grūtībām, jo iekšējās piepūles deformētā stāvoklī ir savstarpēji saistītas ar pašām deformācijām.

Būvju aprēķinu galamērķis ir prognozēt to stiprību, noturību un stingrību. Eksistē trīs būvju aprēķinu metodes:

- **pēc pieļaujamiem spriegumiem;**
- **pēc pieļaujamām (graujošām) slodzēm;**
- **pēc robežstāvokļiem.**

Senākā no šīm metodēm ir pirmā, t.i., konstrukcijas nestspējas novērtējums *pēc pieļaujamiem spriegumiem*. Šī metode tiek lietota veicot aprēķinus konstrukcijām, kurām vēl nav sastādīti tehniskie nosacījumi to aprēķināšanai pēc robežstāvokļiem. Konstrukcijas stiprības un formas noturības novērtējums tiek veikts salīdzinot slodzes radīto maksimālo normālo ( $\sigma$ ) un tangenciālo ( $\tau$ ) spriegumu vērtības ar konkrētu materiālu pieļaujamajām spriegumu vērtībām  $[\sigma]$  un  $[\tau]$ . Pieļaujamais spriegums tiek pieņemts kā daļa no sprieguma, kurš uz stiprības un noturības aprēķina pamata tiek uzskatīts par bīstamu.

Stiprības (vai noturības) nosacījums šīs metodes gadījumā izsakās ar sakarību

$$\sigma \leq \bar{\sigma} = \sigma_b / k,$$

kur:  $\sigma_b$  – bīstamais spriegums, bet  $k$  – drošības koeficients ( $k > 1$ ).

Drošības koeficients veido materiāla stiprības rezervi ņemot vērā materiāla īpašību izkliedi, gadījuma novirzes ārējās slodzes lielumā un konstrukcijas elementu izmēros, kā arī nosedz aprēķinu neprecizitātes.

Aprēķinu metode *pēc pieļaujamām slodzēm izstrādāta* galvenokārt betona, akmens un dzelzsbetona konstrukciju aprēķiniem. Šai gadījumā konstrukcijas stiprības un noturības novērtējums tiek veikts salīdzinot uz konstrukciju darbojošos slodzi (saīsināti apzīmējam ar  $P$ ) ar pieļaujamo slodzi  $[P]$ . Pieļaujamā slodze tiek pieņemta kā daļa no slodzes, kura to vai citu apsvērumu rezultātā atzīta par bīstamu.

Par bīstamu tiek uzskatīta graujošā slodze, kura tiek noteikta ņemot vērā materiāla īpašības aiz elastības robežas vai kritiskā, kura izraisa noturības zudumu. Stiprības (noturības) nosacījums izsakās ar sakarību

$$P \leq \bar{P} = P_b / k.$$

Abu metožu trūkums ir to vienotais drošības koeficients visiem būves noslodzes gadījumiem.

Šo trūkumu novērš trešā aprēķinu metode – **pēc robežstāvokļiem**. Konstrukciju robežstāvoklis ir tāds stāvoklis, pie kura būve zaudē spēju pretoties ārējām iedarbēm vai nonāk situācijā, kas nepieļauj tās tālāku ekspluatāciju. **Robežstāvokļi** dalās divās grupās. Pirmās grupas robežstāvokļi saistīti ar **nestspējas zudumu**, otrās ar **neatbilstību normālai ekspluatācijai**.

**Pirmās grupas robežstāvokļi ir:** kopējais formas noturības zudums; stāvokļa noturības zudums; trausls, viskozs, noguruma vai cita veida sabrukums; sabrukums slodzes un vides nelabvēlīgās iedarbes summārajā iespaidā; konfigurāciju kvalitatīva izmaiņa; rezonanses svārstības; stāvokļi, kuros jāpārtrauc konstrukcijas ekspluatācija materiāla tecēšanas, savienojumu bīdes, šļūdes vai pārmērīgas plaisu atvēršanās dēļ.

Pie **otrā veida robežstāvokļiem** pieskaitāmi stāvokļi, kuri apgrūtina konstrukcijas vai tās pamatu normālu ekspluatāciju vai samazina to ekspluatācijas ilgumu pārmērīgu pārvietojumu, svārstību, plaisu un citu iemeslu dēļ.

