



LATVIJAS UNIVERSITĀTES MĀCĪBAS GRĀMATU SERIJA  
Nr. 4

---

# PĀĻU PAMATI

Prof. Dr. ing. E. ZIEMELIS

Rīgā, 1938.  
Latvijas Universitāte

---

F. Vituma grāmatu spiestuve un cinkografija Rīgā, Matīsa ielā 57. Tālrunis 93080.

---

## Priekšvārds.

Mūsu tehniskā literatūra nav bagāta ne ar teoretiskas, ne praktiskas dabas rakstiem. Sevišķi vērojams zinātniski-tehnisku rakstu trūkums inženierbūvniecībā, kādēļ daudzi autora bijušie klausītāji, tagadējie būvinženieri, vairākkārt griezušies pie viņa ar lūgumu sastādīt mācības grāmatu par „pamatiem“ un „pamatu likšanu“, jo sevišķi šī būvniecības nozare pēdējos divdesmit gados uzrāda strauju progresu. Autors sekodams lūgumam, stājies pie raksta „pamati“ sastādīšanas. Parliecināts, ka mūsu apstākļos nav lietderīgi izdot plašo rakstu vienā grāmatā, autors sadala to vairākās patstāvīgās daļās ar nolūku izdot katru daļu atsevišķā grāmatā.

Autors iesāk savu rakstu seriju ar „pāju pamatiem“, kas, pirmkārt, ir viens no visizplatītākajiem pamatu veidiem un, otrkārt, sevišķi labi piemērojams mūsu zemes vietējiem grunts apstākļiem; pāju pamatus iespējams lietot visdažādākām būvēm, sākot ar parastās vairākstāvu dzīvojamās mājas pamatiem un beidzot ar viskomplicētākajiem tiltu balstu un ūdensbūvju pamatiem.

Autors savā darbā apskata nevien atsevišķus pājus pēc to materiāla un to sagatavošanas un izgatavošanas veida (III, IV un V nodaļā), nevien pāju pamatu konstruktīvos veidojumus (VIII nodaļā), pāju nestspēju (VII nodaļā) un pāju pamatu aprēķināšanu (IX nodaļā), bet arī dažādus pāju iedziļināšanas veidus gruntī (VI nodaļā) līdz ar vajadzīgām ierīcēm un mašīnām, izmantojams savus piedzīvojumus ilggadīgajā inženiera praksē.

Nodaļa par pāju nestspēju ir pārstrādāta no autora grāmatas „Materiāli pāju nestspējas jautājuma atrisināšanai“ (Latvijas būvinženieru b-bas raksti II. 1929.), kas tagad izpārdota, un papildināta ar jaunākiem pētījumiem šajā nozarē.

Lai būvniecības praksē nodarbinātais inženiers varētu viegli un ātri izmantot teorijas slēdzienus par atsevišķu pāju nestspēju, kā arī par pāju pamatu aprēķināšanu, teoretiskais apskats paskaidrots ar daudziem piemēriem un papildināts ar skaitliskām tabulām (X nodaļā).

Nodaļā par pāju pamatu konstruktīvo veidojumu īsumā apskatīti daudz piemēri par pāju pamatu likšanu lielākām būvēm mūsu zemē (piem. Daugavgrīvas bākai, Universitātes jaunajai aulai, tilta balstiem

pār Gauju Siguldā, tilta balstiem pār Juglu pie Rīgas un Rīgas eksportostas krastmalas pagarinājumam), kā arī mūsu kaimiņu zemēs (piem. Stokholmas-Lidingö tilta balstiem.)

Uzskatāmības labā visās nodaļās ievietoti daudz zīmējumi un fotoattēli, kopskaitā 163; vieglākas teorijas pielietošanas iespējamībai izstrādātas un ievietotas dažādas nodaļās kopskaitā 20 tabulas.

Izlietodams gadījumu, autors izsaka savu pateicību visām iestādēm, firmām un personām, kas tik labprātīgi nākuši talkā ar saviem zīmējumiem un fotoattēliem, kā arī ar savu ierosmi un piedzīvojumiem praksē.

Pie grāmatas sastādīšanas autors bez saviem piedzīvojumiem inženiera būvpraksē un teoretiskajiem pētījumiem izlietojis un ieteic arī lasītājiem, kuņi vēlas ar paļu pamatu likšanu plašāki iepazīties, literatūru, kas uzrādīta grāmatas beigās.

Autors ar pateicību ievēros aizrādījumus par grāmatā sastopamām kļūdām un nepilnībām, lai tās novērstu nākamajā izdevumā.

Rīgā, martā, 1938. g.

## Satura rādītājs.

	Lpp.
Priekšvārds	3
<b>I. Ievads</b>	<b>9</b>
<b>II. Vispārīgs pārskats</b>	<b>12</b>
<b>III. Koka pāji</b>	<b>14</b>
Pāju garums	15
Pāju resnums	15
Pāju smailināšana	16
Pāju galvas nostiprināšana	18
Pāju potēšana	19
Pāju aizsardzība no postītajiem juņas udeņos	20
<b>IV. Metāla pāji</b>	<b>22</b>
Iedzenāmie pāji	22
Skrūvpāji	23
Ripas pāji	24
<b>V. Betona un dzelzbetona pāji</b>	<b>25</b>
Gatavpāji	25
Hennebique'a sistēma	25
Züblin'a sistēma	27
Considère'a sistēma	28
Cummings'a sistēma	28
Gilbreth'a sistēma	32
Möbus'a sistēma	32
Aizsargkapes	33
Vietas pāji	33
Dulac'a sistēma	33
Raymond'a sistēma	36
Stern'a sistēma	37
Mast sistēma	37
Jansen'a sistēma	39
Simplex sistēma.	40
Probst'a sistēma	41
Frankignoul'a sistēma	42
Wilhelmi sistēma	43
Straus'a sistēma . . . . .	43

	Lpp.
Wolfsholz'a sistēma	45
Michaelis-Mast sistēma	46
Grün u. Bilfinger'a sistēma	47
Fischer'a sistēma	47
Boženkova-Guzejeva sistēma	47
Ridley'a sistēma	48
Gow sistēma	48
Caurupāji	51
Kombinēti pāji	52
<b>VI. Pāju iedzījināšana gruntī</b>	<b>52</b>
Pāju iedzišana gruntī	52
Rokas pārdzinis	60
Mēchaniskie pārdziņi	61
Ar atpakaļritošu virvi	61
„ bezgala ķēdi	64
Tvaika pārdziņi	67
Nasmyth'a sistēma	67
Levick'a sistēma	69
Lacour'a sistēma	74
Arciš'a sistēma	77
Menck u. Hambrock'a sistēma	79
Pneimatiskie pārdziņi	81
Pāju āmurs	81
Tvaika pievadišana	84
Speciāli pārdziņi	84
Aizrādījumi pie pāju iedzišanas	85
Pāju ieskalošana gruntī	86
Pāju ieskrūvēšana gruntī	86
Pāju iedzījināšanas darbu izvešana un pārlūkošana	88
Pāju izvilkšana	91
Zemūdens zāģi	91
Taisnais zāģis	91
Pendeļzāģis	92
Segmentzāģis	93
Riņķa zāģis	93
<b>VII. Pāju nestspēja</b>	<b>94</b>
Dināmiskais paņēmiens	95
Teoretiski-statiskais paņēmiens	114
Ģeometriski-statiskais paņēmiens	139
Praktiski-statiskais paņēmiens . . . . .	141

	Lpp.
Praktiskās formulas	147
Sledziens	149
<b>VIII. Pāju pamatu konstruktīvais veidojums</b>	<b>154</b>
Zemais pāju režģogs	155
Betona plate uz koka un dzelzbetona pājiem	158
Dzelzbetona plate uz koka un dzelzbetona pājiem	160
Pāju novietošana zemā pāju režģogā	163
Augstais pāju režģogs	173
<b>IX. Pāju pamatu aprēķināšana</b>	<b>182</b>
Sprauguma četrstūra metode	183
Sprauguma diagramas metode	183
Culmann'a momentu metode	185
Gullander'a paņēmiens	186
Nökkentved'a paņēmiens	201
Jacoby'a paņēmiens	208
<b>X. Piemēri pāju pamatu aprēķināšanai</b>	<b>212</b>
Pēc Gullander'a	212
Nökkentved'a	218
Jacoby'a	225
Literatūra	228
Zīmējumu saraksts	231
Nosaukumu rādītājs	235





## I. Ievads.

Par pamatiem sauc būves apakšzemes daļu, kuŗas uzdevums uzņemt visus būvē darbojošos spēkus un pārnest tādos zemes slāņos, kuŗi pēc savām ipašībām spēj tos uzņemt un nest. Šāds vārda pamati apzīmējums nav jaunlaiku izgudrojums, nav arī tulkojums no svešām valodām, bet ļoti vecs un tīri latvisks apzīmējums, ko bieži sastopam daudzās mūsu tautas dziesmās, kuŗās runā par mūsu senču būvēm. Piem. tas sevišķi skaisti izteikts 708. dziesmā\*) („Latvju daiņas“ I. d. 116. lpp. A/S Valters un Rapa izdevums 1922. g.)

Vārdi „istabas pamatiem“ skaidri norāda, ka pēc latviešu valodas gara pamati ir būves konstruktīva daļa. Augšminētā nozīmē vārdu „pamati“ lieto visās Vakareiropas lielo tautu valodās. Tikai krievu valodā šādas noteiktības nav un ar vārdu „pamati“ bieži apzīmē zemes slāni, kuŗš uzņem būvē darbojošos spēkus.

Reiz nu pamati ir būves konstruktīvā apakšzemes daļa, tad tie jārada maksliģi ar cilvēka roku un dažādu būvmašīnu palīdzību. Tādēļ par pamatu likšanu apzīmē visu to būvdarbu kopību, ar kuŗu palīdzību rada būvei noturīgu un no ārējiem iespaidiem nebojājāmu konstruktīvu apakšējo daļu.

Pamati ir viena no vissvarīgākām un bieži arī visdārgākām būves daļām. Katras būves noturība un drošība galvenā kārtā atkarājas no viņas pamatu noturības. Kādēļ visos laikos inženieri piegriezuši vislielāko vērību pareizai pamatu likšanai.

Ja iet runa par būves pamatiem, tad arvien krīt svarā divi jautājumi: 1) kas ir jādara un 2) kā tas ir jādara. Pēdējā jautājuma atrisināšana gandrīz nekādas grūtības nerada, sevišķi mūsu dienās, kad pieietami tikdaudz un dažādi mēchaniski palīģa līdzekļi, kā ba-

\*) „Sila priede gauži raud,  
Redzei mani staigājam,  
Neraud gauži, sila priede,  
Ne es tevi skaliem cirtu:  
Cirt istabas pamatiem  
Daiļu dziesmu klausīties.“ (Autora retinājums).

gari, pumpji, pāldziņi, krāni, pneimatiskas ierīces un daudzas citas būvmašīnas. Daudz grūtāki atrisināt pirmo jautājumu — kas ir jādara. Bet arī šeit jau redzams zināms progress būvtechnikā, jo tagad galveno vērību sāk piegriezt arī zemes slāņiem, kuņus nāksies likt pamatus un kuņi sastāv no dažādām zemes sugām, kas atšķiras viena no otras ne tikai pēc sava sastāva, bet arī īpašībām, atkarībā no viņu izcelšanās veida. Šo būvniecībā tehniski izmantojamo zemes slāņu kopību, līdzieskaitot arī gruntsūdeni, kuņus iespaido kāda būve, vai kuņi paši iespaido būvi, sauc par grunti, resp. būvgrunti.

Lai atšķirtu dažādas grunts vienu no otras, vajaga tās klasificēt, ko var izdarīt pēc dažādiem principiem. Pie pamatu likšanas inženierus interesē grunts kā materiāls, kuņā var celt dažādas būves. Tā tad par atšķirības zīmi jāpieņem grunts spiedes pretestība zināmai slodzei, pie kam galējo slodzi, kuņ grunts laukuma vienība var uzņemt, bez ka tās iekšējais līdzsvars tiktu traucēts, sauc par grunts nestspēju. Tā kā katrai slodzei zināmā grunti un pie zināmiem apstākļiem atbilst attiecīgs iegrimes lielums, tad būvniecībā var pielaiest noteiktus iegrimes lielumus, ja viņi ir pilnīgi vienmērīgi un nepārsniedz noteiktu mēru. Šo maksimālo slodzi uz laukuma vienību, pie kuņas iegrimes lielumi nav manāmi un nepārsniedz noteiktu pielaižamu mēru, sauc par pielaižamo grunts piepūli, kas arvienu sastāda tikai daļu no tās pašas grunts nestspējas lieluma. Attiecību starp grunts nestspējas lielumu un pielaižamās piepūles lielumu sauc par drošības koeficientu.

Noturība un drošība katrā būvē arvienu jāstāda pirmā vietā, bet skaistums un citi jautājumi, sevišķi pie pamatu likšanas, spēlē mazāku lomu, kādēļ pašu pamatu, kā arī pamatu likšanas veida izvēle galvenā kārtā atkarājas no grunts nestspējas lieluma un pie to izveles jāpiegriež vērība nevien būves pamatu konstrukcijai, bet arī apkārteņās grunts īpašībām.

Pie pamatu konstrukcijas izveles senāk vadījās vienīgi no tehniskiem piedzīvojumiem, kuņus ieguva būves vadītāji uzmanīgi novērojot visus apstākļus būves vietā nevien tikai darba laikā, bet arī būves stāvokli un varbūtējās pārgrozības pēc tās nobeigšanas. Tas viss kopā ar laiku deva katram būves vadītājam zināmu māku jeb tā saucamo „technisko sajūtu“. Pārgrozībām grunti, kuņas notiekās zem būves slodzes iespaida, turpretim nepiegrieza nekādu vērību, kādēļ arī parādības, kas notiekas grunti pie dažādu spēku iedarbes bija vēl ilgu laiku lielā mērā neskaidras. Tikai pēdējos pāris desmit gados inženierzinātnes piegriezušās grunts fizikālo un ķīmisko īpašību pētī-

šanai, kā arī mēģina atrast likumus, kādiem grunts padota mēchaniskā ziņā. Šo jauno inženierzinātņu nozari sauc par geotechniku mācību par gruntim. Geotechnika pēta likumību, pēc kādas visi spēki no būves objekta pāriet praktiski neierobežotā zemes pustelpā, un tā sasniedz to, piemērojot tehnisko mēchaniku ģeoloģijas darīnājumiem, ņemot vērā grunts tilpuma un strukturas maiņas, kā arī tās fizikālās īpašības.

Tagad pie pamatu likšanas veida izvēles nepietiek ar konstrukciju pārzināšanu vien, bet jāpiegriež vērība arī grunts slāņiem, jāzin katra slāņa nestspēja un tā atrašanās vieta. Grunts slānis, kuŗa nestspēja pietiekoša, lai uz tā balstītu nākošās būves pamatus, var atrasties dažādos dziļumos, skaitot no zemes virsas. Dažreiz tas atrodās pie pašas zemes virsas, dažreiz tas atrodās dziļi, bet tomēr pietamā dziļumā, beidzot tas var atrasties nepieejamā dziļumā, t. i. ar acmirkīgiem tehniskiem līdzekļiem to nav iespējams sasniegt. Vispār jēdziens par pietamam dziļumu ir relatīvs: senāk 40 m bija ļoti liels dziļums, bet tagad jau ir sasniegti dziļumi pāri 75 m (Amerikā un Zviedrijā).

Kad nestspējīgas grunts slānis atrodas pie pašas zemes virsā, tad pamatus liek arvienu tieši uz tā. Tāpat, kad nestspējīgas grunts slānis atrodas nepieejamā dziļumā, pamatus liek arvienu uz virsējā, kaut arī mazāk nestspējīga, slāņa, attiecīgi nostiprinot to un lietojot attiecīgu konstrukciju.

Bet kad nestspējīgas grunts slānis atrodas salīdzinot dziļi, bet tomēr pietamā dziļumā, tad var rīkoties divējādi: 1) var likt pamatus uz nestspējīgā slāņa, izrokoties cauri augšējiem vājiem slāņiem, kuŗu nestspēja nav pietiekoša, lai uzņemtu būves slodzi; 2) var likt pamatus uz virsējā, ar mazāku nestspēju, slāņa, iepriekš nostiprinot to un palielinot tā nestspēju.

Kā redzams, vienu un to pašu mērķi var sasniegt, lietojot dažādus paņēmienu. Tālāk, pamatu likšanas veida izvēle atkarājas arī no tā, cik lielu noturību grib pamatam piedot, cik lielus izdevumus taisīt un kādam nolūkam domāta nākamā būve. Beidzot, pamatu likšanas veida izvēli iespaido arī daži blakus apstākļi, starp kuŗiem svarīgu lomu spēlē ūdens apstākļi būves vietā, t. i. vai vieta klāta ar ūdeni un cik dziļš ūdens, vai vieta nav klāta ar ūdeni, bet kāds ir gruntsūdens stāvoklis.

Būvniecības vēsture rāda, ka pašu pamatu konstruktīvie veidi nav daudz mainījušies, bet mainījušies atkarībā no vietas un laika tikai materiāli un to pielietošanas veidi. Tā, piemēram, Eufratas un Tigras upes zemēs monumentālo ēku pamatos lietoti ķieģeļi, turpre-

tīm Zalamana templim, Jeruzalemē, pamatos lietoti laužu akmeņu kvadri, bet senajā Romā — sevišķi izgatavots betons. Šādas konstrukcijas pamatos lietotas tikai labās būvgruntis. „Bet sliktās būvgruntis“ — raksta romiešu inženiers Vitruvius 13. gadā priekš Kr. „kad būvvieta purvainā un cieti zemes slāņi nav atrodami, tad to norok un nostiprina ar apdedzinātiem alkšņā, ozola vai olives koka pāļiem, kuņus iedzen pēc iespējas tuvāk vienu otram, aizpilda starpas ar oglēm un tad ceļ pamatu mūri.“ Senie ēģiptieši un indieši sliktos gruntis apstākļos nelietoja pāļus, bet gremdķermeņus — prototipus mūsu laiku gremdakām.

Vitruviusa raksts nav vienīgais par pāļu pamatu lietošanu senātnē: vēsturnieks Herodots raksta, ka senie peoni savas dzīvojamās ēkas cēlušī uz pāļiem. Arī atliekas no priekšvēsturiskām būvēm rāda, ka mūsu kultūras pirmsākumā jau cilvēks sapratis zemē iedzītu pāli izmantot sava, kaut arī primitīva, mājokļa būvei.

Kaut gan pāļu būvniecība ir visas būvtechnikas pirmsākums un tā jau paspējuse palikt par cilvēces priekšvēsturiskās kultūras zīmbolu, tomēr pāļu pamatu likšana varēja lielos apmēros attīstīties un tikt lietota lielās būvēs tikai pēc tam, kad bija izgudroti pāļdziņi smagu pāļu iedzīšanai.

Tagad pāļu pamati ir viens no visizplatītākiem pamatu veidiem un tos lieto pie visdažādākām būvēm, sākot ar parastās vairākstāvu dzīvojamās ēkas pamatiem un beidzot ar komplicētākiem ūdensbūvju un tiltu balstu pamatiem. Tas izskaidrojams ar daudzām plaši pazīstāmām pāļu pamatu priekšrocībām: tie viegli piemērojami dažādiem vietējiem gruntis apstākļiem, darbs vienkāršs, neprasa daudz laika un iespējams ātrā laikā darbu attīstīt plašā frontē.

## II. Vispārīgs pārskats.

Pāļu pamatu uzdevums ir izmantot dziļāk guļošu gruntis slāņu lielāku nestspēju, pārnesot būves slodzi un ārējos spēkus, kuņi uz būvi iedarbojas, dziļāk guļošiem gruntis slāņiem. Divi spēku pārnesšanas gadījumi ierobežo dažādos pārnesšanas veidus:

Pirmā gadījumā, kad pālis iedzīts cauri gruntis slāņiem ar mazu nestspēju līdz slānim ar pietiekošu nestspēju, tad visus spēkus no būves uzņem vienīgi pāja pēda.

Otrā gadījumā, kad pālis, nerasniedzot gruntis slāni ar lielu nestspēju, visā savā garumā atrodas gruntis slāņos ar mazu nestspēju,

ta spēkus no būves uzņem vienīgi berze starp pāja sānvirsu un apkārtejo grunti.

Šie divi gadījumi nosaka pāju pamatu veidus, kādus pašlaik lieto būvniecībā un tie ir divējādi:

1. „Dziļie pāju pamati“, pie kuriem pālis ar savu pēdu atrodas nestspējīgas grunts slāni, un

2. „berzes pāju pamati“, pie kuriem pālis visā savā garumā atrodas vājas grunts slāni, t. i. grunts slāni ar mazu nestspēju.

Kā vienā, tā otrā gadījumā pāju pamati izmanto dziļākuļošu grunts slāņu lielāku nestspēju, viss viens, vai augšējos slāņus pilnīgi izslēdz, kā būves slodzi nenesošus, vai ņem vērā, bet vienīgi kā faktoru, kas tikai palielina pāju nestspēju.

Pie dziļiem pāju pamatiem katrs atsevišķs pālis darbojas kā stabs, kas pārnes būves vertikālos un horizontālos spēkus ar savu pēdu nestspējīgas grunts slānim. Pie šī pāju pamatu veida priekšroka dodama cilindriskiem un prizmatiskiem pājiem. Ja pājus piepūlē tikai uz spiedi, tad pāju pēdai jāatrodas nestspējīgā slānī vismaz 1 m, bet ja pājus var piepūlēt arī uz stiepi, tad vismaz 3 m dziļi. Bez tam abos gadījumos jāpārbauda, vai pieņemtais pāja pēdas dziļums nestspējīgas grunts slānī atbilst pāja nestspējas lielumam.

Pie berzes pāju pamatiem būves slodzi līdzsvaro berzes spēki starp vājajiem grunts slāņiem un pāju sānvirsu. Līdz ar pāju iedzišanu vājā grunts noblīvējas un tās nestspēja pieaug. Lietojot šo pāju pamatu veidu, jācenšas sasniegt pēc iespējas lielāku berzes pretestību, vienmērīgāku slodzes sadalīšanos un lielāku un vienmērīgāku vājo grunts slāņu noblīvēšanos. Tā kā berzes pretestības lielums atkarājas arī no pāju veida un vājo grunts slāņu noblīvēšanās lieluma, tad priekšroka dodama koniskiem pājiem. Pāju skaits, ko iedzen zem atsevišķām būves daļām, jāaprēķina tā, lai grunts tiktu piepūlēta pēc iespējas vienmērīgāki. Beidzot pāji jāiedzen tādos atstatumos viens no otra, ka grunts noblīvēšanās būtu pēc iespējas lielāka. Sevišķa uzmanība berzes pāju pamatiem jāpiegriež kohezīvās — mālainās gruntis, kur iepriekš sasniegtais noblīvējums var pamazām izzust, sevišķi ja nav pamatu ierobežojošas rievsienu. Tāpat pie šī pamatu veida jānovērš kā apakšējo, tā arī noblīvēto vājo slāņu uzirdināšana caur izskalojumiem, kādēļ jau priekšlaikus jāizdara attiecīgi nostiprināšanas darbi.

Ne arvienu var precīzi šķirot dziļos pāju pamatus no berzes pāju pamatiem, jo starp tiem atrodas visas iespējamības, kādas tik var nākt priekšā pie spēku pārnesšanas ar pāju pamatiem. Bieži nav iespējams noteikt, kā sadalās pāja kopīgā pretestība un kas ir pār-

svarā, vai pretestība pāja pēdā, vai berzes pretestība gar pāja sān-  
virsu. Tādēļ arī grūti noteikt vai pāja pretestība iedzījināšanai sa-  
sniegta caur pāja pēdas pretestību gruntī, vai caur berzi starp pāja  
sānvirsu un apkārtējo grunti. Šādos gadījumos pāju pamati jāliek  
tā, ka tie būtu spējīgi izpildīt savu uzdevumu arī tad, kad ar pāju  
pēdu sasniegtam grunts slānim nebūtu tāds nestspējas lielums, kādu  
cerēja sasniegt.

Iepriekš apskata dziļo pāju un berzes pāju pamatu konstruk-  
tīvo veidojumu, jāiepazīstās ar materiāliem, no kādiem taisa atse-  
višķus pājus, un ar atsevišķa pāja nestspēju. Pēc materiāla, no  
kāda pāji taisīti, tie var būt koka, metāla, betona un dzelz-  
betona.

### III. Koka pāji.

Koka pāju lietošana iespējama tikai tādos gadījumos, ja tie  
arvienu atrodās zem ūdens. Pie tam jāņem vērā nevien tikai  
acumirkļīgais ūdens limeņa stāvoklis, bet arī jāizpēta, vai nākotnē  
caur kādiem nebūt apstākļiem ūdens limeņa stāvoklis nevar mainīties  
tā, ka pāju daļas ar laiku varētu atrasties sausumā. Lietojot koka  
pājus jūras būvēs, jāpārlicinās iepriekš vai jūras ūdeņos nedzīvo,  
tā saucamie, koka pāju postītāji.

Priekš pājiem vislabākais ir p r i e d e s k o k s, kušš ar savu slaido au-  
gumu, mazo trauslumu, lielo izturību un bagāto sveķu saturu sevišķi  
izceļas starp citām koku sugām. No citiem pie mums augošiem skuju  
kokiem vēl lietojams e g l e s k o k s, kušš tomēr mazāk noderīgs nekā  
priedes koks, bet pateicoties savam slaidam augumam un lielam caur-  
mēram pielietojams dziļos pamatos. No lapu kokiem blakus priedei  
varētu nostāties vienīgi o z o l s, kas noderīgs arī tādās vietās, kur  
pāja viena daļa atrodas virs ūdens limeņa; priekš gariem pājiem mūsu  
apstākļos ozola koks iznāk par dārgu.

Priekšroka dodama kokiem, kuši auguši augstās un sausās vie-  
tās. Noteikumam, kādā gada laikā cērtams koks priekš pājiem, kas  
arvienu atradīsies ūdenī, ir mazāka nozīme. H a r t i g' a pētījumi rāda,  
ka pūšanas procesa paātrināšanu izsauc nevis koka sula ka tāda, bet  
tanī saturošais olbaltumu daudzums. Tikko cirsts koks priekš pā-  
jiem ir visnoderīgāks, jo tāds ir ļoti sīksts, pie iedzīšanas grūtāki  
plaisā un ūdenī vairs nekādas deformācijas neuzrāda. Sausš koks,  
turpretim, ir trauslis, plaisā un ūdenī birstot sāk šķiebties un griez-

ties. Ja pēc ciršanas nav iespējams pāli tūlīn laist darbā, tad, lai aizkavētu koka izžušanu, ieteicams to turēt ūdenī.

Kokiem, kas domāti pāju pamatiem, jābūt taisni noaugušiem ar taisnām šķiedrām. Līki koki nav derīgi, jo pie iedzišanas grūti tie ligojas, ir atspērīgi, šķiebjas uz sāniem, caur ko zveltņa sitiena efekts mazinās.

Mūsu apstākļos pāļiem lieto apaļus kokus, nomizojot tos tūlīn pēc ciršanas un apcērtot zarus un citus nelīdzenumus pāja virsā, atstājot koka gremzdi, lai tā aizsargātu koka serdi, kuņas izturība daudz lielāka par gremzdes izturību.

**Pāju gaņums.** Pāja gaņums sastādās no projektā uzrādītās pāja daļas virspuss zemes virsas un no pāja otras daļas, kas atrodas grūti. Pareizi noteikt pēdējo daļu ir grūti. Pie krastmalu pamatiem pieturas bieži pie vecu vecā likuma no prakses, ka pālim jāatrodas tik pat dziļi grūti, cik virspuss zemes virsas. Tomēr pie svarīgām būvēm, kur pāju slodzes ļoti lielas, pāju gaņumu nosaka katrreiz atsevišķi, izdarot iepriekšēju grūti pētīšanu un novērojumus iedzišanas laikā.

Pie dziļiem pāju pamatiem ar urbumiem izzin nestspējīgas grūti slāņa dziļumu, skaitot no zemes virsas, un pāja gaņumu nosaka pieliekot šim dziļumam klāt 1÷3 m, t. i. dziļumu, kādā pāja pēda atradīsies nestspējīgas grūti slāni. Pēc tam jāpārbauda pāja nestspēja, vai tā ir pietiekoša, ko izdara vislabāki ar mēģinājuma slodzēšanu.

Pie berzes pāju pamatiem gaņumu nosaka pēc novērojumu rezultātiem mēģinājuma pāli iedzenot, ņemot vērā iedziļināšanās lielumu no pēdējā zveltņa sitiena. Arī šīnī gadījumā jāpārbauda pāja nestspēja ar mēģinājuma slodzēšanu.

Inženierbūvniecībā koka pāju gaņums parasti svārstās ap 12 m, tomēr nāk priekšā gadījumi, kur gaņums sniedzās pat līdz 25 m, bet tā jau ir robeža kuņu pārsniedzot koka pāju lietošana var izrādīties par nesaimniecisku.

**Pāju resnums.** Pāja resnumu nosaka tā diametrs, kuņu dabū, ja ņem aritmetisko vidējo no diametriem pāja rezgali, tievgali un vidū. Minētais paņēmiens jālieto tādēļ, ka bieži gadas pāļi ar spēju diametra samazināšanos tievgali; šādus pāļus labāk nepieņemt un darbā nelietot.

Pāja diametra lielums atkarājās no slodzes lieluma, kas pālim jānes. Inženierbūvēs pāja diametrs parasti svārstās ap 30 cm, bet nekādā ziņā nav ieteicams ņemt lielāku par 45 cm, jo tādi bieži izrādās par nesaimnieciskiem.



Parasti pāja diametru ņem atkarībā no pāja gaļuma; tā, piemēram, 4,0 m gaļam pālim ņem 25 cm lielu diametru, bet pieaugot pāja gaļumam par 1 m, diametram jāpalielinās par 1,5 cm. Bez šī tīri praktiskā paņēmiena pāja diametra noteikšanai atkarībā no tā gaļuma, ir vairākas empiriskas formulas, kuļas sastādītas vadoties no piedzīvojumiem praksē. Piemēram

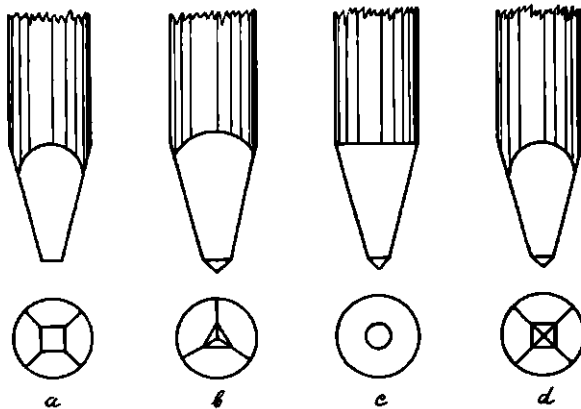
$$d = [25 + (l - 3)],$$

vai Perronet formula

$$d = (12 + 3l)$$

Abās formulās  $d$  — pāja diametrs cm un  $l$  — pāja gaļums grūnti metros.

**Pāju smailmāšana.** Parasti koka pāļus iedzen grūnti ar tievgali pa priekšu, caur ko pāja nestspēja lielāka, nekā gadījumā, ja to pašu pāli iedzitu ar rezgali papriekšu. Neskatoties uz to, tomēr pāļus, kas padoti stiepes spēkiem, līdz šim vēl mēdz iedzīt ar rezgali papriekšu. Tā kā šādos gadījumos bieži zveltis bojā pāja galvu — tievgali, tad ieteicams labāk lietot ieskaļošanu. Udeļainās māla grūntis, lai aizkavētu iedzīto pāju izcelšanu, zināmos gadījumos var pielaißt pāju iedzīšanu ar rezgali papriekšu arī tanis gadījumos, kad tie padoti vienigi spiedes spēkiem.



1. zīm.

Lai pāli varētu vieglāk iedzīt grūnti, parasti smailina tā lejas galu — pēdu.

Smalles var būt izveidotas kā trijstūŗa piramida, četrstūŗa piramida un kā kons. Visos gadījumos smalles lejas galu, resp. piramidas virsotni, taisa strupāku, t. i. izveido visu smaili par nošķeltu

piramidu (1. zīm.- a), resp. nošķeltu konu, kuŗa mazā laukuma mala, resp. diametrs, ir  $3\div 4$  cm, bet var arī smailes virsotnē veidot otru piramidu, resp. konu ar ļoti mazu augstumu (1. zīm.- b, c, d). Pretējā gadījumā smailes asā virsotne, sastopot zeme kādu cietāku šķērsli, var viegli nolūzt. Smailes augstumu ņem atkarībā no pāļa diametra  $d$  lieluma un tas parasti svārstās no  $1,5d\div 2d$  un no grunts graudiņu lieluma — jo grunts rupjāka, smailei vajaga būt strupākai.

Trijstūŗa piramidas (1. zīm.- b) smailes priekšrocība tā, ka aso stūŗu dēļ pālim pie iedzišanas gruntī nav iespējams griezties, bet asās šķautnes, turpretim, var viegli bojāties un rupjgraudainās vai blīvās grunts pat nolūzt.

Kona smailei (1. zīm.- c) šādi bojājumi un lūzumi nenāk priekšā, bet tā dod iespēju pālim pa iedzišanas laiku viegli griezties, kādēļ tādu praksē mazāk lieto.

Četrstūŗa piramidas (1. zīm.- d) smailei abu iepriekšējo smaļu trūkumu nav, kādēļ to būvniecībā visbiežāk lieto.

Pie visiem smailes veidiem stingri jāskatās, ka smailes virsotne atrastos uz pāļa garenass un smailes sānvirsa būtu pilnīgi simetriska: Pretējā gadījumā pāli grūti iedzīt noteiktā virzienā un tas arvienu tiekšies novirzīties uz sāniem.

Kad pālis jāiedzen blīvākās gruntīs, kas bagātas ar atsevišķiem akmeņiem, izplatīts, sevišķi senāk, paņēmiens pāļa smaili nostiprināt ar dzelzs uzgali (kurpi).

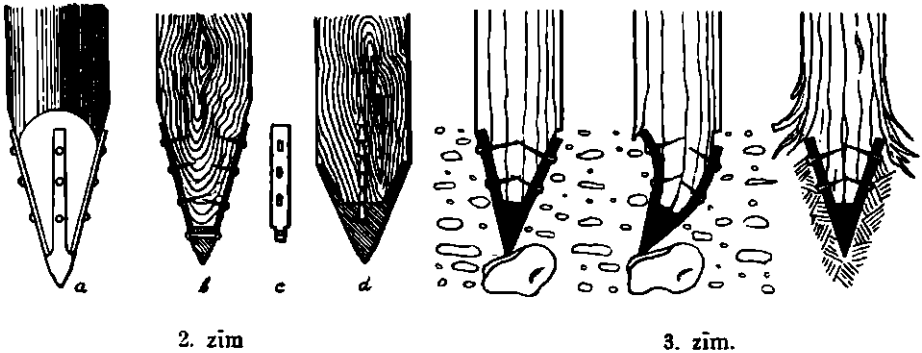
Dzelzs uzgals (2. zīm.) sastāv no nelielas masīvas dzelzs piramidas, kuŗai pielodē (a) vai piebultē (b) četrus zarus no sloksnes dzelzs, kuŗas biezumu ņem  $\frac{1}{20}$  no pāļa diametra, bet ne plānāku par 12 mm, ar  $2\div 3$  ovāliem caurumiem priekš naglām (c).

Dzelzs uzgala lietošana prasa rūpīgu darbu nevien koka pāļa smailes veidošanā, vai paša uzgala taisīšanā, bet arī uzgala piestiprināšanā. Ja darbs nebūs rūpīgs un precīzs, tad reti kad uzgals piepildīs uz viņa liktās cerības.

Koka pāļa smaili parasti veido kā četrstūŗa nošķeltu piramidu ar  $3\div 4$  cm lielu mazā laukuma sānmalu, lai pēc iespējas ar lielāku laukumu pālis balstītos uzgalī. Pašu uzgali piestiprinā pie koka pāļa ar platgalvainām kaltām naglām (2. zīm.- a, b), kuŗas iedzen ovālo caurumu augšgalā, citādi, koka masai saspiežoties, pāli iedzenot, uzgala sloksnes dzelzs varētu nocirpt naglu galvas. Ir mēģinājumi bijuši lietot čuguna uzgali dohta kona veidā, kuŗu pie pāļa piestip-

rīna ar čugunā ielietu dzelzs atskabarainu tapu (2. zīm.-d). Tā kā čuguna uzgals itnekādas priekšrocības neuzrāda, jo materiāls trausls un smags (8+24 kg), kādēļ arī dārgs, tad tagad lieto vienīgi dzelzs uzgalus.

Piedzīvojumi pāļu iedzišanas praksē liek apšaubīt dzelzs uzgala priekšrocību visos gadījumos, bet sevišķi, ja nav piedzīvojušu meistaru un strādnieku. Uzgals bieži pats var izrādīties par iemeslu pāja nepareizai iedziļināšanai, vai pat pāja bojāšanai (3. zīm.). Pat ja akmens neatrodas sāniski no uzgala, bet centriski, koka masa var tikt tāpat bojāta, kā kad uzgala nemaz nebūtu.



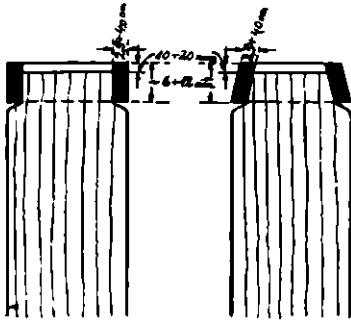
Ņemot vērā piedzīvojumus ar dzelzs uzgaliem, nav ieteicams tos lietot ļoti akmeņainās gruntīs un vienveidīgās gruntīs ar lielu pretestību, piem. blīvā malā un sīkā smiltī; novērojumi rāda, ka minētās gruntīs pāji ar uzgaliem neiedziļinājās ātrāki par pājiem bez uzgaliem. Un ja būtu arī neliels atvieglinājums pie iedziļināšanas, tad tomēr tas neatsver visus izdevumus, kādi ceļas ar uzgala lietošanu.

Zināmas priekšrocības dod dzelzs uzgals, iedzenot pāļus gruntīs, kuļas sastāv no asšķautņainiem grants un oļu graudiņiem. Šādās gruntīs vienkāršo koka pāja smaili ātri bojā asie grunts graudiņi un pat bieži koka masu pārvērš atsevišķu koka šķiedru saišķi. Tāpat dzelzs uzgali ieteicami lietot gadījumos, kad pālis jādzen gruntī cauri kādiem koka šķēršļiem, piem. veciem pājiem, celmiem, balķiem u. t. l., un pat plāniem (līdz 50 cm bieziem) mīkstas klints slāņiem, kas noguluši perpendikulāri pāja iedzišanas virzienam.

**Pāja galvas nostiprināšana.** Iedzenot pāli ar smaga zveltņa sitieniem, koka masa pāja augšgalā — galvā — var sākt skabargoties un, šķiedram atdaloties vienai no otras, pamazām rodas pāja galvā elastīgs koka šķiedru spilvens, kas lielā mērā mazina zveltņa

sitiena efektu. Lai novērstu šādu trūkumu, vajaga pāja galvu nostiprināt ar dzelzs loķi (4. zīm.).

Loķis ir salodēts ar pārlaidšuvu dzelzs gredzens, kuŗa virsa var būt cilindriska vai koniska ar slīpumu apm. 1 : 20; lielāku slīpumu nav ieteicams lietot, jo tad loķis var viegli nolekt no pāja galvas. Sloksnes dzelzi, no kuŗas izgatavo loķi, ņem 25÷40 mm biezu un 60÷120 mm platu. Attiecīgi apstrādājot pāja galvu, to sagatavo loķa



4. zīm.

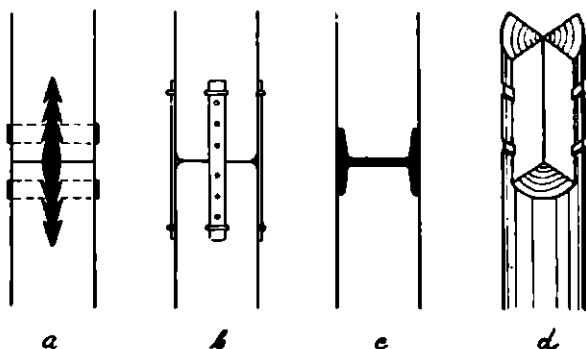
uzdzišanai; atkarībā no koka masas cietuma, loķa augšmalu atstāj 10÷20 mm augstāku par pāja galvu. Jau pirmie zveltņa sitienu uzdzen loķi tālāk, un tā augšmala nāk vienā līmenī ar pāja galvu, saspiežot tur koka šķiedras kopā.

Koka pāju diametri ir dažādi, kādēļ parasti pie katra pājdzīņa tura līdz 10 gabalu dažāda lieluma rezerves loķu, ņemot pie tam vērā, ka ar vienu loķi var apkalpot līdz 50 pāju.

**Pāju potēšana.** Ne arvienu iespējams pāju pamatu vajadzībām sagādāt attiecīga gaŗuma kokus; bieži tikai pāju iedzišanas laikā izrādas, ka sagatavotais materiāls par īsu. Tādos gadījumos var pāli pagarināt ar potēšanu. Pie tam gan arvienu jātura vērā, ka potēšanas vieta ir katra pāja vajākais punkts, kādēļ potēšanu vajaga pēc iespējas mazāk lietot un ņemt labāk gaŗākus pāļus, kaut arī tas maksātu dārgāki. Abiem potēšanai sagatavotiem kokiem nozāģē perpendikulāri asej potējamos galus, ieliek starpā dzelzs plāksnīti, lai šķiedras neiespiestos gareniski viena otrā, un no ārpuses sastiprina ar 4 uzliktņiem, katru 2 d ÷ 4 d gaŗumā (d — pāja diametrs), pie-naglojot tos pie koka (5. zīm. - b).

Potē arī ar atskabarainu dzelzs tapu 2 × 150 mm gaŗu, kuŗu iedzen koku centros, bet lai koki neplaisātu, iepriekš apliek ap to potējamiem galiem 2 dzelzs gredzenus 25÷30 mm platus un 120÷150 mm atstātumā no potējamās vietas (5. zīm. - a). Var potēt ar čuguna divpusīgi dobtu gredzenu, kuŗa dobumos ielaiž abu koku galus (5. zīm. - c). Franču inženiers Perronet (XVIII. g. s.) lietoja potējumu, kādu dabū, kad izkaļ koka masu pa 2 ceturtdaļām 3 d ÷ 4 d gaŗumā katra koka potējamā galā un ar vieglu zveltņa sitienu iedzen viena koka galu otrā, nostiprinot potēšanas vietu no ārpuses ar 2 dzelzs gredzeniem; 5. zīmējumā (d) parādīts pēc Perronet parauga apstrādātais viena koka potējamais gals.

Šosejas tilta pār Gauju pie Siguldas balstu pamatos lietoti potēti pāļi: apakšējais pāļa gabals parasti ap 13 m garš un augšējais — pēc vajadzības — ap 11 m, abi ar rezģajiem kopā, starp kuņiem dzelzs starplika; sānos 2 uzliktņi no 1,8÷2,4 m gaŗas [dzelzs № 24÷28, kas piestiprināti ar 8 bultām  $\varnothing$  32 mm (129. zīm.).



5. zīm.

**Pāļu aizsardzība no postītājiem jūras ūdeņos.** Parasti koka pālis zem ūdens nekad nebojājas — nepūst. Jūras ūdeņos nāk priekšā gadījumi, kad koka pāļus iznīcina dažādi postītāji, kuņi parasti dzīvo siltzemju jūrās, bet ar kuņiem atklūst arī Eiropā.

Visizplatītākais un vecākais postītājs ir pāļu tārps teredo navalis, kas ar saviem sikiem zobiem grauž koka masu šķiedru virzienā līdz zemākam ūdens līmenim; izgrausto kanālu diametrs 6÷14 mm, bet atkarībā no ūdens apstākļiem, piemēram tropos, sasniedz pat 50 mm. Eiropā pirmo reiz teredo navalis parādījās Amsterdamas ostā 1780. g. Tagad vēl sastopams Ziemeļu jūrā un Baltijas jūrā līdz linijai Kopenhagena-Varneminde. Nav sastopams jūrās, kuņu ūdenī sāls daudzums mazāks par 1%; tāpat reti sastopams netīros ūdeņos. Teredo navalis kāpuri klejo un ēd koka masu tikai laikā no jūnija līdz augustam.

Pēc teredo navalis izplatītākais postītājs ir limnoria lignorum, 3÷4 mm gaŗš tārpiņš, atgādina rīsa graudiņu. Eiropā pirmo reiz parādījās 1834. g. Anglijā Bell Rock bakas būves vietā; Baltijas jūrā nav novērots; vienādā mērā sastopams kā tīros, tā netīros ūdeņos, pat izurbjās cauri dūņām, lai tiktu klat kokam. Limnoria lignorum nepaliek visu savu mūžu vienā vietā, kā to dara teredo navalis bet pārvietojas lielos baros visos gada laikos un postīšanaš darbu sāk arvienu no koka ārējās virsas.

Chelura terebrans pieder pie vēžu sugas un pazistams kopš 1839. g.; visvairāk izplatīts Anglijas un Francijas piekrastēs. Dzīves veids un postījumi atgādina limnoria lignorum.

Līdz šim atrastas kādas 30 dažādas postītāju sugas. Visas viņas dzīvo vietās, kur jūras ūdens satur ne mazāk par 1% sāls. Baltijas jūrā ūdens satur max. 0,8% sāls, kādēļ pie mums tie nav sastopami. Novērojumi rāda, ka sāls un saldūdeņa maisījumā postītāji nobeidzas. Kā jau minēts, Eiropā visi pāļu postītāji sastopami jūrās, kas atrodas dienvidos no līnijas Kopenhagena-Varnemīnde.

Viens no vecākiem un vienkāršākiem aizsardzības līdzekļiem pret pāļu postītājiem ir pāja ārvirsas pārklāšana ar rūsas kārtu, ko viegli panāk, iedzenot pāli isas ar platām galvām dzelzs naglas, kuņas, ūdeni rūšot, pārklāj ar rūsas visu pāja virsu. Sākumā šo paņēmieni lietoja pie kuģu korpusa aizsargāšanas pret postītājiem, kur izrādījās par ļoti labu pretlīdzekli, bet pie pājiem ne arvienu dod cerētos panākumus, jo isās naglas pie pāļu iedzišanas gruntī no satricinājumiem bieži izkrit un rada ar rūsas nepārklātas vietas, kas pieejamas pāļu postītājiem. Šis paņemiens plaši izplatīts Holandē un Francijā. Lieto 40 mm garas naglas ar kvadrāta galvu 15×15 mm, vai ar apaļu galvu 30 mm diametrā; naglas jāiedzen tādos atstājumos viena no otras, lai starplaukumiņi būtu pilnīgi ar rūsas pārklāti, tas prasā apm. 4000 gab. naglas uz 1 m<sup>2</sup> pāja virsas laukuma.

Pēc otra paņēmiena koka pāja virsu pārklāj ar darvas kārtiņu, vai nosedz ar darvā mērcētu audeklu, vai apsit ar kapara, cinka vai dzelzs skārdu. Novērojumi rāda, ka neviens no minētiem materiāliem nedod vēlamos rezultātus, jo jūras ūdens tos viena-divos gados pilnīgi iznīcina.

Labākais paņemiens, ja pāli pārklāj ar dzelzbetona kārtiņu, resp. cauruli. Parasti to izdara uz krasta, nostādot pāli vertikāli, aptin to ar drāts spirāli vai tinumu, ievieto veidnī un aizblīvē vai aizlej ar betonu. Pēc betona sacietēšanās, kas ilgst apm. 3 nedēļas, pāli iedzen zemē ar zveltņa palīdzību; te bieži parādās šī paņēmiena trūkums — dzelzbetona segums no satricinājumiem bojājās. Tomēr, ievērojot zināmu rūpību un uzmanību darbā, var gūt labus panākumus; tā piemēram, Holandes Indijas Belavanas ostā 15÷18 m gaļi koka pāji, kas 9 m garumā segti ar 2÷3 cm biezu dzelzbetona kārtu, pilda savu uzdevumu apmierinoši jau apm. 30 gadus.

No jaunākiem paņēmieniem jāatzīst par vienu no labākiem — koka masas piesātināšana ar darvas eļļu. Ir bijuši mēģinājumi mērcēt pāli kreozotā, vai piesātināt ar kapara vitriolu, bet tie tagad atmesti,

jo labākus rezultātus dod tā saucamais Rūping'a paņēmiens. Pēc šī paņēmiena nomizotu koku visā gaļumā ievieto katlā, kurā ievada zem augsta spiediena saspiestu gaisu, pēc tam zem vēl lielāka spiediena iespiež katlā un līdz ar to arī koka masā darvas eļļu. Pēc tam, samazinot pamazām spiedienu līdz 0, izlaiž eļļu laukā, pie kam koka iekšienē palikušais saspiestais gaiss izspiež lielāko daļu eļļas arī no koka masas ārā, bet koku šūniņu sienās pāri palikušais darvas eļļas daudzums pietiek, lai koka masu uzskatītu par nodrošinātu nevien pret postītājiem, bet arī pret pušanu. Mitriem kokiem iepriekš eļļas iespiešanas jāizsūc no šūniņām koka sula. Rūping'a paņēmiens plaši izplatīts kā Eiropā, tā arī Z. Amerikā, kur tiek lietots jau kopš 1915. gada.

Beidzot, jāaizrāda vēl uz vienu aizsardzības līdzekli pret koka pāļu postītājiem, kuru var uzskatīt par visdrošāko, bet arī visdārgāko — tas ir dzelzsbetona rievsienu iedzišana koka pāļu konstrukcijas priekšpusē. Senāk mēdza iedzīt 2 paralēlas koka vai dzelzs rievsienu un spraugu starp tām aizpildīt ar betonu. Praksē izrādījies par labāku iedzīt dzelzsbetona rievsienu un visas koka konstrukcijas aiz tās apbērt ar smiltīm.

## IV. Metalla pāji.

Koka pāļu neizturība mainīgos gaisa un ūdens apstākļos, kā arī nedrošība pret dažādiem postītājiem jūras ūdeņos un nelielā pretestība ārējiem mehāniskiem iespaidiem, ir spiedusi inženierus meklēt citu materiālu pāļu pagatavošanai. Vispirms piegriezta vērbu čuguna un dzelzij, kā stiprākam un izturīgākam materiālam.

Sākumā lietoja čuguna pāļus, bet drīz izrādījās, ka šādu pāļu mūžs nav ilgs, jo čuguna struktūrā notiek pārmaiņas un bez tam čuguns pats par sevi ir trausls materiāls. Tādēļ tagad lieto reti, bet viņa vietu ieņem dzelzs pāji.

Dzelzs pāļus lieto divējādos veidos:

- 1) kā pāļus, kurus iedzen gruntī ar zveltņa palīdzību un
- 2) kā pāļus, kurus ieskrūvē gruntī, resp. skrūvpāļus.

Pirmā veida pāļus, kurus iedzen gruntī ar zveltņa palīdzību, taisa masīvus un dobtus.

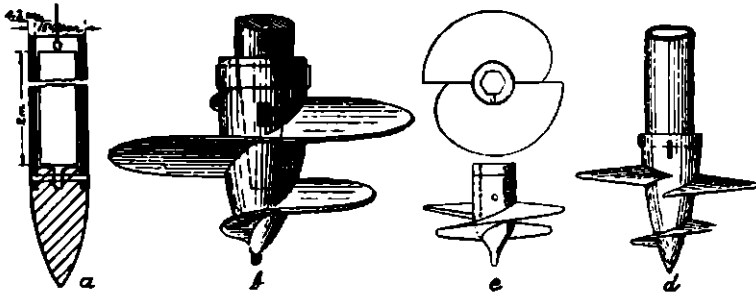
Masīvus dzelzs pāļus velmē no dzelzs kā cilindriskus vai prizmatiskus ķermeņus ar smaili lejas galā. Šķersgriezuma diametru, resp. kvadrāta malu, ņem 15÷20 cm lielu. Šādi pāji ļoti smagi, kādēļ iedzišanai vajadzīgi smagi zveltņi, kas apgrūtina to lietošanu.

Labāki ir dobtie cilindriskie dzelzs pāji, kuŗus iedzen gruntī ar zveltņa palīdzību. Pālis sastāv no attiecīga gaŗuma dzelzs caurules, kuŗas ārējais diametrs 15÷20 cm liels un sienīgas biezums 1÷2 cm, un kuŗas lejas galā iestiprināts ar vīti un ķīli dzelzs vai tērauda granātveidīgs (retāki konisks) uzgals (6. zīm.-a). Iedzen ar speciālu cilindrisku 2 m gaŗu zveltņi, kas sit tieši uz pāja uzgali caurules iekšpusē. Pēc iedzišanas cauruli aizpilda ar betonu, kas aizsargā no rūsešanas un palielina lodzes pretestību.

Lai gan šāda veida pāji ir vieglāki par masīviem, tomēr prakse nav atraduši plašu piekrišanu, kaut gan tērauda uzgals pāja lejas galā pārvar lielus šķēršļus gruntī.

Otra veida pāļus, resp. skrūvpāļus, kā jau nosaukums rāda, iedziļina gruntī ar skrūvēšanu. Šāda veida pāļus pirmo reizi lietoja inženiers Mitchell's 1834. gadā Anglijā jūras būvēs.

Skrūvpāju ķermenis var būt masīvs un dobtis, bet pāja uzgals arvienu veidots kā masīva skrūve, kuŗu piestiprina pie pāja ķermeņa ar vīti un ķīli, jo vīte vien ir nedroša un var, skrūvējot pāli gruntī, atgriezties vaļā. Uzgals — skrūve — parasti liets no tērauda, retāki no čuguna ar izdobtu augšgalu, kuŗā ievieto pāja ķermeņa lejas galu, kas masīviem pāļiem apstrādāts kā 4-stūŗa vai 6-stūŗa nošķelta piramīda; pāli un uzgali sastiprina ar vienu, bet labāki ar diviem krustniskiem ķīļiem (6. zīm.-b).



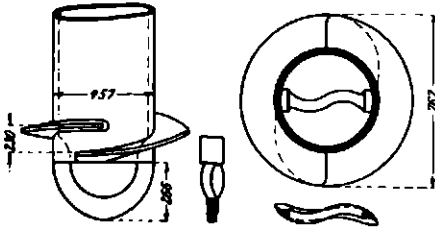
6. zīm.

Skrūves veids atkarīgs no grunts sugas: jo cietāka grunts, jo mazākam jābūt skrūves caurmēram, lielākam skrūves vītes kāpienam un pašai vītei — stāvākai (mīkstās gruntīs vītes kāpes leņķis 20°÷30°, bet cietās 30°÷35°). Bieži pilnas vītes plaksnis vietā lieto tikai daļu, tā saucamo skrūves spārnu (6. zīm.-c).

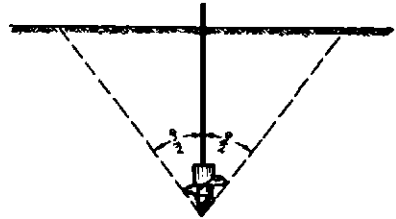
6. zīmējums (d) rāda Bolken'a uzgali, piestiprinātu ar ķīli pie dobtā dzelzs pāja ķermeņa.



Bez apskatītiem skrūvpāļu veidiem ir vēl daudz citi, no kuriem viens, kas sevišķi piemērots cietām gruntīm, parādīts 7. zīmējumā. Pāļa ķermenis ir caurule, kuņas lejas galā piestiprināta dobtā skrūve, kas sastāv no divām pusvītēm, kuņu biezums pie pāļa ķermeņa lielāks nekā ārmaļā; lai grunti irdinātu un aizkavētu tai iespieties caurulē, skrūves lejas galā iestiprināts pusriņķa s-veidīgs irdinātājs.



7. zīm.



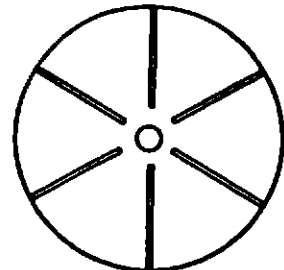
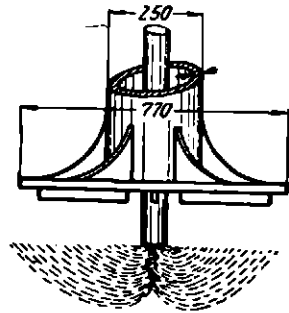
8. zīm.

Brennecke's pētījumi rāda, ka skrūvpāļa pretestība izraušanai līdzinās nošķelta zemes kona svaram; nošķeltā kona mazais laukums ir skrūves vītes laukums un tā virsotnes leņķis ir vienāds ar attiecīgās grunts sugas dabīgas nogāzes leņķi  $\rho$  (8. zīm.). Drošības labā Brennecke ieteic no minētās pretestības ņemt tikai 75%.

Skrūvpāļi sākumā taisīti kā kombinēti pāļi: koka pāļa ķermenis ar čuguna uzgali, kuņam ārpusē izlietas vītes (tādus vispirms lietoja inž. Mitchell's).

Skrūvpāļu lietošana vājās gruntīs dod labus rezultātus, turpretim cietās — pretestība ieskrūvēšanai bieži tik liela, ka sastiprinājums starp skrūvi un pāli ir par vāju un tas salūst.

Ja grunts apstākļi tādi, ka pāļus var ieskalot, tad skrūvpāļu vietā ieteicams lietot dzelzs ripas pāļus. Šāds pālis sastāv no dzelzs caurules (9. zīm.), kuņas lejas galā piestiprināta čuguna ripa ar 6 radiālām ribām tās lejas pusē un nelielu caurumu centrā, caur kuņu izvelk tievu caurulīti ar 50 mm lielu diametru ūdens pavadīšanai; ripa, kuņas diametrs bieži ļoti liels, palielina pāļa nestspēju. Ripas pāli, kā jau minēts, iedzīļina ar ieskalošanu: no tievās



9. zīm.

caurulītes, kuŗas lejas gals apm. 20 cm zemāks par ripu, izplūst ūdens zem spiediena un skalo apkārtējo grunti, pie kam radiālas ribas apakšmalā palīdz zemi irdināt. Pirmo reizi ripas pāļus lietojis angļu inž. Brunlee's 1853. g. Anglijā pie Ulverston-Lancastera dzelzceļa tilta balstu pamatu likšanas.

Bez minētām vecākām dzelzs pāļu konstrukcijām pēdējos gados izdarīti mēģinājumi ar jauna veida metalla pāļiem no tērauda **I**-sijām, cauruļveidīgiem un kastesveidīgiem profiliem, bez smailes, dobiem, ar betona pildījumu un bez tā.

## V. Betona un dzelzbetona pāļi.

Koka pāļu trūkumi zināmi; arī dzelzs pāļiem ir trūkumi, no kuriem pirmā vietā jāatzīmē rūšēšana, ja tie nav no nerūsoša materiāla vai nav aizsargāti ar kādu nebūt nasegumu, bez tam arī dzelzs pāļu galvu nostiprinājums rada dažas konstruktīvas grūtības. Tas viss vedināja uz domām meklēt citu — labāku — materiālu pāļu pagatavošanai.

Pagājušā gadsimta deviņdesmitajos gados radās jauni pāļu veidi: betona un dzelzbetona pāļi.

Izšķir divus betona un dzelzbetona pāļu veidus:

1. gatavpāļus — kuŗus izgatavo veidņos ar stiegrojumu, tā tad būvniecībā nāk priekšā tikai kā dzelzbetona pāļi, kas iedzījinami grunti tāpat kā koka pāļi;

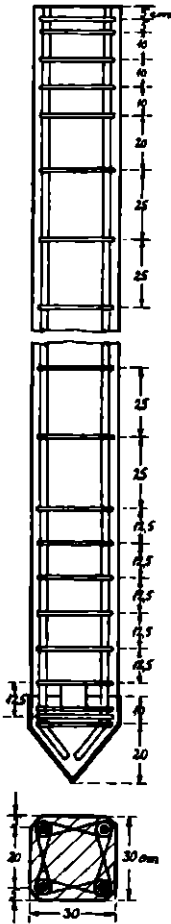
2. vietas pāļus — kuŗus izgatavo tieši grunti tai vietā, kur tiem jāatrodas nākošās būves pamatos; tie var būt gan betona, gan dzelzbetona pāļi.

**Gatavpāļi.** Pirmo dzelzbetona pāli konstrēja franču inženiers Hennebique's 1894. gadā Parīzē.

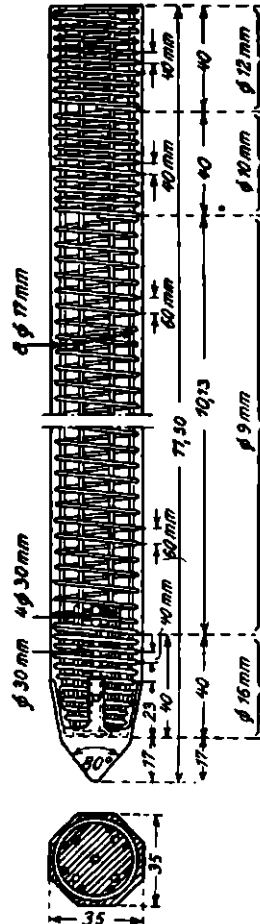
Savu pirmo dzelzbetona pāli Hennebique's veidoja pēc koka pāļa parauga, t. i. šķērsgriezumā apaļu ar cilindrisku virsu; stiegrojums novietots tuvu pie centra un sastāv no apaļdzelzs 4 garenstiegrām un diezgan tālu vienu no otras novietotām šķērsstiegrām apaļdzelzs aptveŗu veidā. Lejas gals pālim smailināts un nostiprināts ar dzelzs skārda uzgali, kuŗā ieliet pāļa stiegrojums. Pāļa galvas galā stiegrojums tāds pats kā pārējā pāļa daļā.

Iedzenot grunti ar zveltni, šāds pālis stipri bojājās: betons atlēca nost nevien pāļa galvas galā, bet arī vidū, jo pārāk liela nestiegrota betona masa bija koncentrēta pāļa ārmaļā.

Pēc šādiem piedzivojumiem Hennebique's savus nākošos pāļus taisa ar kvadrātu šķērsgriezumā un mazliet nošķeltām šķautnēm, garstiegras novieto stūros un šķērsstiegrojumu atstātumus galvas galā, kā arī lejas galā taisa mazākus nekā pārejā pāļa daļā. (10. zīm.). Rezultāti pēc šādiem pārļabojumiem pārsniedza visu gaidīto.



10. zīm.



12. zīm.

Tagad vairs netaisa apaļus dzelzbetona gatavpāļus, bet visbiežāki nāk priekšā gatavpāļi ar kvadrātu vai 6-stūri, vai 8-stūri šķērsgriezumā.

Parastais gatavpāju gažums nepārsniedz 20 m, jo gažāki ir smagi, nav transportābili un grūti iedzenāmi gruntī. Praksē izņēmuma gadījumos lietoti gažāki pāļi: piemēram, 1913. g. S.-Francisko ostā lietoti

27,75 m garī pāļi ar šķērsriezumu  $41 \times 51$  cm; nesen atpakaļ Manilas ostā laisti darbā 34 m garī pāļi ar šķērsriezumu  $61 \times 61$  cm, kuŗu svars sniedzas līdz 32 t.

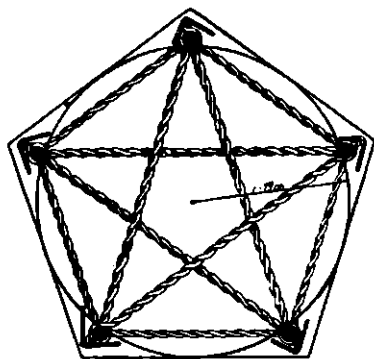
Praksē sastopamas dažādas dzelzbetona gatavpāju sistēmas, kuŗas atšķiŗas viena no otras ar šķērsriezuma veidu, stiegrojumu un uzgala veidojumu.

Kā jau minēts, parastais gatavpāju šķērsriezums ir kvadrats, 6-stūris, 8-stūris, retāki 5- un 3-stūris; pēdējam veidam arvienu nošķel stūŗu šķautnes, lai būtu vieglāki lietojams.

Gatavpāju stiegrojumam tagad gandrīz vienīgi lieto dažādu dimenziju apaļdzelzis, un reti nāk priekšā profildzelzis vai slokšņudzzelzis. Stiegrojums sastāda  $1 \div 2,5\%$  no betona tilpuma.

Garenstiegras parasti liek tik daudz, cik stūŗu vai 2 reiz vairāk, un novieto stūŗos vai stūŗos un sānmalu vidū vismaz 2 cm atstātumā no pāja sānvirsas. Garenstiegru diametrs svārstās starp 15 un 35 mm, atkarībā no pāja izmēriem. Pāja galvas galā garenstiegras var nogriezt perpendikulāri stiegras virzienam, vai saliekt par  $90^\circ$  uz pāja iekšpusi; kā vienā, tā otrā gadījumā visu stiegru galiem jāatrodas vienā līment, lai zveltņa sitienus vienmēriģi pārnestu uz stiegrojumu. Pāja galvas virsmalai aiz šiem pašiem iemesliem jābūt perpendikulārai pāja garenaseģ un vismaz 5 cm virs garenstiegru galiem.

Šķērsstiegrojumam vajaga darboties pret garenstiegru izliekšanos, resp. ļodzi. Veido viņu visbiežāk, kā aptveres no apaļdzelzs ar diametru  $3 \div 6$  mm. Stīpu dzelzi, kuŗu agrāk lika ap garenstiegrām, tagad vairs nelieto. Aptveres var likt garenstiegrām no ārpuses (10. zīm.), vai aptvert divas pa diagonali pretimstāvošas garenstiegras no iekšpuses kā diagonalaptveres (11. zīm.).



11. zīm.

Var apaļdzelzs vietā lietot drāti ar diametru  $2 \div 3$  mm, kuŗu vairākkārt aptin ap garenstiegrām. Lieto arī vītu drāti, kuŗai, vijumus nedaudz atvijot, izspiež cauri garenstiegras, piem. „E d. Z ū b l i n

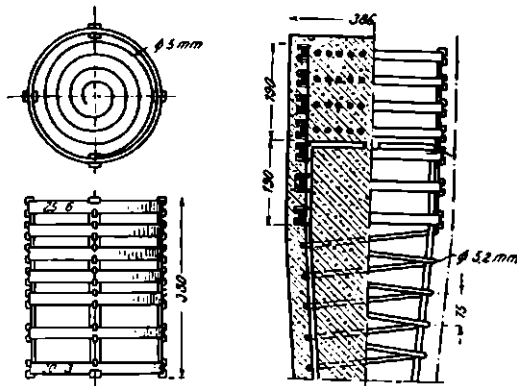
u. Co“ firmas pāļis (11. zīm.). Atstātumi starp aptverēm vertikālā virzienā svārstās no  $8 \div 30$  cm, skatoties kādu pretestību grib pāļim piedot, pie kam, atkarībā no zveltņa svāra un kritiena augstuma, pāja

galvas galā un lejas galā atstātumus ņem mazākus nekā pāja vidus daļā.

Aptveŗu vietā var lietot spirālveidīgi tītu apaļdzelzi, piemēram „*Considère*“ sistēmas pālis (12. zīm.).

Šādu šķērssstiegrojumu pirmo reizi lietoja 1906. g. Parizē Noisiel fabrikas ēkas pāju pamatos. Spirāles atstātumi pāja galvas un lejas galos mazāki — 40 mm, vidējā daļā — 60 mm; spirāles apaļdzelzs diametri svārstās no 9÷16 mm, pie kam spirāles ar lielāku apaļdzelzs diametru novietotas pāja galvas un lejas galos.

Spirālveidīgais šķērssstiegrojums pats par sevi jau izrāda lielu pretestību satricinājumiem, kādi rodas zveļtnim krītot, bet lai šo pretestību palielinātu, tad ieteicams pāja galvas galā ielikt vienu vai vairākas atsevišķas spirāles. Pēdējais veidojums atļauj iedzīt pāļus mazāk blīvās gruntīs bez speciālas pāju aizsargkapes, ar ko sītiena efekts ir pilnīgs un tādā kārtā atlīdzina izdevumus, kādi ceļas šķērssstiegrojumu pastiprinot. Piemēram, šāds pastiprinājums lietots pie amerikāņu „*Cummings*“ sistēmas pāja (13. zīm.), kuŗa galvas galā

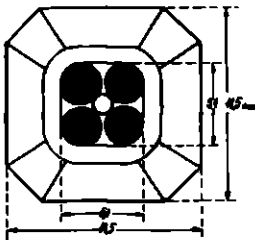
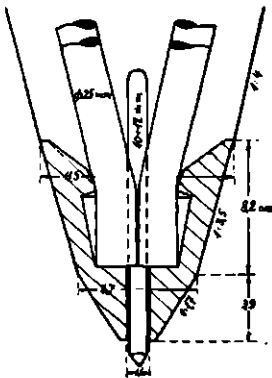


13. zīm.

ieliktas 4 viena virs otras guļoņas spirāles no apaļdzelzs ar diametru 5 mm un septiņi no stipu dzelzs taisīti gredzeni, no kuŗiem 4 virsējie ietveŗ sevī minētās 4 spirāles, bet 3 apakšējie — garenstiegrojuma augšgalu, pie kam atstātumi starp virsējiem gredzeniem mazāki, nekā starp trim apakšējiem. Neskatoties uz šādu dārgu pāja galvas nostiprinājumu, Cummings sistēmas pāļi izrādījušies pietiekoši saimnieciski.

Dzelzbetona gatavpāja lejas galu arvienu smailina, nostiprinot visu smaili vai tās lejas daļu ar dzelzs konstrukciju. Smailes gaŗumu

atkarībā no grunts sastāva ņem  $1 d \div 1,5 d$ , kur  $d$  — pāļa šķersgriezuma vai viņā ierakstītā riņķa diametrs, pie kam blīvākās gruntis smaili arvienu taisa īsāku. Tā piem. Hennebique'a sistēmas pāļim visa smaile segta ar dzelzs skārda uzgali, kuŗš vecākos veidos saistīts ar stiegrojumu, bet jaunākos nav saistīts (10. zīm.). Considère sistēmas pāļim smailes lejas galā piestiprināts ar 5 vertikālām apaldzelīm masīvs tērauda uzgalis astoņstūra piramīdas veidā ar  $80^\circ$  lielu virsotnes leņķi un 4 atzarojumiem, kuŗi pieslienās smailes sānvirsai; stiegrojums turpinās smaile līdz pašam uzgalim, saspiežot garenstiegras smaile kopā (12. zīm.). Zūblin'a sistēmas pāļim smailes lejas galā masīvs tērauda uzgals (14. zīm.), kuŗa iedobumā ielaisti garenstiegru lejas gali, kas ar centrā fedzītas tērauda tapas palīdzību piespiesti pie uzgala iedobuma sienām cieši klāt. Lai aizkavētu stiegru izraušanu, iedobumu aizlej ar ātri cietējošu masu (balto metālu), kas pēc sacietēšanas kopā ar stiegrām darbojās kā aķis.



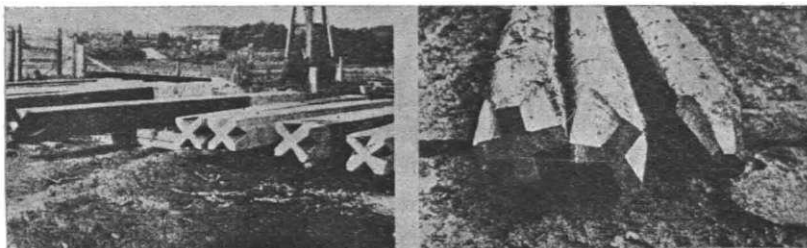
14. zīm.

1934. gadā patentēts jauns pāļa lejas gala veidojums (15. zīm.); kuŗu var lietot nevien dzelzbetona gatavpāļiem (15. zīm. — pa kreisi), bet arī koka pāļiem (15. zīm. — pa labi). Jaunās sistēmas pāļus sauc par s t r u p ā ļ i e m. Pāļa lejas gals veido šķersgriezumā krustu, kas lielā mērā palielina pāļa pretestību iegrimēi. 16. zīmējumā parādīts koka struppālis, kāds lietots Salacas tilta būvē uz Rīgas-Rūjienas dzelzceļa. Pēc oficiālā pārbaudē atrastiem datiem struppāļu iegrimē apm. 4 reizes mazāka par smailo

pāļu iegrimē pie tās pašas slodzes un citādi vienādiem apstākļiem.

Gatavpāļu betonēšanai lieto treknu plastisku vai lietu betonu, kam liela pretestība un ciešums; tomēr jāskatās, lai betons nebūtu pārāk trekns, jo tad viegli rodas plaisiņas, pa kuŗām var ar laiku ūdens pietikt klāt dzelzs stiegrojumam, kas sāk rūstēt un bojāties. Lietojot parasto cementu, gatavpāļi var laist darbā, t. i. iedzīt zemē, pēc 4 nedēļām, bet labāk pēc 6 nedēļām. Tagad arvienu biežāki sāk lietot augstvērtīgu cementu, ar ko panāk lielu ekonomiju laika ziņā; sevišķi tas ieteicams pāļiem, kuŗi nāks jūras ūdenī vai gruntsūdenī ar be-

tonkaitīgu vielu saturu. Tā piem., 1928. g. nobeigtā dzelzbetona tilta būvei pie Smirnas, Turcijā, gatavpāļus 7 m garumā un  $25 \times 25$  cm šķērsgrīzumā iedzina ceturrtā dienā, jo tos pagatavoja no ātri saistoša cementa, kas iegūst pilnu pretestību 1÷3 dienu laikā, ņemot 400 kg cementa uz 1 m<sup>3</sup> betona.



15. zīm.

Betona pārsegumam pāļa galvas galā jābūt vismaz 5 cm biežam, t. i. virs stiegrojuma, bet pārējā daļā betona kārtas biezums starp stiegrojuma dzelzi un pāļa sānvirsu nedrīkst būt mazāks par 2 cm. Ja paredzams, ka pāļi būs padoti mehāniskai nolietošānai,

resp. bojājumiem (ledus iešana, straume, kuģi u. t. l.), tad pārsegumam jābūt biežākam. Tāpat pāļiem, kuģi atrodas jūras ūdenī vai gruntsūdenī ar betonkaitīgām vielām, betona pārsegumam jābūt vismaz 5 cm biežam.

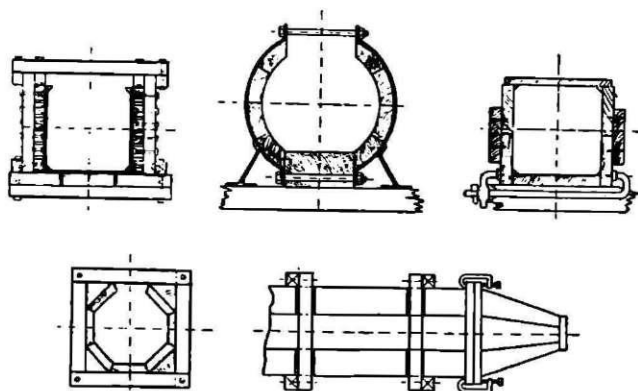


16. zīm.

Gatavpāļus betonē veidņos, kuģus var nostādīt stāvus un guļus. Senāk uzskatīja gatavpāļu betonēšanu stāvos veidņos par labāku, jo betona kārtas tiekot blīvētas perpendikulāri spiedes spēka virzienam pāļi. Tomēr vēlākie pieredzējumi rāda pretējo un tagad priekšroku dod pāļiem, kuģi betonēti veidņos, kas nostādīti guļus.

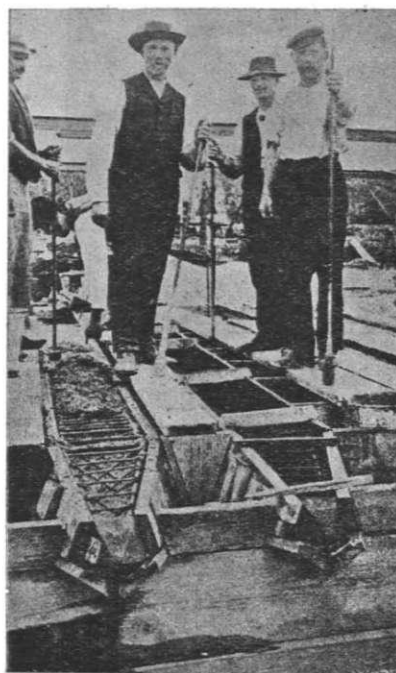
Ja salīdzina darbu abos veidņu stāvokļos, tad redzams, ka stāvos veidņos 1) grūti uzraudzīt darba labumu, 2) ir vietas, kur grūti pietikt klāt, 3) lietojot plastisku vai lietu betonu, ir nedrošība, ka pateicoties šaurai telpai veidnī, var zem šķērsstiegrojuma palīkt tukšas

vietas, 4) blietējot gaļiem pājiem augšgalu, var traucēt sacietēšanas procesu lejas galā, 5) grūti uzturēt pa sacietēšanas laiku vienmērīgu



17. zīm.

mitrumu. Turpretim, lietojot guļus veidņus, betonēšana, vispirms, vieglāka, parocīgāka un iespējams lietot plastisku betonu, otrkārt, darbs daudz lētāks, nekā pie stāviem veidņiem, un vispār atkrīt visi trūkumi, kuņi augstāk minēti lietojot stāvus veidņus.



18. zīm.

Tagad, kā jau minēts, visur dzelzbetona gatavpāļus betonē guļus veidņos (17. un 18. zīm.). Veidņus parasti pagatavo no koka un sieniņu sastiprināšanai lieto koka ķīļus vai dzelzs skrūves un bultas. Veidņus novieto uz horizontāla, pietiekoši cieta laukuma, lai tos vienu pret otru varētu nospraišļot; vispār jāizlieto visi līdzekļi, lai pālis sacietēšanas laikā nevarētu kustēties.

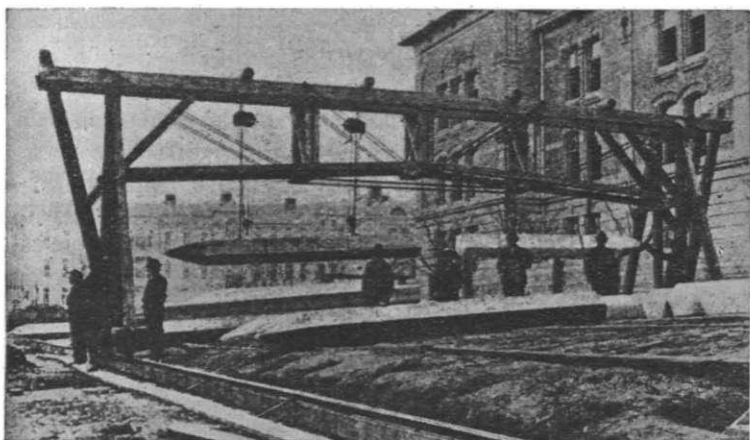
Lai aiztaupītu laukumu, var pāļus betonēt vairākās horizontālās rindās vienu virs otras, saņemams, ievērojot pāļu sacietēšanas laiku apakšējās rindās.



Kad apakšējās rindas pāji pilnīgi sacietējuši, var augšējās rindas pājus betonēt tieši viņiem virsū, ieliekot starpā tikai papīru.

Pie gaļu un smagu pāju betonēšanas ieteicams iebetonēt vairākās vietās, atkarībā no gaļuma, stiprus un labi saistītus ar stiegrojumu āķus vai osas, aiz kuļiem pāji paceļ un transportē (19. zīm.). Āķiem, resp. osām, jāatrodas iedobumos, lai netraucētu vēlāk pāja iedzišanu gruntī.

Atkarībā no grunts apstākļiem dzelzbetona pājus var dažādi iedziļināt tanī, kas savukārt prasa dažus grozījumus stiegrojumā vai pāja ārējā izskatā. Kad dzelzbetona gatavpājus domā iedziļināt gruntī ar skalošanu, tad parasti to garenass virzienā iebetonē dzelzs cauruli,

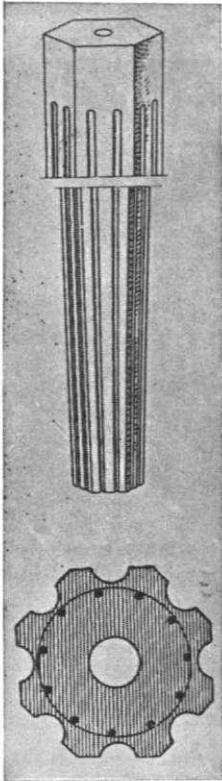


19. zīm.

kuņas lejas gals iznāk pāja smailes centrā ārā. Lietojot pie ieskaļojamiem pājiem 14. zīmējumā rādīto Zūblin'a uzgali, tērauda tapas vietā iedzen cauruli, kuņu iebetonē pāja ķermenī. Pa cauruli iespiež ūdeni, kuņš, izplūzdams smailes virsotnē ārā, skalo grunti ap to un pēc tāni paceļas gar pāja ārējo virsu uz augšu. Lai atvieglotu ūdenim ceļu uz augšu, ierīko, piemēram Gilbreth sistēmas gatavpājiem (20. zīm), ārsienās rievās visā pāja gaļumā. Mōbus'a sistēmas gatavpājos iebetonētas vairākas dzelzs caurules, pie kam pa ārējām spiež ūdeni iekšā un pa vidējo tas nāk ārā kopā ar izskaloto smilti.

Kad dzelzbetona gatavpājus domāts iedziļināt gruntī ar iedzišanu, tad to galvas galā attiecīgi iekārto vai pastiprina šķērsstieģrojumū, lai zveltņis varētu tieši sist pa pāja galvu. Pie vājāka stieģ-

rojuma pāja galva jāaizsargā no tiešiem zveltņa sitieniem, lietojot ta saucamo aizsargkapi. To var dažādi veidot, bet arvienu tai vajag saturēt vienu vai vairāk kārtas mīksta, labāk irdena materiāla, kas lai mīkstinātu aso zveltņa sitienu, nepārnēsot uz pāli triecienus un citus satricinājumus. Par izolējošu materiālu noder zāģu skaidas, sausa sīka smiltis, koks, svins u. t. l.



20. zīm.

Aizsargkapes sistēmas viena no otras atšķiras ar pašu izolējošo materiālu un ar ierīci, kas to novieto uz pāja galvu un satura kopā.

Visvienkāršākā ir Hennebique'a sistēmas aizsargkape (21. zīm.), kuŗa sastāv no dzelzs gredzena, kas piestiprināts pie pāja galvas ar bultām un dzelzs dobtā ķermeņa, kuŗu uzmauc uz pāja galvas virs gredzena un sastiprina abus ar bultām, ieliekot ādas starplikū. Spraugu starp ķermeni un pāja galvu aizpilda ar sausu smilti, bet telpu virs tās ar sausām zāģu skaidām un virsū uzliek cieta ozola koka kluci, kuŗu piestiprina pie dzelzs dobtā ķermeņa ar bultām. Zveltņis sit tieši pa ozola kluci, kādēļ tas augš- un apakšmalā jānostiprina ar dzelzs stipām.

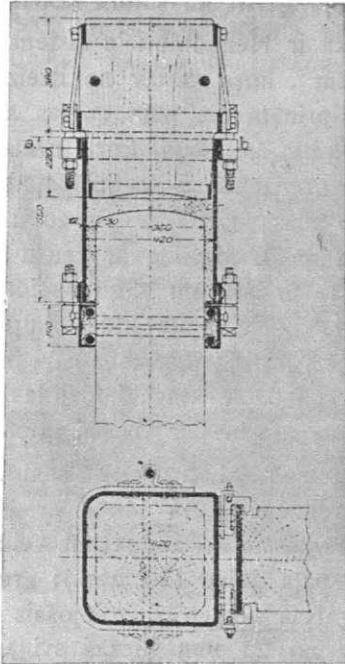
Möbus'a sistēmas aizsargkape sastāv no dzelzs skārda gredzena, kuŗš sānos ar bultām sastiprināts un kopā ar koka speciāli veidotiem ieliktņiem ietveŗ pāja galvu (22. zīm.); gredzenā tieši virs pāja galvas novietots izolējošais materiāls, kas sastāv no 25 mm biezas svina platnes (d), 50 mm biezas vidējās koka platnes ar šķiedrām vertikālā virzienā (c), kuŗai katrā pusē pa vienai 10 mm biežai dzelzs platnītei (b, b) un, beidzot, no virsējā 70 mm bieža cieta koka

kluča (a), pa kuŗu tieši sit zveltņis; pāja galva pilnīgi aizsargāta no asiem sitieniem un satricinājumiem.

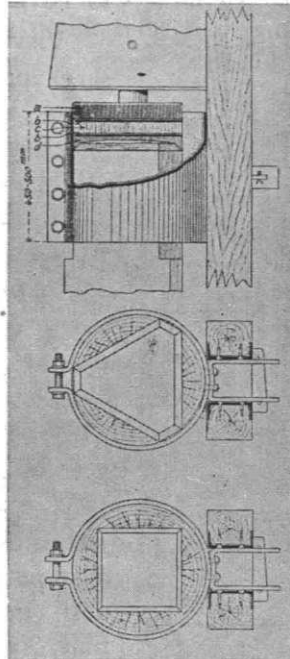
**Vieta pāji.** Kā jau agrāk minēts, par vietas pājiem sauc tādus betona un dzelzbetona pājus, kuŗus izgatavo gruntī tieši tai vietā, kur viņiem jāatrodas nākošās būves pamatos.

Par vietas pāju pirmsākumu var uzskatīt pēc Dula c'a metodes veidotos *compressol*'a pājus, kuŗus izgatavo tieši gruntī bez palīgcauruļu vai veidņu palīdzības. Lai dabūtu gruntī vajadzīgo do-

bumu, lieto speciālu konisku 200 cm garu, 70÷85 cm diametrā un 1000÷2200 kg smagu čuguna zveltni ar tērauda virsotni (23 zīm.- M). Parasti no 6÷12 m augstuma ļauj zveltnim krist, no kā grūti rodas vertikāls cilindrisks dobums, kuŗa dziļums atkarībā no grūti īpašībām var sniegties līdz 15 m. Zveltni (M) pēc tā nokrišanas iz dobuma izceļ uzķērājs (B); kad pēdējais nonāk līdz nekustīgi pieķārtam pie pārdziņa gredzenam (A), uzķērāja sviras atveŗas un zveltnis (M) krit pāŗ jaunu uz leju.



21. zīm.



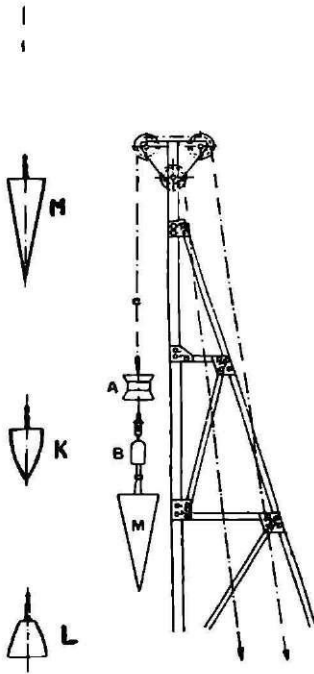
22. zīm.

Betonēšanu izdara, iebēŗot dobumā betonu 50 cm biezā kārtā, kuŗu noblīvē ar cita veida zveltniem — granātveidīgu (K) un nošķelta kona veidīgu (L), kuŗu diametrs 60÷80 cm un svars 1000÷÷2000 kg. Blietēŗot betons iespieŗas apkāŗtējā grūti, kuŗa noblīvējas horizontālā virzienā uz lielu atstātumu. Materiāls ieiet apm. 5 reizes vairāk par iepriekš grūti dabūta dobuma tilpumu. Ja nāk priekšā grūtsūdens, tad, lai dabūtu noturīgu dobuma sienīņu, ieblietē ar zveltni (M) mālus, kuŗi, iespieŗoties grūti, rada ūdensnesošā slānī ap dobumu it kā cauruļveidīgu māla sienīņu un aiztur grūtsūdens ieplūšanu dobumā.

