

# EHITUSTÖÖD TALVETINGIMUSTES

—  
KÄSIRAAMAT



EESTI RIIKLIK KIRJASTUS

NSVL MINISTRITE NÕUKOGU EHITUSASJADE KOMITEE EHITUSE  
ORGANISEERIMISE JA MEHHANISEERIMISE ÜLELIIDULINE  
TEADUSLIKU UURIMISE INSTITUUT (ВНИОМС)

---

# EHITUSTÖÖD TALVETINGIMUSTES

KÄSIRAAMAT



EESTI RIIKLIK KIRJASTUS  
TALLINN 1956

Originaali tiitel:

«Строительные работы в зимних условиях».

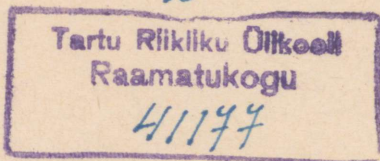
Справочное пособие.

Москва 1953.

*Tõlkinud H. Remma*

Käsiraamatus esitatakse põhilised andmed mulla-, betooni-, müüri- ja krohvitööde teostamisest talvetingimustes. Originaali VII peatükk on ümbertöötatud vastavalt instruksioonile «Ajutine instruksioon monteeritava raudbetooni liitekohtade kinnitegemisest talvetingimustes», mis ilmunud Üleliidulise Ehituse Organiseerimise ja Mehhaniseerimise Teadusliku Uurimise Instituudi väljaandel 1955. a. Käsiraamat on mõeldud kasutamiseks ehitusorganisatsioonide insener-tehnilistele töötajatele.

2



## EESSONA

Nõukogude Liit on talviste ehitustööde eesrindlike meetodite kodumaa.

Ehitustööde organiseerimine talvetingimustes on nõukogude ehitustehnika üheks suuremaks saavutuseks. Nõukogude Liidus väljatöötatud uute progressiivsete töömeetodite rakendamine talviste mulla-, betooni, raudbetooni-, müüri- ja viimistlustööde teostamisel soodustas ehitusala kujunemist eesrindlikuks tööstusharuks kvalifitseeritud ehitustöölise alalise kaadriga.

Nõukogude ehitajad rakendavad laialdaselt pinnase sulatamise meetodeid auru- ja veenõeltega ning elektroodidega, samuti pinnase külmumise vältimise meetodeid. Meie maa arvukatel ehitustel on laialdaselt levinud betoneerimine talvel niihästi termosmenetlusel kui ka betooni soojendamise teel auruga või elektriga. Edukalt rakendatakse müürimist külmutusmeetodil — mördi varajase külmumisega. Selle kõrval leiab kasutamist seinte ja vundamentide ehitamisel müüritise auru- või elektrisoojendus, mis tagab hoone konstruktsioonidele vajaliku tugevuse ja püsivuse.

Kloreeritud veel valmistatud mörtide kasutamine krohvimisel võimaldas asuda talvel teostama isegi selliseid töid, nagu seda on hoonete fassaadide krohvimine.

Talviste ehitustööde teostamise meetodid täiustuvad pidevalt. Nõukogude Liidus väljatöötatud uued progressiivsed talviste tööde meetodid ületavad tunduvalt välismaal kasutatavaid.

Käsiraamat koosneb neljast osast. Esimeses osas on toodud andmed mullatööde teostamisest talvetingimustes; teises osas tuuakse põhilised teatme-materjalid betooni- ja raudbetoonitööde kohta, samuti meetodid betoon- ja raudbetoonkonstruktsioonide optimaalsete soojendamisrežiimide määramiseks termosmenetluse, auru- või elektrisoojenduse puhul, kolmandas osas on toodud juhised müüritööde teostamiseks niihästi korrapärase kui ka korrapäratu kujuga kivide kasutamise puhul, neljandas osas leiavad kirjeldamist talvetingimustes teostatavate krohvitööde iseärasused.

Käsiraamatu koostasid: esimese ja neljanda osa — tehn. tead. kand. V. F. Utenkov; neljanda osa II peatüki — tehn. tead. kand. I. A. Tokmakova; teise ja kolmanda osa — tehn. tead. kand. E. V. Snipko. Käsiraamatu koostamisest võtsid osa ВНИОМС-i töötajad insenerid T. P. Solovjova, M. S. Solovjova, S. E. Tarahhovskaja ja tehnik A. S. Gorjunova. Üldist teaduslikku juhendamist teostas instituudi direktori asetäitja teaduslikul alal tehn. tead. kand. E. M. Kuprijanov.

## MULLATÖÖD

*I peatükk*

## ÜLDISED ALUSED

Külmunud pinnastel on tunduv kõvadus, mistõttu nende töötlemine on kallis. Seepärast tuleb talveperioodil teha ainult niisuguseid mullatöid, mille talvine teostamine on tehniliselt ja majanduslikult õigustatud.

Mullatööd talvetingimustes on lubatavad järgmistel juhtudel:

- 1) kivimurdudes ja kaevikute kaevamisel kaljustes pinnastes;
- 2) süvendite ja kaevikute kaevamisel pinnastes, mis on kaitstud läbikülmumise eest;
- 3) süvendite ja kaevikute kaevamisel, kui nende sügavus on vähemalt võrdne läbikülmunud kihi kahekordse paksusega;
- 4) süvendite ja kaevikute kaevamisel vesistes pinnastes pinnase külmutusmeetodil.

Talviste mullatööde vajalikuks ettevalmistamiseks tuleb õigeaegselt kindlaks teha teostamisele tulevate mullatööde maht ja iseloom.

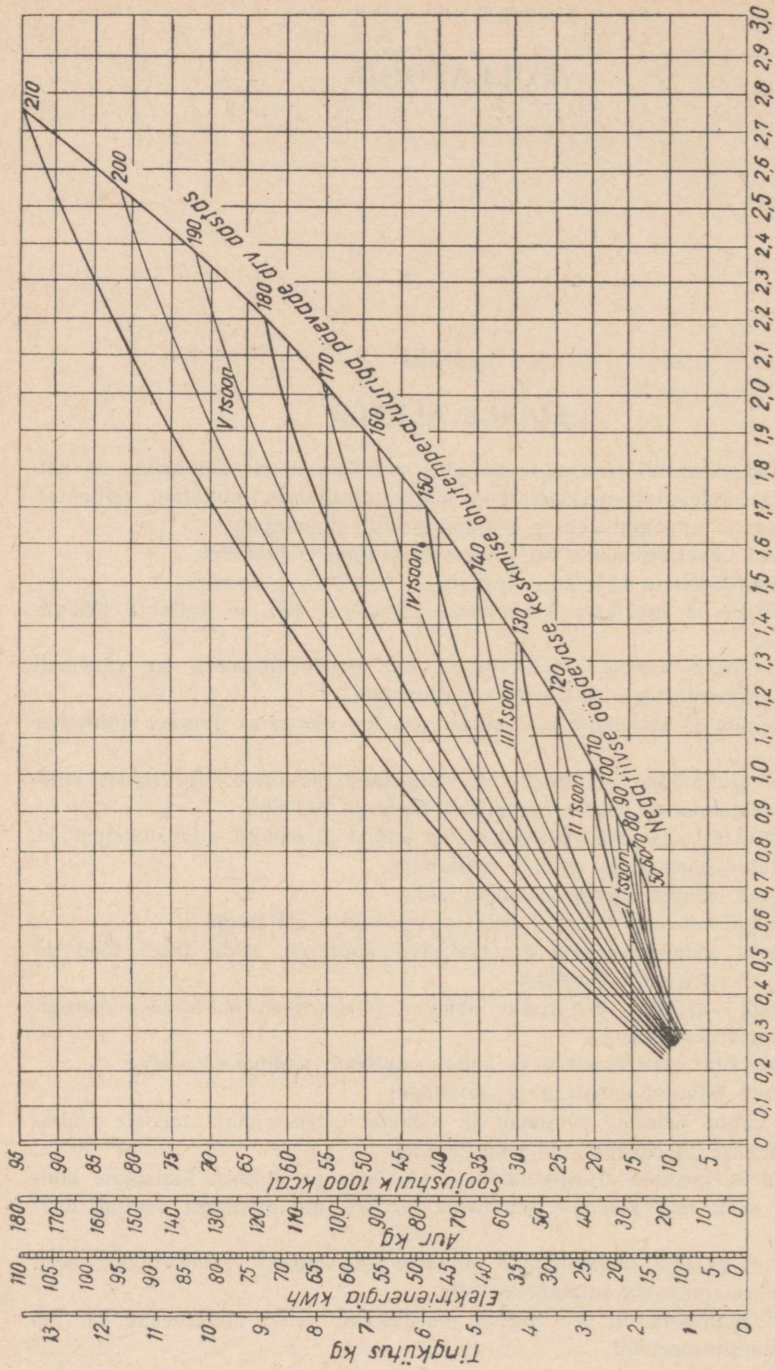
Enne külmade saabumist peavad olema tehtud järgmised ettevalmistustööd:

- 1) teostatud hoonete ja ehitiste märkimine;
- 2) ehitatud ruumid energiaseadmete jaoks;
- 3) lõpetatud vee äravoolu juhtmete ja dreanažide ehitamine;
- 4) kaitstud külmumise eest mittekaljused pinnased, mida tuleb töödelda süvendite ja kaevikute kaevamisel;
- 5) varutud vajalikud materjalid, abinõud ja seadmed mullakaevamismasinat takistamatuks tööks;
- 6) kohandatud ekskavaatorid ja autod talviseks eksploatatsiooniks;
- 7) varutud talvised erirõivad ja -jalanõud;
- 8) läbi viidud tehnilise personali ja tööliste instrueerimine talviste mullatööde teostamise ja ohutustehnika küsimustes.

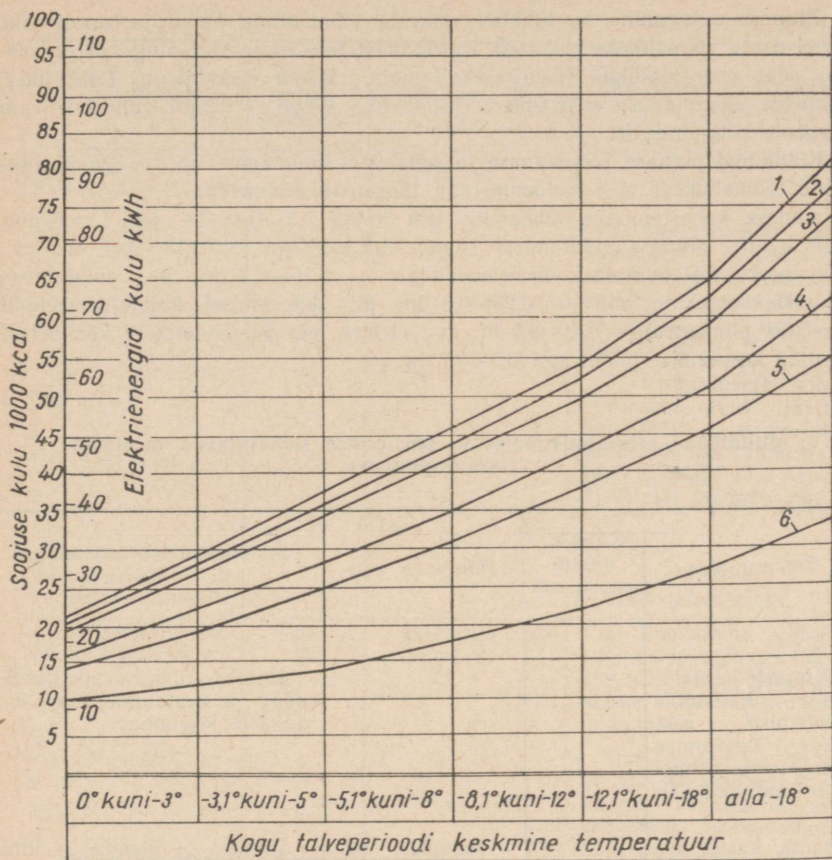
Kõige efektiivsemaks ettevalmistavaks abinõuks on pinnase kaitsmine läbikülmumise eest, mis alandab tunduvalt talviste mullatöödega seotud lisakulusid.

Kui esineb vajadus läbikülmunud pinnaste kaevamiseks, valmistatakse need ette kas kobestamise või sulatamise teel.

Vesiseid pinnaseid on vee tugeva juurdevoolu puhul otstarbekas kaevata pinnase külmutusmeetodil.



Joon. 1. Graafik energiavajaduse määramiseks maapinna 1 m<sup>2</sup> sulatamiseks külmunud pinnasekihi kogu sügavuses.  
 Märkus: Graafiku abil võib määrata energiakulu pinnase sulatamiseks, kui põhjaveesi on sügaval. Veega küllastatud pinnase sulatamisel, põhjavee kõrge seisu juures, on energiakulu 5—6 korda suurem.



Joon. 2. Graafik energiavajaduse määramiseks külmunud pinnase 1 m<sup>3</sup> üles-sulatamiseks mitmesuguste sulatamisviiside puhul.

1 — kohalike soojakutega; 2 — horisontaalsete elektrodidega; 3 — vertikaalsete elektrodidega; 4 — tsirkulatsioonõeltega; 5 — elektrinõeltega; 6 — sügavelektrodidega.

Külmunud pinnase kaevamiseks ettevalmistamise viisi valik sõltub töömahust, muldehitise otstarbest, ehitusel olemasolevatest vabadest energiavarudest (elektrienergia, kuum vesi, aur) ja ehituse kohalikest tingimustest.

Külmunud pinnase kaevamiseks valitud menetlus peab olema põhjendatud ökonoomilise arvutusega.

Nagu juba ülal märgiti, osutub kõige lihtsamaks ja ökonoomsemaks pinnase kaevamiseks ettevalmistamise viisiks tema kaitsmine läbikülmumise eest.

0,4—1,0 m sügavuselt külmunud pinnase kobestamine osutub tavaliselt kallimaks kui pinnase õigeaegne kaitsmine külmumise eest, on aga odavam sulatamisest.

Külmunud kihi alumise osa sulatamine kuni kõrgusmäärgini 0,4—0,25 m sügavelektrodidega on sulatamisviisidest kõige ökonoomsem (joon. 1 ja 2).

Pinnase sulatamine on lubatav väikeste töömahtude puhul ja ainult siis, kui ei osutu võimalikuks kasutada kobestamist lõhkamise teel ning kui on olemas odav energiaallikas (tsentraalkatlamaja, rajooni elektrijaam, TÄI jne.). Põhjavee seis pinnase sulatamisel ei tohi olla kõrge — jäägu vähemalt 1 m allapoole külmumispiiri.

Külmunud pinnase kobestamise ja selle ettevalmistamise mitmesuguste meetodite töömahukust võib iseloomustada järgmiste andmetega:

pinnase kobestamiseks lõhkamise teel kulub 0,1—0,15 in. pv. 1 m<sup>3</sup> pinnase kohta, pinnase sulatamisel sügavelektroodidega — 0,13—0,17 in. pv., elektrinõelte ja tsirkulatsioon-vesinõeltega — 0,15—0,2 in. pv., sulatamisel kohalike soojakute abil — 0,25—0,3 in. pv., kaevamisel külmutusmeetodil (vesistes pinnastes) — 0,3—0,5 in. pv., elektri- või pneumaatiliste käsiinstrumentide kasutamise puhul aga 0,5—0,7 in. pv.

Tabel 1

Mullatööde ettevalmistamise ja teostamise soovitatavad meetodid talvetingimustes

Töö nimetus	Külmumissügavus sm	Põhjavee seis	Soovitatav töö teostamise viis
Pinnaste ja muld-aluste kaitsmine külmumise eest nende kaevamise puhul talve esimese kolmandiku vältel			Pinnase ülemise kihi kündmine ja äestamine ning lumikatte kogumine
Sama, kaevamise puhul talve teise kolmandiku vältel		Mistahes sügavusel	Pinnase ülemise kihi kündmine ja äestamine ning kunstliku lumikatte loomine või soojustuskihi moodustamine odavatest kohalikest materjalidest: saepuru, räbu, turvas, kuivad puulehed, okkad jne.
Sama, kaevamise puhul talve viimase kolmandiku vältel			Primitiivsete soojakute ehitamine jääst või soojakute ehitamine puidu jäätmetest, kattes nad pealt kohalike soojaisolatsiooni materjalidega: saepuruga, räbuga, õlgedega jne. Soovitatakse ainult ehitustele, mis asuvad I või II temperatuuri vööndis.
Savi, liiva ja kruusa kaitsmine külmumise eest karjäärides			1) Lumikatte kogumine (kasutatakse rajoonides, kus keskmine lumikatte paksus ulatub vähemalt 50 sm).

Tabel 1 (järg)

Töö nimetus	Külmu- missü- gavus sm	Põhjavee seis	Soovitav töö teostamise viis
Kaevandamine kivikarjäärides ja kaljustes pinnastes	—	—	<p>2) Soojustuskihi loomine kohalikest soojaisolatsiooni materjalidest (kasutatakse kõikides rajoonides, välja arvatud VI temperatuuri võõnd)</p> <p>3) Primitiivsete soojakute ehitamine puidu jäätmetest kohalikest soojaisolatsiooni materjalidest täidisega (ehituste puhul, mis asuvad I, II või III temperatuuri võõndis)</p>
Süvendite ja kaevikute kaevamine	Kuni 25	Mistahes sü- gavusel	<p>Lõhkamismeetodil</p> <p>1) Kaevamine ekskavaatoritega kopamahuga 0,5 m<sup>3</sup> ja üle selle, ilma külmunud kihi eelneva ettevalmistuseta</p> <p>2) Kobestamine rammidega või spetsiaalsete kobestajatega; kobestatud pinnase kaevamine ekskavaatoritega</p>
Süvendite ja kaevikute kaevamine	Kuni 40	Sama	<p>1) Kaevamine ekskavaatoritega kopa mahuga 1 m<sup>3</sup> ja üle selle, ilma külmunud pinnase eelneva ettevalmistamiseta</p> <p>2) Kobestamine rammidega või kobestajatega; kaevamine ekskavaatoritega</p>
Süvendite ja kaevikute kaevamine	40 kuni 100	Madal, maksimaalsest külmumissügavusest vähemalt 1 m sügavamal	<p>1) Kobestamine lõhkamisega (puuraukude meetod); kaevamine ekskavaatoritega</p> <p>2) Sulatamine kohalike soojakute abil, mis on varustatud soojuseallikatega: elektri takistusahjudega (energiainspektsiooni loa olemasolu puhul); maduto- rudega kuuma veega, mis saadakse kohalikust tsentraal-katlamajast või soojus-</p>

Tabel 1 (järg)

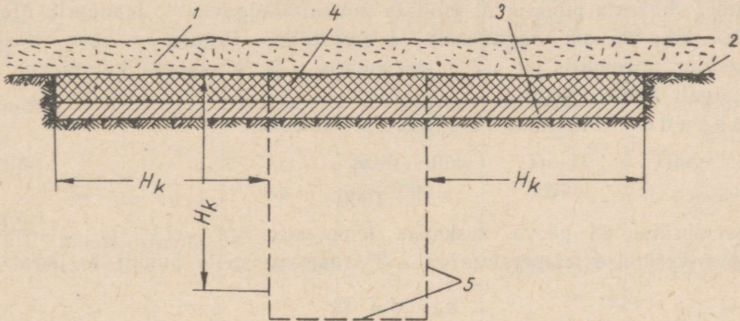
Töö nimetus	Külmumissügavus sm	Põhjavee seis	Soovitav töö teostamise viis
Süvendite ja kaevikute kaevamine	üle 100	Madal, maksimaalsest külmumissügavusest vähemalt 1 m sügavamal	<p>elektrijõujaamast; lahtiste aurujugadega aurukammidest (kui ehitusel on olemas äratöötatud auru)</p> <p>1) Kobestamine lõhkamisega; kaevamine ekskavaatoritega</p> <p>2) Sulatamine sügavelektroodidega; kaevamine ekskavaatoritega</p> <p>3) Sulatamine tsirkulatsioonvesinõeltega, elektrinõeltega, aurunõeltega; kaevamine ekskavaatoritega</p>
Süvendite ja kaevikute kaevamine	üle 40	Kõrge, külmumissügavusel ja kõrgemal	<p>1) Lõhkamine lõhkelaengutega; kaevamine ekskavaatoritega</p> <p>2) Kobestamine mehaaniliste käsiinstrumentidega (pneumaatilised või elektrilised) pinnase külmutamisega kihtide haaval</p>
Pinnase kaevamine sulamise perioodil	—	<p>Külmumissügavusest madalamal</p> <p>Külmumissügavusest kõrgemal</p>	<p>Kaevamine hüdromonitoridega, pulbi (muda) ärajuhtimisega</p> <p>Vesiste pinnaste kaevamist nende sulamise perioodil ei soovitata</p>
Aluse ettevalmistamine põrandatele, teedele ja teistele taolistele ehitistele	üle 25	<p>Vähemalt 2 m sügavamal maksimaalsest külmumissügavusest</p> <p>Külmumissügavusel ja kõrgemal</p>	<p>Pinnase ülemise kihi sulatamine vähemalt 0,7 m sügavuseni: kohalike soojakute abil, mis on varustatud elektritakistusahjudega või madutorudega; vertikaalsete elektrinõelte abil</p> <p>Aluse ehitamist kõrge põhjavee seisuga pinnastes talvel ei soovitata</p>

## PINNASE KAITSMINE KÜLMUMISE EEST

### 1. Maapinna töötlemine enne külmumist

Talvel kaevandamisele kuuluvate pinnaste kaitsmist külmumise eest teostatakse sügisel. Kaevikute ja süvendite põhjade kaitsmist teostatakse aga kohe pärast pinnase väljavõtmist.

Talvetingimustes kaevamisele määratud maa-ala künatakse üles 25÷30 sm sügavuselt ja äestatakse.\* Küntud ja kobestatud pinnasesse moodustuvad õhuga täidetud tühemed, mis vähendavad maapinna ülemiste kihtide soojajuhivust (joon. 3).



Joon. 3. Pinnase kaitsmine külmumise eest kündmise ja äestamise teel.

1 — loomuliku paksusega lumekiht; 2 — maapind; 3 — 25 sm sügavuselt küntud pinnas; 4 — 15 sm sügavuselt äestatud pinnas; 5 — tulevase süvendi kontuur;  $H_k$  — pinnase maksimaalne külmumissügavus.

Külmumissügavuse  $H$  ligikaudne väärtus määratakse sel juhul valemiga:

$$H = A(4p - p^2), \quad (1)$$

kus  $A$  — tegur, mis arvestab pinnase soojustamise viisi (on toodud tabelis 2);

$$p = \frac{Zt}{1000},$$

kus  $Z$  — pinnase jahtumise aeg päevades;

$t$  — õhu temperatuur (negatiivne) pinnase jahtumise perioodil.

\* «Ehitus- ja montaažtööde teostamise ja vastuvõtu tehnilised tingimused» I osa p. 158 kohaselt pinnase kaitsmiseks külmumise vastu tuleb teda künka vähemalt 30 sm sügavuselt ja sellele järgnevalt äestada.

Toimetaja märkus.

**Teguri A väärtused maapinna töötlemise puhul (kaitseks külmumise eest) kündmise ja äestamise teel või soojustamisel pinnasest puiste abil**

Pinna töötlemise viis	<i>p</i> väärtused											
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,5	2,0
Küundmine 25 sm sügavuselt ja äestamine	15	16	17	18	20	22	24	26	28	30	30	30
Puiste kobestatud pinnasest paksusega vähemalt 0,5 m	35	36	37	39	41	44	47	51	55	59	60	60

**Näide.** Määrata punktis *N* pinnase külmumissügavus 1. jaanuaril. Maapind küntakse üles 25 sm sügavuselt ja äestatakse. Pinnas — savi. Keskmise temperatuur novembris on  $-2,1^{\circ}$ , detsembris  $-8^{\circ}$ . Maapinna külmumine punktis *N* algab 7. novembril.

L a h e n d u s. Määrame kõigepealt *p* väärtuse:

$$p = \frac{Zt}{1000}$$

Novembrikuu 23 päeva keskmise temperatuuriga  $-2,1^{\circ}$  ja detsembrikuu 31 päeva keskmise temperatuuriga  $-8^{\circ}$  annavad meile punkti *N* jaoks:

$$\begin{aligned} 2,1 \cdot 23 &= 48 \\ 8 \cdot 31 &= 248 \\ \hline &296 \end{aligned}$$

Seega saame selle perioodi kohta

$$p = \frac{296}{1000} = 0,296 \approx 0,3.$$

Tabelist 2 saame leitud *p* väärtusele vastava *A* = 17.

Valemist (1) määrame pinnase külmumissügavuse küntud ja äestatud pinna puhul:

$$H = 17(4 \cdot 0,3 - 0,3^2) = 18,7 \approx 19 \text{ sm.}$$

Tabel 3

**Sahkade tehniline karakteristika**

Sahkade tüübid	Mark	Haarde laius m	Kobestamise sügavus m	Veovahend
Ühehõlmaline teesahk	—	0,28	0,2	Нобused (2—4)
Kahehõlmaline teesahk	Д-30	0,60	0,2	СТЗ-30
Kolmehõlmaline teesahk	ДК-30	0,60	0,25	СТЗ-30
Neljahõlmaline teesahk	ТЗОП	1,20	0,25	СТЗ-НАТИ
Teesahk-võsakündja	К-56	0,56	0,25	СТЗ-НАТИ
Sama	К-56P	0,56	0,25	СТЗ-НАТИ
— „ —	ЗК-54	1,62	0,25	ЧТЗ

## Kobestajate tehniline karakteristik

Näitajad	Mõõtühik	Kobestaja tüüp		
		kolmateraline Д-80	viiternaline Д-6	rootorkobestaja Д-48
Lõiketerade arv	tk.	3	5	5
Kobestamise maksimaalne laius	mm	2000	1285—1630	1575
Kobestamise maksimaalne sügavus	mm	700	400	400
Gabariitmõõdmed:				
pikkus	mm	5000	2930	2929
laius	"	2080	1830	1947
kõrgus	"	1250	1635	1350
Rattad:				
arv	tk.	2	2	2
läbimõõt	mm	750	1050	750
laius	"	250	250	250
Juhtimine		Hüdrauliline	Tross-	Hüdrauliline
Kaal	kg	2000	1200	2000
Tootlikkus				
III—IV kategooria pinnase kobestamisel	m <sup>3</sup> /tunnis	—	500—665	500—665

Maapinna kündmisel kasutatavate sahkade ja kobestajate tehniline karakteristik on toodud tabelites 3 ja 4.