**Būvei pirmām kārtām jāatbilst aprēķiniem pēc pirmā veida robežstāvokļa, bet pēc tam, atkarībā no būves veida, arī otrā veida robežstāvoklim.**

Robežstāvokļu iestāšanās atkarīga no tādiem raksturlielumiem kā materiāla īpašības un būves darba nosacījumi. Šo raksturlielumu iespējamo izmaiņu gadījumos jāparedz rezerves. Tādēļ veicot aprēķinus pēc pirmā veida robežstāvokļa, konstrukciju iekšējās piepūles tiek noteiktas ne no ārējām slodzēm (normatīvām), kuras darbojas uz būvi parastos ekspluatācijas apstākļos, bet gan no aprēķinu slodzēm, kuras iegūst normatīvās slodzes pareizinot ar koeficientu  $n$  (pārslodzes koeficientu), kurš vienmēr ir lielāks par vienu. Pārslodzes koeficients būtībā ir drošības koeficients gadījumiem, kad slodze pārsniedz plānoto. Gadījumos, kuros slodzes pieaugums nav iespējams, piem., pašsvaram, pārslodzes koeficients praktiski ir viens.

Katram atsevišķam gadījumam tiek paredzēts individuāls pārslodzes koeficients. Šai apstākļi arī slēpjas aprēķina slodžu jēga.

Aprēķinos pēc robežstāvokļa par materiāla stiprības īpašību raksturlielumu tiek

pieņemta aprēķina pretestība  $R$ , kas ir daļa no eksperimentāli noteiktās normatīvās pretestības  $R_n$ . Šo daļu nosaka materiāla drošības koeficients  $k$  ( $k > 1$ ). Tātad  $R = R_n / k$ . Materiāla drošības koeficients  $k$  paredz rezervi materiāla vidējo īpašību izmaiņas gadījumam negatīvā virzienā. Citu uz stiprības rezervi darbojošos faktoru ievērtēšanai, tiek lietots darba nosacījumu koeficients  $m$ , kurš var būt kā lielāks tā arī mazāks par vienu. Koeficients  $m$  ievērtē: temperatūras, mitruma, agresīvās vides, iedarbes ilglaicīguma, sloģojuma cikliskuma u.c. faktoros.

Veicot materiāla noguruma aprēķinus mainīgu slodžu gadījumā pēc pirmā robežstāvokļa un veicot stingrības aprēķinus pēc otrā robežstāvokļa, konstrukcijas iekšējās piepūles tiek noteiktas pēc normatīvajām slodzēm. Tas parasti atbilst elastīgajam būves deformēšanās apgabalam. Galvenā robežstāvokļu aprēķinu pielietošanas jēga slēpjas apstākļī, ka vienīgais drošības koeficients tiek aizstāts ar trim (pārslodzes koeficients, materiāla drošības koeficients, darba nosacījumu koeficients), kuri dažādos ekspluatācijas apstākļos ir visai atšķirīgi un tādā veidā ļauj daudz precīzāk ievērtēt reālos konstrukcijas darba apstākļus.

Būvmehānikā ar terminu „būves aprēķins” parasti saprot iekšējo piepūli un pārvietojumu noteikšanu. Tātad **iekšējo piepūli un pārvietojumu aprēķina metodes arī sauc par būvju aprēķina metodēm**. Šīs metodes var būt gan analītiskas, gan arī skaitliskas. Ja analītiskās metodes dod integrāla rakstura rezultātus, tad skaitlisko metožu rezultātiem ir izteikti diferencēts raksturs – tie piemērojami vienam konkrētam uzdevuma nosacījumos fiksētajam gadījumam. Būtiska analītisko metožu priekšrocība ir to risinājumu vispārīgais raksturs. Tas paver plašas iespējas vispārināt iegūtos rezultātus uz citiem analoga veida uzdevumiem un veikt pētāmās problēmas analīzi – novērtēt dažādu faktoru iespaidu uz attiecīgās konstrukcijas darbu.