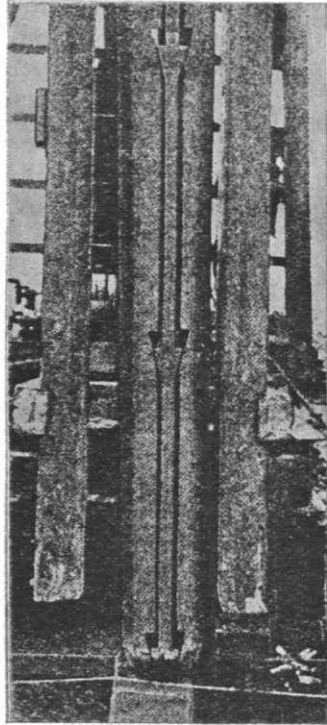
Pirmo reizi Dulac'a metode lietota 1900. g. Parizes pasaules izstādes pārvaldes ēkas pamatu likšanai.

Visus pārējos vietas pāļus veido ar gruntī iedziļinātas caurules, resp. čaulas, palīdzību. Caurules iedziļina gruntī, iedzenot tās ar zveltņa palīdzību vai ieurbjot, izceļot grunti ārā, vai ieskalojot.

Skatoties, vai iedziļinātā caurule, resp. čaula, paliek gruntī, vai to, betonējot pāli, izvelk ārā, vietas pāļus sadala 2 grupās.



23. zīm.



24. zīm.

Pie 1. grupas pāļiem pieskaitāmi tie, kuņiem caurule, resp. čaula, paliek gruntī. Pašu čaulu tādā gadījumā taisa no plāna dzelzs skārda un iedziļina gruntī ar zveltņa palīdzību, kuņš nesīt vis tieši pa čaulas sienīņu, bet pa palīga pāli, kas ievietots čaulā. Palīga pālis, iedziļinoties gruntī, velk čaulu līdzī. Kad sasniegts vajadzīgais dziļums, palīga pāli izceļ ārā un gruntī palikušo čaulu aizpilda ar betonu.

Pie 2. grupas pāļiem pieder tie, kuņiem caurule nepaliek gruntī, bet to, betonējot pāli, pakāpeniski un lēnām izvelk ārā. Cauruli iedziļina ar zveltņa palīdzību, ieurbj vai ieskalo gruntī. Caurules sie-

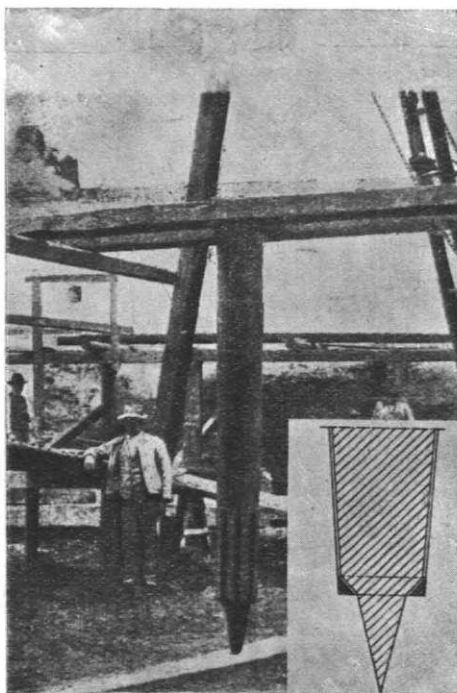
niņa ir daudz biezāka (līdz 20 mm) nekā pirmās grupas pāļiem. Izvilktu cauruli var lietot vairākkārt citu pāju izgatavošanai.

Pirmās grupas pāļi, atkarībā no čaulas ārējā veida un palīga pāja veidojuma, sadalās vairākās sistēmās. Tomēr visām tām ir zināmas kopības pazīmes: a) pie čaulas iedziļināšanas noblīvējas apkārtējā ap pāli grunts, b) pāja ārējā virsa gluda, c) izgatavošana iespējama visādās gruntīs, d) aizsargā svaigo betonu no tekoša gruntsūdens, kā arī no betonkaitīgiem ķīmiskiem iespaidiem.

Raymond'a sistēmas vietas pāļi ir viena no vecākām 1. grupas vietas pāju sistēmām. Pirmie pāļi izgatavoti 1901. gadā ar cilindrisku virsu un puslodes veidīgu smaili lejas galā. Čaulu izgatavo no 0,6÷1,0 mm bieza dzelzs skārda ar slēgtu lejas galu, uz kuŗu spiež dobts metalla palīga pālis, sastāvošs no 2 puscilindriskām nekustīgām malējām daļām un kustīgas vidējās daļas. Malējām daļām šķeluma sienīnā ierīkoti trijstūra iedobumi nelielos atstātos viens no otra, bet vidējās daļas abos sānos ierīkoti tādos pat atstātos trijstūra — ķīlveidīgi — izcilumi (24. zīm.). Pārbīdot vidējo daļu uz augšu vai leju, var abas malējās daļas saspīest vairāk kopā vai atspīest tālāk vienu no otras, t. i. samazināt palīga pāja šķersgriezumu (pie to izvilķšanas iz čaulas) vai palielināt šķersgriezumu pie čaulas iedziļināšanas grunti. Zveltnis sit tieši pa palīga pāja galvu, kuŗa stāv virspus čaulas augšmalas.

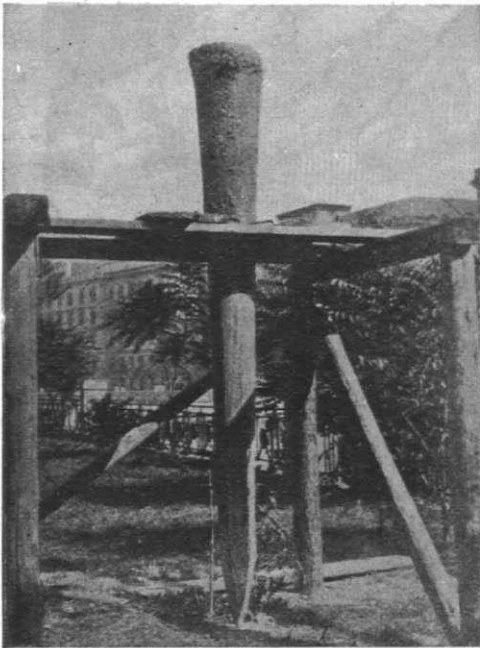
Tagad Raymond'a sistēmas pāļus taista arī ar konisku virsu, nostiprinot plāno čaulas sienīņu ar tērauda spirāldrāti 6,0 mm diametrā, kuŗu ievieto čaulas sienīnā ierīkotā spirālrievā. Palīga pālis šādos gadījumos konisks un sastāv no 2 kustīgām daļām.

Kad palīga pālis izcelts no grunti iedziļinātās čaulas, pēdējo aizpilda ar betonu, beŗot to kārtām un noblīetēŗot. Var ievietot pēc vajadzības arī stiegrojumu.



25 zīm.

Stern'a sistēmas vietas pāli pirmo reizi izgatavoja 1908. g. „Vispārīgas Austrijas būvsabiedrības“ direktors Ottokars Stern's. Pāja ārējais veids arvienu konisks. Čaula no 3 mm bieza dzelzs skārda, lejas galā vaļēja un nostiprināta ar izliektu stūņa dzelzīti. (25. zīm. — pa labi lejas stūri). Koniskam koka palīga pālim diametrs apm. 2 mm mazāks par čaulas diametru; palīga pāja smaile ar tērauda uzgali čaulas lejas galā iznāk ārā un darbojas tieši gruntī (25 zīm.). Sitot ar zveļtni pa palīga pāli, tas iedziļinās gruntī un velk čaulu līdzī. Šāds palīga pāja veidojums atļauj iedziļināšanu izdarīt arī ar



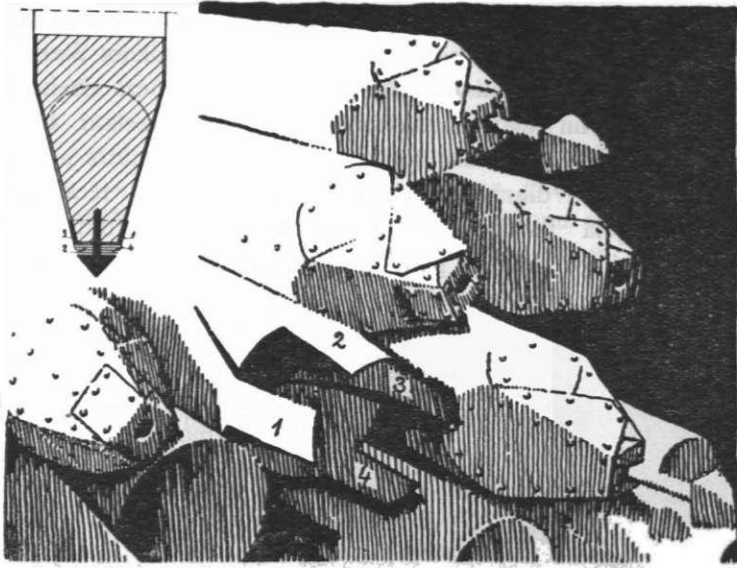
26. zīm.

ieskalošanu. Pēc palīga pāja izcelšanas no čaulas, pēdējo aizbetonē tāpat kā Raymond'a pāli, lietojot pašā lejas galā treknāku betonu. Ja vajadzīgs, var ievietot arī stiegrojumu. 26. zīmējumā redzams atrakts un no čaulas atsvabināts Stern'a sistēmas vietas pālis. Tā sāvirsra līdzena, bez izcilumiem; tāda tā ir arī citām 1. grupas vietas pāju sistēmām, kādēļ to var uzskatīt par visu pirmās grupas vietas pāju atšķirības zīmi.

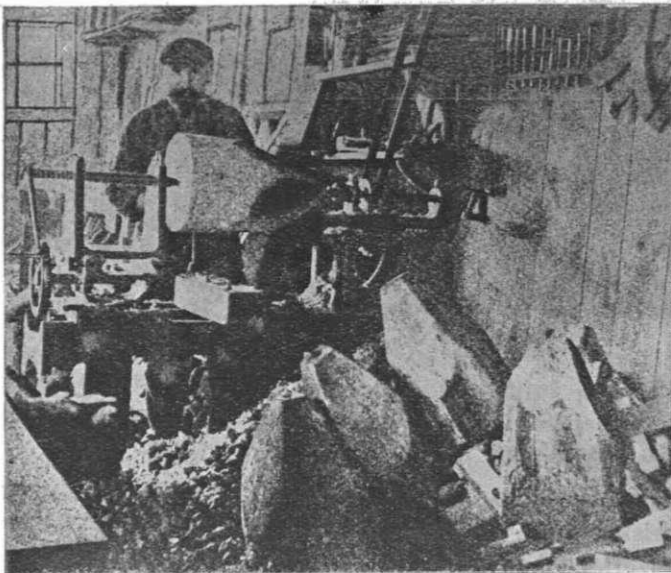
Mast'a sistēmas vietas pāli konstruēja pirmo reizi „Berlīnes dziļbūvju sabiedrības Mast" inženiers Struif's. Atklātība parādī-

jās apm. tanī pašā laikā, kad Stern'a sistēmas pālis, un tagad pazīstams zem nosaukuma Mastpālis.

Pie šīs sistēmas čaulu taisa no 1÷3 mm bieza dzelzs skārda ar cilindrisku virsu, garenšuvu saliedējot. Čaulas lejas galā skārda sienīņu izgriež tādejādi, lai varētu izveidot pāja smaili (27. un 28. zīm.), aplūcot izgrieztās skārda lapas ap koka nošķeltu 4-stūņa piramīdu, piesitot ar naglām un iedzenot smailes centrā masīvu piramīdālu uzgali, kas piespiež izgriezuma lapas pie koka nošķeltās piramīdas lejas gala.



27. zīm.



28. zīm.

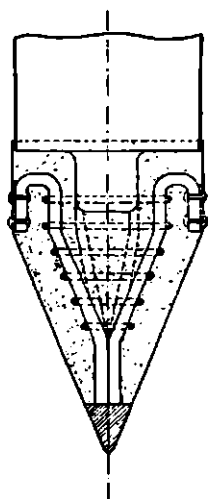
Palīga pāja uzdevumu izpilda koka pālis, kuŗa diametru ņem drusku mazāku par čaulas diametru un augšgalu izlaiž apm. 1 m

virš čaulas ārā. Pēc čaulas iedzišanas gruntī izceļ palīga pāli, tā ka čaulā paliekas tikai pāja smailes koka kodols, virs kuŗa sāk pāja aizbetonēšanu.

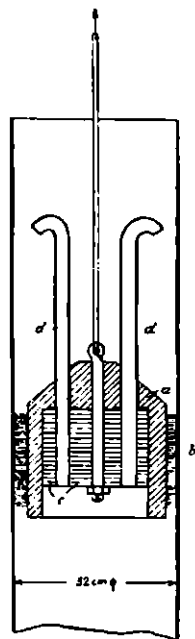
Trūkums vienīgi tas, ka pāja lejas galā palikušais smailes koka kodols var zināmos apstākļos pēc ilgāka laika būt par iemeslu pāja un līdz ar to arī pamatu deformācijām. Šo trūkumu novērš, lietojot Jansen'a pāja sistēmas uzgali, kas veidots no dzelzbetona (29. zīm.). Uzgala augšējā cilindriskā daļa ietverta skārda gredzenā, kuŗu pieliedē pie pāja čaulas; uzgala lejas gals nobeidzas ar tērauda konu, kuŗā iestiprināts garenstiegrojums.

Lietojot pirmās grupas vietas pāļus, ir skaidrs, ka čaula visādos ūdeņos un gruntīs svaigo betonu aizsargā no ārējiem iespaidiem;

bet kas notiks pēc tam, kad skārda čaula būs zemē sartsējusi? Ja apkārtējā grunts nesatur betonkaitīgas vielas, tad nekādas pārgrozības arī pēc tam nenotiks, bet ja satur, tad jācenšas šo vielu iespaidu mazināt, nosedzot pāja betona pildījumu ar gudron-asfalta kārtiņu. Nosegšanu izdara ar speciālu ierīci (30. zīm.). Ierīce sastāv no lejas pusē izdobta koka kluča (a), ar konisku virsgalu, kas piekārts pie virves, kuŗas augšgals vijas ap tītavas spoli; kluča cilindriskā sānsiena iestiprināti sari (b), kas skāņ pāja čaulas iekšējo virsu; lai klucis vie-



29. zīm.



30. zīm.

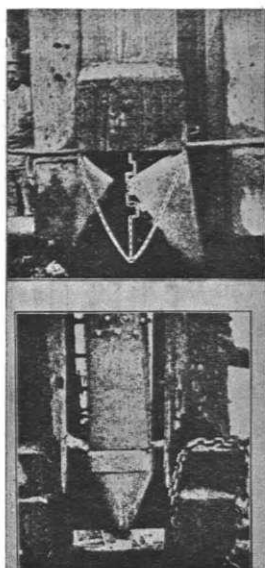
gli slidētu uz lēju, dobumā ievieto atsvaru no dzelzs plāksnītēm (c) un kluča virsgalā iestiprina 4 caurulītes (d) gaisa caurlaišanai. Kad ierīce nolaista līdz čaulas lejas galam, ielej tanī no augšas karstu gudron-asfalta maisījumu, kas pa kluča konisko virsu tek uz leju — uz sariem un, kad ierīci velk uz augšu un laiž uz leju, maisījums vienmērīgi nosedz čaulas iekšējo virsu. Šo paņēmieni atkārto 2 reizes un pēc 1÷2 dienām, kad gudron-asfalta masa kļūst staigni-līpīga, čaulu aizbetonē ar treknu betonu. Lai betonu iebēpot, tas nebojātu svaigo asfalta nosegumu, ieteicams ievietot čaulā tievāku cauruli — piltuvi, pa kuŗu iebēņ betonu čaulā. Staigni-līpīgais gudrona-asfalta maisījums pie-



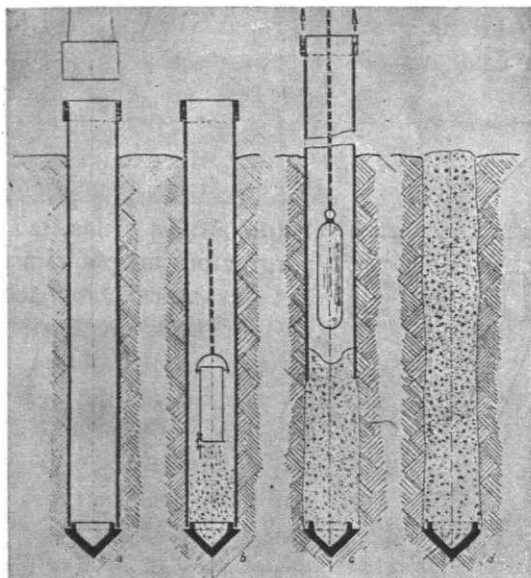
lip pie betona, bet ne pie čaulas, tādēļ ka starp čaulas auksto sienu un karsto gudron-asfalta kārtiņu radies garaiņu slāntis. Pārbaudēs pierādījies, ka gudron-asfalts ar betonu viscaur saistās labi. Cik ilgi šāds aizsardzības līdzeklis izpilda savu uzdevumu, grūti pateikt, jo trūkst vēl pietiekošu novērojumu. Pirmo reizi šo paņēmieni lietoja 1921. g. Gestemindē, Vācijā, kur grunts saturēja betonkaitīgas vielas.

Otrās grupas vietas pāļi atkarībā no caurules iedzīlīnāšanas veida un tās uzgala, sadalās vairākās sistēmās.

Simplex'a sistēmas vietas pāļi pirmo reizi konstruēja 1903. g. Filadelfijā, Amerika, „Simplex Concrete Pile“ sabiedrības inženiers



31. zīm.

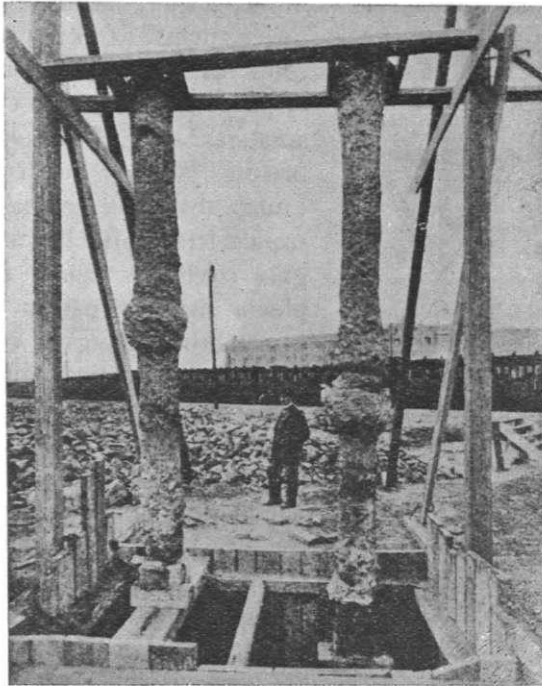


32. zīm.

Shuman's. Šīs sistēmas pāļiem caurules iedzīlina gruntī ar apmēram 1500 kg smaga zveltņa palīdzību, ar ko sasniedz apkārtējās grunts pilnīgu noblīvēšanos. Caurules diametrs 30÷60 cm, sienīņas biežums 20 mm. Uzgāls blīvās gruntīs masīvs no metalla vai dzelz-betona (31. zīm.-apakšā), kas palīdz caurulei vieglāki iedzīlīnāties un aizkavē zemes iespiešanos tanī; masīvais uzgāls pēc betonēšanas paliek gruntī uz visiem laikiem. Vājās gruntīs lieto atveřamu „alligator'a“ uzgāli (31. zīm.-augšā), kas sastāv no divām aptuveni puskoniskām čaulām, kas piestiprinātas ar virām caurules lejas galam un savā starpā saķeršas ar zobiem. Iedzenot caurulī, zemes spiediens spiež uzgāla čaulas kopā, veidojot konisku uzgāli, kas palīdz

caurulei vieglāki iedziļināties. Sākot betonēšanu, lielākais iekšējais betona spiediens atver „alligator’a“ uzgala abas čaulas.

Abos gadījumos, lietojot viena vai otra veida uzgali, cauruli pēc iedzišanas gruntī piepilda ar betonu un, blietējot to, velk cauruli pamazām uz augšu (32. zīm.). Betona pildīšanai lieto cilindrisku kausu, apm. 80 litru tilpumā, ar vārstuli lejas galā; šāds pildīšanas veids garantē betona homogenitāti. Nekad nedrīkst pārtrūkt betona pāļa masa, kādēļ caurules izvilkšanas ātrums jāsakāņo ar betonēšanas ātrumu.



33. zīm.

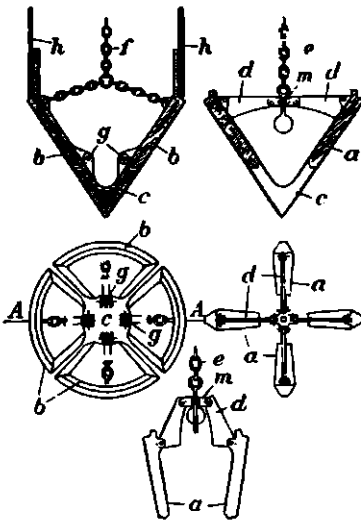
Kā pie Simplex'a sistēmas pāļiem, tā arī pie visiem otrās grupas pārējo sistēmu pāļiem, betons, blietējot to, iespiežas apkārtējā gruntī blīvākos slāņos mazāk, irdenākos vairāk, tā kā dabū nelīdzenu pāļa virsu (33. zīm.), kas lielos apmēros palielina berzi starp pāli un apkārtējo grunti. Šīs sistēmas pāļus var veidot vienkārši kā betona pāļus, bet iespējams arī ievietot stiegrojumu, tad dabū dzelzbetona vietas pāli.

Probst'a sistēmas pāļus (34. zīm.) izgatavo tāpat kā Simplex'a sistēmas pāļus, tikai caurules (h) iedzišanai gruntī lieto citāda veida

uzgali, kuŗu pēc iedzišanas izceļ ar ķēdītēm (f un e) ārā. Uzgals no metalla, konisks un sastāv no 2 daļām: 1) masīva kona (c), pie kuŗa ar lociklām piestiprinātas 4 koniskas čaulas (b), kas kopīgi veido konisku virsu ar 4 ķīlveidīgām spraugām un 2) no 4 ķīlveidīgiem elementiem (a), kas atbilst augšā minētām 4 spraugām; ķīlveidīgie elementi savā starpā sastiprināti lociklām ar krusteniskiem stienīšiem (d); koniskās čaulas piekārtas pie ķēdītes (f) un ķīļi pie ķēdītes (e). Pilno konisko uzgali sastāda un gatavu ievieto caurules lejas galā pirms iedzišanas gruntī; uzgals atvieglo caurules iedzījināšanos, jo ārējam zemes spiedienam uz konisko uzgali darbojas pretī no iekš-

puses stienīši (d), kā spraišļi. Pēc caurules iedzišanas ar ķēdīti (e) izceļ ārā vispirms 4 ķīlveidīgos elementus; kad spraugas starp koniskām čaulām atbrīvotas, izceļ ar ķēdīti (f) 4 koniskās čaulas (b) kopā ar masīvo konu (c) uzgala lejas galā. Betonēšanu pēc uzgala izceļšanas izdara tāpat kā Simplex'a sistēmas pāļiem, velkot pamazām cauruli uz augšu. Var ievietot pēc vajadzības arī stiegrojumu. Šīs sistēmas pāļi pirmo reizi konstruējis prof. Dr. ing. Probst's Berlīnē.

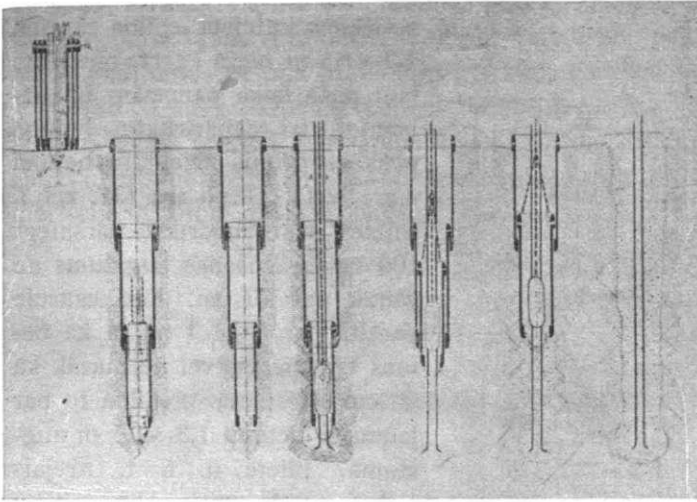
Frankignoul'a sistēmas pāļi patentējuse „Frankignoul” A/S Lježa, Beļģijā, 1909. g.; tas atšķiras ar savu cauruli, kuŗa sastāv no vairākiem dažāda diametra (40÷70 cm) posmiem, kuŗi teleskopveidīgi ieiet



34. zīm.

viens otrā (35. zīm.); caurules atsevišķie posmi no tērauda 3, 4 vai 6 m gaŗi ar 40 cm dīametrā apakšējais posms un 70 cm — augšējais. Caurules tievākā posma lejas galā atrodas izceļams granātveidīgs uzgals ar 4÷5 m gaŗu stienīti augšpusē, gar kuŗu slīd 1200÷1300 kg smags zveltnis, kas tieši sit pa uzgali, kuŗš savukārt, iedzījinoties gruntī, velk līdzī vienu aiz otra caurules teleskopveidīgos posmus. Betonē tāpat kā iepriekš apskatītās sistēmās, izvelkot pakāpeniski uz augšu atsevišķos caurules posmus. 35. zīmējumā četri attēli pa labi rāda betonēšanas gaitu, lietojot stiegrojumu: 800 kg smagai dzelzs blietei garenvirzienā ierīkoti 4 kanāļi, caur kuŗiem iet 4 dzelzs garenstiegras, kuŗas sākumā noder arī kā blietes vadi; laiku pa laikum, izceļot blieti ārā, ievieto gatavu šķērs-

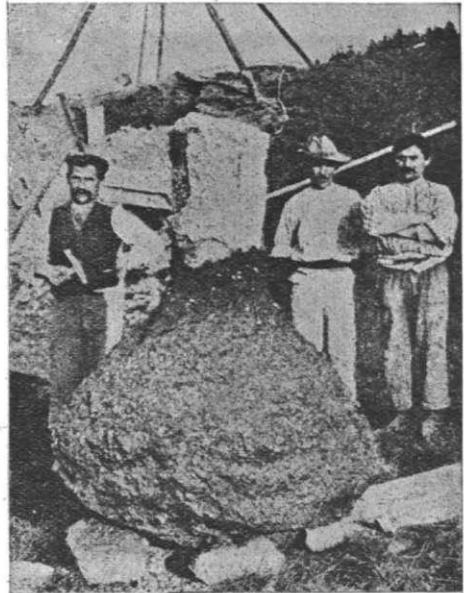
stiegrājumu, uzmaucot to uz garenstiegrām, pēc kam ieblietē betonā; blietes krišanas augstums 3÷4 m; betonu blietē 20 cm biežās kārtās.



35. zīm.

Izvelkot pēdējo caurules posmu, pāja augšdaļu nobeidz blietēt ar pāldziņa zveltņa palīdzību pie 7÷8 m liela krišanas augstuma, caur ko pāja augšgala diametrs bieži palielinās pat līdz 1,5 m.

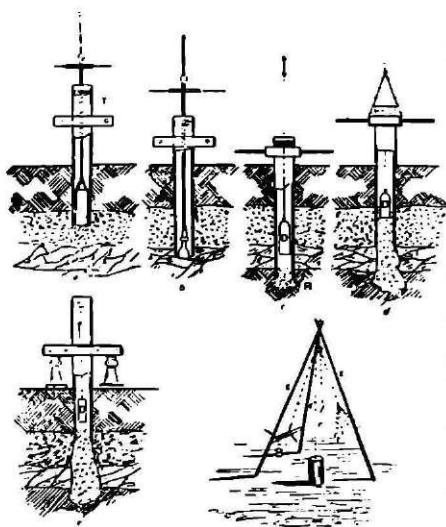
Wilhelmi sistēmas eksplozijas pālis atšķiras no pārējiem tikai ar to, ka iedziļinātā caurulē pirms betonēšanas ievieto ierīci spridzināšanai, ko izdara ar elektrisku dzirkstelīti pa vadu, kuŗa gals iznāk pa caurules augšgalu ārā. Kad ierīce ievietota, pieber cauruli pilnu ar betonu, paceļ cauruli uz augšu un aizdedzina sprāgstvielas. Pēc eksplozijas augšējais betons nokrit un aizpilda izspridzināto dobumu gruntī, tā kā pāja lejas gals arvienu nobeidzas ar liela caurmēra betona bluķi (36. zīm.).



36. zīm.

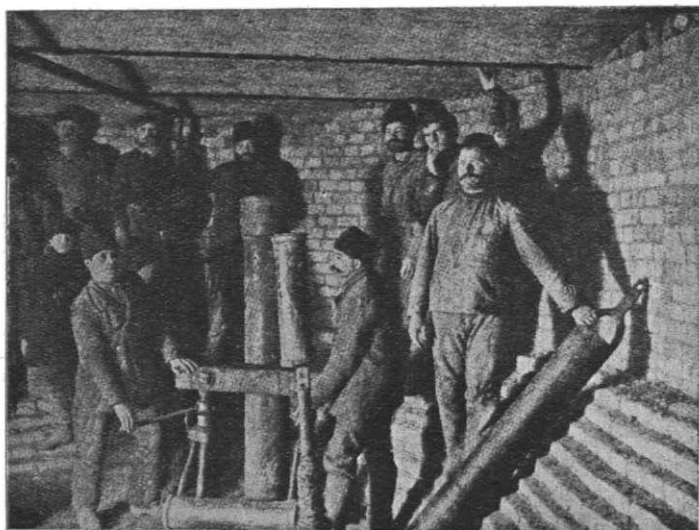
Straus'a sistēmas pāli konstruēja pirmo reizi 1899. g. krievu inženiers Antons Straus's Ūtjevā. Atšķiras no pārējiem otrās grupas

pāļiem ar caurules iedzījināšanas veidu. Cauruli griežot, iespiež to gruntī un tanī pašā laikā izceļ grunti no caurules iekšienes ārā



37. zīm.

(37. zīm.). Pēc tam betonu ar sevišķiem kubliem iepilda caurulē 1,3÷1,5 m biežā kārtā, bļietē un tanī pašā laikā pamazām un uzmanīgi, lai nepārtrūktu betona pālis un grunts neiekļūtu betona masā, velk cauruli ārā (37. zīm.). Blietes svars nedrīkst pārsniegt 100 kg un krišanas augstums ne vairāk par 60 cm. Kad caurule pacelta par apm. 1 m, tā kā betons tanī palicis vēl ne mazāk kā 30 cm augstumā, piepilda to par jaunu ar betonu 1,3÷1,5 m augstumā, bļietē u. t. t. Ārējais izskats tāds pats kā citiem šīs grupas pāļiem (33. zīm.).

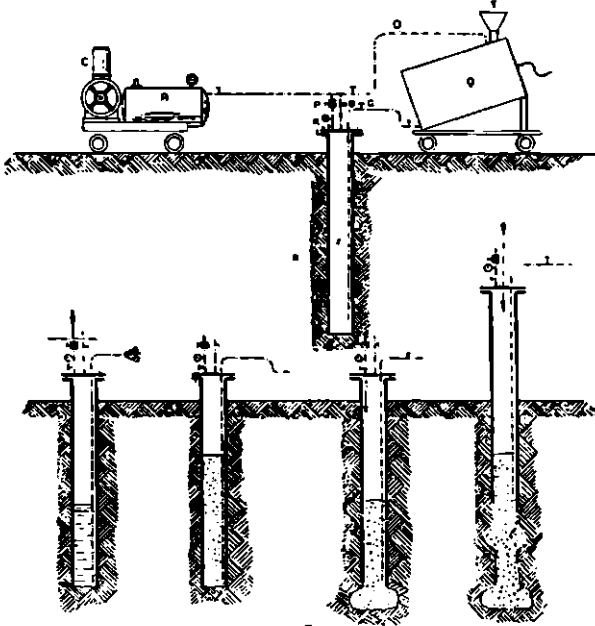


38. zīm.

Priekšrocība tā, ka nav vajadzīgs pāļdzinis, ar ko tiek novērsti satricinājumi un troksnis un var urbšanu izdarīt zemās, ierobežota augstuma telpās (38. zīm.), kas sevišķi svarīgi apdzīvotās vietās un pastāvošās ēkās. Grūtības var radīt grunts ūdens, kas spie-

žoties uz augšu, izskalo cementu no betona. Šādos gadījumos var izlīdzēt, ietaisot caurules lejas galā trekna betona korki līdz 2 m augstu. Izvedot darbu ātri, kamēr ūdens līmenis nav pacēlies virs betona, dabu labus rezultātus. Var pēc vajadzības pājus stiegt, tikai tādos gadījumos betona liesinātāju graudiņi nedrīkst pārsniegt 25 mm.

Pie Straus'a sistēmas pājiem betons iespiežas gruntī tālāk, caur ko tie iznāk resnāki par apm. 10÷45% par caurules diametru un virsa nelīdzenāka, jo grunts ap iedziļināto cauruli nav noblīvēta, kamēr citiem otrās grupas pājiem, kur cauruli iedzen ar zveltņa palī-



39. zīm.

dzību tā ir noblīvēta; pateicoties šim apstāklim Straus'a sistēmas pājiem ir lielāka nestspēja, kā citu sistēmu pājiem tādās pašās gruntīs.

Rīgā Straus'a sistēmas pāji lietoti Universitātes jaunās aulas pamatos 1929. g. un Finanšu ministrijas jaunās mājas pamatos 1938. g. Pāji abos gadījumos augšgalā stiegtoti, lai dabūtu labāku saistību ar dzelzbetona plati.

Wolfsholz'a sistēmas vietas pāli patentējusi un izgatavo „August Wolfsholz“ A/S Berlinē. Atšķiras no citu sistēmu vietas pājiem ar betona iepildīšanu caurulē un iespiešanu gruntī. Cauruli iedzen vai ieurbj, tad noslēdz cieši tās augšgalu ar vaku, caur kuŗu iet otra — tieva — caurule līdz pašam ārcaurules lejas galam. Pa tievo cauruli ievada saspiestu gaisu, kas izspiež no ārcaurules ūdeni gruntī vai pa

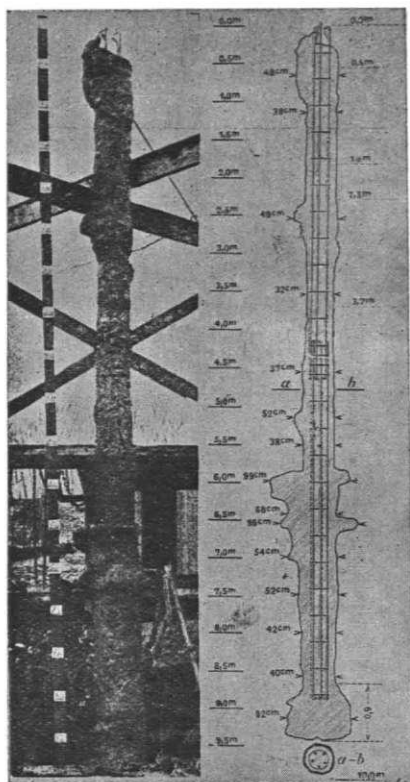
sifona cauruli ārā, pēc tam sausā caurulē iespiež šķidru betonu dažū metru augstumā. Palielinot gaisa spiedienu pat līdz 10 at, ārcauruli nedaudz paceļ uz augšu un šķidrāis betons iespiežas apkārteņā gruntī. Iespiežot caurulē pakāpeniski pārmaiņus betonu un saspieštu gaisu, izgatavo Wolfsholz'a vietas pāli. Darba gaita dažādās stādijās redzama 39. zīmējumā: ārcaurule ar diametru 25÷50 cm sastāv no atsevišķiem 2÷4 m gaļiem posmiem, kuņi savā starpā saskrūvēti kopā; C —

kompresors, R — saspiebtā gaisa rezervuārs, Q — gatavā betona tvertne, T — piltuve betona krājuma papildināšanai, G — trijceļu krāns, K — ventilis gaisa spiediena nelielai paaugstināšanai, B — ventilis gaisa spiediena paaugstināšanai līdz 10 at.

Wolfsholz'a pāli var izgatavot kā betona, tā arī kā dzelzbetona pāli. Pēdējā gadījumā pirms vāka pieskrūvēšanas ievieto ārcaurulē gatavu stiegrījumu (40. zīm.), kuņi pēc tam iebetonē augstāk aprakstītā kārtībā. Pie gaļu dzelzbetona paļu veidošanas kopīgo stiegrījumu taista no atsevišķiem posmiem, kuņus savā starpā savieno, pārļaižot viena posma garenstiegras pāri otra posma garenstiegrām un sastiprinot tās ar tievas drāts apvijumiem. Par betona liesinātāju graudiņu lielumu sakams tas pats, kas pie Straus'a pāļiem.

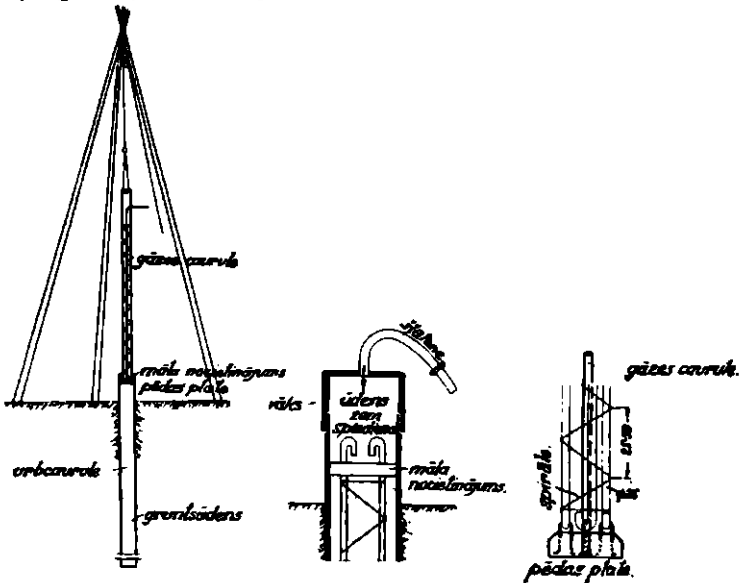
Michaēlis-Mast sistēmas pāli konstruējuse agrāk minētā

„Berlines dziļbūvju sabiedrība Mast“. Gruntsūdens izspiešanai iedzītā vai ieburtā caurulē ievieto stiegrījumu, kuņa lejas galā piestiprināta 30 cm bieza plate ar māla nocietinājumu gar malām, lai ūdens nespīestos uz augšu caur spraugu starp plati un caurules sienu; plates centrā iestiprināta gāzes caurule, 25 mm diametrā, pa kuņu zem plates saspīestais ūdens var viegli pacelties uz augšu un izplūst ārā. Betonu pilda caurulē plates gremdēšanas laikā. Pēc tam izvelk gāzes



40. zīm.

caurulīti ārā un betona aizpildījuma augšgalu atkal nocietina ar tādu pašu plati kā lejas galā, bet pāja caurules augšgalu noslēdz cieši ar vāku, caur kuņu iet šļūtene uz rokas pumpi, kas iespiež caurule virs māla plates ūdeni. Sākumā ūdens spiediens sniedzas līdz 35 at, bet tad, pāja caurulei paceļoties uz augšu un betonam iespiežoties apkārtējā gruntī, ūdens spiediens nokrītās līdz 5 at (41. zīm.). Tur-



41. zīm.

pinot darbu apskatītā kārtā, veidojas Michaelis-Mast palis.

Grūn u. Bilfinger' a sistēmas pāja metalla cauruli iedziļina gruntī ar urbšanu vai iedzišanu; pēc tam tās augšgalā uzskrūvē nelielu gaisa slūžu, pa sifonu izspiež ūdeni ārā, aizpilda ar betonu visu cauruli, tad noskrūvē slūžu un pieskrūvē vāku, pēc kam ar ūdens spiedienu blīetē un ceļ cauruli pamazām ārā.

Fischer' a sistēmas pāja izgatavošana atšķiras no iepriekšējā tikai ar to, ka ūdens spiediena vietā lieto saspiestu gaisu. Pie betona pildīšanas gaisa spiediens 2÷4 at, pie blīetēšanas un caurules izcelšanas ne mazāk par 2 at.

Boženkova-Guzejeva sistēmas pāja izgatavošana atšķiras no Grūn u. Bilfingera sistēmas pāja izgatavošanas ar to, ka lieto ūdens spiediena vietā saspiestu gaisu un speciālas gaisa slūžas vietā ierīci, kas izpilda gaisa slūžas uzdevumu, un sastāv no 1,5÷2,0 m gaŗas caurules, kuņai tāds pats diametrs, kā gruntī iedzītai, pie kuņas



to ar bultām piestiprina. Ierīcē divi koniski vārstuļi saspiesta gaisa regulēšanai. Pie 2 at gaisa spiediena izspiež no caurules ūdeni vai grunti, vai pa sifonu ārā; tad nelielām porcijām piepilda cauruli līdz augšai ar betonu un, nenotņemot ierīci, ar gaisa spiedienu 8÷10 at blietē betonu un ceļ pamazām cauruli ārā; lietojot zemāku gaisa spiedienu cauruli ceļ ārā mehāniskā ceļā ar titavu vai ceļskrūvi; tad pilda no jauna ar betonu, blietē un turpina celt cauruli ārā. Kad caurules lejas gals vēl atrodas gruntī apm. 1,0÷1,5 m, ierīci noņem un blietēšanu izdara ar blieti tieši, jo pretējā gadījumā saspiestais gaiss var cauruli ar lielu spēku izspiest ārā. Aukstā laikā jāskatās, ka betons nepiesalst augšgalā pie caurules sienīņas, kādēļ tā no augšas jāsilda.

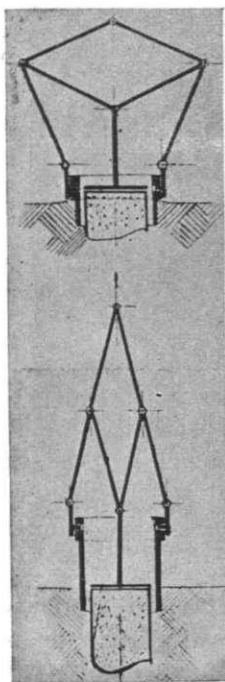
Pie tām otras grupas vietas pāļu sistēmām, kur betonu iespiež gruntī ar saspiesta gaisa palīdzību, spiediena lielumu uz betona virsu var praktiski pieņemt tikpat lielu, kāds ir gaisa spiediens caurulē, jo

berze starp betonu un caurules iekšpusi nav liela un nepārsniedz 0,18 t/m<sup>2</sup>.

Kas zīmējās uz pāļa betona tilpuma pieaugumu, tad tas neatkarājas vis no gaisa spiediena lieluma caurulē, bet no caurules iedziļināšanas veida (iedzīta, ieurbta vai ieskalota); tilpuma pieaugums svārstās no 15% līdz 100% un atsevišķos gadījumos vēl vairāk, sevišķi, ja caurule ieskalota.

Ridley' a sistēmas pāļa tērauda cauruli iedzen zemē tāpat kā Simplex' a sistēmas pāļa cauruli; pēc tam pilda ar šķidru betonu, kurā iespiež dzelzbetona gatavpāja gabalu ar mazāku diametru nekā pāja caurulei. 42. zīmējumā parādīts rīks, ar kuŗu gatavpāja gabalu spiež iekšā un tanī pat laikā velk pāja cauruli ārā.

Gow sistēmas pāļa tērauda cauruli ar vaļēju lejas galu iedzen gruntī, kuŗu no caurules iekšpuses pēc tam izskalo ar ūdens strūklu. Lai dabūtu pāja pēdas paplašinājumu, ievieto caurulē rīku (43. zīm.), kuŗu griežot, irdina grunti zem pāja caurules un, izskalojot to ārā, dabū lielu plašu dobumu; cauruli līdz ar dobumu pēc tam aiz-

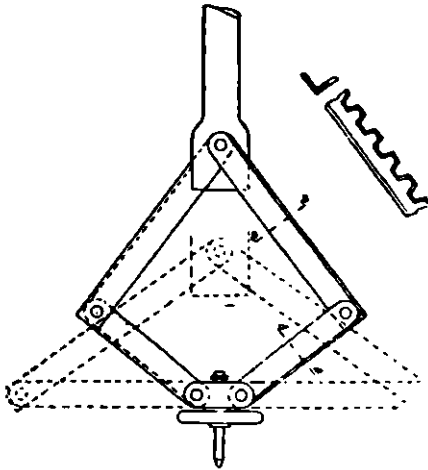


42. zīm.

pilda ar betonu agrāk apskatītā kārtā. Cauruli atkarībā no grunts apstākļiem var izvilkēt ārā vai atstāt gruntī.

Apskatītās pāļu sistēmas nav vienīgās, kādas sastopamās būvniecībā liekot pamatus, bet tās ir tipiskākās. Bez minētām ir vēl

Ļoti daudz sistēmas, bet tās principā maz atšķiras no apskatītām. Būves vietās jāizvelas arvienu tā sistēma, kuŗa vispiemērotāka attiecīgiem būves apstākļiem, un tāda var būt arī dažādu sistēmu kombinācija.



43. zīm.

Visām otrās grupas vietas pāju sistēmām betons arvienu iespiežās apkārtējā gruntī; tikai atstātums, cik tāju tas no pāja centrālās ass iespiežās, nav vienāds, un tā lielums pie vienādiem grunts apstākļiem atkarās no tā, vai caurule iedzīta ar zveltņi, vai ieurbta vai ieskalota. Pirmā gadījumā grunts jau noblīvēta un betons iespiežās uz mazāku atstātumu, otrā un trešā, kad gruntij dabīgais blīvums, betons iespiežās tālāk. Grunts slāņi ap pāli bieži pārvēršas pat akmeņi.

Visas tās pāju sistēmas, kur betonu blietē, var lietot tikai pie vertikāliem pājiem, jo blietēšanu grūti izdarīt slīpā virzienā. Turpretim tās sistēmas, kur lieto saspīestu gaisu vai ūdeni zem spiediena, piem. Wolfsholz'a, Michaēlis-Mast'a u. t. l., var vienādi labi izmantot kā pie vertikāliem, tā arī slīpiem pājiem. Pēdējā laikā Pad. Krievijā izdarīti blietēšanas mēģinājumi ar tā saucamiem pervibratoriem, bet tie prasa ļoti uzmanīgu darbu un tomēr nedod tik labus rezultātus, kā rokas blietēšana un saspīstais gaiss.

Visas otrās grupas vietas pāju sistēmas nav lietojamas vietās, kur darbojas gruntsūdens straume vai arī sastopamas betonkaitīgas vielas, kas var vēl līdz sacietēšanai iespaidot svaigo betonu.

Šo trūkumu mēģinājis novērst Wolfsholz's, ieliekot tādās vietās gatavpāju gabalus, kuŗu garenstiegras augš- un lejas galā iespiežas svaigajā betonā, kas atrodas augstāku un zemāku par betonkaitīgo vielu atrašanās vietu, bet tieši tai vietā, kur sastopamas minētās vielas, atradīsies pilnīgi ciets, no ārpuses segts ar gudrona-asfalta maisījumu gatavpāja gabals, kuŗu betonkaitīgās vielas vairs iespaidot nevar.

Los-Angeles ostas pārvalde, pēc trīsgadīgiem pētījumiem, tagad ar labām sekmēm lieto jūras ūdenī dzelzbetona gatavpājus, kas sākot ar galvu līdz 0,9 m zem zemākā ūd. līmeņa, t. i. tai vietā, kur pāji visvairāk padoti jūras ūdens nelabvēlīgai iedarbei, segti ar 4 cm biezu čaulu no mazliet sausāka un vājāka betona, kas pilnīgi piesā-

tināts ar asfaltu un padarīts ūdensnecaurlaidīgs. Čaulu betonē reizē ar pāli, atdalot no pēdējā ar plānām tērauda skārda plātnēm, kuņas pamazām līdz ar betonēšanas darbu veikšanu velk uz priekšu. Pāļa veidņus betonēšanas laikā no ārpusē dauza ar pneimatiskiem āmuriem, caur ko betons paliek daudz blīvāks. Piesātināšanu ar asfaltu izdara pie 120° C un 18–21 atspiediena, pēc kam ļauj pālim pamazām atdzist.

Ja vietas pālim ar augšgalu jāatrodas virspus zemes limeņa, vai jāstāv brīvi ūdenī, tad lieto dzelzs cauruli, kuņas lejas galam jāatrodas 1–2 m dziļi gruntī, lai caur satricinājumiem netraucētu betona sacietēšanu. Šis caurules gabals iet zudumā, jo betonam saistoties sakarība ar cauruli tiek liela, ka izkustināt to vairs nevar. Jūras ūdeņos, kas bieži satur betonkaitīgus sāļus, šāda caurule aizsargā svaigo betonu no šo sāļu iespaida.

Apskatot pirmās un otrās grupas vietas pāļu dažādās sistēmās, redzams, ka visus vietas pāļus var veidot kā betona, tā arī kā dzelzsbetona pāļus; var pat tikai dažas daļas pālim taisīt no dzelzsbetona, ievietojot vajadzīgās vietās stiegrojumu.

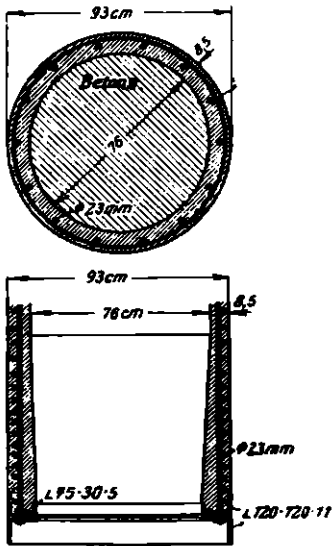
Izgatavojot dzelzsbetona vietas pāļus no bļietēta betona, ievieto vispirms garenstiegras, ieber betonu, kuņu bļietē ar speciālu bļieti, kuņai tiek daudz vertikālu kanāļu, cik garenstiegru, kuņas iet cauri bļietei; noņemot bļieti, attiecīgos atstājumos uzmauc garenstiegrām gatavu šķērssstiegrojuma aptveri, uzber jaunu betonu un bļietēšanu turpina. Lietojot citu, piem., lietu betonu, vai veidojot pāli ar saspiesta gaisa palīdzību, ievieto čaulā vai caurulē gatavu garen- un šķērssstiegrojuma karkasu, kuņu pēc tam aizlej ar šķidru betonu; kā jau minēts, oļu graudiņu diametra lielums nedrīkst pārsniegt 25 mm.

Saldzinot gatavpāļu dažādās konstrukcijas ar vietas pāļu dažādām sistēmām, redzamas gatavpāļu priekšrocības: pirmkārt, var izvēlēties, atkarībā no uzstādītām prasībām, pāļa šķērsriezuma lielumu, otrkārt, pāļa izgatavošana pārskatāma un droša, treškārt, iedzenot ar zveltņa palīdzību, dabū lielu gruntis sānisku noblīvēšanu ap pāli un, beidzot, uz gatavpāli ne tekošais gruntsūdens, ne betonkaitīgās vielas, kas sastopamas ūdenī vai gruntī, nekādu jaunu iespaidu neatstāj, sevišķi vēl tad, kad gatavpāļa virsa segta ar gudrona-asfalta vai citu t. l. maisījumu.

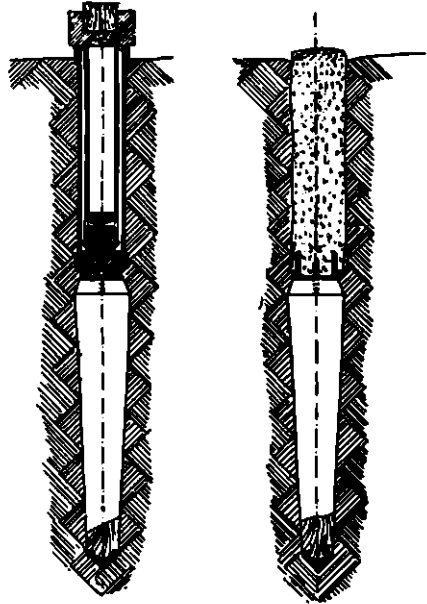
Vietas pāļu dažādo sistēmu priekšrocība tomēr ir pārsvarā, jo atkrit smagu pāļu transports, nav vajadzīgi smagi zveltņi un atkrit satricinājumi pie pāļu iedzišanas; iespējams paātrināt pamatu likšanas sākumu, jo nav vajadzīgs gaidīt, kamēr betons sacietē, kā tas ir pie

gatavpājiem; tālāk, pie vietas pājiem pēc vajadzības var to nest-spēju palielināt ar dzelzs stiegrojumu, pie kam var ievērot zināmu taupību, liekot stiegrojumu tur, kur tiešām tas vajadzīgs un tik stipru, cik katrā vietā vajadzīgs, t. i. kur lieces un lodzes momenti vislielāki; ir dažas vietas pāju sistēmas, kuŗas lietojot var dabūt arī lielu grunts sātisku noblīvēšanos un ir arī tādas vietas pāju sistēmas, kuŗas var lietot vietās, kas satur betonkaitīgas vielas; beidzot, lielākā vietas pāju priekšrocība ir tā, ka tie ir lētāki par gatavpājiem.

**Cauruļpāji.** Nobeidzot betona un dzelzbetona pāju apskatu, jā-aizrāda vēl uz vienu jaunu pāja veidojumu — dzelzbetona cauruļpāli.



44. zīm.



45. zīm.

Cauruļpāļus veido, kā dzelzbetona caurules, speciālos veidņos un gatavus transportē uz darba vietu. Cauruļpāju diametru lielumi ir dažādi; piemēram Lidingö tiltam pie Stokholmas (44. zīm.) iekšējais diametrs 76 cm, ārējais — 93 cm. Parasti cauruļpāļus lieto, kad pāju garums pārsniedz 25 m, jo tādā gadījumā dzelzbetona gatavpāji iznāk ļoti smagi. Cauruļpāļus iedziļina ar zveltņa palīdzību, izceļot grunti iz caurules dobuma ārā gan ar skalošanu, gan ar citiem paņēmieniem. Pēc iedziļināšanas līdz vajadzīgam dziļumam, caurules sienīņu no iekšpuses labi notīra no pielīpušām grunts daļiņām un pēc tam aizbetonē. Cauruļpāļus lieto vienīgi gadījumos, kad bū-

ves slodze jāpārnes uz nestspējīgas grunts slāni, t. i., kad pālis darbojas kā stabs.

**Kombinēti pāļi.** Koku bagātās zemēs koku pāļi iznāk lētāki par betona un dzelzbetona pāļiem; bet var nākt priekšā gadījumi, ka pāja augšgalam jāatrodas mainīgos apstākļos, gan ūdenī, gan sausumā, tad koka pāli lietot nevar. Tomēr, lai nebūtu jāķerās pie dārgajiem betona pāļiem, var pāja lejas daļā, kas arvienu atrodas ūdenī, lietot koku, bet augšdaļā — betonu, resp. dzelzbetonu. Šādus pāļus sauc par kombinētiem pāļiem.

Pie kombinētiem pāļiem galvenā vērtība jāpiegriež dažādo materiālu savienojuma vietai, lai pāja augšdaļa nenoslīdētu no lejas daļas un lai augšdaļas betons neiespiestos lejas koka pāja šķiedrās. Savienojuma vietā parasti virs koka pāja galvas novieto horizontālu dzelzs skārda plāksnīti, kas aizkavē betona iespiešanos koka šķiedru starpās; lai savienojuma vietā koka pāja galva saistītos ar pāja virsējo betona daļu, lieto dzelzs gredzenus vai dzelzs tapas, kuŗu lejas daļu iedzen koka pāli; var garenstiegras piestiprināt pie koka pāja galvas, var visu koka pāja augšgalu ietvērt dzelzs karkasā, piemēram Moebus pālis. Betonē pēc kādas otrās grupas vietas pāju sistēmas parauga.

Darba gaita kombinēta pāja pagatavošanai sekojoša: iedzen ar zveltni koka pāli, kamēr viņa galva sasniedz zemes līmeni, tad iestiprina koka pāja galvā speciāli veidotu dzelzs gredzenu un dzelzs tapu; gredzena rievā ievieto betona pāja cauruli, kuŗā ievieto kādu palīga pāli apaļa baļķa vai caurules veidā un ar zveltni iedzen koka pāli līdz vajadzīgam dziļumam; tad izceļ palīga pāli un sāk cauruli aizbetonēt, velkot to pakāpeniski ārā (45. zīm.).

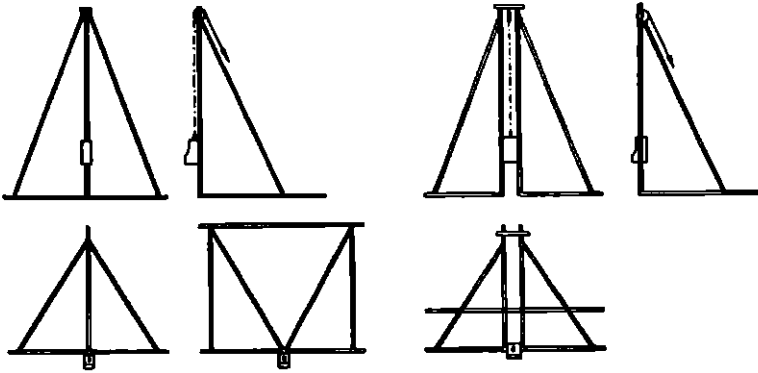
Ja paredzams, ka pāju pamatiem būs jāuzņem arī horizontāli spēki, tad kombinētus pāļus nav ieteicams lietot.

## VI. Pāju iedziļināšana gruntī.

Atkarībā no grunts apstākļiem vai no pāju konstrukcijas, iedziļināšanu izdara trijos veidos: 1. iedzen gruntī ar zveltna palīdzību, 2. ieskalo ar ūdens palīdzību un 3. ieskrūvē.

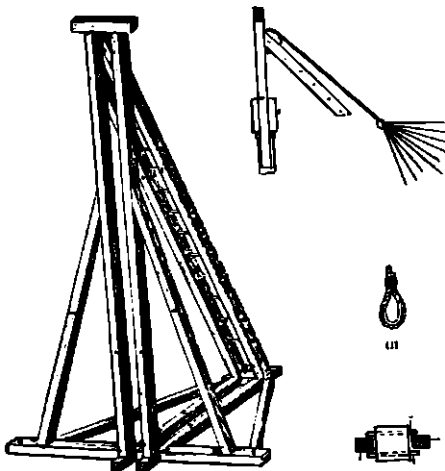
**Pāju iedziļināšana gruntī.** Pāju iedziļināšanai lieto pāļdzini, kuŗš sastāv no pāļdzīņa sastāta un zveltna. Ceļot zveltni atkārtoti līdz zināmam augstumam un ļaujot tam krist uz pāli, pēdējais grūdienveidīgi iedziļinās gruntī.

Atkarībā no tā, kā ceļ zveltņi uz augšu, šķiro visus pārdziņus sekojošās grupās: 1. rokas pārdziņos, 2. mehāniskos pārdziņos, 3. tvaika pārdziņos, 4. pneimatiskos pārdziņos. 5. pāļu amuros.



46. zīm.

Pārdziņa sastatu var taisīt no koka un no dzelzs, atkarībā no tā augstuma un zveltņa svāra. Neatkarīgi no materiāla, katrs sastats sastāv no 2 galvenām daļām: sastata rāmja un virzumstatņiem.

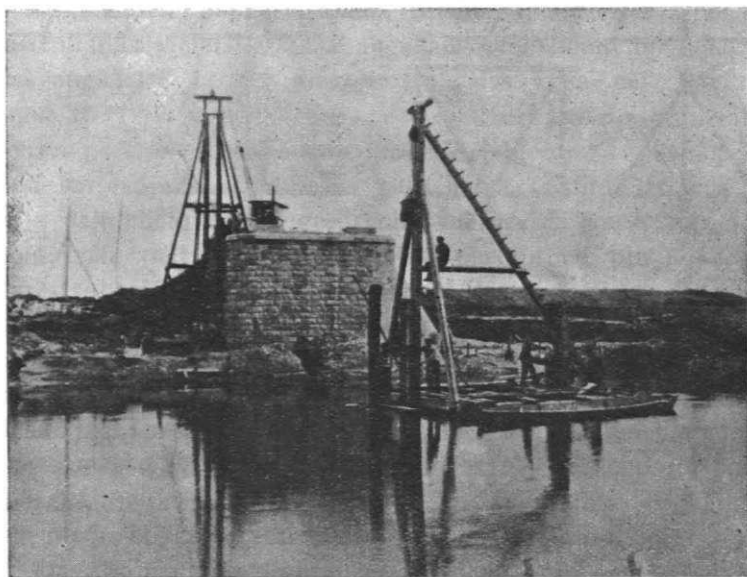


47. zīm.

Uz rāmja atbalstās sastata pārējās sastavdaļas un novieto ierīces zveitņa celšanai, kādej tam jābūt noturīgam un pietiekoši lielam, lai izpildītu savu uzdevumu. Pēc ārējā veida rāmi taisa parasti kā trijstūri vai četrstūri no koka šķautņiem un noklāj ar grīdu. 46. zīmējumā apakšā redzamas dažādas rāmju schemas plānā, atkarībā no tā, vai pārdziņim viens, vai divi virzumstatņi.

Pēc tām pašām schemām rīkojās, taisot pārdziņa rāmi no dzelzs, tikai koka šķautņu vietā lieto dažādas profildzelzis, kuņas sakniedē, sabultē un rāmi noklāj ar koka grīdu.

Virzumstatņus līdz ar sastata daļu virs rāmja taisa no koka šķautņiem vai dzelzs profilsijām. Virzumstatņu uzdevums, pirmkārt, vadīt zveltņa krišanu, kādēļ augstumam jābūt tādām, ka pie visgažākā pāja vēl atliktu vieta zveltņa krišanas minimālam augstumam; otrkārt, virzumstatņus lieto pāja pacelšanai un nostādīšanai noteiktā, projektā paredzētā, vietā; šā uzdevuma veikšanai tiem jābūt ļoti stipriem un noturīgiem, sevišķi, lietojot smagus pāļus un zveltņus; šo noturību ne arvienu var ar koka konstrukcijām sasniegt, kādēļ virzumstatņus līdz ar pārējām sastata daļām bieži taisa no dzelzs.



48. zīm.

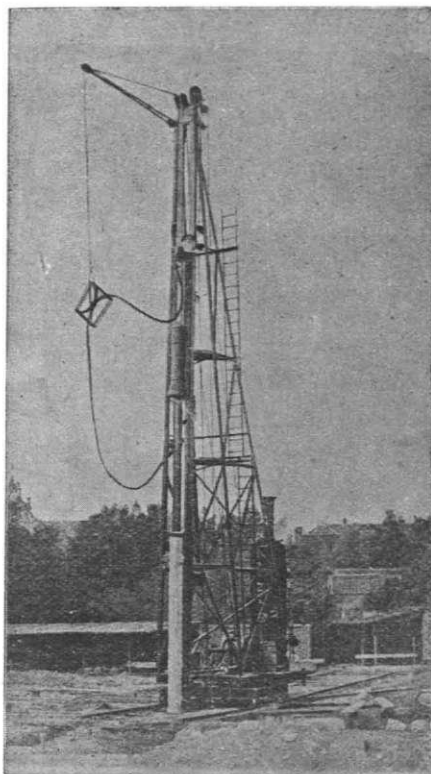
No sāniem un no muguras puses koka virzumstatņus nostiprina ar atbalstieņiem (47. zīm. un 46. - augšā), kuņus taisa no koka šķautņiem, attiecīgi dimenzionējot un sastiprinot tos savā starpā ar dzelzs skrūvēm un bultām, radot tādā ceļā pārdziņa sastata daļu virs rāmja. 48. zīmējumā redzams pārdziņa koka sastāts pie Ventas tilta, pie Skrundas, būves darbiem 1926. g. uz Liepājas-Glūdas dz. c.

Dzelzs virzumstatņus nostiprina ar kniedētu, resp. sabultētu, trijstūrīgu sistēmu no dzelzs profilsijām (49. zīm.).

Pēc sava stāvokļa virzumstatņi var būt vertikāli — pāju iedzišanai vertikālā virzienā (50. zīm. - pa kreisi) un slīpi — pāju iedzišanai slīpā virzienā (50. zīm. - pa labi). Nelieliem pārdziņa sasta-

tiem var atbalstieni mugurpusē ierīkot pārstādamu, caur ko iespējams ar vienu un to pašu pārdzini iedzīt pāļus kā vertikālā, tā arī slīpā virzienā.

Virzumstatņu augšgalā arvienu iestiprināts dzelzs skritulis, pāri kuņam iet virve, resp. trose, no zveltņa uz celšanas mehānismiem, un trīsis — pāļu celšanai.



49. zīm.

kuņas var virzumstatņus ietvert vai kustēties starp tiem. Pēdējā gadījumā, turpinot virzumstatņus zem pārdzina sastata rāmja, var zveltņi novadīt zemāki un iedzīt pāļus, kuņu galvas atrodas zem rāmja.

Zveltņa smaguma un krišanas augstuma noteikšanai līdz šim nekādu zinātniski pamatotu datu nav. Praksē pieturās pie noteikuma, ka zveltņa svars nedrīkst būt mazāks par paša pāļa svaru.

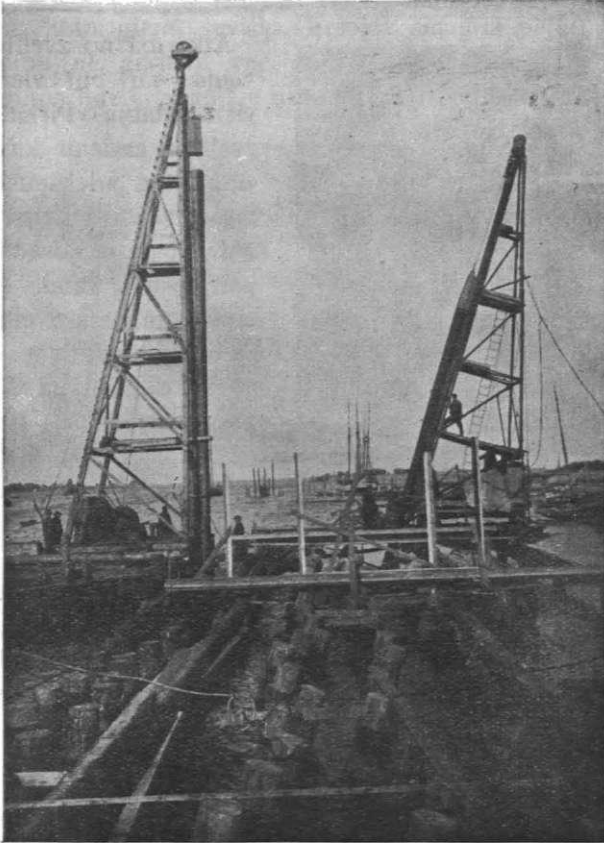
Zveltņa pirmatnējais veids, bez šaubām, bija vāle, no kuņas ar laiku attīstījies āmurs un rokas zveltņis, kādus vēl tagad bieži lieto tievu un īsu pāļu iedzišanai mazāk blīvās gruntīs.

Atkarībā no zveltņa svara un veida, var būt viens vai divi virzumstatņi. Pirmā gadījumā zveltņis arvienu kustēsies virzumstatņa priekšpusē un nekad tas nevar izdarīt sitienus pāļa galvai, ja tā atradīsies zemāk par sastata rāmi. Pie diviem virzumstatņiem zveltņis var kustēties starp tiem (46. zīm. - augšā pa labi un 47. zīm. -IV) un to priekšpusē (49. zīm.). Pēdējo konstrukciju lieto pie smagiem zveltņiem un spraugu starp abiem virzumstatņiem tādā gadījumā taisa nelielu. Kad zveltņis kustas starp virzumstatņiem, atstātumu starp tiem taisa tik lielu, lai zveltņis svabadi varētu slīdēt uz augšu un krist uz leju.

Tā ka virzumstatņi vada zveltņa kustības un notura to vajadzīgā virzienā, tad zveltņi arvienu saista ar virzumstatņiem ar divām vai vairākām rokām,



Āmurs sastāv no 30 cm augsta ozola vai vīksnas koka cilindriskā kluča, 20÷25 cm diametrā, kuŗam piestiprināts apm. 1 m garš kāts. Kluča svārs nedrīkst pārsniegt 12 kg; āmura kātam jāiet cauri kluča smaguma centram, pretējā gadījumā pēc uzsišanas tas var gāzties un izkrist iz strādnieka rokām. Krišanas augstums 0,6÷0,9 m.

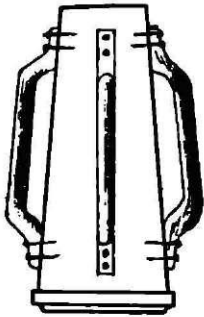


50. zīm.

Vienā paņēmienā izdara 30 sitienu, pēc kam atpūšās apm. 2 minūtes. Āmuru lieto pie pājiem ar diametru līdz 10 cm, kuŗi jāiedzen ne visai blīvās gruntīs un ne dziļāk par 1,5 m.

Rokas zveltnis sastāv, tāpat kā āmurs, no ozola vai vīksnas koka kluča, retāki no čuguna bluķa, ar 2 vai 4 rokturiem (51. zīm.). Rokas zveltņa svārs no 25÷60 kg, caur ko arī kluča izmēri lielāki, apakšējais gals nostiprināts ar dzelzī loku un celšanu izdara 2÷4 strādnieki. Pielietošanas veids tāds pats, kā āmuriem.

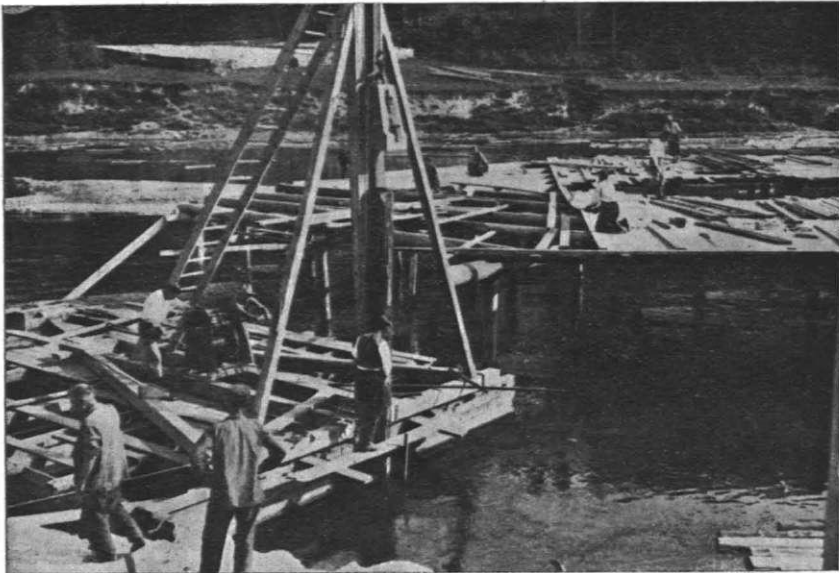
Pārdziņa zveltņus parasti izgatavo no čuguna un tērauda. Šķersgriezumā tas pa lielākai daļai taisnstūris, augšgalā ar mazāku šķersslaukumu, kas pakāpeniski palielinās uz leju, lai, pirmkārt, palielinātu sietena laukumu, otrkārt, lai smaguma centrs atrastos pēc iespējas zemāku, caur ko novērš zveltņa gāšanos. Zveltņa celšanai tā augšgalā iestiprina osu (52. zīm.).



51. zīm.

Zveltņi un tā rokas taisa dažādi, atkarībā no tā, vai zveltņis kustas virzumstatņu priekšpusē, vai starp tiem.

Vienkāršākais gadījums, kad viens virzumstatnis un zveltņis kustas tā priekšpusē. Tādā gadījumā četras rokas taisa no cieta koka un iekļē zveltņi atstātos iedobumos (53. zīm. - pa kreisi), vai izlaiž

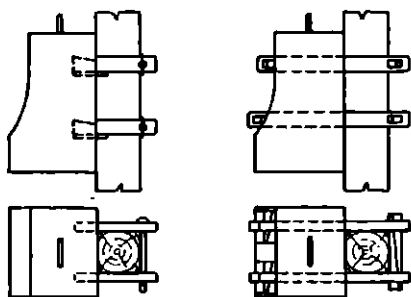


52. zīm.

cauri zveltņi atstātiem caurumiem un pēc tam noķilē zveltņa priekšpusē (53. zīm. - pa labi). Abos gadījumos abas virsējās un abas apakšējās rokas sastiprina ar ķļiem vai bultām virzumstatņa muguras pusē.

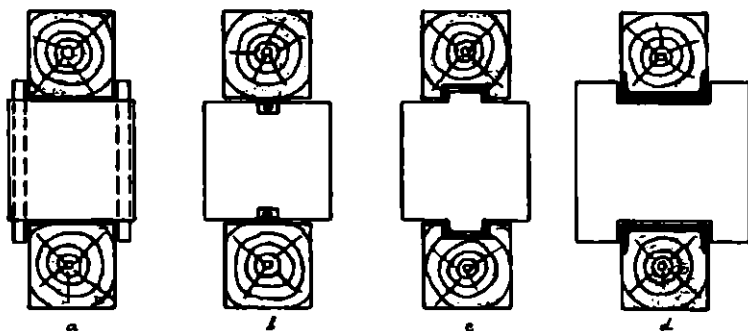
Ja zveltņis kustas starp 2 virzumstatņiem, tad ierīko 4 rokas no cieta koka, izlaižot tās cauri zveltņi atstātiem caurumiem (47. zīm. - IV un 54. zīm. - a); var lietot arī speciāli lietus zveltņus: 1) ar

rievu katrā sānpusē, pie kam virzumstatņū iekšmalās piestiprinātas L-dzelzītes, kuņas izpilda ierīva vietu (54 zīm. - b); 2) ar ierīvu katrā sānpusē, tad virzumstatņū iekšmalā ierīko rievu no šauras L-dzelzītes (54. zīm. - c); 3) ar iedobumiem sānmalās, kuņas ietiet paši virzumstatņi, kas stūrētos jānostiprina, lietojot platu L-dzelzīti vai stūņa dzelzītes (54. zīm. - d).



53. zīm.

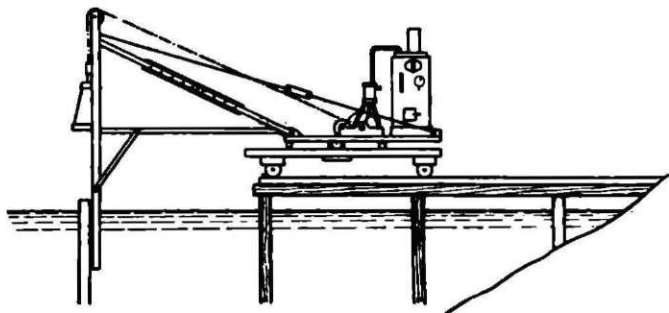
Pie lieliem pārdziņiem ar smagiem zveltniņiem taisa 2 virzumstatņus nelielā atstatumā vienu no otra, starp kuņiem kustas smagā zveltņa 2 rokas, bet pats zveltņis kustas abu virzumstatņū priekšpusē. Zveltņa rokas pie mēchaniskiem pārdziņiem var iekļēt tāpat kā pirmā gadījumā (52. zīm.), bet pie tvaika pārdziņiem rokas lej kopā ar zveltņi (69. un 70. zīm.), vai atsevišķi izlietas pieskrūvē pie zveltņa, vai taisa saliekamas rokas, kuņas pēc tam piestiprina zveltņim. Koka virzumstatņi tādos gadījumos jāaizsargā no priekšlaicīgas nolietošanās, nostiprinot tos ar L- vai L-dzelzīm.



54. zīm.

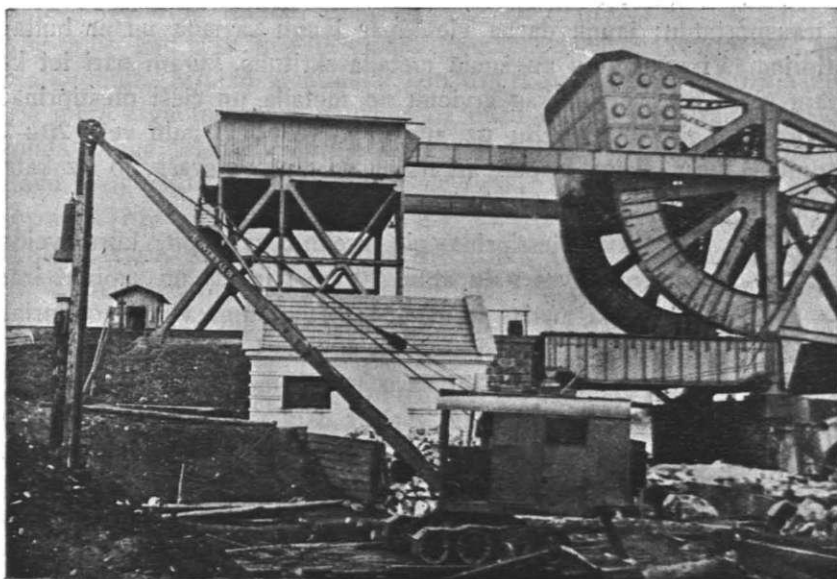
Inženierbūvniecībā bieži rodas vajadzība pēc smagiem zveltniņiem, kas savukārt rada lielas grūtības transporta ziņā. Šo grūtību novēršanai būvmašīnu fabrikas sāk taisīt no vairākām daļām saliekamus zveltņus. Šādu saliekamu zveltņu divām daļām ir pielietas klāt rokas zveltņa vadišanai. Savā starpā atsevišķas daļas sastiprina ar dzelzs bultām, kuņas iet cauri atlokiem, kas pielieti katras daļas augš- un apakšgalā. Paļa galvas saudzešanai no stipriem un asiem sitieniem,

starp atsevišķām daļām ievieto svina plāksnītes, ādu vai zāģu skaidas. Lai izolējošais materiāls neizkristu ārā, ap savienošanas vietu apliek dzelzs loku.



55. zīm.

Pajdziņa sastata pārvietošanu nelielos atstātumos un pie neliela pāļu skaita izdara, pārbidot to ar svirām no viena punkta uz otru, kur pāji jāiedzen. Ja pāji iedzenami rindās, var sastatu novietot uz



56. zīm.

liellaivām (50. zīm.-pa kreisi) vai uz platformas, kuŗa pārvietojas pa sliežu ceļu (59. zīm.); vēl kustīgāks ir sastats, kad lieto 2 platformas, no kuŗām augšējā griežas virs apakšējās, kā pie grozamiem krāniem.

Ja vieta, kur iedzenami pāji, atrodas ūdenī, tad pājdzini novieto uz stāvošām sastatnēm, vai liellaivās, vai uz pļostiem, vai uz ledus, ja darbus izved ziemā.

Vieglu pāju iedzišanai pājdziņa sastata vietā var lietot trijkāji, kuŗa augšgalā piekaŗ trīsi, kam pāri iet zveltņa virve.

Ja iedzenami nedaudzi atsevišķi, tāju viens no otra stāvoši pāji vietās, kas atrodas ūdenī, vai citādi grūti pieietamas, tad par pājdziņa sastatu var lietot grozamo krānu, novietojot krāna augšējās platformas līmeni 2 horizontālus saišķus, sastiprinot tos ar 2 vertikāliem šķautņiem — virzumstatņiem, kas piestiprināti izlīces augšgalā. Atstātumi līdz pāju iedzišanas vietām grozāmi, nostādot krāna izlīci dažādos slīpumos un pagarinot vai saīsinoŗ abus horizontālos saišķus (55. zīm.).

Pie Rīgas vecā dzelzs tilta, pār Daugavu, pārbūves darbiem 1937. g. vasarā par pājdziņa sastatu pārvērsta zemes rokamā mašīna-dregleins, saprotams noņemot kausu un ierīkojot virzumstatņus, sastiprinot tos ar saišķiem (56. zīm.).

**Rokas pājdzīnis.** Sastatu taisa arvienu no koka, izjaucamu un transportāblu; jaunā darba vietā par jaunu sastāda un ar bultām sastiprina. Virzumstatņu augšgalā metalla skritulis, kuŗam pāri iet kaņepāju virve no zveltņa, kas arvienu no metalla un cieši piestiprināts pie virves. Lai zveltņi celtu uz augšu, virves otro galu velk 20÷25 strādnieki, kuŗu skaits, vispār, atkarājas no zveltņa svāra, jo uz katru strādnieku nedrīkst pīlaist vairāk par 15 kg.



57. zīm.

Virvi piestiprina pie zveltņa ar cilpu, kuŗu veido, izārdot virves galu apm. 20 cm gaŗumā un sapīnot izārdītā gala auklas kopā ar virvi; pīnuma vietu nostiprina, notīnot to no ārpuses ar auklu. Lai šādā ceļā dabūtā cilpa ilgāki izpildītu savu uzdevumu un nenolietotos no berzes starp virvi un zveltņa osu, var visu cilpu notīt ar auklu vai cilpas iekšpusi nosegt ar ādas strēmeli (47. zīmējums - III).

Virves otrā galā iesien speciālu viegli izārdāmu cilpu (57. zīm. un 47. - II), kuŗai izbāŗ cauri koka puļķi, pie kā piekaŗ dzelzs gredzenu vai virves riņķi; pie pēdējā piesien tik daudz 5÷6 m gaŗas auklas, cik zveltņa celšanai vajadzīgs strādnieku. Katras auklas lejas galā piestiprināts apaļš koka puļķis 4 cm diametrā un apm. 30 cm gaŗumā, ap kuŗu aptīn auklas pārejo daļu. Ar pāja iedziņīnāšanas grūti pagaŗina auklu, notīnot to pēc vajadzības no puļķa, lai zveltņa celšanas augstums arvienu būtu apm. 1,2 m; izņēmuma gadījumos,

kad pālis jādzen cauri kādam ļoti blīvas grunts slānim, pielaiž celšanas augstumu līdz 1,7 m, pie kam strādniekiem, velkot zveltni uz augšu, jāsaliecās pat tik tālu, ka ar auklas galu rokās sasniedz pāldziņa platformas grīdu.

Vienā paņēmiēnā no vietas izdara 25÷30 sitienus, kas velkās apm. 2 minūtes, jo katram sitienam vajadzīgs apm. 4 sekundes. Pēc katra paņēmiēna taisa 2 minūtes gaŗu pārtraukumu; tā tad stundā iznāk apm. 15 paņēmiēni, t. i. var izdarīt apm. 400÷450 sitienus.

Lai strādnieki viens otru netraucētu, vajadzīga pie pāldziņa platforma ar grīdas laukumu ne mazāku par 0,5 m<sup>2</sup> uz katru strādnieku.

Sišanu izdara pēc komandas un jāskatās, lai strādnieki neiekārtos auklā, atļaujot sevi vilkt virvei līdzī pie zveltņa krišanas. Pie lielāka strādnieku skaita uzraudzība apgrūtināta un neērtības sagādā strādnieku novietošana, kādēļ rokas pāldziņī nav ieteicami pie darbiem, kur vajadzīgi smagi zveltņi, un tādos gadījumos jāpārīet uz citāda veida pāldziņu lietošanu.

**Mēchaniskie pāldziņi.** Būvniecībā šādi pāldziņi pazīstami jau no seniem laikiem. Pirmos mēģinājumus konstruēt mēchanisku pāldziņi izdarīja franču zinātnieks de la Hire 1707. g., bet jau 1780-tajos gados franču inženiers Perronet izdarīja tānī ievērojamus uzlabojumus. Minēto zinātnieku konstruētā mēchaniskā pāldziņa darbs lielā mērā atgādina rokas pāldziņa darbu, tikai daudzo strādnieku vietu izpilda tītava; sākumā lietoja rokas tītavu, bet vēlāk — mēchanisku tītavu. Šos pāldziņus sauc par mēchaniskiem pāldziņiem ar atpakaļrītošu virvi, atšķirībā no cita veida mēchaniskiem pāldziņiem, kuŗus konstruēja anglis R. Scott's 1857. g. un vēlāk Sisson's un White's izdarījuši dažus pārlabojumus; pēdējos sauc par mēchaniskiem pāldziņiem ar bezgala ķēdi, to darbība dibināta uz cita principa, nekā rokas pāldziņu darbība.

Mēchaniskie pāldziņi ar atpakaļrītošu virvi sadalās divos veidos: pirmam — virve cieši piestiprināta pie zveltņa un otram — starp virvi un zveltni iestarpināts kāds trešais elements — kāsitis, knaibles u. t. l.

Pirmā veida pāldziņiem virve cieši piestiprināta pie zveltņa un pēdējo ceļ ar tītavas palīdzību līdz vajadzīgam augstumam; pēc tam ļauj zveltņim brīvi krist, atmetinot tītavas spoli no spēka mašīnas, lai zveltnis kriŗtot norītinātu virvi no spoles. Šādā gadījumā zveltņim jāpārvar liela virves berzes pretestība, kādēļ sitiena efekts nav tāds, kā kad zveltnis kristu pilnīgi brīvi viens pats; efekta lieluma samazināšanās svārstās no 10÷50%, atkarībā no tītavas konstrukcijas, stāvokļa un zveltņa svāra. Tas uzskatams par šī pāldziņa trūkumu, kam tomēr

stāv pretīm zināma priekšrocība — palielināts sitienu skaits minūtē, jo smagais zveltnis ļoti ātri noritina virvi no tītavas spoles, kuŗa, same-  
tinot to pēc zveltņa sitienu atkal ar spēka mašīnu, tūlī sāk zveltni  
par jaunu celt, jo nav vajadzīga ne zveltņa atsiešana, ne piesiešana.  
Piemēram pie 4 m celšanas augstuma zveltnis 1 minūtē izdara apm.  
9 sitienus.

Pie Rīgas eksportostas krastmalas pagarināšanas darbiem 1930.—  
1932. g. lietoti bez tvaika pārdziņā vēl četri mēchaniski pārdziņi ar  
atpakaļrītošu trosi, no kuŗiem trīs bija novietoti uz liellaivām (50. zīm.-  
pa kreisi) un viens uz rītošas platformas, kas ritēja pa sliežu ceļu  
virs stāvošām sastatnēm (50. zīm.-pa labi). Zveltņu svars pirmiem  
trim — 2,1 t, bet ceturtam — 2,35 t, krišanas augstums apm. 2 m  
un to pēc acumēra regulēja mašīnists. Neskatoties uz to, ka pāļu  
darbu rīkotājs stingri sekoja, lai zveltni neceltu pārāk augstu, tomēr  
bija gadījumi, kad tas pacelts līdz 4 m un ka sekas bija gaŗo pāļu  
salaušana. Pārdziņu mēchaniskās tītavas dzina elektromotori. Pie apm.  
2 m krišanas augstuma zveltnis minūtē varēja izdarīt 10 sitienus.  
Šo pārdziņu darba raŗību traucēja bieŗā elektromotoru un tītavu bo-  
jāšanās un troses ātrā nolietošanās.

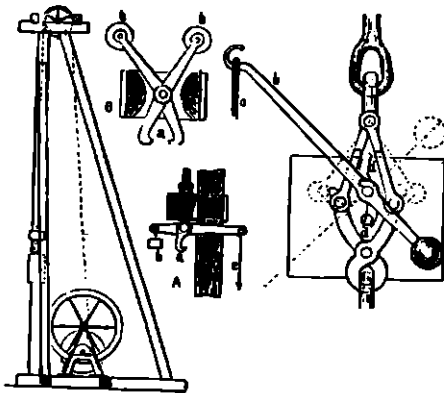
Pie otrā veida pārdziņiem virve nav cieši piestiprināta pie zveltņa  
bet starp tiem iestarpināts speciāls kāstītis vai knaibles, vai  
c. t. l. elements.