## 2. Pinnase soojustamine lumega

Uheks efektiivsemakas võtteks pinnase kaitsmisel külmumast on kunstliku lumikatte loomine.

Võsastunud või peene metsaga kaetud maa-alad tuleb puhastada alles enne kaevandamistöõde algust, kuna taimkate soodustab lume kogumist.

Suurtel, ilma taimkatteta maa-aladel püstitatakse lume kinnipidamiseks punutud või kilpidest tarad või tehakse lumest vallid. Lund püüdvad tarad ehitatakse risti valitsevate tuulte suunale, vahekaugusega 10 h kuni 15 h üksteisest, kus h on tara või valli kõrgus (tavaliselt 0,5÷1 m).

Väikesi pindalasid, eriti tulevaste kaevikute pealispindu, võib soojustada järgmiselt.

Esimeste lumesadude ajal, enne pinnase külmumist, kaevatakse piki kaeviku telge kraav sügavusega 20—40 sm ja laiusega, mis võrdub kaeviku laiusele. Lähemate tundide jooksul täidetakse kraav lumega, mis kaitsebki pinnast külmumast.

Lumekihi mõju külmumissügavusele määratakse ligikaudselt järgmisest valemist:

$$H = 60(4p - p^2)K_1 - Bh_{lu} \quad (2)$$

kus  $B$  — lume suhteline temperatuurijuhtivus;

$B$  numbriline väärtus võetakse: koheva lume puhul — 3, vajunud ja puistatud lume puhul — 2, sula lume puhul — 1,5;

$K_1$  — tegur, mille suurus on toodud tabelis 5;

$h_{lu}$  — lumikatte keskmine (paljude aastate kohta) paksus sentimeetrites, mis määratakse lähima meteoroloogilise jaama andmeil või ehitusel teostatud vahetute vaatluste järgi.

**Näide.** Määrata kõrge põhjavee seisuga savise pinnase külmumissügavus 30 sm paksuse vajunud lumikatte all.

**Lahendus.** Lumikatte all asuva pinnase külmunud kihi paksus määratakse valemist (2):

$$H = 60(4p - p^2)K_1 - Bh = 60(4 \cdot 0,8 - 0,8^2)1 - 2 \cdot 30 = 94 \text{ sm.}$$

### 3. Pinnase soojustamine soojaisolatsioonimaterjalidega

Väiksemaid pindalasid võib kaitsta külmumise eest soojapidava kihiga vahetu katmise teel. Soojustuskihi paksus (sm) määratakse eelnevalt valemist:

$$h = \frac{H}{K_1} \quad (3)$$

kus  $H$  — soojustamata pinnase arvutuslik külmumissügavus sm-tes;

$K_1$  — tegur, mis iseloomustab soojapidava materjali ja kaitstava pinnase jahtumiskiiruste vahetust.

Teguri  $K_1$  ligikaudsed väärtused mitmesuguste pinnaste ja soojaisolatsioonimaterjalide puhul on toodud tabelis 5. Tabelis esitatud  $K_1$  väärtused kehtivad madala põhjavee seisuga pinnaste puhul; kõrge põhjavee seisuga (veega täitunud) pinnaste jaoks on  $K_1$  lähedane ühele.

Tabel 5

$K_1$  ligikaudsed väärtused madala põhjavee seisuga pinnastel (põhjavee pind 1 m allpool külmumissügavust)

Pinnase iseloomustus	Puumaterjalid			Räbu		Peen-turvas	Kobes-tatud pinnas	Tihedus pinnas
	puu-lehed	laas-tud	sae-puru	kuiv	niiske			
Liivane, tolmjas	3,3	3,2	2,8	2,0	1,6	2,8	1,4	1,12
Liivsavine	2,7	2,6	2,3	1,6	1,3	2,3	1,2	1,06
Saviliivane, peenike	3,1	3,1	2,7	1,9	1,6	2,7	1,3	1,08
Savine	2,2	2,1	1,9	1,3	1,1	1,9	1,2	1

Pinnase külmakaitseks rajatavate soojustuskihtide paksuse arvutusmeetod on esitatud järgnevates näidetes:

**Näide.** Millises paksuses tuleb teha saepuru puiste kohas  $N$ , et vältida savise pinnase külmumist 7. novembrist kuni 1. jaanuarini (süvendi kaevan-

damist on ette nähtud alustada jaanuaris). Lumikatte keskmine paksus  $h_{lu}=0$  (lumikatet ei arvestata). Keskmine temperatuur novembris  $-2,1^{\circ}$ , detsembris  $-8^{\circ}$ .

Lahendus. Lumikatte puudumisel valemi (2) kuju muutub, kuna pole vajadust tegurite  $K_1$  ja  $B$  arvestamiseks ning pinnase maksimaalne külmumissügavus mingisuguse ajavahemiku möödudes — pärast talve algust määratakse valemi (2) lihtsustunud kujust:

$$H=60(4v-p^2),$$

kus

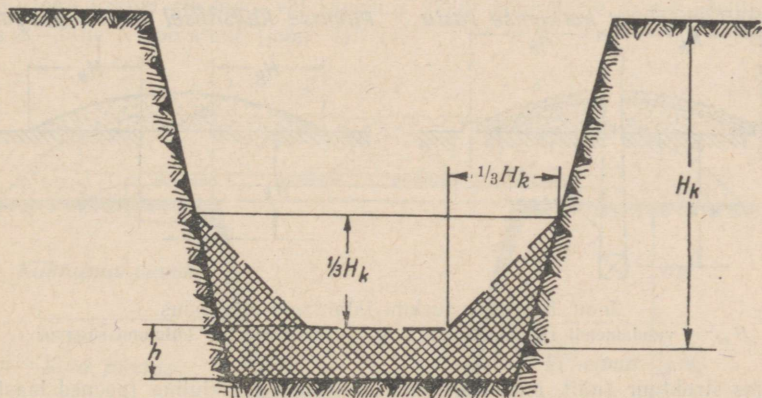
$$p = \frac{Zt}{1000}.$$

Koha  $N$  jaoks  $p$  väärtus:

novembri kohta	$2,1 \cdot 23 = 48$
detsembri kohta	$8,0 \cdot 31 = 248$
Kokku	$296 \approx 300$

$$p = \frac{300}{1000} = 0,3.$$

$$H = 60(4 \cdot 0,3 - 0,3^2) = 66 \text{ sm.}$$



Joon. 4. Skeem süvendi põhja soojustamisest kohalike soojaisolatsioonimaterjalidega (saepuru, räbu)

$H_k$  — pinnase maksimaalne külmumissügavus;  $h$  — soojustuskihi paksus.

Teguri  $K_1$  väärtus savise pinnase soojustamisel saepuruga on tabeli 5 andmeil 1,9. Järelikult pinnase külmumise vältimiseks on saepuru puiste küllaldane paksus:

$$h = \frac{66}{1,9} = 34,7 \approx 35 \text{ sm.}$$

Näide. Ühel Moskva ehitusel juhtus mullatööde teostamisel jaanuaris seisak kestusega  $Z=5$  päeva.

Millises paksuses tuleb asetada räbu süvendi pinnale, et vältida pinnase külmumist (joon. 4)? Pinnas — saviliiv. Keskmise välisõhu temperatuur  $-20^{\circ}$ .

Lahendus. Pinnase külmumissügavust tööseisaku vältel võib ligikaudselt määrata valemi (2) lihtsustatud kujust (vt. eelmine näide). Käesoleval juhul saame  $H=24$  sm.

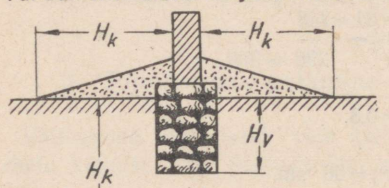
Tabeli 5 järgi tegur  $K_1=1,9$ .

Soojustuskihi vajalik paksus on:

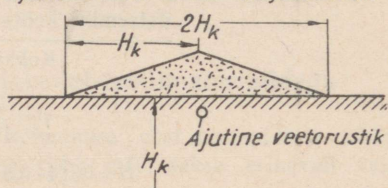
$$h = \frac{24}{1,9} \approx 13 \text{ sm.}$$

Soojustamiseks kasutatava materjali valikul peab silmas pidama, et materjali struktuuril on suur tähtsus tema soojapidavatele omadustele. Materjali

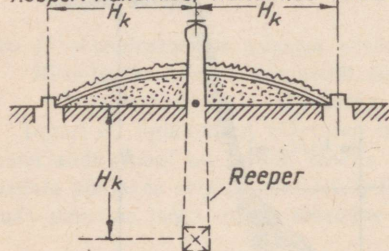
Vundamendi aluse soojustamisel



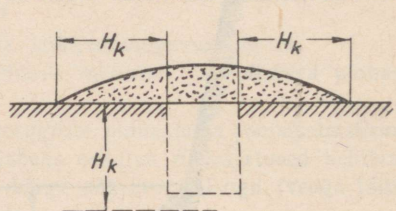
Ajutise veetorustiku soojustamisel



Reeperi kaitsemisel kerkimise vastu



Pinnase kaitsemisel külmumise vastu



Joon. 5. Soojustuskihi laialilaotamise laius.

$H_v$  — vundamendi rajamissügavus;  $H_k$  — maksimaalne külmumissügavus.

plaatjas struktuur (näit. puulehed) on efektiivsem kui kiuline (peened laastud) või teraline (räbu). Kuivad soojustusmaterjalid on ühesuguste läbipuhutavustingimuste korral efektiivsemad kui niisked.

Aja jooksul soojapidavate kihtide soojustehnilised omadused halvenevad nende vajumise ja veega niiskumise tõttu.

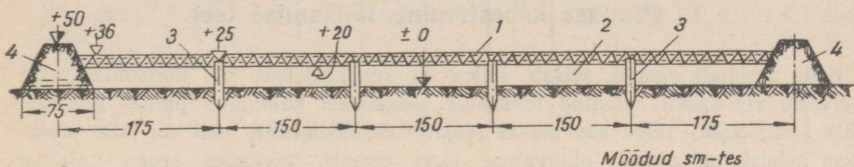
Soojapidava puiste paksus kogu soojustataval pinnal peab olema ühesugune.

Puiste ulatus külgsuunas peab võrduma maksimaalse külmumissügavusega (joon. 5).

#### 4. Pinnase soojustamine spetsiaalsete ehitiste abil

1. Külmumise eest kaitstav ala ümbritsetakse kuni 0,5 m kõrguse muldvalliga ja ujutatakse veega üle. Pärast seda kui basseini pinnale on tekkinud

10–15 sm paksune jääkiht, juhatakse vesi ära. Jääkoorik toetub basseini põhja eelnevalt asetatud vaiadele või kividele. Koos õhkvahega, mis on tekkinud pinnase ja jääkooriku vahele, kujuneb viimane kogu talve vältel usaldusväärseks kaitseks pinnase külmumise vastu (joon. 6).

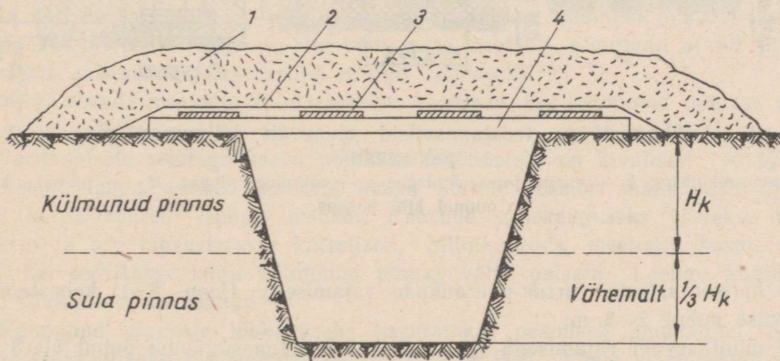


Joon. 6. Saviste pinnaste kaitsmine külmumise eest «jääst soojaku» abil.

1 — 15 sm paksune jääkoorik; 2 — 20 sm paksune õhuvähe; 3 — üksteisest 1,5 m kaugusele asetatud puitvaiad; 4 — muldvall.

Kirjeldatud viisi puhul tuleb hoolikalt sulgeda avad, mille kaudu vesi ära juhitakse, ja rakendada abinõud jääkooriku säilimiseks. Seda meetodit on võimalik kasutada vett vähe dreeneerivate pinnaste juures.

2. Väiksemate süvendite või mitte eriti pikkade kaevikute põhjasid võib kaitsta külmumise eest süvendi või kaeviku katmise teel kilpidega, millele puistatakse 10–15 sm paksune lumekiht. Kogemused näitavad, et kilpidega ja lumepuistega kaetud süvendis või kaevikus säilib kogu talve kestel positiivne, umbes 2–3°-ne temperatuur (joon. 7).



Joon. 7. Kaeviku põhja kaitsmine külmumise eest.

1 — lumekiht; 2 — tõrvapapp (2 kihti); 3 — laud; 4 — latid  $d = 8$  sm;  $H_K$  — pinnase külmumise maksimaalne sügavus.

3. Väiksematel pindadel võib vältida külmumist maapinnale lattide ( $d=8-10$  sm) asetamise ja nendele lauajuppidest, lõhikutest, pindadest jm. laudise ehitamise teel. Pealt kaetakse laudis odava, kohaliku soojapidava materjali kihiga, paksusega 15–20 sm. Sellel meetodil tuleb pinnast kaitsta enne külmade tulekut. Kogemused näitavad, et maakoore ülemistesse kihtidesse akumulatsioonid soojus, asudes soojustuskihi all, väldib pinnase külmumist kogu talveks.

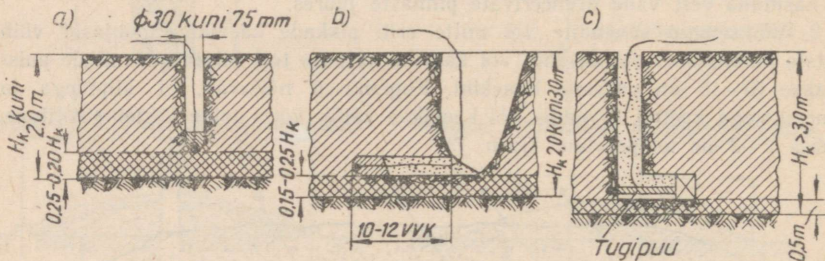
## KÜLMUNUD PINNASE TÖÖTLEMISE MEETODID

### 1. Pinnase kobestamine lõhkamise teel

Selle meetodi olemus seisab selles, et vertikaalsesse või horisontaalsesse puurauku või kaevu asetatud lõhkeaine lõhkemisel külmunud pinnas kobestatakse kamakateks, mida kaevatakse seejärel ekskavaatorite abil või jälle paisatakse kobestunud pinnas plahvatuse järel eemale, tekitades seega vajaliku süvendi.

Sõltuvalt pinnase külmumise sügavusest võib lõhkamistöid teostada ühel järgnevatest meetoditest:

1) vertikaalsete puuraukude rajamisega (joon. 8,a), kobestamissügavuse puhul kuni 2 m;



Joon. 8. Lõhkamistöde teostamisviisid olenevalt külmunud pinnase kihi paksusest.

a — puuraukudega; b — varruk-puuraukudega; c — miinikaevudega;  $H_k$  — pinnase külmunud kihi paksus.

2) horisontaalsete varruk-puuraukude rajamisega (joon. 8,b), kobestamissügavuse puhul 2—3 m;

3) miinikaevude rajamisega (joon. 8,c), kobestamissügavuse puhul üle 3 m. Kobestades pinnast puuraukude meetodil, on murru töötlemisel võimalik kasutada kolme põhimoodust:

a) ühesuunaline — kus avatud on ainult pinnase pealispind ja plahvatuse toimel tekib lehter;

b) kahe-suunaline — kus pinnasel on avatud kaks pinda, pealispind ja üks külgpind, ning kus plahvatuse toimel pinnas variseb kõrvale;

c) kolmesuunaline — kus pinnasel on avatud ülemine ja kaks külgpinda ning kus plahvatuse toimel pinnas variseb laiali.

Puuraugud tehakse tavaliselt ümmarguse põiklõikega 30—75 mm (olenevalt sügavusest).

Puuraugu sügavus võetakse sõltuvalt külmunud kihi paksusest tabeli 6 kohaselt.

## Puuraukude sügavus olenevalt pinnase külmunud kihi paksusest (meetrites)

Külmunud kihi paksus m	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
Puuraugu sügavus m	0,4	0,45	0,55	0,6	0,6	0,75	0,9	1,1	1,3	1,4	1,6

Puuraugud rajatakse malekorras, vahekaugustega  $b=1,3 H$  või  $b=1,4 W$  üksteisest, kus  $H$  on külmumissügavus meetrites ja  $W$  — vähima vastupanu kaugus (lühim kaugus laengu tsentrist maapinnani meetrites).

Puuraugud võivad omada niihästi vertikaalse kui ka kallaksuuna. Pinnase eemalepaikamiseks võib puuraugu kallakus ulatuda kuni  $30^\circ$ .

Enne laadimist puhastatakse puuraugud neisse jäänud pinnase tükkidest. Kui puurauku on kuidagi sattunud vett, tuleb see kõrvaldada kuiva liiva, takkude või mõne hästi vett imava materjali abil. Puhastatud puuraugud suletakse kuni laadimiseni puust pruntidega, mis ulatugu 10—20 sm üle maapinna.

Külmunud pinnase kobestamiseks 2—3 m sügavuselt kasutatakse horisontaalsete varruk-puuraukude meetodit. Külmunud pinnase astmelisel töötlemisel on võimalik varruk-puuraugu rajamine sügavusele kuni  $\frac{3}{4}$  astme kõrgusest. Varruk-puuraukude vahekaugus võetakse samasugune nagu püstaukude puhulgi. Kuna horisontaalsuunas on niihästi puurimist kui ka laadimist märksa raskem teostada kui vertikaalsuunas, siis võib seda meetodit soovitada ainult juhtudeks, kus püstaukude kasutamine osutub võimatuks.

Miinikaevude meetodit on otstarbekas kasutada, kui külmunud pinnase paksus on üle 3 m.

Vertikaalsete seintega kaevu põiklõike mõõtmeteks on tavaliselt  $1 \times 1,25$  m. Lõhkeaine laeng asetseb kambri kaevu kõrval. Kambri maht peab olema 2—3 korda suurem laengu mahust. Kaevude vahekauguseks võetakse kuni 1,75 m ja see täpsustatakse katseliselt. Miinikaevude meetodit kasutatakse siis, kui soovitakse kogu külmunud pinnas välja paisata. Laengu kogukaal võib ulatuda mõne tonnini.

Külmunud pinnaste lõhkamiseks kasutatakse peamiselt ammoniite. Neist kõige levinumateks on ammoniidid nr. 2, 3, 6 ja 7. Peale ammoniitide võib külmunud pinnase lõhkamiseks kasutada tooli, pikriinhapet (tööstusjääk), ammonaali, ammoniaakhapet, dünamooni, musta püssirohtu. Dünamiite talvisel töödel tavaliselt ei kasutata, kuna nad temperatuuril  $-10^\circ$  külmuvad ja muutuvad plahvatusohtlikeks.

Laengu suurus  $Q$  määratakse valemiga:

$$Q = N_B W^3, \quad (4)$$

kus  $N_B$  — tegur, mis oleneb lõhkeaine omadustest ja pinnase kategooriast; tema suurused ammoniidi puhul on toodud tabelis 7;

$W$  — vähima vastupanu kaugus (VVK) sentimeetrites.

Teiste lõhkeainete kasutamisel muudetakse tabeliga 7 antud  $N_B$  väärtusi paranduskoefitsientidega, mis on toodud tabelis 8.

Tabel 7

$N_B$  ligikaudsed väärtused ammoniidi jaoks

Pinnased	$N_B$ väärtus lõhkamisel püst-puuraukude meetodil
Savised	0,8—1,0
Klibustikud	0,6—0,8
Mustmullad ja liivad	0,4—0,6

Tabel 8

Parandustegurid ammoniidi  $N_B$  juurde

Lõhkeained	Parandustegurid
Tool, pikriinhape	0,68
Ammonaal	0,79
Dünamoon	1,10
Ammoniaakhape	1,25
Must püssirohi	2,10

Ammoniidi kulu on toodud tabelis 9.

Puuraugu sügavusest tuleb täita lõhkeainega mitte üle poole. Pärast lõhkeaine asetamist puistatakse puurauku 10—15 sentimeetrine kiht liiva või kuiva peent pinnast ilma tampimata. Puuraugu ülemine osa topitakse täis sulanud pinnasega.

Lõhkeaine asetatakse sisse puistena (kuivades pinnastes), padrunitena või valmis pakettidena. Pulbrilistest lõhkeainetest laengud kaaluga üle 2 kg asetatakse plekk-kestadesse, pergamiinpaberisse või ka pudelitesse ja purkidesse.

Tabel 9

Ammoniidi kulu 100 m<sup>3</sup> külmunud pinnase kohta (kg)

Külmunud pinnase kategooria	Külmunud kihi paksus m		
	0,5	1,0	1,5
Savi, ehituspraht	67	60	60
Pinnased klibustikuga	50	48	48
Liivased ja mustmulla pinnased	39	34	34

Puuraugu laadimisel lõhkeaine puistamise teel tuleb algul puistata pool ettenähtud laengust ja seejärel sisse lasta sütikotoru elektrilise või kapsel-detonaatoriga. Seejärel puistata ülejäänud lõhkeaine osa. Laadides padrunitega või üksikute pakettidega, lastakse laeng sisse traadi või peene nõõri abil. Sütikutega varustatud padrunite sisselaskmine süütenõõri või elektrilise detonaatori juhtmete abil pole lubatud. Tuleb hoolikalt jälgida, et süütejuhtmed või süütenõör ei saaks vigastatud laengu allalaskmisel ja augu täite tihendamisel. Laenguid võib süüdata kas tulega või elektriliselt.

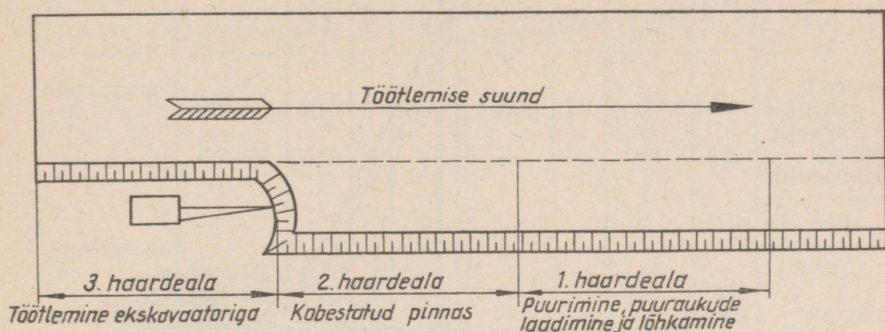
Tulega süütamine toimub bikfordi nõõri ja kapsel-detonaatori abil. Bikfordi nõör koosneb püssirohust südamikust (musta püssirohu terad) ja lina-sest või kanepist kestad ning ta läbimõõt on umbes 5 mm. Bikfordi nõõre on kahte tüüpi: normaalne — põlemiskiirusega 1 sm sekundis — ja aeglustatud — põlemiskiirusega 1 sm 2 sekundis.

Kapsel-detonaator kujutab endast umbes 50 mm pikkust ja umbes 7 mm läbimõõduga metallist või paberist hülssi (ühest otsast avatud), mis on täidetud trotüüluga ja suletud paukuva elavhõbeda kapslikesega.

Elektriline plahvatus tekitatakse elektrilise süütajaga, mille juurde on toodud juhtmed kas valgustusvõrgust või lõhkamismasinast.

Elektriline süütaja koosneb kahest vaskjuhtmest, mis on ühendatud peene konstantaantraadiga — hõõgniidiga.

Joonisel 9 on kujutatud platsi haardealadeks jaotamine külmunud pinnase kobestamisel lõhkamise teel.



Joon. 9. Platsi haardealadeks jaotamine külmunud pinnase kobestamisel lõhkamise teel ning kobestatud pinnase eemaldamisel ekskavaatori abil.

Esimesel haardealal toimub puuraukude puurimine, nende laadimine ja lõhkamine; teisel ja kolmandal haardealal toimub kaevandamine. Haardeala suuruse määrab ekskavaatori tootlikkus. Kogu kobestatud pinnas peab olema ära koristatud 8—10 tunni jooksul, tugevate külmade (alla  $-25^{\circ}$ ) puhul aga 4—5 tunni jooksul.

Lõhkamistöid viiakse tavaliselt läbi eriorganisatsioonide poolt spetsialistide-lõhkajate juhtimisel. Lõhkamistöid miinikaevude meetodil teostatakse eriprojekti alusel.