## 1.2. Slodzes

Ārējos aktīvos spēkus, kuri iedarbojas uz būvi, sauc par slodzi. Slodzēm var būt kā **nepārtraukts**, tā arī **koncentrēts** raksturs. Ar jēdzienu nepārtraukta slodze saprotam pa virsmu izkliedētu slodzi, kuru raksturo tās intensitāte ( $\text{kN/m}^2$ ). Siju gadījumā vienmērīgo slodzi attiecina uz sijas garumu un mēra  $\text{kN/m}$ . Gadījumos, kad virsmas

slodze sadalīta pa mazu laukumu salīdzinot ar konstrukcijas izmēriem, to aizstāj ar kopspekku, ko uzskata par koncentrētu slodzi.

Pēc slodzes darbības ilguma tās iedala **īslaicīgās** un **ilglaicīgās** slodzēs. Ilglaicīgas ir slodzes, kuras iedarbojas uz būvi nepārtraukti. Tipiska ilglaicīgā slodze ir pašsvars. Īslaicīgo slodžu iedarbībai ir visai ierobežots darbības laiks. Īslaicīgās slodzes iedalās kustīgās un nekustīgās slodzēs. Kustīgās slodzes pārvietojas pa būvi (transportlīdzekļi). Nekustīgās slodzes noteiktu laiku nemaina savu stāvokli (ēku iekārtas).

Pēc iedarbības rakstura slodzes iedala **statiskās** un **dinamiskās**. Statiskām slodzēm raksturīgi, ka tās nemaina savu lielumu, virzienu un stāvokli. Pārējās ir dinamiskās slodzes. Gadījumos, kad mainīgās slodzes lielums izmainās plūstoši, ar mazu izmaiņas gradientu un to izmaiņas dinamika rada inerces spēkus, kuri ir salīdzinoši mazi ar pašām slodzēm, tad šādas slodzes tuvināti var uzskatīt par statiskām. Vispārīgā būvmehānikas kursā tiek analizētas tikai statisko slodžu iedarbības.

Inženierbūvju aprēķins sākas ar ārējo slodžu noteikšanu un analīzi. Tā rezultātā tiek iegūta informācija par slodžu darbības raksturu - to lielumu, izvietojumu un darbības ilgumu.

Raksturīgākie slodžu veidi ir:

**1. Lietderīgās slodzes**, kuru uzņemšanai arī tiek izveidotas inženierbūves. Šīs slodzes rada būvē izvietotās iekārtas, būvi noslogojošais transports (vilcieni, automašīnas, kustīgie krāni un to noslodze), hidrostatiskais spiediens ūdens tilpnes norobežojošās konstrukcijās, zemes spiediens uz atbalsta sienīnām u.c. Lietderīgās slodzes nosaka projekta uzdevums, tehniskie noteikumi un standarti.

**2. Konstrukcijas pašvaru** veido nesošo konstrukciju svars, pārklājumu svars, palīgkonstrukciju (apmetums, apšuvums, aizsargrežģi, margas) svars. Konstrukcijas svaru nosaka summējot visu konstrukcijas elementu svarus. Tos aprēķina izmantojot šo elementu ģeometriskos izmērus un pielietojamā materiāla īpatnējo svaru. Palīgkonstrukciju (stalažu) svars parasti dots vai paredzēts jau pirms projektēšanas uzsākšanas. Plānotā konstrukcijas pašvara noteikšanai tiek lietotas sekojošas metodes:

- pašvara noteikšana, izmantojot praksē pastāvošas konstrukcijas svara

analoģiju līdzīgas lietderīgās slodzes gadījumā;

- pašsvara noteikšana pakāpenisko tuvinājumu veidā.

Pielietojot pakāpenisko tuvinājumu metodi, pieņem pirmo pašsvara tuvināto vērtību un uz tās pamata nosaka nesošās konstrukcijas elementu izmērus un svaru. Izmantojot tādā veidā iegūto svaru, atkārtoti aprēķinu un iegūst jaunu svara vērtību. Šādu paņēmieni pielieto visai vienkāršu konstrukciju gadījumos, kuru vairākkārtīgi aprēķini nerada grūtības.

Eksistē arī citi nesošo konstrukciju svara noteikšanas paņēmieni.

**3. Atmosfēras slodzes** veido sniega un vēja iedarbība. Sniega slodze tiek normēta atbilstošajiem klimatiskajiem apstākļiem. Parasti tiek analizēti gadījumi, kad sniega slodze nosedz pārsegumu daļēji, pilnīgi vai pusi no tā.