Praksē visbieŗākā nāk priekŗā, ka starp virvi un zveltni iestar-  
pina kāstīti (58. zīm.-A). Tādā gadījumā virvi piestiprina cieši pie  
speciāli taisīta kāstīŗa, kuŗŗ savukārt ieķeŗas zveltņa osā. Vijot vir-  
ves otru galu ap tītavas spoli, zveltni ceļ uz augŗu. Sasniedzot vāja-  
dzīgo augstumu, no kāstīŗa atraisa zveltni, kas brīvi krist uz leju un  
izdara sitienu. Zveltni atraisa no kāstīŗa pāļu dzišanas darbu vadītājs,  
paraujot uz leju tievu virvīti (c), kuŗa piestiprināta pie kāstīŗa sviras  
gala, pēc kam kāstīŗa liektais gals (a) izslīd iz zveltņa osas un zveltnis  
var brīvi krist uz leju. Var virvītes lejas galu piesiet noteiktā vietā;  
kad zveltni ceļ augŗāk par noteikto augstumu, kāstīŗa sviras gals  
līdzī zveltnim vairs celties nevar, resp. tiek rauts uz leju, un kāstīŗa  
liektais gals izslīd iz osas. Retāki lieto virzumstatnī iedzītu dzelzŗ  
tapu; atspieŗoties kāstīŗa sviras galam pret tapu pie zveltņa celšanas,  
kāstīŗa liektais gals izslīd iz zveltņa osas un zveltnis var brīvi krist  
uz leju.

Lai kāstītis pēc zveltņa nokrišanas kristu tam pakaļ un tanī pat  
laikā norītinātu virvi no tītavas spoles, virs kāstīŗa piestiprina attiecīga  
smaguma atsvaru, kuŗa svars ir maināms, atkarībā no tā, ar

kādu ātrumu vēlas zveltņa virvi noritināt no spoles. Lai kāstīša izliektais gals, nokrītot uz zveltņa augšgalu, pats iekļertos osā, to izveido ar slīpu ārmalu un pa kreisi no tā piestiprina otru, mazāk smagu atsvaru (b), kas iespiež kāstīša izliekto galu osā.

Bez kāstīša konstrukcijas virves piestiprināšanai pie zveltņa lieto arī kņabiles, kuŗas iestiprinātas smagā čuguna rāmī (B), kas piekārtas pie zveltņa virves (58. zīm.). Kņabiles augšzari veidoti smagāki par lejas galiem, kādēļ pēdējie arvienu veras cietī. Kā rāmis, tā kņabiles kustās starp virzumstatņiem un to vadišanai statņu iekšmalā piestiprināta L, vai T-dzelzīte, pa kuŗu rit kņabiles augšzaros iestiprinātie skrituliši (b). Spraugu starp L, vai T-dzelzītēm zveltņa



58. zīm.

krišanas augstumā sašaurina, caur ko kņabīlei augšzari saspiežas tuvāki kopā, lejas zari (a) atveras un izlaiž zveltņa osu, lai zveltņis brīvi kristu uz leju. Kņabiles, pateicoties čuguna rāmim, rit uz leju pakaj zveltņim un noritina virvi no tītavas spoles; atsītoties pret zveltņi, no trieciena kņabīlei atveras lejas zari, kas par jaunu saķer zveltņa osu.

Bez apskatītām ierīcēm (kāstītis, kņabiles) zveltņa aizķeršanai un celšanai ir vēl daudz citādas konstrukcijas, bet darba princips visām viens un tas pats.

No sacītā redzams, ka pie otrā veida pārdziņiem ar atpakajrītošu virvi zveltņis krīt brīvi uz leju, caur ko sitiena efekts ir pilnīgs, kas uzskatāms par šo pārdziņu priekšrocību; bet tam pretim stāv trūkums, kas parādās iekš tā, ka zveltņa sitieni seko viens otram lēnāki, nekā pie pirmā veida pārdziņiem, jo nekad aizķeršanas ierīces (kāstītis, kņabiles u. t. l.) nav tik smagas kā zveltņis, kādēļ virve noritinās no tītavas spoles daudz lēnāki, nekā pie pirmā veida pārdziņiem ar atpakajrītošu virvi. Piemēram, pie 4 m celšanas augstuma tāpat kā pirmā gadījumā, zveltņis 1 minūtē izdara tikai 3 sitienus.

Salīdzinot abus apskatītos pārdziņu veidus, redzams, ka pirmam veidam zveltņa sitiena efekts par apm. 20% mazāks, bet sitienu skaits pie vienāda augstuma 3 reizes lielāks, caur ko arī ražība par 2,5 reizēm lielāka nekā otrā veida pārdziņiem. Pirmā veida pārdziņiem vajadzīgas stiprākas mašīnas, caur ko pats pārdziņis dārgāks un tā



pašsvars lielāks, kādēļ transporta un uzstādīšanas izdevumi arī lielāki, turpretim rīcības izdevumi pie vienādas ražības pirmā veida pāldziņiem mazāki. Otrā veida pāldziņis ir viens no vienkāršākiem un pie tam ir lēts un drošs. Pateicoties stipriem un lēnam viens otram sekojošiem sitieniem, noderīgs resnu pāļu iedzišanai. Pie tieviem pāļiem zveltņa kritiena augstums jāsamazina, bet tā kā sitienu skaits caur to ļoti maz pieaug, tad ražība tādos gadījumos samazinās.

Kā jau minēts, pie abiem pāldziņu veidiem ar atpakalrītošu virvi var lietot rokas tītavu vai mehānisku tītavu, atkarībā no zveltņa svāra, pāļa dimenzijām un grunts apstākļiem

Lietojot rokas tītavu, pirmā un otrā veida pāldziņa apkalpošanai vajadzīgs pāļu darbu rīkotājs un 4–8 strādnieki, atkarībā no tā, kā pāļu dziļšanas darbi noorganizēti — bez maiņām vai ar maiņām.

Lietojot mehānisku tītavu, pie pirmā veida pāldziņa apkalpošanas bez pāļu darbu rīkotāja vajadzīgs mašīnists, kurinātājs un viens strādnieks, kuŗš bez tam var arī citus blakus darbus strādāt. Pie otrā veida pāldziņa apkalpošanas vajadzīgs tas pats personāls, izņemot kurinātāju.

Mehāniskiem pāldziņiem ar bezgala ķēdi, kā nosaukums rāda, kustošais elements, kas ceļ zveltņi uz augšu, ir bezgala ķēde, kas veidota pēc „Gall'a” ķēdes sistēmas.

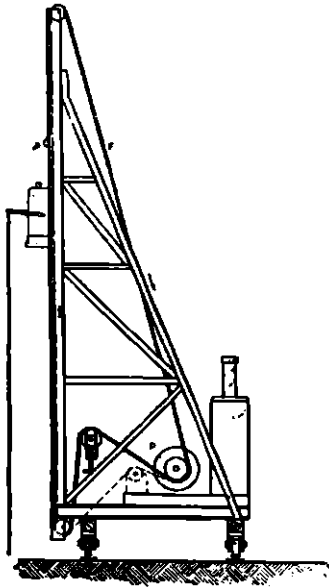
Parasti tvaika mašīna griež ķēžu riteni (59. zīm. - P), kas savukārt dzen bezgala ķēdi (F); tālak ķēde rit pāri skritulim ar pārstādamu gultni, kas vajadzīgs ķēdes stingrākai uzvilkšanai. Aiz pārstādamā skrituļa ķēde rit pāri 2 skrituļiem; viens no tiem iestiprināts virzumstatņņu lejas galā, otrs — augšgalā, kur ķēde maina virzienu un rit atpakaļ uz ķēžu riteni. Starp virzumstatņņiem ķēde kustās bez apstāšanās tikai vienā virzienā — no lejas uz augšu.

Zveltņi ceļ uz augšu, kad to savieno ar kustīgo bezgala ķēdi, bet tiklīdz viņu atvieno, tas brīvi krit uz leju un izdara sitienu.

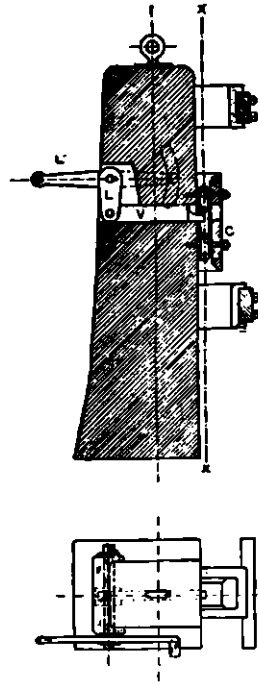
Zveltņa savienošanai un atvienošanai lieto dažādus mehānismus, kuŗi atrodas pie zveltņa vai tā iekšpusē. Visiem šiem mehānismiem ir viens kopīgs uzdevums: izbīdīt un ievilkāt atpakaļ tērauda mēlīti, kuŗu izbīdītā stāvoklī uzķer bezgala ķēde un ceļ zveltņi uz augšu. Ievilkot mēlīti atpakaļ zveltņi, tas krit un izdara sitienu.

Viens no visizplatītākajiem mehānismiem mēlītes izbīdīšanai un ievilkšanai ir dubultrocīga svāra (60. zīm.). Zveltņis slid virzumstatņņu priekšpusē, tā abas rokas kustās starp virzumstatņņiem un bezgala ķēde kustas virzienā  $x - x$  (cauri zveltņa abās rokās atstātiem caurumiem). Vienos zveltņa sānos atsevišķai horizontālai asei cieši piestiprināta dubultrocīga svāra ( $L'$ ), kuŗas labais gals izveidots

par plāksnīti, bet kreisajā galā piesieta virvīte. Svīras ass iet caurī zveltņim un pie tās cieši piestiprināta vienrocīga svīra (L), kuŗa savukārt ar lociklu saistīta ar tērauda mēlīti (V); kā vienrocīgā svīra, tā arī mēlīte kustās zveltņa iekšpusē atstātā dobumā. Lai pie mēlītes izbīdīšanas ķēde neizliektos, piestiprina zveltņa muguras pusē tērauda plāksnīti (C) ar nelielu caurumu mēlītes kustības virzienā



59. zīm.

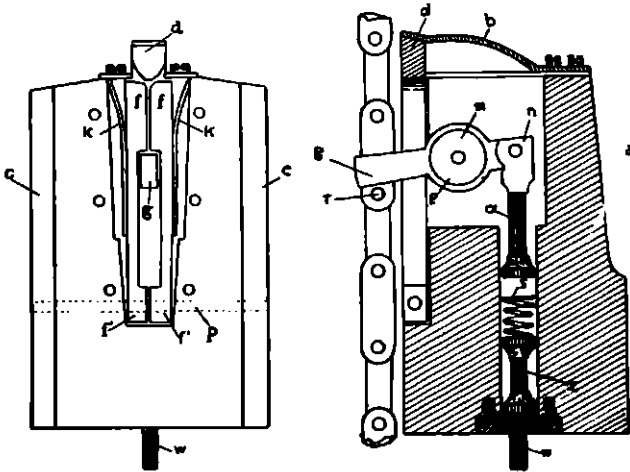


60. zīm.

Lai zveltņi saistītu ar bezgala ķēdi, paļu darbu rīkotājs pievelk virvīti, svīras (L') kreisais gals pārvietojas uz leju, svīras (L) lejas gals pārvietojas pa labi un izbīda mēlīti no zveltņa ārā; to uzķer ķēde un zveltņis ceļās uz augšu. Zveltņa atvienošanai no ķēdes, lai tas kristu uz leju, vajadzīgā augstumā virzumstatnī iedzen dzelzs tapu (59. zīm. - p), pret kuŗu atspiežoties dubultrocīgās svīras (L') labajam galam, svīras (L) lejas gals pārvietojas pa kreisi un ievēl mēlīti atpakaļ zveltņi, kuŗš tad brīvi krīt uz leju un izdara sitienu.

Bieži sastopams mēchanisms, kas ar dubultrocīgas svīras un ekscentriskas ripas palīdzību izbīda mēlīti no zveltņa ārā un ievēl atkal atpakaļ zveltņi iekšā. Darbība zveltņa ceļšanai un krišanai tāda pate, kā pie pirmā mēchanisma lietošanas.

Pie mums, Rīgā, nāk priekšā inženiera Hercberga patentēts mēchanisms (61. zīm.). Zveltna augšgalā piestiprināta tērauda atsperīga plātnīte (b) ar nelielu ķīli (d) galā. Zveltna muguras puses dobumā zem ķīļa (d) iestiprinātas divas sviras (f), kuŗu lejas gali šaurāki un rada nelielu spraugu svīrai (g), bet augšgali plataki un tiek spiesti arvienu kopā ar 2 atsperēm (k). Zveltna vidus dobumā iestiprināta dubultrocīga svīra (g) ar ripu (m) vidū, ap kuŗas centru svīra var griezties; svīras (g) kreisais plecs izpilda mēlītes vietu; kad tas, izbīdīts uz āru, ieņem zīmējumā rādīto stāvokli, tad zveltnis ceļās uz augšu. Svīras (g) labā pleca galā ar lociklu piestiprināta vertikāla dzelzs sloksnīte (n), kas nobeidzās lejas galā ar spiedi (o);



61. zīm.

vertikālā dobuma lejas galā ievietots stienītis (z) ar spiedi (w), kas parasti atrodas zveltna ārpusē zem tā apakšējās malas, bet stienīša (z) augšgalā novietota tērauda spirālatspere (s).

61. zīmējumā rādīts stāvoklis, kad svīru (g), kas izbīdīta laukā, no apakšas spiež bezgala ķēdes loceklis (T), bet tā savukārt spiež uz abu svīru (f) paplašināto augšgalu, caur ko zveltnis ceļās uz augšu. Sasniedzot vajadzīgo augstumu, virzumstatņos iedzītā dzelzs tapa spiež uz atsperi (b), caur ko ķīlis (d) iespīežās starp svīrām (f), svīras (g) kreisais gals — mēlīte — izlec iz ķēdes locekļa un zveltnis brīvi krit uz leju. Tanī acumirkli, kad zveltnis atsītas pret pāja galvu, spiednis (w) iespīežās zveltnī, caur ko stienītis (z) ar atsperi (s) spiež svīras (g) labo plecu (n) uz augšu un kreiso plecu — mēlīti — izbīda atkal ārā un zveltnis ceļās par jaunu uz augšu.

Visiem mēchaniskiem pārdziņiem ar bezgala ķēdi tas kustības ātrums tāds pats, kāds virves ātrums mēchaniskiem pārdziņiem ar atpakalrītošu virvi, t. i. no 0,3—0,4 m/s; lielāku ātrumu nav ieteicams lietot, jo tad zveltņa pievienošana ķēdei izsauc štiprus grūdienus.

Pie normāla zveltņa krišanas augstuma 1,5 m, tas minūte izdara 12 sitienus. Var vienādi izdevīgi dabūt lēnus un smagus sitienus, kā arī ātrus un vieglus, tā tad šis pārdzīnis noderīgs kā tievu, tā arī resnu pāju iedzišanai.

Varētu domāt, ka pārdzīnis ar bezgala ķēdi būtu tas visizdevīgākais un pārspētu visus citus. Bet prakse rāda, ka tā tas nav, jo arī šim pārdzīnim ir trūkumi: pirmkārt, ķēde ātri nolietojas, kas izsauc biežus pārtraukumus darbā; otrkārt, iedzenot pāju slipā virzienā, lai ķēde nekarātos, tā ļoti stingri jāuzvelk, kas savukārt izsauc lielu berzes pretestību; treškārt, skritulis virzumstatņu lejas galā neļauj tos pagarināt uz leju, kādēļ nevar lietot pie pāju iedzišanas, ja to galvas nāk zemāku par pārdziņa sastata rāmi.

Pārdziņa apkalpošanai vajadzīgs pāju darbu rīkotājs, mašīnists un viens strādnieks, kuŗš var strādāt arī dažus blakus darbus.

**Tvaika pārdziņi.** Par tvaika pārdziņiem sauc tādas, kuŗu zveltņis savienots ar tvaika cilindri, vai kuŗu zveltņis pats ir tvaika cilindrs.

Pie šiem pārdziņiem tvaiks darbojas tieši uz zveltņi, kas dod iespēju sasniegt daudz lielāku celšanas ātrumu nekā pie citiem pārdziņiem. Zveltņis izdara 40—80 un vēl vairāk sitienus minūte. Tā ir tvaika pārdziņa raksturīgā īpatība. Pārdziņa darbībai vajadzīgs tikai tvaika katls, kas ražo tvaiku. Sprotams, ja jau ir tvaika katls, tad parasti arī uzstāda tvaika tītavas pāju celšanai un citiem darbiem.

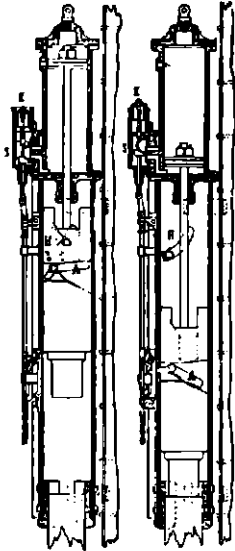
Tvaika pārdziņus sadala divās sistēmās: pie pirmās sistēmas pieder tie, kuŗiem cilindrs stāv mierā un kustās virzulis ar pie tā kāta piestiprinātu zveltņi; pie otrās sistēmas pieder tie, kuŗiem virzulis stāv mierā un kustās par zveltņi izveidotais cilindrs.

Pirmā sistēma vecāka un tās redzamākie izveidojumi ir James Nasmyth'a, Schwarzkopf'a un Morison'a pārdziņi.

James Nasmyth'a tvaika pārdzīnis konstruēts 1844. g. un jau tanī pašā gadā lietots pie Dēvenporta ostas izbūves darbiem.

Nasmyth'a tvaika pārdziņa zveltņis (62. zīm.) sastāv no tvaika cilindra, kuŗa lejas galā piestiprināts vāsts — dobts ķermenis — no ārpuses šķērsgriezumā kvadrāts, bet iekšpusē 8-stūris. Vāstu ar tā lejas galu uzstāda uz pāja galvas. Pats zveltņis piestiprināts pie tvaika cilindra virzuļa kāta un kustas pa vāstu uz augšu un leju, izdarot sitienus uz pāja galvu, caur ko tas iedziļinās gruntī un par tik, par

cik pālis iedzilinas, pārvietojas arī uz leju visa ar zveltni saistītā ierīce. Tā ka tvaika cilindrs attiecībā pret pāli savu stāvokli nemaina, tad saka, ka cilindrs ir elements, kas stāv mierā, bet kustīgais elements ir virzulis kopā ar pašu zveltni.



62. zīm.

Šim tvaika pārdzinim sastāvs sastāv no viena virzumstatņa, gar kuŗu pārvietojas tvaika cilindrs kopā ar vāstu.

Zveltna tvaika cilindra augšējais vāks taisīts iekšpusē ar iedobumu virzuļa kāta uzgriežnim un ārpusē ar osu visas ierīces pacelšanai un turēšanai pa pāja uzstādīšanas laiku; apakšējam vākam piestiprināts blīvslēgs tai vieta, kur virzuļa kāts nāk iz cilindra ārā. Cilindra augšgalā, netālu no augšējā vāka, atstāts caurums gaisa izplūšanai pie virzuļa celšanās un gadījumā, ja virzulis to pārsniedz, arī tvaika izplūšanai. Virs virzuļa, kad tas sedz caurumu, rodas saspiesta gaisa spilvens, kas aizsargā vāku no virzuļa tieša trieciena.

Blakus tvaika cilindrim, pie tā sānsienas, piestiprināta tvaikdaja kaste (s), caur kuŗas lejas galu iziet uz āru tikai tvaikdaja kāts, bet augšgalu slēdz mazs virzultītis (K), kas sastiprināts kopā ar pašu tvaikdali. No tvaikdaja kastes viens kanals ved uz cilindra lejas galu, otrs uz āru.

Tvaikdaja kāta lejas galā piestiprināta svīru sistēma, kuŗas atsevišķās svīras savā starpā un ar tvaikdaja kātu sastiprinātas ar lociklām un lejas galā nobeidzas ar ķēdīti. Sistēmas apakšējā svīra sastiprināta ar divām dubultrocīgām svīrām, pie kuŗām piestiprināta neliela plātnīte, kas vāsta sānsienā var stāvēt sienīgas plāksnē un noturēt svīru sistēmu tādā stāvoklī, ka tvaikdalis aizsedz kanāli uz cilindri, var arī izbīdīties uz āru un nostādīt svīru sistēmu tādā stāvoklī, ka tvaikdalis, pateicoties virzultītim tvaikdaja kastes augšgalā, var pacelties un atvērt kanālu uz cilindri; pēdējo stāvoklī svīru sistēma var ieņemt arī pavelkot mīnēto ķēdīti uz leju.

Pie virzuļa kāta piestiprināts pats zveltnis, kas kustas pa vāstu uz augšu un krīt uz leju. Zveltna augšmala kreisā pusē nošķelta slīpi, pa kuŗu, zveltnim ceļoties, slid uz augšu dubultrocīgās svīras (H) labais masīvais plecs, kas atrodas vāsta iekšpusē. Dubultrocīgā svīra (H) ar lociklu iestiprināta sienā un kad labais plecs ceļas uz augšu,

kreisais isais plecs izspiežas uz āru, ieķēras ārējās sviraš sistēmās attiecīgā locekļa dobumā un velk sviru sistēmu līdz ar tvaikdali uz leju. Zveltņa vidus daļā ietaisīts dobums, kurā ar lociklu iestiprināta otra dubultrocīgā svira (A), kurai kreisais plecs isāks un pieskaņas augstāk minētai plātnītei, bet labais masīvais plecs atbalstās uz atspēri, kas notur sviru minēta stāvoklī.

Darbu sākot, ar tvaika tītavas palīdzību nolaiž visu ierīci uz pāja galvu, pavelk ķēditi uz leju, caur ko sviru sistēma atraisa tvaikdaja kātu; tvaiks tvaikdaja kastē spiež uz augšējo mazo virzultīti, paceļ tvaikdali un paver svaigam tvaikam ceļu uz cilindri, kur tas ceļ virzuli līdz ar zveltņi uz augšu. Kad zveltņa slīpā augšmala sasniegusi augšējo dubultrocīgo sviru (H), tās labais plecs slīd uz augšu un spiež kreiso plecu uz āru, kas, ieķērdamies sviru sistēmā velk visu sistēmu līdz ar tvaikdali uz leju, noslēdz svaigam tvaikam ceļu no tvaikdaja kastes uz cilindri, bet atveļ nostrādātam tvaikam ceļu no cilindra uz āru; virzulis līdz ar zveltņi krīt uz leju un zveltņis izdara sitienu uz pāja galvu. Tātad pašā acumirkli no lielā satricinājuma apakšējās dubultrocīgās sviras (A) labais plecs, pārvarēdams atspērites spēku, padodās uz leju, bet kreisais plecs uzspiežās uz plātnīti vāsta sienā, izbīda to uz āru, caur ko sviru sistēma par jaunu atraisa tvaikdaja kātu un svaigais tvaiks sāk atkal ieplūst cilindri un ceļ virzuli ar zveltņi uz augšu un darbs sākās no jauna.

Tā tad atveļot darba sākumā tvaika pievadīšanas ventili un pavelkot ķēditi uz leju, tālākais darbs notiek pilnīgi patstāvīgi. Lai izbeigtu darbu, jāaizveļ tikai tvaika pievadīšanas ventilis. Tvaiku no tvaika katla pievada cilindriem pa gumijas šļūteni.

Sitienu skaits vienā minūtē no 80÷100.

Schwarzkopf'a un Morison'a tvaika pārdziņi pieder pie šīs pašas sistēmas, tikai konstrukcija daudz komplicētāka, jo tvaiku ievada arī cilindri virs virzuļa, lai palielinātu sitienu efektu. Praksē tagad lieto ļoti reti.

Prof. Levick'a tvaika pārdziņš pieder pie otrās sistēmas tvaika pārdziņiem. Prof. Leonidas Levicki's strādāja Rīgas Politehnikā no 1863÷1870. g.

Jauno darba principu, uz ko balstas tvaiku pārdziņu otrās sistēmas darbība, kā pirmais pielietoja Riggembach's, bet viņa konstrukcija smaga un neērta, kādēļ praksē piekrišanu nav guvusi.

Prof. Levicki's konstruēja uz šī pašā darba principa savu tvaika pārdziņi, kur novērsti Riggembach'a tvaika pārdziņa trūkumi. Pirmais

Levick'a tvaika pārdziņis laists darbā 1869. g. Rīgā pie Daugavas regulēšanas darbiem.

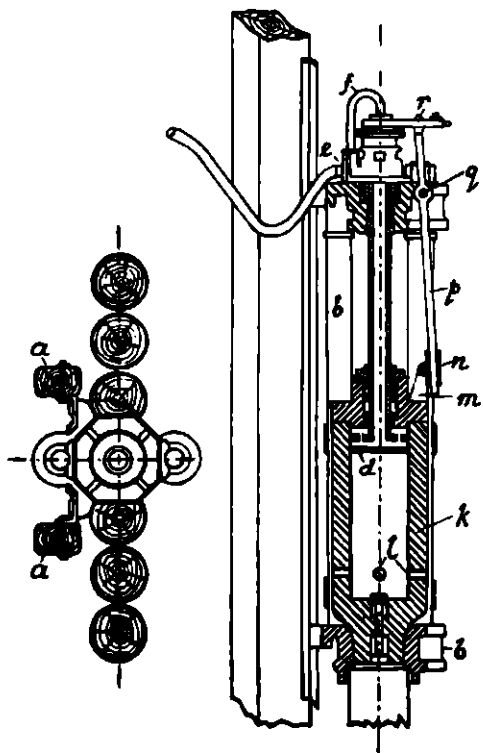
Levick'a tvaika pārdziņa sastatam divi virzumstatņi (a), kuŗu priekšpusē uz pāja galvas uzstāda zveltņa ierīci, kuŗa kopā ar pāli, virzumstatņu vadīta, pakāpeniski, pālim iedziļinoties grunti, pārvietojas uz leju.

Galvenās sastāvdaļas (63.–65. zīm.) ir metalla rāmis (b), kuŗa lejas galu uzstāda uz pāja galvu, bet augšgalā iestiprina virzuļa kātu (c), kas tāpat kā pats virzulis (d) ir dobts un nāk sakarā ar cilindra telpu virspus virzuļa pa 2 kanāļiem.

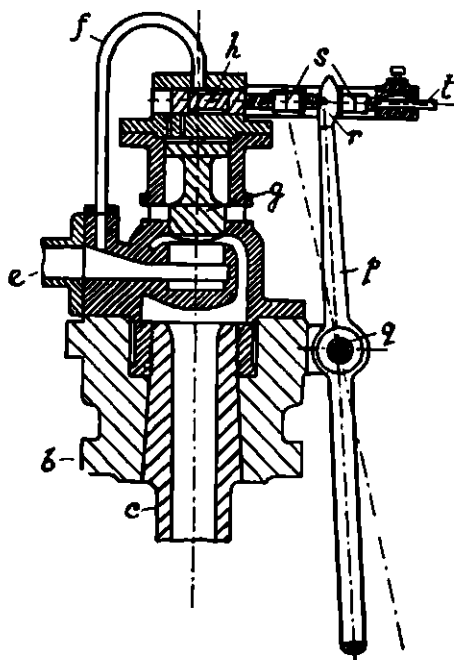
Virspus rāmja augšgala atrodas tvaika sadalīšanas telpa, kuŗas lejas galā nobeidzas tvaika pievadīšanas caurule (e), bet augšgalā tvaiku ievada pa izliektu caurulīti (f). Tvaika sadalīšanai ir 2 ventiļi: apakšējais — vertikālais (g) un augšējais — horizontālais (h) (64. un 65. zīm.). Vertikālais vents (g) taisīts no bronzas ar sferisku lejas galu, lai svaigais tvaiks ieplūstu zem tā pamazām un, paceļot to, atvērtu tvaikam ceļu uz virzuļa dobto kātu; ventiļa vidējā daļa šaurāka, lai varētu atstrādāto tvaiku vieglāki izvadīt ārā, bet augšējais gals ventīlim atkal platāks un tā diametrs lielāks par apakšējā sferiskā gala diametru. Telpu, kuŗā kustās vertikālais vents, savieno ar cilindri virzuļa dobtais kāts, bet ar ārgaisu 4 caurumi (i) un ar telpu, kuŗā kustās horizontālais vents, 2 vertikāli kanāļi. Horizontālais vents (h), arī no bronzas, vidējā daļā šaurāks, pārvietojas uz labo un kreiso pusi, aizvecot gan vienu, gan otru no minētiem diviem vertikāliem kanāļiem.

Tvaika cilindrs izveidots par zveltņi (k) un kustas gar rāmja vertikāliem statņiem (b) un virzuļa kātu (c). Cilindra lejas daļā ierīkoti 4 kanāļi (l) gaisa un tvaika izplūšanai uz āru un viens ar ventīli — kondensētā ūdens novadīšanai; pēdējais atveras tikai no trieciena zveltņim atsitoties pret pāja galvu. Cilindra augšvākā, kur virzuļa kāts iznāk ārā, ierīkots blīvslēgs. Pie cilindra augšgala atzarojuma (m) ar lociklu iestiprināta uzmava (n), kuŗai cauri iet svīra (p), kas ar lociklu (q) piestiprināta pie rāmja augšgala (63. zīm.). Tā ka uzmavas griešanas centrs atrodas vairāk uz āru nekā svīras griešanās centrs, tad cilindrim kustoties, svīra viegli vēzējās. Svīras augšgals, kas izveidots kā dakšiņa (r), kustas starp diviem uzgriežņiem (s) uz horizontālā ventīļa kāta (t) un, atspiežoties uz kreiso uzgriežņi, spiež ventīli uz kreiso pusi, atspiežoties uz labo uzgriežņi, spiež ventīli uz labo pusi (64. un 65. zīm.). Uzgriežņus pārstādot, spraugu starp viņiem var palielināt vai samazināt.

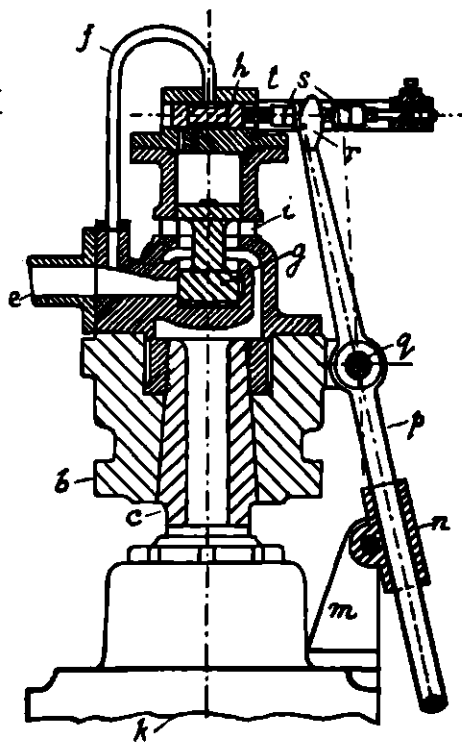
Levick'a tvaika pārdziņa darbība pilnīgi automatiska un norit sekojoši: svaigais tvaiks, kad vents pie tvaika katla atvērts, pa šū-



63. zīm.



64. zīm.



65. zīm.



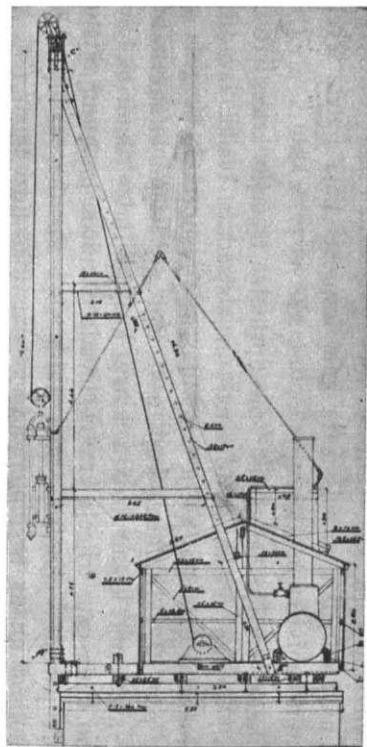
teni ieplūst tvaika sadalīšanas telpā, paceļ vertikālo ventilu, jo svira (p) pārbidījusi horizontālo ventilu uz labo pusi (64. zīm.) un atvērusi ceļu ārgaisam uz telpu virspus vertikālā ventila. Svaigais tvaiks zem paceltā ventija plūst tālāk uz virzuļa dobo kātu un cauri virzulim ieplūst cilindri virs virzuļa un ceļ cilindri-zveltni uz augšu. Līdz ar cilindri ceļas pie viņa piestiprinātā uzmava un spiež sviras lejas galu uz āru, caur ko tās augšgals pārvietojās pretējā virzienā, atspiežoties uz kreiso uzgriezni (65. zīm.), pārbrīda horizontālo ventilu uz kreiso pusi un atvēr ceļu svaigam tvaikam pa izliekto caurulīti un labo vertikālo kanāli uz telpu virspus vertikālā ventija; pēdējais, pateicoties pašsvaram un lielākam tvaika spiedienam no augšas, jo laukums lielāks, nokrīt uz leju, aizvēr ceļu svaigam tvaikam uz virzuļa kātu, bet atvēr ceļu atstrādātam tvaikam no cilindra, caur virzuļa dobo kātu uz āru, caur ko cilindrs-zveltnis krīt un izdara sitienu uz pāja galvu. Cilindrim nokrītot, sviras augšgals pārvietojas atkal uz labo pusi un pārbrīda horizontālo ventilu uz labo pusi, caur ko aizveras svaigam tvaikam ceļš uz telpu virspus vertikālā ventila, bet tvaikam, kas tur atradās, atveras ceļš uz āru. Tagad vertikālā ventilam no augšas pretspiediena nav un svaigais tvaiks, ieplūzdams no apakšas tvaika sadalīšanas telpā, ceļ ventilu uz augšu un darbība sākās no jauna.

Ar abiem uzgriežņiem, palielinot vai samazinot spraugas lielumu starp tiem, var regulēt zveltņa krišanas augstumu, kuŗa maksimumu nosaka rāmja gaŗums, resp. virzuļa kāta gaŗums.

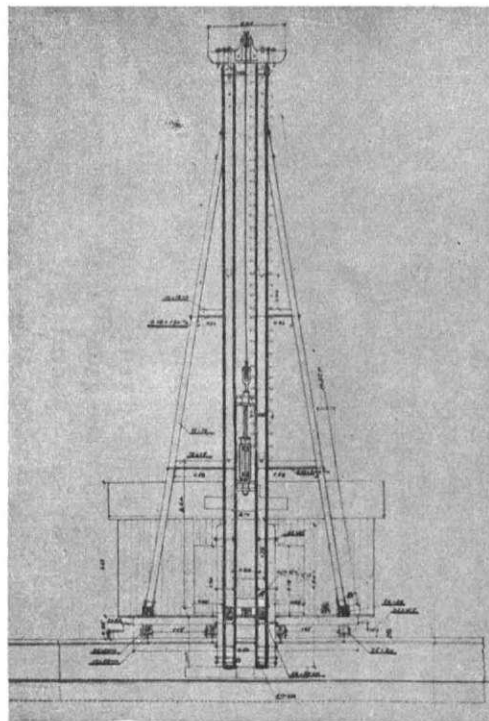
Visu ierīci ar trīsā palīdzību novieto uz pāja galvu un tā līdz ar pāja iedzilīnāšanos gruntī pārvietojas pakāpeniski gar virzumstatņiem uz leju.

Prof. Levick'a pirmais konstruētais tvaika pārdzinis pie Rīgas ostas krastmalas izbūves 1869. g. izdarīja ar 1300 kg smagu zveltni vienā minūtē 57 sitienus pie 0,6 m liela krišanas augstuma un 15 minūtēs iedzina 6 m dziļi smīlts gruntī uzreiz divus 8 m gaŗus rievpāļus. Tādos pat grunts apstākļos 1936. g. vasarā pie Daugavas krastmalas izbūves Rīgā, Latgales priekšpilsētā, ar Levick'a pārdzini iedzina 7,9 m dziļi uzreiz 2 rievpāļus, katra šķērsgrīzums  $25 \times 25$  cm un gaŗums 8,20 m, zveltņa svārs 1400 kg, krišanas augstums 0,6 m, izdarot pavisam kopā 400 sitienus.

Rīgas ostas valdes rīcībā arī tagad ir Levick'a sistēmas tvaika pārdzinis R. O. V. Nr. 1. un Nr. 2. (66. zīm.), kuŗus tā iznomā arī citām iestādēm un personām. 67. zīmējumā redzams šis pārdzinis pie Daugavas labā krasta krastmalas izbūves darbiem 1937. g. augšpus dzelzceļa tilta. 68. zīmējumā tas pats pārdzinis redzams pie



66-a. зīm.



66-b. зīm.



67. зīm.

pamatu likšanas darbiem Siguldas tiltam pār Gauju 1934. g. Zveltņa svars 1400 kg, pilns krišanas augstums 0,7 m, minūtē izdara 45÷60 sitienus. Pie Rīgas eksportostas krastmalas pagarināšanas darbiem 10 stundu laikā iedzina 9÷12 m dziļi 20÷24 pāļus, 35÷40 cm diametrā.



68. zīm.

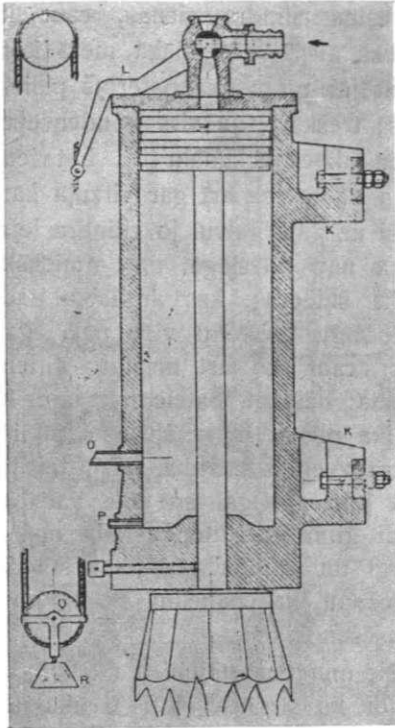
Lacour'a tvaika pāldzinis konstruēts 1878. g.; pirmo reizi parādījies atklātībā tai pašā gadā Parīzes pasaules izstādē. Nepareizi pieraksta autora tiesības francuzim Figé.

Lacour'a tvaika pāldzinis, tāpat kā Levick'a, pieder pie otrās sistēmas tvaika pāldziņiem. Sastāv no tvaika cilindra-zveltņa un masīva virzuļa, kuŗa kāts cilindra lejas galā iznāk ārā; blīvslēga cilindrim nav; smailais virzuļa kāts iespiests pāļa galvā. Zveltņcilindrs kustās virzumstatņu priekšpusē gar virzuļa kātu.

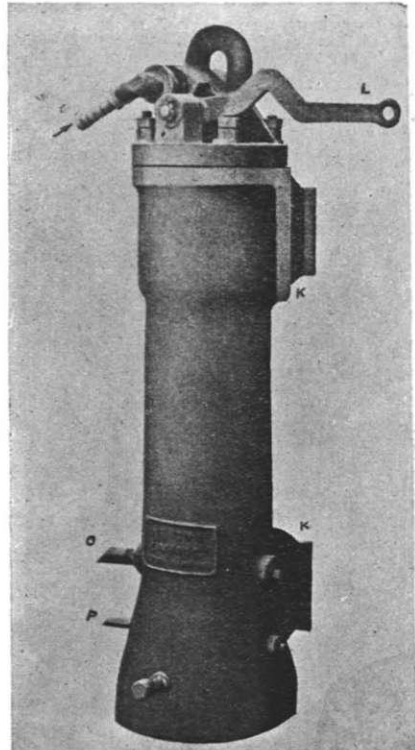
Cilindra-zveltņa augšgalā piestiprināts trijceļa krāns (69. un 70. zīm.) svaiga tvaika ievadīšanai un atstrādāta tvaika izvadīšanai. Krāna kustības izdara ar svīru (L), kuŗas gals iestiprināts bezgala virvē, kas iet pāri 2 skrituļiem, kuŗi paši slid gar vienu virzumstatni un līdz ar svīru un krānu izdara katru kustību līdz cilindrim. Svaigu tvaiku no katla caur trijceļa krānu pievada cilindrim pa gumijas šļūteni, kuŗai arī jāizdara cilindrim līdz katra viņa kustība, kādēļ to pakār speciālā virvē un ar trīs piepalīdz šīs kustības līdz taisīt (71. zīm.).

Cilindra lejas galā ierīkoti 2 kanāļi gaisa (O) un kondensēta ūdens (P) novadišanai un skrūve virzuļa kāta piestiprināšanai pie cilindra, lai tas nekarātos ārā un netraucētu darbus pa zveltņa pārstādīšanas laiku.

Lacour'a tvaika pārdziņa darbība sekojoša: aiz virves, kas iestiprināta osā virs trijceļa krāna, ar triša palīdzību nolaiž zveltņi uz pāja galvu, iespiežot smailo virzuļa kāta galu pāļi. Pavelkot ar roku uz leju bezgala virves labo pusi starp skrituļiem (69. zīm.) līdz ar svīru



69. zīm.



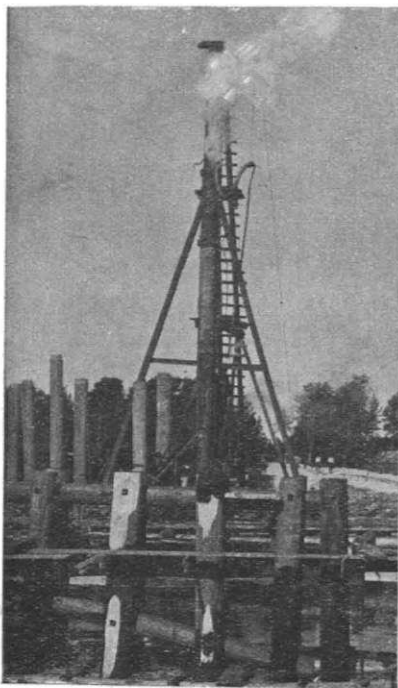
70. zīm.

(L), trijceļa krāns atver svaigam tvaikam ceļu uz cilindri virspus virzuļa un cilindrs ceļās uz augšu. Kad zveltņis vajadzīgo augstumu sasniedzis, pavelk ar roku uz leju bezgala virves kreiso pusi starp skrituļiem, trijceļu krāns aizver svaigam tvaikam ceļu uz cilindri, bet atver atstrādātam tvaikam ceļu no cilindra uz ārā un — cilindrs-zveltņis krīt un izdara sitienu uz pāja galvu. Tad pavelk atkal bezgala virves labo pusi un darbs sākas no jauna.

Kā redzams, konstrukcija ļoti vienkārša, bet darbību apgrūtina vienīgi tas, ka visas zveltņa kustības jāregulē ar roku, kas prasa no

pāju darba rīkotāja ļoti lielu uzmanību un māku, jo pretējā gadījumā virzuļa kāts, zveltnim pārāk augstu ceļoties, var viegli izlekt iz pāja galvas ārā, vai atkal netiek izmantots pilns zveltņa celšanās augstums.

Bez apskatītās parādības, kas uzskatāma kā trūkums, Lacour'a tvaika pārdzinim vēl ir vairāki citi trūkumi: pirmkārt, pie zveltņa krišanas ārgaiss nepaspēj pietiekoši ātri ieplūst cilindri zem virzuļa, caur ko sitiena efekts mazinās; otrkārt, ārgaiss, kas ieplūst pie zveltņa



71. zīm.

krišanas cilindri, ir auksts un ātri atvēsina cilindra sienas, caur ko tvaiks ātrāki un lielākā mērā kondensējas un tvaika patēriņš palielinās; treškārt, ne viss kondensētais ūdens aiztek pa kanālu (P), bet viena daļa no tā tek arī gar virzuļa kātu tieši uz pāja galvu, jo cilindra lejas vakā nav blīvslēga un atmieksēķe koka šķiedras, kas ar laiku rada atsperīgu spilvenu virs pāja galvas, caur ko arī mazinās sitiena efekts; beidzot, pateicoties tam, ka tvaika pievadišanas šļūtenei jātaisa katra zveltņa kustība līdzī, tai jābūt ļoti elastīgai un tāda var būt tikai gumijas šļūtene; tādā maksā dārgi un izslēdz pārkarsēta tvaika lietošanu, kas palielina tvaika kondensēšanos.

Šie minētie trūkumi ir tik lieli, ka citādi konstruktīvi ļoti vienkāršais zveltnis nav praksē ieguvis tādu piekrišanu, kādu sākumā cerēja.

Lacour'a tvaika pārdziņa zveltņus taisa dažāda smaguma no 500÷4000 kg. Pilns krišanas augstums atkarājas no cilindra-zveltņa gaļuma un tas svārstās no 0,7÷2,5 m. Vienā minūtē izdara apm. 30÷40 sitienus.

Pie tilta būves, pār Lielirbes upi uz Ventspils-Mazirbes ceļa 1931. g., lietots Lacour'a sistēmas tvaika pārdzinis (71. zīm.) ar zveltņa svaru 1300 kg. un krišanas augstumu 1,3÷1,4 m; minūtē varēja izdarīt apm. 40 sitienus. Pie pārdziņa nodarbināti: pāju darbu rīkotājs, mašīnists, mašīnista palīgs un 6 strādnieki. Arī šeit nācās sastapties

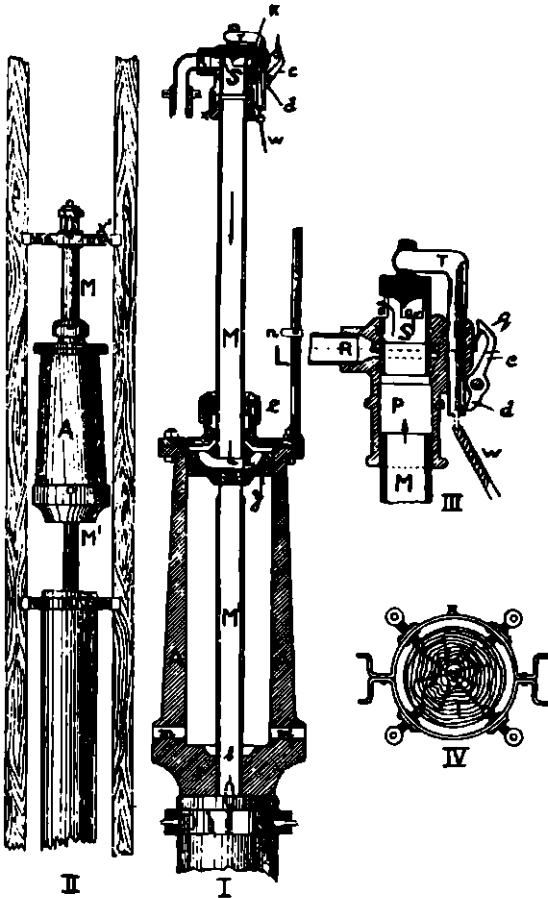
ar jau minētiem vispārīgiem Lacour'a sistēmas pārdziņa trūkumiem, bet bez tam pienāca klāt viens vietējas dabas trūkums — nepiemēroti mazs lokomobīles katla tilpums, kas spēja pacelt spiedienu max līdz 9 at, bet tas drīzi kritās un kad nonāca zem 4,5 at, darbu vajadzēja pārtraukt, kāmēr atkal spiediens katlā nepacēlās līdz 9 at. No katla līdz pārdzinim, apm. 30÷50 m, tvaiku pievadīja pa dzelzs cauruli, kur tas ātri atdzisa un ievadot to tālāk pa gumijas šļūteni cilindri, tvaiks ātri un lielā mērā kondensējās. Visi zveltņa trūkumi pagarināja pāru

iedzišanas darbus 4 ÷ ÷5 kārtīgi, jo pie nepārtraukta darba viena pāru iedzišanai vajadzēja 20÷30 minūtes, bet patiesībā pārtēreja 2÷2½ stundas.

Arčiša tvaika pārdzini konstruēja krievu inženiers Arčišs 1889. g., kadē, visvairāk to lieto Krievijā. Konstruktīvais veidojums atgādina daļai Lacour'a, daļai Levick'a tvaika pārdzini (72. zīm.). Kustīgais elements ir cilindrs-zveltņis (A), pie kuŗa vāka piestiprināts stienītis (L) ar pārvietojamu izcilni (n); cilindra lejas galā kanāji (m, m<sup>1</sup>) gaisa izplūšanai pie cilindra celšanās uz augšu.

Nekustīgam elementam

— virzulim (y) iet cauri kāts, kuŗa lejas daļa (M<sup>1</sup>) masīva, bet augšdaļa (M) dohta, kas ar kanājiem (a) to savieno ar cilindra telpu virspus virzuļa. Lai palīdzētu pāli noturēt noteiktā stāvokli, virzuļa kāta lejas galu (M<sup>1</sup>) ar tapu (b) iestiprina pāru galvā, kuŗai uzmaukts dzelzs loks (x) (72. zīm. - IV).



72. zīm.

Virzuļa kĀta dobtĀ augšdaļa (M) iet cauri cilindra vĀkam, kur ierikots blivslĕgs (e), un nobeidzĀs ar tvaika sadalĀšanas mĕchanĀsmu (72. zĀm. - III), kas ietverts gredzenĀ (x') (72. zĀm. - II). Mĕchanisms sastĀv no cauruļveidĪga tvaika sadalitĀja (S), kuŗa cilindriskĀ sĀnsienĀ ierikots caurums (o), bet augšgalĀ masĪvajam noslĕgumam piestĪprinĀta vienpusĪga kĀba (T), kuŗas vertikĀlam zaram lejas galĀ piesĪta virvĪte (w). Tvaika sadalitĀjs (S) līdz ar kabu (T) var nedaudz pĀrvietoties vertikĀlĀ virzienĀ. 72. zĀmĕjumĀ - I rĀditĀ stĀvoklĪ tvaika sadalitĀju (S) notur piestĪprinĀtais pie kabas (T) aptveres sprūds (c, d), kuŗa lejas gals, pateicoties atsperei (q), iespiezĀs kabas (T) speciĀli priekš tam ierĪkotĀ dobumĀ.

Svaigais tvaiks (72. zĀm. - I) pa cauruli (R) ieplūst caur tvaika sadalitĀju (S) telpĀ (P) un tālak caur virzuļa dobtu kĀtu cilindri virspuss virzuļa. Cilindrs-zveltnis līdz ar stienĪti (L) ceļas uz augšu, kamĕr stienĪša izcilnis (n) sĀk spĪest uz sprūda augšgalu (c) (72. zĀm. - III), caur ko sprūda lejas gals (d) iziet iz kabas (T) iedobuma un tvaiks paceļ arī tvaika sadalitĀju (S), aizveŗot ceļu svaigam tvaĪkam uz cilindri, bet atveŗot atstrĀdĀtam tvaĪkam ceļu uz āru caur caurumu (o) Cilindrs-zveltnis krĪt un izdara sitienu uz pĀļa galvu. Pĕc tam no paŗsvara tvaika sadalitĀjs (S) arī nokrĪt un sprūda lejas gals (d) automĀtiski ieiet kabas (T) iedobumĀ, svaigais tvaĪks atkal sĀk ieplūst cilindri un darbs sĀkĀs no jauna. Ja tvaika sadalitĀjs (S) pats nenokrĪstu, tad ar virvĪti (w) var viŗu novilkt uz leju, lai atvĕrtu svaigam tvaĪkam ceļu uz cilindri.

KĀ redzams, darbĪba pilnĪgi patstĀvĪga un darba sĀkumu un beigas regulĕ ar tvaika pievadĪšanas venfĪli cauruļes (R) sĀkumĀ.

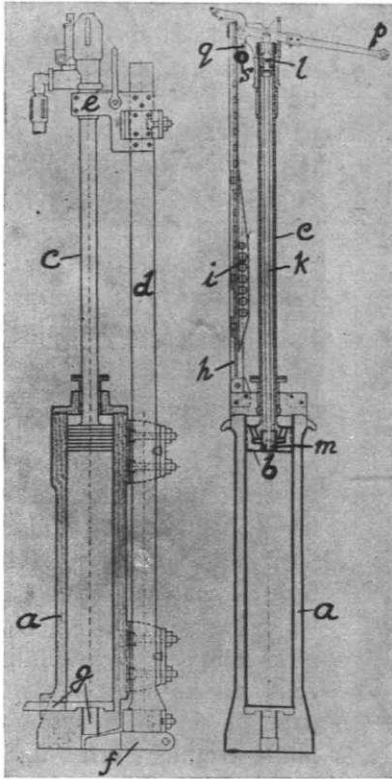
ArcĪša tvaika pĀjdzĪņa zveltņa svars no 800--900 kg. Krišanas augstumu var regulĕt ar izcilni (n). VienĀ minūte izdara līdz 50 sitienus.

Menck un Hambrock'a tvaika pĀjdzĪnis sastĀv no kustĪga cilindra-zveltņa (a) un nekustĪga virzuļa (b), kuŗa kĀta (c) augšgals iestĪprinĀts vertikĀlĀ statņa (d) augšĕjĀ atzarojumĀ (e), bet pats statnis ar savu vienpusĪgi paplaŗinĀto lejas galu (f) balstĀs uz pĀļa galvu (73. un 74. zĀm.).

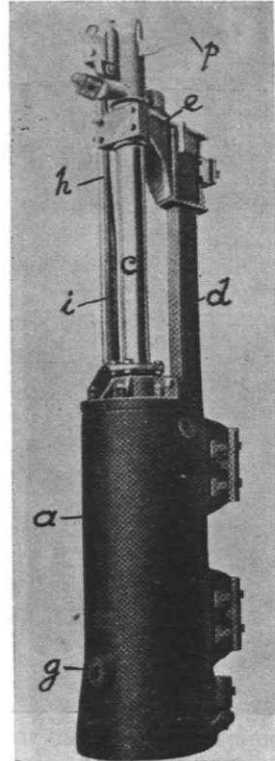
Cilindra 2 rokas ietveŗ vertikĀlo statni un slid starp pĀjdzĪņa virzumstatņiem; pats cilindrs-zveltnis kustĀs virzumstatņu priekšpusĕ. Cilindra lejas galĀ ierĪkoti 2 kanĀļi (g): viens, horizontĀlais, gaisam un atstrĀdĀtam tvaĪkam, otrs, vertikĀlais, kondensĕtĀ ūdens novadĪšanai. Cilindra augšĕjĀ vĀkĀ ierĪkots blivslĕgs un pie paŗa cilindra piestĪprinĀts T-dzelzs stienĪtis (h), kuŗĀ izurbti vairĀki caurumi, lai ar ķĪļu palīdzĪbu daŗĀdos augstumos varĕtu piestĪprinĀt dzelzs plĀtnĪti (i) ar

augšgalā nošķeltu malu; nostādot plātnīti augstāku vai zemāku, var zveltņa krišanas augstumu regulēt.

Virzulis līdz ar virzuļa kātu dobtī; virzulis ar 2 kanāliem augšpusē savienots ar telpu cilindri virspus virzuļa un ar vienu — tā lejas pusē — ar telpu cilindri zem tā. Virzuļa dobtā kāta augšgals, kas iestiprināts vertikālā statņā augšējā atzarojumā (e), savienots ar svaigā tvaika pievada cauruli. Dobtajā virzuļa kātā ievietots tievs dzelzs stie-



73. zīm.



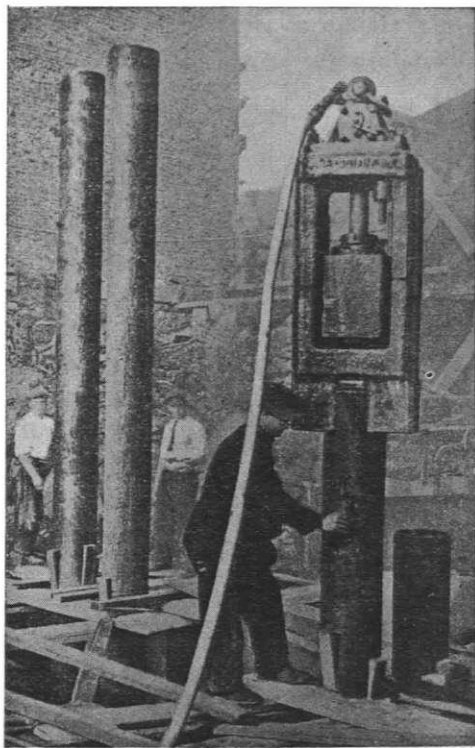
74. zīm.

nītis (k), kuņam augšgalā piestiprināts mazs masīvs virzulis (l) dobtā virzuļa kātā noslēgšanai no ārējais, bet lejas galā piestiprināts otrs mazs masīvs virzulis (m), kas regulē svaigā tvaika ievadišanu cilindra telpā virspus virzuļa un atstrādātā tvaika izvadišanu no turienes uz telpu lepus virzuļa; stienītis (k) augšgalā ar lociklu sastiprināts ar dubultrocīgas sviras horizontālo plecu (p); pate svira ar lociklu iestiprināta vertikālā statņā augšējā atzarojumā; dubultrocīgās sviras ver-



tikalā pleca (q) galā iestiprināts neliels skritulītis (s) ar rievu ārmaļā, lai varētu ritēt pa plātnītes nošķelto malu, kad tā paceļas uz augšu, bet horizontālā pleca galā piestiprināta virvīte.

Menck un Hambrock'a tvaika pārdziņa darbība sekojoša: vertikālo statni līdz ar cilindri-zveltni ar virves un triša palīdzību uzstāda uz pāja galvu. Pagriežot svaigā tvaika pievadišanas ventilī, svaigais tvaiks caur virzuļa kātu un abiem virzuli atstātiem virsējiem



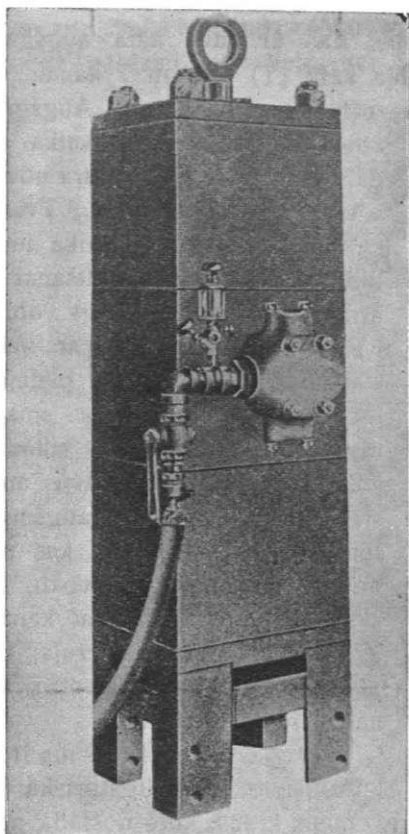
75. zīm.

kanāliem iekļūst cilindri virs-  
pus virzuļa un ceļ cilindri-  
zveltni uz augšu. Līdz ar ci-  
lindri kustās uz augšu stieni-  
tis (h) ar pie viņa piestipri-  
nāto plātnīti (i). Kad plātnī-  
tes slipā augšmala nonāk līdz  
dubultrocīgās sviras vertikālā  
pleca skritulīšam (s), tas rit  
pa slīpo malu un pārvieto pa-  
mazām vertikālās sviras ple-  
ca (q) lejas galu uz labo pusi,  
caur ko horizontālā pleca (p)  
punkts, kurā piestiprināts ver-  
tikālais stienītis (k), ceļas uz  
augšu; līdz ar stienīša ceļša-  
nos paceļas abi mazie virzu-  
liši (l, m) dobtajā virzuļa kātā,  
pie kam apakšējais virzuli-  
tis (m) paceļoties atveļ ceļu  
tvaikam no cilindra telpas virs-  
pus virzuļa uz telpu leļpus vir-  
zuļa, no kurienes tas pa ka-  
nānu (g) brīvi izplūst ārā, ci-  
lindrs-zveltnis krīt uz leju  
un izdara sitienu uz pāja

galvu. Lai atvērtu par jaunu ceļu svaigam tvaikam uz cilindri, jāpa-  
velk uz leju virvīte dubultrocīgās sviras horizontālā pleca (p) labajā  
galā; vertikālais stienītis (k) pārvietojās uz leju-un apakšējais virzuli-  
tis (m) atkal atveļ svaigam tvaikam ceļu uz cilindri un darbība sā-  
kas no jauna.

Kā redzams, darbība pusautomatiska. Virvītes vietā horizontālā  
pleca galā var piestiprināt attiecīga smaguma atsvaru. Krišanas aug-  
stumu var regulēt, pārstādot augstāku vai zemāku plātnīti ar augš-  
pusē nošķelto slīpo malu.

Tā ka siltais atstrādātais tvaiks arvienu cirkulē cauri cilindrim, tad tā sienas neatdziest, caur ko tvaiks kondensējās daudz mazāk nekā pie Lacour'a pārdziņa. Tvaika ievadišanas vieta netaisa katru cilindra kustību līdzī, kādēļ atkrit vajadzība arvienu lietot gumijas šūteni, bet var arī lietot caurules un līdz ar to arī pārkarsētu tvaiku.



76. zīm.

Menck un Hambrock'a sistēmas tvaika pārdziņa zveltņus tagad taisa līdz 8000 kg smagus ar krišanas augstumu līdz 2,5 m. Vienā minūtē izdara 30—70 sītienu.

**Pneimatiskie pārdziņi** atšķiras no tvaika pārdziņiem pirmkārt, ar to, ka zveltņa celšanai tvaika vietā lieto saspīestu gaisu (Kunz'a sistēmas pārdziņi) vai kādas gāzes, piem. ogļskābi (Ricklef'a sistēmas pārdziņi). Uz šī principa amerikānietis Shaw konstruējis pulvera pārdziņi, kas gan lielā mērā arī konstruktīvi atšķiras no apskatītiem tvaika pārdziņiem; šeit zveltņa celšanu izdara eksplodējoša dinamīta patrona. Kaut gan konstrukcija ļoti vienkārša un zveltņi dod ātrus un stiprus sītienu, tomēr šīs sistēmas pārdziņi Eiropā vispār un pie mums atsevišķi neļiek lietots.

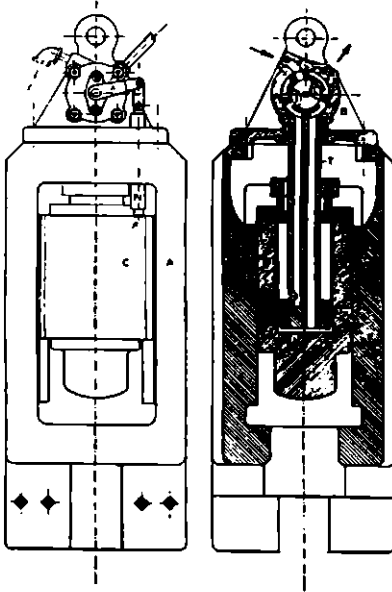
Vispār jāsaprot, ka pneimatiskie pārdziņi līdz šim būvniecībā nav atraduši lielu piekrišanu.

**Pāju āmurs** — moderna ierīce pāju iedzišanai gruntī, kas tikai pēdējā gados sāka izplatīties un guvis jau lielu piekrišanu būvniecībā.

Pāju āmuru sākums meklējams Z.-Amerikā, kur arī tagad to visvairāk lieto. Konstruktīvo veidu ļoti daudz, bet darbā princips visiem vienāds un ar to arī atšķiras no tvaika pārdziņiem, proti: pie pāju āmura darbības vajadzīgo tvaiku izlieto nevien tikai zveltņa celšanai, bet arī tā spiešanai uz leju.

Pāja āmurs sastāv no smaga čuguna dobta ķermeņa, ko var taistīt arī rāmja veidā, kuŗš, uzstādīts uz pāja galvu, uzņem visus satricinājumus, kādi rodas zveltnim kritot. Šinī ķermenī ievietots pats āmurs-zveltnis, kas tanī pašā laikā ir tvaika cilindrs (75. un 76. zīm.). Tā tad kustīgais elements ir cilindrs-āmurs (C), kuŗa vakā ierīkots blīvslēgs, cauri kam iet virzuļa kāts (T) (77. zīm.).

Nekustīgais elements ir virzulis, kas ar sava kāta augšgalu iestiprināts smagajā rāmī (A). Virzuļa kāta (T) ietaisīti 2 kanāli, no kuŗiem viens nobeidzās virs virzuļa, otrs — zem virzuļa. Augšgalā abi kanāli nobeidzās tvaika sadalīšanas kamerā (B), kuŗa novietota virs smagā rāmja. Tvaika sadalīšanas kamerā, tvaika ievadīšanai cilindri un izvadišanai uz āru, iestiprināts kustīgs dobts ventsils, kas savienots ar sviru sistēmu (h-N-p), kuŗas pēdējais loceklis (N) nobeidzās smagā rāmja augšgalā virspuss cilindra. Cilindrs, sasniedzot savu augstāko stāvokli, ar savu augšmalu spiež uz sviru sistēmu, kas pagriež ventili tādā stāvoklī, ka svaigais tvaiks pa vienu kanālu ieplūst cilindri zem virzuļa, bet atstrādātais tvaiks pa otro kanālu izplūst uz āru.



77. zīm.

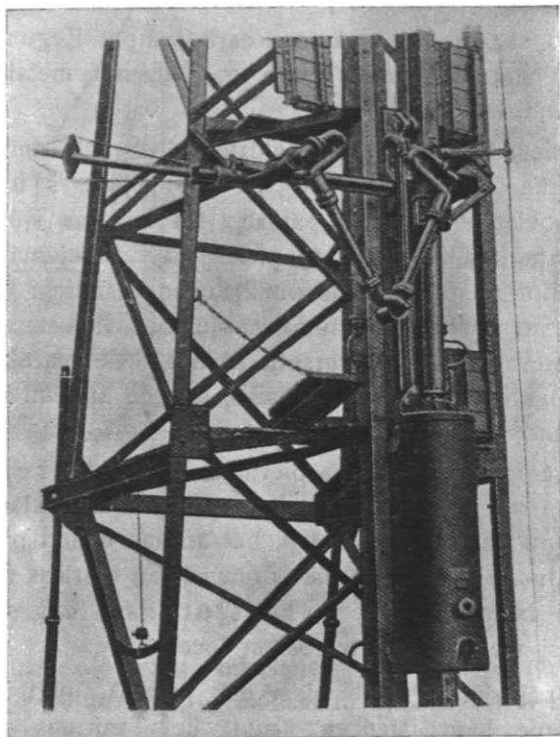
Paļdzīņa sastata lietošana ir ieteicama, bet nav obligatoriska; pēdējā gadījumā sastata vietu izpilda grozamais krāns, kuŗš nostāda pāja āmuru uz pāja galvu; tvaiku pievada no tvaika katla pa šļūteni (75. zīm.).

Paļu āmuru darbība sekojoša: ar grozamā krāna palīdzību vai, lietojot sastatu, ar triša palīdzību uzstāda pāja āmuru uz pāja galvu. Pagriežot svaigā tvaika ievadīšanas ventili, tvaiks ieplūst cilindri virspuss virzuļa un ceļ cilindri-āmuru uz augšu. Sasniedzot savu augstāko stāvokli, cilindrs ar savu augšmalu iedarbina agrāk minēto sviru sistēmu, kuŗa pagriež ventili tā, ka atstrādātais tvaiks sāk plūst ārā pa vienu kanālu, bet svaigais tvaiks pa otru kanālu ieplūst cilindri zem virzuļa un spiež cilindri-āmuru uz leju, kuŗš tanī pašā laikā arī aiz sava pašsvara krīt uz leju. Saprotams, sitiena efekts daudz lielāks nekā no kritiena vien. No trieciena pie cilindra-āmura atsišanās pret

pāja galvu ventils pagriežās atpakaļ un ieņem savu agrāko stāvokli; svaigais tvaiks atkal sāk ieplūst cilindri virs virzuļa un darbība sākās no jauna.

Kā redzams, tvaika ievadišana un izvadišana notiek pilnīgi automatiski. Zveltņa krišanas augstums nav grozāms.

Pāju āmuru pašsvars pie mazākiem veidojumiem apm. 180 kg, bet pie lielākiem līdz 4500 kg. Krišanas augstums, salīdzinot ar tvaika pārdziņi, nav liels, bet toties sitienu skaits daudz lielāks, tā



78. zīm.

piem. mazākie pāju āmuri izdara minūtē līdz 300 sitienu, lielākie — ap 100 sitienu. Lielais sitienu skaits izlīdzina sekas, kādas varētu celties no mazā zveltņa svara un nelielā kritiena augstuma.

Pie Inčupes tilta būves, uz Rīgas Rūjienas dz. c. 1930. g. lietots pāju āmurs Mc. Kiernan (Terry Drill Co, New York, U. S. A.) Nr. 6. sistēmas. Pāja āmura kopsvars 1000 kg, minūtē izdarīja 185÷220 sitienu; normālais tvaika spiediens 6÷7 at, bet strādāja arī pie zemāka spiediena, ne mazāka par 4 at. Pie 10 cm biezo rievsienu iedzi-

šanas pāļu āmurs strādāja bez kādām grūtībām, bet pie pāļu iedzišanas nācās sastapties ar tādām pašām grūtībām, ka pie apskatītās Lielirbes upes tilta būves — lokomobile nespēja dot vajadzīgo tvaika daudzumu zem noteikta spiediena. Pārtraukumi darbā, lai uzkrātu tvaiku, bija 2 reizes garāki par paša darba laiku. Interesanta parādība pie minētiem darbiem, kas arī traucēja nepārtrauktu darba gaitu, ka pēc 950÷1000 sitieniem 5÷6 minūtes koka pāja galva tikpatu sasila, kā sāka degt. Pie pāja āmura nodarbināti: pāļu darbu rīkotājs tieši pie paša āmura, mašīnists pie lokomobiles un 6 strādnieki.

Šīs pašas sistēmas pāļu āmurs darbojas pie Ķeguma spēkstacijas aizsprosta pamatu likšanas 1938. g., iedzenot metalla rievstienas Daugavas labajā krastā.

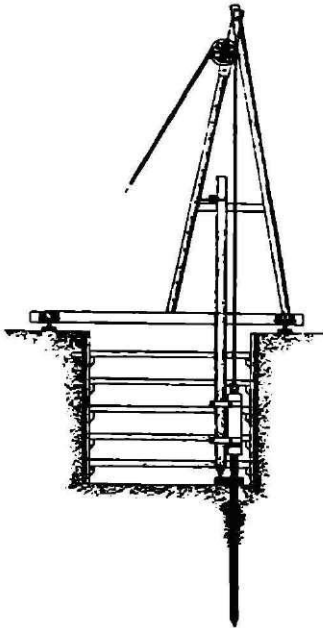
**Tvaika pievadīšana.** Tvaika pāldziņiem un pāļu āmuriem svaigo tvaiku no katla pievada parasti pa gumijas šļūteni. Bieži tvaika katls novietots tālāk no pāldziņa un lai visa šļūtene arvienu netiktu kustināta, tad ieteicams to piekārt. 49. zīmējumā šļūtenes labais gals, skaitot no piekāšanas punktā, var kustēties; 71. zīmējumā kreisais gals var kustēties. Gumijas šļūtenes lietošana bieži rada grūtības, jo nevar lietot pārkarsētu tvaiku, kas mazāk un grūtāk kondensējās, bet jālieto parastais tvaiks, kas ne arvienu dod vēlamus rezultātus, piem., pie Lacour'a pāldziņa.

Tagad mēģina svaiga tvaika pievadīšanai lietot dzelzs cauruļes. kuļas savā starpā savienotas ar ciešām cauruļu locīklām (78. zīm.), kas nelaiž tvaiku gar malām uz āru, bet arī tās nedod pilnīgi apmierinošus rezultātus. Pēdējā laikā dažas būvmašīnu fabrikas (piem. Menck u. Hambrock) laiž tirgū metalla šļūtenes, kas sastādītas no kustīgiem, cieši viens otru ietverošiem locekļiem.

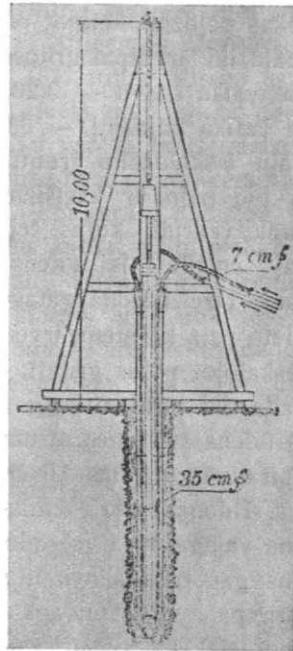
**Speciāli pāldziņi.** Praksē bieži nāk priekšā īpatīgi pāļu iedzišanas darbi, pie kam jāiedzen gruntī liels vairums pāļu. Tādos gadījumos atmaksājās lietot speciālu, tikai šādiem darbiem konstruētu, pāldziņi; tādā gadījumā tas strādā visražīgāki.

Pie šādiem speciāliem pāldziņiem varētu pieskaitīt tā saucamos kanāļu pāldziņus, kuņi domāti gaļu sienu iedzišanai (79. zīm.). Jau nākā laikā pie pamatu likšanas rodas vajadzība pēc betonpāļu pāldziņiem (piem. Simplex pāļiem), kur vienā laikā jāblīvē un jāvelk caurule no grunts ārā. Vietās, kas klātas ar ūdeni, nākās bieži iedzīt atsevišķus pāļus, kas tāju uz priekšu izvirzīti. Šādos gadījumos var lietot krāna pāldziņi, kas, kā agrāk minēts, pārveidots no grozamā krāna vai dregleina.

Speciālie pārdziņi praksē izrādījušies daudz saimnieciskāki, nekā universālie, ja tikai šādi speciāli darbi notiekas lielos apmēros. Turpretim pie maziem darbiem, kur jāiedzen viegli un nedaudz pāju, ieteicami rokas pārdziņi; pie maza darba un smagiem paļiem — mēchaniski pārdziņi ar atpakaļritošu virvi; pie lieliem darbiem — tvaika pārdziņi vai pāju āmuri.



79. zīm.



80. zīm.

**Aizrādījumi pie pāju iedzišanas.** Izvēloties pāju pamatu likšanai pārdziņa veidu bez agrāk sacītā jāņem vērā arī pāja materiāls, laiks, darba efekts un izdevumi.

Visvairāk pāja materiālu aiztaupa, kad zveltņa sitiņi nav stipri, bet seko viens otram ātri (labs ir rokas pārdziņis). Mēchaniskie pārdziņi darbojās lēni, bet zveltņa sitiņi smagi, tādēļ ieteicams tos lietot stipru pāju iedzišanai. No tā redzams, ka ir labi, ja iepriekš rūpīgi pārbauda un izzin attiecības starp zveltņa sitiņa lielumu un pāja diametru.

Kas zīmējās uz laiku, tad vislētāki darbojas mēchaniskie pārdziņi ar atpakaļritošu virvi un visātrāki — tvaika pārdziņi un pāju āmuri.

Vismazāko darba efektu dod rokas pārdziņi, jo darbu traucē daudzās auklas un lielais strādnieku skaits. Vislielāko efektu dod

tvaika pārdziņi. Darba efektu attiecība rokas, mehāniskiem un tvaika pārdziņiem ir 1 : 1,4 : 4.

Pāju iedzīšanas darbu izdevumi sastādās no tiešiem darba izdevumiem un izdevumiem par mašīnām, sastatnēm u. c. piederumiem un izlabojumiem. Uz piedzīvojumu pamata sastādītas dažādas tabulas, pēc kurām iespējams rīkoties. Piemēram, ja par izdevumu lieluma vienību rokas pārdziņi lietojot pieņem „1”, tad izdevumi, lietojot mehānisku pārdziņi ar atpakā[r]ītošu virvi un rokas tītavu sastāda 0,33, to pašu un tvaika tītavu — 0,20, mehānisku pārdziņi ar bezgala ķēdi — 0,15 un tvaika pārdziņi — 0,09.

**Pāju ieskalošana gruntī.** Lai iedzījinātu pāli ar skalošanu pietīprinā pie pāja ar kāsišiem, apm. 1 m atstātumā vienu no otra, ūdensvada cauruli, kuņas lejas galu saliec vertikāli uz leju 5 cm zem pāja smailes, lai ūdens strūkļa skalotu grunti ap pāja smaili simetriski. Dzelzbetona gatavpājiem un metalla pājiem ūdensvada cauruli ievieto pāja ķermeņā, izveidojot attiecīgi pāja uzgalu.

Ieskalojot pājus gruntī, ūdeni iepumpē caurulē vai ņem no esošā ūdensvada, lai būtu attiecīgs spiediens un līdz ar to arī katrai grūntij savs ūdens straumes ātrums. Pēc Brennecke sikai smiltij vajadzīgs ūdens straumes ātrums 10 cm/s, rupjai smiltij — 20 cm/s, oļiem — 50 cm/s. Ūdens patēriņš atkarājās no spiediena lieluma: pie 3÷4 at spiediena vajaga ap 1 m<sup>3</sup>/min, bet pie 8 at — ap 3,5 m<sup>3</sup>/min. Ūdens tecēdams gar pāja sānvirsu iznīcina lielāko daļu no berzes pretestības starp pāja virsu un apkārtejo grunti, bet toties izrāda pretestību pālim no lejas uz augšu, kādēļ pājus vajaga arvienu drusku slodzēt, vai uzsist ar vieglu zveltni; sevišķi tas vajadzīgs pie gariem pājiem. Praksē pieņemts apm. ¾ no pāja gaŗuma ieskalot, bet atlikušo ¼ — iedzīt.

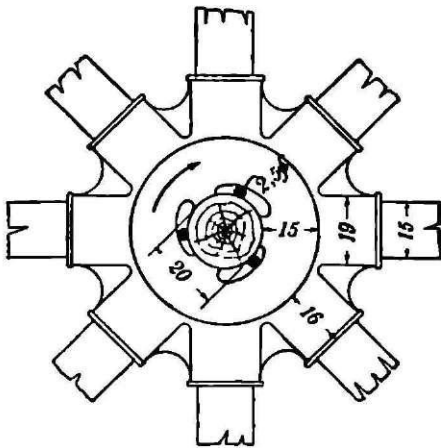
Jāgriež vērība, ka ūdens straume būtu vienmērīgi sadalīta ap pāja smaili un nevis vienpusīga, jo tad pālis sāk šķiebties. Tādēļ ūdens pievada caurules lejas galu taisa centrisku un galu sagriež vertikāli uz leju. Labāk ierīkot divas vai vairākas simetriski ap pāja asi pietīprinātas caurules (80. zīm.).

Pāju ieskalošānu visderīgāki lietot blīvās grants un smilts grūntis, peldsmilti, tikai ne pastāvošo būvju pamatu tuvumā, bet māla, kūdrā u. t. l. vietās neder to lietot.

Šo pāju iedzījināšanas paņēmienu pirmo reizi lietoja amerikāņi Glean's.

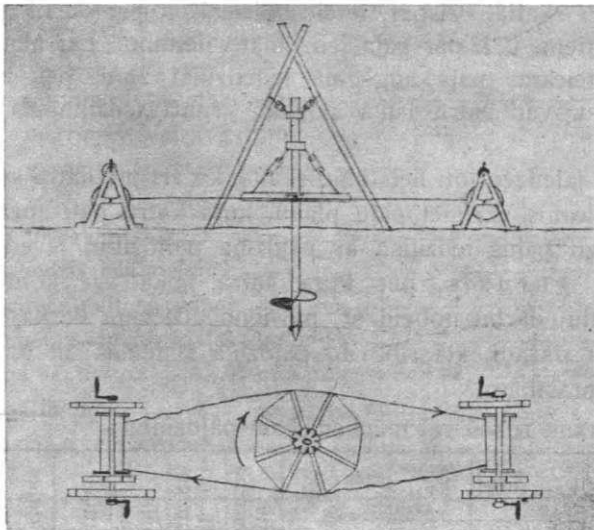
**Pāju ieskrūvēšana gruntī.** Vietās, kur ar pārdziņiem nevar pietikt klāt pālim, lai to iedzījinātu, vai kur nav pielaižami satrīci-

nājumi, pielieto pāju ieskrūvēšanu, saprotams izveidojot pašus pājus par skrūvpājiem, t. i. pāja uzgalu taisot ar vīti.



81. zīm.

Ierīce pāju ieskrūvēšanai sastāv no speciāla riteņa, kuŗu uzmauc pāja augšgalam; tas aizķer pāja virsu uz berzes principa ar speciālām rūdīta tērauda lodītēm, kas ievietotas attiecīgos sferiskos iedobumos (81. zīm.). Riteņa caurmēri dažādi; spieķi no čuguna un ārgali dobtī, lai varētu tanīs iebāzt ozola koka svīras  $10 \times 12$  cm šķērsgriezumā un līdz 10 m gaŗas, atkarībā no tā, cik lielu spēku grib pielikt riteņa griešanai. Svīru ārgali sastiprināti savā starpā ar sloksnes dzelzi  $60 \times 6$  mm, kuŗa veido daudzstūri ar tik malām, cik svīru. Pie



82. zīm.

sloksnes dzelzs katras svīras galā piestiprināta dzelzs dakšiņa, kuŗa ievietota virve resp. trose, riteņa griešanai; virvi ieteicams aptīt ap riteni 2÷3 reizes un pārējo gabalu apvīt ap divu titavu spolēm (82. zīm.).





Turpretim Rīgas ostas Latgales priekšpilsētas krastmalas izbūvēs darbiem 1936. g., kur pāļus iedzina ar Levick'a sist. tvaika pāļdzini, lietota grāmatiņa, kuņas 1. lpp. atzīmēts iedzīto pāļu gaņums metros, diametrs — cm, pāja lejas galam prasītā atzīme — m, zveltņa svars — t, zveltņa krišanas augstums — m. Turpmākas lapas pusēs par katru iedzīto pāli rakstīts sekojošais:

Mēnesis, diena, gads.

Pāja Nr.....

Ūdens līmenis m  
 Pāja gaņums virs ūdeņa m  
 Pāja lejas gala atzīme..... m

Sitienu skaits	Iegrime cm	Piezīmes

Pie Rīgas eksportostas krastmalas pagarināšanas darbiem 1930. līdz 1932. g. lietots sekojošs pāļu iedzīšanas žurnāls:

Pālis Nr. rinda Nr.  
 Pāja gaņums pirms iedzīšanas m  
 „ nogrieztās daļas gaņums m  
 „ gaņums pēc nogriešanas m  
 „ vidējais diametrs cm  
 „ tievgala cm  
 „ iedzīšanas atzīme m  
 Daugavas gultnes atzīme..... m  
 Pāja zemē iedzītās daļas gaņums m  
 Darba sākums .....st./min.; darba beigas ..... st./min  
 Darba ilgums .....st. ....min.  
 Pāļdzīņa zveltņa svars t.

Sitienu skaits	Pāja iedzīšanās cm	Zveltņa krišanas augstums m	Piezīmes

Šoseju un zemes ceļu departaments savām būvēm lieto sekojošu pāju dzišanas žurnālu:

S. M.

Šoseju un zemes ceļu departaments.

19..... g..... b. darbs Nr.....

Pāju dzišanas žurnāls

..... tīlam  
..... būvei

Iesākts 19..... g.

Pabeigts 19..... g.

Pājdzinis: rokas, mēchaniskais, tvaika.

(Nevajadzīgo stripot).

Pāju uzliktniem\*), viņu lietošanas gadījumā, jābūt ne īsākiem par 2 m un ne tievākiem par pāju diametri.

Pālis Nr.....

Iesākts

⊙ tievgalā..... cm

Nobeigts

Zveltnis kg

Iedzišanas sākuma punkta atzīme

Pāju kurpe \*\*)..... kg

Kopgarums m	Iedzīts m	Virszemes daļa m	Nozāgēts m	Piezīmes

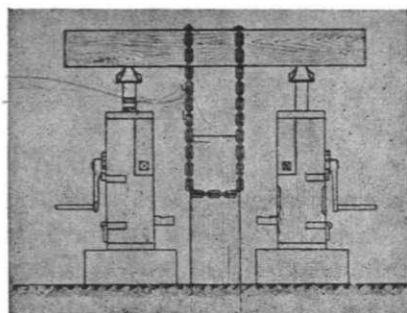
Paņēmienu Nā Nr	Sitienu skaits paņēmienu	Padziļināšanās cm	Zveltna krišanas augstums m	Iedzišanas kopsūļums m	Piezīmes

\*) Laikam domāts uzpālis.

\*\*) Pāju uzgals.

**Pāju izvilkšana.** Ja pālis nepareizi iedziļināts, vai bojāts, vai traucē jauna pāja iedziļināšanu, vai traucē kuģniecību, tas jāizvelk vai jāiznīcina tā pāja daļa, kuŗa stāv virs upes gultnes. Pirmā gadījumā visvienkāršākā ierīce ir svīra, ar kuŗas palīdzību pāli izvelk. Ar ķēdi vai dzelzs gredzenu piestiprina svīras galu pie izvelkamā pāja galvas, ierīko tuvumā cietu atbalsta punktu un velk uz leju vai slodzē svīras gaŗo plecu un sit tanī pat laikā ar āmuriem pa pāja sāniem, lai mazinātu koheziju starp pāja ārvisu un apkārtējo grunti.

Lielākos darbos lieto ceļamās skrūves un hidrauliskas preses, novietojot tās katrā pāja pusē pa vienai un piestiprinot pāja galvu ar ķēdēm pie kādas šķērssiļas, kuŗu ceļ pamazām uz augšu ar ceļamām



83. zīm.

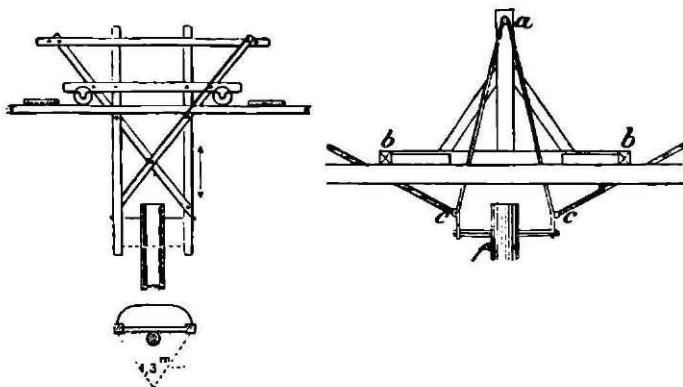
skrūvēm resp. presēm (83. zīm.). Var lietot trīci un titavu, pie kuŗām piestiprinā ar ķēžu cilpu vai speciālu knaibļu palīdzību pāja galvut. Nav ieteicams lietot pāldzini ar titavu pāja izvilkšanai. Visos gadījumos kohezijas samazināšanai vajadzīgs sist pa pāja sāniem.

Ja pāja daļa virs upes gultnes jāiznīcina, tad pirmais paņēmiens ir lauzt, piestiprinot pāja galvu ar virvi pie velkoņa kuŗš ar lielu ātrumu dodas prom (piem. tā ir lauztas uz Vidzemes šosejas Juglas upes kaŗalaika koka tilta atliekas). Kad ar šo paņēmienu nav iespējams iznīcināt pāja atliekas, tad atliek vienīgi zemūdens spridzināšana, tikai jāuzmana, ka netiek bojātas blakus stāvošas būves. Spridzināmas vielas ieliek patronā un ūdenslīdējs novieto vajadzīgā vietā pie pāja, pie kam ar elektrisku dzirksteli patronu aizdedzina.