Külmunud pinnase kobestamisel lõhkamisega tuleb täita kehtivaid ohutus-tehnika eeskirju («Instruktsioon ohutustehnikast puurimis-lõhkamistöodel ehitustel», Ehituse Rahvakomissariaat, 1945).\*

## 2. Külmunud pinnase kobestamine mehhanismidega ja mehaaniliste töövahenditega

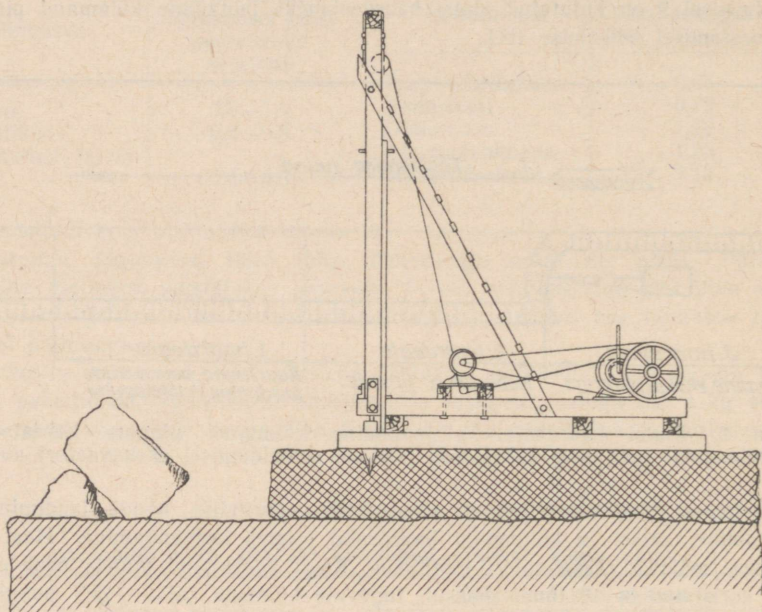
Kui pinnase külmunud kooriku paksus on alla 0,25 m, siis tavaliste, keskmise võimsusega ekskavaatorite-otselabidate tootlikkus erineb vähe nende tootlikkusest suvistes tingimustes.

Kaevamist võimsate ekskavaatoritega (kopa maht  $1 \text{ m}^3$  ja rohkem) võib teostada ilma erilise eelneva ettevalmistuseta ka kuni 0,4 m paksuse külmunud kihi puhul.

Traktori veol töötav spetsiaalne kobestaja võib kobestada kuni 0,3 m paksust koorikut, 0,6 kuni 1 m paksuse külmunud kihi mehaanilist kobesta-

\* «Инструкция по технике безопасности на буро-взрывных работах в строительстве», НКС, 1945.

mist teostatakse tavaliselt rammipuki abil pinnasesse kiilude rammimise teel või kiilukujulise rammnuia kasutamisega (joon. 10). Külmunud pinnase kobestamisel tuleb püüda kasutada võimalikult kergeid rammipukke, kuna neid tuleb tihti ümber asetada.



Joon. 10. Rammipukk külmunud pinnase kobestamiseks.

Pinnase kobestamist ekskavaatorite abil nende kasutamise teel rammimis-mehhanismina ei saa soovitada, kuna ekskavaatorid ei leia seejuures sihipärast kasutamist ja kuluvad kiiresti.

Pinnase kobestamist käsimehhanismidega (suruõhu või elektrilistega) teostatakse ainult väikeste töömahtude puhul kergetes ja keskmistes pinnastes. Pinnase kobestamise suruõhu ja elektriliste käsimehhanismide tehniline karakteristik on toodud tabelites 10, 11\* ja 12.

Tabel 10

Suruõhu tööriistade tehniline karakteristik

Näitajad	Mõõt- ühik	Suruõhu kang-labid		Murdvasarad		
		ЗИ-4	ЗИ-6	OM-5	OMA-5	ОМСП-5
Ohusurve	atü	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
Ohu kulu	m <sup>3</sup> /min.	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Vooliku siseläbimõõt	mm	16	16	16	16	16
Kogupikkus	·	670	670	528	610	600
Kogukaal	kg	8,6	8,6	9	10	9,5

**Suruõhu tööriistade jaoks soovitatud üheastmeliste kompressorite tehniline karakteristik**

Kompressori tüüp	Mark	Tootlikkus m <sup>3</sup> /min.	Töösurve atü	Jõuallikas				Kaal kg	Valmistaja tehas
				elektrimootor		sisepõlemismootor			
				tüüp	võimsus kW	tüüp	võimsus h.j.		
Statsionaarne	BBK-155	2,10	7	AT812	24,5	—	—	—	Kompressoritehas, Moskva
„	KC-200	4,50	6	—	—	—	40	825	Teedeministeeriumi tehas «Krasnõi putj», Moskva
Statsionaarne	BBK-200	6,90	7	—	—	—	45	—	Sama
„	BBK-240	6,50	6	—	—	—	56	135 <sup>0</sup>	„
Teisaldatav	BBK-155	2,10	7	AT812	24,5	—	—	1765	Kompressoritehas, Moskva
„	ЭПК-200	6,90	7	—	—	—	45	690	—
Liikuv (autol)	KC-200	4,50	6	—	—	—	ЗИС-73-5	4500	Teedeministeeriumi Kaluuga tehas

Märkus. Agregaadid BBK-155 võivad olla varustatud kas elektri- või sisepõlemismootoritega.

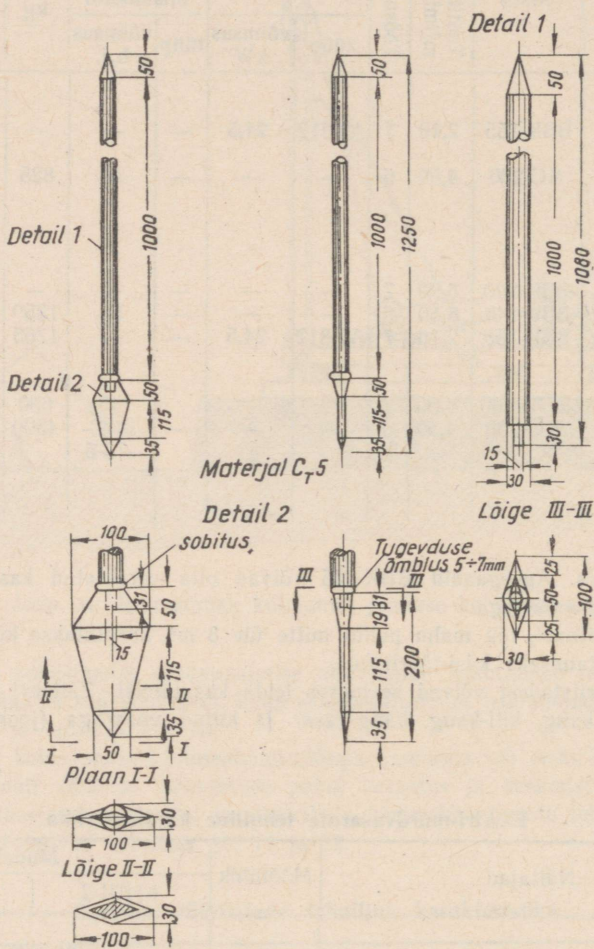
Erandjuhtudel, töö mahu puhul mitte üle 3 m<sup>3</sup>, kasutatakse külmunud pinnase kobestamiseks käsi-tööriistu.

Käsi-tööriistadest võivad seejuures leida kasutamist: Zaitsevi kang-labidas, Gorohhovi kang, kiil-kang, kang-vasar ja kiilud vasaraga (joonised 11, 12, 13, 14).

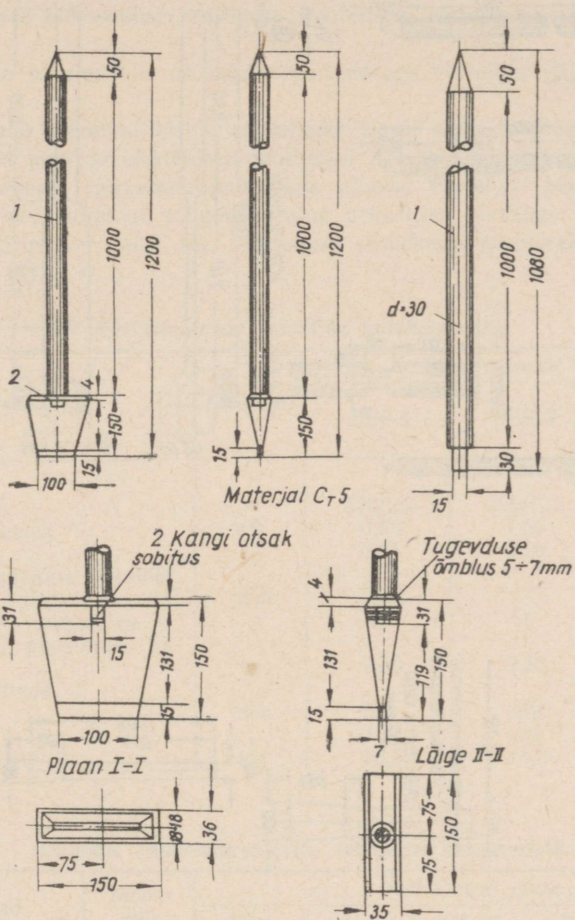
Tabel 12

**Elektri-murdvasarate tehniline karakteristik**

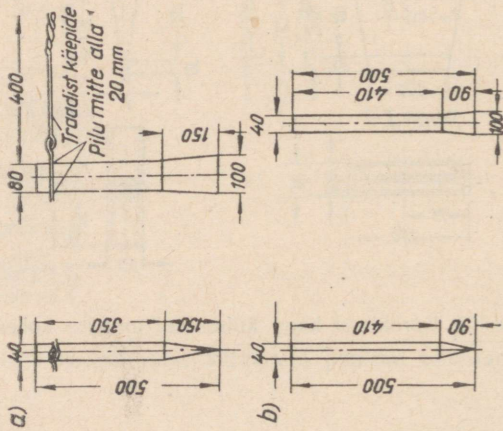
Näitajad	Möötüühik	Mudel	
		KHШ-2	KHШ-3
Jõuallikas		Elektrimootor (3-faasiline otsesidestatud rootoriga asünkroonmootor)	
Pinge	V	120	120
Mootori võimsus	kW	0,25	0,25
Vajalik vooluvõimsus	„	0,35	0,37
Kasutegur	—	0,6	0,6
Teravikul ärakasutatav võimsus	kW	0,133	0,146
Kasutegur	—	0,38	0,40
Gabariitmootmed	mm	215×161×700	221×161×678
Kaal, ilma puurita ja kaablita	kg	12,8	11,5



Joon. 11. Zaitsevi kang-labidas külmunud pinnase kobestamiseks.

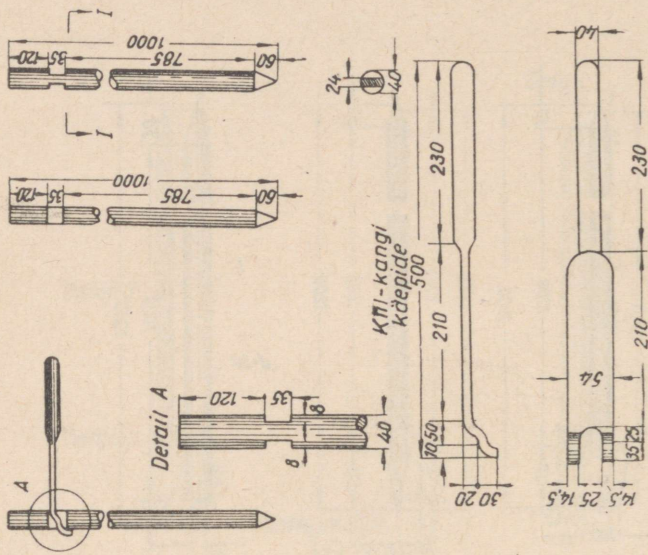


Joon. 12. Gorohhovi kang külmunud pinnase kobestamiseks.



Joon. 13. Kiiud külmunud pinnase kobestamiseks.

a — kii külmunud saviste pinnaste kobestamiseks; b — kii rabedate kihiliste pinnaste kobestamiseks.



Joon. 14. Kii-kang külmunud pinnaste kobestamiseks.

### 3. Puuraukude rajamine külmunud pinnasesse

Ehituspraktikas esineb sageli vajadus puuraukude rajamiseks külmunud pinnasesse, eriti pinnase ettevalmistamisel lõhkamiseks või sulatamiseks auru-, vee- ja elektrinõeltega.

Puurauke võib rajada mehaaniliste või käsi-tööriistadega.

Puuraukude mehaanilist puurimist teostatakse perforaatoritega või elektripuuridega.

Elektriline puurimisviis on suruõhupuurimisega võrreldes viljakam ja ökonomsem.

Puuraukude rajamine käsitsi on lubatav ainult väikeste töömahtude puhul.

Külmunud pinnase elektrilisel puurimisel kasutatakse spetsiaalseid elektripuurimisagregaatide spiraalsete puuridega, näiteks Purihhovi puuriga, mis on valmistatud vedruterasest, külgekeevitatud pobediitist otsakuga (joon. 15) või tavalisi elektripuure (tabel 13). Puurimisel suruõhuga kasutatakse perforaatoreid (tabel 14).

Tabel 13

Elektripuuride tehniline karakteristik

Näitajad	Mõõtühik	Elektripuuride tüübid		
		ЭБР-1	ЭБР-2	Käsi-elektripuur ЭБР-3
Voolu pingeline	V	220/127	220/127	220/127
Mootori võimsus	kW	0,55	1,00	0,5
Kasutegur	—	0,78	0,80	0,8
Puuri maksimaalne läbimõõt:				
kergetes pinnastes	mm	80	—	35
keskmistes pinnastes	"	40	50	—
Ratsionaalne puurimise sügavus	m	2,50	2,58	1,50
Gabariitmõõtmed:				
pikkus	mm	326	310	303
laius	"	213	225	288
Kaal	kg	16,5	18,0	13,4

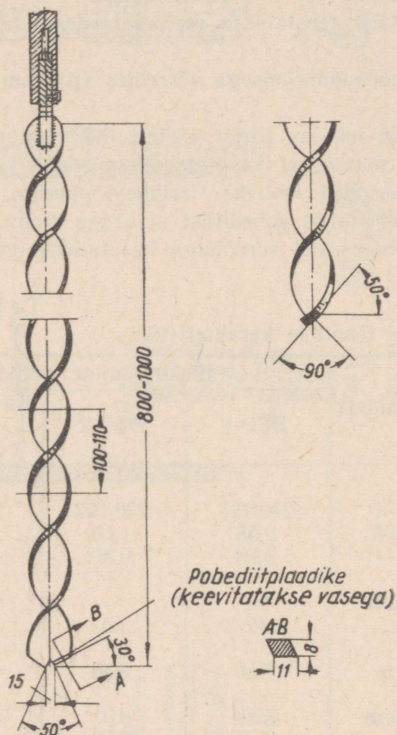
Tabel 14

Suruõhu käsiperforaatorite tehniline karakteristik

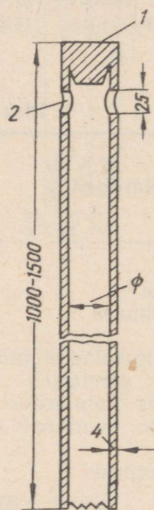
Näitajad	Mõõtühik	Perforaatori mark				
		ББ-1	БМ-13	БМ-17	P-1	P-3
Kaal	kg	16,5	17,5	17,5	16,5	15,2
Pikkus	mm	550	495	495	—	—
Õhu kulu	m <sup>3</sup> /min.	1,5	1,8—2,2	1,8—2,0	1,8	1,8
Puurimise sügavus	m	2,3	3,4	3,4	—	—
Õhusurve	atü	5—6	5—6	4—5	2	—

Puurimisel puurid kuumenevad ja kaotavad oma tugevuse. Seepärast soovitatakse puurauku aeg-ajalt valada vähese soola või kloorkaltsiumi lisandiga vett. Viimased 15—20 sm puuraugust läbitakse ilma vee lisamiseta.

Käsitsi puurimist võib teostada šlamm-puuriga või kuumutatud kangidega. Šlamm-puur (joon. 16) valmistatakse 50–75 mm läbimõõduga gaasitorust pikkusega 1,0–1,5 m. Toru alumise otsa külge keevitatakse kõvadest sulamitest hambad. Et kaitsta toru vigastumast vasara löökide all, varustatakse tema ülemine ots külgekeevitatud terasvõruga või metallkorgiga.



Joon. 15. Purihhovi puur vedru-terasest, paksus 6–8 mm, laius 50–60 mm.



Joon. 16. Tavaline šlammpuur.

1 — sissepandav metallkork; 2 — augud kangi jaoks.

Et vältida pinnase külmumist šlamm-puuris, tuleb teda iga päev pärast töö lõpetamist kuumutada ja hoolikalt puhastada mulla jäätmest.

Külmunud pinnase puurimisel kangidega kuumutatakse nende otsad teisaldatavatel ääsidel või erilistes ahjudes 30–40 sm pikkuselt hõõguvpunaseks. Puurimistöö pidevaks kulgemiseks soovitatakse kasutada 4–5 kangist koosnevat komplekti; üks kangidest on seejuures töös, kuna teised kuumenevad.

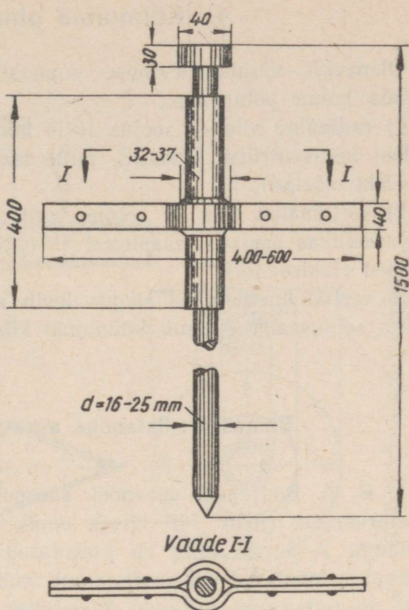
Olenevalt puurimisel ühekorruga rakendatud inimeste arvust nimetatakse löökpuurimist «ühekäeliseks», «kahekäeliseks» ja «kolmekäeliseks».

Ühekäelisel puurimisel tööline hoiab ja pöörab kangi, andes temale vasaraga lööke; kahekäelisel puurimisel üks tööline hoiab ja pöörab kangi, kuna teine lööb. Rasketes pinnastes kasutatakse kolmekäelist puurimist, mille juures

kaks töölist vaheldumisi annavad puurile vasaraga lööke, kolmas aga pöörab teda teise kangi abil.

Käsitsi puurimise hõlbustamiseks on B. A. Bodjanski poolt esitatud seadeldis (joon. 17), mis koosneb kangist, mille ülemisse otsa on keevitatud silindriline pea ja gaasitoru lõikest, mis on tõmmatud kangile alumisest otsast. Gaasitoru külge on keevitatud kaks ribarauda käepidemeks. Silindriline pea võtab vastu vasaralööke kangi maasselöömisel ja toru otsa lööke (alt üles) kangi väljavõtmisel.

Külmunud pinnasesse võib puuraukusid rajada ka aurunõela abil, mille alumine kooniline osa on varustatud 10–13 mm auguga auru välja juhtimiseks ja freesidega. Nõela ajamiseks pinnasesse vajutab tööline teda või lööb temale vasaraga. Aurunõelaga rajatud puuraukud tulevad puhastada ja lasta augu seinte tugevdamiseks külmuda. Aurunõeltega puurimisel esinev puuraugu ülemäärane niiskumine piirab nende kasutamist. Puuraukude rajamise soovitatavad viisid on toodud tabelis 15.



Joon. 17. Bodjanski riist külmunud pinnasesse puuraukude puurimiseks. I-I — löökraud kangi välja võtmiseks pinnasest.

Puuraukude rajamise soovitatavad viisid on toodud tabelis 15.

Tabel 15

Külmunud pinnasesse puuraukude rajamise soovitatavad viisid

Puuraukude otstarve	Mõõtmed		Soovitatav tööriist	
	läbimõõt	sügavus	liivsavidest ja saviliivades	vesistes ja sitketes pinnastes
Puuraukud lõhkeaine asetamiseks	30–75	50–200	Elektripuurid ЭБР-1, ЭБР-2	Perforaatorid БМ-13, БМ-17
Augud auru- ja elektri- nõelte paigutamiseks	25	100–250	Elektripuur ЭБР-3	Perforaator БМ-1
Augud vertikaalsete elekt- roodide paigutamiseks	29	80–200	Elektripuurid ЭБР-1, ЭБР-2	Elektripuurid
Augud vertikaalsete termomeetrite paigutamiseks	20	10–150	Sama	
Augud tsirkulatsioon- vesinõelte jaoks	70	100–150	Elektripuur ЭБР-3	Perforaator ББ-1

#### 4. Külmunud pinnaste sulatamine

Olenevalt soojuste levimise suunast võib pinnaste sulatamise meetodid jagada kolme põhirühki:

1) radiaalne viis — soojus levib horisontaalsuunas ja isothermid kujutavad endast kontsentrilisi pindasid, mille tsentriks on soojuseallikas (auru-, vee- ja elektrinõelad);

2) vertikaalne viis — soojus levib ülevalt alla, maapinnalt sügavusse; soojuseallikas asetseb maapinnal (kohalikud soojakud, horisontaalsed ja vertikaalsed elektroodid);

3) vertikaalne viis — soojus levib alt üles, külmunud kihi alt maapinna poole; soojuseallikas asub külmunud kihi all (sügavelektroodid).

##### Pinnaste sulatamine auru-, vee- ja elektrinõeltega

1. B. A. Bodjanski aurunõel koosneb kolmest osast: otsakust, kerest ja toititorukesest (joon. 18). Otsak omab auru väljalaskmiseks 4—5 auku läbimõõduga 2—3 mm ning on ühendatud kerega kruvikeerme abil. Aurunõela kere on valmistatud paksuseinalisest õmbluseta torust läbimõõduga 25—50 mm. Nõel on toititorukese kaudu ühendatud painduva kummivoolikuga. Aurunõela pikkus on tavaliselt 1,0—1,5 m.

2. N. D. Averini ja S. A. Anofrievi tsirkulatsioon-vesinõel (joon. 19) koosneb kahest torust: välimine, läbimõõduga 88,5 mm, ja sisemine, läbimõõduga 42,25 mm. Välistoru koosneb omakorda kahest osast, mis on omavahel ühendatud äärikühendiga. Välistoru alumine ots on kokku surutud ja keevitatud; ülemine ots on suletud kaanega, milles on ava sisetoru läbilaskmiseks, ning on varustatud toititorukesega. Viimane ühendatakse veejuhtmega. Sisetoru on alt lahti. Tema ülemine ots on aga ära painutatud ühendamiseks äravoolutorustikuga. Nõela pikkus on 1,25 m. Nõela kaal umbes 20 kg.

3. Elektrinõel (joon. 20) koosneb 60 mm läbimõõduga metallitorust, mille otsa on keevitatud kooniline metallotsak ja millesse on paigutatud peene liivaga ümbritsetud takistusspiraali; toru ülemisse otsa on äärikutega kinnitatud kaas, millest on läbi viidud isoleeritud juhtmed spiraali ühendamiseks elektrivõrguga.

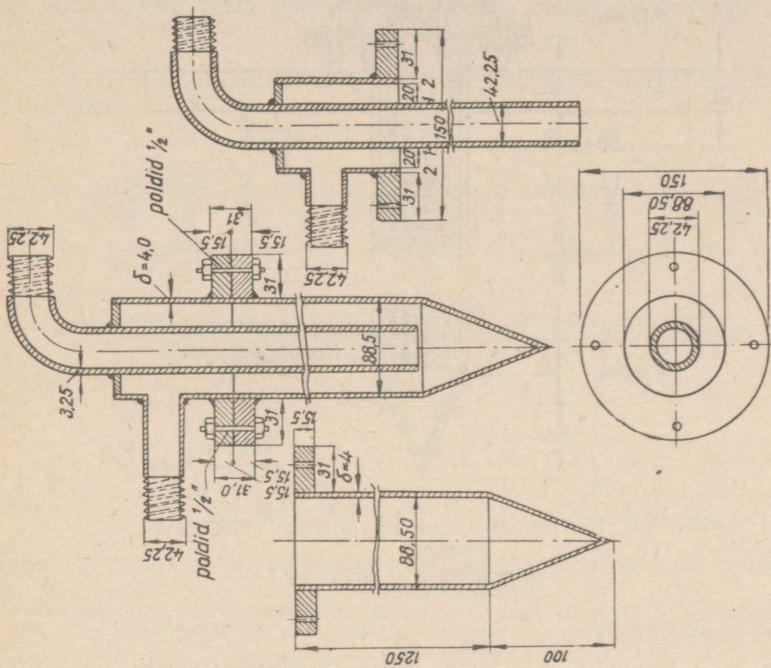
Pinnaste sulatamisel aurunõeltega ehitatakse soojusallika (tsentraalse kallamaja) juurest isoleeritud magistraal-aurujuhe. Nõelte ühendamine aurujuhtmega toimub kummivoolikute abil.

Pinnaste sulatamisel kinniste tsirkulatsiooninõeltega ehitatakse soojuseallika juurest vesikütte süsteemile analoogiline lahkvoolne jaotustorustik (juurdevoolu ja tagasivoolu liinidega).

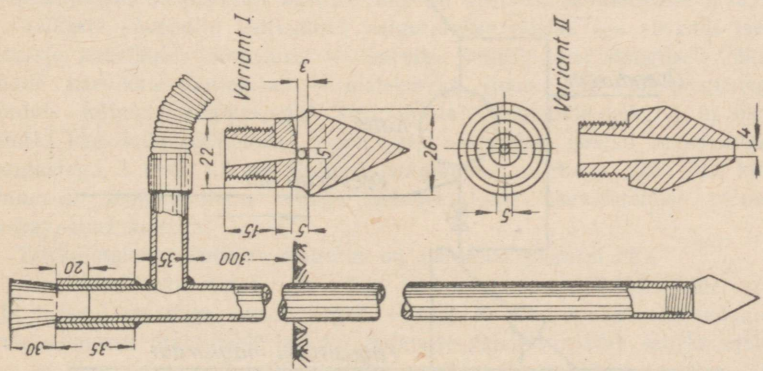
Torustikule (joon. 21) seatakse kaks termomeetrit (üks juurdevoolu liinil nõelte lähedal ja teine tagasivoolu liinil) ning tsentrifugaalpump tagasivoolu liinile.