Normatīvo sniega slodzi uz pārseguma horizontālās projekcijas laukuma vienību nosaka izmantojot izteiksmi:

$$P_{\text{sniega}} = cp,$$

kur  $p$  – sniega segas svars uz laukuma vienību;

$c$  – pārseguma profilu ievērtējošs koeficients (skat. būvnormatīvus).

Latvijas apstākļos tiek izmantota vērtība  $p = 0,7kPa$ .

Arī vēja slodze tiek normēta. Normatīvo vēja slodzi pieņem perpendikulāru ēkas vai tās daļas virsmai un aprēķina reizinot vēja ātruma intensitāti (kPa) ar aerodinamisko koeficientu. Vēja ātruma intensitāte ir atkarīga no augstuma virs zemes līmeņa.

Latvijas teritorijā ir pieņemts, ka

Augstums virs zemes līmeņa	10 m	20 m	100 m
Vēja ātruma intensitāte (kPa)	0,3	0,4	1

jūras piekrastes joslā (100 km platumā gar jūras krastu) pieņemts

Augstums virs zemes līmeņa	10 m	20 m	100 m
----------------------------	------	------	-------

Vēja ātruma intensitāte (kPa)	0,55	0,7	1,5
-------------------------------	------	-----	-----

Aerodinamiskā koeficienta vērtība mainās atkarībā no būvju virsmas rakstura (sīkāka informācija būvnormatīvos).

Nosakot konstrukcijas stiprību, stingrību vai noturību analizē trīs veida slodzes: pamatslodzes, papildslodzes un īpašās slodzes

**Pamatslodzes** darbojas uz būvi regulāri vai arī nepārtraukti. Tādas, piemēram, ir lietderīgā slodze, pašsvars un sniega slodze.

**Papildslodzes** uz būvi darbojas neregulāri. Tādas slodzes ir vēja slodze, paaugstinātas intensitātes lietderīgā slodze, temperatūras izmaiņas un balstu sēšanās dēļ radusies slodze statistiski nenoteicamās sistēmās.

**Īpašās slodzes** rodas tikai izņēmuma gadījumos. Tādas var būt seismiskās slodzes, plūdu izraisītais ūdens spiediens u.c.

Veicot būvju aprēķinus, ņem vērā dažādas šo slodžu kombinācijas, katrā no gadījumiem izvēloties atšķirīgus drošības koeficientus un pieļaujamus spriegumus. Tā, piemēram, stiepiem, spiestiem un liektiem metāla stieņiem pamatslodzes gadījumā pieļaujamais spriegums ir 160 MPa, bet vienlaicīgas pamatslodzes un papildslodzes darbības gadījumā šis spriegums ir 180 MPa. Ievērtējot arī īpašās slodzes, šī sprieguma vērtība palielinās vēl par 25 %.

### 1.3. Būves aprēķinu shēma

Visu būves izmēru un tās elementu formas īpatnību un to sadarbības ievērtēšana būvju aprēķinos ir kā teorētiski tā praktiski ļoti sarežģīts uzdevums un reāli netiek risināts. Būvmehānikā līdzīgi kā visās zinātnes nozarēs tiek izmantota zinātniska abstrakcija, kuras rezultātā reālās būves tiek aizstātas ar to shēmām.