**Zemūdens zāģi.** Šādus zāģus lieto koka pāju un rievsienu nozāģēšanai zem ūdens.

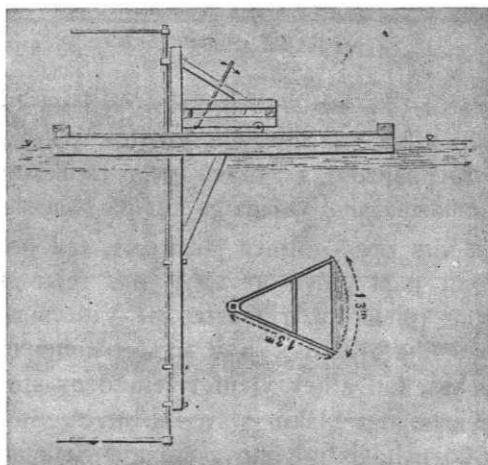
Taisnais zāģis — viens no vecākiem veidiem, sastāv no koka vai dzelzs rāmja (84. zīm. — pa kreisi), ko piestiprina ratiņiem, kuŗus

bīda turp un atpakaļ taisnā virzienā, spiežot tanī pat laikā klāt pālim. Rāmja lejas galā iestiprināts parastais zāģis apm. 1,3 m garumā.



84. zīm.

Pendeļzāģis sastāv no trijstūra rāmja (84. zīm.- pa labi), kas izgatavots no 4 cm diametrā gāzes caurulēm, un piekārts pie vertikāla sastata tā, ka var vērēties. Rāmja lejas galā iestiprināts parastais zāģis. Divi strādnieki aiz virvēm vērē rāmi un tā nozāģē pāļa

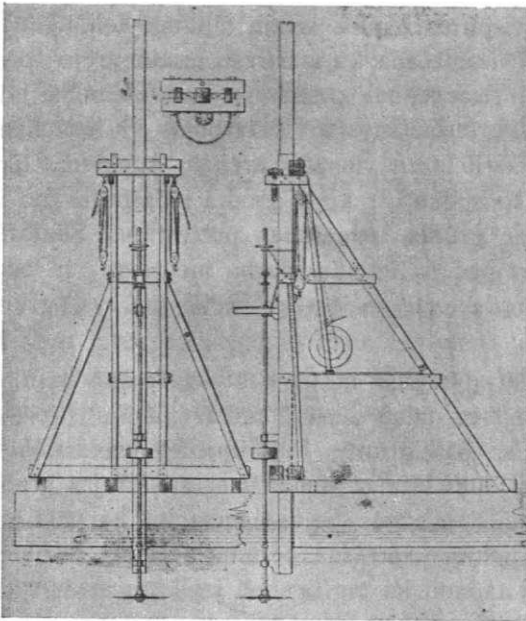


85. zīm.

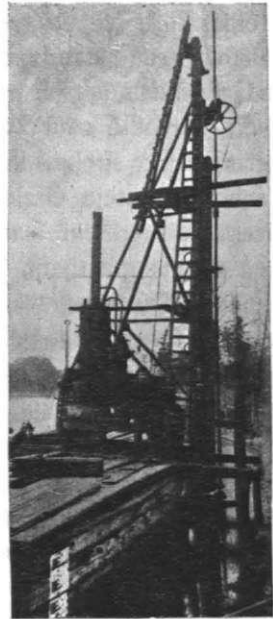
galu. Pendeļzāģis nedod horizontālu zāģēšanas virsu, bet savas vienkāršās konstrukcijas dēļ ieteicams tanīs gadījumos, kur pāļa galvas virsas veids nespēlē nekādu lomu.

Segmentzāģis sastāv no vertikāla koka vai dzelzs statņa (85. zīm.), pie kuŗa gultņos iestiprināts vertikāls dzelzs stienis, kas var griezties ap savu garenisko asi. Perpendikulāri stienja asei, tā lejas galā piestiprināts dzelzs trijstūra rāmitis ar parasto zāģi; stienja augšgalā piestiprināta svira, kuŗu kustinot uz vienu un otru pusi, var pāļa galu nozāģēt. Zāģēšanas virsa pāļa galvai horizontāla.

Riņķa zāģis sastāv no koka vai dzelzs sastata, kas pēc ārējā veidā bieži atgādina neliela pāldziņa sastatu (86. un 87. zīm.). Pie



86. zīm.



87. zīm.

vertikālā priekšējā statņa gultņos iestiprināta vertikāla vārpsta, kuŗas lejas galā tai perpendikulārā virzienā piestiprināts riņķa zāģis; vārpstas augšgalā tās griešanai ierīkots kloķis, ja zāģu diametrs nav liels vai konisks zobriteņu pārnese no spēka mašīnas — ja diametrs liels. Griezes kustības ātrums no 15–30 m/s.

Visus zemūdens zāģus montē uz liellaivām vai plostim, kuŗus noenkuro darba vietā. Trīs pirmie zemūdens zāģi vairāk piemēroti atsevišķu pāļu zāģēšanai, kāmēr riņķa zāģis ļoti nodertīgs liela skaita pāļu nozāģēšanai zem ūdens, jo vienlīdzīgi labi darbojas kā dziļās vai šaurās vietās, tā arī seklās un plašās vietās.

## VII. Pāļu nestspēja.

Apskatot tuvāki visus paņēmienus, kādus tagad lieto pāļu nestspējas noteikšanai, jānoskaidro virspirms, ko saprot latviešu tehniskā literatūrā zem vārdiem „pāļu nestspēja”, „pāļu iedzišana” u. t. t.

Par grunti iedzīta pāja nestspēju nosauc pretestību, ko pālis sastop grunti ilgstoši un kas neļauj pālim tālāk iedziļināties. Šī kopīgā grunts pretestība pāja iedziļināšanai sastādās: 1) no berzes pretestības starp pāja virsu un apkārtējo grunti un 2) no grunts pretestības attiecībā uz izspiešanu, jo pēc fizikas likumiem katrs ķermenis, kuŗu iedzen grunti vispirms izspiež savam tilpuma lielumam atbilstošu grunts daudzumu. Šī izspiešana, kuŗu parasti izsauc ārējo spēku iedarbošanās uz ķermeni, ir traucējums pastāvošā grunts daļiņu līdzsvara stāvokli, caur ko grunts atkal savukārt iedarbojās uz iedzenamo ķermeni ar spēku, kas pēc lieluma vienāds ārējiem spēkiem, tikai darbojās pretējā virzienā; šo spēku, ar kuŗu grunts iedarbojas uz iedzenamo ķermeni, sauc par grunts izspiešanas pretestību. Skatoties pēc grunts īpašībām, kā arī pēc pielietotām darba metodēm un iedzišanas dziļuma pārsvarā atrodas vai nu berzes pretestība, vai grunts izspiešanas pretestība.

No sacītā redzams, ka pie pāja nestspējas noteicošas ir nevis stiprības īpašības tieši pāli, bet daudz lielākā mērā zināmas stiprības īpašības netieši iespaidotā ap pāli grunti. Pāja spiedes pretestībai ir tikai tiktāl nozīme, ka viņai jābūt vismaz vienādai ar apkārtējās grunts pretestību pāja iedziļināšanai. Saprotams, ar to nav sacīts, ka pāja materiālam pie tā nestspējas lieluma aprēķina nebūtu nekādas nozīmes; pāja materiālam vajaga būt tādām, ka tas ilgstoši izpildītu savu uzdevumu, t. i., to varētu ilgstoši piepūlēt ar aprēķinā paredzēto slodzi.

Zem vārdiem „pāja iedzišana” jāsaprot tāda veida pāja iedziļināšana grunti, pie kuŗas nav vajadzīga iepriekšēja grunts izrakšana vai izskalošana, lai pālis ieņemtu nozīmēto stāvokli. Pāja iedzišanu parasti izdara grūdienveidīgi ar pāldziņu palīdzību, bet tieši to izdara zveļtnis, kritot no mazāka vai lielāka augstuma.

Zveļtnim kritot, tā ātrums palielinās līdz tam momentam, kad tas nokrīt uz pāja galvu, līdz ar ko spiedienu uz pēdējo pieaug no nulles līdz tādām lielumam, pie kuŗa pālis sāk kustēties kopīgi ar zveļtni; šis kopīgās kustības ātrums pakāpeniski samazinās līdz nullei, pateicoties grunts grozīgai pretestībai pa pāja iedziļināšanās laiku, kad līdz pālim kustās arī daļa no grunts masas zem un ap pāli.

Tikko minētās parādības, kuŗas izsauc dināmiski grādienveidīgi darbojošies uz pāli spiedes spēki, var izmantot, lai aprēķina ceļā atrastu kopīgo iedziļināšanās pretestību.

Šo vienīgi uz tiešiem novērojumiem un zināmu aprēķina gājienu dibināto paņēmienu pāļa nestspējas lieluma noteikšanai sauc par dināmisko paņēmienu, atšķirībā no citiem — teoretiski-statiskā, ģeometriski-statiskā un praktiski-statiskā paņēmienu, par kuŗiem runa būs turpmāk.

**Dināmiskais paņēmiens.** Ja zveltņis, kuŗa svaru apzīmējam ar  $Q$ , krīt brīvi no augstuma  $h$ , tad tas kritiena beigās iegūst dzīvo spēku (kinētisko enerģiju)

$$K = Q \cdot h \quad (1)$$

Tā ka zveltņa kritiena teoretiskais ātrums kritiena beigās, t. i. tai momentā, kad zveltņis atduŗas pret pāļa galvu,

$$v = \sqrt{2g \cdot h}, \text{ jeb } h = \frac{v^2}{2g}, \text{ tad}$$

$$K = Q \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (2)$$

Tanī acumirkli, kad dzīvais spēks sasniedzis lielumu  $K$ , zveltņis atduŗas pret pāļa galvu, caur ko viena daļa no lieluma  $K$ , ko apzīmē ar  $p_c$  iet zudumā pie paša sitiēna, viena daļa  $p_e$  — pie elastiskām deformācijām un viena daļa  $p_n$  — aiz dažādiem citiem iemesliem, ta tad paliek pāri spēks

$$K - p_c - p_e - p_n$$

kas pilnīgi izmantojams pāļa iedziļināšanai gruntī.

No ārējiem spēkiem, kuŗi kopīgi iedarbojas uz pāli pie viņa iedziļināšanās gruntī, jāatzīmē:

- 1) Kopīgā grunts pretestība pāļa iedziļināšanai  $W$ , ko pieņem konstantu pa visu pāļu iedziļināšanās laiku no viena zveltņa sitiēna;
- 2) zveltņa svars  $Q$  un 3) pāļa svars  $q$ .

Ja bez minētiem ārējiem spēkiem nekādi citi spēki uz pāli neiedarbojas, tad minēto ārējo spēku mēchaniskam darbam vajadzētu pārpalikušo dzīvo spēku  $K - p_c - p_e - p_n$  iznīcināt, lai pālis apstātos iedziļināties, t. i.

$$K - p_c - p_e - p_n = (W - Q - q) \cdot e, \quad (3)$$

kur  $e$  apzīmē pāļa iedziļināšanās lielumu no viena zveltņa sitiēna.

Ņemot vērā, ka nolīdzinājumā (3) zveltņa un pāļa svara lielumi var būt dažreiz ievērojami mazi, salīdzinot ar grunts pretestības lielumu, kas jāpārvar pālim, tad

$$K - p_c - p_e - p_n = W \cdot e \dots \dots \dots (4)$$



Pēdējā formulā  $W \cdot e$  ir lietderīgais darbs; apzīmējot to ar  $A$ , dabū, ka

$$A = W \cdot e \quad (5)$$

Pārpalikušā dzīvā spēka lielums  $K - p_c - p_e - p_a$  atkarājas no zveltņa un pāļa īpašībām. Aprēķina ceļā varētu šo lielumu pilnīgi precīzi atrast, ja zveltņis ar pāli būtu absolūti cieti ķermeņi. Bet tā ka patiesībā tas nekad nenāk priekšā, tad jāapmierinās vai nu ar tuvinu aprēķinu, dibinātu uz abu ķermeņu absolūto cietību, vai pie aprēķina jāņem vērā materiāla katrreizīgā elastiskā izturēšanās; pēdējo dabū, izmēģinot attiecīgo materiālu, ko, saprotams, iespējams izdarīt katrā atsevišķā gadījumā ar lielāku vai mazāku kļūdīšanos.

Ja nekādi cita veida enerģijas zaudējumi pie zveltņa sitiena uz pāli nenāktu priekšā, kā vienīgi  $p_c$ , tad difference  $K - p_c$ , jeb apzīmējot to ar  $K_d$

$$K_d = K - p_c. \quad (6)$$

būtu izlietojamā enerģija pēc zveltņa sitiena.

Vispirms jāiepazīstās ar spēka zaudējuma  $p_c$  lielumu, ko izsauc pats sitiens, pie kam jāapskata trīs gadījumi:

1) Abi ķermeņi (t. i. zveltņis un pālis) absolūti cieti; 2) abi ķermeņi pilnīgi elastīgi un 3) abi ķermeņi nepilnīgi, vai pa daļai elastīgi.

Šeit jāatzīmē, ka absolūti cieti ķermeņi nav tādi, kas nevarētu nemaz pārveidoties, bet šie ķermeņi piepatura tikai tās deformācijas, kas izsauktas no ārējiem spēkiem, tā tad nekādi iekšēji spraugumi ķermeņos pēc tam nepaliek, kad ārējie spēki beiguši iedarboties.

Turpretim pilnīgi elastīgi ķermeņi ir tādi, kuŗi pēc tam, kad ārējie spēki vairs neiedarbojas, pieņem atkal savu pirmatnējo veidu.

Beidzot, nepilnīgi elastīgi ķermeņi ir tādi, kuŗi grib atgūt savu pirmatnējo veidu, bet vairs nespēj to pilnīgi sasniegt.

Kad zveltņis pieskarās pālim, zveltņa ātrums samazinās, bet pāļa ātrums palielinās; šini laikā radījušais spiediens deformē abus ķermeņus. Deformācija palielinās līdz tam momentam, kamēr abi ķermeņi nesusniedz vienādu ātrumu, kamēr abu ķermeņu smaguma centri nav nonākuši vistuvāk viens otram. Šī parādība, neskatoties uz to, vai abi ķermeņi absolūti cieti, vai pilnīgi, vai nepilnīgi elastīgi, notiekas arvienu līdzīgā kārtā pa spiediena laiku, kas izbeidzas pēc tam, kad zveltņis ar pāli sasnieguši kopīgo ātrumu.

Lai iepazītos ar zveltņa un pāļa sistēmas kopīgo kustību, pielieto smaguma centru kustības lieluma uzglabāšanas principu.

Sitiena momenta (t. i. spiediena) sākumā zveltņa un pāja sistēmas kopīgās kustības lielums ir  $\frac{Q}{g} \cdot v$ , bet pāja kustība vien = 0, kur  $\frac{Q}{g}$  ir zveltņa masa.

Spiediena beigās kustības lielums ir  $\left(\frac{Q}{g} + \frac{q}{g}\right) \cdot u$ , kur  $\frac{q}{g}$  ir pāja masa.

Tā tad pēc Newtona likuma

$$\frac{Q}{g} \cdot v = \left(\frac{Q}{g} + \frac{q}{g}\right) \cdot u. \tag{7}$$

jeb

$$u = \frac{Q}{Q + q} \cdot v. \tag{8}$$

No augstāk sacītā, redzams, ka līdz šim visas parādības visiem trim ķermeņu veidiem ir vienādas. Tagad jāapskata tās parādības, kuŗas vairs nav vienādas un atkarājas no ķermeņa īpašībām.

Ķermeņi absolūti cieti. Tā ka pēc augstāk minētā apzīmējuma nekādu iekšēju spraigumu ķermeņos pēc spiediena nav, viņi viens otru neiespaido un kopīgā enerģija

$$K_d = \frac{u^2}{2g} (Q + q).$$

Ieliekot u vietā viņa lielumu (8), dabu

$$K_d = \frac{Q^2}{Q + q} \cdot \frac{v^2}{2g} = \frac{Q^2}{Q + q} \cdot h \tag{9}$$

Ņemot formulu (6)

$$p_c = K - K_d$$

un ieliekot K un  $K_d$  vietā viņu lielumus no (1) un (9) dabu

$$p_c = Q \cdot h - \frac{Q^2}{Q + q} \cdot h = Q \cdot h \left(1 - \frac{Q}{Q + q}\right),$$

jeb

$$p_c = Q \cdot h \cdot \frac{1}{1 + \frac{Q}{q}} \tag{10}$$

Tā ka pēc formulas (10) dabūtais  $p_c$  lielums arvienu pozitīvs, tad pie absolūti cietiem ķermeņiem arvienu būs enerģijas zaudējums, kas pieaug līdz ar zveltņa kritiena augstumu h palielināšanos\*).

\*) Piezīme. Dzīvais spēks, kuŗu pālis iegūst sitiena beigās ir  $\frac{q}{g} \cdot \frac{u^2}{2}$ ; liekot u vietā viņa lielumu no (8), dabū ka dzīvā spēka lielums ir

$$\frac{Q^2 \cdot q}{(Q + q)^2} \cdot \frac{v^2}{2g} = \frac{Q^2 \cdot q \cdot h}{(Q + q)^2} \cdot \dots \dots \dots \tag{11}$$

Ķermeņi pilnīgi elastīgi. Ļoti īsā zveltņa sitienu laikā pirmā periodē, pateicoties abu ķermeņu veidmaiņai, abu ķermeņu smaguma centri tik ilgi tuvojas viens otram, kamēr zveltņa ātrums sitienu sākumā v samazinās līdz ātrumam u, kādu mierā stāvošais pālis iegūst caur zveltņa sitienu. Šī samazināšanās būs  $(v - u)$ . Tā kā tātad pašā laikā a bi pilnīgi elastīgie ķermeņi deformējas, tad zveltņa sitienu laikā otrā periodē, pateicoties ķermeņu pilnīgai elasticitātei, tiem jāatgūst savs pirmatnējais veids, caur ko abu ķermeņu smaguma centru atstātums atkal palielināsies. Ķermeņu veidmaiņai sava pirmatnējā veida atgūšanai jānotiek tādos pašos apmēros, kā zveltņa sitienu laikā pirmā periodē, tikai pretējā virzienā; tā tad arī zveltņa ātruma samazināšanās smaguma centriem attālinoties būs tā pate  $(v - u)$ , kas pie smaguma centru tuvošanās. Zveltņa sitienu laikā beigās, zveltņa ātrums būs

$$v_r = v - (v - u) - (v - u),$$

jeb

$$v_r = 2u - v \quad (12)$$

Zveltņa sitienu laikā pirmā periodē pālis ieguva ātrumu u; saprotams, ka sitienu laikā otrā periodē pāja ātrumam jāpieaug par tādu pašu lielumu u, tā tad zveltņa sitienu laikā beigās pāja ātrums būs

$$v_p = u + u = 2u \quad (13)$$

Liekot nolīdzinājumos (12) un (13) u vietā viņa lielumu no (8), dabū

$$v_r = \frac{Q - q}{Q + q} \cdot v,$$

$$v_p = \frac{2Q}{Q + q} \cdot v.$$

Tieši pēc zveltņa sitienu pie pilnīgi elastīgiem ķermeņiem pāri palikušais, lietderīgais dzīvais spēks

$$K_d = \frac{Q}{g} \cdot \frac{v_r^2}{2} + \frac{q}{g} \cdot \frac{v_p^2}{2}$$

jeb, liekot  $v_r$  un  $v_p$  vietā viņu lielumus,

$$K_d = \frac{Q}{2g} \cdot \frac{(Q - q)^2 \cdot v^2}{(Q + q)^2} + \frac{q}{2g} \cdot \frac{4Q^2}{(Q + q)^2} \cdot v^2 =$$

$$= \frac{Q(Q - q)^2 + 4Q^2q}{(Q + q)^2} \cdot \frac{v^2}{2g} = Q \cdot \frac{v^2}{2g} = Q \cdot h = K.$$

Augšējais nolīdzinājums rāda, ka pa zveltņa sitienu pie zveltņa un pāja pilnīgas elasticitātes nekāda enerģijas zaudējuma nav.

Ķermeņi nepilnīgi elastīgi. Parādības pie nepilnīgi elastīga zveltņa un pāļa pa ārkārtīgi īso zveltņa sitienu laiku nesakrīt ne ar parādībām, kuŗas novērojamas pie absolūti cietiem ķermeņiem, ne ar parādībām pie pilnīgi elastīgiem ķermeņiem, bet atrodas starp šo abu galējo gadījumu parādībām un sakrīt ar tām tikai pa daļai un atkarājas no abu ķermeņu vielu īpašībām un elasticitātes pakāpes.

Arī šini gadījumā zveltņa sitienu laika pirmā periodē zveltņa ātrums samazinās par lielumu  $(v - u)$ , bet tā ka abi ķermeņi ir tikai nepilnīgi elastīgi, tad tie pilnīgi savu agrāko veidu vairs atgūt nevar, un kāda nebūt, kaut arī ļoti maza, veidmaiņa paliks, caur ko zveltņa sitienu laika otrā periodē zveltņa ātruma samazināšanās nebūs  $(v - u)$ , bet tikai viena daļa no tās, t. i.  $\eta \cdot (v - u)$ . Sitienu elasticitātes koeficientam  $\eta$  ir noteikts lielums, kas atrodas starp 0 un 1\*), t. i.

$$0 < \eta < 1$$

Zveltņa ātrums sitienu laika beigās būs

$$\begin{aligned} v_r &= v - (v - u) - \eta (v - u) = \\ &= u - \eta \cdot v + \eta \cdot u = \\ &= u(1 + \eta) - \eta \cdot v \end{aligned}$$

Tāpat arī pāļa ātrums zveltņa sitienu laika otrā periodē pieaugs nevis par  $u$ , bet par  $\eta \cdot u$  un sitienu laika beigās pāļa ātrums būs

$$v_p = u + \eta \cdot u = u(1 + \eta)$$

Liekot abos nolīdzinājumos  $u$  vietā viņa lielumu no (8), dabū

$$v_r = \frac{Q \cdot v}{Q + q} \cdot (1 + \eta) - \eta \cdot v$$

jeb

$$v_r = \frac{Q - \eta \cdot q}{Q + q} \cdot v. \quad (14)$$

un

$$v_p = \frac{Q(1 + \eta)}{Q + q} \cdot v \quad (15)$$

Tieši pēc zveltņa sitienu pāri palikušais lietderīgais dzīvāis spēks

---

\*) Pēc Newton'a formulas  $\eta = \sqrt{\frac{h_1}{h}}$ , kur  $h$  — maza diametra bumbiņas krišanas augstums uz kāda nebūt ķermeņa negrozīgo virsu, pie kam bumbiņa no tādas pašas vielas kā zveltņš, un ķermenis no tādas vielas kā pālis;  $h_1$  — augstums, uz kādu bumbiņa atlec atpakaļ. Ja ķermenis ar bumbiņu absolūti cieti, tad bumbiņa pie krišanas neatleks atpakaļ, tātad  $h_1 = 0$  un  $\eta = 0$ ; turpretim ja bumbiņa ar ķermeni pilnīgi elastīgi, tad  $h_1 = h$  un  $\eta = 1$ ; pētījumi rāda, ka  $\eta$  mainās atkarībā no  $h$ .

$$K_d = \frac{Q}{g} \cdot \frac{v^2}{2} \left( \frac{Q - \eta \cdot q}{Q + q} \right)^2 + \frac{q}{g} \cdot \frac{v^2}{2} \cdot \frac{Q^2 \cdot (1 + \eta)^2}{(Q + q)^2}.$$

$$K_d = Q \cdot \frac{v^2}{2g} \cdot \frac{1}{(Q + q)^2} \cdot [(Q - \eta \cdot q)^2 + Q \cdot q \cdot (1 + \eta)^2]. \quad (16)$$

jeb

$$K_d = Q \cdot h \cdot \left( 1 - q \cdot \frac{1 - \eta^2}{Q + q} \right) \quad (17)$$

un

$$p_c = Q \cdot h - Q \cdot h \cdot \left( 1 - q \cdot \frac{1 - \eta^2}{Q + q} \right)$$

jeb

$$p_c = Q \cdot h \cdot \frac{1 - \eta^2}{1 + \frac{Q}{q}} \quad (18)$$

Ja pieņem ka  $\eta = 0$ , tad dabū, ka

$$p_c = Q \cdot h \cdot \frac{1}{1 + \frac{Q}{q}}$$

t. i. tas pats  $p_c$  lielums, kāds nāk priekšā pie absolūti cietiem ķermeņiem (10).

Ja  $\eta = 1$ , tad  $p_c = 0$ , t. i. enerģijas zaudējums ir 0; tas saskan ar iepriekš sacīto. Šāds iznākums bija paredzams, tā tad enerģijas zaudējums pie nepilnīgi elastīgiem ķermeņiem atrodas starp robežām

0 (pilnīgi elastīgi ķermeņi) un  $Q \cdot h \cdot \frac{1}{1 + \frac{Q}{q}}$  (absolūti cieti ķermeņi).

Koeficienta  $\eta$  vidējais lielums pie tērauda virs tērauda 0,55, tērauda virs betona 0,40, čuguna virs betona 0,35÷0,40, čuguna virs ļoti cieta skuju koka 0,25 un pie čuguna virs koķa, papildinātu augšgalā ar uzpāli (pie dz. betona pāļiem aizsargkape) 0,20÷0,25.

Iekams stājās pie nolīdzinājuma (3) atrisināšanas, meklējot nezināmo  $W$ , nepieciešams iepazīties ar spēka zaudējumu lielumu  $p_e$  un  $p_a$  aprēķinu.

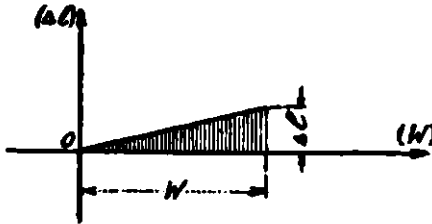
Spēka zaudējumu  $p_e$  izsauc elastiskās deformācijas, t. i. pāja un zveltņa elastiskā saīsināšanās.

Iedziļinoties gruntī no zveltņa sitiena, pālim jāpārvar zināmas pretestības, kas sastādās 1) no grunts pretestības pāja lejas galā un 2) no berzes pretestības starp pāja virsu un apkārtejo grunti. Abu pretestību lielums un iedarbes punkts atkarājas no pāja veida un īpašībām un no grunts īpašībām. Pie kam visnelabvēlīgākais stāvoklis ir tad, ja pielaiž, ka kopīgā pretestība iedarbojas pāja lejas galā.

Pieņemot, ka pālis ir cilindrisks ķermenis un apzīmējot ar  $l$  — pāļa garumu,  $F$  — pāļa šķērsriezumu,  $E$  — pāļa materiāla elasticitātes moduli un  $\Delta l$  — pāļa garuma galīgo saīsināšanos, varam pēc pazīstamās formulas cilindrisku ķermeņu elastiskai saspiešanai no spēka  $W$  uzrakstīt

$$\Delta l = \frac{l}{F \cdot E} W \quad (19)$$

Šis nolīdzinājums taisnstūru koordinātu sistēmā dod taisnu līniju, kas iet caur punktu 0 (88. zīm.) un kuŗu parasti nosauc par veidmaiņas līniju.



88. zīm.

Pēc pazīstamā likuma laukuma lielums starp veidmaiņas līniju un abscisi ir vienāds mehāniskā darba lielumam, kuŗu izdara visi caur veidmaiņu izsauktie spraigumi, tā tad

$$P_e = \frac{1}{2} W \Delta l$$

jeb, liekot  $\Delta l$  vietā viņa lielumu no (19)

$$P_e = \frac{1}{2} \frac{W^2 \cdot l}{F \cdot E} \quad (20)$$

Šeit jāatzīmē, ka formula (20) lietojama tādā gadījumā, kad elasticitātes robeža nav pārsniegta, jo pretējā gadījumā jau notiek pastāvīgas deformācijas. Tāpat jāgriež vērība, ka pāļa galvas virsa būtu perpendikulāra pāļa gareniskai asei.

Tagad jāapņēķinā spēka zaudējums, kas rodas caur zveltņa elastisko deformāciju; tas ir vienāds ar

$$c \cdot \frac{W^2 \cdot l'}{E' \cdot F'}$$

kur  $E'$  ir zveltņa materiāla elasticitātes modulis,  $F'$  — zveltņa šķērsriezums,  $l'$  — zveltņa garums un  $c$  — koeficients, kas mazāks par  $1/2$ .

Tā ka būvpraksē pāļa veids un materiāls gandrīz vienmēr dod stipri lielāku elastisko saīsināšanos nekā zveltņis, tad var bez jūta-

mas kļūdas pie tāļākiem aprēķiniem, zveltņa veidmaiņas darbu nemaz neņemt vērā.

Beidzot spēka zaudējums  $p_n$ , kas nav atkarīgs ne no paša sitiēna, ne no zveltņa un pāja elastiskās deformācijas, rodas galvenā kārtā: 1) no grunts, pāja un pājdziņa satricinājumiem, 2) no pasivām pretestībām un 3) no zaudējumiem, atkarīgiem no pāja un zveltņa pastāvīgām deformācijām.

Satricinājumiem varētu būt par iemeslu, pirmkārt, zveltņa sitiēns, kas jau ņemts vērā pie spēka zaudējuma  $p_c$  aprēķina un, otrkārt, spraiguma sadalīšanās pāļi, jo nevar pieņemt, ka spiediens, kas cēlies no zveltņa sitiēna, iedarbotos visā pāļi vienmērīgi vienā momentā sākot no pāja augšgala līdz pašam lejas galam; satricinājumi, kuņi rodas caur šo parādību, sadalās caur pāļi apkārtējā gruntī, kur arī pazūd un var kādreiz izsaukt pāja bojāšanos.

Pasivās pretestības rodas visos pājdziņos caur berzi starp zveltņi un virzumstatņiem; ja pēdējie vertikāli, tad arī berze niecīga, ja slīpi, piemēram, zem leņķa  $\alpha$  pret horizontāli, tad kilogrammetru daudzums nebūs  $Qh$ , bet  $Qh (\sin \alpha - \mu \cdot \cos \alpha)$ , kur  $h$  — zveltņa noietais ceļš, mērīts pie virzumstatņiem, un  $\mu$  — berzes koeficients starp zveltņi un virzumstatņiem.

Pie pājdziņiem ar atpakaļritošu virvi jāgriež vērība uz zaudējumiem, kuņus izsauc virves kustības, virves lokanība un titavas spoles kūtrība, kas atstāj uz zveltņa ātrumu aizturošu iespaidu.

No pāja un zveltņa pastāvīgām deformācijām atkarīgie zaudējumi parādās, kad zveltņa sitiēns tik stiprs, ka materiāla elasticitātes robeža tiek pārsniegta, caur ko rodas pastāvīgas deformācijas gan pāja augšgalā, gan lejas galā, gan pašā pāja ķermenī.

Redzams, ka šis pēdējais spēka zaudējums  $p_n$  gandrīz vai visos gadījumos ir tik mazs ka viņu pie tāļākiem aprēķiniem var pilnīgi neievērot.

Pārskatāmības dēļ, viss augšā sacītais attēlots tabulā I.

Tabulā atzīmētās trijās vispārējās formulās visi lielumi, izņemot grunts kopējo pretestību pāja iedzījināšanai  $W$  ir novērojami, tā tad dabu katram gadījumam vienu otrās pakāpes nolīdzinājumu ar vienu nezināmo  $W$ .

Kā zinātnieki, tā arī praktiķi-inženieri, ņemdami vienu no minētiem nolīdzinājumiem par pamatu un grozot dažus noteikumus par pāja un zveltņa īpašībām jeb pat pilnīgi neņemot vērā dažus lielumus, atrisinājuši dažādas formulas pāju nestspējas lieluma noteikšanai.

Tabula I.

Ķermeņi absolūti cieti	Ķermeņi pilnīgi elastīgi	Ķermeņi nepilnīgi elastīgi
Zaudējums caur pašu sitienu $p_c$		
$p_c = Q \cdot h \cdot \frac{1}{1 + \frac{Q}{q}}$	$p_c = 0$	$p_c = Q \cdot h \cdot \frac{1 - \eta^2}{1 + \frac{Q}{q}}$
Izlietojamā enerģija pēc zveltņa sitiena $K_d = K - p_c$		
$K_d = \frac{Q^2}{Q + q} \cdot h$	$K_d = Q \cdot h$	$K_d = Qh \cdot \left(1 - q \frac{1 - \eta^2}{Q + q}\right)$
Zaudējumi caur elastiskām deformācijām $p_e$		
$p_e = \frac{1}{2} \cdot \frac{W^2 \cdot l}{F \cdot E}$	$p_e = \frac{1}{2} \cdot \frac{W^2 \cdot l}{F \cdot E}$	$p_e = \frac{1}{2} \cdot \frac{W^2 \cdot l}{F \cdot E}$
Vispārēja formula.*)		
$\frac{Q^2}{Q + q} \cdot h - \frac{1}{2} \cdot \frac{W^2 \cdot l}{F \cdot E} =$	$Qh - \frac{1}{2} \cdot \frac{W^2 \cdot l}{F \cdot E} =$	$Qh \left(1 - q \frac{1 - \eta^2}{Q + q}\right) -$
$= (W - Q - q) \cdot e$	$= (W - Q - q) \cdot e$	$-\frac{1}{2} \cdot \frac{W^2 \cdot l}{F \cdot E} = (W - Q - q) \cdot e$

Visvecākā ir Eytelwein'a formula no 1820. g. Eytelwein's pieņem, ka pālis un zveltņis absolūti cieti ķermeņi, un, pielaižot, ka pāli it nekādas elastiskas deformācijas nenotiek, dabū nolīdzinājumu

$$\frac{Q^2}{Q + q} h = (W - Q - q) \cdot e.$$

Atrisinot nolīdzinājumu, dabū tā saucamo Eytelwein'a formulu

$$W = \frac{Q^2}{Q + q} \cdot \frac{h}{e} + Q + q \quad (21)$$

Redtenbacher's savai formulai (1859. g.) ņem par pamatu nolīdzinājumu priekš absolūti cietiem ķermeņiem un pielaiž, ka grunts pretestība sadalās vienmērīgi pār visu pāli un kospēks iedarbojās pāja vidū, kamēr patiesībā tas iedarbojās tuvāk pāja lejas galam. Turpretim aprēķinā viņš pieņem pilnu  $\Delta l$ , lai gan zaudētā darba atrašanai pietiktu, ja pretestību  $W$  reizina ar  $\frac{\Delta l}{2}$ . Tā tad viens otru izlīdzina. Atrisinot nolīdzinājumu

$$\frac{Q^2}{Q + q} \cdot h = W \cdot e + \frac{1}{2} \cdot \frac{W^2 \cdot l}{F \cdot E}$$

\*) Sk. nolīdzin. (3):  $K - p_c - p_e - p_a = (W - Q - q) \cdot e$ .



$$\text{dabū} \quad W = -\frac{F \cdot E}{l} \cdot e + \sqrt{2h \frac{Q^2}{Q+q} \cdot \frac{F \cdot E}{l} + \left(\frac{F \cdot E}{l} \cdot e\right)^2} \quad (22)$$

Rankine formula atrisināta (1864. g.) no nolīdzinājuma priekš pilnīgi elastīgiem ķermeņiem, pie kam pieņemts, ka pāja iedziļināšanos lielā mērā aiztura berze; pāja lejas galā iedarbojušās pretestības  $W$  vietā likts  $\frac{W}{2}$ . Tā tad Rankine nolīdzinājums pieņem veidu

$$Q \cdot h = W \cdot e + \frac{1}{2} \cdot \frac{W^2 \cdot l}{F \cdot E} \cdot \frac{1}{2}$$

un

$$W = -2 \cdot \frac{F \cdot E}{l} e + \sqrt{4 \cdot Q \cdot h \frac{F \cdot E}{l} + \left(2 \cdot \frac{F \cdot E}{l} \cdot e\right)^2} \quad (23)$$

Weissbach's savas formulas atrisināšanai (1870. g.) pieņem, ka pālis un zveltņis pilnīgi elastīgi ķermeņi un, pielaižot, ka pāja un zveltņa svāra līdzdarbība pie iedziļināšanas ir samērā ar  $W$  lielumu niecīga, dabū nolīdzinājumu

$$Q \cdot h = W \cdot e + \frac{1}{2} \cdot \frac{W^2 \cdot l}{F \cdot E}$$

no kuŗa

$$W = -\frac{F \cdot E}{l} \cdot e + \sqrt{2 \cdot Q \cdot h \frac{F \cdot E}{l} + \left(\frac{F \cdot E}{l} \cdot e\right)^2} \quad (24)$$

Ritter's atrisina savu formulu (1884. g.) no Eytelwein'a nolīdzinājuma (absoluti cieti ķermeņi), bet pielaiž tāpat kā Weissbach's, ka pāja un zveltņa svāra līdzdarbība pie iedziļināšanas nav jāņem vērā, kādēļ Ritter'a nolīdzinājums pieņem veidu

$$\frac{Q^2}{Q+q} \cdot h = W \cdot e$$

un

$$W = \frac{Q^2}{Q+q} \cdot \frac{h}{e} \quad (25)$$

Brix, uzstādot savu formulu, iziet no viedokļa, ka zveltņis pēc sitiena palecas uz augšu un pālis viens pats pārvar grunts pretestību  $W$  un iedziļinās par lielumu  $e$ . Brix'a nolīdzinājumā

$$M_q \cdot \frac{u^2}{2} = W \cdot e,$$

kā redzams, nav ņemta vērā zveltņa potenciālā enerģija pēc sitiena, pāja elastīgās deformācijas un pāja un zveltņa svāra līdzdarbība. Pāja masa  $M_q = \frac{q}{g}$  un pāja un zveltņa kopīgais ātrums pēc sitiena tai mo-

mentā, kad zveltis vēl nav palēcies uz augšu,

$$u = \frac{Q}{Q+q} \cdot v = \frac{Q}{Q+q} \cdot \sqrt{2gh}$$

(sk. nolidz. 8.). Liekot augšējā nolīdzinājumā  $M_q$  un  $u$  vietā viņu lielumus, dabū

$$\frac{Q^2 \cdot q \cdot h}{(Q+q)^2} = W \cdot e,$$

kas pēc atrisināšanas dod pazīstamo Brix'a formulu

$$W = \frac{h}{e} \cdot \frac{q \cdot Q^2}{(Q+q)^3} \quad (26)$$

Stern's savu formulu (1908. g.) atrisina no nolīdzinājuma priekš nepilnīgi elastīgiem ķermeņiem

$$Q \cdot h \cdot \left(1 - q \cdot \frac{1 - \eta^2}{Q - q}\right) - \frac{1}{2} \cdot \frac{W^2 \cdot l}{F \cdot E} = (W - Q - q) \cdot e.$$

Pēc nolīdzinājumiem (16) un (17) var

$$Q \cdot h \left(1 - q \cdot \frac{1 - \eta^2}{Q + q}\right)$$

vietā likt

$$\frac{Q \cdot h}{(Q+q)^2} \cdot [Q \cdot q \cdot (1 + \eta)^2 + (Q - \eta \cdot q)^2]$$

un apzīmējot isuma dēļ faktoru lielās iekavās ar  $\gamma$ , t. i.

$\gamma = Q \cdot q \cdot (1 + \eta)^2 + (Q - \eta \cdot q)^2$ , dabū jauna veida nolīdzinājumu

$$\frac{Q \cdot h}{(Q+q)^2} \cdot \gamma - \frac{1}{2} \cdot \frac{W^2 \cdot l}{F \cdot E} = (W - Q - q) \cdot e;$$

atrisinot to dabū Stern'a formulu

$$W = \frac{F \cdot E}{l} \cdot e \cdot \left\{ \sqrt{1 + \frac{1}{F \cdot E} \cdot \frac{2}{e} \left[ Q + q + \frac{Q \cdot h}{e} \cdot \frac{\gamma}{(Q+q)^2} \right]} - 1 \right\} \quad (27)$$

Kafka, iziedams no nolīdzinājuma priekš nepilnīgi elastīgiem ķermeņiem un bez tam vēl ņemdams vērā arī grunts elastisko deformāciju pie pāja iedzišanas, atrisina savu formulu

$$W = \frac{(2 \cdot l + \lambda^1) F \cdot E}{\Delta} \cdot \left[ -1 + \sqrt{1 + \frac{6 Q \cdot h (Q + \eta^2 \cdot q) \cdot \Delta}{(Q+q)(2 \cdot e + \lambda^1)^2 \cdot F \cdot E}} \right] + Q + q, \quad (28)$$

kur  $\Delta$  — pāja deformācijas garums un  $\lambda^1 = e + \epsilon_1 + \epsilon_2$  t. i. lielums, kurš atkarājas no pāja iedziļināšanās lieluma gruntī —  $e$  un no pāja un grunts elastīgām deformācijām  $\epsilon_1 + \epsilon_2$ . Šo lielumu  $\lambda^1$  var tieši izmērit pie pāja iedzišanas, piestiprinot zīmuli negrozīgā augstumā tā, ka viņa smaile skārtu pāja sānvirsu; pie zveltņa sitiena zīmulis

atzīmē uz pāja sānvirsas līniju, kuŗa patiesībā sastāv no divzarainas līnijas; pirmais zars velkas no lejas uz augšu, otrais — pieslienās pirmā zara augšgalam un velkas pretējā virzienā atpakaļ. Pēdējais zars rodas caur to, ka pālis, pateicoties sava paša, kā arī apkārtējās grunts elastībai, pēc sitienu drusku paceļas, caur ko pēdējā zara galums dod elastisko veidmaiņu sumu  $\epsilon_1 + \epsilon_2$ .

Kreuter's savā formulā spēka zaudējumu pie zveltņa sitienu mēģina izslēgt sekojošā kārtā: atrod pie apmēram vienādiem zveltņa kritiena augstumiem ( $h_1$  resp.  $h_2$ ) vidējos pāja iedzījināšanās lielumus  $e_1$  resp.  $e_2$  no viena pēc otra sekojošiem diviem zveltņa sitienu paņēmieniem, pielaižot, ka spēka zaudējums  $V$  un grunts pretestība pāja iedzījināšanai  $W$  priekš abiem paņēmieniem ir apmēram vienādi; tad dabū 2 nolīdzinājumus

$$Q \cdot h_1 = W \cdot e_1 + V,$$

$$Q \cdot h_2 = W \cdot e_2 + V,$$

no kuŗiem atrod, ka

$$W = Q \frac{h_1 - h_2}{e_1 - e_2} \quad (29)$$

Formulas pielietošanu Kreuter's saista ar noteikumu, ka lielumi  $h_1$  un  $h_2$  nedrīkst daudz atšķirties no lieluma  $h_0$ , pie kuŗa

$$Q \cdot h_0 = V_0,$$

t. i. pie kuŗa kopīgais zveltņa sitienu izdarītais darbs ir vienāds ar spēka zaudējumu.

Benabenq's, pamatojoties uz Boussinesq'a teoriju par 2 siju garenisko sitienu, no kuŗām viena piestiprināta otras galā, izved savu formulu. Dodot attiecībai  $\frac{Q}{q}$  dažādus lielumus, Benabenq's atrod, ka

darbs, kuŗu var izmantot pāja iedzīšanai, ir vienāds ar  $\frac{1}{2} Q \cdot h$ , tā tad dabū nolīdzinājumu,

$$\frac{1}{2} Q \cdot h = W \cdot e,$$

kuŗš pēc atrisināšanas dod

$$W = \frac{Q \cdot h}{2 \cdot e} \quad (30)$$

Vierendeel's atrisina savu formulu

$$W = \frac{Q}{2} \cdot \sqrt{6 \cdot \frac{F \cdot E}{l} \cdot \frac{h}{Q + q} - \frac{3}{4} \cdot \frac{F \cdot E}{l} \cdot e} \quad (31)$$

no nolīdzinājuma priekš absolūti cietiem ķermeņiem, pie kam ņem vērā arī grunts pielipšanu, berzi starp grunti un pāja virsu un tāpat arī grunts dzīvo spēku sitienu beigās, t. i.

$$\frac{Q^2}{Q+q} \cdot h - \frac{8}{15} \cdot \frac{1}{F \cdot E} \cdot W^2 - \frac{2}{15} \cdot \frac{1}{F \cdot E} \cdot W^2 - \frac{S \cdot v_1^2}{2} = W \cdot e,$$

kur  $S$  — grunts masa, kuŗas vibrācijas ātrums sitiena beigās —  $v_1$ ;  
 šo pēdējo lielumu  $\frac{S \cdot v_1^2}{2}$  formulas galīgā veidā (31) kā vienmēr ļoti mazu, neņem vērā.

Goodrich'a formula savā pirmatnējā veidā sastāv no 25 locekļiem, caur ko praktiskai lietošanai nav piemērota. Praktiskiem nolūkiem formula vienkāršota, aizvietojot daudzus locekļus ar koeficientiem, kas iegūti novērošanas ceļā pie pāju dziļšanas normālos apstākļos, un atmetot dažus locekļus, pie kam galīgais rezultāts nedrīkst grozīties vairāk kā par 3%; tad dabu sekojošu formulu:

$$W = -\frac{e}{C} + \frac{1}{C} \sqrt{e^2 + 1,15 \cdot C \cdot Q \cdot h(B-z)},$$

kur  $C = \frac{c \cdot 1}{F \cdot E}$  un  $c$  ir daļa no  $W$ ;  $B$  — attiecība starp zveltņa svaru un zveltņa, pāja un kopā ar pēdējo kustošās grunts svaru;  $z$  — attiecība starp darbu, kas patērēts pāja augšgala sasmalcināšanai un sasildīšanai, un pilnu zveltņa darbu sitiena momentā; 1,15 — koeficients, kas attiecas uz zveltņa krišanas ātrumu, jo novērots, ka pie zveltņiem ar atpakaļritošu virvi, ja pēdējā saistīta cieši ar zveltņi, krišanas ātrums nav  $v = \sqrt{2gh}$ , bet gan  $v = \sqrt{1,15 gh}$ ; pārējie apzīmējumi — agrākie.

Formulas autors savos turpmākos novērojumos un pētījumos nācis pie slēdziena, ka augšējās formulas veidu iespējams vēl vairāk vienkāršot, pie kam grunts pretestības lielums pāja iedzījināšanai var grozīties ne vairāk kā par 10%. Ņemot visu sacīto vērā, Goodrich'a formula pieņem šādu veidu

$$W = 0,276 \cdot \frac{Q \cdot h}{e},$$

vai, izteicot kritiena augstumu nevis colās, bet pēdās,

$$W = \frac{10}{3} \cdot \frac{Q \cdot h}{e}, \quad (32)$$

kur  $W$  izteikts mārciņās;

$Q$  " "  
 $h$  " pēdās;  
 $e$  " colās.

Formulas autors ieteic zveltņa krišanas augstumu  $h$  ņemt apm. 15 pēdas un iedzījināšanas lielumu no viena sitiena  $e$  pēc iespējas mazu, izņemot gadījumus, ja ir ļoti smagi zveltņi vai ļoti vāja grunts.

Wellington'a jeb Engineering News formula uzskatāma vairāk nekā Goodrich'a par tuvīnu formulu; pirmsākumā bija domāta koka pāļiem un rokas, resp. mēchaniskiem pāļdziniem. Pie zveltņa krišanas iegūto dzīvo spēku patērē pāja iedziļināšanai, elastīgām deformācijām pāļi un zveltņi, pāja augš- un lejas gala sasmalcināšanai un zveltņa palekšanai, caur ko viena spēcīga sitienu vietā dabū 2 vājus sitienus. No nolīdzinājuma

$$Q \cdot h = W (e + c)$$

atrod lielumu  $W$ , liekot  $c$  vietā, kas atkarājas no grunts īpašībām, Wellington'a atrasto lielumu — 1 colu, resp. 0,025 m; tā tad

$$W = \frac{Q \cdot h}{e + 0,025} \quad (33)$$

pie kam zveltņa kritiena augstumu pieņem no 3÷5 m. Tvaika zveltņiem Wellington's lieto formulu

$$W = \frac{Q \cdot h}{e + 0,0025} \quad (34)$$

Abās formulās (33) un (34) lielums  $Q$  izteikts kg un  $e$  — metros. Gersevanov's, izvedot savu formulu

$$W = -\frac{n}{2} \cdot F + \sqrt{\frac{n^2}{4} \cdot F^2 + n \cdot \frac{F}{e} \cdot Q \cdot h \cdot \frac{Q + 0,2q}{Q + q}}, \quad (35)$$

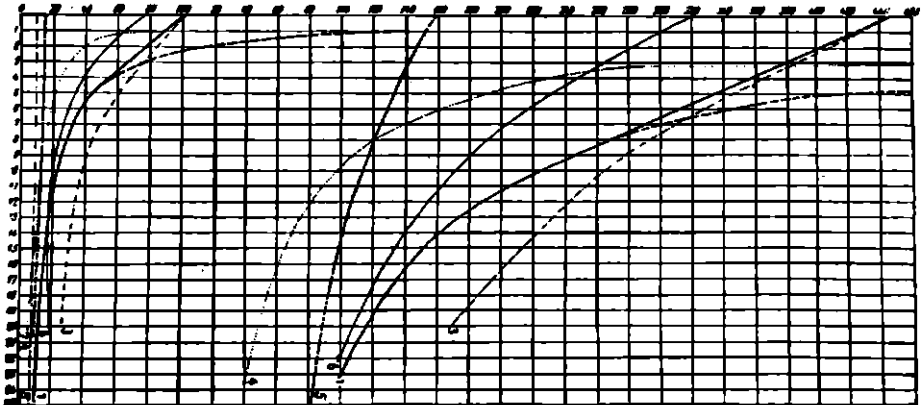
ņem vērā zaudētā darba koeficientu, kas uzskatāms kā funkcija no  $\frac{W}{F}$ . Formulā (35) visi apzīmējumi zināmi un izteikti kg un cm, izņemot  $n$ , kuŗa lielums atkarājas no pāja un tā iedziļināšanas veida; koka pāļiem, bez uzpāja, pieņem  $n = 10$  kg/cm<sup>2</sup>, betona pāļiem ar uzpāļi  $n = 0,5$  kg/cm<sup>2</sup>.

Formulu daudzums jau rāda, ka pāju nestspējas problēma ar tām vēl nav atrisināta, jo tāis grunts īpašības tikai tiktāl ņemtas vērā, cik tās atkarājas tieši no pāja iedziļināšanas lieluma; grunts īpašību neievērošana attālina formulas gala rezultātu no īstenības un samazina tās nozīmi praktiskā darbā. Bez tam vēl jāņem vērā arī daži citi apstākļi, kas formulu nozīmi praksē var lielākā vai mazākā mērā mazināt. Tā nevar par pareizu atzīt noteikumu, it ka pāja nestspējas lielums būtu vienāds ar grunts pretestības lielumu pāja iedziļināšanai; tāpat nav pareizi, ja pielaiž uzskatu, it ka daudzie, ātri viens otram sekojošie zveltņa sitiēni atstātu uz grunti, kuŗā iedzen pāļi, tādu pašu iespaidu, kā mierīga slodze, zem kuŗas pāļis pēc iedziļināšanas atradīsies. Beidzot katram būvinženierim, kam bijušas darišanas ar pāju pamatu projektēšanu, zināms, ka aprēķinot grunts pretestības lielumu pāja iedziļināšanai  $W$  pēc dažādu autoru formulām pie citādi pilnīgi vienādiem apstākļiem, dabū nevienādus rezultātus.

Ta, pieņemot zveltņa svaru  $Q = 350$  kg, pāja svaru  $q = 300$  kg, pāja gaļumu  $l = 440$  cm, pāja vidējo šķēsgriezumu  $F = 706$  cm<sup>2</sup>, elasticitātes moduli  $E = 110.000$  kg/cm<sup>2</sup>, zveltņa krišanas augstumu  $h = 140$  cm un pāja iedzījināšanos gruntī no pedēja zveltņa sitiena  $e = 0,13$  cm, dabū

pēc Eytelwein'a	form.	$W = 182,6$ t.
• Redtenbacher'a	„	$W = 71,3$ t.
• Rankine	„	$W = 139,1$ t.
• Weissbach'a	„	$W = 105,8$ t.
• Ritter'a	„	$W = 182,0$ t.
• Brix'a	„	$W = 87,3$ t.
• Stern'a	„	$W = 71,1$ t. pie $\eta = 0$
		$W = 105,5$ t. „ $\eta = 1$
• Kafka's	„	$W = 65,0$ t. „ $\eta = 0$
		$W = 113,0$ t. „ $\eta = 1$
• Benabenq'a	„	$W = 175,0$ t.
• Vierendeel'a	„	$W = 60,3$ t.
• Goodrich'a	„	$W = 107,3$ t. (262.200 mārciņas)
• Wellington'a		$W = 17,3$ t. pie rokas pāldziņa
		$W = 119,7$ t. pie tvaika pāldziņa
• Gersevanov'a	„	$W = 35,6$ t. koka pālis bez uzpāja

No augšējā redzams, ka grunts iedzījināšanās pretestības lieluma svārstības ir ļoti lielas, dažos gadījumos pat pieckārtīgas (piemēram Eytelwein's un Gersevanov's), neņemot nemaz vērā pēc Wellington'a formulas aprēķināto  $W$  pie rokas pāldziņa.



89. zīm.

Atliekot uz abscises grunts pretestības lielumus pāja iedzījināšanai  $W$  (t) un uz ordinates pāja iedzījināšanās lielumu no pedēja zveltņa sitiena  $e$  (mm), dabū veselu rindu punktu, kušus savienojot

**Tabula II**

Formulas № pēc kartas	Formulas autors	Dzīva spēka lielums Q . h
21	Eytelwein (1820. g.).	$Q . h = \frac{Q+q}{Q} (W - Q - q) . e$
22	Redtenbacher (1859. g.)	$Q . h = \frac{Q+q}{Q} \cdot \left( W . e + \frac{1}{2} \cdot \frac{W^2 . l}{F . E} \right)$
23	Rankine (1864. g.).	$Q . h = W . e + \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{F . E} \cdot \frac{W^2}{2}$
24	Weissbach (1870. g.).	$Q . h = W . e + \frac{1}{2} \cdot \frac{W^2 . l}{F . E}$
25	Ritter (1884. g.).	$Q . h = \frac{Q+q}{Q} \cdot W . e$
26	Brix.	$Q . h = W . e \frac{(Q+q)^2}{Q . q}$
27	Stern (1908. g.).	$Q . h = (Q+q)^2 \cdot \frac{1}{\gamma} \cdot \left[ (W - Q - q) . e + \frac{1}{2} \cdot \frac{W^2 . l}{F . E} \right]$
28	Kafka (1912. g.).	
29	Kreuter (1896. g.).	
30	Benabenq (1911. g.).	$Q . h = 2 . W . e$
31	Vierendeel (1907. g.).	$Q . h = \frac{Q+q}{Q} \left( \frac{2}{3} \cdot \frac{W^2 l}{FE} + W . e \right)$
32	Goodrich (1901. g.).	$Q . h = \frac{W . e}{0,276}$
33	Wellington (1888. g.) rokas un mēchaniskiem pājdziņiem	$Q . h = W . (e + 0,025)$
34	Wellington (1888. g.) tvaika pājdziņiem	$Q . h = W . (e + 0,0025)$
35	Gersevanov (1917. g.).	

Tabula II

Grunts pretestības lielums pāja iedziļināšanai W	Pāja iedziļināšanas lielums no viena zveltņa sitiena e	Drošības koeficienti k
$W = \frac{Q^2}{Q+q} \cdot \frac{h}{e} + Q + q$	$e = \frac{Q^2}{Q+q} \cdot h \cdot \frac{1}{(W-Q-q)}$	
$W = -\frac{F \cdot E}{1} \cdot e + \sqrt{2h \frac{Q^2}{Q+q} \frac{F \cdot E}{1} + \left(\frac{F \cdot E}{1} e\right)^2}$	$e = \frac{Q^2}{Q+q} \frac{h}{W} - \frac{1}{2} \cdot \frac{W \cdot l}{F \cdot E}$	4 ÷ 6
$W = -2 \cdot \frac{F \cdot E}{1} \cdot e + \sqrt{4 Q \cdot h \cdot \frac{F \cdot E}{1} + \left(2 \cdot \frac{F \cdot E}{1} \cdot e\right)^2}$	$e = \frac{Q \cdot h}{W} - \frac{1}{2} \frac{l}{F \cdot E} \frac{W}{2}$	2 ÷ 10
$W = -\frac{F \cdot E}{1} \cdot e + \sqrt{2 \cdot Q \cdot h \cdot \frac{F \cdot E}{1} + \left(\frac{F \cdot E}{1} e\right)^2}$	$e = \frac{Q \cdot h}{W} - \frac{1}{2} \cdot \frac{W \cdot l}{F \cdot E}$	10 un vairāk
$W = \frac{Q^2}{Q+q} \cdot \frac{h}{e}$	$e = \frac{Q^2}{Q+q} \cdot \frac{h}{W}$	
$W = \frac{h}{e} \cdot \frac{q \cdot Q^2}{(Q+q)^2}$	$e = \frac{Q^2 \cdot h \cdot q}{(Q+q)^2 \cdot W}$	4 ÷ 6
$W = \frac{F \cdot E}{1} \cdot e \cdot \left\{ \sqrt{1 + \frac{1}{F \cdot E} \cdot \frac{2}{e} \left[ Q + q + \frac{Q \cdot h}{e} \cdot \frac{\gamma}{(Q+q)^2} \right]} - 1 \right\}$	$e = \left[ \frac{Q \cdot h}{(Q+q)^2} \gamma - \frac{1}{2} \cdot \frac{W^2 \cdot l}{F \cdot E} \right] \cdot \frac{1}{(W-Q-q)}$	
$W = \frac{(2 \cdot 1 + \lambda^2) \cdot F \cdot E}{\Delta} \cdot \left[ -1 + \sqrt{1 + \frac{6 \cdot Q \cdot h (Q + \eta^2 q) \cdot \Delta}{(Q+q) (2 \cdot e + \lambda^2)^2 \cdot F \cdot E}} \right] + Q + q$		
$W = Q \cdot \frac{h_1 - h_2}{e_1 - e_2}$		
$W = \frac{Q \cdot h}{2 \cdot e}$	$e = \frac{Q \cdot h}{2 \cdot W}$	4 ÷ 8
$W = \frac{Q}{2} \sqrt{6 \cdot \frac{F \cdot E}{1} \cdot \frac{h}{Q+q} - \frac{3 F \cdot E}{4 \cdot 1} e}$	$e = \frac{2}{3} \cdot Q \cdot \sqrt{\frac{6 \cdot l \cdot h}{F \cdot E \cdot (Q+q)} - \frac{4}{3} \cdot \frac{W \cdot l}{F \cdot E}}$	4 ÷ 6
$W = 0,276 \cdot \frac{Q \cdot h}{e}$	$e = 0,276 \cdot \frac{Q \cdot h}{W}$	
$W = \frac{Q \cdot h}{e + 0,025}$	$e = \frac{Q \cdot h}{W} - 0,025$	6
$W = \frac{Q \cdot h}{e + 0,0025}$	$e = \frac{Q \cdot h}{W} - 0,0025$	6
$W = -\frac{n}{2} \cdot F + \sqrt{\frac{n^2}{4} \cdot F^2 + n \cdot \frac{F}{e} \cdot Q \cdot h \cdot \frac{Q + 0,2q}{Q+q}}$		2



dabū katrai formulai raksturīgu likni. Tā sastādītas diagramas 89. zīmējumā, kur kreisā pusē likņu grupa attiecas uz koka pāli ( $Q = 300$  kg,  $q = 350$  kg,  $h = 1,30$  m un  $\frac{1}{F \cdot E} = \frac{1}{122656}$ ) un labā pusē likņu grupa attiecas uz dzelzbetona pāli ( $Q = q = 4000$  kg,  $h = 1,00$  m un  $\frac{1}{F \cdot E} = \frac{1}{220000}$ ); ar „1” apzīmētas liknes pēc Eytelwein'a formulas, ar „3” — Weissbach'a, ar „4” — Brix'a, ar „5” — Wellington'a, ar „6” — Stern'a u. t. t. Diagramas uzskatāmi rāda, cik ļoti atšķiras pēc dažādām formulām aprēķinātie pāļu nestspējas lieluma rezultāti.

Viss tas rāda, ka pēc dinamiskām formulām aprēķinātie pāļu nestspējas lielumi jāpieņem ar ļoti lielu uzmanību. Tomēr, neskatoties uz visiem dinamisko formulu trūkumiem, būvinženieri pie projektēšanas vēl ļoti labprāt rīkojās pēc tām; tas izskaidrojams no vienas puses ar to, ka pie pāļu iedzišanas iespējams iegūt tieši visus vajadzīgos lielumus, kas formulās nāk priekšā, un no otras puses, atbildīgam inženierim ir zināms apmierinājums, ka viņš, lietojot kādu formulu, var vismaz ātri uz to atsaukties likuma priekšā, kaut arī prāts tam runātu pretim.

Ar dinamisko formulu palīdzību aprēķinātie lielumi grunts pretestībai  $W$  jāuzskata, ka galīgie pāja nestspējas lielumi. Lai dabūtu pielaidzamo pāja slodzi  $P$  formulu autori paši ieteic pieņemt par tādu tikai vienu daļu no  $W$ , lietojot attiecīgu drošības koeficientu  $k$ , tā tad

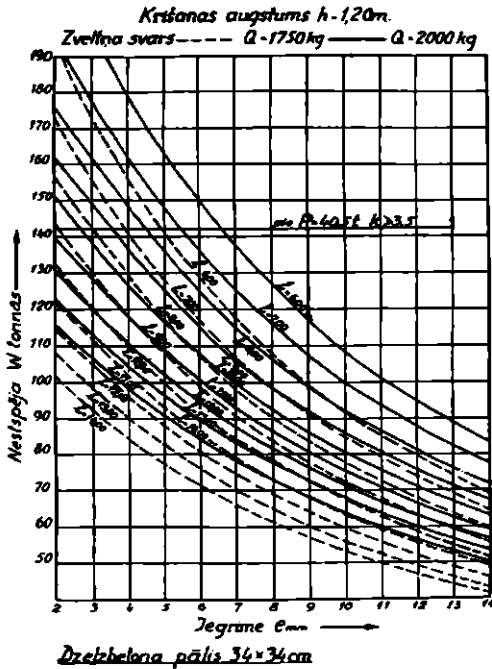
$$P = \frac{W}{k} \quad (36)$$

Redtenbacher's ieteic pieņemt  $k = 4 \div 6$ ; Rankine  $k = 2 \div 10$ ; Weissbach's  $k = 10$  un vairāk; Brix's  $k = 4 \div 6$ ; Benabenq's  $k = 4 \div 8$ ; Vierendeel's  $k = 4 \div 6$ ; Wellington's  $k = 6$ . Prof. B. Vodzinsky's ieteic ņemt drošības koeficientu  $k$  atkarībā no grunts sastāva un īpašībām, tā piem. smiltij  $k = 4$ , smilšainam mālam  $k = 3$ , blīvam mālam  $k = 10$ , ūdeņainam mālam  $k = 20$ . Prof. O. Colberg's mašīnu pamatiem ieteic no autoriem norādītos drošības koeficienta  $k$  lielumus palielināt 2 līdz 4 reizas.

Drošības koeficienta  $k$  lielumu galīgi nosaka atbildīgais būvvaldītājs. Kaut gan projektētās būves svarīgumam šinī gadījumā jāspēlē galvenā loma, jo pie augstām būvēm, izgriežamām tiltu daļām u. t. l., kas padotas lieliem satricinājumiem, drošībai jābūt daudz lielākai, nekā pie mazāk svarīgām būvēm, kur neliela iegrime nevar nekādus sarežģījumus izsaukt, tomēr projektējošā inženiera vai būv-

vadītāja tehniskā sajūta spēlēs izšķirošu lomu, kas ne arvienu var nākt būves drošībai vai ekonomijai par labu.

Daudzas valsts un pašvaldības iestādes pie tiltu būvēm uz pāļu pamatiem uzliek par pienākumu pāja nestspējas lieluma aprēķināšanai lietot Brix'a formulu (26), kā drošāko un vienkāršāko\*).



90. zīm.

Uzskatāmības labā un lai atvieglotu dinamisko formulu lietošanu, tās sakopotas tabulā II, kurā bez grunts pretestības lieluma pāja iedzījināšanai  $W$  parādīti arī dzīvā spēkā lielumi  $Q$ ,  $h$  un pāja iedzījināšanās lielumi no viena zveltņa sitiena  $e$  (sk. 110. un 111. lpp.).

\*) Bij. Prūsijas Publisko darbu ministrija ar rīkojumu no 14. jūnija 1912. g., uzlika par pienākumu pie tiltu būvēm, pāju nestspēju aprēķinot, lietot Brix'a formulu, ievēdot attiecīgu drošības koeficientu  $k$ , kas nedrīkst būt mazāks par 2, pie kam ministrija patur sev tiesību noteikt augstākus lielumus.

Bij. Krievijas Satiksmes ministrija uzlika par pienākumu pāju nestspējas lielumu aprēķināt pēc Brix'a formulas, ievēdot drošības koeficientu  $k = 8$  pie tvaika pāldziņiem un  $k = 20$  pie rokas pāldziņiem. Padomju Krievijas Satiksmes komisariats ar rīkojumu no 19. maija 1929. g., uzlika par pienākumu pie koka tiltu būvēm pāju nestspēju aprēķināt pēc Gersevanova formulas (35), ieteicot drošības koeficientu samazināt līdz 2.

Laī atvieglotu pie formulu lietošanas rēķināšanas darbu, kur bieži var pielaiest pārskatīšanās kļūdas, varbūt pat ar liktenīgām sekām, ieteicams zināmiem zveltņa svāriem  $Q$ , krišanas augstumiem  $h$  un pāja gaŗumiem  $l$  sastādīt pāja nestspējas grafiku, atliekot uz ordinātes grunts pretestības lielumus  $W$  ( $t$ ) un uz abscises pāja iedziļināšanās lielumus no pēdējā sitiēna  $e$  (mm).

Piemēram, Redtenbacher'a formulai šāda grafika sastādīta (90. zīm.), lielumiem  $W$  pie zveltņa svara  $Q = 2000$  kg (pilna līnija) un  $Q = 1750$  kg (raustīta līnija), zveltņa krišanas augstuma  $h = 1,20$  m, pāju gaŗumiem  $l = 6,00 \div 14,00$  m un iedziļināšanas lielumiem  $e = 2 \div 14$  mm, elasticitātes moduļa  $E = 1400$  kg/mm<sup>2</sup> (dzelzbetons) un  $E = 1200$  kg/mm<sup>2</sup> (koks); piemērā apskatīts dzelzbetona pālis  $34 \times 34$  cm šķērsgrīzumā.

Prakses vajadzības šīs grafikas apmierina pilnīgi un bez tam tās viegli pielietojamas sevišķi tādos gadījumos, kad jāatrod  $W$  ļoti daudzīēn dažāda gaŗuma pāļiem.

**Teoretiski-stātiskais paņēmiēns.** Pāja nestspējas lieluma noteikšanai pēc šī paņēmiēna lieto Rankine, Maurice Lévy, Boussinesq'a, Flamante'a un Resal'a zemes masu noturības teorijas. Bez tam vēl nepieciešama arī grunts īpašību laba pārzināšana, kas iespējama, izdarot iepriekšēju grunts pētīšanu ar urbumiem. Uz augšminēto teoriju un dažu eksperimentālā ceļā atrastu grunts fizikālu īpašību lieluma pamata sastāda formulas, kas nosaka savstarpīgo sakāribu starp pāli un apkārtējo grunti.

Formulas dod iespēju katrā atsevišķā gadījumā atrast grunts pretestību pāja iedziļināšanai, tā tad arī pielaižamo uz pāli slodzi, atkarībā no pāja izmēriem un apkārtējās grunts īpašībām.

Apzīmējot ar  $P_0$  — pāja vertikālo slodzi (kg),  $q$  — pāja svaru (kg)  $R_s$  grunts reakcijas vertikālo kopspēku, kas iedarbojas uz pāja smailli (kg),  $R_r$  — grunts reakcijas vertikālo komponentu kopspēku, kas iedarbojas uz pāja virsas (cilindrisku vai prizmatisku) daļu, kas atrodas gruntī (kg),  $d$  — pāja diametru (m),  $l$  — pāja gruntī iedzītās daļas gaŗumu (m),  $l_0$  — pāja smailes gaŗumu (m),  $a$  — pāja smailes pusleņķi,  $\rho$  — attiecīgas grunts dabīgas nogāzes leņķi,  $\gamma$  — attiecīgas grunts tīlpuma svaru kg/m<sup>3</sup>,  $U$  — pāja cilindriskās vai prizmatiskās daļas horizontālā šķērsgrīzuma perimetrī, dabū nolīdzinājumu

$$P_0 = R_s + R_r - q,$$

kur pēc Benabena q'a

$$R_s = a \cdot \gamma \cdot \left(1 + \frac{l_0}{3}\right)$$

$$R_r = b \cdot \gamma \cdot l^2.$$

Tā ka lielums  $\frac{l_0}{3}$  salīdzinot ar  $l$  vispārīgi ļoti mazs, tad var to neņemt vērā un tad

$$R_s = a \cdot \gamma \cdot l.$$

Liekot  $R_s$  un  $R_r$  vietā dabūtos lielumus, dabū jaunu nolīdzinājumu

$$P_0 = a \cdot \gamma \cdot l + b \cdot \gamma \cdot l^2 - q,$$

kurā lielums  $q$  salīdzinot ar  $P_0$  arī ļoti mazs, kādēļ to var neievērot un tādā gadījumā

$$P_0 = a \cdot \gamma \cdot l + b \cdot \gamma \cdot l^2.$$

Teorijas autors atrod koeficientu  $a$  un  $b$  lielumus, kuŗi ir sekojoši:

$$a = \frac{m \cdot d^2}{8 \sin \alpha} \cdot \operatorname{tg}^4 \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\rho}{2} \right),$$

$$b = \frac{m \cdot d}{4} \cdot \operatorname{tg} \rho \operatorname{tg}^2 \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\rho}{2} \right),$$

kur

$$m = \frac{2U}{d}$$

pie kam  $d$  pie cilindriskiem pāļiem apzīmē diametru, bet prizmatiskiem — horizontālā šķērsriezuma (kvadrāta resp. daudzstūŗa) malas garumu.

Sekojošā tabulā III aprēķināti lielumi  $a$  un  $b$  dažādiem  $d$  un  $\rho$  pie pastāvīga  $\alpha = 20^\circ$ , kur  $\sin \alpha = 0,342$ . Lai atrastu koeficienta  $a$  lielumu pie kāda cita smailes pusleņķa, piem.  $\alpha'$ , vajaga tabulā aprēķināto  $a$  reizināt ar  $\frac{\sin \alpha}{\sin \alpha'}$ , t. i.  $a' = a \frac{\sin \alpha}{\sin \alpha'}$ .

Lai dabūtu pielaižamo pāja slodzi  $P$ , arī pie šī paņēmiena ievēdrošības koeficientu  $k$ , kuŗa lielumu, skatoties pēc grunts īpašībām, parasti pieņem no 4 līdz 6 un tikai ļoti vājām gruntīm līdz 8.

Tā tad

$$P = \frac{1}{k} \cdot P_0,$$

jeb

$$P = \frac{1}{k} \cdot \gamma \cdot \left[ \frac{m \cdot d^2}{8 \sin \alpha} \cdot \operatorname{tg}^4 \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\rho}{2} \right) \cdot l + \frac{m \cdot d}{4} \cdot \operatorname{tg} \rho \operatorname{tg}^2 \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\rho}{2} \right) \cdot l^2 \right] \quad (37)$$

Zemāk sekojošās tabulās IV ÷ X ievietoti aprēķina rezultāti lielumam  $P_0$  cilindriskiem un prizmatiskiem pāļiem pie dažādiem  $l$  ( $= 4; = 5; = 6; = 7; = 8; = 9; = 10; = 11; = 12 = 13; = 14; = 15$  m),  $d$  ( $= 0,15; = 0,20; = 0,25; = 0,30$  m) un  $\rho$  ( $= 10^\circ; = 15^\circ; = 20^\circ; = 25^\circ; = 30^\circ$ ) un pastāvīgiem  $\alpha = 20^\circ$  un  $\gamma = 1700$  kg/m<sup>3</sup>. Lai dabūtu  $P_0$

Tabula III.

*Paži paži.*

Diametrs d.		$\rho$							
		10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°
0,30	a.	0,417	0,595	0,858	1,257	1,860	2,812	4,382	7,041
	b.	0,118	0,214	0,349	0,541	0,815	1,216	1,818	2,744
0,25	a.	0,290	0,413	0,596	0,869	1,292	1,953	3,043	4,890
	b.	0,098	0,178	0,291	0,451	0,679	1,013	1,515	2,287
0,20	a.	0,186	0,265	0,381	0,556	0,827	1,250	1,947	3,130
	b.	0,078	0,142	0,233	0,360	0,543	0,811	1,212	1,829
0,15	a.	0,104	0,149	0,214	0,313	0,465	0,703	1,095	1,760
	b.	0,059	0,107	0,175	0,270	0,407	0,608	0,909	1,372

*Paži ar kvadratu šķērsriezumā.*

Kvadrāta mala d.		$\rho$							
		10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°
0,30	a.	0,531	0,758	1,095	1,600	2,368	3,582	5,579	8,966
	b.	0,150	0,272	0,445	0,689	1,038	1,549	2,316	3,496
0,25	a.	0,369	0,526	0,760	1,111	1,645	2,487	3,874	6,226
	b.	0,125	0,227	0,371	0,574	0,865	1,291	1,930	2,913
0,20	a.	0,236	0,335	0,486	0,711	1,053	1,592	2,480	3,985
	b.	0,100	0,182	0,297	0,459	0,692	1,033	1,544	2,330

Tabula IV.

Apali pāji:  $d=0,15$ ;  $\gamma=1700$ ;  $\alpha=20^\circ$ .

Garums l metros	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$\rho = 10^\circ$ $\left\{ \begin{array}{l} R_s \\ R_r \\ P_o \end{array} \right.$	708 1600	885 2500	1062 3600	1239 4900	1416 6400	1593 8100	1770 10000	1947 12100	2124 14400	2301 16900	2478 19600	2655 22500
	2308	3385	4662	6139	7816	9693	11770	14047	16524	19201	22078	25155
$\rho = 15^\circ$ $\left\{ \begin{array}{l} R_s \\ R_r \\ P_o \end{array} \right.$	1012 2912	1265 4550	1518 6552	1771 8918	2024 11648	2277 14742	2530 18200	2783 22022	3036 26208	3289 30758	3542 35672	3795 40950
	3924	5815	8070	10689	13672	17019	20730	24805	29244	34047	39214	44745
$\rho = 20^\circ$ $\left\{ \begin{array}{l} R_s \\ R_r \\ P_o \end{array} \right.$	1460 4752	1825 7425	2190 10692	2555 14553	2920 19008	3285 24057	3650 29700	4015 35937	4380 42768	4745 50193	5110 58212	5475 66825
	6212	9250	12882	17108	21928	27342	33350	39952	47148	54938	63322	72300
$\rho = 25^\circ$ $\left\{ \begin{array}{l} R_s \\ R_r \\ P_o \end{array} \right.$	2168 7360	2710 11500	3252 16560	3794 22540	4336 29440	4878 37260	5420 46000	5962 55660	6504 66240	7046 77740	7588 90160	8130 103500
	9528	14210	19812	26334	33776	42138	51420	61622	72744	84786	97748	111630
$\rho = 30^\circ$ $\left\{ \begin{array}{l} R_s \\ R_r \\ P_o \end{array} \right.$	3160 11088	3950 17325	4740 24948	5530 33957	6320 44352	7110 56133	7900 69300	8690 83853	9480 99792	12270 117117	11060 135828	11850 155925
	14248	21275	29688	39487	50672	63243	77200	92543	109272	127387	146888	167775

Tabula V.

Apañt pañi:  $d = 0,20$ ;  $\gamma = 1700$ ;  $\alpha = 20^\circ$ .

Gağums I metros	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
$\rho = 10^\circ$	$R_s$	1264	1580	1896	2212	2528	2844	3160	3476	3792	4108	4424	4740
	$R_r$	2128	3325	4788	6517	8516	10773	13300	16093	19152	22477	26068	29925
	$P_o$	3392	4905	6684	8729	11040	13613	16460	19569	22944	26585	30492	34665
$\rho = 15^\circ$	$R_s$	1800	2250	2700	3150	3600	4050	4500	4950	5400	5850	6300	6750
	$R_r$	3872	6050	8712	11858	15488	19602	24200	29282	34848	40898	47432	54450
	$P_o$	5672	8300	11412	15008	19088	23652	28700	34232	40248	46748	53732	61200
$\rho = 20^\circ$	$R_s$	2600	3250	3900	4550	5200	5850	6500	7150	7800	8450	9100	9750
	$R_r$	6336	9900	14256	19404	25344	32076	39600	47916	57024	66586	77616	89100
	$P_o$	8936	13150	18156	23954	30544	37926	46100	55066	64824	75036	86716	98850
$\rho = 25^\circ$	$R_s$	3856	4820	5784	6748	7712	8676	9640	10604	11568	12532	13496	14460
	$R_r$	9808	15325	22068	30037	39232	49653	61300	74173	88272	103597	120148	137925
	$P_o$	13664	20145	27852	36785	46944	58329	70940	84777	99840	116129	133644	152385
$\rho = 30^\circ$	$R_s$	5620	7025	8430	9835	11240	12645	14050	15455	16860	18265	19670	21075
	$R_r$	14768	23075	33228	45227	59072	74763	92300	111683	132912	155987	180908	207675
	$P_o$	20388	30100	41658	55062	70312	87408	106350	127138	149772	174252	200578	228750

Tabula VI.

Apali pałi:  $d = 0,25$ ;  $\gamma = 1700$ ;  $\alpha = 20$ .

Garums l metros	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$\rho = 10^\circ$ $\left\{ \begin{array}{l} R_s \\ R_r \\ P_o \end{array} \right.$	1972	2465	2958	3451	3944	4437	4930	5423	5916	6409	6902	7395
	2672	4175	6012	8183	10688	13527	16700	20207	24048	28223	32732	37575
	4644	6640	8970	11634	14632	17964	21630	25630	29964	34632	39634	44970
$\rho = 15^\circ$ $\left\{ \begin{array}{l} R_s \\ R_r \\ P_o \end{array} \right.$	2812	3515	4218	4921	5624	6327	7030	7733	8436	9139	9842	10545
	4848	7575	10908	14847	19392	24543	30300	36663	43632	51207	59388	68175
	7660	11090	15126	19768	25016	30870	37330	44396	52068	60346	69230	78720
$\rho = 20^\circ$ $\left\{ \begin{array}{l} R_s \\ R_r \\ P_o \end{array} \right.$	4060	5075	6090	7105	8120	9135	10150	11165	12180	13195	14210	15225
	7920	12375	17820	24255	31680	40095	49500	59895	71280	83655	97020	111375
	11980	17450	23910	31360	39800	49230	59650	71060	83460	96850	111230	126600
$\rho = 25^\circ$ $\left\{ \begin{array}{l} R_s \\ R_r \\ P_o \end{array} \right.$	6024	7530	9036	10542	12048	13554	15060	16566	18072	19578	21084	22590
	12256	19150	27576	37534	49024	62046	76600	92686	110304	129454	150136	172350
	18280	26680	36612	48076	61072	75600	91660	109252	128376	149032	171220	194740
$\rho = 30^\circ$ $\left\{ \begin{array}{l} R_s \\ R_r \\ P_o \end{array} \right.$	8784	10980	13176	15372	17568	19764	21960	24156	26352	28548	30744	32940
	18464	28850	41544	56546	73856	93474	115400	139634	166176	195026	226184	259650
	27248	39830	54720	71918	91424	113238	137360	163790	192528	223574	256928	292590



Tabula VII.

Apaji paji:  $d = 0.30$ ;  $\gamma = 1700$ ;  $\alpha = 20^\circ$ .

Garums I metros	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$\rho = 10^\circ$ $\left\{ \begin{array}{l} R_s \\ R_r \\ P_o \end{array} \right.$	2836	3545	4254	4963	5672	6381	7090	7799	8508	9217	9926	10635
	3216	5025	7236	9849	12864	16281	20100	24321	28944	33969	39396	45225
	6052	8570	11490	14812	18536	22662	27190	32120	37452	43186	49322	55860
$\rho = 15^\circ$ $\left\{ \begin{array}{l} R_s \\ R_r \\ P_o \end{array} \right.$	4048	5060	6072	7084	8096	9108	10120	11132	12144	13156	14168	15180
	5808	9075	13068	17787	23232	29403	36300	43923	52272	61347	71148	81675
	9856	14135	19140	24871	31328	38511	46420	55055	64416	74503	85316	96855
$\rho = 20^\circ$ $\left\{ \begin{array}{l} R_s \\ R_r \\ P_o \end{array} \right.$	5848	7310	8772	10234	11696	13158	14620	16082	17544	19006	20468	21930
	9504	14850	21384	29106	38016	48114	59400	71874	85536	100386	116424	133650
	15352	22160	30156	39340	49712	61272	74020	87956	103080	119392	136892	155580
$\rho = 25^\circ$ $\left\{ \begin{array}{l} R_s \\ R_r \\ P_o \end{array} \right.$	8676	10845	13014	15183	17352	19521	21690	23859	26028	28197	30366	32535
	14704	22975	33084	45031	58816	74439	91900	111199	132336	155311	180124	206775
	23380	33820	46098	60214	76168	93960	113590	135058	158364	183508	210490	239310
$\rho = 30^\circ$ $\left\{ \begin{array}{l} R_s \\ R_r \\ P_o \end{array} \right.$	12648	15810	18972	22134	25296	28458	31620	34782	37944	41106	44268	47430
	22160	34625	49860	67865	88640	112185	138500	167585	199440	234065	271460	311625
	34808	50435	68832	89999	113936	140643	170120	202367	237384	275171	315728	359055

Tabula VIII.

*Paļi, kuru šķērsriezums kvadrats: kvadrata mala  $d = 0,20$ ;  $\gamma = 1700$ ;  $\alpha = 20^\circ$ .*

Garums l metros	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$\rho = 10^\circ$ $\left\{ \begin{array}{l} R_s \\ R_r \\ P_o \end{array} \right.$	1604	2005	2406	2807	3208	3609	4010	4411	4812	5213	5614	6615
	2720	4250	6120	8330	10880	13770	17000	20570	24480	28730	33320	38250
	4324	6255	8526	11137	14088	17379	21010	24981	29292	33943	38934	44865
$\rho = 15^\circ$ $\left\{ \begin{array}{l} R_s \\ R_r \\ P_o \end{array} \right.$	2292	2865	3438	4011	4584	5157	5730	6303	6876	7449	8022	8595
	4944	7725	11124	15141	19776	25029	30900	37389	44496	52221	60564	69525
	7236	10590	14562	19152	24360	30186	36630	43692	51372	59670	68586	78120
$\rho = 20^\circ$ $\left\{ \begin{array}{l} R_s \\ R_r \\ P_o \end{array} \right.$	3308	4135	4962	5789	6616	7443	8270	9097	9924	10751	11758	12405
	8080	12625	18180	24745	32320	40905	50500	61105	72720	85345	98980	113625
	11388	16760	23142	30534	38936	48348	58770	70202	82644	96096	110738	126030
$\rho = 25^\circ$ $\left\{ \begin{array}{l} R_s \\ R_r \\ P_o \end{array} \right.$	5156	6445	7734	9023	10312	11601	12890	14179	15468	16757	18046	19335
	12480	19500	28080	38220	49920	63180	78000	94380	112320	131820	157880	175500
	17636	25945	35814	47243	60232	74781	90890	108559	127788	148577	175926	194835
$\rho = 30^\circ$ $\left\{ \begin{array}{l} R_s \\ R_r \\ R_o \end{array} \right.$	7156	8945	10734	12523	14312	16101	17890	19679	21468	23257	25046	26835
	18816	29400	42336	57624	75264	95256	117600	142296	169344	198744	230496	264600
	25972	38345	53070	70147	89576	111357	135490	161975	190812	222001	255542	291435

Tabula IX.

*Paži, kuru šķersgriezums kvadrats: kvadrata mala  $d = 0,25$ ;  $\gamma = 1700$ ;  $\alpha = 20^\circ$ .*

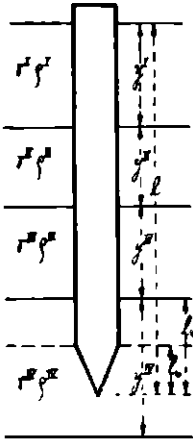
Garums l metros	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$\rho = 10^\circ$ $\left\{ \begin{array}{l} R_s \\ R_r \\ P_o \end{array} \right.$	2508	3135	3762	4389	5016	5643	6270	6897	7524	8151	8778	9405
	3392	5300	7632	10377	13568	17172	21200	25652	30528	35828	41552	47700
	5900	8435	11394	14777	18584	22815	27470	32549	38052	43979	50330	57105
$\rho = 15^\circ$ $\left\{ \begin{array}{l} R_s \\ R_r \\ P_o \end{array} \right.$	3580	4475	5370	6265	7160	8055	8950	9845	10740	11635	12530	13425
	6176	9650	13896	18914	24704	31266	38600	46706	55584	65234	75656	86850
	9756	14125	19266	25179	31864	39321	47550	56551	66324	76869	88186	100275
$\rho = 20^\circ$ $\left\{ \begin{array}{l} R_s \\ R_r \\ P_o \end{array} \right.$	5168	6460	7752	9044	10336	11628	12920	14212	15504	16796	18088	19380
	10096	15775	22716	30919	40384	51111	63100	76351	90864	106639	123676	141975
	15264	22235	30468	39963	50720	62739	76020	90563	106368	123436	141764	161355
$\rho = 25^\circ$ $\left\{ \begin{array}{l} R_s \\ R_r \\ P_o \end{array} \right.$	7556	9445	11334	13223	15112	17001	18890	30770	22668	24557	26446	28335
	15616	24400	35136	47824	62464	79056	97600	118096	140544	164944	191296	219600
	23172	33845	46470	61047	77576	96057	116490	148875	163212	189501	217742	247935
$\rho = 30^\circ$ $\left\{ \begin{array}{l} R_s \\ R_r \\ P_o \end{array} \right.$	11184	13980	16776	19572	22368	25164	27960	30756	33552	36348	39144	41940
	23536	36775	52956	72079	94144	119151	147100	177991	211824	248599	288316	330975
	34720	50755	69732	91651	116512	144315	175060	208747	245376	284947	327460	372915

**Tabula X.**

*Paļi, kuru spērsgriezums kvadrats: kvadrata mala  $d = 0,30$ ;  $\gamma = 1700$ ;  $\alpha = 20^\circ$ .*

Garums l metros	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$\rho = 10^\circ$ $\left\{ \begin{array}{l} R_s \\ R_r \\ P_o \end{array} \right.$	3612	4515	5418	6321	7224	8127	9030	9933	10836	11739	12642	13545
	4080	6375	9180	12495	16320	20655	25500	30855	36720	43095	49980	57375
	7692	10890	14598	18816	23544	28782	34530	40788	47556	54834	62622	70920
$\rho = 15^\circ$ $\left\{ \begin{array}{l} R_s \\ R_r \\ P_o \end{array} \right.$	5152	6440	7728	9016	10304	11592	12880	14168	15456	16744	18032	19320
	7408	11575	16668	22687	29632	37503	46300	56023	66672	78247	90748	104175
	12560	18015	24396	31703	39936	49095	59180	70191	82128	94991	108780	123495
$\rho = 20^\circ$ $\left\{ \begin{array}{l} R_s \\ R_r \\ P_o \end{array} \right.$	7444	9305	11166	13027	14888	16749	18610	20471	22332	24193	26054	27915
	12112	18925	27252	37093	48448	61317	75700	91597	109008	127933	148372	170325
	19556	28230	38418	50120	63336	78066	94310	112068	131340	152126	174426	198240
$\rho = 25^\circ$ $\left\{ \begin{array}{l} R_s \\ R_r \\ P_o \end{array} \right.$	10880	13600	16320	19040	21760	24480	27200	29920	32640	35360	38080	40800
	18736	29275	42156	57379	74944	94851	117100	141691	168624	197899	229516	263475
	29616	42875	58476	76419	96704	119331	144300	171611	201264	233259	267596	304275
$\rho = 30^\circ$ $\left\{ \begin{array}{l} R_s \\ R_r \\ P_o \end{array} \right.$	16104	20130	24156	28182	32208	36234	40260	44286	48312	52338	56364	60390
	28240	44125	63540	86485	112960	142965	176500	213565	254160	298285	345940	397125
	44344	64255	87696	114667	145168	179199	216760	257851	302472	350623	402304	457515

pie citādiem nekā  $1700 \text{ kg/m}^3$  grunts tūpuma svāra lielumiem, piem.  $\gamma$ , bet pie tā pašā  $\alpha = 20^\circ$ , vajadzīgs tabulā aprēķināto lielumu  $P_0$  reizināt ar  $\frac{\gamma'}{1700}$ .