Magistraaltorustik soojustatakse õlgmattidega või õlgpalmikutega. Montaaži ja demontaaži hõlbustamiseks koosnegu torustik üksikutest sektsioonidest.

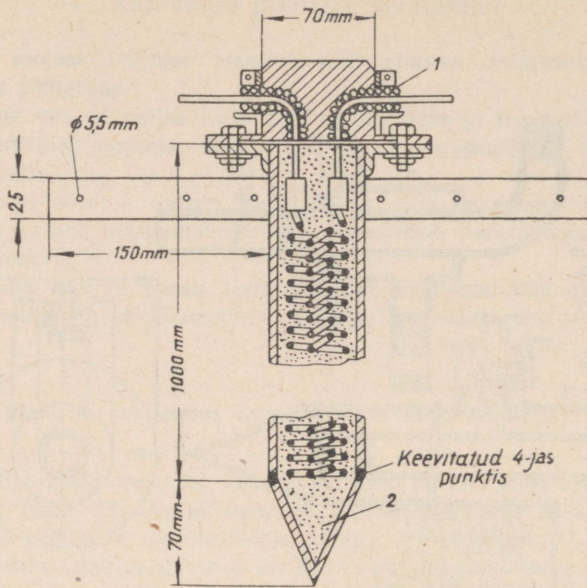
Nõelad on ühendatud jaotustorustikuga kummivoolikute abil.



Joon. 19. Tsirkulatsioon-vesinõel.

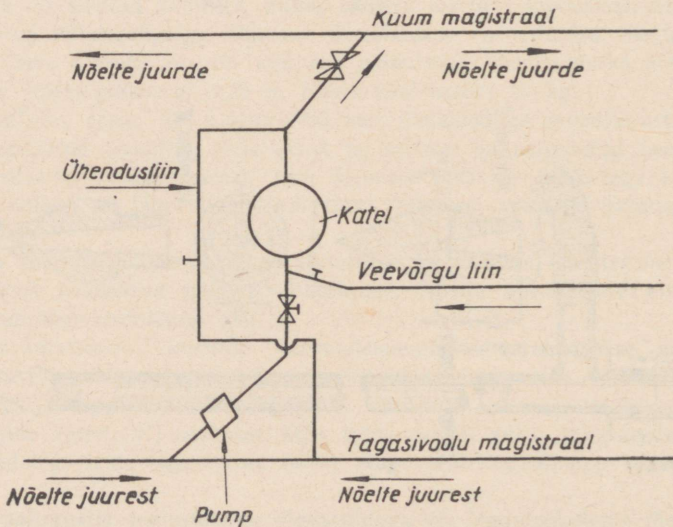


Joon. 18. Bodjanski aurunõel.



Joon. 20. Elektrinõel külmunud pinnase ülessulatamiseks.

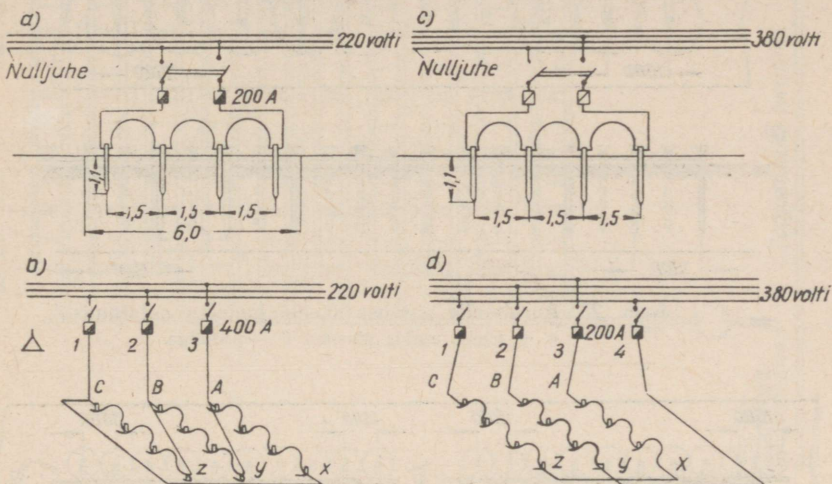
1 — asbestnõõr; 2 — tihed puiste peenest liivast.



Joon. 21. Juurdevoolu ja tagasivoolu magistraalide ehituse skeem pinnase sulatamisel tsirkulatsioonnõeltega.

Elektrinõelte toitmiseks antakse vool kõige lihtsama konstruktsiooniga sofiitide kaudu (joon. 22).

Pinnase sulatamiseks asetatakse nõelad varem ettevalmistatud puuraukudesse, mille sügavus on kuni  $\frac{7}{10}$  külmunud kihi paksusest. Nõelte efektiivsus on seda suurem, mida tihedamini nad kokku puutuvad puuraugu seintega.



Joon. 22. Elektrootide lülitusskeemid pinnase elektrisoojendusel mitmesuguste voolupingete puhul.

a — pinge puhul 220 V (ühefaasiline lülitus); b — pinge puhul 220 V (kolmeefaasiline lülitus); c — pinge puhul 380 V (ühefaasiline lülitus); d — pinge puhul 380 V (kolmeefaasiline lülitus).

Soojakadude vähendamiseks soovitatakse nõelad lasta läbi ümmarguste või ruudukujuliste soojustatud kastide, mis on asetatud sulatatavale maapinnale.

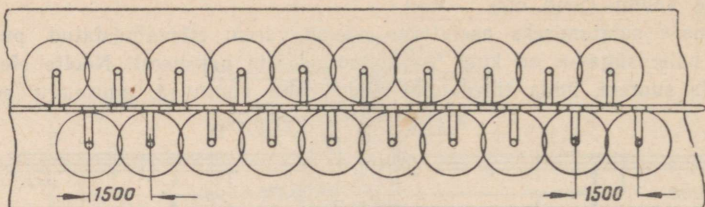
Väikeste süvendite töötlemisel paigutatakse nõelad iga süvendi tsentrisse; kitsaste kaevikute töötlemisel — kaeviku teljele 1 m kaugusele üksteisest; laiade kaevikute töötlemisel — malekorras (joon. 23) vahekaugustega, mis võrdub külmumissügavusega, kuid mitte kaugemale kui 1,5 m üksteisest. Suurte kaevikute töötlemisel (joon. 24) asetatakse nõelad malekorras vahekaugustega 1 kuni 1,5 m. Pinnase sulatamisel nõeltega jätta osa külmunud pinnasest soojendamata, silmas pidades tema kaevandamise võimalikkust eeskavaatori kopaga.

Tsirkulatsioonvesinõelte paigutus on näidatud joonisel 25.

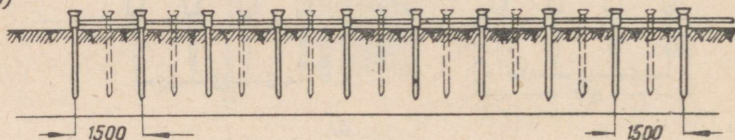
Soojendamisega algab iga nõela ümber pinnase järkjärguline sulamine. Aja jooksul sulamise kiirus langeb. Pärast 16—20-tunnist soojendamist pinnase sulamine praktiliselt lakkab. Sulamise raadius ulatub selleks ajaks savides ja liivsavides umbes 0,3 meetrini, saviliivades ja liivades umbes 0,5 meetrini.

Pärast soojakandja juurdevoolu katkestamist võetakse nõelad välja. Sulanud pinnases salvestunud soojus levib aegamööda kaugemale ja järgmisel päeval ulatub sulamisraadius 0,5—0,7 meetrini puuraugu teljest.

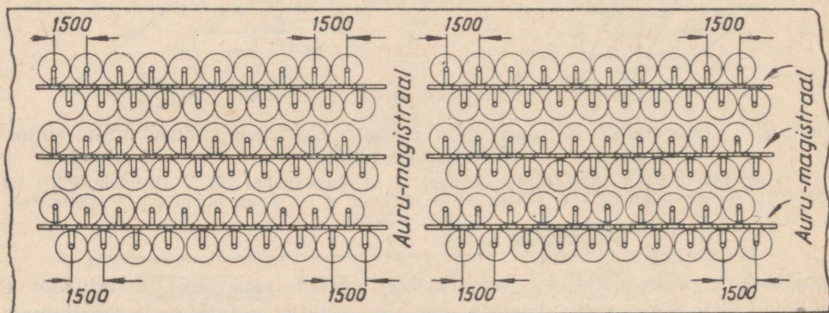
a)



b)



Joon. 23. Aurunõelte asetuse skeem kaeviku sulatamisel.  
a — nõelte asetus plaanis; b — pikilõige.



Joon. 24. Aurunõelte asetuse skeem (plaanis) süvendi sulatamisel.

Pinnase sulamise kiirust arvutatakse prof. Matšinski valemil järgi:

$$Z_0 = 0,2 \frac{d_s^2}{aKd_n 0,75}, \quad (5)$$

kus  $Z_0$  — pinnase sulamise kestus silindris, mille raadius on  $1/2 d_s$ ;

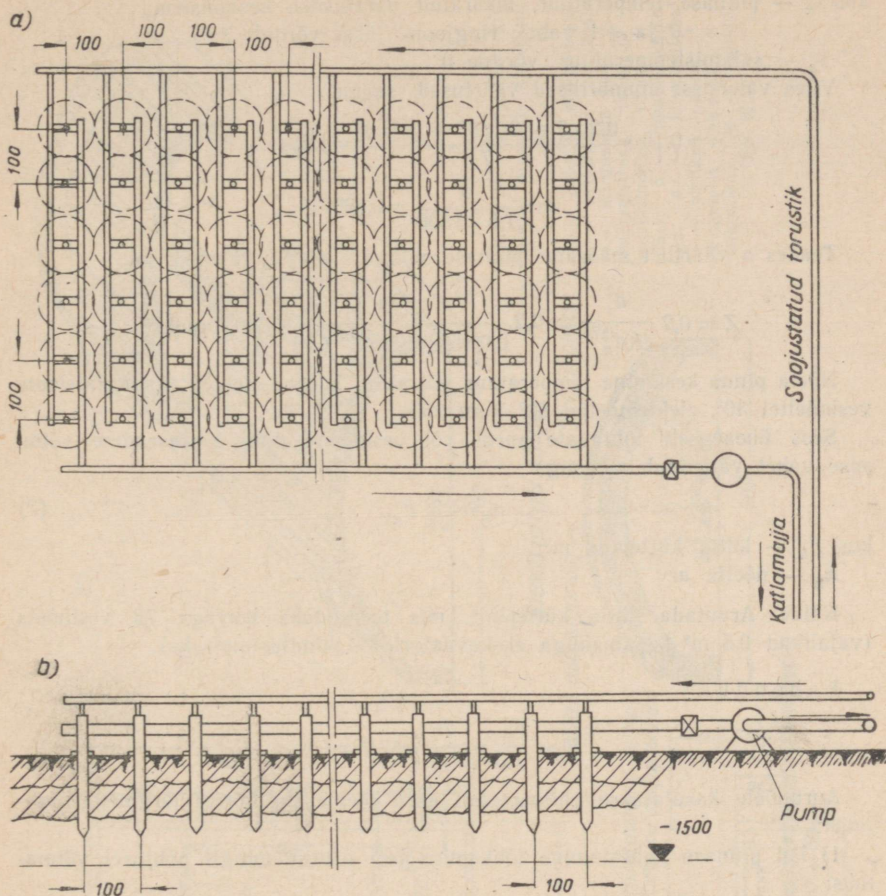
$d_s$  — aja  $Z$  kestel soojendatava pinnasesilindri läbimõõt;

$K$  — soojaülekanne soojakandjalt pinnasele; võetakse arvutustes kuivade kihtide puhul 30 kcal/m<sup>2</sup>, märgade kihtide puhul — 50 kcal/m<sup>2</sup>;

$d_n$  — nõela läbimõõt;

$a$  — pinnase temperatuurierijuhtivus

$$\alpha = \frac{\lambda}{cy};$$



Joon. 25. Tsirkulatsioon-vesinõelte asetuse skeem süvendi pinnase sulatamisel.  
 a — nõelte asetuse plaanis; b — pikilõige.

- $\lambda$  — pinnase soojaerijuhtivus;
- $c$  — pinnase soojaerimahtuvus;
- $\gamma$  — pinnase mahukaal.

**Näide.** Määrata pinnase nõelaga sulatamise kestus järgmiste tingimuste puhul: pinnase niiskus (kaaluliselt) 20%, pinnase soojaerijuhtivus  $\lambda=2,0$  kcal/m<sup>2</sup>h°C; pinnase mahukaal  $\gamma=1800$ ;  $c_2=0,2$ ; keskmine algtemperatuur nõela kõrguses — 1°;  $d_n=0,025$  m;  $K=30$  kcal/m<sup>2</sup>h;  $t=40$ °C; külmumata niiskuse kaaluline osa pinnases  $\Sigma_1=0,2$ ; külmunud vee osa pinnases  $\Sigma_2=0,5$ .

Lahendus. Algul määratakse  $c$  ja  $a$  valemistest:

$$c = (1 - 0,2) \cdot 0,2 + \frac{0,2 t_k + 0,5 \cdot 0,2(80 + t_s + 0,5 t_s)}{t_k - t_s}, \quad (6)$$

kus  $t_k$  — pinnase temperatuur, määratud paraboolse keskmisena  
0 ja +1 vahel; ringjoone järgi võrdub  $7^\circ$ ;

$t_s$  — sulamistemperatuur, võrdne  $0^\circ$ .

Viies valemisse numbrilised väärtused, saame:

$$c = 0,16 + \frac{0,2 \cdot 7 + 0,1(80 + 0 + 0)}{7} = 1,5;$$

$$a = \frac{2}{1,5 \cdot 1800} = 0,0007.$$

Teades  $a$  väärtust määrame pinnase sulamise aja  $Z$  valemist [5]:

$$Z = 0,2 \frac{d_s^2}{aKd_n^{0,75}} = 0,2 \frac{0,6^2}{0,0007 \cdot 0,025^{0,75} \cdot 30} \approx 30 \text{ tundi.}$$

Nõela pinna keskmine temperatuur võetakse: aurunõeltel  $80^\circ$ , tsirkulatsioonvesinõeltel  $40^\circ$ , elektrinõeltel  $80^\circ$  kuni  $150^\circ$ .

Seos üheaegselt töötavate auru- või vesinõelte ning katlaseadme võimsuse vahel väljendub valemiga:

$$n_n = 1,3 F_k, \quad (7)$$

kus  $F_k$  — katla küttepind  $\text{m}^2$ ;

$n_n$  — nõelte arv.

**Näide.** Arvutada katla küttepind, mis teenindaks korraga 75 vesinõela (vajalikud  $0,5 \text{ m}^3$  kopamahuga ekskavaatori töö kindlustamiseks).

L a h e n d u s.

$$F_k = \frac{n_n}{1,3} = \frac{75}{1,3} = 57,7 \text{ m}^2.$$

Aurunõelu kasutatakse ehitusplatsil auru olemasolu korral järgmistel juhtudel:

1) kui pinnase kobestamine lõhkamise teel osutub mingil põhjusel võimatuks;

2) kaevikute kaevamisel, kui sulatatud pinnas võetakse välja kraavikaevajatega või väikesekopaliste (kuni  $1 \text{ m}^3$ ) ekskavaatoritega;

3) väiksemate süvendite töötlemisel, kui pinnas kaevatakse välja ekskavaatoritega;

4) väiksemate aukude kaevamisel.

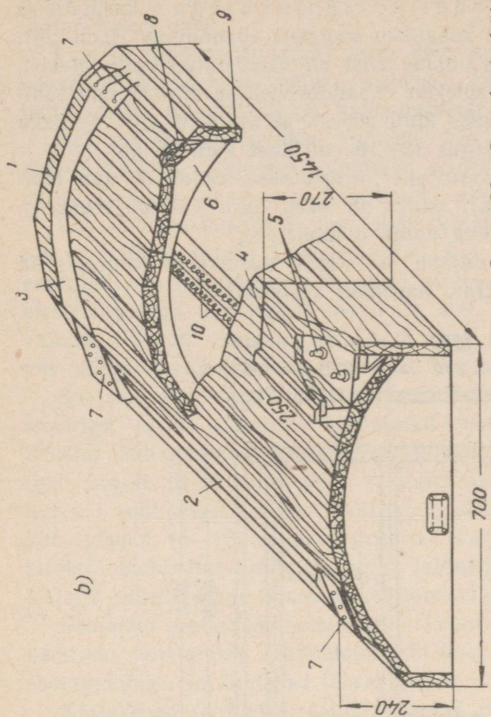
Aurunõelu ei lubata kasutada pinnastes, mis sisaldavad metalli, kive jm., samuti pinnastes, mille täiendav niiskumine alandab nende ehituslikke omadusi.

Aurunõelte kasutamine ei ole soovitav, kui sulatatud pinnas on määratud tagasipuisteks või kui ta veetakse kauge maa taha muldesse, kuna viimasel juhul võib ta madalate temperatuuride juures juba autokastis külmuda.

Pinnase sulatamist tsirkulatsioonvesinõeltega on lubatav teostada sel juhul, kui aurunõelte kasutamine ei ole võimalik.

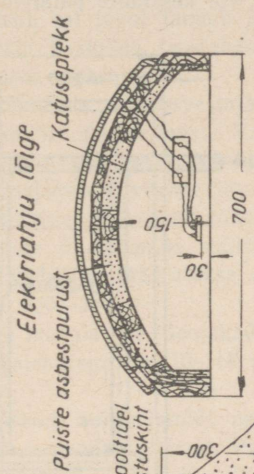
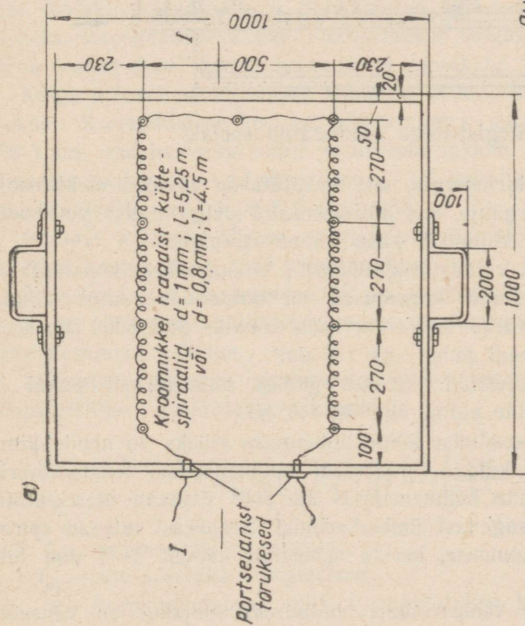
Kui pinnas sisaldab tunduval määral kive või metalli, siis ei ole tsirkulatsioonvesinõelte kasutamine soovitav.

Pinnase sulatamist elektrinõeltega lubatakse, kui on olemas energiainspektsiooni nõusolek elektrienergia kasutamiseks.

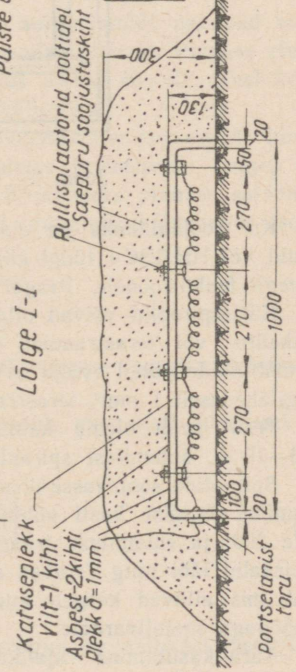


Joon. 26. Soojakud kül-  
munud pinnase sulatami-  
seks.

- a — kohalik elektrisoojak;
- HIJT9C-i kiirgusahi;
- 1 — kiirgusahju kere; 2 —
- peamagnistraali renn; 3 —
- harühenduste renn; 4 —
- siiber; 5 — tumbler-katkes-
- taja; 6 — kiirgamispid;
- 7 — pistikute paneel; 8 —
- tõrvapapist vahetkiht; 9 —
- isolatsioon; 10 — spiraalid



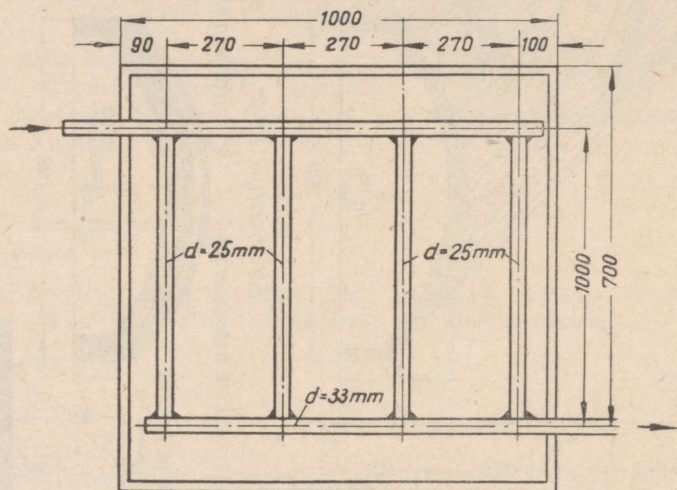
Lõige I-I



Pinnase sulatamisel kohalike soojakutega kasutatakse J. J. Bogatõrovi süsteemi lihtsaimat kohalikku soojakut «banduura» (joon. 26), mis koosneb kahest metallkastist. Välimine kast on valmistatud katuseplekist, sisemine 1—1,5 mm paksusest katlaplekist. Kastidevahelisse 20—25 mm tühimikku asetatakse soojaisolatsioon: kaks kihti asbesti ja üks kiht vilti. Soojaku mõõtmed plaanis on 0,7×1,0 m, kõrgus 12—15 sm, kaal kuni 30 kg.

Kui soojakandjana kasutatakse auru, siis varustatakse soojak 50 mm läbimõõduga torudega (aurukammidega), milles on avad auru väljapääsemiseks. Torude mõõtmed vastaku soojendatava pinna mõõtmetele.

Kuuma vee kasutamisel soojakandjana asetatakse soojakusse toruregistrid (joon. 27) või keskkütte patareid (ins. Sapelkini süsteemi).



Joon. 27. Registritega seadistatud soojak.

Kui soojaallikaks on elektrienergia, siis kasutatakse tavalisi elektrisoojakuid või НИЛЭС-*i* tüüpi kiirgahje, kus küttespiraalid paigutatakse paraboolse peegli fookusjoonele. Peegel kujundab kasti kaane sisepinna.

Küttespiraalid võivad olla valmistatud fekraal-, kroomnikkel-, konstantaan-, nikeliin- või terastraadist. Nagu kogemused on näidanud, osutub kõikide traadiliikide puhul (välja arvatud terastraat) sobivaimaks põiklõike suuruseks ligilähedaselt 1 mm<sup>2</sup>, terastraadi puhul aga 1,5 mm<sup>2</sup>.

Traat peab olema kalibreeritud. Traadi pikkus terasspiraali puhul on 10—15 m, sulamitest spiraalide puhul aga 30—40 m.

Spiraalide soojakusse ülesseadmise kõige lihtsamaks viisiks on nende kinnitamine sisemise kasti põhja külge. Terastraadi kuumenemisel temperatuurini üle 200° ja sulamitest traatide kuumenemisel üle 500° vajuvad ülesriputatud spiraalid läbi ning vajavad sagedast ümberkerimist. Seepärast tulevad spiraalid, mis alluvad kõrgele kuumusele, kerida asbestiga kaetud 6—8 mm läbimõõduga metallvardale.

Auru kasutamine vajaliku temperatuuri hoidmiseks soojakus on väheefek-

tiivne ja võib seepärast leida kasutamist ainult juhul, kui ehitusel on olemas äratarvitatud auru.

Lahtist (ülekuumendatud) auru võib kasutada ainult tingimusel, et välja-kaevatud pinnas kohe veetaks muldesse. Lössitaoliste pinnaste soojendamiseks lahtise auru kasutamine on kategooriliselt keelatud.

Kui soojakusse seatakse registrid või patareid, siis toidetakse neid kuumavee katlast. Seejuures juhitakse soojakut läbinud ja juba jahtunud vesi uuesti katlasse tagasivoolu toru kaudu, mis on varustatud pumbaga.

Vee ja auru kasutamist soojakute kütmiseks võib lubada ainult siis, kui ei ole võimalik kasutada elektrienergiat. Kui ehitusplatsil on saada vaba elektrienergiat, siis teostatakse külmunud pinnase sulatamist elektrootadega või ka elektriühjudega varustatud soojakute abil, kuna sel juhul langeb ära katelde vajadus, samuti torustike ehitamise ning teiste lisatööde teostamise vajadus, mis kõrgendavad külmunud pinnase sulatamise maksumust.

Soojaku soojendamisel küttespiraalidega nõutakse vooluarvestajaga, ampermeetriga ja voltmeetriga varustatud jaotuskilbi ülesseadmist. Vooluvõrgust tehakse kahejuhtmelised väljavõtted, võimalikult ühesuguse voolukoormisega igalt faasilt (3—6 lüli abil). Jaotuskilbist soojakuteni viiakse tavalistest isoleeritud juhtmetest sofiidid. Sofiitidele ühendatakse järjestikku lülitatud soojakute grupid (6—10 soojakut grupis). Soojakute ühendamine sofiitidega teostatakse isoleeritud juhtmete abil. Juhtmete põiklõige määratakse arvutusega. Vajalik võrgu pingeline pinnase sulatamisel on 220—380 V.

Soojakud asetatakse sulatamisele kuuluvale maapinnale. Soojakadude vähendamiseks puistatakse soojendatav ala koos soojakutega üle 10—15 sm paksuse saepurukihiga ja kaetakse tõrvapapiga.