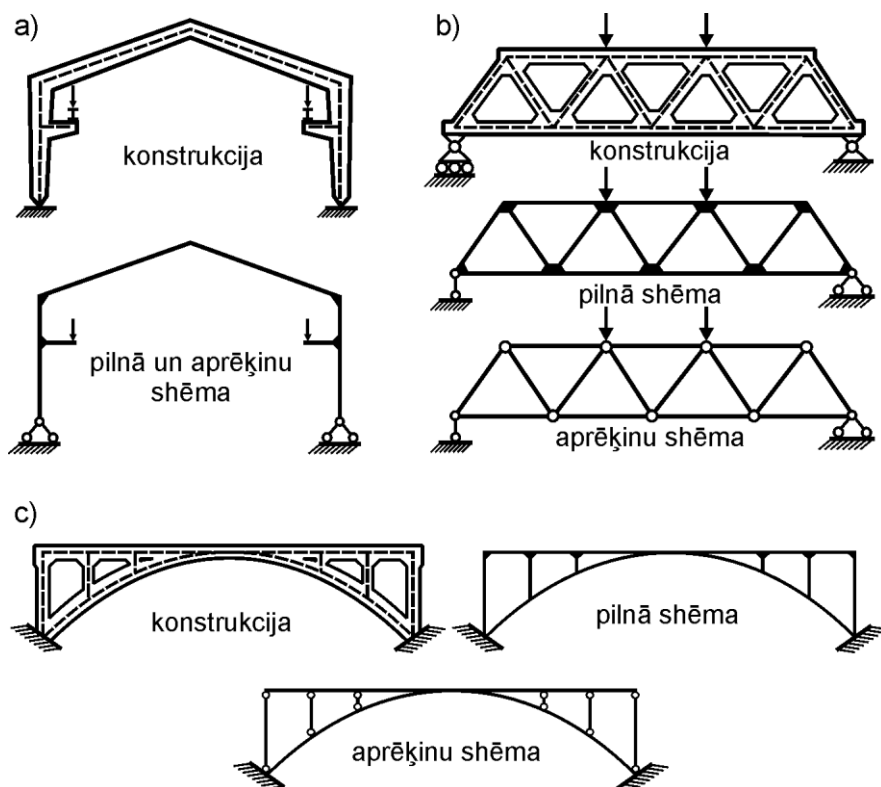
Būves shēma – tā ir vienkāršots būves attēls, kurš nosaka slogotas būves izturēšanos, ievērtējot tikai būtiskākos tās aspektus.

Shēmā stieņi tiek aizstāti ar līnijām, kuras savieno stieņu šķēlumu smagumcentrus. Šīs līnijas ir stieņu asis. Reālās balstu ierīces tiek aizstātas ar ideālām balstu saitēm. Slodze



no konstrukcijas elementu virsmas tiek pārnesta uz to asīm.

Būvju aprēķini tiek veikti izmantojot aprēķinu shēmas. Gadījumos, ja būves pilnā shēma ir pietiekami vienkārša aprēķinu veikšanai, tā arī tiek izmantota par aprēķinu shēmu. Pārējos gadījumos tiek veikta pilnās shēmas vienkāršošana, atmetot mazāk būtiskos faktorus. Tātad var teikt, ka aprēķinu shēma ir vienkāršota pilnā būves shēma (att. 1.1).



att. 1.1

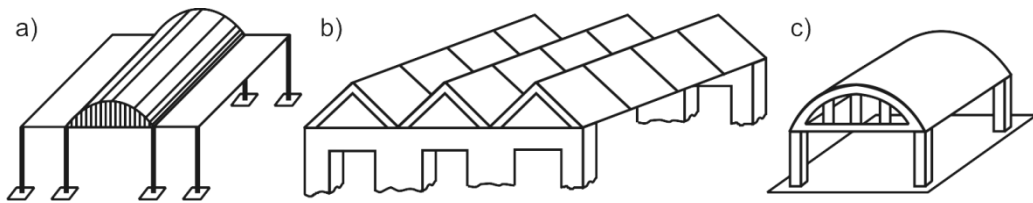
Aprēķinu shēmas izvēle ir sarežģīts un atbildīgs darbs. No tās pirmām kārtām ir atkarīga aprēķinu kvalitāte. Izmantojot nepareizu aprēķinu shēmu, pat ļoti precīzas aprēķinu metodes dod kļūdainu rezultātu.

Tuvinātu aprēķinu veikšanai var izmantot mazāk precīzas aprēķinu shēmas, bet veicot galīgos aprēķinus, šīs shēmas jāprecizē. Iegūtie rezultāti jāsalīdzina un jānovērtē to precizitāte.