91. zīm.

Pielaižamai paļa slodzei  $P$  (kur  $P = \frac{1}{k} \cdot P_0$ ) uz  $1 \text{ cm}^2$  vajaga būt mazākai par praksē pielaižamo piepūli kokam  $40 \div 50 \text{ kg/cm}^2$  un betonam  $45 \div 55 \text{ kg/cm}^2$ .

Dabā reti nāk priekšā gadījumi, kad grunts visā paļa iedzišanas dziļumā būtu vienmērīga. Parasti grunts slāņaina, pie kam atsevišķie slāņi pēc sava sastāva var būt ļoti dažādi.

Piemēram, pieņemot, ka grunts sastāv no četriem horizontāliem slāņiem (91. zīm.), tad lielumu  $\gamma$  var izteikt sekojoši:

$$\gamma = \frac{y^I \cdot \gamma^I + y^{II} \cdot \gamma^{II} + y^{III} \cdot \gamma^{III} + l_1 \cdot \gamma^{IV}}{l} \quad (\text{A})$$

Ja pieņem  $\gamma = \gamma^{IV}$ , tad lielums

$$l = y^I \cdot \frac{\gamma^I}{\gamma^{IV}} + y^{II} \cdot \frac{\gamma^{II}}{\gamma^{IV}} + y^{III} \cdot \frac{\gamma^{III}}{\gamma^{IV}} + l_1. \quad (\text{B})$$

Kas zīmējās uz dabīgas nogāzes leņķi, tad to pieņem vienādu ar  $\rho^{IV}$ .

Pieņemot vienu no šiem paņēmieniem, var aprēķināt lielumu  $R_r$ .

Lielumu  $R_r$  aprēķināšanai jāņem vērā varianti no  $\gamma$  un no  $\rho$ . Var pieņemt to pašu metodi, kāda pieņemta zemes spiediena gadījumā, ja slāņi guļ viens virs otra, t. i.

$$R_r = R_r^I + R_r^{II} + R_r^{III} + R_r^{IV}, \quad (\text{C})$$

kur

$$R_r^I = b^I \cdot \gamma^I \cdot y^{I^2},$$

$$R_r^{II} = b^{II} \cdot \gamma^{II} \cdot \left[ \left( y^I \cdot \frac{\gamma^I}{\gamma^{II}} + y^{II} \right)^2 - \left( y^I \cdot \frac{\gamma^I}{\gamma^{II}} \right)^2 \right],$$

$$R_r^{III} = b^{III} \cdot \gamma^{III} \cdot \left[ \left( y^I \cdot \frac{\gamma^I}{\gamma^{III}} + y^{II} \cdot \frac{\gamma^{II}}{\gamma^{III}} + y^{III} \right)^2 - \left( y^I \cdot \frac{\gamma^I}{\gamma^{III}} + y^{II} \cdot \frac{\gamma^{II}}{\gamma^{III}} \right)^2 \right],$$

$$R_r^{IV} = b^{IV} \cdot \gamma^{IV} \cdot \left[ \left( y^I \cdot \frac{\gamma^I}{\gamma^{IV}} + y^{II} \cdot \frac{\gamma^{II}}{\gamma^{IV}} + y^{III} \cdot \frac{\gamma^{III}}{\gamma^{IV}} + l_1 \right)^2 - \left( y^I \cdot \frac{\gamma^I}{\gamma^{IV}} + y^{II} \cdot \frac{\gamma^{II}}{\gamma^{IV}} + y^{III} \cdot \frac{\gamma^{III}}{\gamma^{IV}} \right)^2 \right].$$

Ja nav iespējams atšķirt vienu pār otru guļošus slāņus (gadījumā, kad viņi pilnīgi horizontāli), var pieņemt vidējos lielumus priekš  $\rho$  un  $\gamma$ , t. i.

$$\rho = \frac{\rho^I \cdot y^I + \rho^{II} y^{II} + \rho^{III} y^{III} + \dots}{y^I + y^{II} + y^{III} + \dots} \quad (D)$$

$$\gamma = \frac{y^I \cdot \gamma^I + y^{II} \cdot \gamma^{II} + y^{III} \gamma^{III} + I_1 \cdot \gamma^{IV}}{l} \quad (E)$$

**Piemērs I.** Dzelzbetona pālis iedzīts visā savā gaļumā vienmērīgā dūņainā gruntī ar  $\rho = 20^0$  un  $\gamma = 1700 \text{ kg/m}^3$ ; pāja šķersgriezuma kvadrāta mala  $d = 0,30 \text{ m}$ , gruntī iedzītās daļas gaļums  $l = 10 \text{ m}$  un smailes pusleņķis  $\alpha = 20^0$ .

Tā ka

$$R_s = a \cdot \gamma \cdot \left(1 + \frac{l_0}{3}\right)$$

un

$$R_r = b \cdot \gamma \cdot l^2,$$

pie kam  $l_0 = \frac{d}{2} \text{ctg } \alpha$ ,  $a = 1,095$  (sk. tab. III) un  $b = 0,445$  (sk. tab. III), tad

$$R_s = 1,095 \times 1700 \left(10 + \frac{0,30}{2 \times 3}\right) \times 2,747 = 18852 \text{ kg},$$

$$R_r = 0,445 \times 1700 \times 100 = 75700 \text{ kg}$$

un pāja vertikālā slodze

$$P_0 = R_s + R_r = 18852 + 75700 = 94552 \text{ kg}.$$

Tā ka pālis iedzīts dūņainā gruntī, tad drošības koeficients  $k$  pieņemts lielāks, t. i.  $k = 6$ , tā tad pielaižamā pāja slodze

$$P = \frac{P_0}{6} = \frac{94552}{6} = 15759 \text{ kg}$$

Pārbaudot pāja materiālu uz spiedi, dabū  $\sigma = \frac{15759}{30^2} = 18 \text{ kg/cm}^2$ , kas mazāks par  $50 \text{ kg/cm}^2$ , tā tad aprēķinātā slodze  $15759 \text{ kg}$  pielaižama.

Šo pašu rezultātu dabū, ja pielieto vienīgi augstāk pievestās tabulas:

Priekš  $d = 0,30$ ,  $\alpha = 20^0$ ,  $l = 10 \text{ m}$  un  $\rho = 20^0$  pēc tabulas X dabū

$R_s$	18610 kg
$R_r$	<u>75700 kg</u>
$P_0$ . . . . .	94310 kg,

kas tikai drusku mazāks par iepriekš dabūto lielumu 94552 kg, jo nav ņemts vērā lielums  $\frac{l_0}{3}$ .

Piemērs II. Pirmā piemērā minētais pālis, tagad ar smailis pusleņķi  $\alpha^I = 25^\circ$ , iedzīts neviss vienmērīgā, bet slāņainā gruntī, pie kam 9 m biežais dūņainas grunts slānis guļ virs māla slāņa.

Dūņainai gruntij  $\rho = 20^\circ$  un  $\gamma = 1700 \text{ kg/m}^3$ , māla gruntij  $\rho = 35^\circ$  un  $\gamma = 1800 \text{ kg/m}^3$ .

Lai aprēķinātu  $R_s = a \cdot \gamma \cdot l$ , vajaga zināt koeficienta  $a$  lielumu, ja paša smailis pusleņķis nav  $\alpha = 20^\circ$ , bet  $\alpha^I = 25^\circ$ , un jāaprēķina  $l$  lielums pēc nolidzinājuma (B).

Pēc tabulas III priekš  $d = 0,30$  un  $\rho = 35^\circ$ , koeficients  $a = 3,582$ , tā tad priekš  $\alpha^I = 25^\circ$ , jaunais koeficients

$$a^I = 3,582 \times \frac{0,342}{0,423} = 2,865.$$

Pēc formulas (B)

$$l = y^I \cdot \frac{\gamma^I}{\gamma^{IV}} + y^{II} \cdot \frac{\gamma^{II}}{\gamma^{IV}} + y^{III} \cdot \frac{\gamma^{III}}{\gamma^{IV}} + l_1$$

vai

$$l = 9 \times \frac{1700}{1800} + l = 9,50 \text{ m.}$$

Tā tad

$$R_s = 2,865 \times 1800 \times 9,5 \cong 49000 \text{ kg.}$$

Lai aprēķinātu  $R_r = b \cdot \gamma \cdot l^2$ , pielieto nolidzinājumu (C), pēc kuŗa

$$R_r^I = b^I \cdot \gamma^I \cdot y^I{}^2 = 0,445 \times 1700 \times 9^2 = 61276 \text{ kg,}$$

$$R_r^{II} = b^{II} \cdot \gamma^{II} \cdot \left[ \left( y^I \cdot \frac{\gamma^I}{\gamma^{II}} + l_1 \right)^2 - \left( y^I \cdot \frac{\gamma^I}{\gamma^{II}} \right)^2 \right] = 1,549 \times 1800 \left[ \left( 9 \times \frac{1700}{1800} + 1 \right)^2 - \left( 9 \times \frac{1700}{1800} \right)^2 \right] = 50188 \text{ kg,}$$

tā tad

$$R_r = R_r^I + R_r^{II} = 61276 + 50188 = 111464 \text{ kg}$$

un

$$P_0 = R_s + R_r = 49000 + 111464 = 160464 \text{ kg}$$

Pieņemot drošības koeficientu  $k = 5$ , dabū

$$P = \frac{P_0}{5} = \frac{160464}{5} = 32093 \text{ kg un}$$

$\sigma = \frac{32093}{30^2} = 36 \text{ kg/cm}^2$ , kas mazāks par  $50 \text{ kg/cm}^2$ , tā tad aprēķināta slodze 32093 kg, pielaižama.

Piemērs III. Dzelzbetona pālis, kuŗa šķērsgriezums kvadrāts ar malu  $d = 0,25$  m, grūnti iedzītās daļas gaŗums  $l = 12$  m un smailles pusleņķis  $\alpha = 20^\circ$ , iedzīts slāņainā grūnti, kuŗa sastāv no

3 m bieza ūdeņaina dūņu slāņa	$\rho^I = 10^0$ un $\gamma^I = 1500$ kg/m <sup>3</sup>
3 " " mīksta " "	$\rho^{II} = 15^0$ " $\gamma^{II} = 1700$ "
3,5 " " mālaina " "	$\rho^{III} = 20^0$ " $\gamma^{III} = 1700$ "
2,5 " " māla slāņa	$\rho^{IV} = 25^0$ " $\gamma^{IV} = 1600$ "

Pēc nolīdzinājuma (A)

$$\gamma = \frac{3 \cdot 1500 + 3 \cdot 1700 + 3,5 \cdot 1700 + 2,5 \cdot 1600}{12} \cong 1700 \text{ kg/m}^3$$

Pēc nolīdzinājuma (B)

$$l = 3 \times \frac{1500}{1700} + 3 \times \frac{1700}{1700} + 3,5 \times \frac{1700}{1700} + 2,5 \times \frac{1600}{1700} \cong 11,5 \text{ m,}$$

tā tad

$$R_s = a \cdot \gamma \cdot l = 1,111 \times 1700 \times 11,5 = 21720 \text{ kg.}$$

Lai atrastu  $R_r$ , pielieto nolīdzinājumu (C):

$$R_r^I = 0,125 \times 1500 \times 3^2 = 1688 \text{ kg,}$$

$$R_r^{II} = 0,227 \times 1700 \left[ \left( 3 \times \frac{1500}{1700} + 3 \right)^2 - \left( 3 \times \frac{1500}{1700} \right)^2 \right] = 9609 \text{ kg,}$$

$$R_r^{III} = 0,371 \times 1700 \left[ \left( 3 \times \frac{1500}{1700} + 3 \times \frac{1700}{1700} + 3,5 \right)^2 - \left( 3 \times \frac{1500}{1700} + 3 \times \frac{1700}{1700} \right)^2 \right] = 32450 \text{ kg.}$$

$$R_r^{IV} = 0,574 \times 1600 \left[ \left( 3 \times \frac{1500}{1600} + 3 \times \frac{1700}{1600} + 3,5 \times \frac{1700}{1600} + 2,5 \right)^2 - \left( 3 \times \frac{1500}{1600} + 3 \times \frac{1700}{1600} + 3,5 \times \frac{1700}{1600} \right)^2 \right] = 50283 \text{ kg.}$$

tā tad

$$R_r = R_r^I + R_r^{II} + R_r^{III} + R_r^{IV} = 1688 + 9609 + 32450 + 50283 = 94030 \text{ kg.}$$

un

$$P_0 = R_s + R_r = 21720 + 94030 = 115750 \text{ kg.}$$

Pieņemot drošības koeficientu  $k = 5$ , dabū

$$P = \frac{P_0}{5} = \frac{115750}{5} = 23150 \text{ kg}$$

un

$\sigma = \frac{23150}{25^2} = 37 \text{ kg/cm}^2$ , kas mazāks par  $50 \text{ kg/cm}^2$ , tā tad aprēķinātā slodze, 23150 kg, pielaižama.



Ja nav iespējams raksturot vienu pāri otram guļošus slāņus, tad aprēķinu izved, pielietojot nolīdzinājumus (D) un (E), t. i.

$$\rho = \frac{10 \times 3 + 15 \times 3 + 20 \times 3,5 + 25 \times 2,5}{3 + 3 + 3,5 + 2,5} \approx 17,3^{\circ}$$

un

$$\gamma = \frac{3 \times 1500 + 3 \times 1700 + 3,5 \times 1700 + 2,5 \times 1600}{11,5} \approx 1700 \text{ kg/m}^3.$$

Ar interpolācijas palīdzību no tabulas IX atrod

$$P_0 = 84744 \text{ kg};$$

pieņemot drošības koeficientu  $k = 5$ , dabū pielaižamo pāja slodzi

$$P = \frac{P_0}{5} = \frac{84744}{5} = 16948 \text{ kg},$$

kas mazāka par 23150 kg.

Ja gruntij ir pielipšanas īpašības, tad pāja pielaižamā slodze

$$P_c = \frac{1}{k} \cdot (P_0 + r_c),$$

kur  $P_0$  un  $k$  agrākie apzīmējumi,

$$r_c = r_s^c + r_r^c,$$

pie kam

$r_c$  = pielipšanas spēku kopējā pretestība,

$r_s^c$  = pielipšanas spēku pretestība uz pāja smaili,

$r_r^c$  = pielipšanas spēku pretestība uz pāja virsu.

Piemēram, pie cilindriskiem pājiem

$$r_s^c = a \cdot \gamma \cdot a_1$$

$$r_r^c = b \cdot \gamma \cdot b_1 \quad l,$$

kur  $a$ ,  $b$ ,  $\gamma$  un  $l$  agrākie apzīmējumi,

$$a_1 = \frac{2c}{\gamma \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\rho}{2}\right) \cdot \sin^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\rho}{2}\right)},$$

$$b_1 = \frac{4c}{\gamma \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\rho}{2}\right)}$$

un  $c$  attiecīgās grunts pielipšanas spēks ( $\text{kg/cm}^2$ ).

Novērojumi rāda, ka pielipšanas spēku pretestības lielums  $r_c$  pie nelieliem dabīgās nogāzes leņķiem  $\rho$ , piem.  $25^{\circ}$ , stipri mazāki par attiecīgiem  $R_s$  un  $R_r$  lielumiem ( $r_c = 0,125 R_s = 0,025 R_r$ ); pieaugot lielumam  $\rho$ , piem. līdz  $35^{\circ}$ , lielumi  $r_c$  jūtami pieaug ( $r_c = 0,5 R_s = 0,1 R_r$ ) un jau pie pietiekoši liela leņķa  $\rho$ , piem.  $45^{\circ}$ , lielums  $r_c$  jau pārsniedz lielumu  $R_s$  ( $r_c = 1,03 R_s = 0,2 R_r$ ).

Tā tad gruntis ar nelieliem leņķiem  $\rho$ , piem. līdz  $25^\circ$  (sausā smilšaina grunts), pielipšanas spēku iespaids ir niecīgs un tādēļ var pie praktiskas pielietošanas ņemt vērā. Gruntis ar lielākiem leņķiem  $\rho$ , piem. līdz  $35^\circ$ , pielipšanas spēku iespaids jau stipri pieaug un dažos gadījumos var tikt ņemts vērā. Beidzot, grunts (blīvā māla) ar leņķi  $\rho$  līdz  $45^\circ$ , pielipšanas spēku iespaids jau tik liels, ka tas katrā ziņā jāņem vērā pie pāļa nestspējas noteikšanas.

Pielipšanas spēku lielums vienā un tai pašā gruntī atrodas praktiski grūti noteicamā sakarībā ar tās mitruma pakāpi, kas savukārt ir ļoti mainīga; tādēļ šādas gadījuma rakstura parādības, kā grunts pielipšanas spēki, nav aprēķina ceļā atrodamas. Ja nu tomēr aiz kaut kādiem iemesliem grunts zaudētu daļu no sava pielipšanas spēka, tad nevēlamo iespaidu, kādu tas varētu atstāt uz pamatu noturību, var paralizēt vienīgi izvēloties attiecīga lieluma drošības koeficientu pie pāļu pamatu vispārēja aprēķina.

Kā tas praktiski izdarāms, redzams no sekojošā piemēra: cilindrisks pālis ar diametru  $d = 0,20$  m, smailes pusleņķi  $\alpha = 20^\circ$  iedzīts gruntī  $l = 8$  m dziļi. Aprēķina rezultāti vienmērīgā gruntī ar dažāda lieluma dabīgas nogāzes leņķiem  $\rho = 25^\circ$ ,  $\rho = 35^\circ$  un  $\rho = 45^\circ$  ievietoti sekojošā tabulā XI:

Tabula XI.

Gruntis dabīgas nogāzes leņķis $\rho$	Gruntis tilpuma svars $\gamma$	Galīgā pāļa slodze gruntis		Pielaižamā pāļa slodze gruntis bez pielipšanas $P = \frac{1}{4} P_0$	Drošības koeficients gruntis ar pielipšanu gadījumā, ja pēdējā izzustu $k_1 = \frac{P_c}{P}$
		bez pielipšanas	ar pielipšanu		
		$P_0 = R_s + R_r$	$P_c = P_0 + r_c$		
$25^\circ$	1400	38.483	39.263	9.621	4,08
$35^\circ$	1500	92.824	100.628	23.206	4,34
$45^\circ$	1600	227.328	268.768	56.832	4,73

Šinī gadījumā pielaists drošības koeficients  $k = 4$ . Kad pie pāļu iedzišanas gruntī parādās pielipšanas spēki, tad pālis iedzilnāsies grūtāki, bet tā ka grunts zondēšanas rezultāti rāda, ka pielipšanas spēki ar laiku var izzust, tad jāatrod drošības koeficients  $k_1$  (sk. tabulas pēdējo grafu).

Pie gruntim ar dabīgas nogāzes leņķi  $\rho = 25^\circ$  drošības koeficients  $k_1$  arī būs 4 (tabulā — 4,08). Gruntis ar dabīgas nogāzes leņķi  $\rho = 35^\circ$ , drošības koeficients  $k_1$  jāpalielina līdz 4,5 (tabulā — 4,34),

bet pie gruntīm ar  $\rho = 45^\circ$ , drošības koeficients  $k_1 = 5$  (tabulā — 4,73).

Piemērs rāda, ka ievēdot attiecīgo drošības koeficientu  $k_1$ , var nodrošināt būves noturību arī tam gadījumam, ja aiz kaut kādiem iemesliem pielīpšanas spēki gruntī ar laiku izzustu.

Dr. ing. H. Krey's pieņem, ka gruntī iedzīta pāja nestspēja atkarājas, pirmkārt, no grunts nestspējas zem pāja pēdas, otrkārt, no berzes pretestības starp pāja sānvirsu un apkārtejo grunti, pie kam gan grunts nestspējas pieaugumam ar dziļuma palielināšanos ir mazāka nozīme, jo caur to iegūtā pretestība salīdzinot sastāda tikai vienu nelielu daļu no kopējās pāja nestspējas. Krey's vispār noraida ļoti izplatīto uzskatu, it ka pāja nestspēja galvenā kārtā atkarātos no viņa pēdas pretestības un ka pietiktu tikai pāja lejas galu iedzīt nestspējīgā gruntī, lai to varētu uzskatīt par drošu. Krey'a uz zemes spiediena teorijas dibinātā formula dod pāja pielaižamas slodzes lielumu

$$P = F \cdot \frac{\operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\rho}{2}\right)}{\operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\rho}{2}\right)} \cdot \gamma \cdot l + U \cdot \gamma \cdot \frac{l^2}{2} \cdot \operatorname{tg} \delta \quad (38)$$

kur  $F$  — pāja šķērsriezuma laukums,  $U$  — pāja šķērsriezuma perimetris,  $l$  — pāja gruntī iedzītās daļas gaņums,  $\gamma$  — grunts tilpuma svārs,  $\rho$  — grunts dabīgas nogāzes leņķis,  $\delta$  — berzes leņķis starp grunti un pāja virsu.

Kā redzams, drošības koeficienta lietošana atmesta, bet turpretim formulas lietošana prasa iepriekšēju, ļoti rūpīgu grunts un ūdens apstākļu pētīšanu ar urbumiem un iegūto urbšanas rezultātu rūpīgu pārbaudīšanu, lai atrastu berzes un pielīpšanas pretestības lielumus.

Sekojošais piemērs no prakses (lielas fabrikas būve Ziemeļvācijā), noskaidro Krey'a formulas lietošanu. Grunts pētīšana izdarīta ar urbšanu un tās rezultāti sakopoti tabulā XII, kas dod skaidru pārskatu par grunts apstākļiem. Atsevišķo slāņu tilpuma svāru noteica pēc izurbtiem paraugiem. Ūdens spiediens nav atsevišķos slāņos mērīts, bet pieņemts uz novērojumu pamata. Berzes koeficienti  $\mu$  starp grunts slāņu paraugiem un betona bloka virsu atrasti laboratoriskā ceļā. Tā ka berzes pretestība ar laiku pieaug līdz savam maksimumam, bet pārbaudīšanai tikdaudz laika nedeļa, tad  $\mu$  lielumi drīzāk var būt mazāki nekā īstenībā.

Tabula XII.

Dziļums m	Slāņa biezums m	Grants	$\gamma$	Svars t	Kopīgais spiediens $t/m^2$	Ūdens spiediens $t/m^2$	Grants spiediens (6-7)
1	2	3	4	5	6	7	8
0	} 3,25	Smilts uzpildījums	1,55	5,04	0	0	5,04
3,25							
3,40	} 0,15	Smilts uzpildījums	1,78	0,27	5,31	0,15	5,16
4,20							
4,20	} 0,80	Brūna glāda	1,72	1,38	6,69	0,95	5,74
5,60							
5,60	} 1,40	Kūdra	1,03	1,44	8,13	2,35	5,78
6,40							
6,40	} 0,80	Peļēka glāda ar kūdru	1,32	1,06	9,19	3,29	5,90
7,50							
7,50	} 1,10	Peļēka glāda	1,75	1,93	11,12	4,58	6,54
7,70							
7,70	} 0,20	Kūdra	1,15	0,23	11,35	4,78	6,57
8,30							
8,30	} 0,60	Peļēka glāda	1,55	0,93	12,28	5,48	6,80
9,00							
9,00	} 0,70	Peļēka glāda ar kūdru	1,22	0,85	13,13	6,30	6,83
11,00							
11,00	} 2,00	Peļēka glāda	1,88	3,76	16,89	8,65	8,24
13,00							
13,00	} 2,00	Peļēka glāda	1,67	3,34	20,23	11,00	9,23
13,90							
13,90	} 0,90	Peļēka glāda	1,59	1,43	21,66	12,06	9,60
14,40							
14,40	} 0,50	Kūdra	1,22	0,61	22,27	12,56	9,71
15,00							
15,00	} 0,60	Peļēka glāda	1,69	1,01	23,28	13,28	10,02
16,10							
16,10	} 1,10	Dūņaina smilts	1,99	2,19	25,47	14,36	11,11
16,90							
16,90	} 0,80	Peļēka glāda	1,69	1,51	26,98	15,30	11,68
19,00							
19,00	} 2,10	Sika asa smilts	2,07	4,35	31,33	17,40	13,93
	}	Asa smilts					
		}	Grants				

Dzelzbetona pālis, kuŗa šķērsriezuma kvadrāta mala = 0,36 m, resp. perimetris  $U = 1,44$  m un šķērsriezuma laukums  $F = 0,13$  m<sup>2</sup>, iedzīts 19 m dziļi gruntī.

Pāja nestspējas lieluma aprēķina gājiens pārskatāmības labā atēlots sekojošā tabulā XIII.

**Tabula XIII.**

Dziļums m	Slāņa biezums m	Pāja perimet- ris m	Vidējais grunts spiediens t/m <sup>2</sup>	Koefi- cients $\mu$	Berzes pretestība 2 · 3 · 4 · 5
1	2	3	4	5	6
0	3,25	1,44	2,52	0,64	7,55
3,25	0,15	1,44	5,10	0,64	0,71
3,40	0,80	1,44	5,45	0,45	2,83
4,20	1,40	1,44	5,76	0,66	7,67
5,60	0,80	1,44	5,84	0,45	3,03
6,40	1,10	1,44	6,22	0,45	4,43
7,50	0,20	1,44	6,56	0,64	1,21
7,70	0,60	1,44	6,69	0,45	2,60
8,30	0,70	1,44	6,82	0,45	3,09
9,00	2,00	1,44	7,54	0,45	9,77
11,00	2,00	1,44	8,74	0,45	11,33
13,00	0,90	1,44	9,42	0,45	5,49
13,90	0,50	1,44	9,66	0,60	4,18
14,40	0,60	1,44	9,87	0,45	3,84
15,00	1,10	1,44	10,57	0,60	10,05
16,10	0,80	1,44	11,40	0,45	5,91
16,90	2,10	1,44	12,81	0,65	25,17

Kopā 108,86  
noapaļojot 110 t.

Pāja pēdas pretestība, salīdzinot ar dabūto tabulā lielumu ir ļoti maza, jo tā pie dabīga grunts spiediena 19 m dziļumā = 13,93 t/m<sup>2</sup> (sk. tabulu XII) un pie dabīgas nogāzes leņķa  $\rho = 33^\circ$ , ir 13,93 t ×

$\times 0,13 \text{ m}^2 \times 3,5 = 6,3 \text{ t}$ ; ņemot vērā vēl ūdensspiedienu  $= 0,13 \times 17,4 = 2,3 \text{ t}$ , kopā 8,6 t, kas nav vairāk, kā dzelzbetona pāja pašsvars. Tā tad minētos grunts apstākļos dzelzbetona pāja nestspēju varētu pieņemt, noapaļojot skaitļus, 110 t lielu.

Turpretim pēc Brix'a formulas (26) tāda paša pāja nestspēja, tādos pat apstākļos, neievēdot drošības koeficientu  $k$ , būtu  $\sim 300 \text{ t}$ , pēc Eytelwein'a (21) — 460 t un pēc Stern'a (27) — 132 t.

Kā redzams, rezultāti stipri atšķiras viens no otra un īstenībai vistuvāku, laikam, stāv pēc Krey'a formulas dabūtais lielums.

Krey'a formulu (38) iespējams lietot arī pie ieskalotiem pājiem, tikai jāņem vērā, ka pāli ar pielaižamo slodzi  $P$  varēs slodzēt ne tūlīn pēc ieskalošanas, bet gan pēc ilgāka laika.

1922. gadā nāca klajā prof. Dr. ing. H. Dörr's ar savu paņēmienu, kā noteikt pāja nestspējas lielumu, dibinoties uz Engesser'a ģeometrisko zemes spiediena teoriju.

Dörr's pieņem pāja nestspējas lielumu vienādu ar pielaižamās slodzes lielumu, tā tad drošības koeficienta lietošana atkrit, bet formulas lietošana, tāpat kā pie Krey'a, prasa rūpīgu ierīkšēju grunts pētīšanu.

Grunts pretestības lielums pāja iedziļināšanai  $W$ , ko ņem Dörr's pieņem vienādu ar pāja pielaižamās slodzes lielumu  $P$ , var tikt sastādīts no 2 komponentēm — grunts nestspējas zem pāja pēdas  $R$ , un berzes pretestības starp pāja virsu un apkārtējo grunti  $R_r$ , t. i.

$$P = R_s + R_r.$$

Ja grunts apstākļi visā dziļumā vienādi un apzīmējot ar  $F$  — pāja šķērsriezuma laukumu,  $U$  — pāja šķērsriezuma perimetri,  $l$  — pāja gruntī atrodošās daļas garumu no zemes virsas līmeņa līdz smailles smaguma centram (pašu smaili neņemot vērā),  $V$  — pāja tilpumu,  $S$  — pāja virsas horizontālās projekcijas statisko momentu attiecībā uz zemes virsu,  $\gamma$  — grunts tilpuma svaru,  $\rho$  — grunts dabīgas nogāzes leņķi,  $\mu$  — berzes koeficientu starp pāja virsu un apkārtējo grunti, tad vispārējā formula pāja pielaižamās slodzes noteikšanai, pie vienāda pāja šķērsriezuma, ir sekojoša:

$$P = \gamma \cdot \text{tg}^2 \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\rho}{2} \right) \cdot F \cdot l + \frac{1}{2} \cdot \mu \cdot \gamma (1 + \text{tg}^2 \rho) \cdot U \cdot l^2; \quad (39)$$

cilindriskam pālim ar diametru  $d$  (ko autors ieteic vienkāršības dēļ lietot arī pie koka pājiem neskatoties uz to, ka tiem tievgāli  $d$  ir mazāks)

$$P = \frac{\pi}{4} \cdot \gamma \cdot \operatorname{tg}^2 \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\rho}{2} \right) \cdot d^2 \cdot l + \frac{\pi}{2} \cdot \mu \cdot \gamma (1 + \operatorname{tg}^2 \rho) \cdot d \cdot l^2; \quad (40)$$

taisnstūra pālim, kuŗa malu gaŗumi ir a un b

$$P = \gamma \cdot \operatorname{tg}^2 \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\rho}{2} \right) \cdot a \cdot b \cdot l + \gamma \cdot \mu (1 + \operatorname{tg}^2 \rho) \cdot (a + b) l^2; \quad (41)$$

pālim ar kvadrātu šķersgriezumā, kuŗa malas gaŗums ir a

$$P = \gamma \cdot \operatorname{tg}^2 \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\rho}{2} \right) \cdot a^2 \cdot l + 2 \cdot \gamma \cdot \mu (1 + \operatorname{tg}^2 \rho) \cdot a \cdot l^2; \quad (42)$$

Vispārējā formula pāja pielaižamās slodzes noteikšanai, ja šķersgriezumi pālim uz leju samazinās,

$$P = \gamma \cdot \operatorname{tg}^2 \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\rho}{2} \right) \cdot (V + \mu \cdot S), \quad (43)$$

pie kam pālim, kuŗa ārējais veids ir nošķelts kons ar diametru  $d_0$  zemes virsas līmeni un diametru  $d_u$  lejas galā

$$P = \frac{1}{12} \cdot \pi \cdot \gamma \cdot \operatorname{tg}^2 \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\rho}{2} \right) \cdot l \cdot (d_0^2 + d_0 \cdot d_u + d_u^2 + 2 \cdot \mu \cdot d_0 \cdot l + 4 \cdot \mu \cdot d_u \cdot l) \quad (44)$$

Jāaizrāda, ka formulas (39) līdz (42) un (45) lietojamas gadījumos, ja ap pāli atrodosai gruntij dabisks spraigums, turpretim, ja pālis atrodas uzbērtās, vaļģgās gruntis, tad lieluma  $(1 + \operatorname{tg}^2 \rho)$  vietā jāliek liehums  $\cos^2 \rho$ , vai drošģības labā liehums  $\operatorname{tg}^2 \left( \frac{\pi}{4} - \frac{\rho}{2} \right)$ .

Ja grunts apstākģi visā dziļumā nav vienādi, bet dažādi, t. i. ar dažāda lieluma  $\gamma$ ,  $\rho$  un  $\mu$ , piemēram slāņainās gruntis ar n slāņiem, kuŗu biezumi  $t_a, t_b, \dots, t_n$ , tālāk pāja gaŗumi attiecģigos slāņos  $l_a, l_b, \dots, l_n$ , attiecģigo slāņu tilpuma svāri  $\gamma_a, \gamma_b, \dots, \gamma_n$ , dabģgas nogāzes leņģģi  $\rho_a, \rho_b, \dots, \rho_n$ , berzes koefģicienti  $\mu_a, \mu_b, \dots, \mu_n$  tad vispārējā formula pāja pielaižamās slodzes noteikšanai pie vienāda pāja šķersgriezuma

$$\begin{aligned} P = & \gamma_a \cdot \operatorname{tg}^2 \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\rho_a}{2} \right) \cdot F \cdot l_a + \frac{1}{2} \cdot \mu_a \cdot \gamma_a \cdot (1 + \operatorname{tg}^2 \rho_a) \cdot U \cdot l_a^2 + \\ & + \gamma_b \cdot \operatorname{tg}^2 \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\rho_b}{2} \right) \cdot F \cdot l_b + \mu_b \cdot \gamma_b \cdot (1 + \operatorname{tg}^2 \rho_b) \cdot U \cdot (l_a + \frac{1}{2} \cdot l_b) \cdot l_b + \\ & + \dots + \gamma_n \cdot \operatorname{tg}^2 \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\rho_n}{2} \right) \cdot F \cdot l_n + \mu_n \cdot \gamma_n (1 + \operatorname{tg}^2 \rho_n) \cdot U \cdot \\ & \cdot (l_a + l_b + \dots + l_{n-1} + \frac{1}{2} \cdot l_n) \cdot l_n. \end{aligned} \quad (45)$$

Pālim, kuŗam šķersgriezumi uz leju samazinās, vispārējā formula pieņģem sekoģoģu veģdu:

$$P = \gamma_a \cdot \operatorname{tg}^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\rho_a}{2}\right) \cdot (V_a + \mu_a \cdot S_a) + \gamma_b \cdot \operatorname{tg}^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\rho_b}{2}\right) \cdot (V_b + \mu_b \cdot S_b) +$$

$$+ \gamma_n \operatorname{tg}^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\rho_n}{2}\right) (V_n + \mu_n \cdot S_n) \quad (46)$$

Lielumus  $\operatorname{tg}^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\rho}{2}\right)$ ,  $\operatorname{tg}^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\rho}{2}\right)$ ,  $(1 + \operatorname{tg}^2 \rho)$  un  $\cos^2 \rho$ , kuŗi sastopami formulās (39) līdz (46), var aprēķināt dažādiem grunts dabīgas nogāzes leņķiem, kādi visbiežāk nāk praksē priekšā. Sekojošā tabulā XIV sakopoti augšā minētie lielumi.

**Tabula XIV.**

Dabīgas nogāzes leņķis $\rho$	$\operatorname{tg}^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\rho}{2}\right)$	$\operatorname{tg}^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\rho}{2}\right)$	$1 + \operatorname{tg}^2 \rho$	$\cos^2 \rho$
10°	1,42	0,704	1,031	0,970
15°	1,70	0,590	1,072	0,933
20°	2,12	0,490	1,132	0,983
25°	2,47	0,406	1,217	0,922
30°	3,00	0,334	1,334	0,750
35°	3,68	0,271	1,490	0,671
40°	4,60	0,217	1,705	0,586
45°	5,82	0,172	2,000	0,500
50°	7,56	0,132	2,430	0,412

Novērojumus pie pāļu mēģinājumu slodzešanas būvviētās izdara diezgan bieži, bet reti gan nāk priekšā gadījumi, kad novērojumus izdara tik pilnīgi, ka bez datiem, kuŗi vajadzīgi formulās pāļu nestspējas lieluma aprēķināšanai pēc dinamiskā paņēmiņa, arī ņemtu vērā pāja gruntī atrodošās daļas garumu  $l$ , grunts tūpuma svaru  $\gamma$ , dabīgas nogāzes leņķi  $\rho$  un berzes koeficientu  $\mu$ . Dōrr's izmanto šos datus, lai ar pēcaprēķinu pierādītu savas formulas pareizību.

98. zīmējumā parādīta koka pāja iegrimis diagrama no mēģinājuma slodzes. Minētais pālis iedzīts gruntī 10,81 m dziļi, t. i.  $l = 10,81$ ; viņa vidējais diametrs  $d = 0,33$  m, t. i.  $F = 0,0885$  m<sup>2</sup>; grunts sastāv no 0,75 m biezas kārtas vidēji cieta mālaina humusa, 0,75 m — mīksta mālaina humusa, 3,5 m — ļoti mīkstas kūdras ar mālu, 1,75 m — šķidrās mālainas kūdras, 1,0 m — mīkstas kūdras, 0,75 m — mīkstas kūdras ar mālu, sākot ar 8,5 m dziļumu tālāk seko šķidra māla slānis. Redzams, grunts ļoti slikta, tā tad var pieņemt  $\gamma = 1300$  kg/m<sup>3</sup>,  $\rho = 30^\circ$  un  $\mu = 0,15$ .

Pēc formulas (40) un tabulas XIV atrod, ka pāja pielaižamā slodze

$$P \cong 19500 \text{ kg.}$$



Diagrama (98. zīm.) rāda, kā pāja iegrimē pieaug pastāvīgi un gandrīz vienmērīgi līdz slodzei 20570 kg, ja izlaižam laiku, kad slodzes palielināšana bija pārtraukta. Kopīgais iegrimes lielums līdz minētai slodzei bija 19 mm. Pēc slodzes palielināšanas no 20570 kg līdz 25432 kg pālis iegrimst pēkšņi, pēc kam atkal iegrimes lielums uz laiku samazinās, kas izskaidrojams ar pāja diametra palielināšanos viņa augšgalā, bet pēc tam atkal palielinot nedaudz slodzi, pālis turpina pēkšņi iegrimt līdz pāja slodze nonāk līdz zemes virsai un mēģinājuma slodzēšana bij jāizbeidz.

Šeit, tāpat kā citos piemēros, aprēķinātā pāja pielaižamā slodze gandrīz sakrīt ar to slodzes lielumu, kuŗu palielinot, pāja vienmērīgā iegrimē izbeidzās.

Pie pājiem, kuŗu pēda balstās tieši klintī, pirmais loceklis augstāk minētā nolīdzinājumā  $P = R_1 + R_2$  pieņem veidu  $\delta_d \cdot F$ , kur  $\delta_d$  — klints pielaižamā piepūle uz spiedi (resp. pāja materiāla pielaižama spiedes pretestība); otrais loceklis samazināms un ja pālis tik stingri stāv, ka berze nav iedomājama, tad otro locekli var pilnīgi strīpot; bez tam pālis jāpārbauda arī uz ļodzi.

Ja pālis ar sava gaŗuma lielāko daļu atrodas vājās, viegli sa-  
spiežamās gruntīs (dūņās, kūdrā u. t. l.), vai ūdenī, tad katrā gadījumā tas jāpārbauda arī uz ļodzi.

Dōrr's pie savu formulu izvešanas neņem vērā vienu ļoti svarīgu apstākli, proti, ka pie pāja iedziļināšanas, vai nu iedzenot ar zveltņi, vai ieskalojot, vai ieskrūvējot, grunti notiek lielākas vai mazākas pārgrozības; pēc Dōrr'a domām jaunradušies grunts iekšējie spraigumi pēc tsāka vai ilgāka laika atkal izzūd. Tā tas tomēr nav, un pie pāja nestspējas lieluma noteikšanas pēc Dōrr'a paņēmienu vēl reiz var pārliecināties, ka ar klasisko zemes spiediena teorijas palīdzību vien nav iespējams to pareizi noteikt, jo grunts stiprības īpašības, hidrodinamiskie, kā arī neizlīdzinājušies berzes spraigumi iespaido pie pāja iedziļināšanas radušos spraiguma stāvokli gruntī un šī stāvokļa pagaidu pārmaiņas tik dažādos veidos, ka viņu neievērošana pie pāja nestspējas lieluma noteikšanas nav pielaižama.

Neskatoties uz sacīto, tomēr daudzi inženieri lieto Dōrr'a formulas praksē vienīgi aiz tā iemesla, ka acumirkli viņas ir no vienas puses tās drošākās, ko Dōrr's pierādījis ar lielu skaitu pāju mēģinājumu slodzejumu pēcaprēķinu, no otras puses tās, pretēji pārējām formulām, lietojamas pie visdažādākiem pāja iedziļināšanas veidiem. Dōrr'a paņēmienu ieteicams lietot iepriekšējos aprēķinos un dabūtie rezultāti būves laikā pārbaudāmi ar mēģinājumu slodzēšanu.

Tāpat kā dinamiskām formulām, tā arī formulām, kuņas atrisinātas pēc teoretiski-statiskā paņēmiena var sastādīt grafiku pāja nestspējas lielumiem, resp. pāja pielaižamām slodzēm.

Šādu grafiku Rīgas eksportostas krastmalas pāju nestspējās atrašanai sastādījis 1931. gadā jūrniecības departaments Dörr'a vispārējai formulai (39)

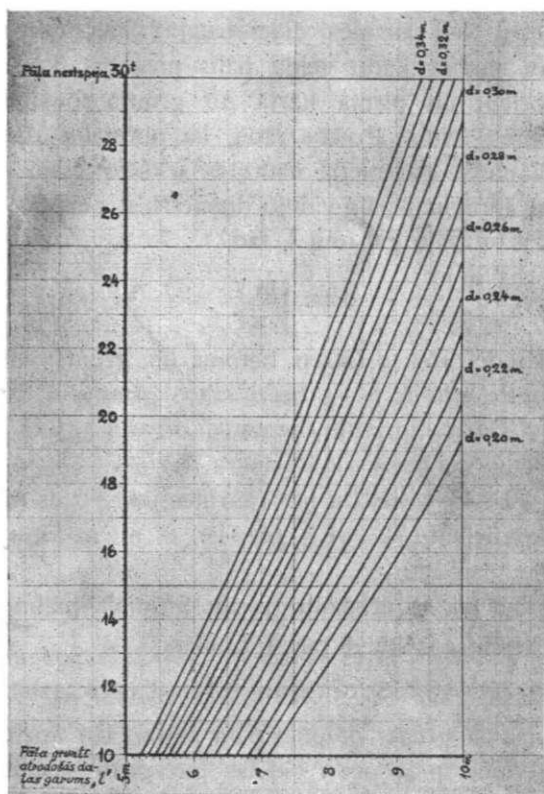
$$P = \gamma \cdot \operatorname{tg}^2 \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\rho}{2} \right) \cdot F \cdot l + \frac{1}{2} \cdot \mu \cdot \gamma \cdot (1 + \operatorname{tg}^2 \rho) \cdot U \cdot l^2,$$

kur

$$F = \frac{\pi d^2}{4}, \quad U = \pi \cdot d, \quad \operatorname{tg} \rho = 0,40, \quad \mu = \frac{1}{2} \cdot \sin \rho, \quad \gamma = 1,5 \text{ t/m}^3$$

Ieliekot uzrādītos lielumus formulā (39), dabu

$$P = 2,583 d^2 \cdot l + 0,917 \cdot d \cdot l^2 \quad (\text{tonnas}),$$



92. zīm.

kur  $d$  — pāja diametrs tievgalī (m) un  $l$  — pāja gruntī iedzītās daļas garums (m). Atliekot uz ordinātes pāja pielaižamo slodzi  $P$  (92. zīm.)

un uz abscises pāļa grūti iedzītās daļas gaļumu  $l$ , dabū katram diametra lielūmam savu likni. Grafika (92. zīm.) sastādīta diametriem  $d = 0,20 \div 0,34$  m, gaļumiem  $l = 5 \div 10$  m un pielaižāmām slodzēm  $P = 10 \div 30$  t.

Bez minētām formulām pēc teoretiski-statiskā paņēmiena atrisināta krievu prof. *Dmochovska* formula cilindriskiem pāļiem.

$$P = \frac{1}{k} \cdot \frac{F \cdot \gamma \cdot l}{\sin \alpha} \cdot \operatorname{tg}^4 \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2} \right) + \frac{U \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot \gamma \cdot l^2}{2} \cdot \operatorname{tg}^2 \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2} \right)$$

kur apzīmējumi tie paši agrākie,  $\varphi$  — iekšējās berzes leņķis,  $\alpha$  — pāļa smailes pusleņķis un  $k = 2 \div 4$ .

Beidzot šo nodalījumu, jāaizrāda ka pēc teoretiski-statiskā paņēmiena visērtāki aprēķināt otrās grupas betona vietas pāļu nestspēju. Prof. Dörr's ieteic lietot savu formulu (39), pieņemot par betona vietas pāļa diametru — caurules diametru. Tomēr tas nesakrīt ar īstenību, jo nav zināms kādu veidu pālis pieņems, kas atkarājas no vairākiem faktoriem un pirmā kārtā no grūti īpašībām un caurules iedzījināšanas veida. Prakse rāda, ka normālos darba apstākļos pāļa vidējais diametrs pārsniedz caurules iekšējo diametru par  $10 \div 45\%$ . Var arī aprēķināt pāļa vidējo diametru  $d$  ņemot vērā ieblietēto betona tilpumu  $v$  un pāļa gaļumu  $l$ , tad

$$d = \sqrt[4]{\frac{4v}{\pi l}}$$

Tāpat berzes koeficienta  $\mu$  (starp betonu un grūti) vietā ieteicams ņemt berzes koeficientu  $\operatorname{tg} \rho$  — berzi starp grūti un grūti. Smilts grūti var lietot Dörr'a formulu, ņemot dabīgas nogāzes leņķa  $\rho$  vietā iekšējo berzes leņķi  $\varphi$ , berzes koeficienta  $\mu$  vietā —  $\operatorname{tg} \varphi$ , pāļa vidējo diametru  $d$  par  $10 \div 45\%$  lielāku par caurules iekšējo diametru un ievēdot drošības koeficientu  $k = 1,5$  pie  $l < 8$  m un  $k = 1,5 \div 2$  pie  $l > 8$  m.

Iedzījinot cauruli ar urbšanu (piem. Straus'a pālim), var betona vietas pāļa nestspēju aprēķināt pēc formulas

$$P = 0,785 \cdot d^2 \cdot \sigma_{gr} + 3,14 \cdot d \cdot l \cdot \mu,$$

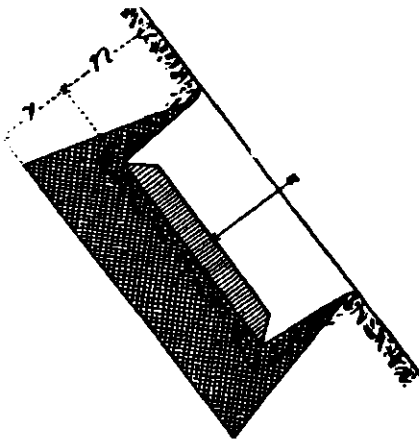
kur  $\sigma_{gr}$  — pielaižamā grūti piepūle pāļa pēdā, citi apzīmējumi agrākie. Ja betona vietas pāļa pēda balstās ļoti grūti saspiežamā grūti slānī un tas darbojās kā stabs, tad pāļa nestspēju, neatkarīgi no caurules iedzījināšanas veida, var aprēķināt pēc formulas

$$P = \frac{\pi d^2}{4} \sigma_b,$$

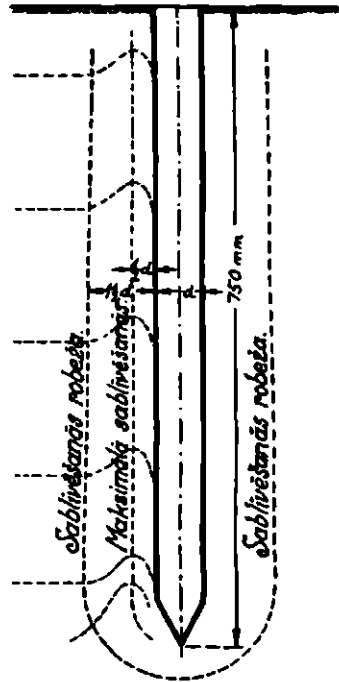
kur  $d$  — pāļa vidējais diametrs (par 10÷45% lielāks par caurules iekšējo diametru) un  $\sigma_b$  — betona pielaižamā spiedes pretestība.

Pie svarīgām būvēm ieteicams aprēķina ceļā dabūto otrās grupas betona vietas pāļa nestspēju pārbaudīt pēc praktiski-statiskā paņēmiena.

**Ģeometriski-statiskais paņēmiens.** Atkarībā no pāļa veida, izmēriem un grunts stāvokļa ar šo paņēmienu aprēķina ceļā noskaidro attiecību starp apskatāmās grunts spraigumu no vienas puses un grunts noblīvēšanas apjoma tilpuma izmēriem pēc pāļa iedzišanas gruntī, no otras puses. Lai pēc šī paņēmiena atrastu pāļa nestspēju, vajadzīgs zināt attiecīgai gruntij piemītošas dažas īpašības proti: 1) berzes koeficientu  $\mu$  starp pāļa virsu un apkārtnējo grunti, 2) grunts izspiešanas koeficientu  $\xi$  un 3) grunts pasīvās spiedspējas koeficientu  $f$ .



93. zīm.



94. zīm.

Par grunts izspiešanas koeficientu sauc attiecību starp dziļumu gruntī  $v$ , līdz kādam sniedzas tās sablīvēšanas iespāids, un dziļumu  $n$ , līdz kādam iespīezas tai pašā gruntī plātne, kas izsauc sablīvēšanos; abi dziļumi  $v$  un  $n$  jāmēra plātnei perpendikulārā virzienā tūlī pēc notikušās grunts izspiešanas (93. zīm.). Tā tad izspiešanas koeficientam

$$\xi = \frac{v}{n}$$

vienā un tai pašā gruntī, pie viena un tā paša blīvuma, neatkarīgi no iespīšanās dziļuma un ārējā spiedes spēka lieluma, ir zināmās robežās

noteikts lielums. Pēc prof. Dmochovska datiem smilts gruntīm  $\xi = 1,60$ , māla gruntīm  $\xi = 2,00$ , smilšaina māla gruntīm  $\xi = 1,00$ .

Sablīvēšanas apjoma tilpuma lielumu atkarībā no iedzītā pāja ārējā veida Stern's mēģina atrast ģeometriskā ceļā. Stern's bija pirmais, kas ar šo jautājumu sāka nodarboties; tagad šo darbu turpina daudzi zinātnieki un praktiķi-inženieri, bet sevišķa vērība piegriežama Dr. ing. K. Zimmermann'a pētījumiem, kuri izvesti ne teoretiskā ceļā, bet mēģinājuma ceļā laboratorijā.

Pēc Zimmermann'a pētījumiem grunts, iedzenot tanī pāli, izspiežās no savas pirmatnējās vietas un sablīvējās ap pāja virsu; noblīvēšanās robežu izplēšās radiali ap pāli atstātumā no 1 d līdz 1,5 d skaitot no pāja virsas, kur d apzīmē pāja diametru. Grunts sablīvēšanās savu maksimumu sasniedz 0,5 d atstātumā no pāja virsas; ap koniskiem pāļiem sablīvēšanās lielums stipri pārsniedz tādu ap cilindriskiem pāļiem, caur ko arī izskaidrojama konisko pāju lielākā nestspēja, kaut gan grunts sablīvēšanās robeža abos gadījumos vienāda (1,5 d) (94. zīm.).

Pēc Stern'a pētījumiem sablīvēšanās apjoma tilpums lielāks tanīs gruntīs, kuru nestspēja lielāka un kuņas blīvākas, t. i., kur grunts saspiešanās iespējamība mazāka.

Ņemot vērā, ka taisni ap pāli atrodošās grunts stāvoklis galvenā kārtā noteic pāja nestspējas lielumu, tad grunts sablīvēšanās apjoma tilpuma lielums var noderēt zināmā mērā par pāja nestspējas lieluma, resp. grunts pretestības lieluma pāja iedzījināšanai, relatīvu mērogu.

Ja grunts sablīvēšanās apjoma tilpuma lielums noder tikai par relatīvu mērogu pasivam zemes spiedienam, kas vērsts pret pāli, tad rodas vajadzība pēc katrai gruntij piemērotas grunts pasivās spiedspējas vienības, t. i. grunts pasivās spiedspējas koeficienta  $f$ , par kādu apzīmē attiecību starp pasīvo grunts spiedi (patieso izspiešanas pretestību) un grunts sablīvēšanās apjoma tilpuma lielumu, t. i.

$$f = \frac{\text{izspiešanas pretestība}}{\text{sablīvēšanās apjoma tilpums}} \left( \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} \right)$$

Koeficienta  $f$  skaitliskais lielums noder par grunts saspiešanās statisko mērogu un tas, tāpat kā koeficienta  $\xi$  lielums, atkarājās no grunts īpašībām. Pēc prof. Dmochovska datiem smilts gruntīm  $f = 0,58$ , māla gruntīm  $f = 0,47$ , smilšaina māla gruntīm  $f = 0,45$ .

Pēc ģeometriski-statiskā paņēmiena cilindrisku un konisku pāju nestspējas lieluma noteikšanai lietojama sekojoša vispārējā formula:

$$P = \frac{1}{k} \cdot (W' + \beta \cdot W''). \dots \dots \dots (47)$$

kur  $P$  — pāja pielaižamā slodze,  $k$  — drošības koeficients (4 līdz 6 un vājās gruntis pat 8),  $W'$  — grunts pretestība pāja koniskās smailes iedziļināšanai,  $W''$  — grunts pretestība pāja parējās virsas iedziļināšanai,  $\beta$  — pāja parējās virsas smailes pusleņķis. Pēc Stern'a

$$W' = \frac{1}{4} \cdot \xi \cdot f \cdot \pi \cdot \frac{d^3}{\sin \alpha} \cdot (\sin \alpha + \mu \cdot \cos \alpha)$$

un

$$W'' = \mu \cdot \xi \cdot f \cdot \pi \cdot \left(\frac{d}{4}\right)^2 \cdot (2 + \xi) \cdot [4 \cdot l - d \cdot \operatorname{tg} \alpha (1 + \xi)],$$

kur  $d$  — pāja diametrs,  $l$  — pāja gruntī iedzītās daļas gaņums,  $\alpha$  — pāja smailes pusleņķis,  $\mu$  — berzes koeficients starp pāja virsu un apkārtējo grunti,  $\xi$  — grunts izspiešanas koeficients,  $f$  — grunts pasivās spiedspējas koeficients.

Pie pilnīgi cilindriskas pāja virsas  $\beta = 0$  un formula (47) pieņemtu veidu

$$P = \frac{1}{k} \cdot W' \quad (48)$$

Praksē, sevišķi lietojot koka pājus, pēdējā formula (48) neatbilst īstenībai un nedod pareizus rezultātus, kādēļ ieteicams nevis aprēķināt leņķi  $\beta$ , kas bieži būtu ļoti grūti, bet labāk lietot prof. Dmochovska koeficientu

$$\beta = 0,0075 \frac{l}{d},$$

kur  $l$  un  $d$  agrāk apzīmētie lielumi.

Kad nolīdzinājumā (47)  $W'$ ,  $W''$  un  $\beta$  vietās ieliek attiecīgos lielumus, tad redzams, ka cilindriskā pāja nestspēja pieaug līdz ar grunts izspiešanas koeficienta  $\xi$  pieaugšanu pirmā pakāpē un pāja diametra  $d$  pieaugšanu trešā pakāpē un samazinās līdz ar smailes pusleņķa  $\alpha$  pieaugšanu pirmā pakāpē, tā tad jo blīvāka grunts, jo mazākai vajaga būt pāja smailei.

**Praktiski-statistiskais paņēmieni.** Šī paņēmiena lietošana dibināta galvenā kārtā uz parādību novērošanu iedziļinot pāli zem pastāvīgi darbojoša spiedes spēka. Tā ka pēdējais patiesībā ir tas pats, kas mīrīga slodze, kuŗa slodzē pāli, tad šo paņēmieni pēc būtības varētu arī saukt par pāja mēģinājuma slodzešanas paņēmieni, vai vienkārši — pāja mēģinājuma slodzešanu.

Mēģinājuma slodzešanas uzdevums ir atrast pāja galejo slodzi, t. i., to slodzi, pie kuŗas grunts vairs nav spējīga pretoties slodzēta pāja iedziļināšanai un tā varētu turpināties tik ilgi, kamēr rodas kādi nebūt citi šķēršļi, tikai ne grunts izspiešanas pretestība, kas pāja iedzi-

lināšanos gruntī pārtrauktu. Tā tad praktiski-statiskais paņēmiens pāļa nestspējas lieluma noteikšanai pastāv iekš tā, ka atsevišķu pāli jeb pāļu grupu slodzē, pēc iespējas lēnām, līdz galējai slodzei, un ja tas nebūtu iespējams, tad līdz kādam nebūt iepriekš noteiktam pāļa iegrimes lielumam. Šādā ceļā iegūtie iegrimes lielumi atvieglo ar zināmu drošību noteikt pielaižamo uz vienu pāli slodzi.

Lietojot pāļa nestspējas lieluma aprēķinam praktiski-statisko paņēmienu, par galveno priekšnoteikumu jāuzskata tas, ka zināmā slodze virs pāļa tiktu novietota pilnīgi bez grūdieniem un ka tā arī pēc lieluma nemainītos tik ilgi, kāmer pāli un apkārtnē grūtī iekšējie spraugumi nav nonākuši līdzsvara stāvoklī. Ja slodze pēc lieluma mainītos priekš šāda līdzsvara stāvokļa iestāšanās, tad parādības pie pāļa iedzilnāšanas var paātrināties vai paīldzināties, kas pie šī paņēmiņa nav pielaižams. Nav arī priekš pāļa iedzilnāšanās vienaldzīga slodzēšanas gaita: vai tā notiek lēnām un pakāpeniski, itkā tā atgādinātu būves gaitu, vai to izdara ātri — dažās stundās — kā tas parasti notiek pie mēģinājuma slodzēšanas.

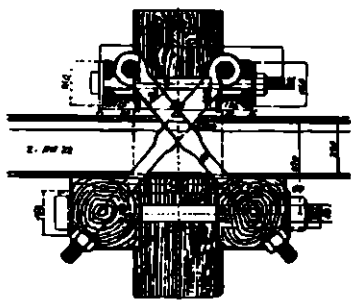
Pāļu grupas slodzēšanai, salīdzinot ar atsevišķu pāļu slodzēšanu, ir no vienas puses zināmas priekšrocības, jo tā atgādina pāļu stāvokli zem būves, kur grunts jau attiecīgi sablīvēta ap pāļiem, un pašu slodzēšanu var izvest drošāki, jo nav jābaidās par vieglu slodzes sašķiebšanos, bet no otras puses ir arī savi trūkumi, jo vajadzīgs ļoti daudz slodzējama materiāla, tā ka bieži pat nav iespējams slodzēšanu turpināt līdz galējās slodzes sasniegšanai, kaut arī par slodzēšanas materiālu izlietotu būvvieta savestos būvmateriālus.

Tādos gadījumos slodzēšanu neturpina līdz „galējās slodzes” sasniegšanai, bet apmierinās ar tādas slodzes sasniegšanu, kas atbilst pāļa zināmajam iegrimes lielumam un kuŗu nosauc par pāļa „iegrimes robežu.” Parasti pāli mēdz slodzēt ar 1,5 reiz lielāku slodzi, nekā tas paredzams no būves. Saprotams, slodzējot pāli līdz „galējai slodzei”, vajadzīgs lietot arī lielāku drošības pakāpi, nekā slodzējot tikai līdz zināmai „iegrimes robežai”.

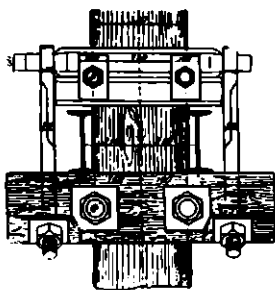
Slodzējot tikai vienu pāli, grūtības rada materiāla novietošana, lai slodze būtu arvienu centriska un nešķobītos. Tā ka pāļa galva šim mērķim ir pārāk maza, tad konstruē speciālas slodzes novietošanas ierīces. Viena no vienkāršākām un ērtākām ir Krapf'a ierīce, kuŗa darbojas vienīgi uz berzi un kuŗas konstrukcija saprotama no 95., 96. un 97. zīmējumiem. Pēc Krapf'a domām šai ierīcei vēl tā priekšrocība, ka viņu var piestiprināt pālim vairākās vietās un tādā ceļā dot iespēju palielināt slodzes lielumu dubultīgi. Kā tālāka priekš-

rocība pie atsevišķu pāju slodzešanas jāuzskata tā, ka iegūtie rezultāti ir drošāki, jo grunts nav tik stipri sablīveta, kā pie pāju grupas mēģinājuma slodzešanas.

Kā vienā tā otrā gadījumā vajadzīgs pie pāja, resp. pāju grupas,



95. zīm.



96. zīm.



97. zīm.

piestiprināt mērlatu ar milimetra dalījumiem. Pāja iegrimes lieluma novērošanai vislabāk lietot nivelieru, kuŗš jāuzstāda tādā atstātumā, ka ap pāli rodošās grunts deformācijas neiespaidotu instrumentu.

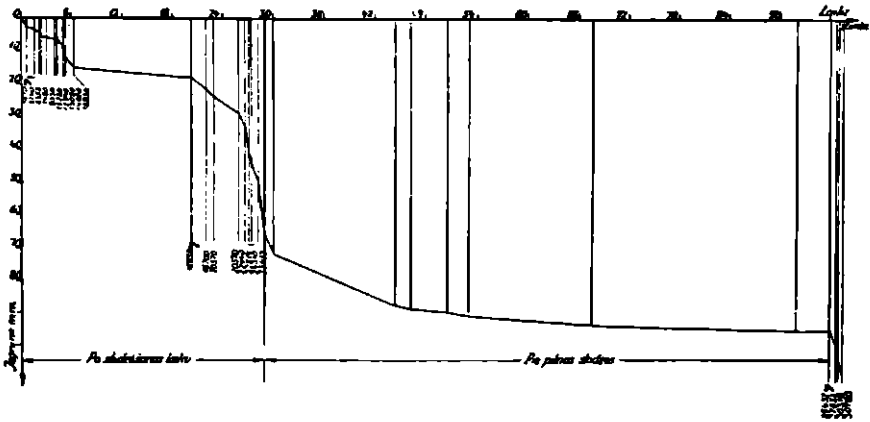
Pielietojot praktiski-statisko paņēmienu pāja nestspējas lieluma noteikšanai, visuzmanīgāki un visrūpīgāki jāreģistrē pāja iegrimē atkarībā no slodzešanas ilguma un slodzes lieluma un jāatzīmē visi apstākļi, kas varētu traucēt tīri statiskās parādības, piemēram pārāk ātra slodzešana vai dažādi satricinājumi tuvākā apkārtnē. Inž. Kafka aizrāda, ka pie pamatu likšanas kādai baznīcai Varšavā, mēģinājuma pālis zem pilnas slodzes vairs negrima kādas 4 nedēļas no vietas, bet kad pa to laiku ar pāju iedzišanas darbiem bija pienākuši klāt vietai, kur atradās minētais pālis, tas no satricinājumiem sāka atkal par jaunu grimt. Tādēļ nav ieteicams būvdarbus tā iedalīt, ka vienā būves daļā izvestu mūra darbus virs pāju pamatiem, kamēr turpat blakām vēl turpina pāju dzišanu. Šādam darba sadalījumam, bez šaubām, sekos nevienmērīga būves iegrimē tās dažādās daļās, sevišķi liela tā būs gadījumos, kad lietos smagus zveltnus un lielus krišanas augstumus, vai pājus iedzis vājās gruntis.

Parasti pie praktiski-statiskā paņēmiena lietošanas ved nevien tikai žurnālu, kuŗā atzīmē dienu, stundu, slodzes lielumu, pāja iegri-



mes lielumu un dažādas piezīmes, bet uzskatāmības labā zīmē arī pāja iegrimes diagramu (98. zīm.), kurā uz abscīses atzīmē novērošanas ilgumu stundās un uz ordinātes — iegrimes lielumu milimetros; attiecīgās dažādiem iegrimes lielumiem slodzes raksta pie šo iegrīmu ordinātem.

Parasti visiem mēģinājuma pājiem iegrimes diagramas ir ļoti tipiskas: no sākuma ar slodzes palielināšanos novērojama gandrīz vienmērīgi pieaugoša iegrīme, tad pie tālākas slodzes palielināšanas — iegrīmes sāk pieaugt lielākā mērā, tā ka diagramā novērojams pēkšņs lūzums.



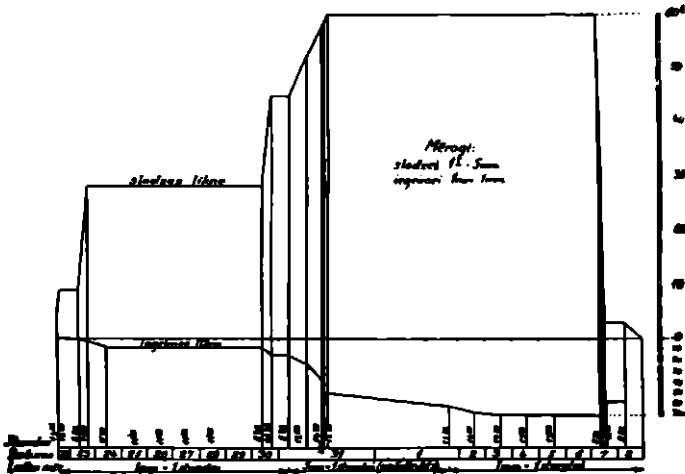
98. zīm.

98. zīmējumā rādītā diagramā redzams, ka pāļis zem 25432 kg lielas slodzes beidzot apstājies iegrīmt, tā tad kopīgais iegrīmes lielums 95 mm uzskatāms par „iegrīmes robežu”, bet pēc slodzēšanas turpināšanas pie 30760 kg lielas slodzes pāļis pēkšņi sāka iegrīmt un grimšana turpinājās tik ilgi, kamēr slodzēšanas materiāls nonāca līdz zemes līmenim un sāka balstīties uz apkārtējo zemi: tā tad 30760 kg ir „galējā slodze”.

Par pāja pielaižamo slodzi P var pieņemt „galējo slodzi” (diagramā — 30760 kg), ievēdot noteiktu drošības koeficientu; var arī pieņemt slodzi, pie kuņas pāļis sasniedza „iegrīmes robežu” (diagramā 25432 kg), ievēdot atkal citādu, mazāku nekā pirmā gadījumā, drošības koeficientu; beidzot var arī pieņemt slodzi, pie kuņas pāļis sāk lielākā mērā iegrīmt (diagramā 16830 kg), nelietojot nekādu drošības koeficientu; kuņu gadījumu lietot atkarājas no tā, kādu noturību grib pamatiem dot. Pēc „Normalblatt Din E 1054” par pāja pielaižamo slodzi P jāpieņem  $\frac{2}{5}$  no „galējās slodzes”, zem kuņas pāļis arī

pēc ilgāka laika nebeidz iegrimt, vai  $\frac{1}{2}$  no tās slodzes, pēc kuņas palielināšanas iegrime vairs neturpinās vienmērīgi, bet strauji paliek lielāka. Attiecībā uz diagramā (98. zīm.) rādīto gadījumu

$$\left. \begin{aligned} P &= \frac{2}{5} \cdot 30760 = 12304 \text{ kg} \\ \text{vai} \\ P &= \frac{1}{2} \cdot 25432 = 12716 \text{ kg} \end{aligned} \right\} \text{vid. mērā } P \cong 12500 \text{ kg.}$$



99. zīm.

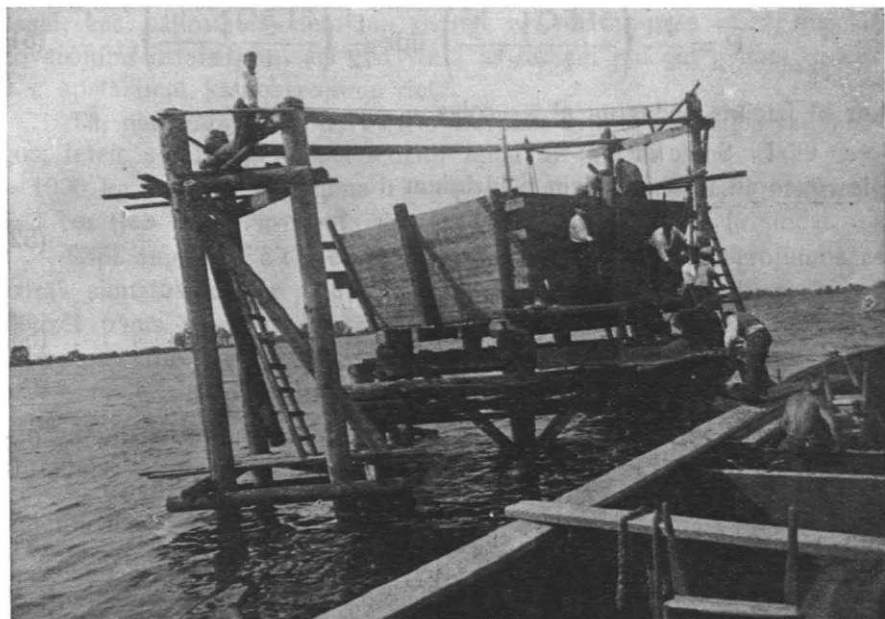
99. zīmējums rāda pāja iegrimes diagramu, tikai citādi izveidotu, pie mēģinājuma pāja slodzēšanas Rīgas eksportostas krastmalas pagarināšanas darbiem decembrī 1929. gadā. Slodzējamā pāja virsbūve (projektētā un izpildītā), kas sver 4,6 t, parādīta 100. un 101. zīmējumos; tā sastāv no koka kastes, kuņā iebertas smiltis, un novietota virs pāja centriski, t. i. kastes vertikālā simetrijas ase sakrīt ar mēģinājuma pāja vertikālo asi. Uz kastes sienām atzīmētas slodzes lieluma sadalījuma stripas, pēc kuņām, ieberot smiltis un nolīdzinot tās horizontāli, varēja noteikt slodzes lielumu tonnās. Bez tam pāja galvai piestiprināta mērlata ar milimetru daļījumiem. Dažu metru atstātumā ierīkoti 2 tornīši uz 3 pājiem katrs: viens niveliera uzstādīšanai, otrs — rēperam.

Pāja iegrimes no slodzēm līdz 9 t nebija saskatamas. Turpmākā slodzes palielināšana par 18,9 t, t. i. līdz kopējai slodzei 27,9 t, kāda atbilst jūrniecības departamentā pieņemtai pielaižamai pāju slodzei Rī-



būtu pieņemts pielietojot kādu citu, ne tik drošu un pareizu pāja nestspējas lieluma noteikšanas paņēmieni. Tā tad tie izdevumi, kuŗi sākumā radījās būt it kā lieki un nevajadzīgi, var šādā kārtā pilnīgi un pat vairākkārt atmaksāties.

Bez tam šis paņēmiens ir lietojams pie visiem pāja iedzījināšanas veidiem.



101. zīm.

**Praktiskās formulas.** Bez apskatītām formulām, no kuŗām vienas ir vairāk, otras mazāk zinātniski pamatotas, būvniecības praksē pielieto vēl tā saucamās praktiskās formulas, kas sastādītas uz piedzīvojumu un novērojumu pamata.

W. M. Patton's pāja pielaižamās slodzes lielumu  $P$  aprēķina pēc formulas

$$P = F \cdot p + M \cdot f, \quad (49)$$

kur  $F$  — pāja šķērsgriezums,  $p$  — pielaižamā grunts piepūle,  $M$  — pāja sānvirsas laukums un  $f$  — berze starp pāja virsu un apkārtējo grunti (lietoti autora apzīmējumi). Vājās gruntis  $p = 0$  un  $f = 0,075 \text{ kg/cm}^2$ ; parastā māla grunti  $p = 1,47 \text{ kg/cm}^2$  un  $f = 0,15 \text{ kg/cm}^2$ ; cietā māla grunti  $p = 2,44 \text{ kg/cm}^2$  un  $f = 0,15 \text{ kg/cm}^2$ ; smilts un grants gruntis  $p = 2,44 \text{ kg/cm}^2$  un  $f = 0,244 \text{ kg/cm}^2$ .

Tā saucamās „amerikaniešu formulas” ir ļoti vienkāršas un atvasinātas no Ritter'a formulas, vienkāršojot pēdējo, vai sastādītas uz

daudzgadīgu novērojumu pamata. Izplatītākās no tām būtu sekojošās (apzīmējumi zināmi no agrākām formulām):

Sanders:

$$P = \frac{Q \cdot h}{8 \cdot e} \quad (50)$$

Trautwines:

$$P = \frac{1}{2} \cdot \left( \frac{51,5 Q \sqrt[3]{h^1}}{1 + e^1} \right) \text{ līdz } \frac{1}{12} \left( \frac{51,5 Q \sqrt[3]{h^1}}{1 + e^1} \right), \quad (51)$$

kur  $h^1$  izteikts pēdās un  $e^1$  — colās.

G. F. Stickney:

pie rokas un mēchaniskiem pājdziņiem

$$P = \frac{2 \cdot Q \cdot h^1}{1 + e^1}, \quad (52)$$

bet pie tvaika pājdziņiem

$$P = \frac{2 \cdot Q \cdot h^1}{0,01 + e^1} \quad (53)$$

Formulās (52) un (53)  $h^1$  izteikts pēdās un  $e^1$  — colās.

Anglis E. Latham's uz savu pētījumu un novērojumu pamata pāju iedzišanas darbos Temzas grīvā pie Greenhithe sastādījis formulu

$$P = n \frac{Q \cdot h}{e}, \quad (54)$$

kur  $Q$  izteikts tonnās,  $h$  un  $e$  — milimetros un  $n$  apzīmē zināmu koeficientu atkarībā no  $e$  lieluma. Koeficienta  $n$  lielumi izteikti tabulā XV:

**Tabula XV.**

e milimetros	n	
	bez uzpāja	ar uzpāli
1,5	0,20	0,15
2,25	0,15	0,12
3,0	0,12	0,08
4,5	0,10	0,05
6,0	0,09	0,03

Beidzot jānorāda vēl uz Hurtzig'a formulu

$$W = \frac{70000 \cdot U}{\sqrt[3]{1}} + \beta \cdot 1000 \cdot U \cdot \sqrt[3]{1}, \quad (55)$$

kurā pāja nestspēja ņemta atkarībā no berzes lieluma starp pāja virsu

un apkārtējo grunti,  $U$  apzīmē pāja šķērsriezuma perimetri un koeficientu  $\beta$ , atkarībā no grunts īpašībām, pieņem no 1 līdz 10.

Daži būvinženieri, nodarbojamies ilgāku laiku vienos un tās pašos apstākļos ar pāju iedzišanas darbiem un kopodami savus novērojumus par pāju slodzešanas rezultātiem, izstrādājuši uz šo novērojumu pamata vienkāršus paņēmienus pāja pielaižamās slodzes lieluma noteikšanai, kas, saprotams, lietojami vienīgi vai nu tai pašā vietā, kur šie novērojumi izdarīti, vai arī citā vietā ar tādiem pašiem grunts, ūdens u. c. apstākļiem, kā novērojumu vietā.

Tā, piemēram, *Bernhard's* Berlīnes grunts apstākļos vai līdzīgos, ieteic slodzēt pāli, kas iedzīts zemē ar zveltni, kuŗa svars  $Q = 1000$  kg, kritiena augstums  $h = 100$  cm un iedzījināšanas grunts  $e = 1$  cm (jeb 1 t, 1 m un 1 cm), ar 20000–25000 kg lielu slodzi.

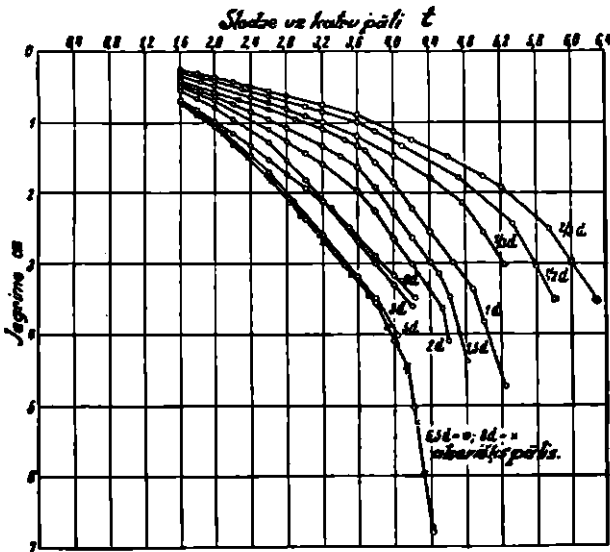
Dipl. Ing. *Schätzler's*, izdarīdams Hamburgā novērojumus ar vairāk simtstūkstošiem pāju, ieteic Hamburgas, vai līdzīgos apstākļos, slodzēt pājus no 35 līdz 45 cm diametrā ar tik tomām, cik pāja diametrs satur centimetrus, ja pie iedzišanas lietots 1500 kg smags tvaika zveltnis un pie krišanas augstuma  $h = 150$  cm no pēdējā sītiņa pālis ar 35 cm lielu diametru iedzījinātos par 25 mm, pālis ar 40 cm diametru — 20 mm un pālis ar 45 cm diametru — 15 mm.

**Stādziens.** Salīdzinot dažādus pāju nestspējas lieluma noteikšanas paņēmienus, redzams, ka katram ir savas priekšrocības un trūkumi,

Dinamiskā paņēmiena vienīgā priekšrocība ir tā, ka visus pāja nestspējas noteikšanai vajadzīgos lielumus iespējams iegūt tieši darba vietā pie pāja iedzišanas grunts. Turpretim, kā trūkumi jāuzskata, pirmkārt, neiespējamība ņemt vērā daudzus blakus apstākļus, kuŗus izsauc zveltna sītiens un kuŗus nepavisam nav iespējams praktiski novērtēt, kaut gan tie patērē lielāku vai mazāku daļu no sītiņa dzīvā spēka, piem. pāja satricinājumi, siltuma un skaņas rašanās pie sītiņa, pāja materiāla sadrupšana augšgalā, grunts elastīgā saspiešanās u. t. l.; otrkārt, dinamiski grūdienveidīgi uz pāli darbojošies spiedes spēki neatbilst īstenībā vēlāk uz pāli darbojošai statiskai slodzei; treškārt, dažādo autoru formulu nepilnība.

Teoretiski-statiskais paņmiens prasa dažu grunts fizikālu īpašību zināšanu (grunts dabīgas nogāzes leņķi  $\rho$ , tilpuma svaru  $\gamma$  u. t. l.), kuŗas iespējams iegūt būvvieta, izdarot iepriekšējus urbšanas darbus. Paņēmiena priekšrocības: pirmkārt, iespējams priekš darbu sākuma aprēķināt pāja nestspējas lielumu pēc tā izmēriem, ārējā veida un grunts īpašībām; otrkārt, aprēķins dod iespēju ņemt vērā arī grunts pielīpšanas spēku lielumu. Kā galvenais trūkums jāuzskata nenoteiktība, izvēloties grunts dabīgas nogāzes leņķa  $\rho$  lielumu, kuŗš bieži ir ļoti mainīgs vienai un tai pašai gruntij.

Pie ģeometriski-statiskā paņēmiena lietošanas arī vajadzīgs zināt dažas grunts fizikalās īpašības, proti: berzes koeficientu  $\mu$  starp pāļa virsu un apkārtējo grunti, grunts izspiešanas koeficientu  $\xi$  un grunts pasivās spiedspējas koeficientu  $f$ . Priekšrocība, pirmkārt, tā pati, kas teoretiski-statiskam paņēmiemam, ka priekš darbu sākuma, atkarībā no pāļa izmēriem un ārējā veida un no grunts īpašībām, iespējams aprēķināt pāļa nestspējas lielumu; otrkārt, pēc šī paņēmiena iespējams izzināt arī grunts sablīvēšanās tilpuma lielumu ap iedzīto pāli. Trūkums tas pats, kas iepriekšējam paņēmiemam, jo arī šeit da-



102. zīm.

rišana ar vēl nenoteiktām un bieži nepastāvīgām grunts īpašībām un lielumiem  $\mu$ ,  $\xi$  un  $f$ .

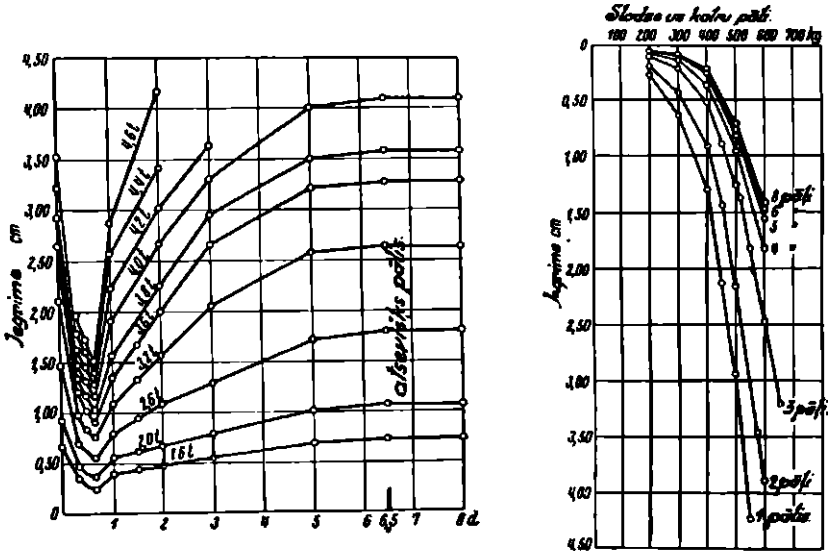
Pēdējā, praktiski-statiskā, paņēmiena priekšrocības: pirmkārt, iespējams dabūt vistuvāk īstenībai pāļa nestspējas lielumu ne aprēķina ceļā, bet tieši slodzējot un novērojot sekojošās no tam parādības; otrkārt, paņemiens lietojams pie visiem pāļu iedziļināšanas veidiem. Vienīgais šī paņēmiena trūkums — dārgums un liels laika patēriņš.

No sacītā redzams, ka katram no minētiem četriem paņēmiem ir lielākā vai mazākā mērā savas priekšrocības un savi trūkumi, tādēļ jāatzīst par lietderīgu, projektu sastādot, lietot teoretiski- vai ģeometriski-statisko paņemienu, būves laikā pārbaudīt pāļu nestspējas lielumu pēc dinamiskā paņēmiena un pie nopietnām būvēm bez tam vēl izdarīt pāļu mēģinājuma slodzēšanu pēc praktiski-statiskā paņēmiena.

Viss līdz šim sacitais zīmējās uz vienu atsevišķu pāli, bet ne uz pāju grupu, kas parasti nāk priekšā būvniecībā pie pamatu likšanas.

Pie pāju pamatu — pāju grupas — nestspējas aprēķināšanas jāpieiet ar ļoti lielu uzmanību, jo atsevišķa viena pāja nestspēja vēl nedod iespēju spriest par drošību visā pāju pamatā. Neliela apstākļu nepārziņāšana var novest pie nesaimnieciskām konstrukcijām un nevajadzīga pāju skaita iedzišanas.

Ļoti svarīgi zināt, kā izturās pāju pamati, kuņu elementpāļi, atsevišķi ņemot, uzrāda pietiekošu nestspēju. Lai šo problēmu atrī-



103. zīm.

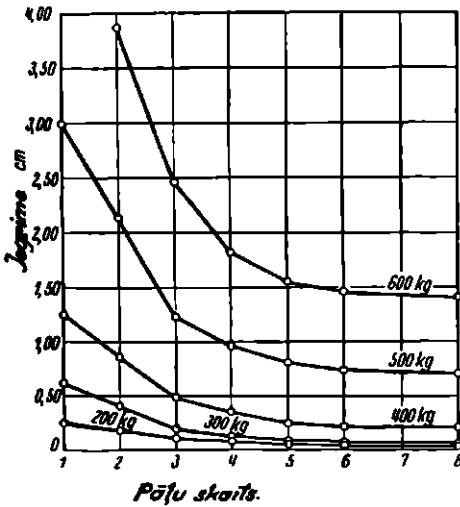
104. zīm.

sinātu, vajagz atrast kādus pieturas punktus, kuņus mums var dot mēģinājumi laboratorijās un būvietās, geotehnika un novērojumi pie nobeigtām būvēm.

Interesantus mēģinājumus šinī jautājumā izdarījis Dr. ing. H. Press Berlinē 1933. g.: smilts gruntī, zemes mitrumā, ar 1,70 tilpuma svaru un 0,385÷0,54 mm graudiņu lielumu iedzīti viens pālis un divi pāļi ar diametru  $d$  atstātos  $\frac{1}{4} d$ ,  $\frac{1}{3} d$ ,  $\frac{1}{2} d$ ,  $\frac{2}{3} d$ ,  $d$ ,  $1\frac{1}{2} d$ ,  $2 d$ ,  $3 d$ ,  $5 d$  un  $8 d$ . 102. zīmējumā parādīti šo pāju iegrimis lielumi. 103. zīmējumā parādītas šo pašu pāju iegrimis pie dažādām slodzēm atkarībā no pāju atstātuma. Liknes rāda, ka vislielākā nestspēja pāļiem pie atstātuma  $\frac{2}{3} d$ , bet pieaugot atstātumam starp abiem pāļiem grunts papildus sablīvēšanās samazinās un līdz ar to samazinās arī pāju nestspēja līdz atsevišķa viena pāja nestspējai.



Otru mēģinājumu seriju Dr. ing. H. Press izdarījis smilts grunti ar 1,68 tilpuma svaru un 0,30÷0,41 mm graudiņu lielumu, kur iedzīti pāji grupās pa 2, 3, 4, 5, 6 un 8 vienādos 3, 3 d atstātos un salīdzināšanas labā iedzīts arī viens atsevišķs pālis. 104. zīmējumā parādīti pāju grupas iegrimes lielumi. 105. zīmējumā parādītas šo pašu pāju grupu iegrimes pie dažādām slodzēm atkarībā no pāju skaita grupā. Pie lielāka pāju skaita grupā pieaug grunts sablīvēšanās un līdz ar to pieaug atsevišķa pāja nestspēja, pie kam nestspējas lieluma pieaugums ar pāja skaita palielināšanos grupā pakāpeniski samazinās, jo šādos apstākļos arī grunts sablīvēšanās lieluma pieaugums pakāpeniski samazinās.



105. zīm.

Izdarītie mēģinājumi rāda, ka grupās iedzīti pāji noblīvē grunti, kuŗā tie iedzīti, bet noblīvēšanas lielums atkarājas lielā mērā no grunts sugas un svārstas starp nulli (pie slikti caurlaidīgām gruntīm) un ļoti augstu lielumu (pie iridenām-caurlaidīgām gruntīm).

No geotehniskā viedokļa berzes pāju pamatus pētījis prof. Dr. ing. K. Terzaghi Vinē. Pēc viņa domām iegrimes gruntī, kas sastāv no mikstiem dūņu slāņiem un māla nogulumiem, izskaidrojamas galvenā kārtā ar mīkstās grunts izslīdēšanu, kas notiekas visbiežāki dziļumā, kas

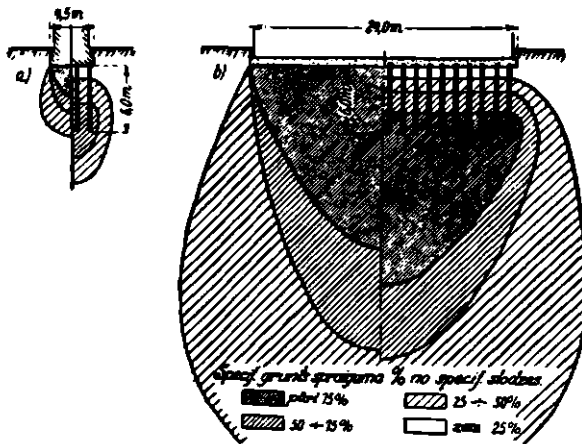
ir vienreiz vai pusotras reizes lielāks par būves pamatu platumu. Šādu dziļumu pie platiem pamatiem pāji nekad nesasniedz. Jo lielāka ir attiecība starp būves pamatu platumu un pāju garumu, jo mazāku labumu var sagaidīt no pāju pamatiem. Uzskatāmi tas attēlots 106. zīmējumā, kuŗā parādīta spraugumu sadalīšanās gruntī zem šaura un plata pamatu mūŗa ar un bez pājiem.