Küttekehad (elektrispiraalid, patareid, registrid, aurukammid) annavad soojuse soojakus olevale õhule. Soojendatud õhk soojendab pinnast. Pinnase efektiivseks soojendamiseks peab temperatuur soojakus olema 40—60°. Veel kõrgema temperatuuri korral suurenevad soojakaod välisõhku.

Kõige intensiivsem pinnase sulamine toimub soojendamise esimese 24 tunni jooksul. Soojendamise kestuse pikenemisega sulamise intensiivsus langeb ja 100 tunni möödudes sulamine praktiliselt lakkab. Keskmiseks pinnase sulamise kiiruseks soojaku all on: sügavusse — 1,0 kuni 1,2 sm/tunnis; külgsuunas (soojaku seintest) — 0,1 kuni 0,2 sm/tunnis.

Pinnase sulamise kiiruse arvutamisel oletatakse:

- 1) et soojus levib risti maapinnale;
- 2) et soojuseallika temperatuur on muutumatu;
- 3) et pinnas on ühtlane; pinnase temperatuurijuhtivuse teguriks võetakse selle keskmine väärtus.

Sulatatava pinnase temperatuur horisontaalpinna, mis asub kaugusel  $x$  soojuseallikast, määratakse võrrandist:

$$t_x = t_a + (t_{s_c} - t_a) \left[ 1 - f \left( \frac{x}{2\sqrt{aZ}} \right) \right], \quad (8)$$

kus  $t_a$  — pinnase algtemperatuur;

$t_{s_c}$  — soojuseallika temperatuur;

$x$  — horisontaalpinna, mille  $t_x$  määratakse, kaugus soojaallikast meetrites;

$a$  — pinnase keskmise temperatuurijuhivus;

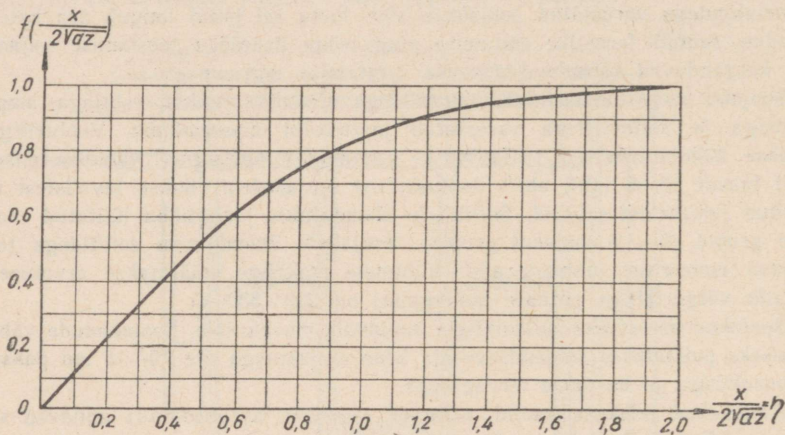
$Z$  — soojendamise kestus tundides;

$f\left(\frac{x}{2\sqrt{aZ}}\right)$  — Krampi funktsioon (joon. 28).

Võrrandist saame pärast ümberkorraldamist  $t_x=0$  puhul:

$$f\left(\frac{x}{2\sqrt{aZ}}\right) = 1 - \frac{t_a}{t_{sk} - t_a}. \quad (8')$$

Andes  $t_a$  ja  $t_{sk}$  väärtused, määrame algul analüütiliselt funktsiooni väärtuse ning seejärel leiame graafikust argumendi suuruse.



Joon. 28. Krampi funktsioon.

Kirjutades võrrandi:

$$\eta = \frac{x}{2\sqrt{aZ}},$$

avaldame siit pinnase soojendamise kestuse etteantud sügavuse jaoks:

$$Z = \frac{x^2}{4a\eta^2}; \quad (9)$$

sulamissügavus aja  $Z$  jooksul:

$$x = 2\eta\sqrt{aZ}. \quad (10)$$

Näide. Määrata pinnase sulamise sügavus kohaliku soojaku all järgmistel tingimustel:

$$t_a = -4^\circ \text{ (keskmise)}; \quad t_{sk} = +80^\circ; \quad a = 0,0009; \quad Z = 100 \text{ tundi.}$$

L a h e n d u s. Määrame

$$f\left(\frac{x}{2\sqrt{aZ}}\right)$$

ja tema argumendi väärtuse:

$$1 - \frac{t_a}{t_{sk} - t_a} = 1 - \frac{4}{84} \approx 0,95.$$

Jooniselt 28 määrame  $\eta = 1,5$ .

Edasi leiame võrrandist (10) sulamissügavuse:

$$x = 2 \cdot 1,5 \sqrt{0,0009 \cdot 100} = 2 \cdot 1,5 \cdot 0,3 = 0,9 \text{ m.}$$

Kohalikke soojakuid kasutatakse külmunud pinnase sulatamiseks aluste ettevalmistamisel põrandate, teede ja vundamentide alla.

Pinnase ettevalmistamisel kaevikute ja süvendite kaevandamiseks on kohalike soojakute kasutamine otstarbekas vaid kuni 1 m külmumissügavuse juures.

Üle 1 m sügavuselt külmunud pinnaste sulatamisel on kohalikke soojakute kasutamine lubatav ainult sel juhul, kui pinnased sisaldavad metallitükke või suuri kive, mis takistavad nõelte või elektroodide maasseasetamist. Sel juhul teostatakse sulatamist kõrgusjärkude kaupa: 0 kuni 70 sm on esimene kõrgusjark, 70 kuni 150 sm teine, 150 kuni 220 sm kolmas jne.

Pinnase sulatamise elektroodmeetod põhineb suletud vooluahelasse lülitatud materjalide soojenemise nähtusel, kui ahelat läbib elektrivool. Elektroodidena kasutatakse 12–19 mm läbimõõduga ümmargust armatuurterast pikkusega 1,5–2,0 m. Elektroodi alumine ots teritatakse kooniliseks, ülemisest otsast 5 sm kaugusele puuritakse aga 3–4 mm läbimõõduga auk. Sellest august lastakse läbi 25–30 sm pikkune paljas juhe, mis keevitatakse ühe otsaga elektroodi külge, kuna teine ots jääb vooluvõrguga ühendamiseks. Elektroodid lüüakse pinnasesse vahekaugustega 0,4–0,8 m üksteisest (olevalt voolu pingest, pinnase iseloomust, niiskusest ja algtemperatuurist).

Elektroodid lüüakse maasse malekorras kolme ritta. Sellega külmunud pinnas nagu «lõigatakse» üksikuteks plokkideks. Elektroodide asukohad märgitakse maha šabloonil abil, mis kujutab endast puitraami (joon. 29) pealetõmmatud traatidega. Traatide ristumiskohad määravad ära elektroodide asukohad.

Kõrgema voolupinge korral elektroodide vahekaugus võetakse suurem, madalama pingel puhul väiksem.

Kolmejuhtmelises süsteemis kolmefaasilise voolu puhul pingega 220 V võetakse elektroodide vahekaugus 0,5 m; neljajuhtmelise süsteemi puhul pingega 380–220 V suurendatakse elektroodide vahekaugust 0,6 meetrile. Pinnasesse löödud elektroodid lülitatakse vooluvõrku tavaliselt ilma pinget alandavate transformatoriteta.

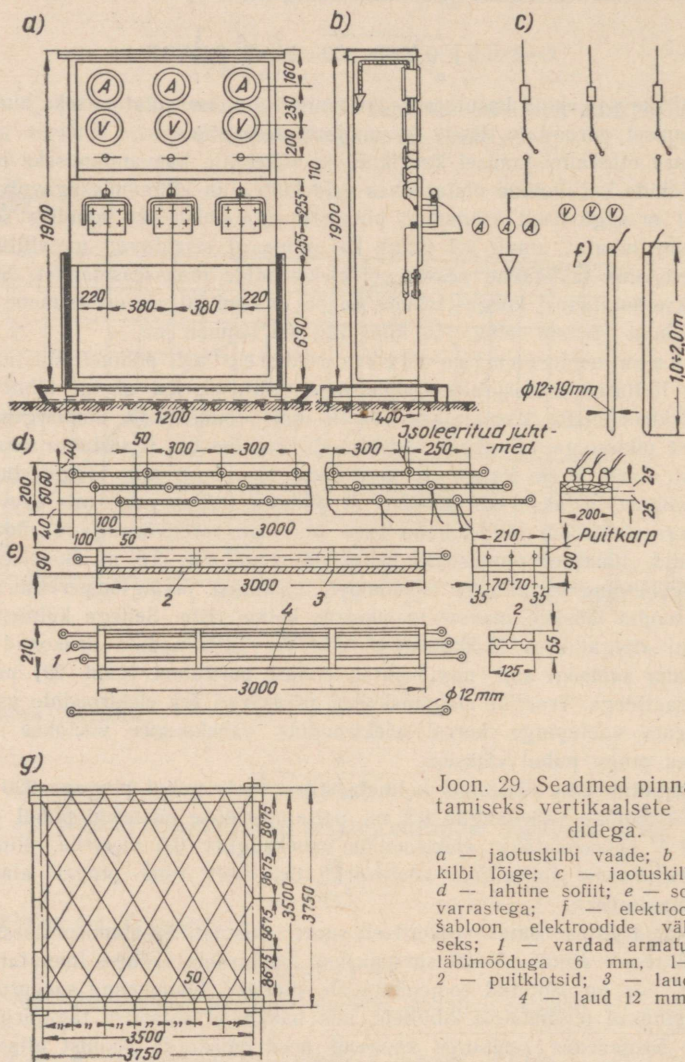
Külmunud pinnas omab erakordselt suurt takistust. Sulatamisprotsessi algul läbib elektrivool ainult 15–20 sm paksust, keedusoola lahuga immutatud saepurukihti, mis on laotatud soojendatavale pinnale. Soojenenud saepuru annab soojuse pinnase pindmistele kihtidele, mis hakkavad sulamise tagajärjel voolu juhtima. Soojenedes seejuures annavad need omakorda soojust allpool asuvatele külmunud pinnase kihtidele.

Elektroodide sisselöömine külmunud pinnasesse on väga töömahukas operatsioon. Seepärast ei lööda elektroode algul eriti sügavale (0,4–0,45 m). Pinnase sulades lülitatakse vool iga 4–6 tunni järel välja ja lüüakse elektroode nii palju sügavamale, kui palju pinnas selle aja jooksul on sulanud.

Üle 1,5 m paksuse külmunud kihi sulatamisel viiakse pinnase sulatamine

läbi 0,8 m paksuste kihtide kaupa. Seejuures eemaldatakse ülesulanud pinnase kiht väljalülitatud voolu juures. Pärast seda asutakse uue kihi sulatamisele.

Pinnase sulatamise kestus vertikaalsete (pinna-) elektroodide puhul oleb pinnase temperatuurist ja niiskusest ning voolu pingest. Keskmiselt on



Joon. 29. Seadmed pinnase sulatamiseks vertikaalsete elektroodidega.

- a — jaotuskilbi vaade; b — jaotuskilbi skeem;
- d — lahtine sofiit; e — sofiit terasvarrastega; f — elektrood; g — šabloon elektroodide väljapanemiseks; 1 — vardad armatuurterasest läbimõõduga 6 mm, l—320 sm;
- 2 — puitklotid; 3 — laud 25 mm; 4 — laud 12 mm.

220 V pinge ning 0,5—0,7 m paksuse sulatatava kihi puhul sulatamiskestuseks 30—48 tundi. Elektrisoojendusel eraldunud soojust kõige efektiivsemaks ära kasutamiseks tuleb pinnase kaevandamisele asuda 24—48 tunni möödumisel pärast soojendamise lõpetamist, kuna pinnasesse salvestunud soojus levib selle aja jooksul kaugemale ja suurendab seega tunduvalt sulanud pinnase mahtu.

Pinnase sulatamise kestus vertikaalsete elektroodidega määratakse järgmiselt.

**Näide.** Olgu vaja määrata pinnase sulatamise kestus järgmistel tingimustel:

$$t_a = -15^\circ; t_{sk} = +20^\circ; x = 0,05 \text{ m}; a = 0,0008.$$

**Lahendus.** Valemi (8') järgi määrame funktsiooni  $f\left(\frac{x}{2\sqrt{aZ}}\right)$  väärtuse:

$$1 - \frac{t_a}{t_{sk} - t_a} = 1 - \frac{15}{20 + 15} = 1 - 0,5 = 0,5.$$

Edasi leiame jooniselt argumenti  $\eta$  väärtuse:

$$\eta = 0,5.$$

Valemist (9)  $Z = \frac{x^2}{4a\eta^2}$  määrame aja pinnase sulatamiseks 5 sm sügavusest:

$$Z = \frac{0,05^2}{4 \cdot 0,0008 \cdot 0,5^2} = 3 \text{ tundi.}$$

Pinnase sulatamisel sügavelektroodidega (ВНИОМС-i meetod) lüüakse elektroodid 15–20 sm külmunud kihist sügavamale.

Elektroodide pikkus olgu 20–30 sm suurem külmunud kihi paksusest. Nende läbimõõt kõigub olenevalt elektroodi pikkusest ja pinnase kõvadusest 12 kuni 19 mm piirides.

Pärast pinnasesse löödud elektroodide ühendamist vooluvõrguga lülitatakse sisse elektrivool. Seejuures ühendatakse elektroodide naaberread faaside vahele vaheldumisi.

Soojendamise algul läbib vool pinnase külmunud osa all asuvat kihti ja see soojeneb. Selle tulemusena algab külmunud kihi sulamine alt. Sulanud kihi paksuse suurenemisega suureneb ka voolu ringlemise sfäär. Soojus, levides alt üles, sulatab järk-järgult kõrgemal asuvaid külmunud pinnase kihte.

Pinnast on otstarbekas sulatada plokkidena (joon. 30).

Pinnase soojendamise kestus sügavelektroodidega oleneb külmunud kihi paksusest, pinnase niiskusest ja voolu pingest. Külmutussügavuse puhul kuni 1,5 m ja 220 V pinge kasutamisel on pinnase soojendamise kestuseks umbes 16 tundi.

Soojendamine lõpetatakse siis, kui pinnas on sulanud ettenähtud horison dini. Pinnase sulatamisel ekskavaatoritega kaevamiseks lõpetatakse soojendamine siis, kui külmunud osa paksus ei ole enam üle 0,25–0,4 m.

**Näide.** Olgu vaja määrata pinnase sulatamise kestus sügavelektroodide kasutamisel järgmiste tingimuste puhul:

$$t_a = -4^\circ; t_{sk} = +20^\circ; x = 0,05 \text{ m}; a = 0,0008.$$

**Lahendus.** Valemist (8')

$$f\left(\frac{x}{2\sqrt{aZ}}\right) = 1 - \frac{t_a}{t_{sk} - t_a}$$

määrame funktsiooni väärtuse:

$$1 - \frac{4}{20 + 4} = 1 - \frac{4}{24} = 0,83.$$

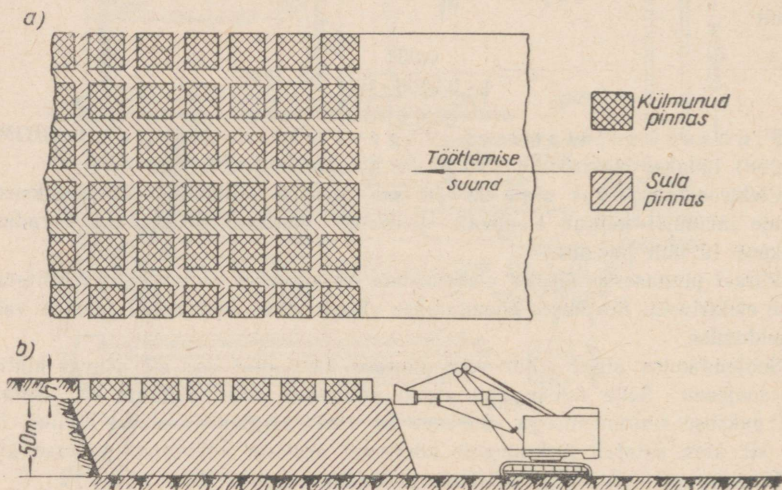
Joonise 28 abil määrame argumendi  $\eta$  väärtuse:

$$\eta = 0,8.$$

Valemi [9] abil määrame sulatamise aja:

$$Z = \frac{x^2}{4 a \eta^2} = \frac{0,05^2}{4 \cdot 0,0008 \cdot 0,8^2} = 1,2 \text{ tundi.}$$

Külmunud pinnaste sulatamine elektriga on ratsionaalne siis, kui elektrienergiat saadakse tsentraalsest elektrijaamast. Pinnase sulatamine kohapeal püstitatavalt jõuagregaadilt saadava elektrienergiaga ei ole enamikul juhtudel tasuv.



Joon. 30. Murru töötlemine ekskavaatori-otselabida abil plokkide süsteemi kohaselt.

*a* — murru plaan pärast ülessulatamist; *b* — murru lõige.

Vertikaalsete elektroodidega valmistatakse pinnast ette süvendite ja kaevikute kaevamiseks, lahtiste karjääride koorimisel ning põrandate, teede ja teiste taoliste ehitiste aluste ehitamisel.

Sesoonse külmumise puhul on elektroodidega soojendamine ratsionaalne mistahes külmumissügavuse juures. Pinnase sesoonse külmumise piirkondades on eriti efektiivne sügavelektroodide kasutamine.

Kateooriliselt on keelatud metallitükke või metallimaake sisaldavate pinnaste sulatamine elektroodmeetodil.

Pinnase sulatamist horisontaalsete elektroodidega teostatakse järgmise skeemi kohaselt. Lumest ja prahist puhastatud ning võimaluste piires tasandatud külmunud maapinnale asetatakse riba- või ümar-

terasest elektroodid pikkusega 2,5—3 m ja vahekaugustega 40 sm (voolu pinge 220 V) või 70 sm (pinge 380 V) üksteisest. Juhtmega ühendamiseks on elektroodide üks ots 15—20 sm pikkuselt üles keeratud.

Maapind kaetakse kogu sulatatava ala ulatuses 15—25 sm paksuse saepurukihiga, mis on niisutatud keedusoola või klooralkaltsiumi 0,2—0,5%-lise lahusega. Niisutatud saepuru niiskusesisaldus peab olema vähemalt 100% (sisseimatud lahuse kaalu suhe kuiva saepuru kaalusse on vähemalt 1).

Soojakadude vähendamiseks kaetakse saepuru tõrvapapikihiga, kilpidega või mõne muu odava soojustajaga.

Külmanud pinnase sulatamine toimub sel juhul soojuste arvel, mis tekib elektrivoolu voolamisel läbi saepurukihi.

Kõikidest pinnase elektrisoojendamise meetodeist on see viis kõige ebaökonomsem. Tema kasutamine on lubatav äärmisel juhul ainult väikeste töömahtude puhul.

Pinnase sulatamine kaetud või lahtiste tulekollete (lökete) abil on lubatav ainult avariijuhtudel (näiteks vesivarustuse ja kanalisatsioonivõrkude remontimisel).

## 5. Veega küllastunud pinnaste külmutamise meetod

Kaevikute ja süvendite kaevamist pinnastes, kus põhjavee juurdevool on suur, on välisõhu püsivalt madala temperatuuri (alla  $-5^{\circ}$ ) korral otstarbekas teostada pinnase külmutamise meetodil.

Enne külmade tulekut kõrvaldatakse töötlemisele kuuluvalt pinnalt pinnase ülemine kiht kuni põhjavee seisuni ja jagatakse kaevik siis 8—10 m<sup>2</sup> suurusteks sektsioonideks, mis eraldatakse üksteisest 0,4—0,5 m paksuste ajutiste vallidega. Seejärel jäetakse pind avatuks ja lastakse tal lumest puhastatuna 40—50 sm sügavuseni läbi külmuda. Pärast seda võetakse igast sektsioonist pinnas välja, jättes põhja 15 kuni 20 sm paksuse külmunud kooriku. Koorik takistab põhjavee sissetungimist sektsioonidesse. Mida suurem on vee juurdevool, seda paksem peab olema koorik.

Pärast esimese kihi väljakaevamist jäetakse sektsioon avatuks seni, kuni koorikualune pinnas on 25—35 sm paksuselt läbi külmunud, mille järel toimub uus väljakaevamine.

Sellisel, kus läbikülmumine ja väljakaevamine vahelduvad, kaevatakse süvend või kaevik kuni ettenähtud sügavuseni.

Töörinne ja töötempo arvutatakse, lähtudes pinnase läbikülmumise kiirusest, prof. Budnikovi valemi järgi:

$$H = 2\lambda \sqrt{Z t_{v0}}, \quad (11)$$

kus  $\lambda$  — pinnase soojaerijuhtivus, mis võetakse siin 1,1;

$Z$  — läbikülmumise aeg ööpäevades,

$t_{v0}$  — välisõhu temperatuur.

Tabelis 16 on toodud aeg pinnase läbikülmumiseks 35 sm sügavuselt olevalt välisõhu temperatuurist.

Pinnase külmutamise meetodi kasutamise puhul toimub pinnase töötlemine elektriliste või suruõhu-tööriistade abil.

Selle meetodi puhul areneb kaevamine aeglaselt. Töö pikaldast tempot aga kompenseerib siin võimalus töötada ilma punnseinte ja veeärajuhtimise abinõude kasutamiseta.

Tabel 16

Aeg pinnase läbikülmumiseks 35 sm sügavuselt olenevalt välisõhu temperatuurist

Välisõhu temperatuur $t_{võ}$ kraadides	- 5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45
Pinnase läbikülmumise aeg ööpäevades	2	1,5	1,0	1	1	0,5	0,5	0,5	0,5

Läbikülmumise kiirendamiseks lüüakse süvendi põhja terava otsaga vett mitteläbilaskvad torud või kangid; mõnikord aga seatakse üles ka ventilaatorid, mis puhuvad sektsioonidesse külma õhku.

## 6. Pinnase töötlemine hüdro mehhanismidega

Erinevalt teistest talvistest kaevamisviisidest võimaldab hüdro mehhanisatsioon pinnase töötlemise kogu kompleksi (kobestamine, kaevamine, transport) teostamist.

Pinnase hüdro mehaaniliseks töötlemiseks talvetingimustes on vaja enne külmade tulekut teostada järgmised ettevalmistustööd:

- 1) soojustada maapind töötlemisele tuleval alal;
- 2) ette valmistada kohad mullete moodustamiseks;
- 3) soojustada pumbaseadmed;
- 4) ette valmistada torujuhtmed talviseks töötamiseks.

Maapind soojustatakse tavaliselt kunstliku lumikatte loomisega või maapinna katmise teel saepuru või sõnniku kihiga. Soojustamiseks võib kasutada ka eespoolkirjeldatud spetsiaalseid ehitisi. Eriti hoolikalt tuleb teostada torujuhtmete ettevalmistamist talviseks tööks. Siibrid vee- ja mudajuhtmetel ning pumbaseadmetel ümbritsetakse puitkastidega, mis täidetakse saepuruga, turbaga, värske sõnnikuga või teiste sooja pidavate materjalidega. Toruühendused teostatakse talveks ettevalmistatavatel torujuhtmetel erilise hoolikusega, kuna vähimgi vee läbijooks võib põhjustada torustiku läbikülmumist.

Torustikud varustatakse täiendavate kondensaatoritega. Torustiku kõikidesse madalamatesse kohtadesse seatakse spetsiaalsed, 200 mm läbimõõduga ja umbes 60 mm pikkused stutserid kergesti avatavate riividega.

Iga stutseri alla kaevatakse süvend ja kraav vee ärajuhtimiseks stutseri juurest.

Torujuhtmed soojustatakse ainult sel juhul, kui puudub võimalus nende kiireks tühjendamiseks veest või mudast töö vaheaegadel.

Torujuhtmete soojustamiseks kaetakse nad tavaliselt vähemalt 0,7 m pakuse sulamulla kihiga või lumest valliga. Lumevall kastetakse veega üle. Sellega tekitatakse valli pinnale jääst koorik, mis takistab lume lendumist.

Hüdro monitor varustatakse ventiiliga vee väljalaskmiseks tööseisakutel.

Sumpfi kohale ehitatakse soojak. Et vältida sumpfi ummistumist suurte külmunud mullakamakatega, asetatakse sumpfi sissevooluava ette rest, mis jääb pideva järelevalve alla.

Tööd pinnase uhtumisel peab organiseerima selliselt, et oleks välditud töö katkemine. Selleks on vaja omada reservseadmeid niihästi murrus kui ka mulla- ja veepumpade osas.

Pinnase lahtiuhtmist peab teostama võimalikult lähedalt, jättes siiski hüdromonitori ja murru seina vaheliseks kauguseks vähemalt  $\frac{1}{3}$  murru kõrgusest. Uhtumist väikestelt kaugustelt tuleb teostada eriti ettevaatlikult, kuna külmunud pinnas moodustab rippuvad rahnud, mis võivad variseda murru põhja. Lahtiuhtumisel peab vältima veejoa laialipurskumist, et mitte tekitada üleliigset murru jäätumist, mis takistab pinnase lahtiuhtmist. Hüdromonitori pritsmetest tekitatud jää kobestatakse lõhkamise teel või elektriliste ja suruõhu-tööriistade abil. Muda lastakse voolata kontsentreeritud vooluna, kuna vastasel korral, voolates laiali suurele pinnale, ta jääb. Enne uhtumise algust ja pärast töö lõpetamist pestakse 5—10 minuti vältel renne ja mudajuhtmeid puhta veega. Muda juhtivate rennide ja murru äravoolu kraavide kalle võetakse 30% suurem, kui see on nõutav suvel. Rennid, mis juhivad muda murrust ära, soojustatakse, jättes neis avatuks ainult vaatlusavad. Hüdromonitori töösurve võetakse talvisel tööl 40—50% suurem kui suvel.

Transpordil mudajuhtmestikud peab mudale olema tagatud teatav voolukiirus, mille juures ta ei külmu.