Datoru iespējas bieži vien pieļauj par aprēķinu shēmu izmantot konstrukcijas pilno

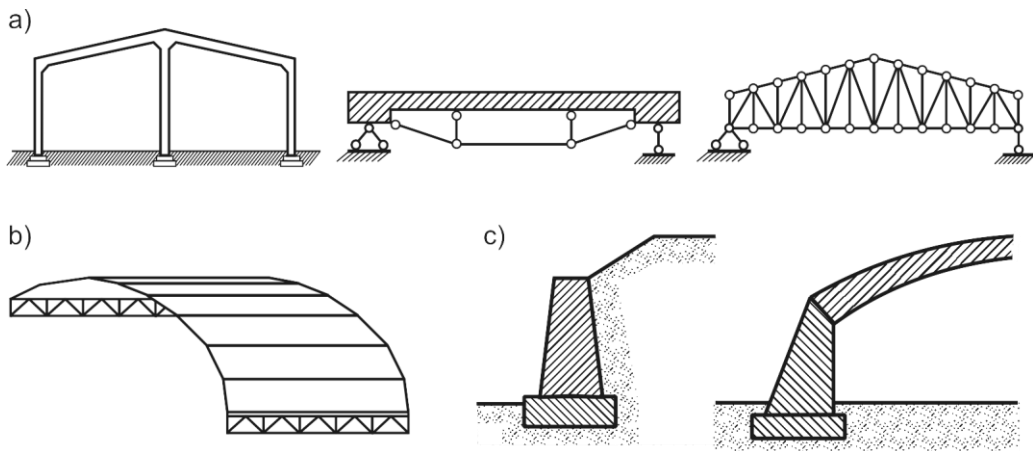
shēmu un tātad ievērtēt mazāk būtiskus inženierbūves konstruktīvās darbības faktorus.

Lielākā inženierbūvju daļa ir sarežģītas sistēmas konstrukcijas. Tā, piem., (att. 1.2a) attēlotie pārsegumi sastāv no stieņiem, plātnēm, cilindriskām čaulām. Tāda veida inženierbūvju aprēķinu metodes ir visai sarežģītas. Līdz ar to viens no grūtākajiem uzdevumiem ir izvēlēties aprēķinu shēmu. Šī uzdevuma sekmīga veikšana ir atkarīga no inženiera erudīcijas, no viņa spējas katrā aprēķinu etapā pareizi atnest būtiskos faktorus un saglabāt faktorus, kuri būtiski iespaido konstrukcijas darbu.



att. 1.2

Aprēķinu shēmas izvēli iespaido nepieciešamā aprēķina precizitāte, aprēķinam atvēlētais laiks un skaitļošanas līdzekļu pieejamība. Bieži vien pirmajā projektēšanas stadijā aprēķini tiek veikti izmantojot visai tuvinātu aprēķinu shēmu turpmākajā aprēķinu gaitā to aizvien papildinot.

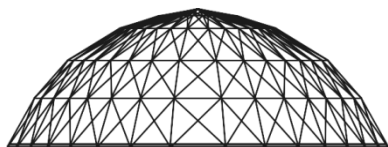


att. 1.3

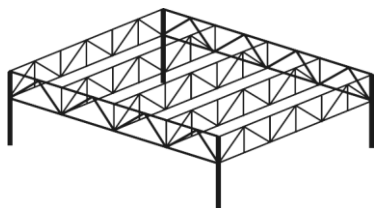
Praktiski lielākā daļa inženierbūvju sastāv no dažādiem konstruktīviem elementiem (stieņiem, sijām, plātnēm, čaulām), kuri, savā starpā savienoti ar saitēm, veido vienotu konstrukciju.

Tāpat kā inženierbūves arī to pilnās un aprēķinu shēmas būvmehānikā tiek klasificētas izmantojot dažādas to pazīmes.

Pirmām kārtām tiek veikts inženierbūvju iedalījums pēc konstrukcijas elementu veidiem.



att. 1.4



att. 1.5

No stieņiem veidotās konstrukcijas sauc par stieņu sistēmām (att. 1.3a). No plātnēm veidotās konstrukcijas sauc par plānsienu prizmatiskām sistēmām (att. 1.3b), bet sistēmas, kuru elementu izmēri trīs savstarpēji perpendikulāros virzienos ir samērojami, sauc par masīvām sistēmām (att. 1.3c).