Ja zem vājiem grunts slāņiem nelielā dziļumā atrodās slīpi nogulis blīvs slānis, tad ar berzes pāju pamatiem vienmēŗīgi iegrimes lielumi nav sasniedzami; būves iegrimē lielāka tur, kur vājās grunts slāņa biezums lielāks.

Vāļīgi nogulušās smilts un ļoti sikas smilts grunts berzēs pāju pamatu iegrimes lielumi atkarājas no augšējo slāņu saspieŗzamības pa-

kāpes. Pie pāļu iedzišanas ar zveltņa palīdzību šādās gruntīs viršējo slāņu blīvums palielinās pateicoties grunts izspiešanai un satricinājumiem, caur ko berzes pāļu pamatu iegrimes lielumi samazinās.

Kad ļoti vāji vai irdeni grunts slāņi noguluši virs blīviem slāņiem, pie kam irdenie slāņi pie pāļu iedzišanas paliek blīvāki (piem. smilts, būvgrūzi u. t. l.), tad berzes pāļu pamati ir ļoti noderīgi; bet ja vājie viršējie slāņi pie pāļu iedzišanas nepaliek blīvāki (piem. dūņas, ļoti sīka ūdeņaina smilts u. t. l.), kas parādās iekš tā, ka grunts paceļās pāļu starpās virs normālā zemes līmeņa par tik lielu tilpumu, kāds ir iedzītiem pāļiem kopā, tādos gadījumos pāļi jādzen minētiem gruntīs slāņiem cauri līdz blīvai grūntij.



106. zīm.

Ļoti sīkgraudainās un lipīgās gruntīs pāļu pamatu nestspējas līkums var ar laiku mainīties gan tīri geotehniskās dabas iemeslu dēļ, gan konstruktīvu un pat darbu organizatorisku iemeslu dēļ.

Katram būvinženierim zināms, ka iedzenot ar zveltņa palīdzību augstāk minētās gruntīs pāļus, tie sastop iedzišanas laikā ārkārtīgi lielu pretestību savā pēdā, jo minētās gruntīs ap pāļa pēdu poru tilpums samazinās un viņā atrodošais ūdens tiek spiests ārā. Pateicoties ļoti sīkām porām, ūdens tek ārā ļoti lēnām, radot iepriekš lielu spiedienu. Grunts ap pāļa pēdu izturās, kā nesaspiežams šķidrums. Tā sākumā pāļi sastop lielu pretestību savā pēdā, bet berze gar pāļa sānvirsu ir maza, jo ūdens, kas mazos apmēros izspiežas no porām, maz to slapina. Ar laiku, kad ūdens paspējis lielos apmēros iz porām izspiesties, pretestība pāļa pēdā ātri mazinās, bet berze gar sānvirsu pieaug.

Pāju pamatu nestspēja var ar laiku samazināties, ja rodas kādas apakšzemes straumes, kuŗu iespaids uz pamatiem savā laikā ar riev-sienām nav novērsts. Bet jāņem vērā arī apstākli, ka pāju pamatus ie-slēdzošās riev-sienas var ar laiku izliekties vai citādi bojāties un nebūs vairs spējīgas atturēt ūdens caurtecēšanu.

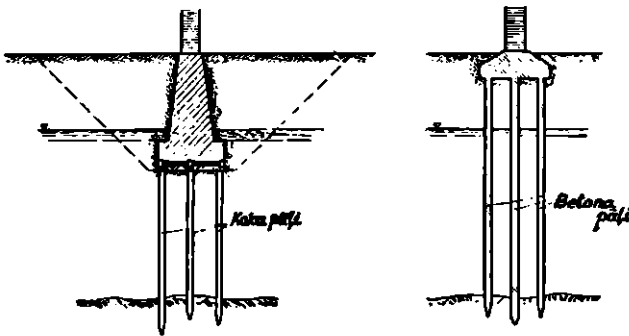
Beidzot pāju pamatu nestspēja var samazināties, ja to tuvumā izdara pāju iedzišanas darbus, kas izsauc grunts līdzsvara traucējumus un līdz ar to arī lielākas vai mazākas kustības esošos pāju pamatos.

## VIII. Pāju pamatu konstruktīvais veidojums.

Zinot, ka ne arvienu var precīzi noteikt, kā sadalās pāja kopīgā pretestība un kas ir pārsvarā, vai pretestība pāja pēdā, vai berzes pretestība gar pāja sānvirsu, būvzinieners pāju pamatu konstruk-tīvos veidojumus nesadala uz dziļo pāju vai berzes pāju pa-matiem, bet ņem vērā citus faktorus, pēc kuŗiem kā dziļo, tā berzes pāju pamatus uzskata par sastāvošiem no

1. nesošiem pājiem un
2. pāju galvu saistošas konstrukcijas — režģoga, resp. plates.

Režģoga uzdevums pārnest spēkus no būves uz pājiem, kādēļ tā vietu bieži izpilda betona vai dzelzbetona plate, vai pamatu mūra lejas gals, kuŗā pāju galvas ielaistas iekšā.



107. zīm.

Režģogu, resp. plati, var novietot tieši virs zemes, kuŗā pāji ie-dziti, vai — augstāk, tā ka pāju augšējā daļa atrodas virspus zemes virsas. Atkarībā no tā, kur pāju režģogs atrodas attiecībā pret zemes virsu, tos sadala zemos un augstos pāju režģogos. Kā pie viena, tā otra nedrīkst pielaist koka konstrukcijas tādās vietās, kuŗās atrastos pārmaiņus ūdeni un sausumā. Sevišķi jāgriež vērība, ka

koka daļas neatrastos sausumā ilgāku laiku, jo tādā gadījumā koks var sākt pūt. Tā tad lietojot koka konstrukcijas, pāju galvas jānozāģē zemāk par zemāko ūdens līmeni un koka režģogs jātaisā sausā būvbedrē, sausinot to tieši ar pumpju palīdzību vai pazeminot gruntsūdens līmeni.

Kādu konstrukciju pāju pamatiem izvēlēties, koka ar būvbedres sausināšanu vai betona, resp. dzelzbetona, ar gaļākiem pājiem, bet bez būvbedres sausināšanas (107. zīm.), ir tirs kalkulācijas jautājums: jāizvēlas maksas ziņā lētāka konstrukcija.

Nesošie pāji jāiedzen gruntī būvē darbojošos spēku rezultantes virzienā, lai tie netiktu piepūlēti šķērsām, kas blīvās gruntis var izsaukt pāju lūšanu, bet vājās — sālisku bīdi, vai pat apgāšanos. Ja spēku rezultantes virziens pret vertikāli ir mazāks par  $25^{\circ}$ , var visus nesošus pājus iedzīt vertikāli vai vienu daļu no pājiem — vertikāli un otru — slīpi.

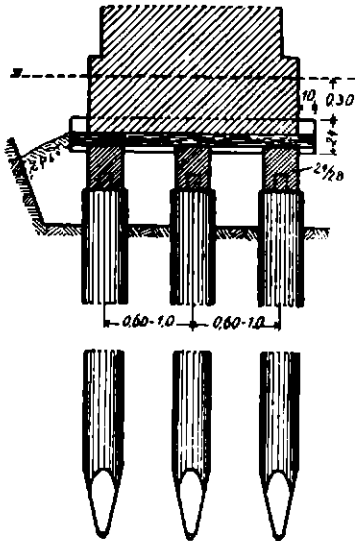
Pāju pamatos nesošos pājus iedzen rindās, pie kam vienas rindas pāji var atrasties otras rindas pājiem pretim, vai pamišām. Pēdējais veids ieteicams sevišķi berzes pāju pamatos.

Režģogi pāju pamatos atkarībā no materiāla var būt koka, betona un dzelzbetona. Pēdējos divus režģoga veidus sauc par **b e t o n a**, resp. **d z e l z b e t o n a** p l a t i. Koka režģoga un dzelzbetona plates konstruēšana izdarama vienīgi sausumā un prasa rūpīgu specialista darbu. Turpretim betona plati virs pājiem var izveidot viegli arī zem ūdens, beļot betonu ar maisiem, kastēm, vai caurulēm.

No sacītā redzams, ka pāju pamatu likšanas veidi atkarājas no: 1. pāju materiāla, 2. režģoga stāvokļa (zemais vai augstais), 3. ūdens līmeņa stāvokļa attiecībā pret režģogu, 4. būvmašīnu lietošanas iespējamībām.

**Zemais pāju režģogs.** Koka režģogs uz koka pājiem sastāv no pājiem, uzgalvjiem, resp. garensijām, šķērssijām un grīdas. Tā ka koka pāju režģogam jāatrodas arvienu vismaz 0,30 m zem zemākā ūdens līmeņa, tad, lai režģogu taisītu sausumā, ap viņu iedzen rievsienu, kuŗa pēc pamatu ielikšanas aizsargā to pret izskalošanu. Zem būves sienām iedzen pājus 2÷3 rindās vienu pret otru; pāju rindām vienai no otras jāatrodas 0,60÷1,00 m atstātumā, skaitot no pāju centriem, bet atsevišķu pāju atstātumu vienā un tai pašā rindā ņem par  $\frac{1}{4} \div \frac{1}{3}$  lielāku nekā atstātumu starp rindām, t. i. 0,90÷1,25 m. Pēc iedzišanas pāju galvas nozāģē vienā līmenī un sausinātā būvbedrē sāk likt virs pājiem uzgalvjus-garensijas no šķautņiem apm.  $24 \times 28$  cm šķērsgriezumā, atkarībā no slodzes lieluma un pāju atstātuma (108. zīm.). Uzgalvjus liek sienu garenvirzienā un iesien

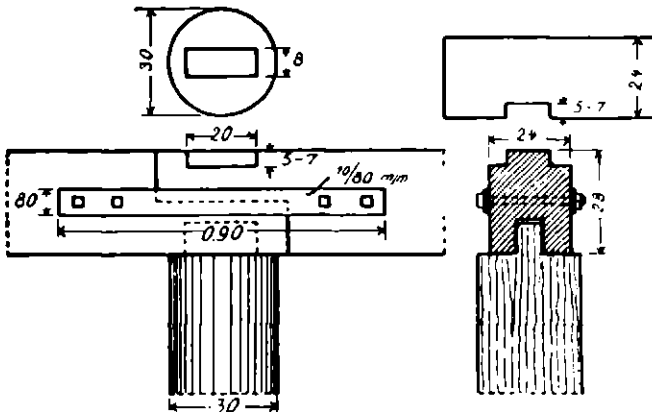
pāju galvās ar vienkāršu stāvu tapu. Uzgalvju metināšanu ar taisnu pārlaidumu izdara arvienu virs pāju galvām un nodrošina no abiem sāniem ar dzelzs uzliktņiem (109. zīm.). Šķerssijas no šķautņiem apm.



108. zīm.

20×24 cm šķersgriezumā iesien ar līdzenu pārlaidumu vai ar uzsedināšanu 5÷7 cm dziļi uzgalvjos, tadā pašā atstātumā, kādā atrodas pāji vienā rindā. Starp šķerssijām tieši pie uzgalvjiem ar naglām vai koka skrūvēm piestiprina grīdu no 6÷10 cm biežām blankām. Šķerssijas pārlaiduma dziļumu un blankas biezumu izvēlās tādu, lai šķerssijas virsmala gulētu vienā līmenī ar blanku grīdas virsmalu, vai pārsniegtu pēdējo vien- vai divkārtīgi. Iepriekš grīdas uzlikšanas ieteicams visus tukšumus starp pāju galvām un uzgalvjiem aizpildīt ar māliem, granti, oļiem vai betonu. Aizpildījums uzņem arī daļu no būves slodzes, ko gan pie pāju pamatu aprēķina neņem vērā, bet atstāj kā zi-

nāmu drošību.

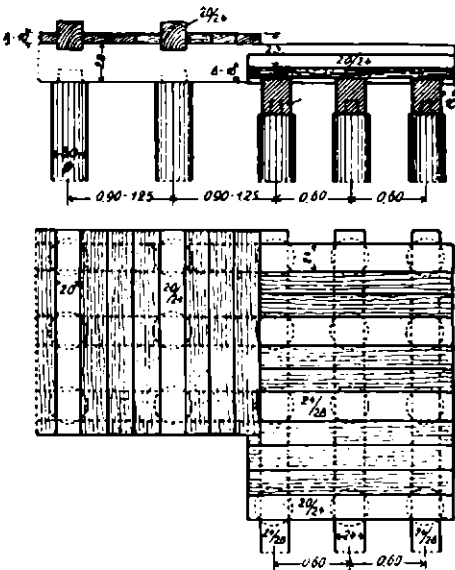


109. zīm.

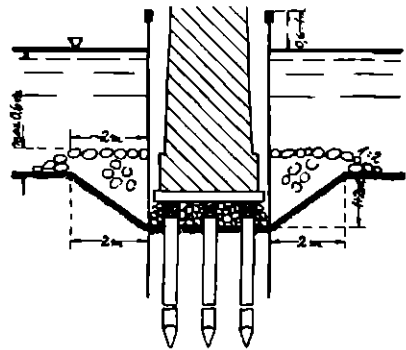
Mainot režģīgiem virzienu, viena virziena uzgalvji pāriet otra virziena šķerssijās, iesienot tos vienu otrā ar līdzenu pārlaidumu vai nozāģējot pāju galvas abos virzienos dažādos līmeņos (110. zīm.). Pēdē-

jai konstrukcijai jādod priekšroka, jo kokus mazāk vājina, nekā pirma konstrukcijā.

Ja vieta, kur jāliek pāju pamati, klāta ar ūdeni, tad ieteicams ieturēt sekojošu darbu kārtību: norok zem ūdens 1÷2 m biezu vājo grunts slāni, kāds parasti nogulst virs upes gultnes, pie kam norakuma platumu ņem 2÷4 m lielāku par pamatu mūra pēdas platumu; iedzen rievienas visapkārt pamatu likšanas vietai (111. zīm.), ņemot rievienas augšmalu vismaz 0,6÷1,0 m augstāku par viszemāko ūdens līmeni; pājus sāk dzīt gar rievienām, pēc kam nozāģē pāju galvas vienā līmenī un sausinātā būvbedrē liek režģogu augstāk apskatītā kārtībā. Kad mūra darbi veikti virspus apkārtējā ūdens līmeņa, nozāģē rievienas līdz upes gultnei un izskaloša-



110. zīm.



111. zīm.

nas novēršanai visapkārt pamatam taisa akmeņu uzbērumu.

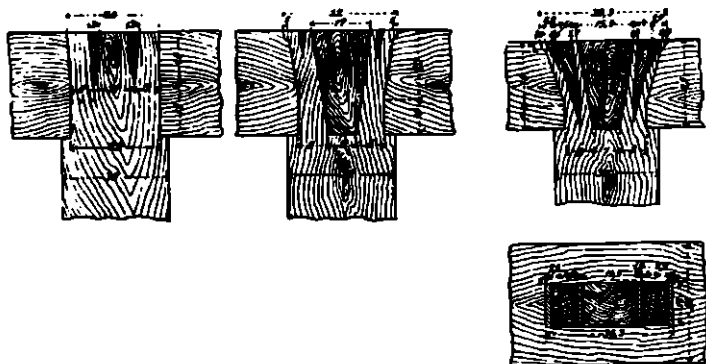
Pie zemā pāju režģoga zem slūžām, krastmalām u. t. l. būvēm, kuņām vajadzīgo noturību dod to pašsvars, jāskatās, ka ūdens spiediens no apakšas uz augšu uz pašsvaru nedarbotos tieši. To sasniedz, taisot režģogu grīdu tik ciešu, ka pamatu mūra pēda būtu pilnīgi šķirta no ūdens, piestiprinot grīdu pie uzgalvjiem un pēdējos pie pāļiem, lai ūdens tos nevarētu celt uz augšu. Ieteicams pamatu mūra apakšējās kārtas mūrēt ar treknu cementa javu, lai dabūtu stipras šuvas.

Stipram savienojumam starp grīdu, uzgalvjiem un pāļiem ir liela nozīme pie slūžu koka dibieniem. 112. zīmējumā parādītais — pirmais pa kreisi — savienojums atraisījās pie 6,1 t un vidējais pie 13,2 t, bet pēdējais pa labi pie 18,6 t pacēlās par 3 mm un mēģinājuma ierīce salūza. Zīmējumā parādīto savienojumu ķīji taisīti no sausa ozola koka

un iedzīti ar vieglu rokas zveltņi, izzāģējot iepriekš rievu līdz pilnam ķīļa gaļumam. Lai pālis nelūstu, vajaga turēt viņu ūdenī, vai labāki — taisīt pāļus no sīksta koka.

Pie zemo pāļu režģogu taisīšanas ieteicams koka konstrukcijas nelietot dzelzi, kuņai ūdenī sarūsot rodas režģogā vājas vietas. Labāki lietot koka skrūves vai dzelzs daļas cinkot vai nosegt ar darvas-gudrona maisījumu.

Senāk koka zemais pāļu režģogs bija plaši izplatīts, bet tagad tas zaudējis savu piekrišanu un viņu arvienu vairāk aizvieto citas letākas, labākas un vieglāki izpildamas konstrukcijas.



112. zim.

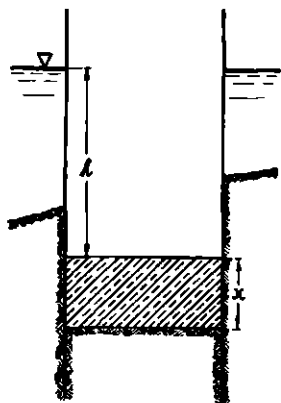
**Betona plate uz koka un dzelzbetona pāļiem.** Tā tagad viena no visizplatītākām pāļu galvu saistošām konstrukcijām. Darba gaita tāda pat, kā pie koka zemā pāļu režģoga, tikai pāļu galvas nozāģē ar tādu aprēķinu, lai tās ieietu betona platē vismaz 0,30 m dziļi, bet labāki līdz 0,50 m (127. zim.). Betona plates lielākā priekšrocība, ka būvbedre nav jāsausina, jo plati var veidot zem ūdens, lietojot bērtu betonu. Ieteicams līdz pāļu galvas virsai betonēt ar maisiem vai kastēm, jo lietojot caurules katra pāja galvas priekšpusē pacelsies betona kārtiņa, bet aiz pāja atkal radīsies bedrīte. Lai aizkavētu cementa stipru izskalošanu nav ieteicams betonēt plānām kārtiņām, bet pēc iespējas biezākām.

Inženiers Delion's Dancigā savā laikā izdarījis vairākus mēģinājumus ar iebetonētu koka pāļu izraušanu, pie kam izrādījās, ka vajadzīgs vismaz 3 t, lai izrautu iz 30 dienas vecas betona plates 30 cm dziļi iebetonētu koka pāli.

Šis paņēmiens, kad pāļu galvas ielaiž tieši pamatu mūrī, lietots arī senāk, kad betona vietā mūrēja akmeņu mūrī, tikai tad tas bija

daudz grūtāki izdarams, jo, pirmkārt, būvbedre arvienu bija iepriekš jāsausina, otrkārt, aizpildījums starp pāļu galvām ar akmeņa mūri ne arvienu izdevās tik labs, kādam tam vajadzēja būt, jo tas prasa ļoti rūpīgu darbu.

Kad būvbedres sausināšana iespējama, ieteicams vājās un irdenās gruntīs ieblietēt starp pāļu galvām oļus, šķembas vai nelielus akmeņus un virs šīs kārtas likt betona plati parastā kārtībā. Šis paņēmieni izplatīts un starp citu pielietots arī pie mums, piem. pie Daugavgrīvas bākas pamatu likšanas (124. zīm.), pie tilta balstu pamatu likšanas pāri pilsētas kanālim Rīgā Prāgas ielā un daudzās citās vietās.



113. zīm.

Betona plāte jātaisa tik bieza, ka tā varētu viena patē uzņemt ūdens spiedienu no apakšas uz augšu, kad pēc tās sacietēšanas būvbedri sausina. Kaut gan plātē iebetonētās pāļu galvas tura to, tomēr pie aprēķina tas nav ņemams vērā un to uzskata tikai kā drošības palielinājumu.

Ūdens spiedienam no apakšas jadarbojas pretim tikai betona plātes pašsvaram; ja ar  $x$  (113. zīm.) apzīmēts betona plātes biezums, ar  $h$  — ūdens līmeņa augstums virs betona plātes augšmalas, ar  $\gamma_b$  — betona tilpuma svars,  $\gamma$  — ūdens tilpuma svars un ar  $\alpha$  — ūdens spiediena lieluma samazināšanās koeficients, kuŗa lielums atkarīgs no grunts sastāva, tad dabū nolīdzinājumu

$$\gamma_b \cdot x = \alpha \cdot \gamma (h + x),$$

kur

$$x = \frac{\alpha \cdot \gamma}{\gamma_b - \alpha \cdot \gamma} \cdot h$$

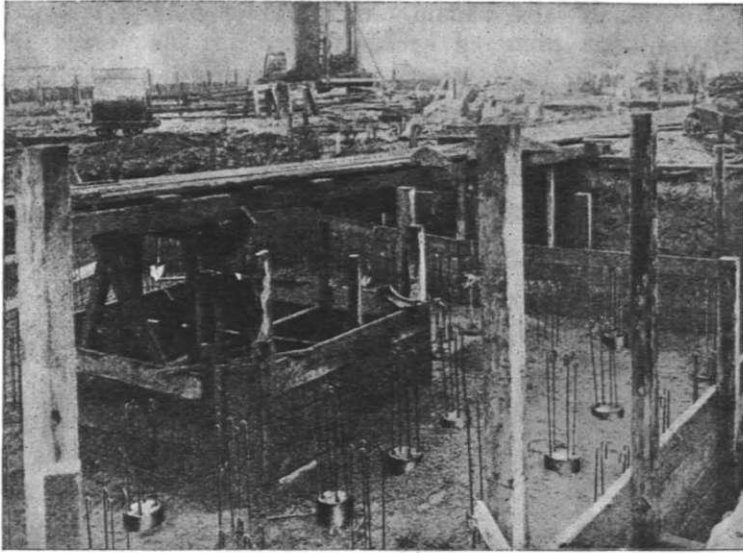
Hagens un Lagrené ieteic arvienu ņemt pilnu ūdens spiedienu no betona plātes apakšējās malas līmeņa līdz ūdens līmenim, t. i. ņemt  $\alpha = 1$ . Turpretim Franzius ieteic ūdens spiediena lielumu samazināt ļoti sīkās vai mālainās gruntīs, pieņemot  $\alpha = 0,8 \div 0,9$ , bet rupjgraudainās gruntīs (rupjā granti, oļos) atstāt  $\alpha = 1,0$ .

Betona plātes saistību ar koka pājiem var palielināt, piestiprinot pāļu galvām dzelzs stienišus vai dzelzs sloksnes, kuŗām vajaga būt segtām vismaz ar 4 cm biezu betona kārtiņu, lai dzelzs nerūsētu un betons netiktu bojāts.

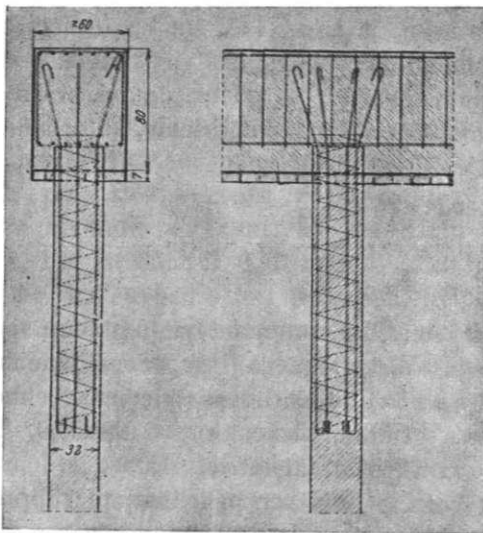
Daudz labāku savienojumu var dabūt, ja koka pāļu vietā lieto dzelzbetona pājus. Tādā gadījumā dzelzbetona pāja galvu veselu ielaiž



betona platē 0,20÷0,50 m dziļi, tāpat kā pie koka pāļiem, vai dzelzbetona pāja galvā atsīt betonu no stiegrām (114. zīm.), atliec tās un



114. zīm.

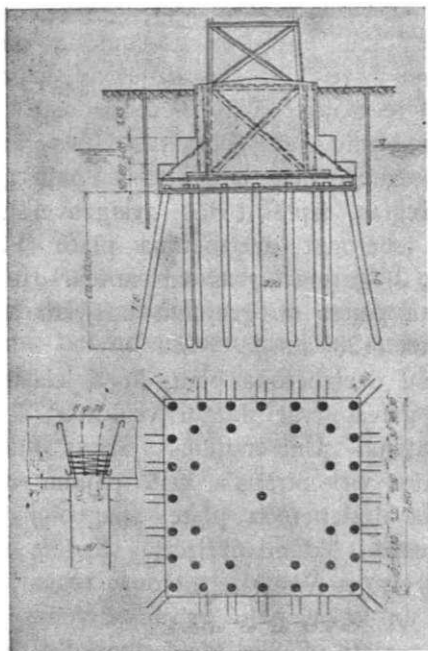


115. zīm.

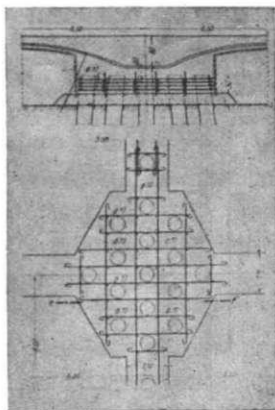
iebetonē platē. Pēdējais veidojums (115. zīm.) labāks par pirmo, kas gan ir lētāks, bet noder tikai spiedes spēka pārnešanai. Ja pamatā parādas kādi sāniski spēki vai vispār stiepes spēki, tad ieteicams lietot vienīgi otro savienošanas veidu. Atkarībā no tā, cik stipri grib pāļi saistīt ar plati, ielaiž dzelzbetona pāja galvu platē 0,50÷1,00 m dziļi, no kuriem 0,10÷0,20 m garumā pāja galva vesela, bet pārējā daļā betons no stiegrām atsists, tās atliktas un iebetonētas platē.

**Dzelzbetona plate uz koka un dzelzbetona pāļiem.** Lietojot koka pāļus, to galvas ielaiž dzelzbetona platē tāpat, kā pie be-

tona plates, tikai kā papildinājums nāk klāt speciāls stiegrojums ap katra koka pāja galvu (116. zīm.), kas šaistīts ar pārejo dzelzbetona plati. Pēdējā laikā šo veidojumu pamazām sāk atmet, bet stiegro visu betona masu pāju galvu tuvumā ar krusteniski ievietotām stiegrām (117. zīm.).



116. zīm.

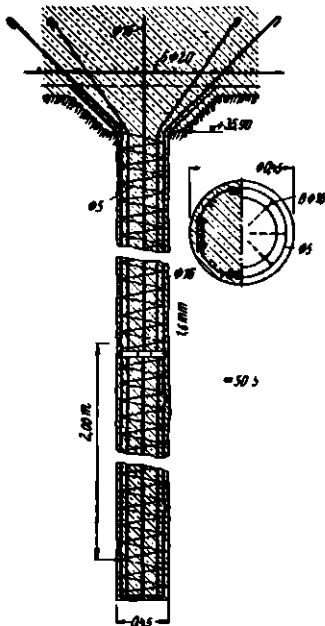


117. zīm.



118. zīm.

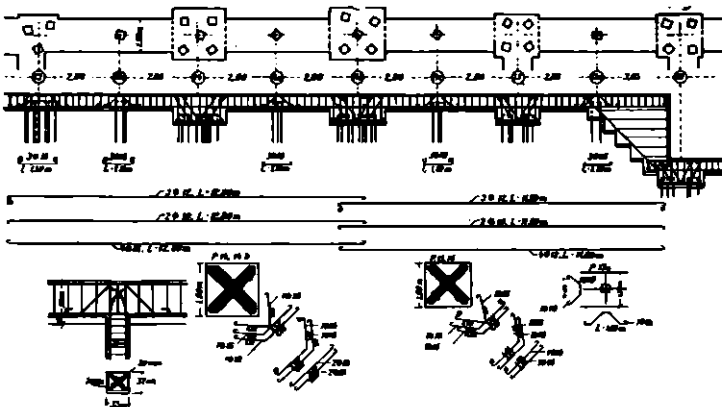
Lietojot dzelzbetona plati pāju pamatos, ieteicams koka pāju vietā labāk lietot dzelzbetona pājus, resp. betona pājus ar stiegrojumu augšgalā. Gadījumos, kad lieto betona pājus, stiegrojumu novieto virs betona pāju galvām (118. zīm.) un aizbetonē, saprotams ievērojot visus noteikumus, kas aizsargā stiegrojumu no rūšēšanas. Lietojot dzelzbetona pājus var 1) pāju garenstiegras, izplēšot tās zvaigzņveidīgi, tieši iebetonēt dzelzbetona platē (119. zīm.), 2) garenstiegras savienot ar dzelzbetona plates stiegrojumu un visu aizbetonēt (120. zīm.).



110. zīm.

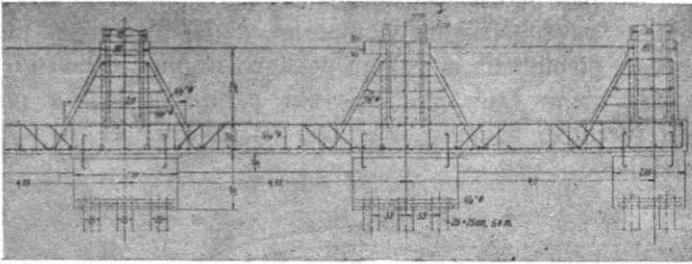
Pašu dzelzbetona plati, kurā ielaistas pāju galvas, var dažādi veidot.

Latvijas Universitātes jaunās aulas pamatos virs Straus'a sist. pājiem novietotā dzelzbetona plate stiegrota ar krusteniski liktām dzelzceļa sliedēm un apaļdzelzīm. Var dzelzbetona, resp. betona un koka, pāju galvas savienot ar betona plati un virs tās ierīkot dzelzbetona plati, rīkojoties pēc agrāk apskati-



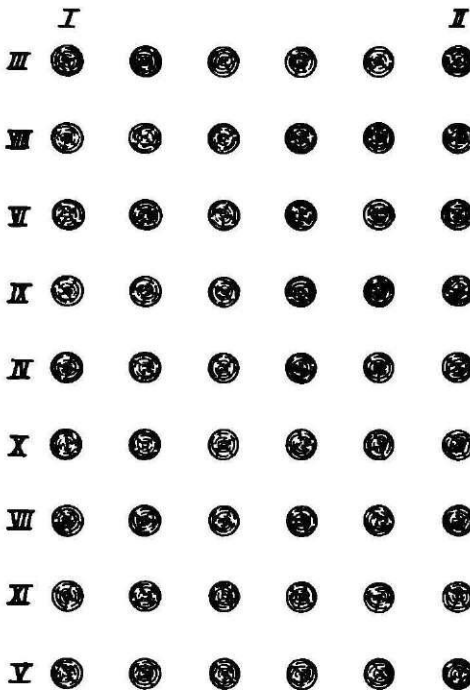
120. zīm.

tiem paņēmieniem, pie kam dzelzbetona plati savieno ar betona plati vertikālām stiegrām (121. zīm.). Beidzot var dzelzbetona plati nesavienot ar betona plati, kā tas darīts Daugavgrīvas bākas pamatos.



121. zīm.

**Pāju novietošana zemā pāju režģogā.** Parasti pāļus novieto zem pamatu pēdas vienmērīgi un mēģina iztikt vienīgi ar vertikāliem pāļiem; bet ne arvienu tas iespējams, sevišķi pie augstām būvēm, piem.



122. zīm.

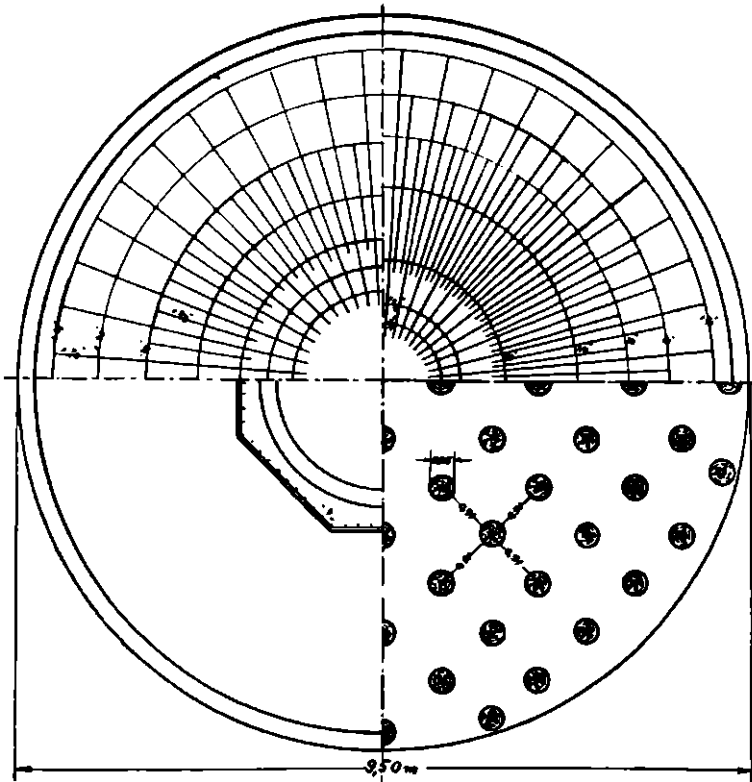
fabriku skursteņiem, bākām, ūdenstorņiem u. t. l., kur iedarbojās spēki, kas prasa nevien nevienmērīgu pāju sadalījumu, bet arī slīpu pāju iedzišanu.

Novietojot pāļus pamatos var tos vienmērīgi sadalīt zem pamatu mūra, resp. plates, bet var arī nevienmērīgi sadalīt, pie kam pamatu mūra ārmaslas tuvumā — biežāki, bet vidū retāki (116. zīm.).

Pāju iedzišanu ieteicams izdarīt pēc iespējas taisnās rindās vienu pret otru, vai pamīšām, jo tad darbi iznāk lētāki, nekā iedzenot tos riņķa līnijā (123. zīm.). Pāju dzišanu sāk no vidus un turpina pakāpeniski uz ārmaslām, jo pretējā gadījumā var notikt, ka vidējā daļā grunts noblīvējas tik tāju, ka vajadzīgo pāju skaitu vairs nevar iedzīt, vai ļoti grūti iedzīt. Ja būvbedrē ierobežota ar rievsienu, tad var notikties, ka dzenot pāļus gar rievsienu, ta sāk šķiebties un bojāties, sevišķi ja rievblankas nav biezas; tādos gadījumos labāk rievsienu iedzīt vēlāk — pēc pāju iedzišanas, ievērojot vislielāko uzmanību.

dzīgo pāju skaitu vairs nevar iedzīt, vai ļoti grūti iedzīt. Ja būvbedrē ierobežota ar rievsienu, tad var notikties, ka dzenot pāļus gar rievsienu, ta sāk šķiebties un bojāties, sevišķi ja rievblankas nav biezas; tādos gadījumos labāk rievsienu iedzīt vēlāk — pēc pāju iedzišanas, ievērojot vislielāko uzmanību.

Vislabāki pāļu iedzišanas darbus organizēt tā, ka grunts noblīvēšanās notiktos pakāpeniski un vienmērīgi, kādēļ tā, sevišķi pie plašas pamatu pēdas, papildāma ar pāļiem pakāpeniski un vienmērīgi. 122. zīmējums rāda vienu šādu piemēru, kur papriekšu iedzen pirmo un otro rindu (vertikāli zīmētas), pēc tam III, IV, V, VI, u. t. t. (horizontāli zīmētas).

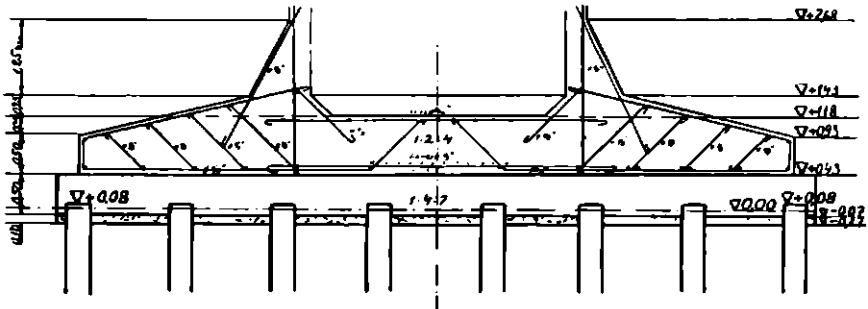


123. zīm.

No redzamākām būvēm, kas izvestas pie mums pēdējos piecpadsmit-astņpadsmit gados un kuŗām ir pāļu pamati, starp citu būtu mināmas Daugavgrīvas bāka, universitātes jaunā auļa, šosejas dzelzbetona tilts pār Gauju pie Siguldas un dzelzbetona tilts pār Juglu uz Vidzemes šosejas pie Rīgas. Pēc zemāk apskatamiem tipiskiem pamatu veidiem ir likti pamati daudzām un dažādām citām būvēm kā architektu celtniecībā, tā inženierbūvniecībā.

Daugavgrīvas bāka atjaunota 1920./1921. gadā. Jauni pāļi nav dzīti, jo kuŗa laikā saspridzinātās čuguna bākas pamatos taisnās rin-

dās un pamīšus iedzītie 88 koka pāji bija pilnīgi veseli (123. zīm.). Pie zema grunts ūdens līmeņa, lai nebūtu jāsausina būvbedre, nozāģētas pāju galvas līdz atzīmei 0,08 virs jūras līmeņa un attīrītas no grunts (sika jūras smiltis) līdz atzīmei — 0,17 (124. zīm.). Virs attīrītās grunts starp pāju galvām ieblietēta 10 cm bieza kaļķakmeņu šķembu kārtā līdz atzīmei — 0,07. Virs šķembu kārtas taisīta 50 cm bieza liesa betona plate diametrā 9,5 m; betona sastāvs 1 : 4 : 7; koka pāju galvas ieliet betona platē 15 cm dziļi. Pēc betona plates nocietēšanas, virs

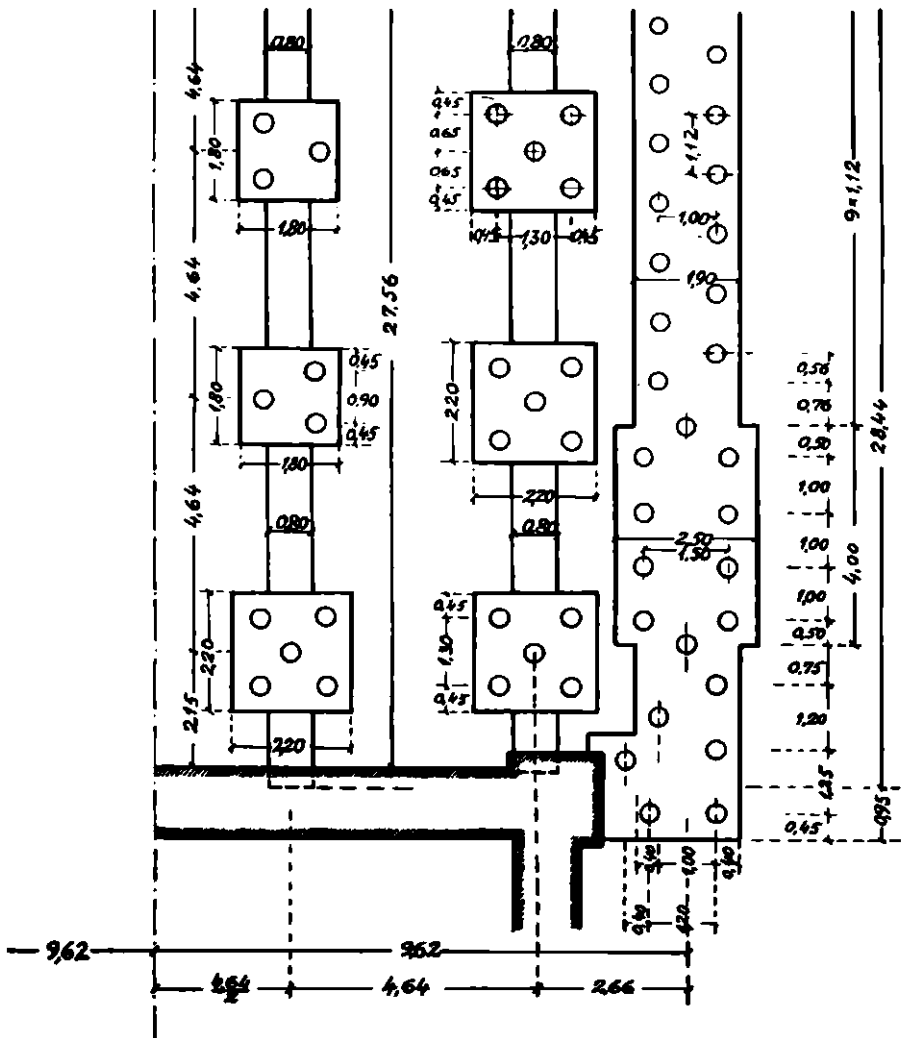


124. zīm.

tās taisīta dzelzbetona plate, kuņas stiegras saistītas ar bākas sānsienas stiegrojumu. Minētā dzelzbetona plate, kuņas diametrs 9,0 m un biezums vidējā daļā 100 cm, bet malās 50 cm, nav saistīta ar betona plati. Dzelzbetona platei lietots treknāks betons, sastāvā 1 : 2 : 4. Koka pāju diametri 25 cm, savstarpējie mazākie atstātumi starp centriem 91 cm un pāju galvas līmenis 3,42 m zem apkārtējās zemes virsas līmeņa.

Universitātes jaunās aulas ārsienu pamatos ierīkoti 2 rindās pamīšām Straus'a sistēmas betona pāji 1,00 m atstātumā starp centriem un zem katras kolonas ārīndās pa pieci, iekšīndās — pa trīs tās pašas sistēmas pāji (125. zīm.). Līdz atzīmei +1,10 (t. i. 3,65 m zem apkārtējās zemes virsas līmeņa) norakta ap pājiem grunts un pāju galvu saistišanai taisīta dzelzbetona režģoga plate, stiegrota ar krusteniski liktām dzelzceļa sliedēm (tips IV-a) un apaldzēlm. Apakšējā kārtā sliedes liktas šķērsām, atstātumos 50÷70 cm, viršējā kārtā gareniskā virzienā zem sienām vienā līmenī 4 sliedes, zem kolonām divos līmeņos pa 2 sliedēm. Dzelzbetona plates platums zem sienām 2,50 m, zem ārējām kolonu rindām plates izmēri — 2,20×2,20 m un zem iekšējām kolonu rindām — 1,80×1,80 m; plates biezums visās vietās 80 cm; betona sastāvs 1 : 2½ : 4. Atsevišķo kolonu plates savienotas savā starpā gareniskā virzienā ar dzelzbetona ribām 80×80 cm

šķērsgriezumā (126. zīm. - A); ribu stiegrojums tikai gareniskā virzienā divos līmeņos, katrā pa 2 dzelzceļu sliedēm; betona sastāvs  $1:2\frac{1}{2}:4$ . Virs dzelzbetona plates no atzīmes  $+1,90$  turpinās uz augšu

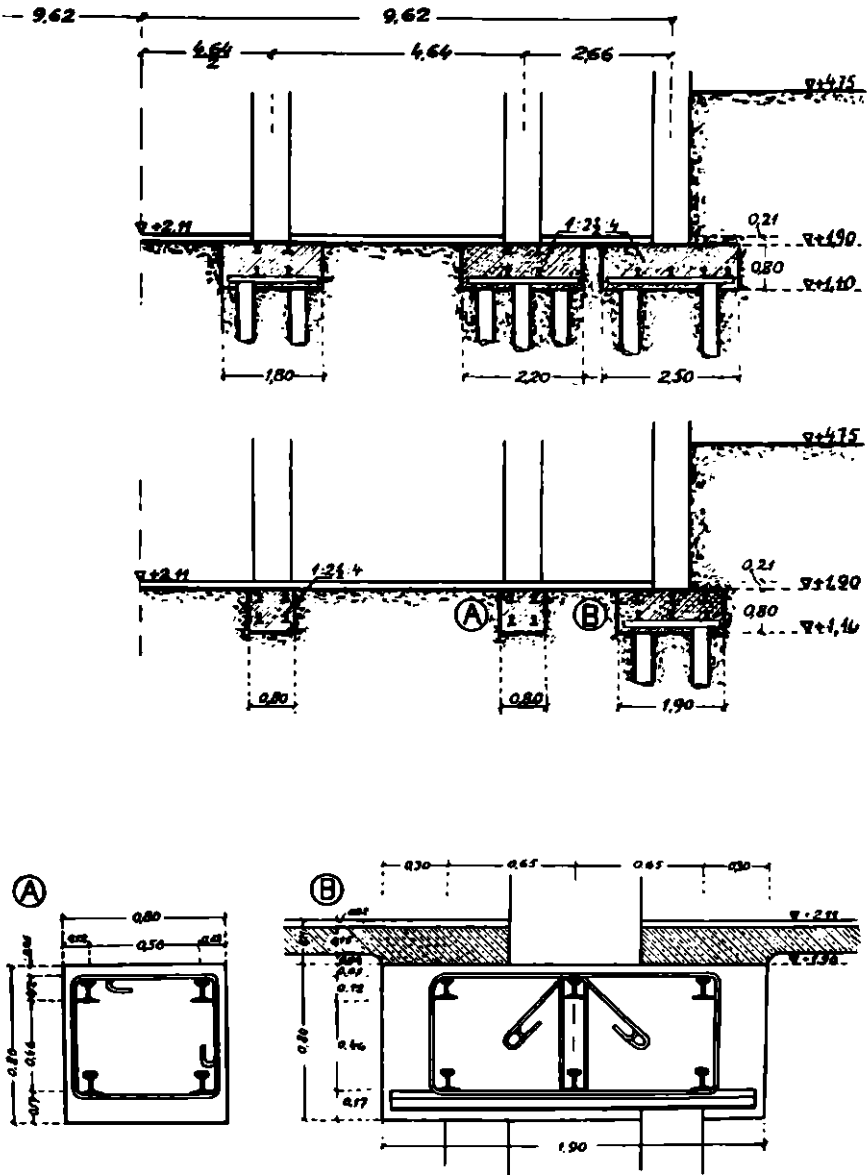


125. zīm.

ķieģeļu mūris ārīenās un apmūrētas ar ķieģeļiem kniedētas dzelzkonstrukcijas kolonas telpas iekšpusē.

Dzelzbetona tilta pār Gauju pie Siguldas balstu pāļu pamati ir vieni no lielākiem, kādi pie mums pēdējos gados likti. Darbi iesākti 1934. g. rudenī un tilts iesvētīts un nodots lietošanai 1937. g. vasarā.

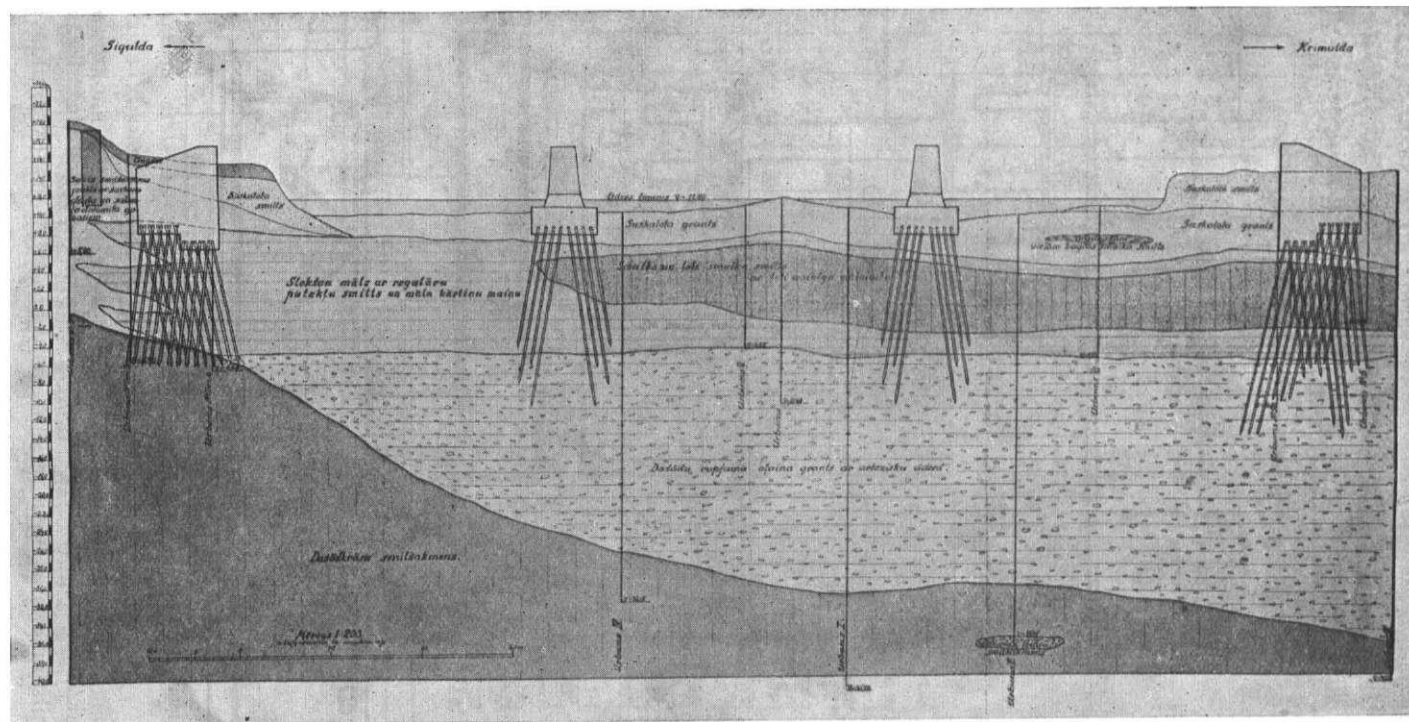
Gaujas ielejas ģeoloģiskā uzbūve ar savām artēziskā ūdens bagātībām nepieder pie tām vietām, kur inženierim nāktos viegli strādāt. Gaujas



126. zīm.

ģeoloģiskais šķēršprofils (127. zīm.) rāda, ka devona dažādkrāsu mikstais smilšakmens ar savu virsējo malu atrodās labā (Krimuldas) krastā





127. zim.

uz atzīmes apm. — 30.00, bet kreisā (Siguldas) krastā jau spēji paceļās līdz atzīmei apm. — 6.00; virs devona smilšakmeņa nogūlis līdz atzīmei no — 4.00 līdz — 5.00, apm. 25 m biezs, dažāda rupjuma oļainas grants slānis; abi minētie slāņi satur ļoti daudz artēziska ūdens. Oļainās grants slāni sedz ūdensnecaurlaidošs slokšņu māls ar regulāru putekļu smilts un māla kārtiņu maiņu, kuņa biežums nevienāds — kreisā krastā līdz atzīmei apm. + 8.00, bet upes vidējā daļā un labā krastā tikai līdz atzīmei apm. — 2.00; virs minētā slāņa upes vidus daļā un labā krastā nogulusi līdz atzīmei apm. no + 6.00 līdz + 8.00 smalka un ļoti smalka smilts (graudiņi 0,1÷0,2 mm) ar ļoti mainīgu mālainību. Pašu upes gultni līdz atzīmei apm. + 10.00 veido 4÷5 m biezs saskalotas grants slānis (graudiņi 0,5÷2,0 mm) un upes krastus — saskalota smilts. Pēdējie slāņi — virs ūdensnecaurlaidoša — satura dažādus piemaisījumus, kā akmeņus un vecus koku stumbrus.

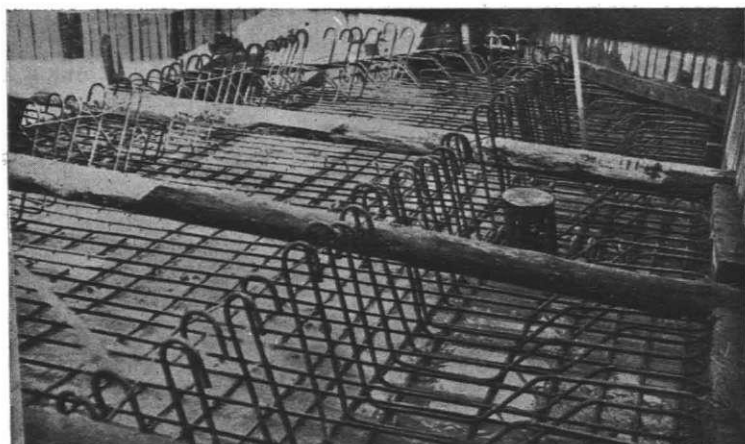
Koka pāļi, 117 gabali katram upes balstam diametrā 30÷40 cm, iedzīti slīpi zem 13°14' liela leņķa pret vertikāli līdz atzīmei no — 4.00 līdz — 10.00, tā ka gandrīz visu pāju pēdas atrodas oļainā grants slānī resp. smilšakmeņī. Cauri augšējiem grants un sīkās smilts slāņiem pāļi iedzījināti ar skalošanas palīdzību, bet oļainā grants slānī ar zveltņa palīdzību. Vajadzīgās vietās pāļi potēti ar  $\perp$  dzelzs uzliktņiem (129. zīm.). Pāļi aprēķināti uz spiedi un lodzi. Saskaņā ar tilta balstu statisko aprēķinu, visvairāk piepūlētā vidus balsta vienā pāja slodze nepārsniedz 30,74 t. kamēr pēc vairākām formulām (Redtenbacher'a, Weissbach'a, Kafka's un Dörr'a) aprēķinātā pāju nestspēja pie pāja iegrimis no pēdējā zveltņa sītienu  $e < 1$  mm ir apm. 60 t; tā tad iegūta aptuveni 2-kārtīga drošība, kas uzskatāma par pilnīgi pietiekošu; bez tam vēl kā drošība uzskatāma pāju berzes pretestība augšējos grunts slāņos, kuņi pāja iedzījināšanas laikā ņēma ļoti niecīgu dalību grunts pretestībā.

Ap pāju galvām labā krasta upes balstam iedzītas koka rievsienu divās rindās un sprauga starp tām aizpildīta ar māliem; kreisā krasta upes balstam ap pāju galvām iedzīta tērauda rievsienu, lietojot „Krupp'a” sistēmas „K. S. I-b” rievpāļus; gremdēta koka bezdibena rievkaste un sprauga starp rievsienu un kasti aizpildīta ar betonu. Grunts rakta pa daļai zem ūdens, pa daļai sausumā. Pirmā betona kārtā ierīkota zem ūdens, betonējot ar maisiem, jo mazo atstātumu dēļ starp pāju galvām citu paņēmieni lietot nevarēja; betona sastāvs 350 kg cementa vienā m<sup>3</sup> betona. Pēc pirmās betona kārtas sacietēšanas būvbedres sausinātas ar 12 cm centrifugālu pumpju palīdzību un pāju galvas nozāģētas vienā līmenī (128. zīm.), pēc kam turpināta

betonēšana sausumā. Sūces novēršanai caur betona pildījumu starp koka rievkastes sienīņu un tērauda rievsienu lietots ar labiem panākumiem Kalniņa ķīmiskās fabrikas ražotais „pirolīts”. Pāļu galvas iebeto-



128. zīm.



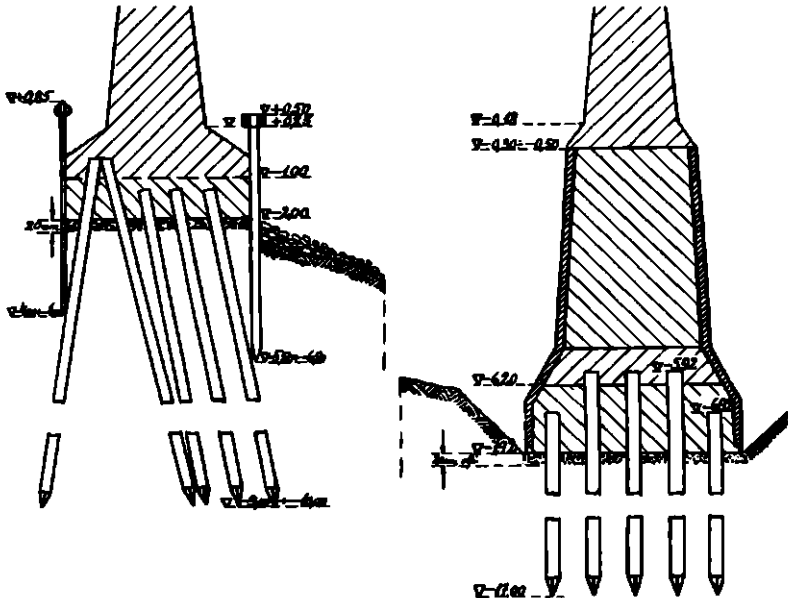
129. zīm.

nētas betona platē vismaz 2,0 m dziļi. Virs betona plates sausā būvbedrē ierīkota dzelzbetona plate (129. zīm.), virs kuņas augstāk veidots tilta balsts.

Dzelzbetona tilts pār Jugļu uz Vidzemes šosejas pie Rīgas projektēts ar 2 krasta un 2 upes balstiem uz pāļu pamatiem. Grunts —

vidēji blīva smilts ar nelieliem akmeņiem, satūra daudz nogrimušu koku stumbrus un vecu pāju atliekas. Smilts pēc sava granulometriskā sastāva pieskaitāma pie sīkām (graudiņu lielums zem 0,2 mm — 75%, virs 0,2 mm līdz 1,0 mm — 25%) un satūra apm. 4,5% gliemežnīcas un dažādus organiskus piemaisījumus.

Izdevumu samazināšanai nav būvēts jauns apbraucamais ceļš, bet ļoti intensīvā kustība uzturēta pa veco šoseju, iebūvējot nelielu pagaidu tiltu, izmantojot pie tam arī vecā koka tilta atsevišķās daļas. Jaunā tilta būves darbi sadalīti 2 posmos: pirmā — 1936./1937. g. ielikti pamati balstiem, uzbūvēti balsti un nobeigta dzelzbetona virsbūve jaunā tilta pusei garenases virzienā augšpus tilta ases; otrā — uzbūvēt tilta otro pusi garenases virzienā lejpus tilta ases līdz 1938. g. beigām, saprotams, iepriekš atklājot satiksmi pa tilta gatavo daļu, kas nodota lietošanai 1938. g. maija mēnesī.



130. zīm.

Krasta balstu vietās vispirms norakta zeme līdz atzīmei — 2,00, pēc kam iedzīti pāji zem dažāda slīpuma leņķiem līdz atzīmei no — 9,00 līdz — 10,00 (130. zīm.). Katram krasta balstam, t. i. pusbalstam, jo nevajaga aizmirst, ka šīnī apskatā iet runa tikai par tilta vienu pusi garenases virzienā, iedzīti 50 koka pāji 9,0÷10,0 m gaŗi ar diametru tievgali ne mazāku par 26 cm. Pie iedzīšanas lietots mēchanisks pā-

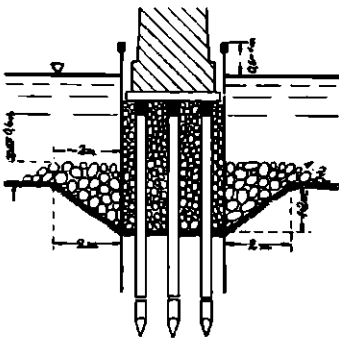
dzinis ar atpakaļrītošu virvi, tieši piestiprinātu pie zveltņa, kuŗa svars  $Q = 1000$  kg un vidējais krišanas augstums  $h = 2,0$  m, un Lacour'a sistēmas tvaika pārdzinis ar zveltņa svaru  $Q = 1200$  kg un krišanas augstumu  $h = 1,0$  m. Pirmais izdara minūtē 12 sitienus, otrs 20÷37 sitienus. Pēc pāļu iedzišanas ap krasta balsta vietu iedzītas koka riev-sienas no 7,5 cm biežām plankām krasta pusē un 17,5 cm plankām upes pusē. 7,5 cm biežās riev-sienas iedzišanai lietots mēchanisks pārdzinis ar zveltņa svaru  $Q = 600$  kg, bet 17,5 cm biežās riev-sienas iedzišanai lietoti abi agrāk minētie pārdziņi. Labā krasta balsta pāļu galvas nozāģē pirms betonēšanas zem ūdens ar pendelzāģi līdz atzīmei — 1,05, bet kreisā krasta balsta pāļu galvas nozāģē pēc betonēša-nas — sausā būvbedrē. Abās krastu balstu būvbedrēs pirms betona kārtas ierīkošanas tās dibenu noklāj ar 20 cm biezu oļu kārtu un betonēšanu izdara ar maisiem zem ūdens, lietojot plastisku betonu, sastāvā 287 kg cem. uz  $1\text{ m}^3$  betona, ņemot kā liesinātājus Doles oļus un Daugavas granti. Kā jau minēts, kreisā krasta balstam pirms pāļu galvu nozāģēšanas ierīkota betona plate 70 cm biežumā no atzīmes — 2,00 līdz — 1,30 un pēc 7 dienām būvbedrē sausināta ar cen-trifugalpumpi, kuŗa ražība sniedzās līdz 1000 l/min. Sūce koka riev-sienās novērsta ar drivešanu. Sausā būvbedrē turpināta betonēšana, uzstādīts stiegrojums un veidņi no 4 cm biežiem dēļiem paša balsta un balstu spārnū betonēšanai, pie kam virs notīrītās no cem. duļķa un vaļīgiem oļiem betona plates noklāta trekna cementa javas kārtā. Lie-totais betons — vāji plastiskas konsistences ar 307 kg cem. uz  $1\text{ m}^3$  betona.

Abu upes balstu vietās ar 2-ķēžu ekskavatoru (tilpums  $0,25\text{ m}^3$ ) norakta grunts zem ūdens līdz atzīmei — 8,40 ar aprēķinu, ka pēc pāļu iedzišanas grunts virsa pacelsies līdz atzīmei — 8,20. Pēc tam katram upes balstam iedzīti 40 koka pāļi, 11 m gaŗumā, vertikālā vir-zienā līdz atzīmei — 17,00. Augstāk minētie pārdziņi novietoti uz liellaivām, vīrzumstatņi pagarināti 4,0 m zem ūdens līmeņa un pie pāļu iedzišanas lietoti 7,5 m gaŗi ozola koka uzpāļi ar nostiprinātiem galienu. Pēc projekta un statiskā aprēķina kā krasta, tā upes balstu pamatos katra pāļa pielaižamā slodze  $P = 21$  t; pie iedzišanas pāļu nestspēja pārbaudīta pēc Brix'a formulas, samazinot tās rezultātus par 30%, jo krasta balstu pamatos pāļi dzīti slīpā virzienā un pie upes balstu pamatiem pāļi dzīti ar uzpāļa palīdzību.

Pēc pāļu iedzišanas upes balstiem ierīkota ar ūdenslīdēja palī-dzību balstu vietās 20 cm bieža oļu kārtā līdz atzīmei — 7,92 un no stāvošām sastatnēm ar 4 skrūvju palīdzību gremdēta virs pāļu gal-vām dzelzbetona gremdkaste bez dibena, kuŗas asmenis (stūra dzelzs

120×120×13) iespiežas uzbērtā oļu kārtā (130. zīm.). Betona plate virs pāju galvām ierīkota pakāpeniski, betonējot to ar maisiem zem ūdens, kur ūdenslīdzēji betonu izlīdzina, lai nepaliktu tukšumi. Malējo pāju galvas nozāģētas līdz atzīmei — 6,92, bet vidējo līdz atzīmei — 5,92. Betona plates augšmala sniedzās līdz atzīmei — 6,20; plates betona sastāvs tāds pats, kā krasta balstu betona platei. Pēc 7 d. cietēšanas būvbedre sausināta un sūce caur gremdkastes dzelzbetona 20 cm biezo sienīņu novērsta ar „pirolīta” palīdzību, ņemot 1 d. pirolīta uz 3 d. cementa. Balsta ķermenim virs plates lietots betons sastāvā 192 kg cem. uz 1 m<sup>3</sup> betona.

**Augstais pāju režģogs.** Kā jau agrāk minēts, augstais pāju režģogs atšķiras no zemā vienīgi ar to, ka atrodas augstāk no zemes virsas, resp. upes gultnes (131. zīm.). Šeit svarīgs ir jautājums, ar ko un kā aizpildīt telpu starp pājiem un kā nostiprināt pāju stāvokli, kāds paredzēts projektā.



131. zīm.

Telpu starp pājiem parasti aizpilda ar akmeņiem vai fašīnām. Pie tam jāgriež vērība, lai aizpildījums nesāktu darboties par ļaunu pamatu noturībai. Tādi gadījumi nāk priekšā pie aizpildījuma ar akmeņiem mālainās gruntīs: akmeņi aiz smaguma iegrimst un aplīp ar lipīgām gruntis daļiņām, paliek glumi un līdz ar to palielinās akmeņu spiediens uz pājiem un rievsienu; Tai tos noturētu projektā paredzētā stāvokli, vajadzīgi nevien tik stiprāki pāji un rievsienu, bet tie bez tam vēl jānostiprina ar enkuriem, ažu savienojumiem u. t. l. konstrukcijām. Šādos gruntīs apstākļos labāk lietot fašīnu aizpildījumu.

Kas zīmējas uz pāju stāvokļa nostiprināšanu, tad to atkarībā no grunts un citiem vietējiem apstākļiem izdara dažādi:

1) norok esošo vājo grunti un tai vietā taisa smilts uzbērumu, virs kuŗa var koka režģoga vietā lietot arī betona plati, kuŗa satur pāju galvas kopā;

2) gremdē ar akmeņiem pildītas pakšķu kastes, kuŗās atstāti caurumi pāju galvu vietās;

3) gremdē dzelzbetona kastes, kuŗu dibenā atstāti caurumi pāju galvām, kuŗas pēc tam iebetonē (134. zīm.);

4) taisa akmeņu uzbērumu starp pājiem (131. zīm.);

5) gremdē fašīnas iepriekš pāju dzišanas (132. zīm.);

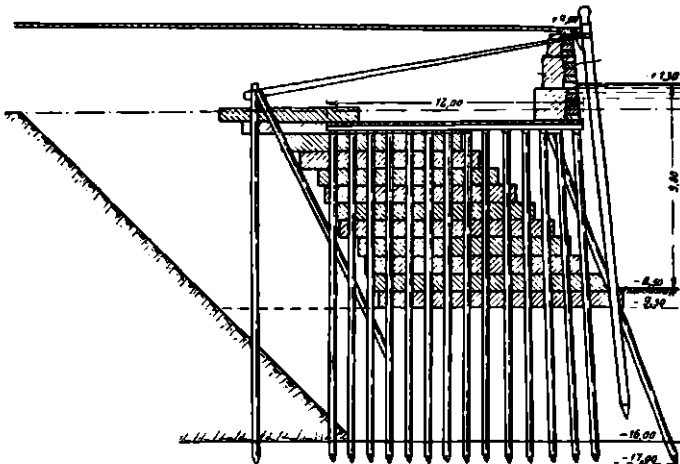
6) noenkuro vertikālos pājus, un beidzot

7) iedzen slīpus pājus (137. zīm.).

Šeit uzskaitīti tikai galvenie paņēmieni, bet atkarībā no vietējiem apstākļiem var lietot šos paņēmienus visdažādākās variācijās un kombinācijās, tikai ar noteikumu, ka pielietotais paņēmiens būtu vislētākais, visērtāki izpildāms un visdrošāki nostiprinātu pāju stāvokli pamatos.

Inženierbūvniecībā augsto pāju režģogu ar maz izņēmumiem lieto vienīgi pie ūdens būvēm speciāli pie krastmalu izbūvēm.

Ļoti interesants augstais pāju režģogs lietots pie Lidingö tilta balstu būves 1922./23. g. pāri jūras šaurumam starp Stokholmu un Liding salu Zviedrijā.

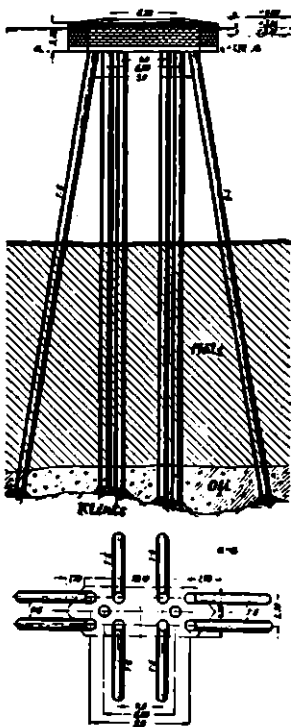


132. zīm.

Jūras šaurums tilta vietā 750 m plats un 18÷20 m dziļš. Grunts apstākļi nelabvēlīgi: nestspējīgais klints slānis atrodas 35÷40 m un dažās vietās pat 60 m dziļi zem vidējā ūdens līmeņa, virs tā nogulš dažus metrus biezs ar akmeņiem bagāts oļu slānis, pēdējo sedz vairāk desmit metru biezs miksta zila māla slānis. Tilta balstiem lietoti pāju pamati, pie kam pāju skaits zem atsevišķa balsta un novietošanas kārtība noteikta pēc mēģinājumiem ar modeļiem. Tā ka balstu savstarpēji atstātumi nav vienādi, tad zem 7 balstiem pamatos iedzīti pa 10 pājiem, zem 2 — pa 16 pājiem, zem 2 — pa 20 pājiem un zem viena — 21 pālis, pie kam visi armalā atrodošies pāji dzīti ar slīpumu 6:1, pārējie — vertikāli (133. zīm.).

Šeit pirmo reizi lielos apmēros un ar labiem panākumiem lietoti dzelzbetona caurulpāji 93 cm diametrā ar 8,5 cm biezu sienīņu (44. zīm.).

Pāji izgatavoti dažādos gaļumos, atkarībā no tā, kuŗa balsta pamatos tie paredzēti. Caurulpāja dzelzbetona sienīgas stiegrojums sastāv no 14 garenstiegram ar  $\varnothing$  23 mm, kuŗu lejas gali iestiprināti dzelzs vaiņagā, sastāvoša no saliektām gredzenā stūra dzelzītēm — divām  $120 \times 120 \times 11$  un vienas  $45 \times 30 \times 5$ , un spirālveidīga šķērsstiegrojuma ar  $\varnothing$  7 mm un 75 mm gājiena atstātumu; betona sastāvs 450 kg cementa uz  $1 \text{ m}^3$  betona. Pāji betonēti horizontālos veidoņos trijos



133. zīm.

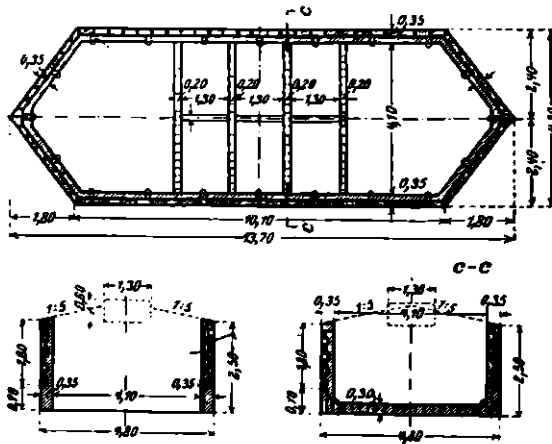
paņēmiēnos visā pāja gaļumā. Pāji izgatavoti Lidingō krastā apm. 1 km atstātumā no tilta vietas. Pēc 8 nedēļu cietēšanas tie aizpludināti uz darba vietu. Pāja pārvēršanai peldošā ķermeni, tā galus noslēdz ar koka vākiem un gumijas izolāciju; abus vākus satura cieši kopā dzelzs trose pāja iekšpusē. Pāļus, kuŗi gaļāki par 38 m, paceļ pie pāldziņa un nostāda vajadzīgā virzienā ar trosēm, aptveŗot tos ar spēcīgu bāndāžu, aprēķinā paredzētā vietā. Lai pāja lejas gāls sāktu grimt, priekš uzstādīšanas ielej tā iekšpusē nedaudz ūdens, kas bez tam vēl atvieglo arī noņemt apakšējo koka vāku, kuŗš pēc pāja uzstādīšanas un piesiešanas pie virzumstatņiem atrodās 10÷15 m zem ūdens līmeņa. Pāja galvas aizsargkape 60 cm augsta, ar koku izolēta un skrūvēm piestiprināta. 35 m gaļie caurulpāji no pašsvara iegrimst līdz oļu slānim ar ātrumu 1÷2 cm/s, bet ja grimšana apstājas, tad tie ielīp mīkstā māla tik cieši, ka bez zveltņa palīdzības tos dzījāk dabūt nevar. Lai iedzījinātu cauri māla slāņa apakšējai kārtīņai

gaļākus par 35 m pāļus, lietots arvienu 10 t smags zveltņis. Oļu slāni pāļus iedzījina tikai ar zveltņa palīdzību, pie kam zveltņa krišanas augstums, atkarībā no pāju gaļuma, svārstās no 0,5 līdz 1,2 m. Iedzīšanu turpina, kamēr pāja iegrimis lielums no viena sitiena  $e = 1 \div 2 \text{ mm}$ , pie kam oļu slāni lielākais vairums pāju iedzījināti  $0,5 \div 1,0 \text{ m}$ , bet daži atsevišķi pāji pat līdz 4,0 m.

Cetri dzelzbetona pontoni, pakavveidīgi savā starpā saistīti, veido platformu, virs kuŗas uzstādīts 38 m augsts mēchanisks pāldzinis ar tvaika titavu; pontonus nostiprina pa pāja celšanas, gremdēšanas un iedzīšanas laiku ar 6÷8 enkuriem. Pie tilta balstu pamatu likšanas



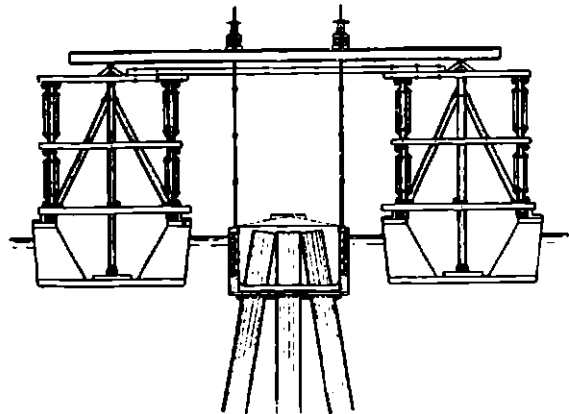
visgrūtākais darbs — pāļu iedzījināšana — izpildīts ļoti rūpīgi, jo pāļu smaguma centra sāniska novirzīšanās lielākam pāļu vairumam nepārsniedz 5 cm un tikai atsevišķi pāļi uzrāda 10 cm, kamēr pēc aprēķina smaguma centra novirzīšanos varēja pieļaut līdz 20 cm.



134. zīm.

rinātas pie gaisastrūklas pumpja pievadcaurules; kustinot uz leju un uz augšu pievadcauruli līdz ar ripām un spiežot tani pašā laikā gaisu un sūcot ūdeni, pāļa iekšsieniņu, kā arī grunti pāļa pēdā notīra pilnīgi tīru no māliem.

Pāļu galvu saistošā konstrukcija ir pats balsts, kuŗa dzelzbetona vertikālā sānsiena no ārpuses segta ar grānīta ietērpumu un no iekšpuses nostiprināta ar 4 dzelzbetona šķērssiņām, kas novietotas vertikālās sānsienas apakšējā malā (134. zīm.). Balstu sānsiena izgatavota Stokholmas krastā apm. 800 m no tilta vietas; pēc tam pakārta ar 4 skrūvēm pie koka sastatnēm virs divām dzelzs liellaivām un aizvesta pakartā stāvoklī uz balsta vietu, kur nolaista pāri cauruļpāļu galvām uz koka platformas, kuŗu ūdenslīdeņi piestiprinājuši pie pāļu augšgaliem zem ūdens līmeņa (135. zīm.). Pēc balsta sānsienas no-

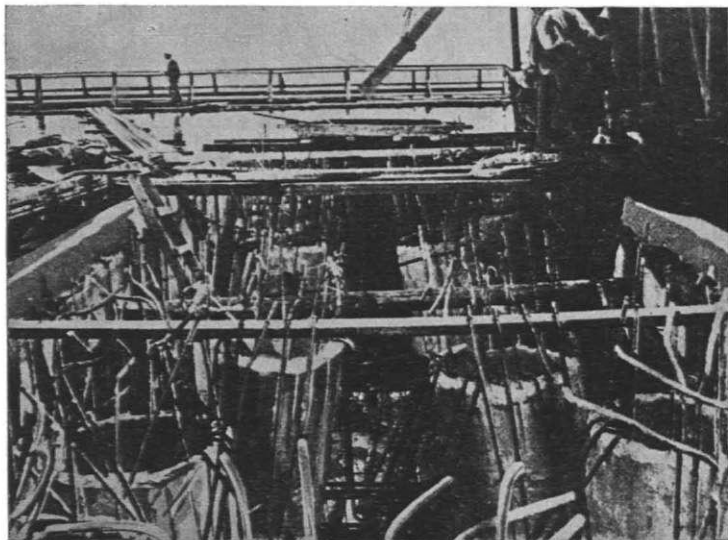


135. zīm.

—

No cauruļpāļa iekšpuses mālus izceļ ārā ar gaisastrūklas pumpja un ūdenspumpja palīdzību. Ūdens patēriņš 1500 l/min un 20 m biezo māla slāni iespējams no pāļa iekšienes izsūkt apm. 8 stundās. Cauruļpāļa iekšsieniņas virsu pilnīgi no māliem notīra ar koka ripām, kuŗu ārmala pārklāta ar gumijas vai ādas strēmēlēm un pašas piestiprinātas

vietošanas ierikota zem ūdens virs koka platformas 50 cm bieža betona plate. Pa tās cietēšanas laiku piebetonēti zem ūdens cauruļpāji līdz 1,00 m zem pāja augšgala; betonēšanai lietots 2 m garš kubls ar 0,33 m<sup>3</sup> tilpumu, kas aiz pašsvara iegrimst mīkstajā betonā, tā ka atverot vārstuli tā lejas galā, svaigais betons nevar tikt izskalots. Betona sastāvs kā platei, tā pāju pildīšanai 1 : 2 : 2. Pēc betona sacietēšanas: izpumpēts ūdens, atbrīvotas cauruļpāju garenstiegras augšgalā no betona, atliktas zvaigznesveidīgi, savienotas ar balsta stieg-



136. zīm.

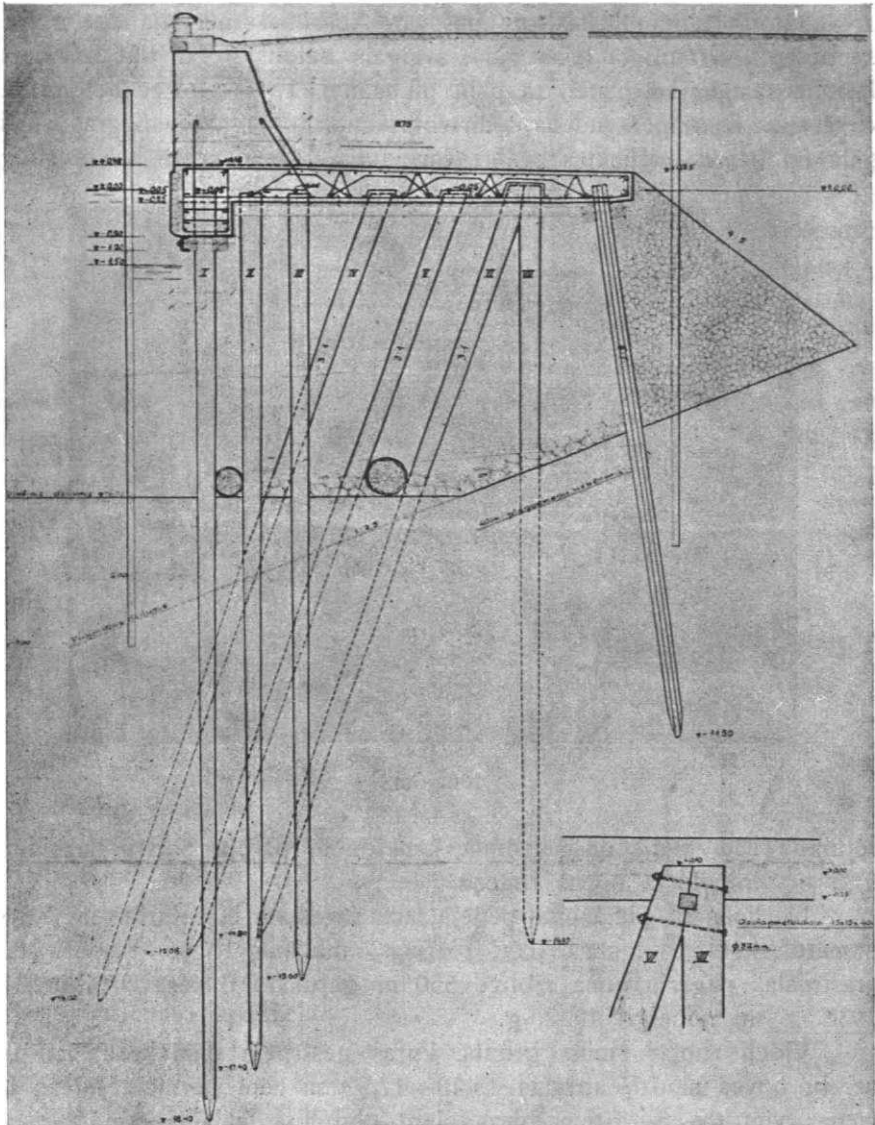
rojumu (136. zīm.) un sausumā uzbetonēta pārejā balsta daļa līdz 0,35 m virs vidējā ūdens līmeņa.

No lielākām pie mums pēdējā laikā izvestām inženierbūvēm, kuŗu pamatos lietots augstais pāju režģogs, mināma Rīgas eksportostas krastmaļš pagarinājuma izbūve 550 m garumā. Būves darbi iesākti 1930. g. un nobeigti 1932. g.

Vidēji rupjas smilts grunts, kuŗas nestspēja pietiekoša, lai uzņemtu būves slodzi, atrodās 15,40÷17,93 m zem normālā ūdens līmeņa; virs tās 5÷10 m biežā slānī noguļusi mālaina, smalka, saskalota smilts ar lielu trūdu vielu saturu; pēdējo sedz drusku rupjākas upes smilts slānis, kuŗa biezums tomēr par mazu, lai viens pats uzņemtu būves slodzi.

Augstais pāju režģogs (137. un 138. zīm.) sastāv no 7 pāju rindām un dzelzbetona plates. Pirmajās 3 rindās pāji iedzīti vertikālā

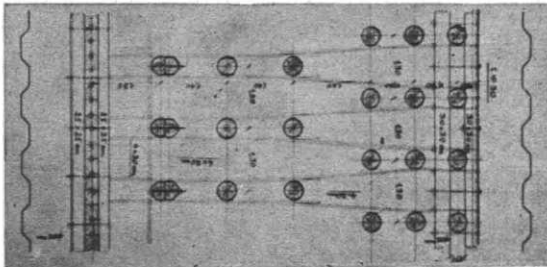
virzienā līdz atzīmēm no — 15,60 līdz — 18,40, tad 4., 5. un 6. rindā —  
slīpā virzienā 3:1 līdz atzīmēm no — 14,80 līdz — 16,02 un pēdējā



137. zīm.

7. rindā pāji iedzīti atkal vertikālā virzienā līdz atzīmei — 14,90:  
Pāju atstātumi redzāmi 138. zīmējumā. Koka pāju diametri svārstās  
no 35–40 cm augšgalā, bet garumi dažādi un visgarākie pāji, ap

18,35 m, iedzīti pirmā rindā. Sestās un septītās rindas pāju galvas sajūgtas ar āža savienojumu (137. zīm. - pa labi, apakšējā stūrī). Aiz 7. pāju rindas iedzīta slīpā virzienā 6:1 līdz atzīmei — 11,50 koka rievsienu no 30 cm bieziem rievpājiem; koka rievsienu uzņem spiedienu no grunts masas aiz režģoga. Lai pasargātu upes gultni no izskalošanās zem režģoga, starp 1. un 2. pāju rindu nogremdētas smagās fašinas ar kūlišu diametru 50 cm, starp 5. un 6. rindu — tādas pašas fašinas ar kūlišu diametru 75 cm un bez tam upes gultne zem režģoga nosepta ar 40 cm biezu akmeņu bērumu; arī aiz koka rievsienu filtrācijai un grunts spiediena vienmērīgākai sadalīšanai ierīkots oļu uzbērums ar nogāzes slīpumu  $1 \frac{1}{4}$  (137. zīm.). Upes gultnes vidējā atzīme režģoga priekšpusē līdz krastmalas izbūvei — 6,00; pēc izbūves projektētais ostas dziļums pie krastmalas sniegsies līdz atzīmei — 9,00.



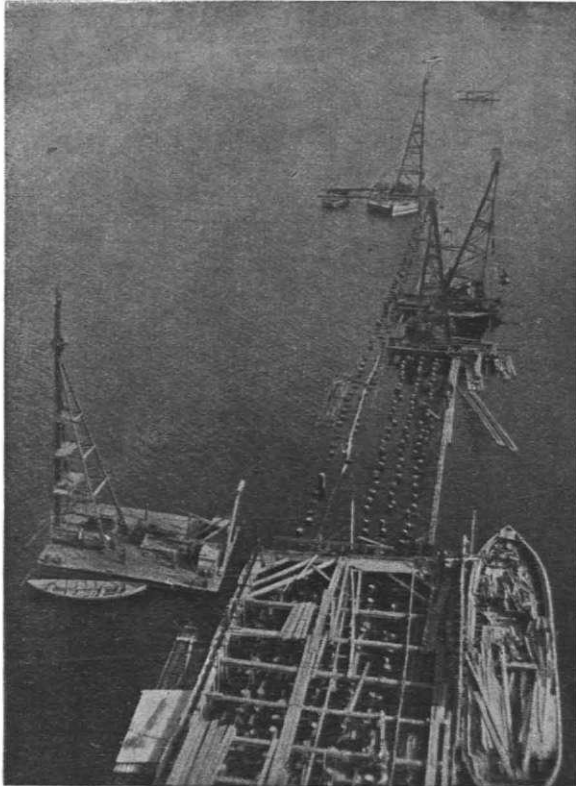
138. zīm.

Pēc krastmalas nospraušanas vispirms iedzīta koka rievsienu, vertikālie pāji pirmās trijās rindās un sastatņu vajadzībām palīga pāji astotā rindā, pēc tam visi pārējie pāji. Lietoti 4 pāldziņi, kas montēti gan uz liellaivām, gan uz pārvietojamas pa sliežu ceļu platformas (139. un 50. zīm.). Pavisam iedzīti 2824 pāji.

Pāju nestspēja pa būves laiku pārbaudīta pēc Ritter'a formulas, pieņemot drošības koeficientu  $k=3$ , un Dörr'a formulas, lietojot 92. zīmējumā parādīto diagramu. Pāju nestspēja iznākusi lielāka par projektā paredzēto, bet vietās, kur tā izrādījies mazāka, iedzīti blakām papildu pāji.