See kiirus määratakse G. A. Nuroki poolt soovitatud valemiga

$$v = \frac{1 + \sqrt{1 + 14 t_m Z - t_{v0}}}{10 t_{v0}},$$

kus  $t_m$  — muda päevane keskmine temperatuur murrus,

$Z$  — külmumise kestus ööpäevades;

$t_{v0}$  — välisõhu temperatuur.

Välis temperatuuri puhul  $-20^\circ$  kuni  $-30^\circ$  lubatakse töös mitte üle 7—10-minutilisi vaheaegu. Üle 10-minutilise vaheaja puhul tuleb muda torustikust välja lasta. Pinnase muldesse paigutamist tuleb talvel teostada jää alla. Selleks ümbritsetakse maa-ala, mis on vajalik talvel kaevatava pinnase ärapaigutamiseks, enne külmade tulekut muldvallidega. Vallide vaheline ala täidetakse veega kuni maksimaalse muldekõrguseni. Külmade tulekul kunstlikult tekitatud basseini külmub ja tekkinud jääkooriku alla paigutataksegi pinnas. Muda lastakse mudajuhtme suudmest  $0,5 \times 0,7$  m suurustesse avadesse, mis raiutakse järk-järgult jäässe ja mis asetsevad malekorras. Muda lastakse läbi ava jää alla ja pinnas paigaldub koonusekujuliselt vette. Kui koonuse tipp ulatub jääkoorikuni, raiutakse uus ava ja pikendatakse mudajuhet. Jää moodustab usaldusväärse soojapidava kihi ja väldib paigaldatava pinnase külmumist.

Ujuvate mullaimemisagregaatide töötamisel talvetingimustes soovitatakse pontoonid varustada spetsiaalsete tsirkulatsiooniseadmetega, mis koosnevad pumbast, imevtorust tagasilöögi ventiiliga ja surveiinist spetsiaalsete väljalaskeavadega. Vee tsirkuleerimine pontooni ümber ei lase pontoonil jäässe kinni külmuda ja säilitab seega agregaadile normaalse edasilikumise võimaluse.

Hüdro mehhanisatsiooni talvistes tingimustes kasutamise kogemused Dnepro-rostroi, Volga-Doni kanalil ja real teistel ehitustel kinnitasid selle tööviisi kohasust hüdrotehniliste ehituste juures. Tööstus- ja tsiviilehituses on hüdro mehhanisatsiooni kasutamine seni piiratud, kuna muda ärajuhtimise küsimuse lahendamine on siin keerukas.

## 7. Pinnase töötlemise põhireeglid

Pinnase kaevamist talvel teostatakse ekskavaatoritega, mis on varustatud vähemalt 0,5 m<sup>3</sup> koppadega. Väikese löikejõuga mullakaevamismasinade (skrepperid, buldooserid, greiderid ja ekskavaatorid kopaga alla 0,5 m<sup>3</sup>) kasutamist külmunud pinnase kaevamiseks ei soovitata.

Vähema töömahuga remonttöödel, samuti veega küllastatud pinnaste kaevamisel külmutusmeetodil on lubatud käsimehhanismide kasutamine (elektrilised ja suruõhu-tööriistad).

Ettevalmistavate tööde (kobestamine, sulatamine) läbiviimisel kasutatakse spetsiaalseid materjale ja täiendavaid seadmeid.

Nende materjalide, seadmete ja elektrienergia ligikaudne vajadus külmunud pinnase kaevamiseks ettevalmistamise mitmesuguste meetodite kasutamise puhul on toodud tabelis 17.

Talviste mullatööde tsükkel koosneb ettevalmistamisest, kaevamisest ja transpordist. Tabelis 18 on esitatud tööde järjestus olenevalt ettevalmistamise viisidest.

Pinnase soojustamiseks kasutatud materjal (lumi, jää, spetsiaalselt laiialaotatud soojaisolatsiooni materjalid) kõrvaldatakse alles vahetult enne kaevamise algust. Et piirata pinnase lahtiste pindade läbikülmumist, tuleb töid teostada võimalikult kokkusurutud tööriindel. Süvendite kaevamisel 0,5 ja 1,0 kuupmeetriliste ekskavaatorite abil olgu haardeala plaanis ruudukujuline, küljega 8 m. Kaevikute kaevamisel olgu haardeala kogupind 80 kuni 120 m<sup>2</sup>.

Kobestatud või sulatatud pinnase maht peab võimaldama ekskavaatori katkestamatut töötamist kõigil ettenähtud töövahetustel. Et vältida pinnase teistkordset külmumist, tuleb ettevalmistatud pinnas kohe välja kaevata ja ära vedada.

Süvendite ja kaevikute kaevamist vundamentidele teostatakse vahetult enne müüritöö algust. Suuri süvendeid on soovitatav kaevata sektsioonidena. Pärast pinnase väljavõtmise lõpetamist alustatakse sektsioonis viivitamata järgnevate töödega — müürimisega jm. Kui mulla- ja müüritööde vahele tekib seisak, siis tuleb kaeviku avatud aluspõhi kaitsta läbikülmumise eest. Kaevikute ja süvendite kaevamist alustatakse madalamast otsast: vee ärajuhtimiseks peab murre põhi alati omama kalded niihästi piki- kui ka põiksuunas.

Kui välistemperatuur on püsivalt alla —10°, siis lubatakse kaevikuid ja süvendeid kaevata külmunud pinnasesse ilma tugistusteta; kaevikute ja süvendite seinad peavad seejuures 15—20 sm paksuselt läbi külmuma. Tugistuse püstitamise on kohustuslik kaevikute ja süvendite rajamise puhul kuivadesse liivastesse pinnastesse ning kõikidesse vettkandvatesse pinnastesse.

Kui tekib vajadus kaeviku või süvendi kohale soojaku püstitamiseks või

Ligikaudsed materjalide ja seadmete vajaduse normid olenevalt pinnase kaevamisel kasutatavast ettevalmistamise meetodist.

Pinnase ettevalmistamise viis	Mõõtühik	Vajadus ekskavaatori töötamise kindlustamiseks kopa mahu puhul					
		0,5 m <sup>3</sup> , töötamisega			1,0 m <sup>3</sup> , töötamisega		
		ühes vahetuses	kahe vahetuses	kolmes vahetuses	ühes vahetuses	kahe vahetuses	kolmes vahetuses
<b>I. Kobestamine lõhkamisega</b>							
Suruõhu- või elektripuurid	tk.	2	2	2	2	2	2
Kompressor tootlikusega 3 m <sup>3</sup> /min (töötamisel suruõhupuuridega)	"	1	1	1	—	—	—
Sama, 4,5 m <sup>3</sup> /min.	"	—	—	—	1	1	1
Purihhovi süsteemi puurid	"	3	3	3	3	3	3
Lõhkamismasinad ПМ-1	"	1	1	1	1	1	1
Sama, ПМ-2	"	1	1	1	1	1	1
Kaabel ШПИК 4×4 (elektripuuride kasutamisel)	m	50	50	50	75	75	75
Kummivoolikud (kompressorile) läbimõõduga 19 mm	"	50	50	50	75	75	75
Ammoniid	kg	37,5	75	112,5	60	120	180
Elektridetonatorid või süütekapslid	tk.	60	120	180	100	200	300
Bikfordi nõör (süütekapslite kasutamisel)	m	60	120	180	100	200	300
Pobediitplaadikesed puuriotstele	g	30	60	90	30	60	90
Elektrijuhe, põiklõige 16 mm <sup>2</sup> (elektridetonatorite kasutamisel)	m	200	400	600	330	650	950
<b>II. Sulatamine vertikaalsete sügav-elektroodidega</b>							
Elektroodid armatuurterastest läbimõõduga 16—19 mm ja pikkusega 1,5 m	tk.	800	1600	2400	1120	2240	3360
Vaskjuhe ПП-380 isoleeritud, põiklõikega 25 mm <sup>2</sup> (magistraalliniiks)	m	—	—	—	500	1000	1500
Sama, põiklõikega 16 mm <sup>2</sup>	"	500	1000	1500			
Sama, põiklõikega 4 mm <sup>2</sup> (jaotusvõrguks)	"	300	600	900	500	1000	1500

Tabel 17 (järg)

Pinnase ettevalmistamise viis	Mootühik	Vajadus ekskavaatori töötamise kindlustamiseks kopa mahu puhul					
		0,5 m³, töötamisega			1,0 m³, töötamisega		
		ühes vahe- tuses	kahe- vahe- tuses	kolmes vahe- tuses	ühes vahe- tuses	kahe- vahe- tuses	kolmes vahe- tuses
Materjalide ja seadmete nimetused							
Vaskjuhe ПП-380, paljas, põiklõikega 2,5 mm² (jao- tusvõrguks)	m	300	600	900	600	1200	1800
Bodjanski riistad elektroodi- dide sisselõõmiseks kül- munud pinnasesse	tk.	4	4	4	6	6	6
ВНИОМС-i tangid elekt- roodide pinnasest välja- tõmbamiseks pärast sulatamist	"	4	4	4	6	6	6
Elektrienergia kulu ööpäevas	kWh	1820	3640	5460	2800	5600	8400
Elektrienergia kulu tunnis	"	76	150	230	117	230	350
III. Sulatamine auru- nõeltega							
Bodjanski seadmed puur- aukude valmistamiseks	tk.	2	2	2	2	2	2
Aurunõelad 22÷38 mm läbi- mõduga torudest, pikkusega 1,5 m	"	90	180	270	120	240	360
Torud läbimõduga 50 mm auru laiali jaotamiseks (koos ühendusosadega ja ventiilidega)	m	340	680	1020	500	1000	1500
Kummivoolikud läbimõdu- ga 25÷38 mm	"	40	80	120	60	120	180
Auru kulu ööpäevas	t	7	14	21	10	20	30
IV. Sulatamine tsir- kulatsioonvesi- nõeltega							
Vee soojendamise katel küttepinnaga	m²	10	20	—	10	—	—
Tsentrifugaalpump 38 mm läbimõduga ja 2 kW mootoriga	tk.	1	2	—	1	—	—
Elektri- või suruõhupuurid	"	2	2	—	2	—	—
Tsirkulatsioonnõelad 76 ja 38 mm läbimõduga toru- dest, pikkusega 1,5 m	"	100	200	—	200	—	—
Gaasitorusid tsirkulatsioon- nõelte valmistamiseks, läbi- mõõt 38 mm	m	160	320	—	320	—	—
läbimõõt 76 mm	"	160	320	—	320	—	—

Tabel 17 (järg)

Pinnase ettevalmistamise viis	Mõõtühik	Vajadus ekskavaatori töötamise kindlustamiseks kopa mahu puhul					
		0,5 m <sup>3</sup> , töötamisega			1,0 m <sup>3</sup> , töötamisega		
		ühes vahe- tuses	kahes vahe- tuses	kolmes vahe- tuses	ühes vahe- trses	kahes vahe- tuses	kolmes vahe- tuses
Torusid torustiku ehitamiseks, läbimõõduga 28 mm	m	350	700	—	500	—	—
Kummivoolikuid, uusi, läbimõõduga 35 mm, nõelte ühendamiseks torustikuga	"	100	500	—	200	—	—
V. Kohalikud elektrisoojakud							
Soojakuid	tk.	50	100	150	80	160	250
Vaskjuhet, isoleeritud ПП-380 põiklõige 16 mm <sup>2</sup>	m	100	200	300	130	260	320
ПП-380—4 mm <sup>2</sup>	"	150	300	500	250	500	750
Räbu	m <sup>3</sup>	20	40	60	35	70	105
Elektrienergia kulu ööpäevas	kWh	2000	4000	6000	3500	7000	10000

Märkus: Seadmete vajadus on antud kogu talveperioodi kohta, materjalide vajadus 1 ööpäeva kohta.

kui on saanud kestev sula, siis peab kohe tugistama kõik kaevikute ja süvendite seinad.

Siduvates pinnastes torujuhtmete kaevikute kaevamisel soovitatakse kaevikusse jätta pinnasest vaheseinad, millesse raiutakse avad toru läbilaskmiseks.

Et kindlustada normaalset töötamist talvisel ajal, tuleb ekskavaatorite kabiinid soojustada. Selleks vooderdatakse kabiin vildiga, sobitatakse hoolikalt ette kabiini ukсед ja vooderdatakse need vildiga või dermantiiniga.

Enne töövahetuse algust tuleb ekskavaator üle vaadata, kõrvaldada jää roomikutelt ning ülekande- ja juhtimissüsteemilt, kontrollida määrimissüsteemi korrasolekut ning määritava osade puhtust. Defektide avastamisel peab need kohe kõrvaldama.

Masina töötamisel peab tähelepanelikult jälgima määrimissüsteemi korralikku töötamist.

Talvistes tingimustes töötavatele ekskavaatoritele soovitatud ja lubatud määrdained on toodud tabelis 19.

Et vältida pinnase külmumist ekskavaatori kopa seinte ja põhja külge, peab seda töövahetustel puhastama.

Kuivade liivaste pinnaste kaevamisel on ekskavaatori kopa täitumine ja tsükli kestus peaaegu samasugune nagu suvistel tingimustelgi. Märkades liivastes ja kõikides savistes pinnastes kopa täitumine väheneb ligikaudu 9% ning töösüklite arv väheneb peaaegu 2 korda.

Ekskavaatori kestvamal seismisel ühe koha peal tuleb ta asetada puitalusele või õlgmattidele.

Vundamenti ja süvendi seinte vahelist puistet tuleb talvel teostada kogu

Tööde järjestus olenevalt pinnase kaevamiseks ettevalmistamise viisist

Pinnase kaevamiseks ettevalmistamise viis	Haardeala	Esimene päev	Teine päev	Kolmas päev	Neljäs päev	Viies päev
Rammidega kobestamine	Esimene	Kobestamine, kaevamine ja transportimine	—	—	—	—
	Teine	—	Kobestamine, kaevamine ja transportimine	—	—	—
	Kolmas	—	—	Kobestamine, kaevamine ja transportimine	—	—
Kobestamine lõhkamise teel	Esimene	Puurimine	Laadimine	Lõhkamine, kaevamine, transportimine	—	—
	Teine	—	Puurimine	Laadimine	Lõhkamine, kaevamine, transportimine	—
	Kolmas	—	—	Puurimine	Laadimine	Lõhkamine, kaevamine, transportimine
Sulamine	Esimene	Puurimine ja nõelte paigaldamine. Soojustamine. Soojendamine	Nõelte väljatõmbamine. Edasisulamine	Soojustuskihi eemaldamine. Kaevamine ja transportimine	—	—
					Laadimine	Lõhkamine, kaevamine, transportimine

	Haarde- ala	Esimene päev	Teine päev	Kolmas päev	Neljas päev	Viies päev
Pinnase kaevamiseks ettevalmistamise viis  aurunõeltega	Teine	—	Puurimine ja nõelte paigaldamine. Soojustamine. Soojendamise	Soojendamine. Nõelte väljatõmbamine. Edasisulamine	Soojustuskihi eemaldamine. Kaevamine ja transportimine	—
	Kolmas	—	—	Puurimine ja nõelte paigaldamine. Soojustamine. Soojendamise	Soojendamine. Nõelte väljatõmbamine. Edasisulamine	Soojustuskihi eemaldamine. Kaevamine ja transportimine.
Sulatamine tsirkulatsioonvesinõeltega	Esimene	Puurimine. Nõelte paigaldamine. Soojustamine. Soojendamise	Soojendamine	Soojendamine. Nõelte väljatõmbamine. Edasisulamine.	Soojustuskihi kõrvaldamine. Kaevamine ja transportimine	—
	Teine	—	Puurimine. Nõelte paigaldamine. Soojustamine. Soojendamise.	Soojendamine	Soojendamine. Nõelte väljatõmbamine. Edasisulamine	Soojustuskihi kõrvaldamine ja transportimine
	Kolmas	—	—	Puurimine. Nõelte paigaldamine. Soojustamine. Soojendamise	Soojendamine	Soojendamine. Nõelte väljatõmbamine. Edasisulamine

Pinnase kaevamiseks ettevalmistamise viis	Haardevald	Esimene päev	Teine päev	Kolmas päev	Neljas päev	Viies päev
Sulatamine kohalike soojakutega	Esimene	Soojakute paigaldamine ja lülitamine energivõrku. Soojustamine. Soojendamise	Soojendamise. Edasisulamine. Soojustuskilhi eemaldamine. Soojakute eemaldamine	Kaevamine ja transportimine	—	—
	Teine	—	Soojakute paigaldamine ja lülitamine energivõrku. Soojustamine. Soojendamise	Soojendamise. Edasisulamine. Soojustuskilhi eemaldamine. Soojakute eemaldamine	Kaevamine ja transportimine	—
	Kolmas	—	—	Soojakute paigaldamine ja lülitamine energivõrku. Soojustamine. Soojendamise	Soojendamise. Edasisulamine. Soojustuskilhi eemaldamine	Kaevamine ja transportimine
	Esimene	Elektroodide sisselülitamine ja sisselülitamine	Soojendamise. Elektroodide väljatõmbamine. Edasisulamine	Kaevamine ja transportimine	—	—
Sulatamine vertikaalsete sügavelektroodidega.	Teine	—	Elektroodide sisselülitamine ja sisselülitamine	Soojendamise. Elektroodide väljatõmbamine. Edasisulamine	Kaevamine ja transportimine	—
	Kolmas	—	Elektroodide sisselülitamine ja sisselülitamine	Elektroodide sisselülitamine ja sisselülitamine	Soojendamise. Elektroodide väljatõmbamine. Edasisulamine	Kaevamine ja transportimine

sügavuses sula pinnasega ning siis, kui müüritis või betoon on saavutanud 70% projektugevusest.

Kaevikud, mille põhja on asetatud torujuhtmed, täidetakse 50 sm paksult sula pinnasega. Kaeviku ülemise osa täiteks võib kasutada külmunud pinnast, arvestades 15% tagavaravajumiseks. Teedealused kaevikud täidetakse kogu sügavuses sula pinnasega, intensiivse liiklemisega kohtades aga hästi dreniiva sula liivaga.

Mullete ehitamisel peetakse talvel silmas järgmisi juhiseid:

üle 15 sm läbimõõduga külmunud pinnase pankasid ei lubata ilma eelneva peenendamiseta muldesse paigutada;

külmunud pinnas paigutatakse muldesse horisontaalsete kihtidena, mille paksus vastaku tabel 20 andmeile;

1 m ulatusse mulde nõlvadest ei lubata paigutada külmunud pinnast;

lubatav külmunud pinnase hulk mulde kogumahust protsentides on näidatud tabelis 21.

Külmunud pinnasest puistatava mulde lubatav kõrgus olenevalt keskmisest õhu temperatuurist tööde ajal on toodud tabelis 22. Tabelis 23 esitatakse tihendamata mullete juures arvestatava vajumistagavara suurused.

Kuivadest liivastest pinnastest või kividest puistatavate mullete kõrgusi ei piirata.

Tähtsaimaks teguriks, mis määrab pinnase külmuvust ja muldehitise püsivust, on pinnase niiskus. Halvasti dreniivaid pinnaseid (savid, liivsavid, löss, mustmuld, tolmjas liiv, turvas, soopinnased) ei lubata paigutada muldesse ei külmunult ega sulanult, kui nende niiskus ületab suuruse:

$$p_{pl} + \frac{M_{pl}}{4}, \quad (13)$$

kus  $p_{pl}$  — plastuse alumine piir,

$M_{pl}$  — plastsusarv.

Tabel 19

Määrdeõlid ekskavaatorite õlitamiseks talvel

Määritavate osade nimetused	Määrdeõli nimetus	
	soovitatud	lubatud
Kaetud transmissioonülekan- ded	Viskosiin 3; petrooleumis lahustatud viskosiin 5.	Ligroiin + 20% diiselmootust
Määrdeõlid	Solidool A	—
Käigukast ja diferentsiaal	Avtool 10	Regenerereeritud avtool
Tõmbetrossid	Kuumendatud köiemääre	—
Hüdraulilise juhtimise süs- teem:		
temperatuuril $t = -25^{\circ}$	Värtnaõli 2 (GOST 1837-42)	—
„ $t = -40^{\circ}$	Transformaatori õli (GOST 982-43)	—
„ $t = -50^{\circ}$	Õli TM-II2	—
Külmunud aknaklaasid	Keedusoola ja glütseriini vesilahus	

**Ilma mehaanilise tihendamise ta paigaldatavate kihtide lubatav paksus mulde püstitamisel**

Mulde liik	Veo viis	
	hobuveedu	auto- või raudteetransport
Tavalised mulded, püstitamise vältel mitte-tihendatavad . . . . .	0,30	0,70
Vastutusrikkad tihendatavad mulded, tammid, paisud . . . . .	0,20	0,25—0,30

Tabel 21

**Külmunud pinnase lubatav kogus, protsentides mulde mahust**

Mulde liik	Külmunud pinnase protsent
Vastutusrikkad tee muldkehad, surveta tammid, kaitsepermad	20
Tee muldkehad, kui teekatet ei ehitata enne lõplikku vajumist . . . . .	50
Raudtee muldkehad . . . . .	30
Mulded maa-alade planeerimisel . . . . .	60
Kavaljeerid . . . . .	Ei piirata

Tabel 22

**Lubatav mulde kõrgus meetrites olenevalt keskmisest õhutemperatuurist tööde perioodil**

Keskmine temperatuur	—5	—10	—15	—20
Mulde kõrgus . . . . .	Ei piirata	4,5	3,5	2,5

Tabel 23

**Külmunud pinnastest püstitatavate mullete vajumise tagavara suurus, võrrelduna suvise normiga**

Pinnase nimetus	Külmunud pinnase sisaldavus %-des pinnase kogumahust				
	0—10	10—20	20—40	40—50	50—60
Liivane . . . . .	Suviste normide järgi	1,5	2,0	2,5	3,0
Savine . . . . .	— „ —	2,0	2,5	3,0	3,5

## 8. Pinnase transport

Pinnase transportimiseks talvel tuleb kasutada isekallutavaid autosid, vagonette, isetühjenduvaid vaguneid (dumpkare), platvorme ja teisi transpordivahendeid, mis tagavad pinnase kiire toimetamise mahapaneku kohale. Transportööri kasutamine on talvel väheefektiivne ja läheb kalliks, kuna nende tootlikkus langeb ning lintide ja mõnede teiste detailide kulumine suureneb.

Pinnase talvist transporti tuleb organiseerida nii, et väljakaevatud pinnas oleks kohale toimetatud ja maha laaditud enne tema külmumist.

Väljakaevatud niiske pinnase külmumise algus on toodud tabelis 24.

Tabel 24

Väljakaevatud niiske pinnase külmumise algus olenevalt välisõhu temperatuurist

Välisõhu temperatuur kraadides	—5	—10	—20	alla —30
Külmumise algus minutites . . . . .	90	60	40	20

Transportimise aja lühenemine saavutatakse peale-mahalaadimise operatsioonide kiirendamisega (kallutamine mahalaadimisel) ning sõidukiiruse suurendamisega (teede hea korrashoid; täiendavate sissesõidu- ja möödasõiduteede loomine peale- ja mahalaadimise kohtades).

Isekallutavad autod peab tööde alguseks õigeaegselt ette valmistama.

Nende juures tuleb:

- 1) hoolikalt kontrollida sidurit, rooliseadet, pidureid, esisilda;
- 2) reguleerida kummide survet;
- 3) soojustada radiaator äravõtava kapotiga;
- 4) puhastada mootori toitesüsteemi ning reguleerida kütuse ja õli juurdevoolu;
- 5) soojustada akumulaator ja täita see elektrolüüdiga, mille erikaal vastab välisõhu temperatuurile (tabel 25).

Tabel 25

Elektrolüüdi soovitatav erikaal (elektrolüüdi temperatuuri puhul +15°)

Akumulaatori olukord	Välisõhu temperatuur			
	alla —40°		üle —40°	
	elektrolüüdi erikaal	elektrolüüdi külmumistemperatuur kraadides	elektrolüüdi erikaal	elektrolüüdi külmumistemperatuur kraadides
Täielikult laaditud . . . . .	1,31	—66	1,29	—64
Laaditud 50%-liselt . . . . .	1,25	—50	1,23	—40
Tühjaks laaditud . . . . .	1,19	—32	1,16	—16

Enne masina väljumist liinile tuleb radiaator täita sooja veega või eriseguga (tabel 26) ja kontrollida õli seisumootori karteris ning kütuse hulka paagis.

Tabel 26

Madala välisõhu temperatuuri puhul sisepelemismootori jahutamiseks kasutatavad erisegud

Glütseriin		Denatureeritud piiritus		Etüleenglükool-antifriis <sup>1</sup>		Puupiiritus		Lahus kolmest komponendist			
mahuline sisaldavus %-des	külmutemperaatuur kraadides	mahuline sisaldavus %-des	külmutemperaatuur kraadides	mahuline sisaldavus %-des	külmutemperaatuur kraadides	mahuline sisaldavus %-des	külmutemperaatuur kraadides	komponentide hulk kogumahust %-des			külmutemperaatuur kraadides
								glütseriin	piiritus	vesi	
5	-1	5	-2	5	-2	5	-3	-	-	-	-
10	-2	10	-3	10	-3	10	-5	-	-	-	-
15	-2	15	-5	15	-6	15	-8	15	15	70	-20,5
20	-3	20	-7	20	-8	20	-10	17	17	66	-22
25	-4	25	-9	25	-12	25	-15	21	21	58	-26
30	-5	30	-12	30	-15	30	-19	-	-	-	-
35	-7	35	-16	35	-20	35	-23	-	-	-	-
40	-8	40	-19	40	-24	40	-29	-	-	-	-
45	-10	45	-23	45	-29	45	-35	-	-	-	-
50	-11	50	-28	50	-35	-	-	-	-	-	-
55	-13	55	-31	55	-40	-	-	-	-	-	-
60	-15	60	-35	60	-55	-	-	-	-	-	-
65	-18	-	-	70	-67	-	-	-	-	-	-
70	-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
75	-22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
80	-25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
85	-27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
90	-30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
95	-33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
100	-35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Märkus 1: antifriis on tugev mürk.