Pēc konstruktīvo elementu izvietojuma īpatnībām stieņu sistēmas sadala plakanās un telpiskās sistēmās. Par telpiskām uzskata sistēmas, kuru elementu asis vai slodzes neatrodas vienā plaknē

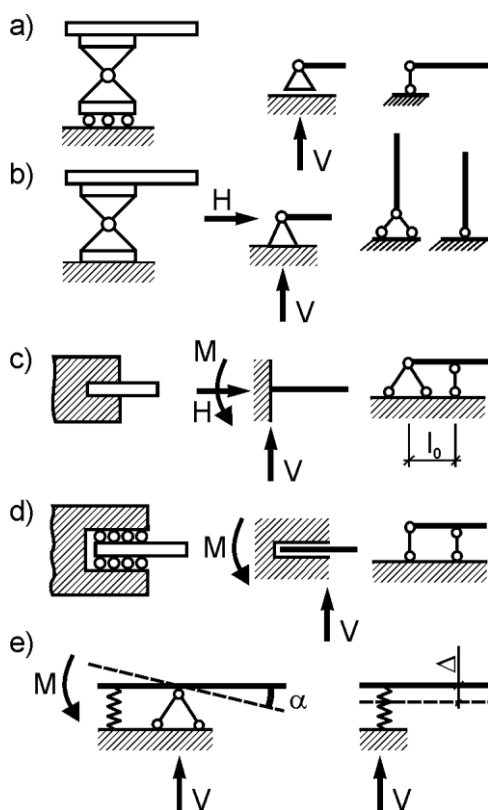
(att. 1.4).

Plakano sistēmu elementu asis un tām pielikto ārējo slodžu darbības virzieni praktiski atrodas vienā plaknē. Plakanas sistēmas visai reti tiek izmantotas kā patstāvīgi inženierdarinājumi. Parasti tās veido telpisku inženierbūvju sastāvdaļas, bet bieži vien (slodze darbojas plakanās konstrukcijas plaknē) var tikt aprēķinātas kā patstāvīgas konstrukcijas. Tas būtiski vienkāršo aprēķinus. Tā, piemēram, angāra metāliska karkasa (att. 1.5) visi trīs izmēri ir samērojami un konstrukcija jāuzskata par telpisku. Tomēr veicot šāda karkasa projektēšanu visai pamatots ir pieņēmums par tā sadalīšanu plakanās sistēmās: galvenajās kopnēs un tām šķērsās papildus kopnēs, kuras balstās uz galvenajām un savukārt balsta angāra pārsegumu.

#### 1.4. Balstu konstrukciju kinemātiskā analīze

Būvdarinājumi savā būtībā ir uz nekustīgiem balstiem veidotas laikā un telpā ģeometriski nemainīgas konstrukcijas, kuras spēj uzņemt ekspluatācijas slodzes, saglabājot konstrukcijas nestspēju. Par balstiem sauc konstruktīvus veidojumus, kas

savieno būvi ar nekustīgiem pamatiem un pilnīgi vai daļēji ierobežo tās kustību. Visi praksē lietojamie balsti ir telpiskas konstrukcijas. Plakanās sistēmās balsti strādā kā plakanas konstrukcijas, jo ierobežo sistēmas pārvietojumus plaknē. Būves un balstu saskares vietā rodas balstu reakcijas. Attiecībā pret būvi balstu reakcijas ir pasīvi ārējie spēki, kuri nevar mainīt būves stāvokli, bet tikai līdzsvaro ārējo slodzi. Balstu reakcijas ir vektoriāli lielumi un tās raksturo pielikšanas punkts, reakcijas virziens un lielums.



att. 1.6

Par galvenajiem balstu tipiem, kuri tiek lietoti konstruktīvu sistēmu saistīšanai ar pamatiem, uzskatāmi:

- Kustīgs locīklas balsts;
- Nekustīgs locīklas balsts;
- Iespīlēts nekustīgs balsts;
- Iespīlēts kustīgs balsts;
- Elastīgs balsts.

**Kustīgs locīklas balsts** (att.1.6a) sastāv no divām savstarpēji balansējošām daļām, starp kurām ievietots cilindveida veltnis. Apakšējā daļa pa atbalsta plakni var pārvietoties virzes kustībā, kuru realizē veltnu sistēma. Šī veida balstam ir divas kustības brīvības pakāpes. Balsts neierobežo būves horizontālo pārvietojumu un pagriezienu ap cilindriskā veltna centru, bet ierobežo tikai vertikālo pārvietojumu.