Dzelzbetona plates izveidošanai krastmala sadalīta 14 sekcijās no 25,45 m līdz 50,00 m gaļumā. Katrai sekcijai apkārt iedzīta Larsen'a sistēmas, profils Nr. 2, dzelzs rievsienu. Rievpāja gaļums no 4 m līdz 12 m un biežums 10,5 mm; gruntī iedzītās daļas gaļums vidēji 2,5÷4,0 m. Rievpāji dzīti starp saišķiem pa diviem kopā ar

nelielu peldošu pārdziņu palīdzību un to augšgali pēc tam nostiprināti ar koka spraišļiem. Rievpāju rievās pirms iedzišanas piepildītas ar izkausētu piķi, samaisītu ar necietējošu bitumēna masu, lai noblīvētu rievsienu pret ūdens ieplūšanu; šuvas, kuņģās parādījās sūce pēc ūdens līmeņa pazemināšanas sekcijas iekšpusē, noblīvētas no ārpusēs ar zāģa skaidu un akmeņogļu izdedžu maisījumu.



139. zīm.

Šādā kārtā radītā būvbedrē ūdens līmenis pazemināts līdz atzīmei — 1,50, lietojot četrus elektriskus centrifugālpumpjus, no kuņģiem 3 mazie strādā bez pārtraukuma, bet lielais 45 cm  $\varnothing$  — ar pārtraukumiem. Šeit interesanti atzīmēt, ka Rīgas eksportostas izbūves sākumā, 1903./04 .g., krastmalas būve veikta nevis ierobežotās ar rievsienu atsevišķās būvbedrēs, bet ar peldoša kesona palīdzību; kesona darba kamera nostādīta virs iedzīto pāju galvām un, palielinot tanī gaisa spiedienu, ūdens līmenis pazemināts līdz vajadzīgai atzīmei, lai namdara un citus darbus varētu izdarīt sausumā; kesona

darba kāmera iekšpusē 13,009 m gara, 9,609 m plata un 2,4 m augsta. Rīgas ostai piederošais peldošais kesons 1915. g. uz krievu kaņaspēka vadības pavēli evakuēts uz Krieviju, kur arī, laikam, savu galu ņēmis.

Pēc ūdens līmeņa pazemināšanas būvbedrē līdz atzīmei — 1,50 sākti namdaru darbi: pāju galvas nozāģētas pirmām piecām pāju rindām līdz atzīmei — 0,05, savilkta kārtīgās rindās ar ceļamo skrūvju palīdzību un apstrādātas, 6. un 7. pāju rindai galvas sajūgtas ar āza savienojumu, ievietojot starpā ozola pretbīdņus  $15 \times 15 \times 40$  cm un savelkot ar 2 bultām 32 mm  $\varnothing$  (137. zīm.); savilkta taisni un apstrādāta koka rievsienu; pirmajai pāju rindai virs atzīmes — 1,20 pielikti no abām pusēm koka saišķi  $30 \times 30$  cm, ielaizot tos mazliet pāju galvās un sabultējot savā starpā; ārējam saišķim, Daugavas pusē, uzlikts  $\perp$  dzelzs NP 30, kas lai pasargātu to no bojājumiem ledus iešanas laikā; beidzot, uzstādīti veidņi no 4–5 cm dziļiem dzelzbetona sijai virs pirmās pāju rindas uz atzīmi — 0,90 un dzelzbetona platei virs pārējiem pājiem un koka rievsienu uz atzīmi — 0,25 (137. un 138. zīm.).

Dzelzbetona sija virs pirmās pāju rindas sākumā sastādīta no atsevišķiem dzelzbetona masīviem  $5,20 \times 1,15 \times 0,65$  m, kas betonēti krastā un ar krāna palīdzību novietoti virs saišķiem, izlaižot 1. rindas pāju galvas cauri vidū atstātiem caurumiem, kuŗi pēc uzstādīšanas aizbetonēti, bet šuvas starp masīviem aizlietas ar cementa javu. Vēlāk, kad izrādās, ka ūdens līmeņa noturēšana uz atzīmi — 1,50 nerada grūtības, dzelzbetona sija betonēta uz vietas un tās šķērssstiegras ielaistas augstāk guļošā dzelzbetona platē. Sijai lietots granīta šķembu betons ar cementa saturu 340 kg uz  $1 \text{ m}^3$  betona un tās ārmala segta ar pieskaldītu akmeņu ietēru.

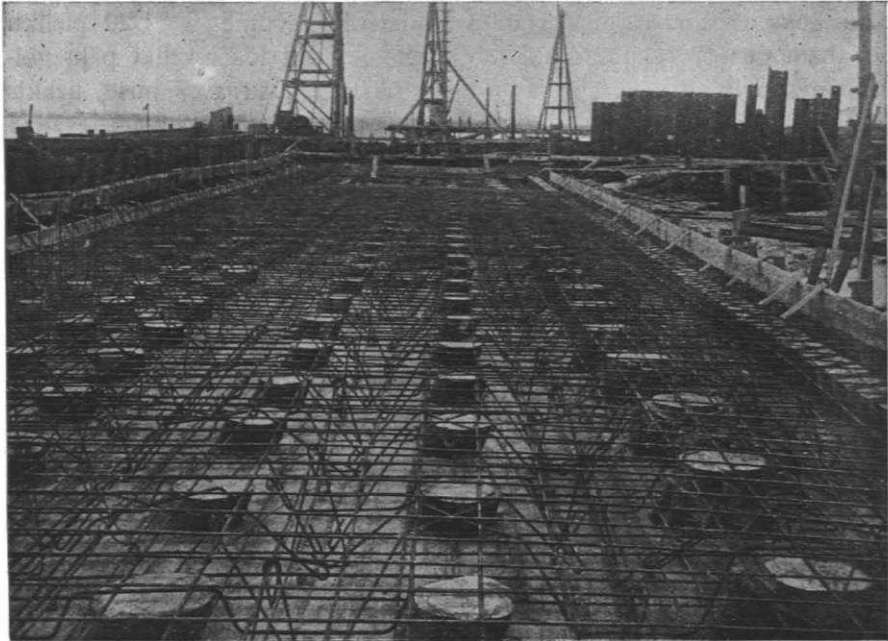
Dzelzbetona plate 8,75 m plata un 0,73 m bieza Daugavas pusē, bet krasta pusē plānāka, jo plates virsa ūdens notecēšanai taisīta ar slīpumu 1 : 50 uz krasta pusi. Stiegrojums novietots divās kārtās, lai radīta dzelzbetona plates viengabalainību. Cirpes spēki uzņemti ar sevišķu stiegrojumu virs pāju galvām (140. zīm.). Betonēšanai lietots oju betons ar cementa saturu 340 kg uz  $1 \text{ m}^3$  betona  $\left(1 : 2 \frac{1}{4} : 3 \frac{3}{4}\right)$ .

Plates ārmala Daugavas pusē nostiprināta ar pieskaldītu akmeņu ietēru, kas to pasargā no visādiem bojājumiem.

Betons gatavots betona maisītājā, kas uzmontēts uz liellaivas, kuŗa pārvietojās gar krastmalu; no maisītāja betons pa dzelzs tekneņiem novadīts tieši vajadzīgā būves vietā. Aiz automatiska ūdens pievadītāja trūkuma ne vienmēr iegūts vienādas konsistences betons. Maisītāja ražība apm. 10–15  $\text{m}^3$  betona stundā.

Dzelzs rievsienu pēc darba nobeigšanas vienā sekcijā izvilkti un lietoti citās sekcijās ierobežošanai.

Starp krastmalas atsevišķām sekcijām paliek apm. 50 cm platas spraugas, kas turpinās arī koka rievsienu, kuņai pie dzelzs rievsienu iedzišanas izvilkti viens koka rievpālis ārā. Spraugas aiztaisīšanai koka rievsienu, tai blakus katrā pusē iedzītas pa vienai 60 cm platai koka plankai un sprauga aizbetonēta ar bērtu betonu, sastāvā 1:2:2. Spraugas daļa starp atsevišķu sekciju dzelzbetona platēm krasta pusē



140. zīm.

arī aizbetonēta, bet Daugavas pusē aiztaisīta ar speciālu ķīlveidīgu dzelzbetona masīvu, kas iepriekš pagatavots krastā un pielāgots atiecīgai vietai.

## IX. Pāļu pamatu aprēķināšana.

Atkarībā no projektētās būves rakstura, ārējie spēki, kas iedarbojas uz būves pāļu pamatiem, sastādās no a) būves pašvara un mainīgām slodzēm, b) ūdens spiediena, c) grunts- un grunts berzes pretestības, kuņus visus var salikt divās rezultantēs: vienu — vertikālā virzienā (N), otru — horizontālā virzienā (H). N-

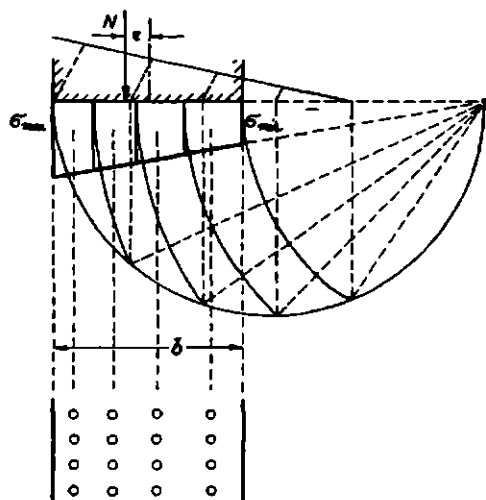
un H-spēki dod pāju pamatu nulles punkta momentu  $M$ , kas ievērojami var grozīt no N- un H-spēkiem atrasto pielaižamo pāju slodzes lielumu. Palielinot vai samazinot momentu  $M$ , var atrast tādu pielaižamo pāju slodzes lielumu, kādu attiecīgie apstākļi prasa.

Pāju pamatu aprēķināšanu izdara pēc diviem paņēmieniem: pēc tuvīnu paņēmiena un pēc elasticitātes paņēmiena, kas dibināts uz elasticitātes teoriju.

Izdarot pāju pamatu aprēķināšanu pēc tuvīnu paņēmiena, var lietot 3 metodes, kas dod iespēju atrast pieņemamu pāju stāvokli: 1) spraiguma četrstūra metodi, 2) spraiguma diagrammas metodi un 3) Culmann'a momentu metodi.

**Spraiguma četrstūra metode.** Lai dabūtu atsevišķu pāju pielaižamo slodzi pēc spraiguma četrstūra metodes, sadala pamatu mūri uz atsevišķiem pājiem, dalot uz pusi atstātumus starp tiem; šo metodi, kā pārāk neprecīzu, pie aprēķiniem inženierbūvniecībā nelieto.

**Spraiguma diagrammas metode.** Pēc šīs metodes no N-spēka aprēķina uz pamatu mūri attiecošo spraiguma diagrammu (141. zīm.), kuņas malu sprai-



141. zīm.

gumi.

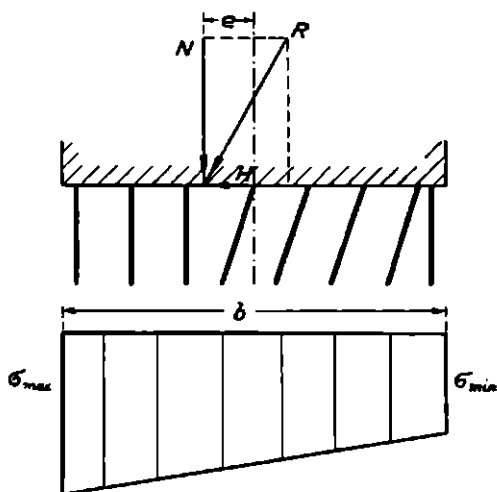
$$\sigma = \frac{N}{b} \left( 1 \pm \frac{6e}{b} \right) \quad (56)$$

Spraiguma diagrammu sadala vienāda lieluma laukumos un atrod katra laukuma smaguma centru. Atstātumi starp smaguma centriem dod pāju savstarpīgos atstātumus, kas šīnī gadījumā, saprotams, nav vienādi, turpretim pāju pielaižamās slodzes lielumi, kā arī pāju izmēri — vienādi.

Ja pāju stāvoklis dots (142. zīm.), tad spraiguma diagrammu sadala laukumos ar taisnēm, kas iet caur pāju savstarpīgo atstātumu vidus punktiem. Katra laukuma lielums dod atsevišķa pāja vertikālās slodzes lielumu. Slīpā virzienā iedzītie pāji bez N-spēkiem uzņem arī H-spēkus. Gadījumā, kad slodze nav mainīga (kas nāk priekšā tikai pie zemā pāju režģoga), slīpiem pājiem dod tādu virzienu, lai tie uzņemtu H-spēkus tieši. Ja visu pāju horizontālo sānspēku suma ir vienāda H-spēkam, tad pāju slīpuma virziens ir pareizs, ja suma



lielāka par  $H$ , tad slīpuma virziens par stāvu, ja mazāka — slīpuma virziens par lēzenu. Bet gadījumā, kad slodzes lielums mainīgs un visiem slīpiem pāļiem vienāds virziens, tad tie padoti arī lieces spēkiem. Pie nelielas slodzes maiņas tas pieļaujams, bet pie lielākas jālieto pretējā virzienā iedzīti slīpi pāļi (pāju galvas sajūdz ar āža savienojumu). Pēdējā gadījumā savstarpēji nesajūgto slīpo pāju horizontālo sānspēku lielumus dabū no to pašu pāju  $H$ -spēka daļas, ko slīpie pāļi nav uzņēmuši, un sadala uz sajūgtiem pāļiem pēc iespējas vienmērīgāki, ņemot vērā to garumus, diametrus un slīpuma virzienu.



142. zīm.

Sajūgtie pāļi var būt padoti spiedes — vai stiepes piepūlēm. Pretējos virzienos iedzītos slīpos pāļus, neatkarīgi no tā, vai tie sajūgti, vai nav sajūgti, ieteicams iekārtot tā, ka tikai nelābvelīgus slodzes gadījumos tos piepūlētu uz stiepi.

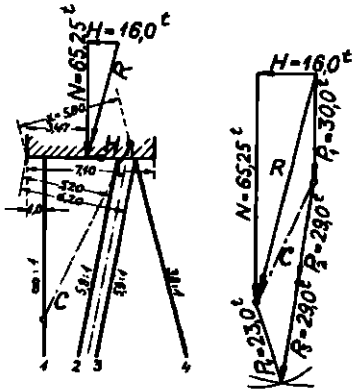
Kā spraiguma diagramas metodes nepilnība, pirmkārt, uzskatāms apstāklis, ka  $H$ -spēkus sadala vienīgi uz slīpiem pāļiem; otrkārt, elastīgas sistēmas vietā, rēķinās ar cietu no mūra un pāja sastāvošu sistēmu; treškārt,

spraiguma diagramas iespaids uz atsevišķiem pāļiem sadalās vienīgi pēc to stāvokļa, bet nevis pēc to garuma, šķērsriezuma, virziena, elasticitātes lieluma u. t. t.

Tomēr, neskatoties uz minētiem trūkumiem, metode ir vienkārša un pārskatāma, kādēļ projektējot pāju pamatus, pāju izmēru, atstātumu un slīpuma virziena noteikšanai to lieto plašos apmēros. Pēc šīs metodes atrastās pāju slodzes uzskatāmas par pilnīgi pareizām, ja visi pāļi iedzīti vertikālā virzienā, vai vispār visiem pāļiem vienāds virziens; pietiekoši pareizas ir minētās slodzes arī tad, ja pāju pamatos viena daļa pāju, kas piepūlēti vienīgi uz spiedi, iedzīta vertikālā virzienā, bet pārējie — uz vienu pusi slīpā virzienā. Vispār metode pielietojama arī gadījumos, kad pāļi iedzīti uz divām pusēm slīpā virzienā un iekārtoti simetriski kādai vidus līnijai (pie mainīgām slodzēm torņu un tiltu balstu pamatos).

Zemo pāju režģogu aprēķināšanai arvien lieto šo metodi, bet augsto pāju režģogu aprēķināšanai ieteicams lietot citas, precīzākas metodes. Sevišķi dzelzbetona konstrukciju lietošana augstā pāju režģogā prasa ļoti precīzus aprēķināšanas paņēmienus.

**Culmann'a momentu metode.** Šī metode dod tuvinus lielumus pie diviem, resp. trijiem pāju virzieniem. Precizitāte lielāka, jo mazāk pāju katrā virzienā un jo tuvāki tie novietoti savā starpā. Saliekot spēku, divos pāju virzienos, precizitātes pakāpi iespējams noteikt, jo sistēmas nulles punkts ir abu pāju virzienu rezultantu krustošanās punkts, caur ko arī momenta lielums zināms. Ierīkojot pāju pamatus



143. zim.

tā, ka pājus iedzen tikai divos virzienos un abas pāju rezultantes krustojās uz ārējo spēku rezultantes, tad pāju pamatus var pēc šīs metodes pietiekoši precīzi aprēķināt. Pie trim dažādiem pāju virzieniem sistēmas nulles punkts jāatrod aprēķina ceļā (143. zim.).

Momentu nolīdzinājums

$$65,25 \cdot 3,47 - 30,0 \cdot 1,00 - 29,00 \cdot (5,20 + 6,20) + 23,00 x = 0,$$

no kuŗa

$$x = 5,80 \text{ m.}$$

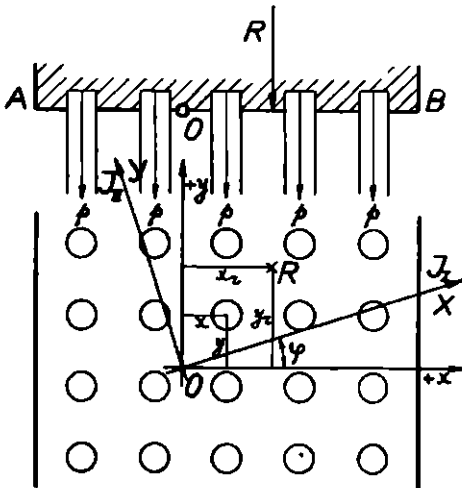
Ne visai precīzās pāju pamatu aprēķināšanas metodes kavēja šī pamatu veida lietošanu būvniecībā, kādēļ ar laiku radās prasība pēc pāju pamatu aprēķināšanas paņēmienu uzlabošanas. Jau pēc 1900. g. publicēti vairāki uzlaboti aprēķināšanas paņēmieni, kuŗi dod īstenībai tuvākus rezultātus. Skaidrs, ka šī problēma nav vienkārša, jo katrs pālis ir būves viens atbalsta punkts un ar pāju skaita pieaugšanu, pieaug arī statiskās nenoteiktības pakāpe. Bet lai pāju pamatu aprēķināšanas paņēmiens nepaliktu pārāk komplicēts un līdz ar to nebūtu vairs lietojams būvtechnikas praksē, tas jāvienkāršo. Šāds paņēmiens ir elasticitātes paņēmiens, pēc kuŗa pamatu mūris un grunts, kuŗā pāji tikai uz savām smailēm balstās, ir cieti ķermeņi, bet pāji padoti elastiskām maiņām garenvirzienā.

Kā pirmais, šo paņēmienu lietoja prof. Gullander's 1902. g. Gothenburgā. Vēlāki viņa paņēmienu attīstīja prof. Ostenfeld's Kopenhagenā, prof. Jacoby's Rīgā, Wunsch's Stuttgartē un doc. Nöckentved's Kopenhagenā. Minēto autoru pāju pamatu aprēķināšanas paņēmieni galvenā kārtā atšķiras ar to, ka atsevišķo pāju pielai-

žamās slodzes atrod, pa daļai aprēķinot pāju pamatu patieso pārvietošanos, pa daļai aprēķinot pāju pamatu nulles punktu u. t. t.

Arvienu precīzi jāšķīpo aprēķināšanas paņēmieni sistēmām ar pājiem vairākos virzienos no sistēmām ar pājiem vienā virzienā.

**Gullander'a paņēmiens.** Prof. Gullander's atrisinot savu pāju pamatu aprēķināšanas paņēmienu, ievada divus priekšnoteikumus: 1. pāju galvas iegrimes lielumi ir proporcionāli attiecīgām pāju pielaižamām slodzēm; 2. pamatu mūris ir pilnīgi ciets ķermenis salīdzinot ar pāju iegrimēm.



144. zīm.

Pāju pamati, kuŗos pāji savā starpā un slodzes rezultantei paralēli un ar pamatu mūri lociklām saistīti.

Pamatu mūris no apakšmalas norobežots ar slodzes rezultantei  $R$  perpendikulāru plāksni  $A - B$ . Ar  $p$  apzīmē relatīvo pāja slodzi, kas izsauc pārvietošanos pāja garenvirzienā un ar  $O$  — pāju pamatu nulles punktu plāksnē  $A - B$ , kuŗā iedarbojās visu relatīvo slodžu  $p$  rezultante un kas tanī pašā laikā ir taisna leņķa koordinātu sistēmas  $x, y$  izejas punkts (144. zīm.).

Pāju pamatu inerces momenti, kas pagaidām attiecināti uz jebkuŗā virzienā vilktām  $x$ - un  $y$ -asēm ir

$$J_x = \sum py^2. \quad (57)$$

$$\text{un} \quad J_y = \sum px^2. \quad (58)$$

Maksimālo  $J_{max} = J_1$  un minimālo  $J_{min} = J_{II}$  inerces momentus, attie-

mām slodzēm; 2. pamatu mūris ir pilnīgi ciets ķermenis salīdzinot ar pāju iegrimēm.

Pēc pāju stāvokļa atkarībā no slodzes un pēc tās saistīšanas veida ar pamatu mūri prof. Gullander's sadala pāju pamatus trijās grupās:

1) pāju pamati, kuŗos pāji savā starpā un slodzes rezultantei paralēli un ar pamatu mūri lociklām saistīti;

2) pāju pamati ar simetrijas plāksnei paralēliem pājiem, bet citādi virzītiem jebkuŗā virzienā, un ar pamatu mūri lociklām saistīti;

3) pāju pamati ar tādu pašu pāju stāvokli, kā 2. p., bet pamatu mūri cieši iespīlēti.

cinātus uz asēm X, Y, kas iet caur nulles punktu, dabū, ja centrifugālmoments

$$J_{xy} = \Sigma p_{xy} = 0; \quad (59)$$

tādā gadījumā minētās ases sauc par pāju pamatu galvenās asēs. Ja galveno X- un Y-asu virziens ar x- un y-asu virzienu sastāda leņķi  $\varphi$ , tad

$$\operatorname{tg} 2\varphi = -\frac{2J_{xy}}{J_x - J_y}. \quad (60)$$

$$J_I + J_{II} = J_x + J_y \quad (61)$$

un

$$J_I - J_{II} = \frac{J_x - J_y}{\cos 2\varphi} \quad (62)$$

Lai dabūtu slodzes sadalīšanos uz pājiem, uzskata pamatu mūri par cietu ķermeni, kas zem slodzes iespaida var pagriesties par ļoti mazu leņķi  $\sigma$  ap asi, kas atrodas plāksnē A — B un uz kuŗas neviens punkts nevar pārvietoties; šo asi sauc par pāju pamatu nulles līniju (145. zīm.). Ja ar z apzīmē kāda pāja atstātumu no nulles līnijas, tad pamatu mūrim pagriežoties par leņķi  $\sigma$ , pāja galvu tā garenvirzienā piepūlēs slodze

$$P = pz\sigma, \quad (63)$$

kur p — pāja relatīvā slodze un  $\sigma = \operatorname{tg} \sigma$ , jō  $\sigma$  ļoti mazs.

Sakarību starp slodzi un pāju piepūles lielumiem atrod, ja pieņem, ka pamatu mūris atrodās līdzsvara stāvoklī, kādā gadījumā

$$R = \Sigma P \quad (64)$$

Apzīmējot ar  $x_r$ ,  $y_r$  rezultantes R iedarbes punkta koordinātes, ar  $x$ ,  $y$  — pāju galvu koordinātes un uzskatot koordinātes ases x, y par momenta asēm (145. zīm.), dabū

$$R x_r = \Sigma P x \quad (65)$$

un

$$R y_r = \Sigma P y \quad (66)$$

Ja apzīmē ar  $\psi$  leņķi starp X-asi un nulles līniju, tad

$$z' = x \sin \psi + y \cos \psi, \quad (67)$$

$$z = z_0 + x \sin \psi + y \cos \psi, \quad (68)$$

un

$$P = p\sigma(z_0 + x \sin \psi + y \cos \psi) \quad (69)$$

Ieliekot P lielumu līdzsvara noteikumu nolīdzinājumos (64), (65) un (66), dabū

$$R = \Sigma P = z_0 \sigma \Sigma p + \sigma \sin \psi \Sigma p x + \sigma \cos \psi \Sigma p y, \quad (70)$$

$$R x_r = \Sigma P x = z_0 \sigma \Sigma p x + \sigma \sin \psi \Sigma p x^2 + \sigma \cos \psi \Sigma p x y \quad (71)$$

$$\text{un } R y_r = \Sigma P y = z_0 \sigma \Sigma p y + \sigma \cos \psi \Sigma p y^2 + \sigma \sin \psi \Sigma p x y \quad (72)$$

Nolīdzinājumus var vienkāršot, ja pieņem ka x- un y-ases sakrīt ar pāļu pamatu galvenām asēm X un Y, tad

$$\Sigma px = 0, \quad \Sigma py = 0, \quad (73-a, 73-b)$$

$$\Sigma py^2 = J_1, \quad \Sigma px^2 = J_{11} \quad (74-a, 74-b)$$

un

$$R = \Sigma P = z_0 \sigma \Sigma p, \quad (75)$$

$$Ry_r = \Sigma Py = \sigma \cos \psi J_1, \quad (76)$$

$$Rx_r = \Sigma Px = \sigma \sin \psi J_{11}, \quad (77)$$

no kurienes

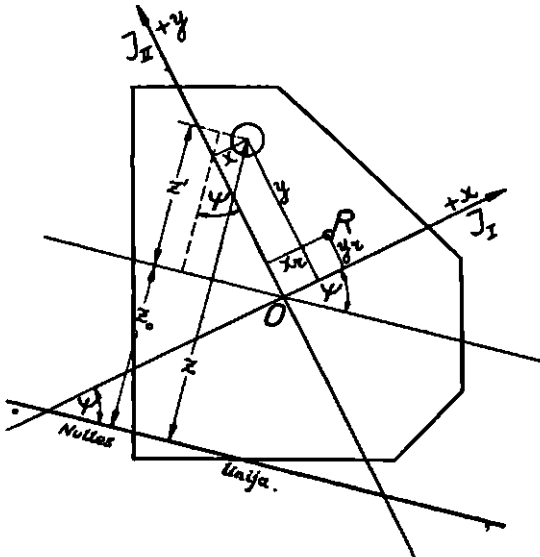
$$z_0 = \frac{R}{\sigma \Sigma p}, \quad (78)$$

$$\cos \psi = \frac{Ry_r}{\sigma J_1}, \quad (79)$$

$$\sin \psi = \frac{Rx_r}{\sigma J_{11}} \quad (80)$$

un

$$P = p \left( \frac{R}{\Sigma p} + x \frac{Rx_r}{J_{11}} + y \frac{Ry_r}{J_1} \right) \quad (81)$$



145. zīm.

Ja pāļu pamatiem rezultante R atrodas simetrijas plāksnē, tad

$$P = p \left( \frac{R}{\Sigma p} + \frac{Rxx_r}{J} \right) \dots \dots \dots (82)$$

Ja visiem  $n$  pājiem relatīvā slodze  $p$  vienāda, tad

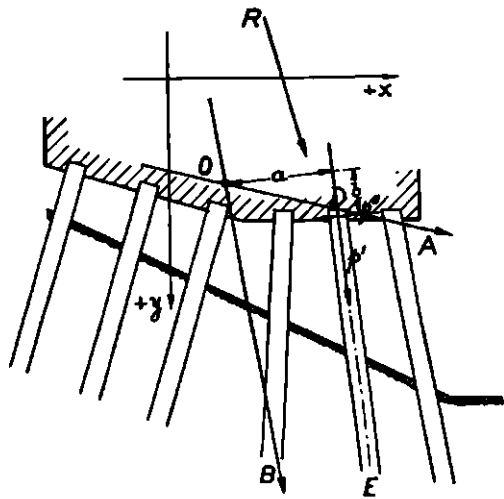
$$J = p \sum x^2 \quad (83)$$

un

$$P = \frac{R}{n} + \frac{R \sum x_r}{\sum x^2} \quad (84)$$

Aprēķinot pāju slodzes, var izrādīties, ka daži no tiem piepūlēti uz stiepi, tādā gadījumā aprēķins jāatkārto, neņemot vērā uz stiepi piepūlētos pājus, jo formulas noderīgas tikai gadījumiem, kad visi pāji darbojas slodzes pārvešanā. Ja jaunais aprēķins rāda, ka vairs nav uz stiepi piepūlētu pāju, tad dabūtie pāju slodžu lielumi uzskatāmi par pareiziem; pretējā gadījumā aprēķins jāatkārto.

Pāju pamati ar simetrijas plāksnei paralēliem pājiem, bet citādi virzītiem jebkuņā virzienā, un lociklām saistītiem ar pamatu mūri.



146. zīm.

Šādā gadījumā katriem diviem simetriski novietotiem pājiem relatīvās slodzes vienādas un rezultante atrodas simetrijas plāksnē. Pēdējā atrodas arī punkts  $O$  (146. zīm.), caur kuņu katrs caurejošais un simetrijas plāksnē atrodas spēks izsauc pamatu mūra paralēlu pārvietošanos tikai vienā virzienā. Punktu  $O$  sauc par pāju pamatu vidus punktu. 146. zīmējumā brīvi izvēlētie  $x$ - un  $y$ -virzieni viens otram perpendikulāri. Lai pamatu mūris pārvietotos tikai  $x$ -virzienā,

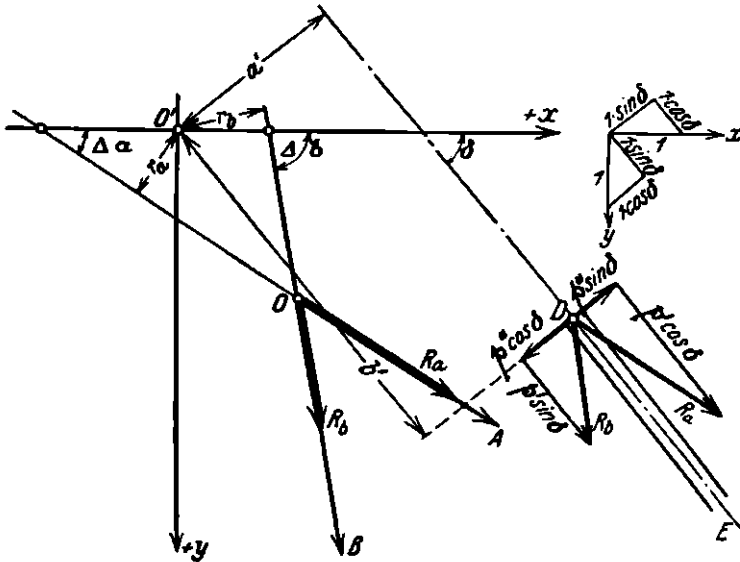
jāedarbojas kādam spēkam virzienā  $OA$ , bet  $y$ -virzienā — spēkam virzienā  $OB$ . Ja šīs pārvietošanās  $x$ - vai  $y$ -virzienā = 1, tad attiecīgo spēku, kas to izsaucis, sauc par pāju pamatu relatīvo slodzi un apzīmē ar  $R_a$  resp.  $R_b$ , kušus var aprēķināt un pāju pamatu vidus punktu  $O$  noteikt analītiskā un grafiskā ceļā.

Pāju pamatu relatīvo slodžu  $R_a$  un  $R_b$  aprēķināšanai analītiskā ceļā pieņem taisna leņķa koordinātu sistēmu  $O'-xyz$ , kuņas punkts  $O'$  (147. zīm.) var atrasties jebkuņā vietā simetrijas plāksnē, kuņa tāt pašā laikā sakrīt ar  $x$ - $y$  plāksni.

146. un 147. zīmējumos  $p'$  un  $p''$  apzīmē kāda pāja DE relatīvās slodzes tā garen- un šķērsvirzienā,  $\delta$  — leņķi starp pāja DE virzienu un pozitīvo x-virzienu,  $\Delta_a$  un  $\Delta_b$  — leņķus, kurus veido relatīvo spēku  $R_a$  un  $R_b$  virzieni ar pozitīvo x-virzienu. Pārvietojoties pāja galvai D x-virzienā par lielumu = 1, pāli piepūlē tā garen- un šķērsvirzienā spēki  $p' \cos \delta$  un  $p' \sin \delta$ , bet pārvietojoties pāja galvai D y-virzienā par lielumu = 1, pāli piepūlē spēki  $p' \sin \delta$  un  $p'' \cos \delta$  un priekš x-ases projekcijām dabū

$$R_a \cos \Delta_a = \Sigma p' \cos^2 \delta + \Sigma p'' \sin^2 \delta = R_{ax}, \quad (85)$$

$$R_b \cos \Delta_b = \Sigma p' \sin \delta \cos \delta - \Sigma p'' \cos \delta \sin \delta = R_{bx}, \quad (86)$$



147. zīm.

bet priekš y-ases projekcijām

$$R_a \sin \Delta_a = \Sigma p' \cos \delta \sin \delta - \Sigma p'' \sin \delta \cos \delta = R_{ay}, \quad (87)$$

$$R_b \sin \Delta_b = \Sigma p' \sin^2 \delta + \Sigma p'' \cos^2 \delta = R_{by}, \quad (88)$$

no kurienes

$$R_a = \sqrt{R_{ax}^2 + R_{ay}^2}, \quad R_b = \sqrt{R_{bx}^2 + R_{by}^2}, \quad (89), (90)$$

$$\cos \Delta_a = \frac{R_{ax}}{R_a}, \quad \sin \Delta_a = \frac{R_{ay}}{R_a}, \quad (91), (92)$$

$$\cos \Delta_b = \frac{R_{bx}}{R_b}, \quad \sin \Delta_b = \frac{R_{by}}{R_b} \quad (93), (94)$$

Pāju pamatu relatīvo slodžu  $R_a$  un  $R_b$  virzienu OA un OB atstātumus  $r_a$  un  $r_b$  no punkta  $O'$  atrod no momentu nolīdzinājumiem

$$R_a r_a = -\Sigma p' a' \cos \delta + \Sigma p'' b' \sin \delta, \quad (95)$$

$$R_b r_b = \Sigma p' a' \sin \delta + \Sigma p'' b' \cos \delta, \quad (96)$$

no kurienes

$$r_a = \frac{-\Sigma p' a' \cos \delta + \Sigma p'' b' \sin \delta}{R_a}. \quad (97)$$

un

$$r_b = \frac{\Sigma p' a' \sin \delta + \Sigma p'' b' \cos \delta}{R_b} \quad (98)$$

Augstāk minētos  $x$ - un  $y$ -virzienus var izvēlēties tā, ka tie sakristu ar virzieniem  $OA$  un  $OB$ ; tadā gadījumā  $OA$  un  $OB$  sauc par pāļu pamatu galvenām asēm; virzieni var sakrist, ja

$$R_a \sin \triangle_a = R_b \cos \triangle_b = 0, \quad (99)$$

t. i.

$$\Sigma p' \cos \delta \sin \delta - \Sigma p'' \sin \delta \cos \delta = 0, \quad (100)$$

jeb

$$R_{ay} = R_{bx} = \Sigma (p' - p'') \sin 2\delta = 0. \quad (101)$$

Ja galvenās  $X$ -ases virziens ar brīvi izvēlētu  $x$ -ases virzienu sastāda leņķi  $\varphi$ , pāja virziens ar  $x$ -ases virzienu — leņķi  $\delta$  un galvenās  $X$ -ases virziens ar pāja virzienu — leņķi  $\epsilon$ , tad  $\epsilon = \delta - \varphi$  un liekot iepriekšēja nolīdzinājumā  $\delta$  vietā  $\epsilon = \delta - \varphi$ , dabū

$$\begin{aligned} \Sigma (p' - p'') \sin (2\delta - 2\varphi) &= \Sigma (p' - p'') \sin 2\delta \cos 2\varphi - \\ &- \Sigma (p' - p'') \cos 2\delta \sin 2\varphi = 0. \end{aligned} \quad (102)$$

Tā ka  $\varphi$  nav atkarīgs no apskatamā pāja, tad

$$\cos 2\varphi \Sigma (p' - p'') \sin 2\delta - \sin 2\varphi \Sigma (p' - p'') \cos 2\delta = 0, \quad (103)$$

no kurienes, dalot uz  $\cos 2\varphi$ ,

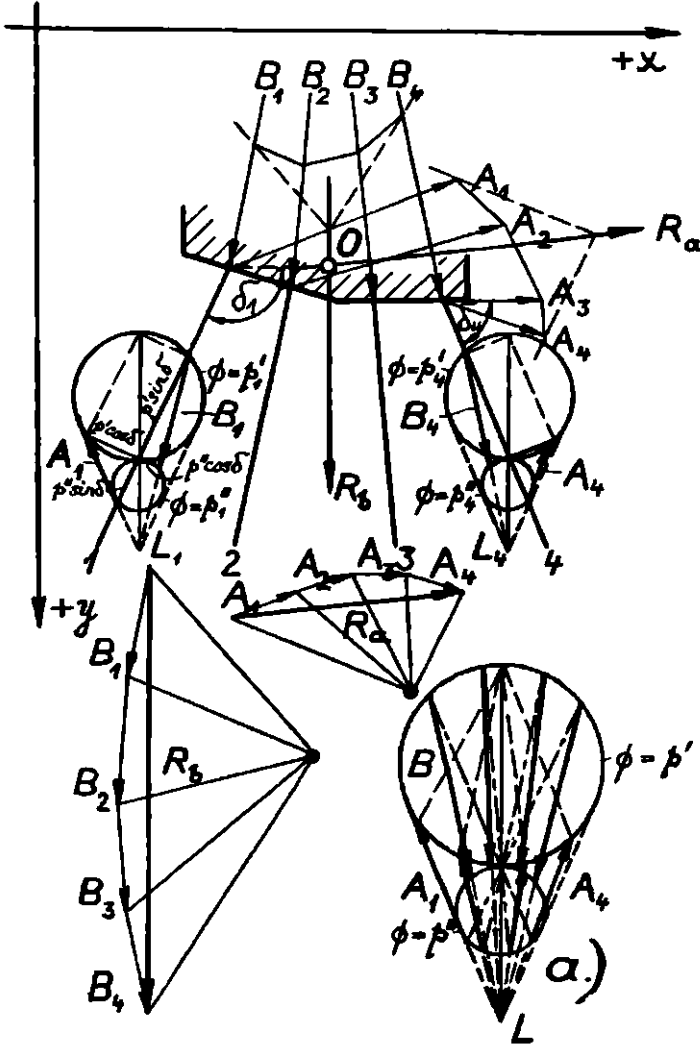
$$\operatorname{tg} 2\varphi = \frac{\Sigma (p' - p'') \sin 2\delta}{\Sigma (p' - p'') \cos 2\delta} \quad (104)$$

Vienkāršāki var pāju pamatu relatīvās slodzes  $R_a$  un  $R_b$  aprēķināt un vidus punktu  $O$  noteikt grafiskā ceļā. 148. zīmējums attēlo pāju pamatu schemu ar četriem pāļiem, kas visi atrodas vienā plāksnē. Horizontālo un vertikālo virzienu izvēlas par  $x$ - un  $y$ -virzienu. No agrākā zināms, ka pārvietojoties pāja galvai  $x$ -virzienā par lielumu  $\triangle_x = 1$ , pāja garen- un šķērsvirzienā rodas spēki  $p' \cos \delta$  un  $p'' \sin \delta$ , kuņu rezultante apzīmēta ar  $A$ , bet pārvietojoties  $y$ -virzienā par  $\triangle_y = 1$ , rodas spēki  $p' \sin \delta$  un  $p'' \cos \delta$ , kuņu rezultante apzīmēta ar  $B$  (147. zīmējums).

Rezultante no visiem uz pāju galvām darbošajiem spēkiem  $A$  ir  $R_a$  un visu  $B$  rezultante ir  $R_b$ . Spēku  $R_a$  un  $R_b$  krustošanas punkts  $O$  ir pāju pamatu vidus punkts. Lai katram pālim atrastu attiecīgos spēkus  $A$  un  $B$  lieto palīga konstrukciju, kāda redzama 148. zi-



mējumā priekš ārējiem pāļiem (1 un 4) un kuņu dabū, velkot kādu paraleli y-virzienam, kas krusto pāja garenasi; no krustošanās punkta uz augšu atliek noteiktā mērogā relatīvo slodzi  $p'$  un uz leju —  $p''$ ; zīmē 2 riņņus, kuņu diametri ir  $p'$  resp.  $p''$  un atrod punktus

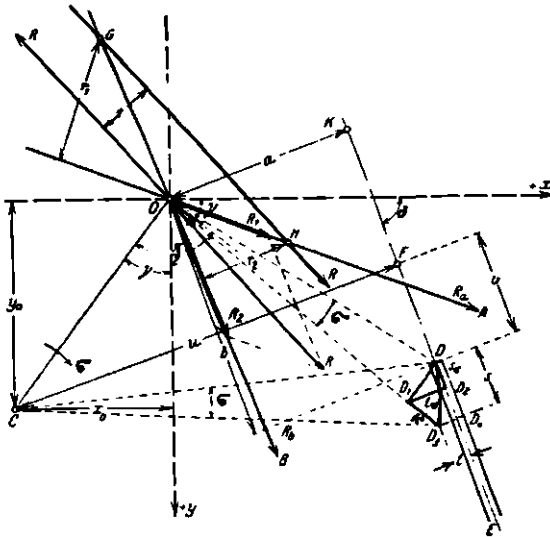


148. zīm.

$L_1$  un  $L_4$ . Piem. pālim 1 taisne  $A_1$  ir rezultante no  $p' \cos \delta$  un  $p'' \sin \delta$  un  $B_1$  — rezultante no  $p' \sin \delta$  un  $p'' \cos \delta$ , pie kam  $A_1$  jāpagriež pa  $90^\circ$ , lai dabūtu tās pareizo virzienu. Tādā ceļā dabū spēku  $B$  lielumus un virzienus un spēku  $A$  par  $90^\circ$  pagrieztus lielumus. Spēki

A un B darbojās uz pāju galvām un to rezultantu  $R_a$  un  $R_b$  lielumu un virzienu viegli atrast ar divu spēku poligonu palīdzību. Ja priekš visiem pājiem  $p'$  un  $p''$  lielumi vienādi, tad visas palīga konstrukcijas var savienot vienā (148. - a zīm.).

Ja rezultante  $R$  neiet caur pāju pamatu vidus punktu  $O$ , tad pamatu mūris nedaudz pārbīdās. Lai noteiktu pamatu mūra pārbīdīšanos, 149. zīmējumā ar  $R$  apzīmē rezultanti, ar  $r$  — tās plecu attiecībā pret punktu  $O$ ; pārbīdot  $R$  pašam sev paralēli uz punktu  $O$  un pieliekot



149. zīm.

spēka pāri  $R \cdot r$  klāt, saliek  $R$  divās komponentēs  $R_1$  un  $R_2$  virzienos  $OA$  un  $OB$ . Spēku pāris  $R \cdot r$  izsauc pamatu mūra griešanos ap  $z$ -asi, bet spēki  $R_1$  un  $R_2$  izsauc paralelu kustību  $x$ - un  $y$ -asu virzienā. 149. zīmējumā pamatu mūra pagriešanās leņķis ap  $z$ -asi apzīmēts ar  $\sigma$  un pāja  $DE$  galvas  $D$  pārbīdīšanos, ko izsauc minētā griezes kustība, apzīmēta ar  $DD_1$ . Pēdējo lielumu  $DD_1$  saliek pāja garen- un šķērsvirzienos divās komponentēs  $DD_2 = s_\sigma$  un  $D_1D_2 = t_\sigma$ , tad  $DD_1 = OD \cdot \text{tg} \sigma$ , jo  $OD \perp DD_1$  un  $D_1D_2 \perp DD_2$ . No trijstūriem  $ODK$  un  $DD_1D_2$  dabū

$$DD_2 : D_1D_2 : DD_1 = OK : KD : OD$$

jeb

$$s_\sigma : t_\sigma : OD \cdot \text{tg} \sigma = a : b : OD,$$

no kurienes

$$\text{un } s_{\sigma} = a \cdot \operatorname{tg} \sigma \quad (105)$$

$$t_{\sigma} = b \cdot \operatorname{tg} \sigma \quad (106)$$

Griežoties ap punktu O, pāli DE parādas garenvirzienā spēks

$$\text{un } P_{\sigma} = s_{\sigma} p' = p' a \operatorname{tg} \sigma \quad (107)$$

$$\text{un šķērsvirzienā } T_{\sigma} = t_{\sigma} p'' = p'' b \operatorname{tg} \sigma \quad (108)$$

Līdzsvara stāvoklī momentu summa ap O

$$Rr = \Sigma P_{\sigma} a + \Sigma T_{\sigma} b = \operatorname{tg} \sigma \Sigma (p' a^2 + p'' b^2). \quad (109)$$

Ja  $\Sigma (p' a^2 + p'' b^2) = J$ , kur J apzīmē pāļu pamatu inerces momentu ap asi caur punktu O, tad

$$Rr = \operatorname{tg} \sigma J \text{ jeb } \operatorname{tg} \sigma = \frac{Rr}{J}, \quad (110)$$

kur r un  $\sigma$  var būt pozitīvi vai negatīvi, atkarībā no tā, vai rezultante R griežas ap punktu O pulksteņa rādītāja virzienā, vai pretējā virzienā.

Rezultantei paralēlais spēks R, kas iet caur punktu O rezultantes virzienā, izsauc vienīgi pamatu mūra paralēlu pārbīdīšanos par lielumu k zem leņķa  $\nu$  pret pozitīvo x-asi. Lieluma k komponente x-virzienā ir  $k \cdot \cos \nu$  un y-virzienā —  $k \cdot \sin \nu$ . Relatīvās slodzes  $R_a$  un  $R_b$  izsauc x- un y-virzienā paralēlu pārbīdīšanos par lielumu 1. Ja spēks R sadalīts komponentēs  $R_1$  un  $R_2$  virzīenos OA un OB, tāpat kā  $R_a$  un  $R_b$ , tad

$$k \cos \nu : 1 = R_1 : R_a. \quad (111)$$

$$\text{un } k \sin \nu : 1 = R_2 : R_b, \quad (112)$$

no kurienes

$$k \cos \nu = \frac{R_1}{R_a} \quad (113)$$

un

$$k \sin \nu = \frac{R_2}{R_b} \quad (114)$$

Paralēlo pārbīdīšanos k un griezes kustību ap punktu O par leņķi  $\sigma$  var salikt kopā, jo paralēlās pārbīdīšanās virziens ar apgriešanās asi sastāda taisnu leņķi; saliktā kustība ir griezes kustība par to pašu leņķi  $\sigma$  ap jaunu asi, kas paralēla pirmajai asei un iet caur punktu C (149. zīm.), pie kam

$$\operatorname{tg} \sigma \cdot OC = k \quad (115)$$

un ņemot vērā lielumus  $k \cdot \cos \nu$  un  $k \cdot \sin \nu$ , dabū punkta C koordinātes  $x_0 = -OC \cdot \sin \nu$  un  $y_0 = OC \cdot \cos \nu$  jeb

$$x_0 = -\frac{R_2 J}{R_b R r} \quad (116)$$

un

$$y_0 = \frac{R_1 J}{R_a R r} \quad (117)$$

Rezultante R krustojās ar  $R_b$  un  $R_a$  punktos G un H, pie kam  $r_1$  un  $r_2$  — spēku  $R_1$  un  $R_2$  pleči attiecībā uz minētiem punktiem (149. zīm.). Tā ka  $R_1$  un  $R_2$  ir punktā O pārbīdītā spēka R komponentes, tad

$$Rr = R_1 r_1 = R_2 r_2 \quad (118)$$

un punkta C koordinātes var izteikt sekojoši:

$$x_0 = -\frac{J}{R_b r_2} \quad (119)$$

un

$$y_0 = \frac{J}{R_a r_1} \quad (120)$$

Lielumi  $r$ ,  $r_1$  un  $r_2$  mainās vienīgi atkarībā no rezultantes stāvokļa, kādēļ viegli atrast apgriešanās ases stāvokli un pagriešanās leņķa lielumu priekš visdažādākiem slodzes gadījumiem, jo  $R_a$ ,  $R_b$  un  $J$  lielumi neatkarājas no rezultantes stāvokļa, bet no pamatu mūra būves veida.

Lai aprēķinātu pāļa piepūles garen- un šķērsvirzienā, jāapskata pāļa galvas kustība no D uz  $D_3$  (149. zīm.), kuŗu var sadalīt komponentēs  $s$  un  $t$ . No trijstūriem CFD un  $DD_3D_4$  dabū attiecību

$$s : t : DD_3 = u : v : CD,$$

tā ka

$$DD_3 = tg \sigma \cdot CD, \quad (121)$$

tad

$$s = u tg \sigma \text{ un } t = v tg \sigma \quad (122-a, 122-b)$$

Pāļa piepūles garenvirzienā

$$P = p' s = p' u tg \sigma = p' u \frac{Rr}{J} \quad (123)$$

un šķērsvirzienā

$$T = p'' t = p'' v tg \sigma = p'' v \frac{Rr}{J}, \quad (124)$$

pie kam atstājumus  $u$  un  $v$  ņem no pāļu pamatu zīmējuma.

Kad rezultante atrodas ļoti tuvu pāļu pamatu vidus punktam, tad priekš viena pāļa DE

$$P = P_\sigma + P_x + P_y \quad (125)$$

un

$$T = T_\sigma + T_x + T_y, \dots \dots \dots (126)$$

kur nolīdzinājuma labās puses apzīmē piepūles no griezes kustības ap asi un paralēlu pārbīdišanos gar x- un y-asi. No agrāk sacītā un 149. zīmējuma redzams, ka

$$P_{\sigma} = p' a \sigma = p' \frac{Rra}{J}, P_x = p' \frac{R_1}{R_a} \cos \delta, P_y = p' \frac{R_2}{R_b} \sin \delta \dots (127-a, 127-b, 127-c)$$

un

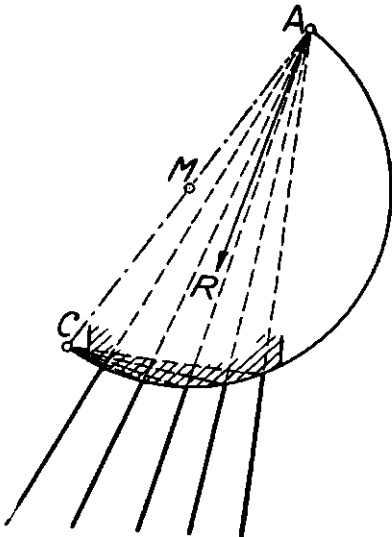
$$T_{\sigma} = p'' b \sigma = p'' \frac{Rrb}{J}, T_x = p'' \frac{R_1}{R_a} \sin \delta, T_y = p'' \frac{R_2}{R_b} \cos \delta, \dots (128-a, 128-b, 128-c)$$

kur a un r ir ar vienādām vai pretējām zīmēm, atkarībā no tā, vai pālis pie griezes kustības ap z-asi padots spiedei vai stiepei, b ir pozitīvs vai negatīvs skatoties vai b atrodās virs vai zem plāksnes, kas iet caur punktu O perpendikulāri pālim. Pāja piepūles ir proporcionālas pārbīdišanās lielumiem. No sacītā dabū, ka pāja piepūle garenases virzienā

$$P = p' \left( \frac{Rra}{J} + \frac{R_1}{R_a} \cos \delta + \frac{R_2}{R_b} \sin \delta \right) \quad (129)$$

un šķērsvirzienā

$$T = p'' \left( \frac{Rrb}{J} + \frac{R_1}{R_a} \sin \delta + \frac{R_2}{R_b} \cos \delta \right), \quad (130)$$



150. zīm.

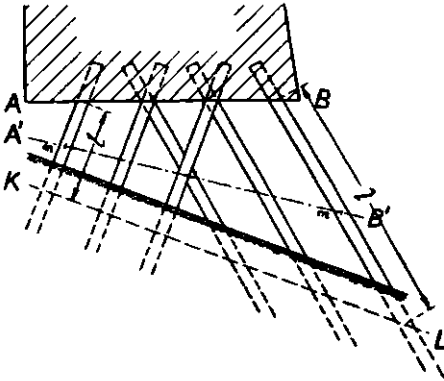
pie kam P izteic spiedi vai stiepi, skatoties vai lielums iekavās ir pozitīvs vai negatīvs un T palielina vai samazina leņķi  $\delta$ , skatoties vai T ir pozitīvs vai negatīvs.

Pāju pamatos jācenšas piepūles T padarīt pēc iespējas mazas, pat novest līdz nullei. Pēdējā prasība  $T=0$  izpildīta, kad katra pāja galvas atstātums v no punkta C ir nulle, t. i. caur pāja galvām vilktās taisnes, perpendikulāras pāja asei, iet caur punktu C (149. zīm.). Ja pāji iedzīti paralēli viens otram slīpā virzienā pret pamatu mūri un tie jāpiepūlē tikai garenvirzienā, tad punkts C atradīsies bezgalībā. Šādā

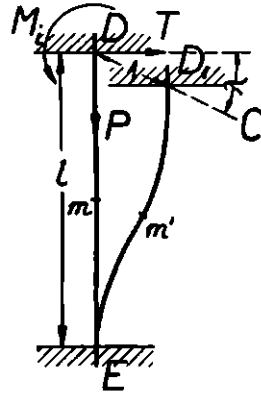
gadījumā pāju slīpumam jāsakrīt ar rezultantes virzienu un pēdējam jāiet caur pāju pamatu vidus punktu O. Gadījumā, kad pāji iedzīti dažādos virzienos, kuji krustojās vienā punktā A (150. zīm.), tad rezultantei R

pie  $T = 0$  arī jāiet caur punktu A un visām caur pāļu galvām vilktām taisnēm, perpendikulārām pāļu garenasēm, jāiet caur punktu C. Pēdējā prasība būs izpildīta, kad pāļu galvas atradīsies uz cilindriskas virsas kuņas garenasē iet caur diametra AC vidus punktu M.

Pāļu pamati ar simetrijas plāksnei paralēliem pāļiem, bet citādi virzītiem jebkuņā virzienā, un cieši iespīlētiem pamatu mūrī.



151. zīm.



152. zīm.

Pieņem, ka pāļu gali iespīlēti gruntī un pamatu mūrī, bet pārējā daļā atrodas virs zemes (151. zīm.), tā ka par pāja gaļumu  $l$  pieņem atstātumu starp pamatu mūra apakšējo malu AB un iespīlējuma vietu gruntī KL; bez tam vēl pieņem, ka pāļiem pastāvēs šķērsgriezums un tie padoti parastiem stīpības un elasticitātes likumiem; beidzot, uz pāļu galvām darbojas spēki  $P$  pāja garenasē virzienā,  $T$  — šķērsvirzienā un iespīlēšanas moments  $M_1$ . Tāpat kā iepriekšējā gadījumā, zem rezultantes iespaida pamatu mūrī iespējama paralēla pārbīdīšanās un abos galos iespīlētā pāja DE galva D pārbīdās DC virzienā un ieņem stāvokli  $D_1$  (152. zīm.), pie kam pārbīdīšanās lielums  $DD_1 = 1$ . Apzīmējot ar  $J_p$  pāja šķērsgriezuma inerces momentu attiecībā pret lieces asi un ar  $E$  pāja materiāla elasticitātes moduli, dabū perpendikulāro pāja pirmatnējai asei izliekšanos

$$1 \cdot \cos \lambda = \frac{T l^3}{3 J_p E} - \frac{M_1 l^2}{2 J_p E} \quad (131)$$

un tā ka griezes leņķim pie  $D_1$  jābūt  $= 0$ , tad

$$\frac{T l^2}{2 J_p E} - \frac{M_1 l}{J_p E} = 0, \quad \dots \dots \dots (132)$$

no kurienes



kur  $\sigma$  apzīmē pamatu mūra griezes leņķi. Pāļa galvas pārbīdīšanās lielums  $t$ , perpendikulāri pāļa asei, atkarājās no  $T_\sigma$  un  $M_{1\sigma}$ , kādēļ

$$t = b \operatorname{tg} \sigma = \frac{T_\sigma l^3}{3J_p E} - \frac{M_{1\sigma} l^2}{2J_p E}; \quad (139)$$

pamatu mūra un pāļa galvas kopīgais griezes leņķis

$$\operatorname{tg} \sigma = \frac{T_\sigma l^3}{2J_p E} - \frac{M_{1\sigma} l}{J_p E}; \quad (140)$$

ievēdot  $p''' = \frac{12J_p E}{l^3}$ , dabū

$$T_\sigma = p''' \left( b - \frac{l}{2} \right) \operatorname{tg} \sigma \quad (141)$$

un

$$M_{1\sigma} = p''' \left( \frac{b}{2} - \frac{l}{3} \right) l \operatorname{tg} \sigma. \quad (142)$$

Ieliekot  $T_\sigma$  un  $M_{1\sigma}$  lielumus momenta nolīdzinājumā, dabū

$$Rr = \left( \Sigma p' a^2 + \Sigma p''' b^2 + \frac{1}{3} \Sigma p''' l^2 - \Sigma p''' bl \right) \operatorname{tg} \sigma; \quad (143)$$

apzīmējot lielumu iekavās ar  $J'$ , dabū

$$Rr = J' \operatorname{tg} \sigma, \quad (144)$$

jeb

$$\operatorname{tg} \sigma = \frac{Rr}{J'} \quad (145)$$

Līdzīgā kārtā, kā pie otrā paņēmiena, atrod paralēlo pārbīdīšanos  $x$ - un  $y$ -virzienā

$$k \cos \nu = \frac{R_1}{R_a} \text{ un } k \sin \nu = \frac{R_2}{R_b}, \quad (146-a, 146-b)$$

no kurienes kopējās kustības griešanās ašes koordinātes

$$x_0 = -\frac{R_2 J'}{R_b \cdot Rr} = -\frac{J'}{R_b r_2} \quad (147)$$

un

$$y_0 = \frac{R_1 J'}{R_a \cdot Rr} = \frac{J'}{R_a r_1}, \quad (148)$$

kur  $r_1$  un  $r_2$  tie paši lielumi, kas otrā gadījumā (149. zīm.).

Kad griezes leņķis  $\sigma$  un griešanās ašes stāvoklis zināmi, var viegli atrast pāļu galvenās piepūles  $P$  un  $T$ , kā arī pāļu iespīlēšanas momentu  $M_l$ . Tos atrod tāpat, kā iepriekšējā gadījumā, liekot  $a$  un  $b$  vietā lielumus  $u$  un  $v$ , attiecinātus uz pamatu mūra kopējās pārbīdīšanās un griešanās asi  $C$ , vai lietojot vispārīgo izteiksmi  $P = P_\sigma + P_x + P_y$ ,  $T = T_\sigma + T_x + T_y$  un  $M_l = M_{1\sigma} + M_{1x} + M_{1y}$ , kur nolīdzinā-



jumu labās puses lielumi apzīmē pāju galvenās piepūles un iespīlēšanas momentu, kas atbilst paralēlām pārbīdīšanām  $x$ - un  $y$ -virzienā un griezes kustībai ap  $z$ -asi.

Piepūles pāja garenvirzienā, tāpat kā otrā gadījumā,

$$P = p' \left( \frac{R_1}{J'} + \frac{R_1}{R_a} \cos \delta + \frac{R_2}{R_b} \sin \delta \right) \quad (149)$$

Sāniskās piepūles aprēķinātas tāpat kā iepriekšējā gadījumā

$$T_\sigma = p''' \left( b - \frac{1}{2} \right) \operatorname{tg} \sigma = \frac{p''' \left( b - \frac{1}{2} \right) R_r}{J'}; \quad (150)$$

tāpat arī aprēķināts iespīlēšanas moments

$$M_{i\sigma} = p''' \left( \frac{b}{2} - \frac{1}{3} \right) l \operatorname{tg} \sigma = \frac{p''' \left( \frac{b}{2} - \frac{1}{3} \right) l R_r}{J'} \quad (151)$$

Paralēlā pārbīdīšanās  $x$ -virzienā pēc otrā paņēmiena

$$t_x = \frac{R_1}{R_a} \cdot \sin \delta = \frac{T_x l^3}{3J_p E} - \frac{M_{ix} l^2}{2J_p E} \quad (152)$$

un

$$\operatorname{tg} \sigma = \frac{T_x l^2}{2J_p E} - \frac{M_{ix} l}{J_p E}; \quad (153)$$

paralēlā pārbīdīšanās  $y$ -virzienā

$$t_y = \frac{R_2}{R_b} \cdot \cos \delta = \frac{T_y l^3}{3J_p E} - \frac{M_{iy} l^2}{2J_p E} \quad (154)$$

un

$$\operatorname{tg} \sigma = \frac{T_y l^2}{2J_p E} - \frac{M_{iy} l}{J_p E}. \quad (155)$$

Ieliekot  $p''' = \frac{12J_p E}{l^3}$  augšējos nolīdzinājumos, dabū

$$T_x = p''' \cdot \frac{R_1}{R_a} \sin \delta, M_{ix} = \frac{1}{2} T_x l = \frac{1}{2} p''' \cdot \frac{R_1}{R_a} l \sin \delta, \dots (156-a, 156-b)$$

$$T_y = -p''' \cdot \frac{R_2}{R_b} \cos \delta, M_{iy} = \frac{1}{2} T_y l = -\frac{1}{2} p''' \cdot \frac{R_2}{R_b} l \cos \delta; \dots (157-a, 157-b)$$

ieliekot dabūtos lielumus vispārīgos nolīdzinājumos priekš  $T$  un  $M_i$ , dabū formulas sānisko piepūļu un iespīlējuma momenta aprēķināšanai

$$T = p''' \left[ \frac{\left(b - \frac{1}{2}\right) Rr}{J'} + \frac{R_1}{R_a} \cdot \sin \delta - \frac{R_2}{R_b} \cdot \cos \delta \right]. \quad (158)$$

un

$$M_t = \frac{1}{2} p''' \left[ \frac{\left(b - \frac{2}{3}\right) Rr}{J'} + \frac{R_1}{R_a} \cdot \sin \delta - \frac{R_2}{R_b} \cdot \cos \delta \right] \quad (159)$$

Pozitīvais  $T$  palielina leņķi  $\delta$  un ja  $T$  darbojās pretim pāļa liecei, tad iespīlēšanas moments arī būs pozitīvs. Lielumu  $b$  ņem pozitīvu vai negatīvu, skatoties vai pāļa galva atrodas virs vai zem plāksnes, kas perpendikulāra pāļa asei un iet caur vidus punktu  $O$ .

No sacītā redzams, ka Gullander's savā pāļu pamatu aprēķināšanas paņēmienā pāļu slodzes uzskata, kā funkciju no iedarbojošo spēku komponentēm. spēku  $R_1$  un  $R_2$  virzienā un no momenta ap nulles punktu. Tālāk, Gullander's pieņem, ka pāji var uzņemt sānspēkus, perpendikulārus savai garenasei; šos sānspēkus lociklām savienota pāļu sistēma var uzņemt vienīgi tad, ja pieņem, ka pāji atrodās pilnīgi zemē; tā tad tiem liela nozīme zemos pāļu režģogos. Tad, Gullander's par koordinātsistēmas asēm pieņem galvenās ases. Gullander'a gala formulas praktiskam darbam mazāk piemērotas, jo iepriekš visi pāļu virzieni jāattiecinā uz slīpām galvenām asēm, bez tam ārējie spēki nav sadalīti virzienā  $N$  un  $H$ , bet virzienā  $R_1$  un  $R_2$ , beidzot, gala formulas nav attiecinātas lielumam  $R_1 = 1$  un  $R_2 = 1$ , resp.  $N = 1$  un  $H = 1$ , bet gan patiesi atrastam  $R_1$  un  $R_2$  lielumam. Gullander's pieder pie tiem nedaudziem autoriem, kuŗi savus pāļu sistēmu aprēķināšanas paņēmienus lieto arī pāļu sistēmām telpā, tikai ar vienīgo ierobežojumu, ka pāļiem jābūt simetriskiem vienai plāksnei.

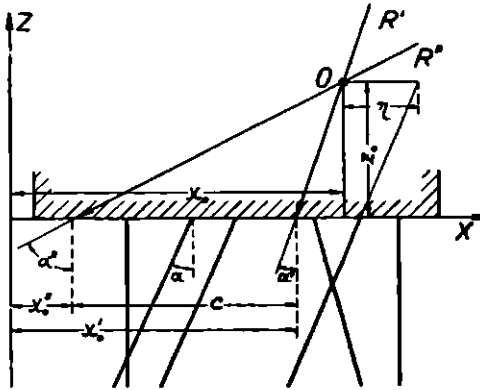
**Nökkentved'a paņēmiens.** Pārskatāmu un praksei viegli piemērojamu pāļu pamatu aprēķināšanas paņēmienu dod Nökkentved's, kas dibināts uz pieņēmuma, ka 1) pāļa veidmaiņas garenvirzienā pieaug tieši līdz ar slodzi, 2) pāļa galvas lieces un griezes lielumi atkarīgi tieši no to spēku lieluma, kas šīs kustības izsauc un 3) pamatu mūra elastiskās veidmaiņas attiecībā uz pāļu elastiskām veidmaiņām nav ņemamas vērā,

Nökkentved's savu aprēķināšanas paņēmienu lieto trim gadījumiem:

- 1) lociklu savienojums pāļu augšgalā un lejas galā,
- 2) lociklu savienojums pāļu augšgalā (pamatu mūrī) un iespīlējums pāļu lejas galā (gruntī),
- 3) iespīlējums pāļu augšgalā un lejas galā.

Lociklu savienojums pāju augšgalā un lejas galā.  $P, P_1, P_2$  u. t. t. apzīmē atsevišķu pāju slodzes;  $\alpha, \alpha_1, \alpha_2$  u. t. t. — leņķus starp spēku  $P, P_1, P_2 \dots$  virzieniem un vertikāli, pie kam  $\alpha, \alpha_1, \alpha_2$  pozitīvi, ja to virziens no vertikāles iet pulksteņa rādītāja virzienā (154. zīm.). Pārvietojoties pamatu mūrī vertikāli uz leju par lielumu  $= 1$ , pāja slodzes vertikālā komponente ir  $P \cos \alpha = v$ , kamēr šo slodžu rezultante  $= \frac{\sum v}{\cos \alpha}$  un darbojās  $R'$  virzienā. Ja pāju pamatus slodzē spēks  $R'$  pozitīvi (154. zīm.), tad pāja slodzes vertikāla komponente

$$P \cos \alpha = R' \cos \alpha' \frac{v}{\sum v}. \quad (160)$$



154. zīm.

Pārvietojoties pamatu mūrī horizontālā virzienā uz kreiso pusi par lielumu  $= 1$ , pāju vertikālā komponente  $P \cos \alpha = v \operatorname{tg} \alpha$  un slodžu rezultante  $= \frac{\sum v \operatorname{tg}^2 \alpha}{\sin \alpha''}$  kas darbojās  $R''$  virzienā. Tā tad ja pāju pamatus slodzē spēks  $R''$  pozitīvi, tad

$$P \cos \alpha = R'' \sin \alpha'' \frac{v \operatorname{tg} \alpha}{\sum v \operatorname{tg}^2 \alpha} \quad (161)$$

Pagriežoties pamatu mūrī zem momenta  $M$  iespaida ap  $R'$  un  $R''$  krustošanos punktu  $O$  — pāju pamatu nulles punktu — pozitīvi, tad griezes leņķis

$$\sigma = \frac{M}{J}, \quad (162)$$

kur ar  $J$  apzīmēts pāju pamatu inerces moments attiecībā uz nulles punktu  $O$ . Pāja slodzes vertikālā komponente

$$P \cos \alpha = M \frac{v \eta}{J}, \quad (163)$$

kur  $\eta = x - x_0 + z_0 \operatorname{tg} \alpha$ , pie kam nulles punkta O ordinate  $z_0 = \frac{c}{\operatorname{tg} \alpha'' - \operatorname{tg} \alpha'}$

un abscise  $x_0 = x_0' + z_0 \operatorname{tg} \alpha'$ , kur  $x_0' = \frac{\Sigma v x}{\Sigma v}$ . Jebkurā slodzi var atvietot ar

spēkiem  $R'$ ,  $R''$  un momentu  $M$ ; pāļa slodzes vertikālā komponente

$$P \cos \alpha = R' \cos \alpha' \frac{v}{\Sigma v} + R'' \sin \alpha'' \frac{v \operatorname{tg} \alpha}{\Sigma v \operatorname{tg}^2 \alpha} + M \frac{v \eta}{J} \quad (164)$$

Caur pāļu pamatu nulles punktu O ejošais spēks tikai pārbīda pamatu mūri, bet neizsauc griezes kustību, un katrs uz pamatu mūri darbojošais moments griež to ap nulles punktu. Saliekot ārējo spēku rezultanti  $R$  momentā  $M$  un otrā vienāda lieluma caur nulles punktu O ejošā spēkā, kuŗa vertikālā komponente ir  $N = R' \cos \alpha' + R'' \cos \alpha''$  un horizontālā  $H = R' \sin \alpha' + R'' \sin \alpha''$ , dabū

$$P \cos \alpha = N \frac{v}{\Sigma v} \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha'' - \operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \alpha'' - \operatorname{tg} \alpha'} + H \frac{v}{\Sigma v \operatorname{tg} \alpha} \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \alpha'}{\operatorname{tg} \alpha'' - \operatorname{tg} \alpha'} + M \frac{v \eta}{J}, \quad (165)$$

kur

$$\operatorname{tg} \alpha' = \frac{\Sigma v \operatorname{tg} \alpha}{\Sigma v} \quad \text{un} \quad \operatorname{tg} \alpha'' = \frac{\Sigma v \operatorname{tg}^2 \alpha}{\Sigma v \operatorname{tg} \alpha}.$$

Katrs uz pamatu mūri iedarbojošais ārējais spēks vispār izsauc mūŗa pagriešanos un pārbīdīšanos kādā citā virzienā. Bet katrā pamatu mūrī atrodami divi — viens otram perpendikulāri virzieni, kuŗos iedarbojošie ārējie spēki izsauc tikai mūŗa pārbīdīšanos tai pašā virzienā, bet griezes kustību nemaz neizsauc. Šos abus virzienus nosauc par pamatu mūŗa galvenām asēm un to stāvokli nosaka leņķis starp tām un vertikāli, t. i.  $\omega$  un  $\omega + \frac{\pi}{2}$ , kuŗus var aprēķināt pēc nolidzinājuma

$$\operatorname{tg} 2 \omega = \frac{2 \Sigma v \operatorname{tg} \alpha}{\Sigma v - \Sigma v \operatorname{tg}^2 \alpha} = \frac{2}{\operatorname{ctg} \alpha' - \operatorname{tg} \alpha''} \quad (166)$$

Lociklu savienojums pāļu augšgalā un iespīlējums pāļu lejas galā. Šinī gadījumā pāļa pretestība parādās nevien tikai pāļa virzienā, bet, pateicoties pāļa iespīlējumam lejas galā, arī virzienā, kas perpendikulārs pāļa asei. Pie pārbīdīšanās

lieluma = 1, pretestība pāļa virzienā =  $\frac{EF}{s_2}$ , kur  $s_2$  — pāļa saspīšanās

lielums, pretestība pāļa galvā pie pārbīdīšanās lieluma = 1, perpendikulāri pāļa asei, ir  $\frac{3EJ}{s_1^3}$ , kur  $s_1$  — pāļa iespīlējuma lielums. Aprēķinā

katra istā pāļa vietā ievēd „iedomātu pāli”, kuŗa virziens perpendikulārs istā pāļa virzienam, un iedarbes punkts sakrīt ar istā pāļa iedarbes punktu (155. zīm.), bet pretestības

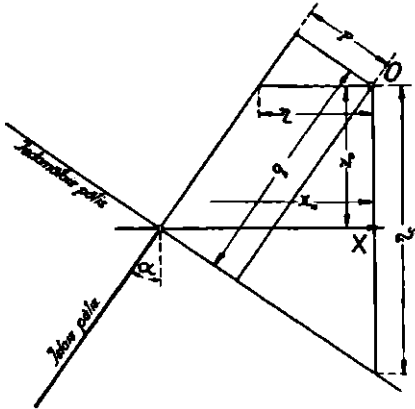
faktors =  $\frac{3EJ}{s_1^3}$ ; tādā gadījumā dabū

jaunu pāļu pamatu sistēmu, kas statiskā un elastiskā ziņā sakrīt ar īsteno, bet jaunais pamatu mūris vienkārši balstās uz pāļiem.

Priekš „iedomātiem pāļiem” lieto

jaunu apzīmējumu  $u = \frac{3EJ}{s_1^3} \cos^2 \alpha$ .

Pāļu slodžu rezultantes  $R'$ , kā arī  $R''$  virzienus nosaka (154. zīm.) nolīdzinājumi



155. zīm.

$$\operatorname{tg} \alpha' = \frac{\Sigma (v - u) \operatorname{tg} \alpha}{\Sigma (v + u \operatorname{tg}^2 \alpha)} \quad (167)$$

un

$$\operatorname{tg} \alpha'' = \frac{\Sigma (v \operatorname{tg}^2 \alpha + u)}{\Sigma (v - u) \operatorname{tg} \alpha} \quad (168)$$

kur tāpat kā pirmā gadījumā,  $R'$  horizontālā komponente vienāda ar  $R''$  vertikālo komponenti =  $(v - u) \operatorname{tg} \alpha$ , bet  $R'$  vertikālā komponente =  $(v + u \operatorname{tg}^2 \alpha)$  un  $R''$  horizontālā komponente =  $(v \operatorname{tg}^2 \alpha + u)$ .

Jebkuŗš spēks, kas iet caur rezultantu  $R'$  un  $R''$  krustošanos punktu O, izsauc pamatu mūŗa paralēlu pārbīdīšanos, bet ja uz to iedarbojās moments M, tad tas griezās ap punktu O. Griezes leņķis

$$\sigma = \frac{M}{J_1} \quad (169)$$

kur

$$J_1 = \Sigma \frac{EF}{s_2} \cdot p^2 + \Sigma \frac{3EJ}{s_1^3} \cdot q^2 = \Sigma v \eta^2 + u \eta_s^2 \quad (170)$$

Apzīmējumi p, q,  $\eta$  un  $\eta_s$  parādīti 155. zīmējumā. Nulles punkta O stāvokli nosaka tā ordinate  $z_0 = \frac{c}{\operatorname{tg} \alpha'' - \operatorname{tg} \alpha'}$ , kur  $c = x'_0 - x''_0$ , un abs-

cise  $x_0 = x'_0 + z_0 \operatorname{tg} \alpha'$  (154. zīm.). Lielumus  $\eta$  un  $\eta_s$  nosaka formulas

un 
$$\eta = x - x_0 + z_0 \operatorname{tg} \alpha \quad (171)$$

$$\eta_s = z_0 - (x - x_0) \operatorname{tg} \alpha \quad (172)$$

Atsevišķo pāju slodzes dabū pēc nolīdzinājuma

$$P \cos \alpha = N \frac{v}{\Sigma (v + u \operatorname{tg}^2 \alpha)} \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha'' - \operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \alpha'' - \operatorname{tg} \alpha'} + \\ + H \frac{v}{\Sigma (v - u) \operatorname{tg} \alpha} \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \alpha'}{\operatorname{tg} \alpha'' - \operatorname{tg} \alpha'} + M \frac{v \cdot \eta}{J_1} \quad (173)$$

Pāja galvā, perpendikulāri pāja asei, iedarbojošos spēkus („iedomāto pāju” slodzes) atrod pēc nolīdzinājuma

$$T \cos \alpha = -N \frac{u}{\Sigma (v + u \operatorname{tg}^2 \alpha)} \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha'' \operatorname{tg} \alpha + 1}{\operatorname{tg} \alpha'' - \operatorname{tg} \alpha'} + \\ + H \frac{u}{\Sigma (v - u) \operatorname{tg} \alpha} \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha' \operatorname{tg} \alpha + 1}{\operatorname{tg} \alpha'' - \operatorname{tg} \alpha'} + M \frac{u \cdot \eta_s}{J_1} \quad (174)$$

Pāju iespīlējuma moments gruntī

$$M_t = T \cdot s_1 \quad (175)$$

Galvenām asēm stāvokli nosaka pēc formulas

$$\operatorname{tg} 2 \omega = \frac{2 \Sigma (v - u) \operatorname{tg} \alpha}{\Sigma (v + u \operatorname{tg}^2 \alpha) - \Sigma (v \operatorname{tg}^2 \alpha + u)} = \frac{2}{\operatorname{ctg} \alpha' - \operatorname{tg} \alpha''} \quad (176)$$

kur  $\omega$ , resp.  $\omega + \frac{\pi}{2}$  apzīmē leņķus starp galvenām asēm un vertikāli

Iespīlējums pāju augšgalā un lejas galā. Apskatot šo trešo gadījumu, bez diviem minētiem spēkiem iepriekšējos gadījumos, nāk klāt vēl pāja galvas iespīlējuma moments. Arī šinī aprēķinā ievēd tā saucamos „iedomātos pājus”, kas atrodās tādā stāvoklī, ka no viņiem veidoto pāju pamatu var tāpat apskatīt, kā iepriekšējā gadījumā. „Iedomātie pāji” iespīlējuma vidus punktā perpendikulāri istiem pājiem (156. zīm.).

Bez apzīmējuma  $v = \frac{EF}{s_2} \cos^2 \alpha$  ievēd arī šinī gadījumā priekš „iedomātiem pājiem” jaunu apzīmējumu

$$r = \frac{12 EJ}{s_1^3} \cos^2 \alpha \quad (177)$$

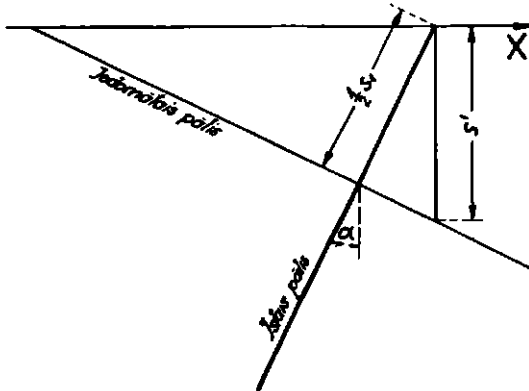
Pie vertikālas paralēlas pārbīdīšanās = 1 uz leju dabū rezultanti  $R'$ , kuņas stāvokli nosaka nolīdzinājums

$$\operatorname{tg} \alpha' = \frac{\Sigma (v - r) \operatorname{tg} \alpha}{\Sigma (v + r \operatorname{tg}^2 \alpha)}, \quad (178)$$

kur  $\alpha'$  — leņķis starp  $R'$  virzienu un vertikāli (154. zīm.). Pārbīdoties paralēli uz kreiso pusi horizontālā virzienā par lielumu = 1, dabū pāju slodžu rezultanti  $R''$ , kuŗas stāvokli caur leņķi  $\alpha''$  (154. zīm.) nosaka nolīdzinājums

$$\operatorname{tg} \alpha'' = \frac{\Sigma (v \operatorname{tg}^2 \alpha + r)}{\Sigma (v - r) \operatorname{tg} \alpha}. \quad (179)$$

Abos nolīdzinājumos lielums  $\Sigma (v - r) \operatorname{tg} \alpha$  apzīmē  $R'$  horizontālo komponenti un  $R''$  vertikālo komponenti, bet lielums  $\Sigma (v + r \operatorname{tg}^2 \alpha)$  —  $R'$  vertikālo komponenti un  $\Sigma (v \operatorname{tg}^2 \alpha + r)$  —  $R''$  horizontālo komponenti.



156. zīm.

Jebkuŗš spēks, kas iet caur rezultantu  $R'$  un  $R''$  krustošanās punktu  $O$ , izsauc pamatu mūŗa paralēlu pārbīdišanos, bet ja uz to iedarbojas moments  $M$ , tad pēdējais izsauc griezes kustību ap punktu  $O$ . Griezes leņķa  $\sigma'$  lielumu nosaka nolīdzinājums

$$\sigma' = \frac{M}{J_2}, \quad (180)$$

kur

$$J_2 = \Sigma v \eta^2 + \Sigma r (\eta_s + s')^2 + \frac{1}{3} \Sigma r s'^2, \quad (181)$$

pie kam apzīmējumi zināmi no iepriekšējā un no zīmējumiem. Nulles punkta  $O$  stāvokli nosaka tā ordinate

$$z_0 = \frac{x_0' - x_0'' - \frac{\Sigma s' r \operatorname{tg} \alpha}{\Sigma (v + r \operatorname{tg}^2 \alpha)} - \frac{\Sigma r s'}{\Sigma (v - r) \operatorname{tg} \alpha}}{\operatorname{tg} \alpha'' - \operatorname{tg} \alpha'} \dots (182)$$

un abscise

$$x_0 = x'_0 + z_0 \operatorname{tg} \alpha' - \frac{\Sigma s' r \operatorname{tg} \alpha}{\Sigma (v + r \operatorname{tg}^2 \alpha)} \quad (154. \text{ zīm.}), \quad (183)$$

kur  $s' = \frac{s_1}{2 \cos \alpha}$  (156. zīm.).

Atsevišķo pāju slodzes dabu pēc nolidzinājuma

$$\begin{aligned} P \cos \alpha &= N \frac{v}{\Sigma (v + r \operatorname{tg}^2 \alpha)} \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha'' - \operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \alpha'' - \operatorname{tg} \alpha'} + \\ &+ H \frac{v}{\Sigma (v - r) \operatorname{tg} \alpha} \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \alpha'}{\operatorname{tg} \alpha'' - \operatorname{tg} \alpha'} + M \frac{v \eta}{J_2} \end{aligned} \quad (184)$$

Perpendikulāros pāja asei spēkus, resp. „iedomāto pāju” slodzes atrod pēc nolidzinājuma

$$\begin{aligned} T \cos \alpha &= -N \frac{r}{\Sigma (v + r \operatorname{tg}^2 \alpha)} \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha'' \operatorname{tg} \alpha + 1}{\operatorname{tg} \alpha'' - \operatorname{tg} \alpha'} + \\ &+ H \frac{r}{\Sigma (v - r) \operatorname{tg} \alpha} \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha' \operatorname{tg} \alpha + 1}{\operatorname{tg} \alpha'' - \operatorname{tg} \alpha'} + M \frac{r (\eta_s + s')}{J_2} \end{aligned} \quad (185)$$

Griezes moments

$$M_s = -\frac{r s'^2}{3 J_2} \cdot M. \quad (186)$$

un pāja iespīlējuma moments augšgalā

$$M_0 = M_s - T \cdot \frac{s'}{2}, \quad (187)$$

lejas galā

$$M_u = M_s + T \cdot \frac{s'}{2} \quad (188)$$

Galvenām asēm stāvokli nosaka pēc formulas

$$\operatorname{tg} 2 \omega = \frac{2 \Sigma (v - r) \operatorname{tg} \alpha}{\Sigma (v + r \operatorname{tg}^2 \alpha) - \Sigma (v \operatorname{tg}^2 \alpha + r)} = \frac{2}{\operatorname{ctg} \alpha' - \operatorname{tg} \alpha''}, \quad (189)$$

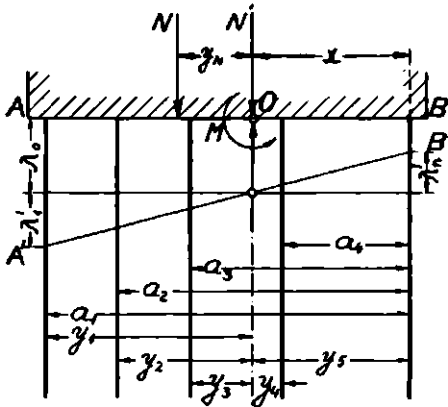
kur  $\omega$  apzīmējums zināms no iepriekšējiem gadījumiem.

Kā redzams, Nökkentved's sava aprēķināšanas paņēmienu izvešanai lieto brīvi izvēlētu vienkārši novietotu koordinātu sistēmu, kuŗas labais augšējais kvadrants pozitīvs (+ x, + z). Nökkentved's, tāpat kā Gullander's, lieto savus pāju sistēmu aprēķināšanas paņēmienus arī pāju sistēmām telpā, tikai ar to atšķirību no Gullander'a, ka pāju stāvoklis var būt dubulti-simetrisks, t. i. tie var būt simetriski divām vertikālām, vienai pret otru perpendikulārām plaksnēm. Pēc Nökkentved'a paņēmienu aprēķināšanas gājiens ļoti vienkāršs un pārskatams, pie kam tomēr vienkāršošana nemazina rezultātu precizitāti.



Līdzīgi Nöckentved'am izved Ostentfeld's savu pāļu pamatu aprēķināšanas paņēmieni, tikai sistēmas nulles punkts sakrīt ar koordinātu sistēmas izejas punktu un par pozitīvu (+ x, + y) pieņemts kreisais augšējais kvadrants.

Arī Wunsch'a nolīdzinājumi pāļu pamatu aprēķināšanai galvenos vilcienos vienādi ar augstāk apskatītiem, tikai aprēķins izvests, pieņemot galvenās ases par koordinātu sistēmas asēm, caur ko gan gala formulas pāļu slodzēm iznāk ļoti vienkāršas, bet iepriekš nepieciešams pāļu virzienus attiecināt uz slīpām galvenām asēm; tas prasa



157. zīm.

lielu rēķināšanas darbu, tā ka domātais darba ietaupījums beidzot var izrādīties ļoti problematisks. Bez tam Wunsch'a formulas noderīgas tikai sistēmām ar konstantu E un visiem pāļiem vienādu F.

Hedde un Labutin's atrod pāļu slodzes lielumus vienīgi grafiskā ceļā. Grafiskais paņēmiens dibināts uz Nöckentved'a atzinumiem, bet uzrāda visus trūkumus, kādi vispārīgi grafiskiem paņēmieniem ir salīdzinot tos ar analītiskiem, kādēļ precīziem aprēķiniem neder.