Et võimaldada autotranspordi takistamatut liiklemist võimalikult suure kiirusega, peab tee olema lumest puhastatud. Libedai teel väheneb liiklemiskiirus umbes 1,5 korda.

Isekallutajate häreteta tööks tuleb nad talvel varustada kohase kütusega ja määrdeõlidega.

Käivituskütustena võib kasutada groznõi käivitusbensini ja aviobensini Б-59. Isekallutajate töötamisel kasutatakse tavalist kütust traktoripetrooleumi lisandiga. Lisandi hulk on toodud tabelis 27.

**Traktoripetrooleumi lisandi hulk tavalisele kütusele autode töötamise  
puhul talvetingimustes**

Välisõhu temperatuur	+3 kuni -20	-20 kuni -30	-30 kuni -35	alla -30°
Traktoripetrooleumi li- sand protsentides kütuse mahust (GOST 305-421)	0	10	25	50

Kui puudub spetsiaalne talvine diiselkütus, siis lubatakse ajutiselt (mitte üle 50—75 tunni) kasutada traktoripetrooleumi ja suvise diiselkütuse segu. Segu koostamisel peab siiski kontrollima tema sitkust, mis peab olema 1,4—1,7 E piirides, kus E on sitkusenäitaja viskosimeetri järgi.

Tabelis 28 on toodud talvel töötavate traktori- ja automootorite määrimiseks soovitatavate määrideõlide loetelu.

Vagunite pargi ettevalmistamisel talviseks tööks on vajalik:

- 1) kontrollida pukse, laagreid ja kaasi, asendades kõlbmatud uutega;
- 2) kontrollida automaatpidureid ja dumpkaride kallutusmehhanisme; remon-  
tida vagunite käsipidurid; a
- 3) üle vaadata ja korrastada vagunite haakimis- ja puhver-seadmed; õlitada  
vaguni tõmbitsate vindid; kohale asetada puuduvad ning korrastada kõlbma-  
tud puhvrivedrud, -vardad ja -pesad.
- 4) ette valmistada laagrite, automaatpidurite ja kallutusmehhanismide tal-  
vine õlitamine.

Vagunite määrimiseks soovitatakse kasutada tabelis 29 näidatud määrideõlisid.

Vagunite talvisel ekspluaterimisel on soovitav neid üks kord nädalas üles soojendada kuni temperatuurini +20° ja puhastada kogunenud mustusest.

Transportööri talvisel ekspluaterimisel vabas õhus on vajalik:

- 1) süstemaatiliselt puhastada linti lumest ja jääst;
  - 2) vähendada lindi kaldenurka kuni 10—15°;
  - 3) pingutus- ja tühjendustrumlitele asetada kraabitsad jääst puhastamiseks.
- Määrideõlide sordid talvel töötavate transportööri üksikute sõlmede määri-  
miseks on antud tabeliga 30.

Tabel 28

**Traktori- ja automootorite määrimiseks talvel kasutatavad määrideõlid**

Auto või traktori mark	Õli	
	mootorile	käigukastile
ГАЗ-ММ	Avtoolid selektiivse puhastu- sega Avtool 6 (ТУ-175-45) Asendajad: avtool 6, väävelhappe puhastu- sega (GOST 1862-42)	Nigrool, traktori talvine (GOST 542-41)  Asendajad: viskosiini (60%) ja masinaõli 2 (40%) segu

Tabel 28 (järg)

Auto või traktori mark	Õli	
	mootorile	käigukastile
ГАЗ-51	Õli СУ (ЭЛ, ЭУ, ЭН) segu mitte üle 25% värtnaõliga Т või turbiiniõliga Asendajad: avtool 4 või 6 (GOST 1862-42)	Nigrool, traktori talvine (GOST 542-41) Asendajad: viskosiini (60%) ja masinaõli 2 (40%) segu
ЗИС-5	Avtoolid selektiivse puhastusega Avtool 6 (ТУ-175-45) Asendajad: avtool väävelhappe puhastusega avtool 6 (GOST 1862-42)	Nigrool, traktori talvine (GOST 542-41) Asendajad: segu 80—90% suvisest nigroolist ja 20—10% diiselõlist viskosiini (60%) ja masinaõli (40%) segu
ЗИС-150	Avtoolid selektiivse puhastusega Avtool 6 (ТУ-175-45) Asendajad: avtool väävelhappe puhastusega avtool 6 (GOST 1862-42)	Avtool 18 Asendajad: ТУ ЗИС talvine määre
СТЗ-НАТИ	Avtool 10 (GOST 1862-42)	Nigrool, traktori talvine (GOST 542-41)
C-60	Avtool 10 (GOST 1862-42) (ТУ-258-48)	Sama
C-65	Diiselõli, talvine ТУ-174-45	Sama
C-80	Diiselõli, talvine ТУ-178-45	Avtool 18 (GOST 1862-42)

Tabel 29

## Vagunite talvine määre

Välisõhu temperatuur	üle $-30^{\circ}$	alla $-30^{\circ}$
Määre . . . . .	3	Severnaja

Määrdeõlid transportööri sõlmede ja detailide määrimiseks talvetingimustes

Masina detail	Määrdeõli
Trumlite ja rullide laagrid, käsiajam ning puhastusosad	Solidool, rasvane
Hammasrattad	Masinaõli
Lahtine ülekanemehhanism	Grafiitmääre
Pingutusmehhanismi plokkide teljed ja juhtlatid	Tehniline vaseliin

Pinnase transpordil mööda jää- ja lumeteid tuleb hoolikalt jälgida teede seisukorda.

Talvised teed peavad olema hästi tihendatud ja omama hea kandevõime.

Jää- ja lumeteede iseloomustus on antud tabeliga 32.

Autode-isekallutajate ja traktorite normaalseks tööks peab lume tihedus teedel olema vähemalt 0,4–0,5.

Lume tiheduse määramine teedel. Lume tiheduseks nimetatakse võrdsete mahtudega lume ja vee kaalude suhet. Kui näiteks 1 liitri lume kaal  $g_1=300$  g ja 1 liitri vee kaal  $g_v=1000$  g, siis lume tihedus  $D$  on järelikult:

$$D_1 = \frac{g_1}{g_v} = \frac{300}{1000} = 0,3.$$

Lume tihedust võib määrata ka lume sulamisest saadava vee mahu järgi. Kui näiteks 1 liitri ( $v_1=1000$  sm<sup>3</sup>) lume sulamisest saadud vee maht  $v_1=300$  sm<sup>3</sup>, siis lume tihedus on:

$$D_1 = \frac{v_1}{v_v} = \frac{300}{1000} = 0,3.$$

Lume tiheduse määramiseks kasutatakse vastavat riista, tihedusemõõtjat (joon. 31).

Lumeteede kandevõime määramiseks võib kasutada joonisel 32 kujutatud riista, kõvadusemõõtjat.

Kõvadusemõõtja koosneb koonusest 1, jalaalusest lauast 2, libisevast vardast 3, püstlauast 4 ja alusplaadist 5. Riista kõrgus on 105 sm.

Jalaaluse lauaga 2 jäigalt ühendatud koonus on valmistatud puidust ja kaetud plekiga või on treitud alumiiniumist. Koonuse tippnurk on  $\alpha$ , kõrgus 13 sm. Jalaaluse laua mõõtmed on 30×12 sm.

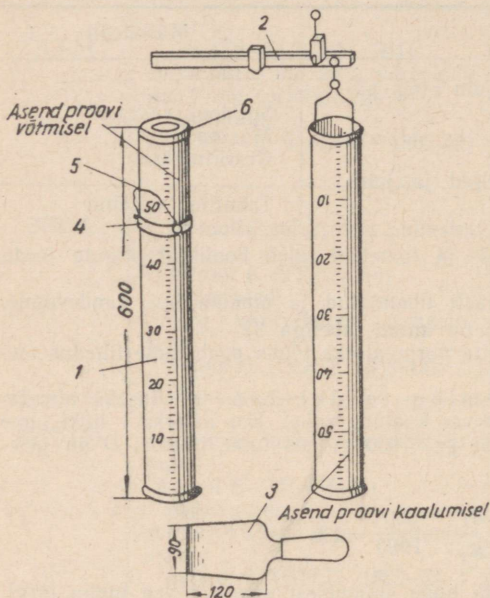
70 sm pikkune libisev varras on alumise otsaga kinnitatud 10×10 sm suuruse, plekiga kaetud alusplaadi 5 külge. Varras on ühendatud püstlauaga metallklambrite 6 abil. Varda küljes on metallist osuti.

10×90 sm suurune püstlaud on ühendatud jalaaluse lauakesega vineerist kronsteinide abil ning temale on märgitud skaala 7, millelt tehakse lugemeid.

Riista kasutamise juhised. Rullitud teele iga 500 m järel asetatakse riist maha ja vabastades klambri, mis kinnitab libiseva varda püstlaua külge, asutakse ühe jalaga horisontaalsele jalaalusele lauakesele. Koormise

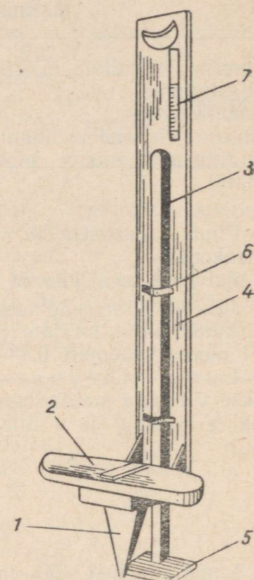
mõjul püstlaud vajub allapoole ja skaalalt määratakse koonuse lumme tungimise sügavus.

Pärast 15–20-kordset mõõtmist ühes kohas määratakse keskmine koonuse sissetungimise sügavus.



Joon. 31. Kaal — tihedusemääraja.

1 — silinder sentimeetriskaalaga; 2 — margapuu 1,5–2 kg; 3 — metallist labidas; 4 — rõngas, paksusega 2 mm ja laiusega 15 mm; 5 — sang margapuu külge riputamiseks; 6 — silindri kaas, paksusega 1 mm.



Joon. 32. Kõvadusemääraja.

1 — koonus; 2 — jalaalune laud; 3 — libisev varras; 4 — püstlaud; 5 — alusplaat; 6 — metallklamber; 7 — jaotustega skaala koonuse vajumise mõõtmiseks.

Tee kandejõud arvutatakse valemist:

$$y = \frac{P}{F_k} = \frac{P}{\pi h_k^2 \left( tg \frac{\alpha}{2} \right)^2} \text{ kg/sm}^2, \quad (14)$$

kus  $P$  — koormis inimese kehakaalust;

$F_k$  — koonuse jäljendi pindala, s. o. ringi pind, mille jätab koonus lumeteepinnale;

$h_k$  — koonuse sissetungimise sügavus;

$\alpha$  — koonuse tippnurk.

Valemi erikujud:

a) 30° tippnurgaga koonuse puhul

$$y = \frac{4,5 P}{h_k^2} \text{ kg/sm}^2; \quad (14a)$$

b) 45° tippnurgaga koonuse puhul

$$y = \frac{2P}{h_k^2} \text{ kg/sm}^2; \quad (14b)$$

c) 60° tippnurgaga koonuse puhul

$$y = \frac{P}{h_k^2} \text{ kg/sm}^2. \quad (14c)$$

Lumetee kandevõime kindlakstegemise hõlbustamiseks kohtadel soovitatakse eelnevalt koostada tabel koonuse sisetungimise sügavustest, olenevalt lumetee kandevõimest (tabel 31).

Tabel 31

Lumetee kandevõime olenevus koonuse sisetungimise sügavusest

Transpordi liik ja liiklemiskiirus	Koonuse sisetungimise sügavus $h$ sm	Kandevõime $y$ kg sm <sup>2</sup>
Reed	11	2
$S=4$ km/h	9	3
Isekallutajad:		
$S=12 \div 20$ km/h	7,6	4
$S=20 \div 32$ km/h	6,8	5
Roomiktraktorid:		
$S=10 \div 16$ km/h	6,2	6
Avatavate poortidega veomasinad		
$S=15 \div 25$ km/h	5,8	7

Märkus. Tabelis toodud andmed on saadud eksperimentaalselt koonusega, mille tippnurk  $\alpha=34^\circ 12'$  ja koormine 70 kg;  $h = \frac{15,3}{Vy}$ .

Libisemine ja jäätumine talvistel teedel. Talviste teede seisukorda iseloomustavad ka libisemistegur (saani libisemisel roobastes)  $K_1$  ja jäätumistegur  $K_2$ . Tegurite  $K_1$  ja  $K_2$  keskmised suurused on toodud tabelis 32.

Tabel 32

Libisemisteguri  $K_1$  ja jäätumisteguri  $K_2$  väärtused mitmesuguste taliteede puhul

Roobaste seisukord	$K_1$	$K_2$
Head jäätnud roopad	0,016	0,048
Keskised pooljäätnud roopad	0,022	0,066
Lumised jäätnud roopad	0,034	0,085
Lumised purustatud jääkattega roopad	0,047	0,094
Määrdundud tihendatud lumi	0,063	0,095
Halvasti tihendatud lumi	0,104	0,144

Tee liigne libedus on ohtlik kõikidele transpordiliikidele. Libeduse vähendamiseks puistatakse teedele liiva ja räbu, lisades klooralkaltsiumi või keedu-soola.

## BETOONI- JA RAUSBETOONITÖÖD

## I peatükk

## Üldised alused

Betooni- ja raudbetoonitöid tuleb talvetingimustes teostada meetoditega, mis kindlustavad betooni hoidmise vajalikes soojuse- ja niiskuse tingimustes seni, kuni betoon omandab küllaldase tugevuse tema lahtirakestamiseks ja konstruktsiooni osaliseks või täielikuks koormamiseks. Betoon- ja raudbetoonkonstruktsioonide selline tugevusaste määratakse vastavalt üldehitustööde teostamise ja vastuvõtmise tehniliste tingimuste juhistele ning see peab moodustama vähemalt 50% konstruktsiooni projektugevusest\*. Et saavutada betoonile külmumise momendiks vajalikku tugevust, tuleb betoonitööde talvisel teostamisel organiseerida betoonsegu või tema komponentide eelnev soojendamine, kaitsta betoneeritavad konstruktsioonid soojaisolatsiooniga (betooni jahtumise intensiivsuse vähendamiseks), kasutada kivinemise kiirendajaid, mõnel juhul aga rakendada paigaldatud betooni täiendavat soojendamist auruga, sooja õhuga või elektriga.

## II peatükk

## Betonisegu ja selle komponentide soojendamine

Tehasest või betoonisõlmest väljaantav betoonisegu peab omama temperatuuri, mis kindlustab paigaldatud betoonile arvutusega määratud kivinemise algtemperatuuri  $t_{bx}$ . Selleks soojendatakse betooni täitematerjale (agregaat) ja vett enne segisti trumliisse paigutamist sedavõrd, et segul oleks pärast segamist nõutav temperatuur. Betonisegu koostismaterjalide soojendamise temperatuurid valitakse valemi abil:

$$t_s = \frac{(0,2 + i_1)g_1t_1 + (0,2 + i_2)g_2t_2 + (g_v - i_1g_1 - i_2g_2)t_v}{0,2(g_0 + g_1 + g_2) + g_v}, \quad (15)$$

\* «Ehitus- ja montaažitööde teostamise ja vastuvõtu tingimused» III osa p. 194 kohaselt monoliitsetes konstruktsioonides betooni tugevus tema külmumise momendil peab olema vähemalt 50% projektikohasest margist ja mitte vähem kui 50 kg/sm<sup>2</sup>.

Toimetaja märkus.

kus  $t_s$  — betoonisegu temperatuur pärast segamist;

$i_1$  — liiva kaaluline niiskus;

$g_1$  — liiva kaal 1 m<sup>3</sup> betoonisegus;

$t_1$  — liiva temperatuur segistisse laadimisel;

$i_2$  — killustiku või kruusa kaaluline niiskus;

$g_2$  — killustiku või kruusa kaal 1 m<sup>3</sup> betoonis;

$t_2$  — killustiku või kruusa temperatuur segistisse laadimisel;

$g_v$  — vee hulk liitrites 1 m<sup>3</sup> betoonisegus;

$t_v$  — vee temperatuur;

$g_0$  — tsemendi kaal 1 m<sup>3</sup> betoonisegus.

Temperatuuride valimisel tuleb silmas pidada tehniliste tingimuste juhiseid betooni koostismaterjalide soojendamise piiride kohta (vt. tabel 37).

Täitematerjalide soojendamiseks kasutatakse auru soojust (aurusoojendus) või mingi kütuse põlemisgaaside soojust (leeksoojendus). Auru kasutatakse kas tema vahetu juhtimise teel soojendatavasse materjalisse (aurusoojenduse märg viis) või sooja ülekandmise teel spetsiaalsete aurutorustike pindadelt (aurusoojenduse kuiv viis).

Soojendamiseks asetatakse materjalid laudpõrandatel või betoneeritud plat-sidel madalatesse ( $h=0,5$  m) virnadesse või paigutatakse nad salvedesse ja punkritesse.

Soojendamisseadmete asetus kindlustagu soojendatava materjali ühtlase soojenemise ning materjalide hõlpsa sisse- ja väljalaadimise. Aurusoojenduse märja viisi kasutamisel nähakse ette abinõud kondensaadi ärajuhtimiseks ja auru väljapääsu tõkestamiseks töösoonist. Aurusoojenduse märja viisi pea-miseks puuduseks on täitematerjalide tugev niiskumine; teisest küljest omab see viis rea eeliseid, olles organisatsiooniliselt lihtne ja väga efektiivne.

Kütteelementideks kasutatakse täitematerjalide aurusoojenduse märja viisi puhul perforeeritud torusid või toru-reste ning perforeeritud torulõigetest umbes 1 m pikkusi ja 20÷30 mm läbimõõduga aurunõelu. Nõela üks ots tehakse teravikuna kinniseks, teine ots ühendatakse painduva vooliku abil aurutorustikuga. Perforeeritud torud või toru-restid kinnitatakse kindlalt soo-jendatava materjali tsooni ja ühendatakse toitva aurujuhtmega, mis varustak-takse auru juurdevoolu reguleerimiseks vastava ventiiliga.

Betooni täitematerjalide aurusoojenduse kuiva viisi puhul kasutatakse kütteelementideks samasuguseid torusid ja toru-reste, kuid tervetest, perforeeri-mata torudest. Aurusoojenduse kuiva viisi puhul ehitatakse lisaks toitvale aurujuhtmele veel läbitöötatud auru äravoolu juhe.

Täitematerjalide vahetut soojendamist kütuse põlemissoojusega (leeksoo-jendus) teostatakse metallkatteplaadi pinna kaudu, mis katab küttekollet või suitsulõõri maa-alust osa (nn. maa-alused ahjud) või metalltorude kaudu, mis läbivad soojendatava materjali ja ühendavad küttekollet korstnaga.

Leeksoojendajate eeliseks on nende lihtsus, puuduseks aga madal kasu-tegur, tunduv tuleohtlikkus ja soojendamise efektiivsuse langemine torude tahumisel.

Vee soojendamiseks kasutatakse samuti leek- ja aurusoojendust. Leeksoo-jenduse puhul toimub vee soojenemine küttekoldesse asetatud siugtorus. Siug-toru toidetakse veega kas vahetult veetorustikust või püstitatakse veesoojen-

damise ahju kohale paak, kuhu juhitakse külma vett. Siugtoru otsad ühendatakse torude abil paagiga. Sellega kindlustatakse siugtoru pidev veega täitumine ja vee vaba tsirkulatsioon süsteemis. Väljavoolutoru abil juhitakse vesi doseerimispaagi kaudu segistite trumlitesse.

Kõige lihtsam ja efektiivsem vee soojendamise viis on auru otsene juhtimine külma vette. Sel puhul kasutatakse paake, mis on seatud küllalt kõrgele, et juhtida kuuma vett tarvitamiskohale. Paak varustatakse torudega külma vee ja auru juurdejuhtimiseks ning sooja vee ärajuhtimiseks. Vee varu paagis hoitakse kindlal, kontrollitaval tasemel. Aur lastakse vette paagi põhja lähedalt. Kuuma vee väljapritsimise vältimiseks kaetakse paak kaanega. Soojakadude vähendamiseks isoleeritakse paagi seinad.

Materjalide ja vee soojendamiseks vajalike seadmete karakteristika on toodud vastavas albumis<sup>1</sup>.

Pärast betooni koostismaterjalide soojendamise temperatuuri valimist ja soojendusseadme tüübi ning tema tunnitootlikkuse (olenevalt tehase toodangust) kindlakstegemist määratakse soojenduselementide tähtsamad mõõtmed (näiteks täitematerjale soojendavate aurutorude läbimõõt ja pikkus, soojendusahju metallkatteplaadi pind jne.). Leeksoojenduse ja aurusoojenduse kuiva viisi puhul tuleb selleks selgitada küttepinna suurus, mis kindlustab materjali soojenemise nõutud temperatuurini.

Arvutus toimub valemi järgi:

$$F_{kp} = \frac{Q_m + Q_{v\delta}}{K_s (t_s - t_m)} \text{ m}^2, \quad (16)$$

kus  $Q_m$  — soojuse tarvidus kcal/h materjali soojendamiseks algtemperatuurilt kuni nõutud temperatuurini;

$Q_{v\delta}$  — soojuskaod ümbritsevasse keskkonda kcal/h;

$K_s$  — soojuse ülekanne soojenduselemendilt materjalile;

$t_s$  — soojakandja temperatuur (kuumad gaasid, aur); kuumade gaaside puhul  $t_s = 300 \div 350^\circ$ , auru puhul  $t_s = 100^\circ$ ;

$t_m$  — soojendatava materjali temperatuur soojendamise lõpul (s. o. temperatuurid  $t_v$ ,  $t_1$  ja  $t_2$  valemis (15)).

Seejuures vee soojendamise puhul:

$$Q_n' = V_0 (g_v - i_1 g_1 - i_2 g_2) (t_v - 5). \quad (17)$$

Külmunud täitematerjalide soojendamise puhul:

$$Q_m'' = V_0 g_1 [0,2(t_1 - t_{v\delta}) + i_1(-0,5t_{v\delta} + 80 + t_1)] \quad (18)$$

$$Q_m''' = V_0 g_2 [0,2(t_2 - t_{v\delta}) + i_2(-0,5t_{v\delta} + 80 + t_2)]. \quad (19)$$

Soojakaod ümbritsevasse keskkonda:

$$Q_{v\delta} = F_0 K_0 (t_m - t_k) \text{ kcal/h}. \quad (20)$$

Siin  $F_0$  — materjali pind  $\text{m}^2$ , mis annab soojust väliskeskkonda (näiteks ahjul soojendatava liivakuhila lahtine pind);

<sup>1</sup> «Альбом отопительных нагревательных устройств, оборудования, инструментов и приспособления для зимних строительных работ», Гипрооргстрой, 1944.

$K_0$  — soojuse ülekanne materjali pinnalt ümbritsevasse keskkonda (määratakse meetodil, mis esitatakse betooni hoidmise termosmenetluse käsitsemisel);

$t_k$  — keskkonna temperatuur (näiteks tehase ruumi temperatuur);

$V_0$  — segamisseadme tunnitootlikkus  $m^3/h$ ;

$t_{v\delta}$  — välisõhu temperatuur;

ülejäädud suurused on toodud eespool.

Aurusoojenduse märja viisi puhul määratakse auru hulk, mille kondenseerimise arvel kindlustatakse vajalik soojendusaste. Arvutus toimub järgmiste ligikaudsete valemite abil:

vee soojendamiseks

$$A_a = \frac{Q_m + Q_{v\delta}}{635 - t_v} \text{ kg/h;} \quad (21)$$

täitematerjalide soojendamisel

$$A_a = \frac{Q_m + Q_{v\delta}}{600} \text{ kg/h.} \quad (21a)$$

Leeksoojenduse kütteseadmete kütuse kulu määratakse valemist:

$$A_k = \frac{Q_m + Q_{v\delta}}{\eta W_k} \text{ kg/h;} \quad (22)$$

kus  $\eta$  — soojendusseadme kasutegur

$$(\eta = 0,15 - 0,30);$$

$W_k$  — kütuse kütteväärtus kcal/kg.

### III peatükk

## BETONEERIMINE TERMOSMENETLUSEL

### A. Üldised alused

Betoonitööde teostamise termosmenetlusel saavutab betoon ettenähtud tugevuse ilma tema täiendava soojendamiseta pärast konstruktsiooni paigaldamist. See saavutatakse betooni või tema komponentide eelneva soojendamisega kuni üldehituslike tööde teostamise ja vastuvõtmise tehniliste tingimustega lubatud maksimaalse temperatuurini (vt. tabel 37), samuti tugeva eksotermiaga tsementide kasutamisega ning paigaldatud betooni ja tema raketiste soojustamisega.

Betooni hoidmise termosmenetlus on kasutamiseks kõige lihtsam ja ökonoomsem. Betooni termosviisilise hoidmise otstarbekus sõltub tööde teostamise tingimustest, peamiselt betoneeritava konstruktsiooni massiivsusest, meteoroloogilistest tingimustest ja graafikuga lubatud betooni hoidmise kestusest. Need tegurid üheskoos seavad termosmenetluse rakendatavusele piirid, millede

ületamisel ei ole võimalik kindlustada betoonile vajalikku lõpptugevust või kujunevad betooni hoidmise teised viisid majanduslikumateks. Talvise betoneerimisviisi valimisel kontrollitakse kõigepealt võimalusi betoonitööde teostamiseks termosmenetlusel. Alles siis, kui veendutakse tema kasutamise võimaluses, valitakse teised betooni hoidmise viisid konstruktsiooni kunstliku soojendamise või siis ühendatakse termosmenetlus betooni elektersoojendusega.