Ierobežotā pārvietojuma virzienā balstā rodas spēks - balsta reakcija  $V$  perpendikulāri atbalsta plaknei. Būvju shēmā kustīgo locīklu attēlo stieņa veidā, kura galos ir locīklas (att.1.6a).

**Nekustīgs locīklas balsts** (att. 1.6b) konstruktīvi atšķiras no iepriekšējā veida balsta ar to, ka tam nav virzes kustību nodrošinošo gultņu. Līdz ar to šī veida balstam ir tikai viena

kustības brīvības pakāpe, t.i. pagrieziens ap veltņa asi. Reakcija šādā balstā ir spēks, kurš iet caur locīklas centru, bet tā virziens var būt patvaļīgs. Šo virzienu nosaka reakcijas komponentu (piem., horizontālās un vertikālās) attiecība. Shematiski šādu balstu veidu attēlo ar diviem saejošiem stieņiem, kuru galos ir ideālas locīklas. Stieņu orientāciju var izvēlēties patvaļīgi. Plašāk izmantojamās locīklu shēmas parādītas att. 1.6b.

**Nekustīgs iespīlēts balsts** (att. 1.6c) ir balsts kuram nav brīvības pakāpju. Šāda balsta reakciju nosaka trīs parametri, piem., kāda spēka caur patvaļīgu punktu vērtība un virziens un moments pret šo punktu. Šādu reakciju var stādīties priekšā arī kā nekustīgas locīklas reakciju un reaktīvo momentu šai locīklā. Shematiski iespīlējumus var attēlot att. 1.6c parādītos veidos. Otrā gadījumā, lai varētu iespīlējumus uzskatīt par absolūti stingu, attālumam  $\ell_0$  jābūt ļoti mazam, vai stienim ar garumu  $\ell_0$  jābūt bezgalīgi stingam.

**Iespīlēts kustīgs balsts** (slīdošs iespīlējums, att. 1.6d) pieļauj mezgla horizontālu pārvietošanos, bet izslēdz tā pagriešanos. Šai gadījumā reakcijas horizontālā komponente ir nulle. Jānosaka balsta vertikālā reakcija un moments iespīlējumā. Shematiski iespīlēts kustīgs balsts tiek attēlots ar diviem paralēliem stieņiem.

**Elastīgiem balstiem** (att. 1.6e) atšķirībā no iepriekšējiem balstu veidiem, kuros katra balsta saite ir stinga, dažas no saitēm pieļauj pārvietojumus šo saišu virzienos. Atbilstošās reaktīvās piepūles nav konstantas, bet mainās balstiem pārvietojoties. Šāda tipa balstu piemērs ir balsti, kuri var elastīgi pagriezties ap balsta asi. Šādu balstu reaktīvais moments parasti ir proporcionāls pagriezienu leņķim:

$$M = -k_M \alpha .$$

Lineāri saspiežamu balstu gadījumā (att. 1.6e) reaktīvā vertikālā reakcija parasti tiek uzskatīta par proporcionālu balsta pārvietojumam:

$$V = -k_V \Delta .$$

Šajās sakarībās parametri  $k_M$  un  $k_V$  ir proporcionalitātes koeficienti un raksturo balstu padevīgumu.

Proporcionalitātes koeficients, kurš tiek saukts arī par **padevīguma koeficientu**, ir konkrētai gruntij konstants lielums. Koeficients  $k_V$  raksturo grunts pretspiedienu, kāds veidojas balstā saspiežot grunti par vienu vienību. Dažādām gruntīm padevīguma

koeficienta vērtības ir atšķirīgas un var mainīties visai plašā diapazonā. Eksperimentālie pētījumi rāda, ka **maza blīvuma gruntīm** ( plūstoša smilts, svaigs smilšu uzbērums, slapjš māls), **vidēja blīvuma gruntīm** (nostāvējusies smilts, šķembas), **blīvām gruntīm** (blīva nostāvējusies smilts, sauss māls) un **cietām gruntīm** (kaļķakmens, smilšakmens) padevīguma koeficientu vērtības attiecas kā 1 : 5 : 50 : 200.