**Jacoby'a paņēmiens.** Aprēķināšanas paņēmieni pāļu sistēmai plāksnē ar pāļiem vienā — vertikālā — virzienā dod prof. Jacoby's 1909. g. un 1925. g. Pamatu mūri AB (157. zīm.) Jacoby's uzskata par cietu siju uz n pāļiem, kuņi iedzīti gruntī tik dziļi, ka vairāk iedziļināties nevar, bet var vienīgi saspīesties, tā ka visus pāļus var uzskatīt par elastīgiem balstiem 1, 2, 3...n. Ārējo spēku rezultantes R vertikāla komponente N izsauc pāļu saspīēšanos un AB ieņem stāvokli A'B'. Apzīmējot ar  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3 \dots \lambda_n$  saspīēšanās lielumu attiecīgiem pāļiem un ar  $P_1, P_2, P_3 \dots P_n$  attiecīgus spēkus, kas izsauc minēto saspīēšanos, ar  $l_1, l_2, l_3 \dots l_n$  — pāļu garumus, ar  $F_1, F_2, F_3 \dots F_n$  — pāļu šķērsgrīezuma laukumus un ar E elasticitātes moduli, dabū  $\lambda = \frac{P \cdot l}{E \cdot F}$  no kurienes

$$P = \lambda \frac{E \cdot F}{l} \text{ un } N = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n = E \cdot \Sigma \left( \lambda \cdot \frac{F}{l} \right).$$

Lai atrastu pāļu sistēmas smaguma punktu O, t. i. tādu punktu, ka caur viņu ejošais spēks N izsauc visos pāļos vienādus saspīēšanos

lielumus  $\lambda_1 = \lambda_2 \dots = \lambda_n = \lambda_0$ , vajaga punktā O ņemt divus vienādus un vienu otram pretējos virzienos vērstus spēkus  $N' = N$ ; tad spēka N vietā dabū spēku  $N'$  un momentu  $M = Ny_N$ . Spēks  $N'$  izsauc vienmērīgu saspiešanos pājos un moments M — pamatu mūrga griešanos ap smaguma punktu O, kas savukārt izsauc pājos papildu saspiešanos  $\lambda'_1, \lambda'_2 \dots \lambda'_n$ , kāš nav visiem pājiem vienāda, bet pieaug līdz ar atstātuma palielināšanos no smaguma punkta O. Pāju sistēmas smaguma punkta O stāvokli nosaka momentu nolīdzinājums, kas sastādīts attiecībā uz punktu virs n-pāja,

$$N' \cdot x = \lambda_0 E \cdot \Sigma \left( \frac{F}{l} a \right), \quad (190)$$

no kurienes

$$x = \frac{\lambda_0 E \Sigma \left( \frac{F}{l} a \right)}{N'} = \frac{\Sigma \left( \frac{F}{l} a \right)}{\Sigma \left( \frac{F}{l} \right)}, \quad (191)$$

jo

$$N' = \lambda_0 E \cdot \Sigma \left( \frac{F}{l} \right)$$

Papildu saspiešanās lieluma  $\lambda'_1, \lambda'_2 \dots \lambda'_n$  atrašanai, apzīmē pāju atstātumus no smaguma punkta O ar  $y_1, y_2 \dots y_n$ , tad

$$N \cdot y_N = \lambda'_1 \frac{E \cdot F_1}{l_1} y_1 + \lambda'_2 \frac{E \cdot F_2}{l_2} y_2 + \dots + \lambda'_n \frac{E \cdot F_n}{l_n} y_n \quad (192)$$

No 157. zīmējuma redzams, ka

$$\frac{\lambda'_1}{y_1} = \frac{\lambda'_2}{y_2} = \dots = \frac{\lambda'_n}{y_n},$$

jeb

$$\lambda'_2 = \frac{\lambda'_1}{y_1} y_2; \lambda'_3 = \frac{\lambda'_1}{y_1} y_3 \dots \lambda'_n = \frac{\lambda'_1}{y_1} y_n.$$

Liekot iepriekšējā nolīdzinājumā  $\lambda'_2, \lambda'_3 \dots \lambda'_n$  vietā viņu lielumus, dabū

$$\begin{aligned} N \cdot y_N &= \frac{\lambda'_1}{y_1} y_1^2 \frac{E \cdot F_1}{l_1} + \frac{\lambda'_1}{y_1} y_2^2 \frac{E \cdot F_2}{l_2} + \dots \\ &\dots + \frac{\lambda'_1}{y_1} y_n^2 \frac{E \cdot F_n}{l_n} = E \frac{\lambda'_1}{y_1} \Sigma \left( \frac{F}{l} y^2 \right) \end{aligned} \quad (193)$$

jeb

$$N \cdot y_N = E \frac{\lambda'_2}{y_2} \Sigma \left( \frac{F}{l} y^2 \right) = \dots = E \frac{\lambda'_n}{y_n} \Sigma \left( \frac{F}{l} y^2 \right). \quad (194)$$

no kurienes

$$\lambda'_1 = \frac{N \cdot y_N \cdot y_1}{E \cdot \Sigma \left( \frac{F}{l} y^2 \right)}; \lambda'_2 = \frac{N \cdot y_N \cdot y_2}{E \cdot \Sigma \left( \frac{F}{l} y^2 \right)} \text{ u. t. t.}$$

Kopīgais pāju saspiešanās lielums

$$\lambda_1 = \lambda_0 + \lambda'_1 = \frac{N}{E \cdot \Sigma \left( \frac{F}{l} \right)} + \frac{N \cdot y_N \cdot y_1}{E \cdot \Sigma \left( \frac{F}{l} y^2 \right)} = \frac{1}{E} \cdot \left[ \frac{N}{\Sigma \left( \frac{F}{l} \right)} + \frac{N \cdot y_N \cdot y_1}{\Sigma \left( \frac{F}{l} y^2 \right)} \right], \quad (195)$$

$$\lambda_2 = \lambda_0 + \lambda'_2 = \frac{N}{E \cdot \Sigma \left( \frac{F}{l} \right)} + \frac{N \cdot y_N \cdot y_2}{E \cdot \Sigma \left( \frac{F}{l} y^2 \right)} = \frac{1}{E} \cdot \left[ \frac{N}{\Sigma \left( \frac{F}{l} \right)} + \frac{N \cdot y_N \cdot y_2}{\Sigma \left( \frac{F}{l} y^2 \right)} \right] \text{ u. t. t.}$$

Liekot nolīdzinājumā  $P = \lambda \cdot \frac{E \cdot F}{l}$  atrastos  $\lambda$  lielumus, dabū atsevišķo pāju slodzes

$$P_n = \frac{E \cdot F_n}{E \cdot l_n} \left[ \frac{N}{\Sigma \left( \frac{F}{l} \right)} + \frac{N \cdot y_N \cdot y_n}{\Sigma \left( \frac{F}{l} y^2 \right)} \right] \quad (196)$$

Aprēķinu var vienkāršot, pieņemot visiem pājiem vienādus  $F$  un  $l$ , tad

$$x = \frac{\Sigma(a)}{n} \quad (197)$$

un

$$P_n = \frac{N}{n} + \frac{N \cdot y_N \cdot y_n}{\Sigma y^2} \quad (198)$$

Šādu vienkāršojumu ieteicams lietot iepriekšējos aprēķinos, kur atrod vai atstātumi starp pājiem grozami, vai jālieto citāda diametra pāji u. t. t. Kad šādā ceļā attiecīgi lielumi izlaboti, izdara pēdējo kontrolaprēķinu.

Rezultantes  $R$  horizontālā komponente  $H$  iedarbojās uz pāju galvām. Vertikāli pāji izrāda pretestību šim sānspēkam vienīgi caur lodzi, kas sevišķi pie gariem pājiem nav liela. Tādēļ pāju pamatos horizontālo spēku uzņemšanai lieto slīpus pājus. Pie horizontālo spēku sadalīšanas uz atsevišķiem slīpiem pājiem var rīkoties pēc Williot'a pārbīdīšanās plāna, pieņemot ka pāju galvu horizontālā pārbīdīšanās visiem pājiem vienāda, pie kam pāju galvas pārbīdīšanās vertikāli uz leju zem horizontālo spēku iespaida nav ņemta vērā; pēdējais — ne arvien pareizs, jo atkarībā no pāju pamatu konstrukcijas šī vertikālā pārbīdīšanās uz

leju zem horizontālo spēku iespaida var būt pietiekoši liela, lai visu spēku sadalījumu uz pāļiem grozītu.

Beidzot apskatīt šo paņēmieni, jāaizrāda, ka tas ir lietojams pāļu pamatu aprēķināšanai vienīgi tādā gadījumā, ja visiem pāļiem vienāds virziens, jo pretējā gadījumā, kad pāji iedzīti dažādos virzienos, šis paņemiens var dot nepareizu rezultātu.

Visiem pārējiem elasticitātes paņēmieniem pie pāļu pamatu aprēķināšanas arvien jādod vienādi rezultāti, jo tie visi atrisināti, pieņemot vienādus priekšnoteikumus. Rezultātu dažādība izskaidrojama vienīgi ar neprecizitāti rēķināšanā vai zīmējumos. Pāļu slodzes nostādīšana atkarībā no komponentēm  $N$ ,  $H$  un momenta  $M$  padara aprēķinu vienkāršāku. Tālab arī ir praktiski pāļu sistēmas nulles punktu iepriekš noteikt. Visi pārējie paņēmieni ir daudz neērtāki. Lietojot nulles punktu, pāļu pamatu aprēķināšana vienkāršāki izdarama pie brīvi izvēlētas koordinātu sistēmas, kādēļ pāļu pamatu galveno asu lietošana augstāk minētās koordinātu sistēmas vietā nav atzīstama par lietderīgu, jo prasa lieku rēķināšanas darbu, lai atrastu visus pāļu virzienu leņķus.

Atkarībā no precizitātes, ar kādu domāts aprēķināt pāļu pamatus, kā arī no pašu pāļu pamatu veida un konstrukcijas, var lietot Gullander'a, Nökkentved'a un Jacoby'a paņēmienus. Bet ja ir pielaižams tuvinu paņemiens, tad pirmā vietā stādama spraiguma diagramas metode un pēc tam Culmann'a momentu metode.

Aprēķinot pēc viena no augstāk minētiem paņēmieniem pāja slodzes lielumu un pielaižamo spiedes piepūli pālī, atrod vajadzīgo pāja šķērsriezuma laukumu un tā diametru, resp. šķērsriezuma izmērus. Pie augstiem pāļu režģogiem pāji bez tam vēl jāaprēķina uz lodzi, uzskatot tos kā grunti iespīlētus lejas galā un locīklām savienotus (piem. pie koka režģoga) vai iespīlētus (piem. pie betona plates) augšgalā, lietojot pie tam Euler'a trešo formulu

$$P_k = 2 \pi^2 \cdot \frac{E \cdot J}{k \cdot l^2} \quad (199)$$

vai ceturto formulu

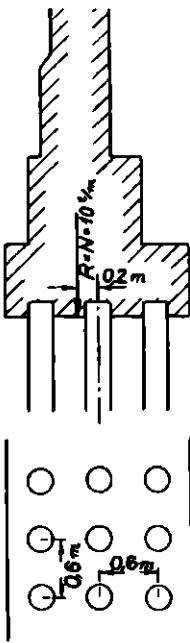
$$P_k = 4 \pi^2 \cdot \frac{E \cdot J}{k \cdot l^2}, \quad (200)$$

kur  $E$  — elasticitātes modulis,  $J$  — inerces moments,  $l$  — pāja brīvais garums un  $k$  — drošības koeficients (parasti  $k = 10$ ).

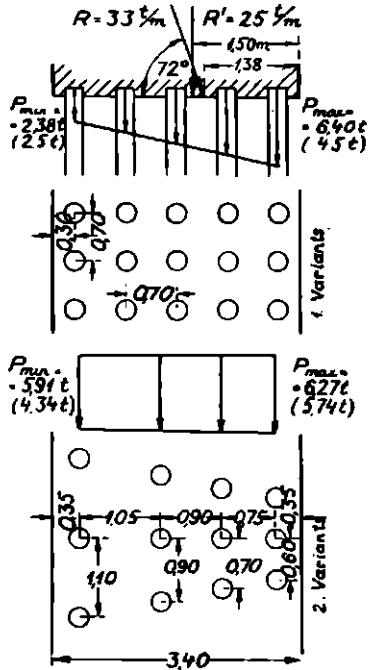
## X. Piemēri pāju pamatu aprēķināšanai.

1. piemērs (pēc Gullander'a). Sienas pamatu mūris balstās uz 3 pāju rindām (158. zīm.); atstātumi starp pāju rindām, kā arī starp atsevišķiem pājiem vienā rindā 0,6 m. Rezultante R krusto pamatu mūra apakšmalu 0,20 m pa kreisi no tās vidus līnijas, kas atrodas virs vidējās pāju rindas. Vertikālā slodze 10 t/m; relatīvā slodze visiem pājiem vienāda. Jāaprēķina pāju slodzes  $P_{max}$ ,  $P_{min}$  un P.

Pie aprēķināšanas jāapskata 0,6 m garš sienas gabals, tā tad  $R = 0,60 \times 10 = 6$  t. Pēc nolīdzinājuma (84)



158. zīm.



159. zīm.

$$P = \frac{R}{n} + \frac{R x x_r}{\sum x^2},$$

kur  $R = 6$  t,  $n = 3$ ,  $x = 0,60$  m,  $x_r = 0,20$  m un  $\sum x^2 = 2 \cdot 0,6^2 = 0,72$  m<sup>2</sup>,

dabū ārējo pāju slodzi  $P_{max} = \frac{6}{3} + \frac{6 \cdot 0,2 \cdot 0,6}{0,72} = 3$  t, iekšējo pāju slodzi

$P_{min} = \frac{6}{3} + \frac{6 \cdot 0,2 \cdot -0,6}{0,72} = 1$  t un vidējo pāju slodzi  $P = \frac{6}{3} = 2$  t.

2. piemērs (pēc Gullander'a). Atbalstu mūrim pāļu pamati (159. zīm.). Iepriekš mūra aizmugures aizpildīšanas ar grunti spēku rezultante  $R' = 25$  t/m iet vertikālā virzienā, pēc aizpildīšanas — spēka rezultante  $R = 33$  t/m iet virzienā  $72^\circ$  pret horizontāli. Visiem pāļiem relatīva slodze vienāda. Jāaprēķina  $P_{\max}$  un  $P_{\min}$  priekš aizpildīšanas un pēc aizpildīšanas diviem pāļu novietošanas variantiem.

1. variants: uz tek. m mūra gaļuma pāļu skaits  $n = \frac{5}{0,7} = 7,14$  un  $\Sigma x^2 = \frac{1}{0,7} \cdot 2[0,7^2 + (2 \cdot 0,7)^2] = 7,0$  m<sup>2</sup>; pāļu pamatu vidus punkts O atrodas pamatu mūra vidū. Pēc nolīdzinājuma (84)

$$P = \frac{R}{n} + \frac{R x x_r}{\Sigma x^2},$$

kur līdz aizpildīšanai  $R = R' = 25$  t,  $n = 7,14$ ,  $x = 2 \cdot 0,7 = 1,4$  m,  $x_r = 1,70 - 1,50 = 0,20$  m un  $\Sigma x^2 = 7,0$  m<sup>2</sup>, dabū

$$P_{\max} = \frac{25}{7,14} + \frac{25 \cdot 0,20 \cdot 1,40}{7,0} = 4,5 \text{ t un}$$

$$P_{\min} = \frac{25}{7,14} + \frac{25 \cdot 0,20 \cdot -1,40}{7,0} = 2,5 \text{ t.}$$

Pēc aizpildīšanas  $R = 33 \cdot \sin 72^\circ$ ,  $n = 7,14$ ,  $x = 2 \cdot 0,7 = 1,4$  m,  $x_r = 1,70 - 1,38 = 0,32$  m un  $\Sigma x^2 = 7,0$  m<sup>2</sup> dabū

$$P_{\max} = \frac{33 \cdot \sin 72^\circ}{7,14} + \frac{33 \cdot \sin 72^\circ \cdot 0,32 \cdot 1,40}{7,0} = 6,4 \text{ t un}$$

$$P_{\min} = \frac{33 \cdot \sin 72^\circ}{7,14} + \frac{33 \cdot \sin 72^\circ \cdot 0,32 \cdot -1,40}{7,0} = 2,38 \text{ t.}$$

2. variants: pāļu skaits uz tekoša m mūra gaļuma  $n = \frac{1}{0,6} + \frac{1}{0,7} + \frac{1}{0,9} + \frac{1}{1,1} = 5,12$ ; vidus punkta atstātumu no ārējās pāļu rindas vidus līnijas (pa labi), dabū no nolīdzinājuma  $5,12 \cdot x_0 = \frac{0,75}{0,70} + \frac{1,65}{0,90} + \frac{2,70}{1,10}$ , no kurienes  $x_0 = 1,05$  m. Attiecināts uz to pašu līniju inerces moments  $J' = \frac{0,75^2}{0,70} + \frac{1,65^2}{0,90} + \frac{2,70^2}{1,10} = 10,456$  m<sup>2</sup>, bet inerces moments, kas attiecināts uz šai līnijai paralelu līniju, kas vilkta caur vidus punktu,  $J = J' - n x_0^2 = 10,456 - 5,12 \cdot 1,05^2 = 4,81$  m<sup>2</sup>, tā tad  $\Sigma x^2 = 4,81$  m<sup>2</sup>.

Pēc nolīdzinājuma (84)

$P = \frac{R}{n} + \frac{Rxx_r}{\sum x^2}$ , kur līdz aizpildīšanai  $R = R' = 25$  t,  $n = 5,12$ ,  $x_r = -0,1$  m,  $x$  (pa labi)  $= x_0 = 1,05$  m,  $x$  (pa kreisi)  $= 2,7 - 1,05 = 1,65$  m un  $\sum x^2 = 4,81$  m<sup>2</sup>, dabū

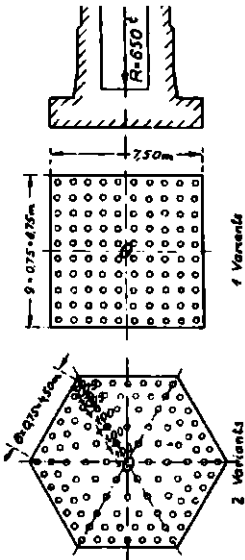
$$P_{\max} = \frac{25}{5,12} + \frac{25 \cdot -0,1 \cdot -1,65}{4,81} = 5,74 \text{ t un}$$

$$P_{\min} = \frac{25}{5,12} + \frac{25 \cdot -0,1 \cdot 1,05}{4,81} = 4,34 \text{ t.}$$

Pēc aizpildīšanas  $R = 33 \cdot \sin 72^\circ$ ,  $n = 5,12$ ,  $x_r = 1,05 - (1,38 - 0,35) = 0,02$  m,  $x$  (pa labi)  $= 1,05$  m,  $x$  (pa kreisi)  $= -1,65$  m un  $\sum x^2 = 4,81$  m<sup>2</sup>, dabū

$$P_{\max} = \frac{33 \cdot \sin 72^\circ}{5,12} + \frac{33 \cdot \sin 72^\circ \cdot 0,02 \cdot 1,05}{4,81} = 6,27 \text{ t un}$$

$$P_{\min} = \frac{33 \cdot \sin 72^\circ}{5,12} + \frac{33 \cdot \sin 72^\circ \cdot 0,02 \cdot -1,65}{4,81} = 5,91 \text{ t.}$$



160. zīm.

Pāju sāniskās piepūles  $33 \cdot \cos 72^\circ = 10,2$  t, kas vienmērīgi sadalās pa pājiem, nav ņemtas vērā.

3. piemērs (pēc Gullander'a). Fabrikas skurstenim pāju pamati: vertikālā slodze  $R = 650$  t; vēja spiediens var rezultantes iedarbes punktu pamatu mūra apakšmalā pārbīdīt uz sāniem no skursteņa ases ne vairāk kā par 0,6 m; relatīvā slodze visiem pājiem vienāda. Jāaprēķina  $P_{\max}$  un  $P_{\min}$  abiem variantiem (160. zīm.).

1. variants: pamatu mūra laukums kvadrāts; pāju skaits  $n = 100$ ;

$$\begin{aligned} \sum x^2 = 4 \cdot 5 \left[ \left( \frac{0,75}{2} \right)^2 + \left( 3 \cdot \frac{0,75}{2} \right)^2 + \left( 5 \cdot \frac{0,75}{2} \right)^2 + \right. \\ \left. + \left( 7 \cdot \frac{0,75}{2} \right)^2 + \left( 9 \cdot \frac{0,75}{2} \right)^2 \right] = 464 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Pāju pamatu vidus punkts O sakrīt ar pamatu mūra vidus punktu, jo pāji ap pēdējo iedzīti vienmērīgi. Pēc nolīdzinājuma (84)

$$P = \frac{R}{n} + \frac{Rxx_r}{\sum x^2},$$

kur  $R = 650$  t,  $n = 100$ ,  $x = \frac{9 \cdot 0,75}{2} \sqrt{2} = 4,77$  m,  $x_r = 0,6$  m un  $\sum x^2 =$

= 464 m<sup>2</sup>, dabū

$$P_{\max} = \frac{650}{100} + \frac{650 \cdot 0,6 \cdot 4,77}{464} = 10,5 \text{ t un } P_{\min} = \frac{650}{100} + \frac{650 \cdot 0,6 \cdot -4,77}{464} = 2,5 \text{ t.}$$

2. variants: pamatu mūra laukums — regulārs 6-stūris; pāju skaits  $n = 102$ ;  $\Sigma x^2 = 4 \cdot \sin^2 60^\circ (2 \cdot 0,75^2 + 2 \cdot 4 \cdot 0,75^2 + 2 \cdot 9 \cdot 0,75^2 + 2 \cdot 16 \cdot 0,75^2 + 2 \cdot 25 \cdot 0,75^2 + 36 \cdot 0,75^2 + 3 \cdot 1,0^2 + 2 \cdot 4 \cdot 1,0^2 + 9 \cdot 1,0^2) + 2 \cdot \sin^2 60^\circ (4 \cdot 1,0^2 + 2 \cdot 9 \cdot 1,0^2 + 4 \cdot 3,75^2 + 5 \cdot 4,5^2) = 575,65 \text{ m}^2$ . Šinī gadījumā pāju pamatu vidus punkts O sakrīt ar pamatu mūra vidus punktu. Pēc nolīdzinājuma (84)

$$P = \frac{R}{n} + \frac{R x x_r}{\Sigma x^2},$$

kur  $R = 650 \text{ t}$ ,  $n = 102$ ,  $x = 4,5 \text{ m}$ ,  $x_r = 0,6 \text{ m}$  un  $\Sigma x^2 = 575,65 \text{ m}^2$ , dabū

$$P_{\max} = \frac{650}{102} + \frac{650 \cdot 0,6 \cdot 4,5}{575,65} = 9,5 \text{ t un } P_{\min} = \frac{650}{102} + \frac{650 \cdot 0,6 \cdot -4,5}{575,65} = 3,3 \text{ t.}$$

4. piemērs (pēc Gullander'a). Atbalstu mūrim pāju pamati (161. zim.) Spēku rezultante  $R = 33 \text{ t}$  iet virzienā  $72^\circ$  pret horizontāli. Relatīvās slodzes  $p'$  un  $p''$  visiem pājiem vienādas, pie kam  $p'' = 0,1 p'$ . Jāatrod pāju virziens, lai pamatu mūra sāniskās piepūles un pārbīdīšanās būtu pēc iespējas mazākas u jāapreķina pāju piepūles.

Šis piemērs sakrīt ar 2. piemēra 2. variantu, tikai pāju virziens nav vertikāls un atsevišķo pāju virzieni nav savstarpēji paralēli. Vislabāko pāju novietojumu dabū tanī gadījumā, kad pāju virzienu leņķi  $\delta$  ar  $x$ -asi atbilst nolīdzinājumam  $\Sigma (p' - p'') \sin 2\delta = 0$ , kur  $y$ -ase paralēla spēku rezultantei  $R$  un  $x$ -ase tai perpendikulāra. Pieņemtais pāju sadalījums uz tekoša metra pamatu mūra gaļuma dod pirmā rindā  $\frac{1}{1,1}$  pāju, otrā —  $\frac{1}{0,9}$ , trešā —  $\frac{1}{0,7}$  un ceturta —  $\frac{1}{0,6}$ . Tā ka  $p'$  un  $p''$  ir konstanti lielumi, tad pāju virzienu leņķu noteikšanai dabū nolīdzinājumu

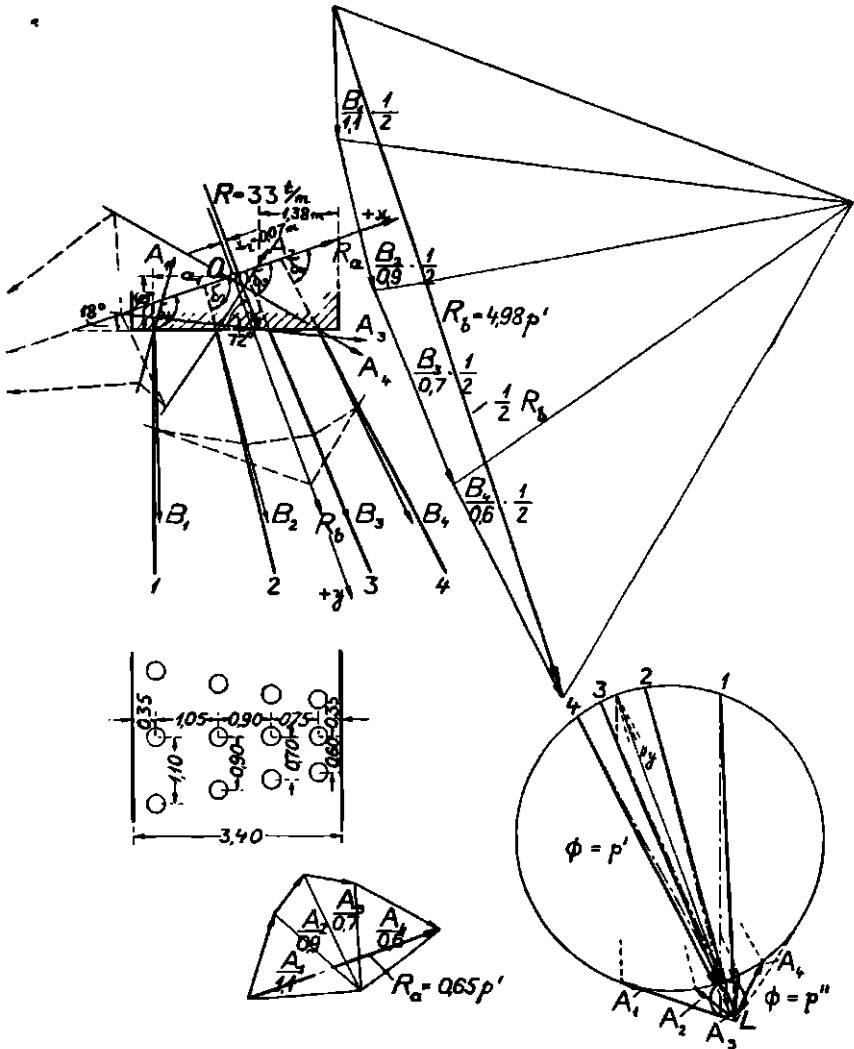
$$\frac{\sin 2 \delta_1}{1,1} + \frac{\sin 2 \delta_2}{0,9} + \frac{\sin 2 \delta_3}{0,7} + \frac{\sin 2 \delta_4}{0,6} = 0.$$

Tomēr, augšējais nolīdzinājums viens pats nedod noteiktus lielumus leņķiem  $\delta$ , tādēļ var bez tā arī citus pieņēmumus izvēlēties. Piemēram, vienkāršības labā pirmā rindā ņem pāļus vertikālā virzienā un citās rindās izvēlās pāju virzienu leņķus tā, lai no vienas puses katri divi locekļi nolīdzinājumā kopā dotu nulli, bet no otras puses, lai leņķu lielumi sekotu viens aiz otra tā, ka differences starp locekļiem pakāpeniski palielinātos, vai samazinātos. Ja pieņem, ka pirmās rindas



paši iet vertikālā virzienā, tad  $\delta_1 = 108^\circ$  un no nolidzinājuma

$$\frac{\sin(2 \cdot 108^\circ)}{1,1} + \frac{\sin 2 \delta_4}{0,6} = 0$$



161. zīm.

dabū  $\delta_4$ , bet  $\delta_2$  un  $\delta_3$  var dabūt no nolidzinājuma

$$\frac{\sin \delta_2}{0,9} + \frac{\sin \delta_3}{0,7} = 0,$$

pie kam tanī pašā laikā jāpieņem, ka differences  $\delta_1 - \delta_2$ ,  $\delta_2 - \delta_3$  un  $\delta_3 - \delta_4$  pakāpeniski un pēc iespējas vienmērīgāki samazinās viena aiz

otras. Pēc dažiem mēģinājuma aprēķiniem dabū lielumus  $\delta_1 = 108^\circ$ ,  $\delta_2 = 95^\circ$ ,  $\delta_3 = 86^\circ 5'$  un  $\delta_4 = 80^\circ 40'$ .

Uzdevumā dots, ka  $p'' = 0,1 p'$ , bet tā ka

$$R_{ay} = R_{bx} \Sigma (p' - p'') \sin 2\delta = 0,$$

tad  $R_a$  un  $R_b$  lielumu aprēķināšanai, kad tie attiecināti uz galveno asi, dabū nolīdzinājumus

$$R_a = \Sigma p' - \Sigma (p' - p'') \sin^2 \delta$$

un

$$R_b = \Sigma p' - \Sigma (p' - p'') \cos^2 \delta;$$

ieliekot nolīdzinājumos  $p'$ ,  $p''$  un  $\delta$  lielumus, dabū uz tekošu metru pamatu mūra gaļuma  $R_a = 0,65 p'$  un  $R_b = 4,98 p'$ .

Pāju pamatu vidus punktu O atrod grafiskā ceļā (161. zīm.), kas tanī pašā laikā dod arī  $R_a$  un  $R_b$  lielumus grafiskā ceļā, ar ko var kontrolēt analītiskā ceļā atrastos  $R_a$  un  $R_b$  lielumus.

Pāju pamatu inerces momenta J aprēķināšanai, pielikto pie pāju galvām relatīvo skodžu  $p'$  un  $p''$  plecu lielumus, attiecinātus uz vidus punktu O, ņem no zīmējuma; tad dabū uz tekoša metra pamatu mūra gaļuma

$$J = \Sigma (p' a^2 + p'' b^2) = 3,6 p'$$

Rezultantes R pleca lielums  $x_r$ , attiecināts uz vidus punktu O, ir 0,07m. Tā ka rezultante R paralela y-asei, tad pamatu mūra griezes punkts C atradīsies uz x-ases, atstātumā

$$x_0 = - \frac{J}{R_b x_r} = - \frac{3,6 p'}{4,98 p' \cdot 0,07} = - 10,3 \text{ m}$$

no vidus punkta O.

Rezultantes R komponente x-virzienā ir  $R_1 = 0$  un y-virzienā  $R_2 = R$ . Pāja piepūles P un T dabū pēc formulām

$$P = p' \left( \frac{Rra}{J} + \frac{R}{R_b} \sin \delta \right)$$

un

$$T = p'' \left( \frac{Rrb}{J} - \frac{R}{R_b} \cos \delta \right).$$

Ieliekot formulās agrāk atrastos lielumus un ņemot no zīmējuma  $p'$  un  $p''$  plecu lielumus, piemēram pirmās rindas pālim  $a_1 = 1,26 \text{ m}$ ,  $b_1 = -1,03 \text{ m}$  un ceturrtās rindas pālim  $a_4 = 0,79 \text{ m}$ ,  $b_4 = -1,58 \text{ m}$ , dabū pirmās rindas pālim

$$P_1 = p' \left( \frac{Rr_{a1}}{J} + \frac{R}{R_b} \cdot \sin \delta_1 \right) = 33 \left( \frac{0,07 \cdot 1,26}{3,6} + \frac{\sin 108^\circ}{4,98} \right) = + 7,11 \text{ t}$$

un

$$T_1 = p'' \left( \frac{Rr_{b1}}{J} - \frac{R}{R_b} \cdot \cos \delta_1 \right) = 0,1 \cdot 33 \left( - \frac{0,07 \cdot 1,03}{3,6} - \frac{\cos 108^\circ}{4,98} \right) = + 0,14 \text{ t}$$

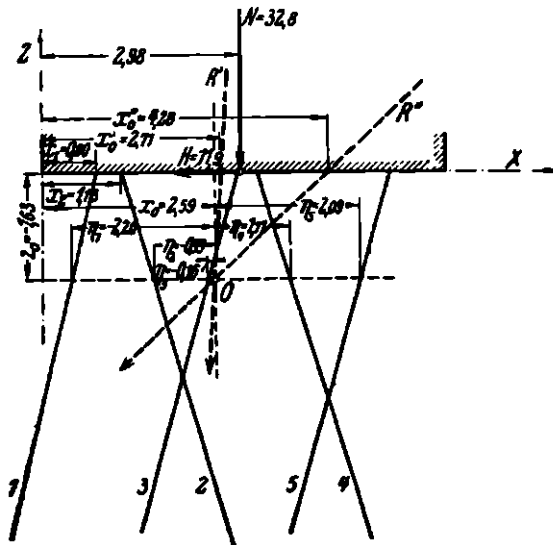
ceturtais rindas pālim

$$P_4 = p' \left( \frac{Rr_{a4}}{J} + \frac{R}{R_b} \cdot \sin \delta_4 \right) = 33 \left( \frac{0,07 \cdot 0,79}{3,6} + \frac{\sin 80^\circ 40'}{4,98} \right) = + 7,04 \text{ t}$$

un

$$T_4 = p'' \left( \frac{Rr_{b4}}{J} - \frac{R}{R_b} \cdot \cos \delta_4 \right) = 0,1 \cdot 33 \left( - \frac{0,07 \cdot 1,58}{3,6} - \frac{\cos 80^\circ 40'}{4,98} \right) = - 0,21 \text{ t}$$

5. piemērs (pēc Nökkentved'a). Jāaprēķina krastmalas pāju pamati. Rezultantes R vertikālā komponente  $N = 32,8 \text{ t}$  un horizontālā komponente  $H = 11,9 \text{ t}$ . Rezultante R krusto pamatu mūra apakšmalu  $0,02 \text{ m}$  atstātumā no mūra vidus punkta un  $2,98 \text{ m}$  no mūra



162. zīm.

kreisās malas. Pāji cilindriski ar vienādu diametru visā pāju garumā. Saspiešanās garums  $s_2$  un iespīlējums  $s_1$ , kuņus parāsti atrod mēģinājuma ceļā, šinī piemērā katram pālim pieņemti vienādi, t. i.  $s_1 = s_2$ ; bez tam pieņemts, ka visiem pāļiem iespīlējuma punkts atrodās gruntī iedzītās pāja daļas apakšējās trešdaļas punktā un elastības modulis  $E = 1.000.000 \text{ t/m}^2$ . Piecu pāju diametri un slīpumi dažādi (sk. tabulu XVI).

Pāju pamatu aprēķināšanai izvēlas koordinātu sistēmu tā, lai horizontālā x-ase sakristu ar pamatu mūra apakšmalu un vertikāla z-ase ar pamatu mūra kreiso malu (162. zīm.).

Vispirms aprēķina pēc pirmā paņēmiena, kad lociklu savienojums pāju augšgalā un lejas galā. Pēc minētā nodalījumā uzstādītiem nolīdzinājumiem un formulām var atrast katram pālim attiecīgos lielumus un pēc nulles punkta noteikšanas, aprēķināt katram pālim  $\eta$  lielumus, kuŗi pa labi no O punkta ir pozitīvi; visi dabūtie lielumi sakopoti tabulā XVI.

$$\begin{aligned} \text{Tagad atrod } x'_0 &= + \frac{117,349}{43,36} = + 2,71 \text{ m, } x''_0 = + \frac{13,875}{3,24} = + 4,28 \text{ m,} \\ c = x'_c - x''_0 &= - 1,57 \text{ m, } \text{tg } \alpha' = \frac{3,24}{43,36} = 0,075, \text{tg } \alpha'' = \frac{3,363}{3,24} = 1,039, \\ z_0 &= - \frac{1,57}{1,039 - 0,075} = - 1,63 \text{ m un punkta O abscisi } x_0 = + 2,71 - \\ &- 1,63 \cdot 0,075 = + 2,59 \text{ m.} \end{aligned}$$

Ārējo spēku rezultantes moments attiecībā uz punktu O

$$M = N (2,98 - 2,59) - H \cdot 1,63 = 32,8 \cdot 0,39 - 11,9 \cdot 1,63 = - 6,60 \text{ mt.}$$

No nolīdzinājuma (165)

$$P \cos \alpha = N \frac{v}{\Sigma v} \cdot \frac{\text{tg } \alpha'' - \text{tg } \alpha}{\text{tg } \alpha'' - \text{tg } \alpha'} + H \frac{v}{\Sigma v \text{tg } \alpha} \cdot \frac{\text{tg } \alpha - \text{tg } \alpha'}{\text{tg } \alpha'' - \text{tg } \alpha'} + M \frac{v \eta}{J}$$

pie atstātuma starp pāju rindām mūra gareniskā virzienā 1,60 m un inerces momenta  $J = \Sigma v \eta^2$  dabū formulu priekš atsevišķu pāju slodzēm

$$P = \frac{1,60}{\cos \alpha} \left( N \frac{v}{\Sigma v} \cdot \frac{\text{tg } \alpha'' - \text{tg } \alpha}{\text{tg } \alpha'' - \text{tg } \alpha'} + H \frac{v}{\Sigma v \text{tg } \alpha} \cdot \frac{\text{tg } \alpha - \text{tg } \alpha'}{\text{tg } \alpha'' - \text{tg } \alpha'} + M \frac{v \eta}{J} \right) t.$$

Ieliekot iepriekšējā formulā attiecīgos lielumus, kas aprēķināti vai doti uzdevumā, vai parādīti tabulā XVI, dabū pirmā pāja slodzi  $P_1 = 21,4$  t, kas darbojas uz spiedi, otrā pāja slodzi  $P_2 = 3,4$  t, kas darbojas uz stiepi, trešā —  $P_3 = 21,5$  t (uz spiedi), ceturrtā —  $P_4 = 5,4$  t (uz stiepi) un piektā —  $P_5 = 20,2$  t (uz spiedi).

Leņķi starp galvenām asēm un vertikāli dabū no nolīdzinājuma (166)

$$\text{tg } 2\omega = \frac{2}{c \text{tg } \alpha' - \text{tg } \alpha''}, \text{ t. i. } \text{tg } 2\omega = \frac{2}{\frac{1}{0,075} - 1,039} = 0,16268 \text{ un } \omega = \begin{cases} 4^\circ 37' \\ 94^\circ 37' \end{cases}$$

Var šo pašu uzdevumu atrisināt pēc otrā paņēmiena, kad lociklu savienojums pāju augšgalā un iespējums pāju lejas galā. Arī tagad

Tabula XVI.

Pālis	Dia- metrs m	Škārs- griez- ums F m <sup>2</sup>	Slī- pums	Iespi- lējums s <sub>1</sub> =s <sub>2</sub> m	x m	tg α	cos α	$\frac{v}{10^8}$ t/m	$\frac{v}{10^8} \text{tg} \alpha$ t/m	$\frac{v}{10^8 x}$ t	$\frac{v}{10^8} \text{tg} \alpha x$ t	$\frac{v}{10^8} \text{tg}^2 \alpha$ t/m	η m	$\frac{v}{10^8} \eta^2$ mt
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0,37	0,1075	4 : 1	11,10	0,80	+ 0,250	0,970	9,12	+ 2,28	7,296	+ 1,824	0,570	- 2,20	44,20
2	0,32	0,0804	3,5 : 1	9,78	1,13	- 0,286	0,961	7,59	- 2,17	6,577	- 2,452	0,618	- 0,99	7,45
3	0,37	0,1075	3,5 : 1	10,80	2,90	+ 0,286	0,961	9,20	+ 2,63	26,680	+ 7,627	0,751	- 0,16	0,24
4	0,32	0,0804	3,5 : 1	9,47	3,23	- 0,286	0,961	7,85	- 2,24	25,356	- 7,235	0,640	+ 1,11	9,67
5	0,37	0,1075	3,5 : 1	10,36	5,15	+ 0,286	0,961	9,60	+ 2,74	49,440	+ 14,111	0,784	+ 2,09	41,90
Suma								43,36	+ 3,24	117,349	+ 13,875	3,363		103,46

pēc otrā nodalījuma uzstādītiem nolīdzinājumiem un formulām atrod katram pālim attiecīgos lieumus un sakopo tabulā XVII. Negrozīti paliek  $v$ ,  $\eta$ ,  $x$  un  $z$  lielumi, kurus ņem no iepriekšējās tabulas XVI un jaunajā tabulā XVII neienes; lielumu  $u$  atrod no nolīdzinājuma

$$u = \frac{3 EJ}{s_1^3} \cos^2 \alpha \text{ un } \eta_s \text{ no nolīdzinājuma } \eta_s = z_0 - (x - x_0) \operatorname{tg} \alpha.$$

$$\begin{aligned} \text{Tagad atrod } x'_0 &= + \frac{117,349 + 0,002127}{43,36 + 0,00073} = + 2,71 \text{ m, } x''_0 = + \\ &+ \frac{13,875}{3,24 - 0,00078} = + 4,28 \text{ m, } c = x'_0 - x''_0 = - 1,57 \text{ m, } \operatorname{tg} \alpha' = \\ &= \frac{3,24 - 0,00078}{43,36 + 0,00073} = 0,075, \operatorname{tg} \alpha'' = \frac{3,363 + 0,0094}{3,24 - 0,00078} = 1,041, z_0 = - \\ &- \frac{1,57}{1,041 - 0,075} = - 1,62 \text{ m un punkta O abscisi} \\ x_0 &= + 2,71 - 1,62 \cdot 0,075 = + 2,59 \text{ m.} \end{aligned}$$

No nolīdzinājuma (173)

$$\begin{aligned} P \cos \alpha &= N \frac{v}{\Sigma (v + u \operatorname{tg}^2 \alpha)} \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha'' - \operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \alpha'' - \operatorname{tg} \alpha'} + \\ &+ H \frac{v}{\Sigma (v - u) \operatorname{tg} \alpha} \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \alpha'}{\operatorname{tg} \alpha'' - \operatorname{tg} \alpha'} + M \frac{v \eta}{J_1} \end{aligned}$$

pie atstātuma starp pāju rindām mūra gareniskā virzienā 1,60 m, pie inerces momenta  $J_1 = \Sigma v \cdot \eta^2 + \Sigma u \cdot \eta_s^2$  un pie ārējo spēku rezultantes momenta attiecībā uz punktu O, tāpat kā iepriekšējā gadījumā,  $M = - 6,60$  mt dabū atsevišķu pāju slodžu aprēķināšanai formulu

$$\begin{aligned} P &= \frac{1,60}{\cos \alpha} \left[ N \frac{v}{\Sigma (v + u \operatorname{tg}^2 \alpha)} \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha'' - \operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \alpha'' - \operatorname{tg} \alpha'} + \right. \\ &\left. + H \frac{v}{\Sigma (v - u) \operatorname{tg} \alpha} \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \alpha'}{\operatorname{tg} \alpha'' - \operatorname{tg} \alpha'} + M \frac{v \eta}{J_1} \right]; \end{aligned}$$

ieliekot formulā attiecīgos lielumus, dabū tas pašas slodzes, kā pirmā gadījumā.

Šķērsspēkus T, kas darbojas pāja galvā perpendikulāri pāja asei, dabū, ieliekot attiecīgus lielumus nolīdzinājumā (174)

$$\begin{aligned} T \cos \alpha &= - N \frac{u}{\Sigma (v + u \operatorname{tg}^2 \alpha)} \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha'' \operatorname{tg} \alpha + 1}{\operatorname{tg} \alpha'' - \operatorname{tg} \alpha'} + \\ &+ H \frac{u}{\Sigma (v - u) \operatorname{tg} \alpha} \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha' \operatorname{tg} \alpha + 1}{\operatorname{tg} \alpha'' - \operatorname{tg} \alpha'} + M \frac{u \eta_s}{J_1}; \end{aligned}$$

**Tabula XVII.**

Pālis	$\frac{u}{10^8}$ t/m	$\frac{u}{10^8} \operatorname{tg} \alpha$ t/m	$\frac{(v-u)}{10^8} \operatorname{tg} \alpha x$ t	$\frac{u}{10^8} \operatorname{tg}^2 \alpha$ t/m	$\frac{u}{10^8} \operatorname{tg}^2 \alpha x$ t	$\eta_s$ m	$\frac{u}{10^8} \eta_s^2$ mt
1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,0019	+0,00047	+ 1,824	0,00012	0,000096	-1,18	0,0026
2	0,0015	-0,00043	- 2,452	0,00012	0,000136	-2,05	0,0063
3	0,0020	+0,00057	+ 7,625	0,00016	0,000464	-1,72	0,0059
4	0,0017	-0,00049	- 7,233	0,00014	0,000452	-1,45	0,0036
5	0,0023	+0,00066	+14,108	0,00019	0,000979	-2,30	0,0128
S u m a	0,0094	+0,00078	+13,872	0,00073	0,002127		0,0312

tā piemēram, priekš pirmā pāja  $T_1 = \frac{1,60}{0,97} \left( -32,8 \cdot \frac{0,0019}{43,36 + 0,00073} \right.$   
 $\left. \frac{1,041 \cdot 0,25 + 1}{1,041 - 0,075} + 11,9 \cdot \frac{0,0019}{3,24 - 0,00078} \cdot \frac{0,075 \cdot 0,25 + 1}{1,041 - 0,075} - \right.$   
 $\left. - 6,60 \cdot \frac{0,0019 \cdot (-1,18) \cdot 10^3}{103490} = 0,0116 \text{ t.} \right.$

Pirmā pāja iespīlējuma moments grunti

$$M_{t_1} = T_1 s_1 = 0,0116 \cdot 11,10 = 0,129 \text{ mt.}$$

Galveno asu stāvoklis tāds pats kā pirmā gadījumā.

Atrisinot šo uzdevumu pēc trešā pieņēmuma, kad iespīlējums pāju augšgalā un lejas galā, pēc nolidzinājumiem  $r = \frac{12 EJ}{s_1^3} \cos^2 \alpha$  un  $s' = \frac{s_1}{2 \cos \alpha}$  atrod lielumus  $r$  un  $s'$ , kurus ar attiecīgiem reizinājumiem ievieto tabulā XVIII.

$$\begin{aligned} \text{Tālāk, } x'_0 &= + \frac{117,349 + 0,00855}{43,36 + 0,00295} = +2,71 \text{ m, } x_0'' = + \frac{13,875 - 0,0136}{3,24 - 0,0032} = \\ &= +4,28 \text{ m, } c = -1,57 \text{ m, } \operatorname{tg} \alpha' = \frac{3,24 - 0,0032}{43,36 + 0,00295} = 0,075, \operatorname{tg} \alpha'' = \\ &= \frac{3,363 + 0,0377}{3,24 - 0,0032} = 1,050, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z_0 &= \frac{2,71 - 4,28 - \frac{0,0198}{43,36 + 0,00295} - \frac{0,2025}{3,24 - 0,0032}}{1,050 - 0,075} = -1,67 \text{ m, } x_0 = + \\ &+ 2,71 - 1,67 \cdot 0,075 = +2,59 \text{ m, } J_2 = (103,46 + 0,501 + \frac{1}{3} \cdot 1,093) 10^3 = \\ &= 104325 \text{ m}^4 \text{ un } M = -6,60 \text{ mt.} \end{aligned}$$

Atsevišķo pāju slodzes dabū pēc formulas (sk. nolidz. 184)

$$\begin{aligned} P &= \frac{1,60}{\cos \alpha} \left[ N \frac{v}{\Sigma(v + r \operatorname{tg}^2 \alpha)} \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha'' - \operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \alpha'' - \operatorname{tg} \alpha'} + \right. \\ &\quad \left. + H \frac{v}{\Sigma(v - r) \operatorname{tg} \alpha} \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \alpha'}{\operatorname{tg} \alpha'' - \operatorname{tg} \alpha'} + M \frac{v \eta}{J_2} \right] \end{aligned}$$

un šķērsspēkus  $T$  pēc formulas (sk. nolidz. 185)

$$\begin{aligned} T &= \frac{1,60}{\cos \alpha} \left[ -N \frac{r}{\Sigma(v + r \operatorname{tg}^2 \alpha)} \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha'' \operatorname{tg} \alpha + 1}{\operatorname{tg} \alpha'' - \operatorname{tg} \alpha'} + \right. \\ &\quad \left. + H \frac{r}{\Sigma(v - r) \operatorname{tg} \alpha} \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha' \operatorname{tg} \alpha + 1}{\operatorname{tg} \alpha'' - \operatorname{tg} \alpha'} + M \frac{r(\eta_s + s')}{J_2} \right]; \end{aligned}$$



Tabula XVIII.

Pālis	$\frac{r}{10^3}$ t/m	$\frac{r}{10^3} \text{tg} \alpha$ t/m	$\frac{r}{10^3} \text{tg} \alpha x$ t	$\frac{r}{10^3} \text{tg}^2 \alpha$ t/m	$\frac{r}{10^3} \text{tg}^2 \alpha x$ t	$s'$ m	$\frac{r}{10^3} s'$ t	$\frac{r}{10^3} \text{tg} \alpha s'$ t	$\eta_s + s'$ m	$\frac{r}{10^3} (\eta_s + s')^2$ mt	$\frac{r}{10^3} s'^2$ mt
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0,0076	+0,00190	+0,00152	0,000475	0,000380	5,73	0,0435	+0,0109	4,55	0,157	0,250
2	0,0081	-0,00175	-0,00198	0,000503	0,000568	5,09	0,0310	-0,0089	3,04	0,056	0,158
3	0,0081	+0,00232	+0,00673	0,000665	0,001930	5,82	0,0455	+0,0130	3,90	0,123	0,256
4	0,0067	-0,00192	-0,00620	0,000550	0,001780	4,93	0,0330	-0,0094	3,48	0,081	0,163
5	0,0092	+0,00263	+0,01353	0,000755	0,003890	5,38	0,0465	+0,0142	3,02	0,084	0,266
Suma	0,0377	+0,00318	+0,01360	0,002948	0,005548		0,2025	+0,0198		0,501	1,093

ieliekot viņās attiecīgos lielumus, dabū, piemēram, pirmam pālim  $P_1 = 21,4 \text{ t}$  un  $T_1 = 0,032 \text{ t}$

Pirmā pāja iespīlējuma moments augšgalā

$$M_0' = + \frac{250}{3 \cdot 104325} \cdot 1,60 \cdot 6,60 - 0,032 \cdot \frac{5,73}{2} = -0,082 \text{ mt,}$$

iespīlējuma moments lejas galā

$$M_v' = + \frac{250}{3 \cdot 104325} \cdot 1,60 \cdot 6,60 + 0,032 \cdot \frac{5,73}{2} = +0,098 \text{ mt.}$$

6. piemērs (pēc Jacoby'a). Krastmalai pāju pamati. Rezultantes vertikālā komponente  $N = 60 \text{ t/m}$  krastmalas garuma un iedarbes punkts 4,4 m atstātumā no 7. pāju rindas vidus līnijas. Pāji novietoti 7 rindās, kuŗu atstātumi dažādi (163. zīm.); pāju caurmēri dažādi (sk. tabulu XIX); pāju garumi l vienādi. Aprēķināt atsevišķo pāju slozdes P.

**Tabula XIX.**

Pāju № №	Pāju dia- metri d cm	$d^2$	Pāju at- stātumi a no 7. pāju rindas m	$ad^2$	Pāju atstā- tumi y no smaguma centra O m	$y^2$	$y^2d^2$
1	35	1225	8,00	9800	4,10	16,81	20592
2	35	1225	6,75	8269	2,85	8,12	9947
3	30	900	5,15	4635	1,25	1,56	1404
4	30	900	3,75	3375	-0,15	0,022	19
5	30	900	2,45	2205	-1,45	2,10	1890
6	35	1225	1,10	1348	-2,80	7,84	9604
7	35	1225	0	0	-3,90	15,21	18632
		$\Sigma(d^2) =$ =7600		$\Sigma(ad^2) =$ =29632			$\Sigma(y^2d^2) =$ =62088

Pāju sistēmas smaguma punktu O atrod pēc nolīdzinājuma (191)

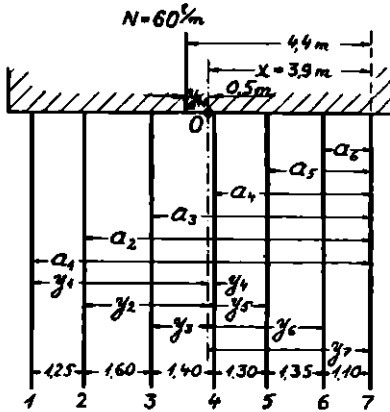
$$x = \frac{\Sigma \left( \frac{F}{l} a \right)}{\Sigma \left( \frac{F}{l} \right)} = \frac{\Sigma (ad^2)}{\Sigma (d^2)} = \frac{29632}{7600} = 3,90 \text{ m.}$$

Vertikālas komponentes

N atstātums no smaguma punkta O  $y_N = 4,40 - 3,90 = 0,50 \text{ m.}$

Moments  $M = N \cdot y_N = 60 \cdot 0,5 = 30$  mt. Atsevišķu pāju slodzes dabū pēc formulas (196)

$$P_n = \frac{E \cdot F_n}{E \cdot I_n} \left[ \frac{N}{\Sigma \left( \frac{F}{I} \right)} + \frac{N \cdot y_N \cdot y_n}{\Sigma \left( \frac{F}{I} \cdot y^2 \right)} \right]$$



183. zīm.

Ņemot vērā, ka pāju gaŗumi  $l$  vienādi un  $F = \frac{\pi d^2}{4}$ , formula (196) pieņem veidu

$$P_n = d_n^2 \left[ \frac{N}{\Sigma (d^2)} + \frac{M \cdot y_n}{\Sigma (y^2 d^2)} \right],$$

jeb

$$P_n = \alpha d_n^2 + \beta y_n d_n^2,$$

kur  $\alpha = \frac{N}{\Sigma (d^2)}$  un  $\beta = \frac{M}{\Sigma (y^2 d^2)}$ . Liekot  $N$ ,  $M$ ,  $\Sigma (d^2)$  un  $\Sigma (y^2 d^2)$  vietā

dotos, aprēķinātos un tabulā XIX parādītos lielumus, dabū

$$\alpha = \frac{60}{7600} = 0,0078 \text{ un } \beta = \frac{30}{62088} = 0,00048.$$

Atsevišķu pāju slodzes dabū pēc formulas

$$P = 0,0078 d^2 + 0,00048 y d^2.$$

Uzskatāmības labā ieteicams attiecīgos lielumus sagrupēt sekojošā tabulā XX.

**Tabula XX.**

Pāja Nr.Nē	d <sup>2</sup> cm <sup>2</sup>	y m	0,0078 d <sup>2</sup>	0,00048 yd <sup>2</sup>	P t
1	1225	4,10	9,56	2,41	11,97 ≈ 12,00
2	1225	2,85	9,56	1,68	11,24 ≈ 11,30
3	900	1,25	7,02	0,54	7,56 ≈ 7,60
4	900	-0,15	7,02	-0,07	6,95 ≈ 7,00
5	900	-1,45	7,02	-0,63	6,39 ≈ 6,40
6	1225	-2,80	9,56	-1,65	7,91 ≈ 8,00
7	1225	-3,90	9,56	-2,29	7,27 ≈ 7,30
			Σ = 59,30 ≈ 60,00	Σ = -0,01 ≈ 0,00	Σ = 59,60 ≈ 60,00 t

Dabūtās pāja slodzes pareizas, kad atstātumi starp pājiem krastmalas garenvirzienā ir 1,00 m; pretējā gadījumā, lai dabūtu isto slodzi uz katra pāja, parādītie tabulā XX slodzes lielumi jāreizina ar attiecīgo atstātumu starp pājiem krastmalas garenvirzienā.

## Literatūra.

1. A. Agatz. „Der Kampf des Ingenieurs gegen Erde und Wasser im Grundbau“. Berlin. 1936.
2. O. Amiras. „Die Fundierung einer Bauunterführung in Eppenheim“ Bet. u. Eisen. 1910.
3. Bemabeng. „Resistance des pieux“. 1911.
4. Benzel. „Grundbau“. Berlin. 1937.
5. L. Brennecke-E. Lohmeyer. „Der Grundbau“. I. u. II. Bd. 4. Aufl. Berlin. 1927. u. 1930.
6. Buchartz. „Raymond-Pfahlgründung“. Dt. Bauzgt. 1907.
7. В. К. Дюховский. „Курс оснований и фундаментов“. Москва 1927.
8. H. Dörr. „Die Tragfähigkeit der Pfähle“. Berlin. 1922.
9. Fr. Engesser. „Die geometrische Erddrucktheorie“. Zeitschr. für Bauwesen. 1880.
10. Eytelwein. „Praktische Anweisung zur Wasserbaukunst“. 13. H. Berlin. 1820.
11. O. Franzius. „Der Grundbau“. Berlin. 1927.
12. Geiss. „Ein Beitrag zum Problem des Rammpfahles“. Bet. u. Eisen. H. XX. 1911.
13. Н. М. Герсеванов. „Об определении свай по их отказу“. Петроград 1916.
14. Н. М. Герсеванов. „Определение сопротивления свай“. Москва 1932.
15. Goodrich. „The supporting power of piles“. 1902.
16. P. Gullander. „Theorie der Pfahlgründungen“. Bautechnik. 1928.
17. G. Hetzell u. O. Wundram. „Die Grundbautechnik und ihre maschinellen Hilfsmittel“. Berlin. 1929.
18. Hummel. „Verbundpfähle aus Holz und Beton“. Bauingenieur. 1925.
19. E. Jacoby. „Zur Berechnung von Pfahlrostgründungen“. Osterreich. Wochenschr. f. d. öffentl. Baudienst. 1909.
20. E. Jacoby. „Berechnung von Pfahlgründungen“. Jahrb. Ges. f. Bauing. 1925.
21. Jacoby and Davis. „Foundations of bridges and buildings.“ 2. Edition. London. 1925.
22. Э. Якоби. „Расчеты набережных“. 2. изд. Рига. 1922.
23. Th. Jansen. „Form zur Herstellung von Blechrohrbetonpfählen“. Bet. u. Eisen. 1906.
24. R. Kafka. „Die Theorie der Pfahlgründungen“. Berlin. 1912.
25. Kayser. „Die Gründung einer Kranbahn mit Pressbetonpfählen im städtischer Industriehafen zu Emmerich“. Bautechn. 1925.

26. Kerendell. „Schraubenpfähle und ihre Berechnung“. Bautechn. 1928.
27. Mc. Kiernan-Terry. „Pile Hammers“. New York.
28. Ph. Krapf. „Formeln und Versuche über die Tragfähigkeit eingerammter Pfähle“. Leipzig. 1906.
29. Kreuter. „Bestimmung der Tragfähigkeit eingerammter Pfähle“. Zentralblatt d. Bauverw. 1896. u. 1897.
30. H. Krey. „Erddruck, Erdwiderstand und Tragfähigkeit des Baugrundes“. 4. Aufl. Berlin. 1932.
31. В. Курдюмов. „Свайные работы.“ Петербург. 1911.
32. A. Labutin. „Die graphische Berechnung von Pfahlrosten für Kaimauern“. Riga. 1933.
33. Leske. „Der Betonpfahl in Theorie und Praxis“. Berlin. 1916.
34. W. Lydtin. „Hölzerne Pfähle mit Betonumhüllung“. Der Bauingenieur. H. 7. 1923.
35. O. Mund und O. Colberg. „Stützmauern Grundbau“. Handb. für Eisenbetonbau. IV. Bd. 4. Aufl. Berlin. 1936.
36. Edouard Noe et Louis Troch. „Pieux et Sonnettes.“ Paris. 1920.
37. Chr. Nökkenveid. „Berechnung von Pfahlrosten“. Berlin. 1929.
38. Ostenfeld. „Berechnung von Pfahlgründungen“. Bet. u. Eisen. 1922.
39. W. Patton. „Treatise on Civil Engineering“. New York, Wiley & Sons. 1913.
40. Pieux armés Frankignoul. Editeur Société Anonyme des pieux armés Frankignoul.
41. H. Press. „Die Tragfähigkeit von Pfahlgruppen in Beziehung zu der des Einzelpfahles“. Bautechnik. 1933.
42. Н. П. Пузыревский. „Фундаменты“. Москва. 1934.
43. С. М. Рак: „Опытное изучение работы свай в условиях лесовидных грунтов“. Труды Московского института инжен. транспорта. Выпуск 52. Москва 1937.
44. Rankine. „Manuel of applie Mechanics“. 3. Ed. 1864.
45. Redtenbacher. „Prinzipien der Mechanik und des Maschinenbaues“. 2. Aufl. 1859.
46. Reiner., „Die Simplex-Pfahlfundierung“. Bet und Eisen. 1907.
47. G. Schaper. „Bau der Lidingöbrücke bei Stockholm“. Bautechnik. 1924.
48. A. Schoklitsch. „Der Grundbau“. Wien. 1932.
49. J. Schultze. „Der Wolfsholzische Presszementpfahl und seine Berechnung“. Zentralbl. d. Bauverw. 1922.
50. V. Stegis. „Izmēģinājuma pāļa iedzišana un slodzēšana Rīgas eksportostas lejas galā 1929. g. decembrī“. Techniskais Žurnāls. 1930.
51. O. Stern. „Das Problem der Pfahlbelastung“. Berlin. 1908.
52. W. Stross. „Gründung mittels mechanischer Bodenverdichtung System Kompressol in Agypten“. Bet. und Eisen. 1910.
53. H. Struif. „Betonpfahl System Mast“. Berlin. 1913.

54. П. Е. Струж. „Определение несущей способности пневмонабивных свай“. Труды Московского института инж. транспорта. Выпуск 52. Москва 1937.
  55. K. Terzaghi. „Erdbaumechanik auf bodenphysikalischer Grundlage“. Wien. 1925.
  56. K. Terzaghi. „Die Tragfähigkeit von Pfahlgründungen“. Bautechnik. 1930.
  57. Thouvenot. „Notice sur les ports de Rotterdam et Amsterdam, leurs voies d'accès: la mer et le port d'Ymuiden“. Ann. Ponts, Chauss. 1911.
  58. A. Vierendeel. „Cours de stabilité des constructions“. VI. 1907.
  59. Vogel. „Schutz einer Betonpfahlgründung gegen den schädlichen Einfluss des Grundwassers“. Bautechnik. 1926.
  60. Weissbach. „Ingenieurmechanik“. I. Bd. 5. Aufl. 1870.
  61. Wellington. „Engineering News“. Dec. Vol. 20. 1888.
  62. Р. В. Вятницкий. „Бетонные сваи“. Москва. 1910.
  63. Wünsch. „Statische Berechnung der Pfahlsysteme“. Stuttgart. 1927.
  64. E. Ziemelis. „Materiāli pāļu nestspējas jautājuma atrisināšanai“. L. būvinž. b-bas raksti II. Rīgā. 1929.
  65. E. Ziemelis. „Pamatu likšana un ģeotechnika“. Ekonomists. 1937.
  66. E. Ziemelis. „Betona vietas pāļu nestspējas aprēķināšana“. Ekonomists. 1936.
  67. K. Zimmermann. „Versuche mit gerammten Pfählen“. Berlin. 1915.
-

## Zīmējumu saraksts.

Zīm.	Lpp.
1. Koka pāju smailes	16
2. Dzelzs uzgali (kurpes)	18
3. Dzelzs uzgalu bojājumi	18
4. Loķi	19
5. Pāju potēšana	20
6. Skrūvpāju uzgali	23
7. Skrūvpālis cietām gruntīm	24
8. Brennecke's skrūvpāju pretestības schema	24
9. Ripas pālis	24
10. Hennebique'a pālis	26
11. Zūblin'a pāja šķērsstiegrojums	27
12. Considère'a pālis	26
13. Cummings'a pālis	28
14. Zūblin'a pāja uzgals	29
15. Struppāji, dzelzbetona un koka	30
16. Struppālis no Salacas tilta	30
17. Veidņi gatavpājiem	31
18. Gatavpāju betonēšana	31
19. Gatavpāju transports	32
20. Gilbreth'a pālis	33
21. Hennebique'a aizsargkape	34
22. Mōbus'a aizsargkape	34
23. Dulac'a pāju izgatavošanas ierīce	35
24. Raymond'a pāja palīga pālis	35
25. Stern'a pālis, palīga pālis un čaula	36
26. Atrakts Stern'a pālis	37
27. Mastpāja čaula un smaile	38
28. Mastpāja smailes koka kods	38
29. Jansen'a pāja uzgals	39
30. Ierīce vietas pāju čaulu noseģšanai ar gudron-asfaltu	39
31. Simplex pāja alligator'a un masīvais uzgali	40
32. Simplex pāja izgatavošana	40
33. Atrakti otrās grupas vietas pāji	41
34. Probst'a pāja uzgals	42
35. Frankignoul'a pāja izgatavošana	43
36. Wilhelmi pāja pēda	43
37. Straus'a pāja izgatavošana	44
38. Straus'a pāja izgatavošana ierobežota augstuma telpās	44
39. Wolfsholz'a pāja izgatavošana	45
40. Atrakts Wolfsholz'a pālis	46
41. Michaelis-Mast pāja izgatavošana . . . . .	47



Zīm.	Lpp.
42. Pie Ridley'a pāja izgatavošanas lietojamais rīks	48
43. Rīks grunts iridnāšanai zem Gow pāja caurules	49
44. Caurulpālis no Lidingō tilta	51
45. Kombinēts koka un betona pālis	51
46. Pāldziņu sastatu ņchemas	53
47. Rokas pāldziņa koka sastāts	53
48. Pāldziņa koka sastāts pie Ventas tilta pie Škrundas	54
49. Pāldziņa dzelzs sastāts. Tvaika pievadšātnes uzkārsana	55
50. Vertikāli un slīpi virzumstatņi	56
51. Rokas zveltņis	57
52. Mēchaniskais pāldzinis pie Siguldas tilta būves	57
53. Zveltņa roku iestiprināšana pie viena virzumstatņa	58
54. Zveltņi, kas kustās starp 2 virzumstatņiem	58
55. Grozāmais krāns kā pāldziņa sastāts	59
56. Dregleins kā pāldziņa sastāts pie Rīgas vecā dzelzs tilta	59
57. Rokas pāldziņa virves gals ar cilpu un auklām	60
58. Kāstītis un knaibles mēchaniskiem pāldziņiem ar atpakalrītošu virvi	63
59. Mēchaniskais pāldzinis ar bezglā ķēdi, schema	65
60. Mēchaniskā pāldziņa zveltņis ar dubultrocīgu sviru	65
61. Hercberga mēchaniskā pāldziņa zveltņis	66
62. Nasmyth'a tvaika pāldziņa zveltņis	68
63. Levick'a tvaika pāldzinis; vispārīgs skats griezumā	71
64. Levick'a tvaika pāldzinis; zveltņis lejā	71
65. Levick'a tvaika pāldzinis; zveltņis augšā	71
66-a. Levick'a tvaika pāldziņa sastāts; sānskats	73
66-b. Levick'a tvaika pāldziņa sastāts; pretskats	73
67. Levick'a tvaika pāldzinis darbā Rīgā	73
68. Levick'a tvaika pāldzinis darbā Siguldā	74
69. Lacour'a tvaika pāldziņa zveltņis griezumā	75
70. Lacour'a tvaika pāldziņa zveltņa fotoskats	75
71. Lacour'a tvaika pāldzinis darbā pie Lielirbes tilta	76
72. Arciša tvaika pāldziņa zveltņis	77
73. Menck un Hambrock'a tvaika pāldziņa zveltņis griezumā	79
74. Menck un Hambrock'a tvaika pāldziņa zveltņa fotoskats	79
75. Pāju āmura fotokopskats	80
76. Pāju āmura fotoskats	81
77. Pāju āmurs griezumā	82
78. Tvaika pievadišana pa dzelzs caurulēm	83
79. Kanāju pāldzinis	85
80. Pāju ieskalošana grunti	85
81. Ierīce pāju ieskrūvēšanai grunti	87
82. Pāju ieskrūvēšana grunti	87
83. Pāju izvilkšana	91
84. Taisnais zāģis un pende zāģis	92
85. Segmentzāģis	92
86. Riņķa zāģis	93
87. Riņķa zāģa fotoskats	93
88. Veidmaiņas līnija	101

Zīm.	Lpp.
89. Diagramas pāļu nestspējas lielumiem pēc dažādām dinamiskām formulām	109
90. Pāļu nestspējas grafika Redtenbacher'a formulai	113
91. Palis slāņaina grunti	124
92. Pāļu nestspējas grafika Dörr'a vispārējai formulai	137
93. Grunts izspiešanas koeficients	139
94. Grunts sablīvēšanas robeža	139
95. Krapf'a ierīce pāļu mēģinājuma slodzešanai; pretskats	143
96. Krapf'a ierīce pāļu mēģinājuma slodzešanai; sānskats	143
97. Krapf'a ierīce pāļu mēģinājuma slodzešanai; kopskats	143
98. Mēģinājuma pāļa iegrimes diagrama	144
99. Pāļa iegrimes diagrama pie mēģinājuma slodzešanas Rīgas eksportostā	145
100. Projektētā virsbūve pāļa mēģinājuma slodzešanai Rīgas eksportostā	146
101. Izpildītā virsbūve pāļa mēģinājuma slodzešanai Rīgas eksportostā	147
102. Press'a mēģinājumu diagrama; iegrimes atkarībā no slodzēm un pāļu savstarpējā atstātuma	150
103. Press'a mēģinājumu diagrama; iegrimes atkarībā no slodzēm un pāļu savstarpējā atstātuma	151
104. Press'a mēģinājumu diagrama; pāļu grupas iegrimes atkarībā no slodzēm un pāļu skaita grupā	151
105. Press'a mēģinājumu diagrama; pāļu grupas iegrimes atkarībā no slodzēm un pāļu skaita grupā	152
106. Spraigumu sadalīšanās grunti zem šaura un plata pamatu mūra ar un bez pājiem	153
107. Koka un betona pāļu pamati	154
108. Zemais pāļu režģogs; uzgalvji, šķērssiļas un grīda	156
109. Koka režģogu uzgalvju metināšana	156
110. Virziena maiņa koka režģogam	157
111. Zemais pāļu režģogs	157
112. Savienojumi starp pājiem un uzgalvjiem	158
113. Betona plates biezums	159
114. Dzelzbetona pāļu stiegru ielaišana betona platē	160
115. Dzelzbetona pāļa atliekto stiegru iebetonešana dzelzbetona platē	160
116. Koka pāji ar speciālu stiegrojumu ielaišanai dzelzbetona platē	161
117. Krustenisks stiegrojums ap koka pāļu galvām dzelzbetona platē	161
118. Stiegrojums dzelzbetona platē virs betona pāļu galvām	161
119. Dzelzbetona pāļa zvaigzņveidīgi atliekto garenstiegru iebetonešana dzelzbetona platē	162
120. Dzelzbetona pāļu garenstiegru savienošana ar dzelzbetona plates stiegrojumu	162
121. Pāļu galvu savienošana ar betona plati, virs kuras ierīkota dzelzbetona plate	163
122. Pāļu iedzišanas kārtība	163
123. Daugavgrīvas bākas pamati; plāns	164
124. Daugavgrīvas bākas pamati; griezumš	165
125. Universitātes jaunās aulas pamati; plāns	166
126. Universitātes jaunās aulas pamati; griezumi un sīkdaļas	167

Zīm.	Lpp.
127. Siguldas tilts; ģeoloģiskais šķērsprofils un pāju pamati	168
128. Siguldas tilts; pāju galvas	170
129. Siguldas tilts; dzelzbetona plate	170
130. Dzelzbetona tilts pār Juglu pie Rīgas; krasta un upes balsti	171
131. Augstais pāju režģogs	173
132. Fašinu gremdēšana pirms pāju iedzišanas	174
133. Lidingō tilts; viena balsta pāju pamati	175
134. Lidingō tilts; dzelzbetona kaste ar caurumiem pāju galvām	176
135. Lidingō tilts; dzelzbetona kastes nolaišana uz pāju galvām	176
136. Lidingō tilts; cauruļpāju atbrīvotas garenstiegras balsta iekšpuse	177
137. Rīgas eksportostas krastmala; šķērsgriezums	178
138. Rīgas eksportostas krastmala; plāns	179
139. Rīgas eksportostas krastmala; būvvieta skats	180
140. Rīgas eksportostas krastmala; pāju galvas un dzelzbetona plates stiegrojums	182
141. Sprauguma diagramas metode; sadalīšana vienāda lieluma laukumos	183
142. Sprauguma diagramas metode, ja pāju stāvoklis dots	184
143. Culmann'a momentu metode; piemērs	185
144. Gullander'a paņēmieni; pāju pamatu nulles punkts un galvenās ases	186
145. Gullander'a paņēmieni; pāju pamatu nulles līnija	188
146. Gullander'a paņēmieni; pāju pamatu vidus punkts	189
147. Gullander'a paņēmieni; pāju pamatu relatīvo slodžu analītiskā aprēķināšana	190
148. Gullander'a paņēmieni; pāju pamatu relatīvo slodžu grafiskā aprēķināšana	192
149. Gullander'a paņēmieni; griezes kustības iespaids	193
150. Gullander'a paņēmieni; kad piepūles pāju šķērsvirzienā = 0	196
151. Gullander'a paņēmieni; pāji iespīlēti pamatu mūrī un gruntī	197
152. Gullander'a paņēmieni; pamatu mūra pārbidīšanās	197
153. Gullander'a paņēmieni; griezes kustības iespaids	198
154. Nökkentved'a paņēmieni; lociklu savienojums pāju augšgalā un lejas galā	202
155. Nökkentved'a paņēmieni; lociklu savienojums pāju augšgalā un iespīlējums lejas galā	204
156. Nökkentved'a paņēmieni; iespīlējums pāju augšgalā un lejas galā	206
157. Jacoby'a paņēmieni	208
158. Gullander'a paņēmieni; 1. skaitliskais piemērs	212
159. Gullander'a paņēmieni; 2. skaitliskais piemērs	212
160. Gullander'a paņēmieni; 3. skaitliskais piemērs	214
161. Gullander'a paņēmieni; 4. skaitliskais piemērs grafiski	216
162. Nökkentved'a paņēmieni; skaitliskais piemērs	218
163. Jacoby'a paņēmieni; skaitliskais piemērs	226

## Nosaukumu rādītājs.

### A.

Aizsardzība, pāļu 20, 22, 23, 34, 39,  
40, 49, 50.  
Aizsargkape 28, 33, 100, 175.  
Akmeņu uzbērums 157, 173, 179.  
Alligator'a uzgals 40.  
Amerikāņu formulas 147.  
Āmurs, pāļu 81.  
Aptvere 25, 27, 28.  
Arciš's 77.  
Ases, pāļu pamatu galvenās 187, 191.  
Atpakaļrītoša virve 61, 67, 102, 107.  
Ātrums, bezgala ķēdes kustības 67.  
vibrācijas 107.  
zemūd. zāģa kustības 93.  
zveltņa krišanas 95, 107.  
Āža savienojums 179, 184.

### B.

Bāka, Daugavgrivas 159, 162, 164.  
Belavanas osta 21.  
Benabenq's 106, 114.  
Bernhard's 149.  
Berze 13, 41, 48, 94, 104, 130, 139, 148.  
Berzes pāļu pamati 13, 153, 155.  
Betona liesinātāju graudiņu lielums  
45, 46, 50.  
plate 155, 158, 159.  
tūpuma pieaugums vietas pāļiem  
34, 43, 45, 48.  
Betonēšana, gatavpāļu 29.  
zem ūdens 155, 158, 169,  
172, 173, 177.  
Betonkaitīgas vielas 30, 39, 49, 50, 51.  
Bezgala ķēde 61, 64, 67.  
Bliete 34, 40, 42, 44, 48, 50.  
Bolken'a uzgals 23.  
Boussinesq's 106, 114.  
Boženkovs-Guzejevs 47.  
Brix's 104, 113, 133, 172.  
Brunlee's 25.

Būvgrunts 10, 13, 18, 23, 86, 114, 130,  
139, 151, 167, 171, 174, 177.

### C.

Cauruļpālis 51, 174.  
Chelura terebrans 21.  
Cīršana, koka pāļiem 14.  
Colberg's 112.  
Compressol pālis 33.  
Considère's 28.  
Culmann's 183, 185, 211.  
Cummings 28.

### D.

Dabīgas nogāzes leņķis 114, 130, 134.  
Darba efekts 85, 86.  
Darvas cīļa, piesātināšana ar 21.  
Daugavgrivas bāka 159, 162, 164.  
Delion's 158.  
Diametrs, pāļu 15, 43.  
Dinamita patrona 81.  
Dmochovski's 138, 140.  
Dörr's 133, 137, 169, 179.  
Drošības koeficients 10, 112, 115, 129,  
130, 133, 144, 179, 211.  
Dubultrocīga svira 64, 66, 68, 79.  
Dulac's 33.  
Dz.-bet. gatavpāļu betonešana 29, 30.  
garums 26.  
iedziļināšana 32, 86.  
smalles 28, 29.  
stiegrojums 25, 27, 51.  
transports 32, 50, 175.  
uzgali 25, 29.  
Dzelzbetona kastes 173, 176.  
masivi 181.  
plate 45, 154, 160, 165, 179.  
Dzelzs uzgali 17.  
Dziļie pāļu pamati 13.

### E.

- Efekts, darba 85, 86.  
zveltņa sitiens 15, 18, 23, 61,  
63, 69, 76, 82.  
Ekscentriskā ripa 65.  
Eksportostas krastmala, Rīgas 62, 74,  
89, 137, 145, 177.  
Elasticitātes paņēmiens pāļu pamatu  
aprēķināšanai 183, 185, 211.  
Engesser's 133.  
Euler's 211.  
Eytelwein's 103, 133.

### F.

- Fašinas 173, 179.  
Figé 74.  
Finansu ministrijas jaunais nams 45.  
Fischer's 47.  
Flamante 114.  
Formulu, dinamisko, tabula 110.  
Frankignoul's 42.  
Franzius 159.

### G.

- Gaiss, saspiests 46, 47, 49, 50.  
Galējā slodze 10, 142, 144.  
Gall'a ķēde 64.  
Galvenās ases 187, 191.  
Gatavpāļu gabali 48, 49.  
Gaujas tilts pie Siguldas 20, 74, 166  
Geotehnika 11.  
Gersevanov's 108, 113.  
Gesteminde 40.  
Gilbreth 32.  
Glean's 86.  
Goodrich's 107.  
Gow 48.  
Grafikas formulām 114, 137.  
Graudīņu lielums, betona liesinātāju  
45, 46, 50.  
Grunts dabīgas nogāzes leņķis 114,  
130, 134.  
izslīdēšana 152.  
izspiešana 94, 153.  
izspiešanas koefic. 139, 150.  
mālaina 13, 16, 129, 173.  
pasīvas spiedspējas koefi-  
cients 139.

pielīpšana 106, 128, 130, 149.

tūlpuma svārs 114, 130, 149.

Gruntsūdens 10, 34, 36, 39, 44, 45,  
46, 49, 50, 155.

Grūn u. Bīlfinger 47.

Gudron-asfalts 39, 49.

Gullander's 185, 186, 201, 211, 212.

### H.

- Hagen's 159.  
Hartig's 14.  
Hedde 208.  
Hennebique's 25, 33.  
Herberg's 66.  
Hire, de la 61.  
Hurtzig's 148.

### I.

- Inčupes tilts 83.  
Inerces moments, pāļu pamatu 194.  
Irdinātājs 24, 48.  
Izdevumi pie pāļu iedzišanas 86.  
Izskalošana 13, 155, 158, 177.  
Izspiešanai, pretestība 94.

### Ie.

- Iedomātais pālis 204, 205.  
Iegrime 10, 135, 142, 144.  
Iegrimes robeža 10, 142, 144.  
Ieskalošana 16, 24, 48, 86, 169.  
Ieskrūvēšana 23, 86.

### J.

- Jacoby's 185, 208, 211, 225.  
Jansen's 39.  
Juglas tilts 170.

### K.

- Kafka 105, 169.  
Kanāļu pārdzīnis 84.  
Kapara vitriols 21.  
Karkass 50, 52.  
Kāsitis 61, 62.  
Kastes, dzelzbetona 173, 176.  
pakšņu 173.  
Kastveidīgi profili 25.  
Kauss, resp. kubls betona iepildīšanai  
41, 44, 177.

Ķēde, bezgala 61, 64, 67.  
Gall'a 64.  
Ķegums 84.  
Kesonis 180.  
Ķēžu ritenis 64.  
Knaibles 61, 62.  
Kombinēti pāji 52.  
Krāns, trijceļu 74  
Krapf's 142.  
Krastmala, Rīgas eksportostas 62, 74,  
89, 137.  
Rīgas Latgales priekšpil-  
sētas 72, 89.  
Kreozots 21.  
Kreuter's 106.  
Krey's 130, 133.  
Krišanas ātrums, zveltņa 95, 107.  
Krišanas augstums, zveltņa 43, 56, 60,  
62, 67, 72, 74, 76, 78, 80, 81, 83.  
107, 108, 149.  
Kunz's 81.  
Kustības ātrums, ķēdes 67.  
zemūdens zāģa 93.

L.

Labutin's 208.  
Lacour's 74, 172.  
Lagrené 159.  
Latham's 148.  
Lenķis, dabīgas nogāzes 114, 130, 134.  
Levicki's 69, 89.  
Lévy 114.  
Lidingö tilts 51, 174.  
Lielirbes tilts 76, 84.  
Liesinātāju graudiņu lielums stiegro-  
tiem vietās pājiem 45, 46, 50.  
Limnoria lignorum 20.  
Lokomobile 77, 84.  
Loķis, cilindrisks 19.  
konisks 19.  
Los-Angeles osta 49.

M.

Mālaina grunts 13, 16, 129, 173.  
Manilas osta 27.  
Masīvi, dzelzbetona 181.  
Masī 37.  
Masīpālis 37, 39.

Mc. Kiernan 83.  
Mehāniskais pārdzīnis 61, 85, 88,  
108, 148, 171, 175.  
Mēģinājuma pālis 15, 135, 141.  
Menck u. Hambrock 78.  
Metāla pāju iedzījināšana 22, 23, 86.  
Michaelis-Mast 46.  
Mitchell's 23, 24.  
Möbus's 32, 33, 52.  
Morison's 67, 69.

N.

Nasmyth's 67.  
Newton's 97, 99.  
Nöckentved's 185, 201, 208, 211, 218.  
Nolaušana, pāju 91.  
Nomizošana, koku 15.  
Nulles līnija, pāju pamatu 187.  
Nulles punkts, pāju pamatu 186.

O.

Osta, Belavanas 21.  
Los-Angeles 49.  
Manilas 27.  
Rīgas 62, 72, 74, 89, 137,  
145, 177.  
San-Francisko 26.  
Ostenfeld's 185, 208.

P.

Pāja betona tūlpuma pieaugums 34,  
43, 45, 48.  
Pāja pēda 13, 43, 48, 130, 138.  
Pārdziņa sastāta aizvietošana ar ci-  
tām būvmāšīnām 60, 82, 84  
sastāta pārvietošana 59.  
sastāta rāmīš 53.  
sastāts 52, 53, 82.  
Pārdziņi, mehāniskie 61, 85, 88, 108,  
148, 171, 175.  
rokas 60, 85, 88, 108, 148.  
Palīga pālis 36, 37, 38, 52.  
Pālis, iedomātais 204, 205.  
mēģinājuma 15, 135, 141.  
Pāji, slīpi 49, 155, 163, 174, 177, 184.  
vertikāli 49, 155, 163, 174,  
177, 184.

Pāju aizsardzība 20, 21, 22, 23, 34,  
39, 40, 49, 50.  
grupas slodzešana 142, 151.  
nolaušana 91.  
pamati, berzes 13, 153, 155.  
pamati, dziļie 13.  
postītāji 14, 20.  
Paņēmiens, sitienu 56, 61, 88.  
Patrona 81, 91.  
Patton's 147.  
Pendeļzāģis 92, 172.  
Perronet 16, 19, 61.  
Pervibrators 49.  
Pielipšanas spēks 106, 128, 130, 149.  
Piesātināšana ar darvas eļļu 21.  
Poras, grunts 153  
Posmi, teleskopveidīgi 42.  
Potešana 19, 169.  
Press 151.  
Prethidņi 181.  
Priekšrocības un trūkumi 18, 31, 50,  
51, 63, 67, 75, 81, 85, 142, 149.  
Priekšvēsturiskas būves 12.  
Probst's 41.  
Pūšana, koka 14, 22.

### R.

Rankine 104, 114.  
Raymond's 36.  
Redtenbachers' 103, 114, 169.  
Relatīva slodze, pāju pamatu 189.  
Resal's 114.  
Režģogs 154, 185, 201.  
Ricklef's 81.  
Ridley's 48.  
Rievsienu 13, 22, 155, 157, 163, 169,  
172, 173, 179, 182.  
Rīgas eksportostas krastmala 62, 74,  
89, 137, 145, 177.  
Rīgas Latgales priekšpilsētas krast-  
mala 72, 89.  
Riggenbach's 69.  
Ripa, ekscentriskā 65.  
Ripas pālis 24.  
Ritenis, ķēžu 64.  
Ritter's 104, 147, 179.  
Rokas pārdzinis 60, 85, 88, 108, 148.  
Rokas, zveltņa 57, 58.

Rokas zveltņis 56.  
Rūping's 22.

### S.

Salacas tilts 29.  
Sanders 148.  
San-Francisko osta 26.  
Saspiests gaiss 46, 47, 49.  
ūdens 46, 47, 49, 130, 182.  
Sastats, pārdziņa 52, 53.  
Schätzler's 149.  
Schwarzkopf's 67, 69.  
Scott's 61.  
Shaw's 81.  
Shuman's 40.  
Siguldas tilts 20, 74, 166.  
Simplex 40, 84.  
Sisson's u. White's 61.  
Sitienu efekts, zveltņa 15, 18, 28,  
61, 63, 69, 76, 82  
Sitienu paņēmiens 56, 61, 88.  
skaits, zveltņa 61, 62, 67, 69,  
72, 74, 76, 172.  
Skrundas tilts 54.  
Slāņainā grunti, pāja nestspējas ap-  
rēķins 124, 126, 127, 135.  
Slodze, galejā 10, 142, 144.  
pāju pamatu relatīva 189.  
Slodzešana, mēģinājuma pāja 15,  
135, 141.  
pāju grupas 142, 151.  
Smailes, četrstūra 17.  
dzelzbetona gatavpāju 28,  
kona 17.  
trijstūra 17.  
Smirnas tilts 30.  
Spraugumu sadalīšanās grunti 152.  
Spridzināšana 43, 91.  
Stern's 37, 105, 133, 140.  
Stickney 148.  
Stiegrojums, dzelzbetona plates 161,  
165, 170, 181.  
gatavpāju 25, 27, 51.  
vietas pāju 25, 36, 37,  
41, 42, 45, 50, 51.  
Strādnieku skaits, vajadzīgais 56, 60,  
61, 64, 67, 76.  
Straus's 43, 138, 162, 165.  
Struif's 37.

Struppāji 29.  
Svira, dubultrocīga 64, 66, 68, 79.

T.

Teleskopveidīgi posmi 42.  
Teredo navālis 20.  
Terzaghi 152.  
Tilts, Inčupes 83.  
    Juglas 170.  
    Lidingō 51, 174.  
    Lielīrbes 76, 84.  
    Rīgas 60, 72.  
    Siguldas 20, 74, 166.  
    Skrundas 54.  
Transports, pāju 32, 50, 175.  
Trijceļu krāns 74.  
Trūkumi un priekšrocības 25, 31, 39,  
    50, 51, 63, 67, 76, 142, 149.  
Tuvīnu paņēmiens pāju pamatu aprē-  
    ķināšanai 183, 211.

U.

Odens grunts porās 153.  
Odenslīdējs 172, 176.  
Odens spiediēns 46, 47, 49, 130, 182.  
Universitātes jaunā aula 45, 162, 165.  
Uzgalī, dzelzbetona gatavpāju 25, 29,  
    dzelzs 17.  
Uzgars, alligator'a 40.  
Uzgalvji 155.  
Uzpālis 90, 100, 108, 148.

V.

Vāle 55.  
Veidņi, guļus 30.  
    stāvus 30.  
Ventas tilts 54.  
Vibrācijas ātrums 107.  
Vidus punkts, pāju pamatu 189.

Vierendeel's 106.  
Vietas pāju cauruļu noseģšana . ar  
    gudron-asfaltu 39.  
    iedalljums grupās 35.  
    cauruļu iedziņāšana  
    35, 36, 37, 40, 41, 42, 44, 45, 48.  
Vietas pāju stiegrojums 25, 36, 37,  
    41, 42, 45, 50, 51.  
Virve, atpakajritoša 61, 67, 102, 107.  
Virzumstatņi, vertikāli 54.  
    slipi 54.  
Vitruvius 12.  
Vodzinsky's 112.

W.

Weissbach's 104, 169.  
Wellington's 108.  
Wilhelmi 43.  
Wolfsholz's 45.  
Wünsch's 185, 208.

Z.

Zemūdens zāģi 91, 172.  
Zimmermann's 140.  
Zveltņa krišanas ātrums 95, 107.  
    krišanas augstums 43, 56, 60,  
    62, 67, 72, 75, 76, 78, 80, 81,  
    83, 107, 108, 149.  
    rokas 57, 58.  
    sitiēna efekts 15, 18, 28, 61,  
    63, 69, 76, 82.  
    smagums 55, 56, 62, 72, 74,  
    76, 78, 81, 83, 149.  
Zveltņi, saliekamie 58.  
Züblin's 27, 29.

Z.

Zurnāls, pāju iedzišanas 88.  
    pāju slodzešanas 143.