Termosmenetluse kasutamise võimalikkus ja otstarbekus määratakse igal üksikul juhul kindlaks soojustehnilise arvutusega ning põhjendatakse tehnilis-ökonomiliste kaalutlustega\*.

Betoneeritavate konstruktsioonide jahtumise soojustehniliste arvutuste täpsed meetodid on keerukad, mis teeb nende kasutamise ehitusplatsi tingimustes võimatuks. Seepärast kasutatakse ehituspraktikas tavaliselt ligikaudseid arvutusviise, millede täpsus tagab jahtumisrežiimi õige määramise nende konstruktsioonide puhul, millede pinnamoodulid on suuremad kui 3\*\*.

Ligikaudsete arvutusviiside tinglikkus seisab põhiliselt järgnevas.

Oletatakse, et betooni temperatuur jahtumise mistahes ajamomendil on ühesugune konstruktsiooni (või tema elemendi) kõikides punktides, muutudes ainult ajaga. Samuti oletatakse, et betoonil, mis on hoitud muutuva temperatuuri juures aja  $Z$  vältel, on sama suur tugevus kui betoonil, mis on hoitud sama aja vältel ühtlase temperatuuri juures, mille suurus võrdub muutuva temperatuuri keskmise väärtusega kogu perioodi kohta.

Ligikaudsete arvutusmeetodite oluliseks puuduseks on jahtuva betooni üksikute punktide temperatuuride erinevuse mitteamestamine. Seepärast ei ole need meetodid kasutatavad neil juhtudel, kus betoneeritava ehitise üksikute kohtade temperatuuride vahel on tunduvad erinevused, nagu see esineb näiteks suure massiivsusega betoonkonstruktsioonide jahtumisel (pinnamooduliga alla 3).

Mida tõhusam on soojustus ja mida väiksemad on betoneeritava konstruktsiooni mõõtmed, seda väiksem on betooni välis- ja sisekihtide temperatuuride erinevus.

---

\* Termosmenetluse kasutamiseala laiemamiseks «Ehitus- ja montaažitööde teostamise ja vastuvõtu tehnilised tingimused» III osa p. 198 kohaselt soovistatakse:

- a) kasutada keemilisi lisandeid betoonides, mis kiirendavad betooni tardumisaega ja alandavad betooni külmumise temperatuuri;
- b) kasutada sulapinnases peituvat soojust;
- c) kasutada kõrgemargilisi tsemente (500 ja enam) ja suure eksotermiaga tsemente (aluminaaltsemente jt.);
- d) kombineerida termosmenetlust esialgse betoonisegu lühiajalise soojendamise või perifeerse betooni soojendamisega.

Aluminaattsementidest valmistatud betoonid hoitakse ainult termosmenetlusel.

Toimetaja märkus

\*\* Pinnamooduliks nimetatakse konstruktsiooni jahtuvate pindade ( $m^2$ ) ja mahu ( $m^3$ ) suhet  $\frac{F}{V}$ .

## B. Betooni termoshoidmise arvutus B. G. Skramtajeви meetodil

Kõige levinum lahendusmeetod betoonkonstruktsioonide kuni 0 kraadini jahtumise arvutamiseks on esitatud Stalini preemia laureaadi prof. B. G. Skramtajeви poolt. Betooni jahtumise arvutamise aluseks seadis B. G. Skramtajeви soojusbilansi võrrandi:

$$ZKM_p(t_{bk} - t_{võ}) = c_0 t_{bz} + TQ_e \quad (23)$$

- kus  $Z$  — betooni jahtumise kestus  $t_{ba}$ -st kuni  $0^\circ$ -ni tundides;  
 $K$  — betoneeritava konstruktsiooni piirde soojusjuhtivus;  
 $M_p$  — jahtuva konstruktsiooni pinnamoodul;  
 $t_{bk}$  — betooni keskmine temperatuur aja  $Z$  vältel;  
 $t_{võ}$  — välisõhu arvutustemperatuur;  
 $c_0$  — betooni mahuline soojaerimahtuvus, mis võetakse tavaliselt  $600 \text{ kcal/m}^3 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  
 $t_{ba}$  — konstruktsiooni paigaldatud betooni temperatuur jahtumise algul;  
 $T$  — tsemendi hulk betooni mahuühikus  $\text{kg/m}^3$ ;  
 $Q_e$  — 1 kg tsemendi eksotermiline soojus aja  $Z$  jooksul.

Arvutuse teostamiseks prof. B. G. Skramtajeви järgi peab olema teada:

- a) betoneeritava konstruktsiooni geomeetiline kuju ja mõõtmed;
- b) välisõhu temperatuur;
- c) betooni temperatuur hoidmise algul või tema väljaandmisel betoonitehasest;
- d) tsemendi liik ja mark ning tema hulk betooni mahuühikus;
- e) soojapiirde konstruktsioon;
- f) betooni suhteline tugevus, mille ta peab omandama termoshoidmise tähtaja lõpuks;
- g) betooni transportimise ja paigaldamise tingimuste üksikasjaline iseloomustus.

### 1. Soojajuhtivuse $K$ määramine

Betooni piirdekonstruktsioonide soojust isoleerivaid omadusi iseloomustavad piirde soojajuhtivuse tegur  $K$  või soojatakistuse tegur  $R$ , kusjuures  $K = \frac{1}{R}$ .  $K$  suurus määratakse valemiga:

$$K = \frac{\beta}{0,05 + \frac{h_1}{\lambda_1} + \frac{h_2}{\lambda_2} + \frac{h_3}{\lambda_3}} \quad (24)$$

- $h_1, h_2, h_3$  — piirde üksikute kihtide (kaasa arvatud raketis) paksused  $m$ ;  
 $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$  — piirde üksikute kihtide materjalide soojaerijuhtivused  $\text{kcal/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  
 $\beta$  — parandustegur.

Kui soojapiirdes esinevad kinnised õhkvaheed, siis  $K$  väärtus määratakse valemist:

$$K = \frac{\beta}{0,05 + \frac{h_1}{\lambda_1} + \frac{h_2}{\lambda_2} + \dots + R_{\delta}} \quad (25)$$

kus  $R_{\delta}$  — õhkvahe soojatakistus oleneb õhkvahe iseloomust ja paksusest.

Soojapiirete ehitamiseks kasutatavate materjaliide soojaerijuhtivused on toodud tabelis 33.  $R_{\delta}$  väärtused on toodud tabelis 34.

Tabel 33

Tähtsamate soojustamisel kasutatavate ehitusmaterjalide soojaerijuhtivus  $\lambda$  ja soojaerimahtuvus  $c$

Materjali nimetus	Materjali iseloomustus	$\gamma$ (mahukaal) kg/m <sup>3</sup>	$\lambda$ (soojaerijuhtivus) kcal/m <sup>2</sup> h°C	$C$ (soojaerimahtuvus) kcal/kg°C
Peenasbest	Lühikiuline asbest	800	0,188—0,197	0,20
Asbest-kar- tong	Lehed paksusega 1—5 mm	900	0,150	0,20
Vetikad	Kuivad	280	0,048	0,40
Ehitusvilt	Villa ja taimkiudude segu	150—250	0,040—0,050	0,45
Puidu tuhk	Õhukuiv	450—500	0,100—0,130	0,18
Kõrkjad, raiutud	Õhukuivad	175	0,050	0,36
Roogplaadid (kamõsiit)	Kõrkjatest plaadid paksusega 5, 7 ja 10 sm	260—360	0,050—0,090	0,36
Linaluud	Lina (ka kanepi) tööt- lemise jäätmed	100—200	0,040—0,060	0,40
Sammal	Õhukuiv	135	0,040	0,40
Morosiin	Plaadid linaluudest paksusega 1, 2, 3 ja 4 sm	250—350	0,050—0,065	0,45
Saepuru	Õhukuiv	150—250	0,050—0,080	0,60
Takud	Lina ja kanepi tööt- lemise jäätmed	160	0,040	0,40
Korkplaadid	Plaadid korgipurust	250	0,060	0,50
Solomiit	Õlgplaadid	220—360	0,050—0,090	0,36
Turbaplaa- did	Õhukuivad	170—250	0,050—0,060	0,50
Turvasvineer	Vineerplaatide vahele kokkupressitud turvas	240	0,060	0,50
Puitvineer	—	600	0,150	0,65
Puit	Õhukuiv	600	0,150	0,65
Mineraalvatt	"	200—300	0,050—0,060	0,38
Seveliin	12,5 ja 25 mm paksu- sed kangad linajäätme- test, takust jm., mis on õmmeldud jõupaberite vahele	100—260	0,040—0,045	0,45
Katla räbu	Kuiv	700—1000	0,060—0,250	0,18
Ruberoid, tõrvapapp	—	600	0,150—0,200	0,36
Liiv	Kuiv	1600—1800	1,7—2,1	0,20

Õhkvahe soojatakistus  $R_0$ 

Õhkvahe iseloomustus	$R_0$ väärtused olenevalt õhkvahe paksusest (sm)					
	1	2	3	5	10	15—30
Vertikaalne . . .	0,17	0,19	0,20	0,20	0,20	0,20
Horisontaalne, sooja vooluga: alt üles . . .	0,15	0,17	0,18	0,18	0,18	0,18
ülalt alla . . .	0,18	0,21	0,23	0,25	0,26	0,26

Parandusteguri  $\beta$  suurus on leitud kasutatud materjalide niiskuse ja õhu läbilaskvusest. Kergesti läbitavate soojustusmaterjalide hulka kuuluvad: roogplaat, õlgplaat, vilt, saepuru, räbu; raskesti läbitavate hulka: tõrvapapp, ševeliin, vineer, hoolikalt valmistatud raketis. Urbsetest soojustusmaterjalidest valmistatud piirde katmine tihedast materjalist kihiga (näiteks tõrvapapiga) tõstab soojapiirde efektiivsust.

Kui soojustatav betoon- või raudbetoonkonstruktsioon asetseb tuultele avatud kohas või maapinnast kõrgemal, siis teguri  $\beta$  väärtust suurendatakse 15% võrra.

Teguri  $\beta$  väärtused tavalistes tingimustes ( $\beta_1$ ) ja tugeva tuuldumise tingimustes ( $\beta_2$ ) on toodud tabelis 35.

Mitmesuguste eritüübiliste soojapiirete soojajuhtivus  $K$  on toodud tabelis 36.

Joonistel 33—43 on esitatud soojapiirete ehituse tüüpskeemid põhiliste betoon- ja raudbetoonkonstruktsioonide jaoks.

Ülaltoodud valemid (24) ja (25) on kasutatavad:

a) soojajuhtivuse  $K$  määramiseks, kui soojapiirde konstruktsioon on ette antud, s. o. kui teatakse piirde üksikute kihtide asetust, paksust ja materjali;

b) soojapiirde konstruktsioonide valikuks, kui soojajuhtivuse  $K$  väärtus on ette antud.

Tabel 35

Teguri  $\beta$  väärtused

Piirde iseloomustus	$\beta_1$	$\beta_2$
Piire koosneb ainult kergeltläbitavatest materjalidest . . . . .	2,60	3,00
Sama, kuid betoonipoolsest küljest kaitstud raskeltläbitavast materjalist kihiga . . . . .	2,00	2,30
Sama, kuid väljastpoolt kaitstud raskeltläbitavast materjalist kihiga . . . . .	1,60	1,90
Sama, kuid mõlemast küljest kaitstud raskeltläbitavast materjalist kihiga . . . . .	1,30	1,50
Piire koosneb ainult raskeltläbitavatest materjalidest . . . . .	1,30	1,50

Mitmesuguse konstruktsiooniga soojapiirete soojajuhtivus  
K nõrga tuuldumise puhul

Soojapiirde konstruktsioon	K väärtused olenevalt $\beta$ suurusest			
	2,6	2,0	1,6	1,3
Kiht saepuru paksusega:				
10 sm . . . . .	2,00	1,55	1,25	1,00
15 sm . . . . .	1,35	1,05	0,85	0,70
20 sm . . . . .	1,05	0,80	0,65	0,50
Kateõlg või roogplaatidest paksusega:				
5 sm . . . . .	3,45	2,65	2,10	1,70
10 sm . . . . .	1,75	1,35	1,10	0,90
15 sm . . . . .	1,20	0,90	0,75	0,60
Soojapidava täidisega raketis (raketiskihi paksus 25 mm, välisvoodri paksus 20 mm), täidiseks saepuru-täidiskihi paksuse puhul:				
10 sm . . . . .	—	—	—	0,80
15 sm . . . . .	—	—	—	0,60
20 sm . . . . .	—	—	—	0,45
Raketis 25 mm laudadest, soojustatud ševeliiniga, ševeliini paksus:				
12,5 mm . . . . .	—	—	—	2,75
25 — „ — . . . . .	—	—	—	1,80
37,5 — „ — . . . . .	—	—	—	1,35
50 — „ — . . . . .	—	—	—	1,10
62,5 — „ — . . . . .	—	—	—	0,90
Ševeliinkate ilma raketiseta paksusega:				
12,5 mm . . . . .	—	—	—	4,35
25 — „ — . . . . .	—	—	—	2,35
37,5 — „ — . . . . .	—	—	—	1,65
50 — „ — . . . . .	—	—	—	1,20

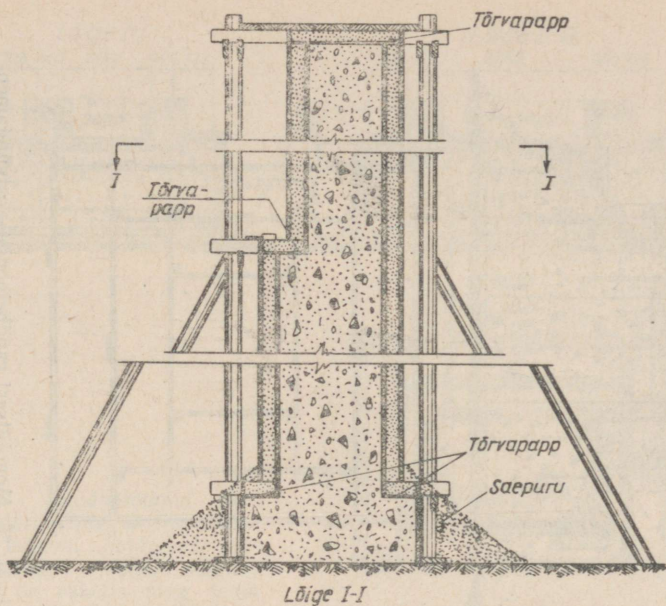
Valemite (24) ja (25) kasutamise näited.

Määrata raudbetoonposti soojapiirde soojajuhtivus, kui piire koosneb tavalisest raketisest ( $h_1=0,025$  m), õhkvahest ( $h_2=0,05$  m), vineervoodrist ( $h_3=0,005$  m) ja ševeliini kihist ( $h_4=0,0125$  m). Soojustatav konstruktsioon ei asu kuigi kõrgel ja tuuldub vähe.

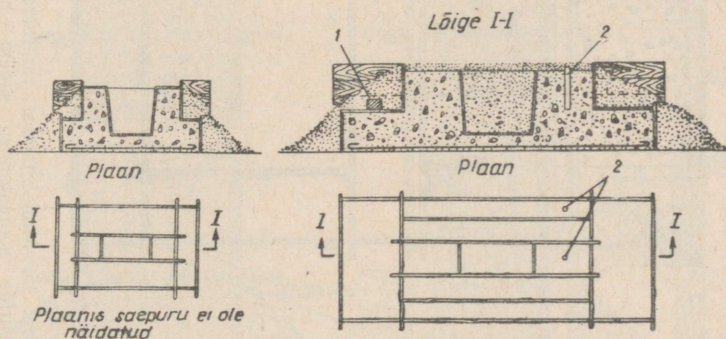
$$K = \frac{\beta}{0,05 + \frac{h_1 + h_3}{\lambda_1} + \frac{h_4}{\lambda_4} + R_{\delta}} = \frac{1,30}{0,05 + \frac{0,03}{0,15} + \frac{0,0125}{0,04} + 0,20} = 1,70 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}.$$

Valida saepurust soojapiirde paksus, kui K väärtus on ette antud:  $K=1,0$  kcal/m<sup>2</sup>h<sup>o</sup>C.

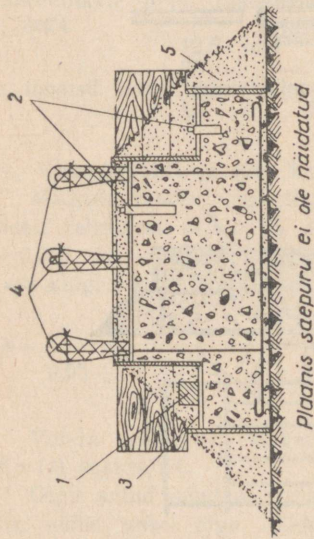
Olgu antud juhul otstarbekas karbikujuline raketis, s. o. kahekordne raketis, mille vahe olgu täidetud saepuruga. Olgu põhiraketise paksuseks  $h_1=0,025$  m ja lisaraketise (voodri) paksuseks  $h_3=0,020$  m. Määrame saepurust täidiskihi paksuse  $h_2$ :



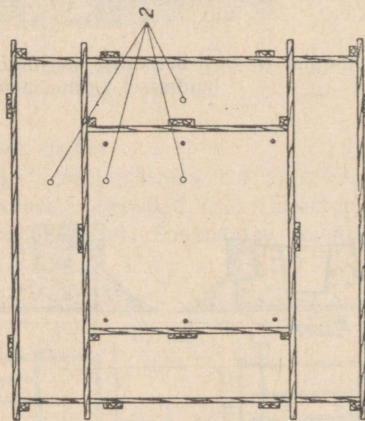
Joon. 33. Betoonist ja putt-betoonist tugimüüride soojustamise skeem betooni hoidmisel termosmenetlusei.



Joon. 34. Monteeritavate raudbetoon-postide vundamentide soojustamise skeem.  
1 — betooni kontrollkuubid; 2 — augud temperatuuri mõõtmiseks.

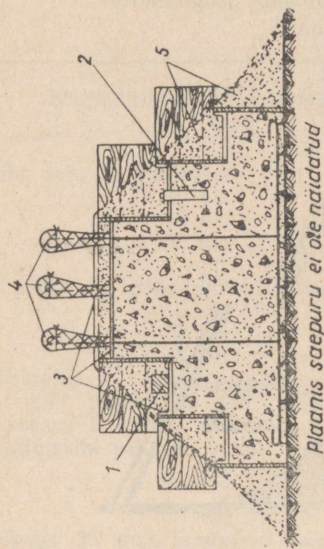


Plaanis saepuru ei ole näidatud

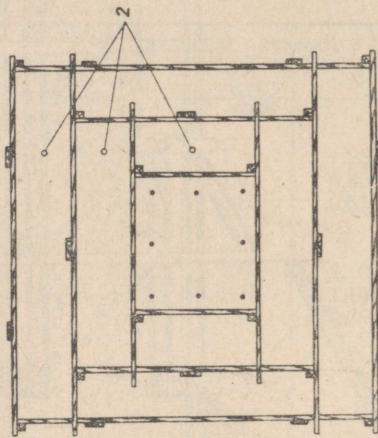


Joon. 35. Monoliitsetest raudbetoonist postvundamentide soojustamise skeem betooni hoidmisel termosmenetlusel.

1 — betooni kontrollkuubid; 2 — augud temperatuurimõõtmiseks; 3 — tõrvapapp; 4 — vill; 5 — saepuru.

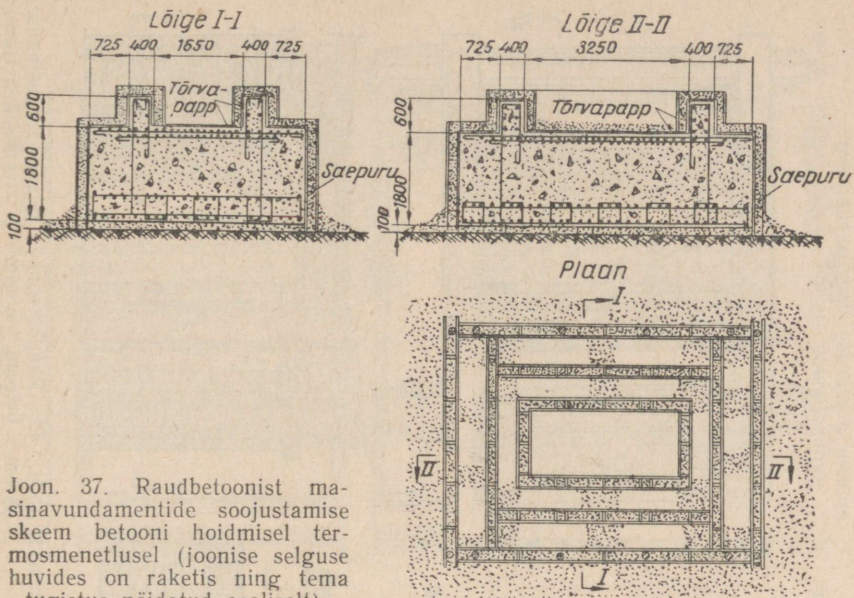


Plaanis saepuru ei ole näidatud

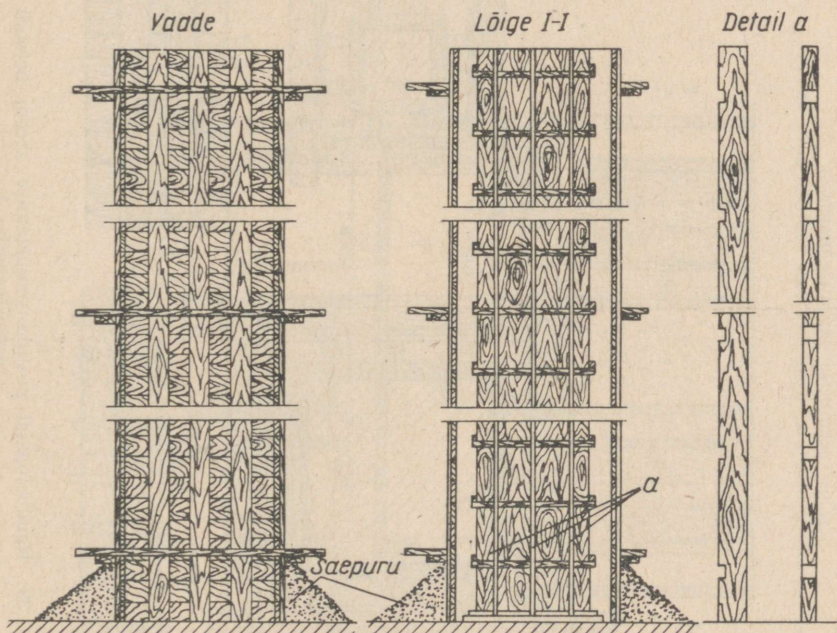


Joon. 36. Monoliitset raudbetoonist postvundamentide (kaheastmeliste) soojustamise skeem betooni hoidmisel termosmenetlusel.

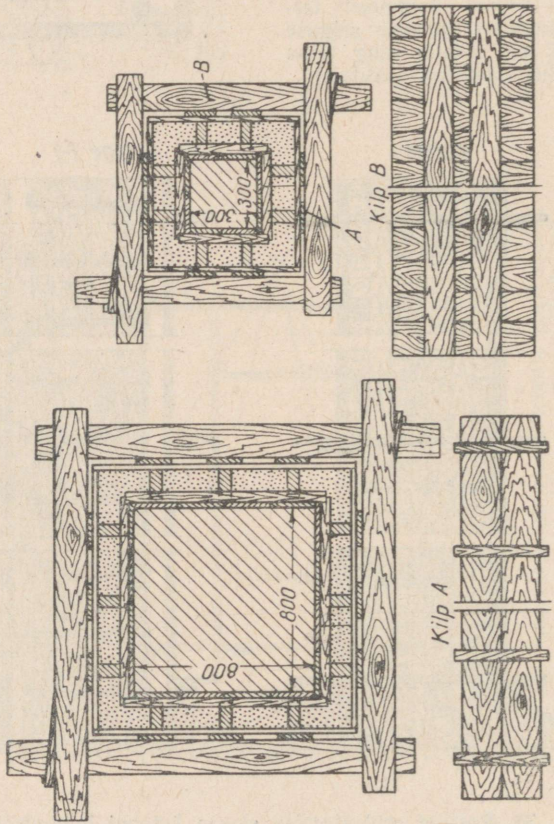
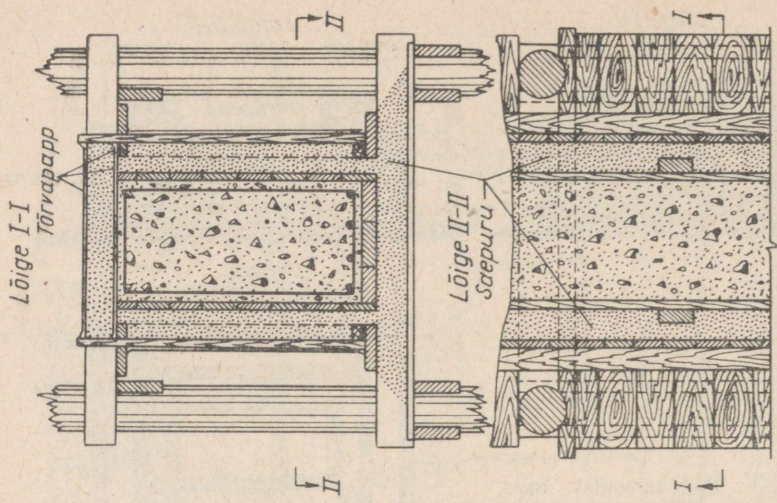
1 — betooni kontrollkuubid; 2 — augud temperatuurimõõtmiseks; 3 — tõrvapapp; 4 — vill; 5 — saepuru.



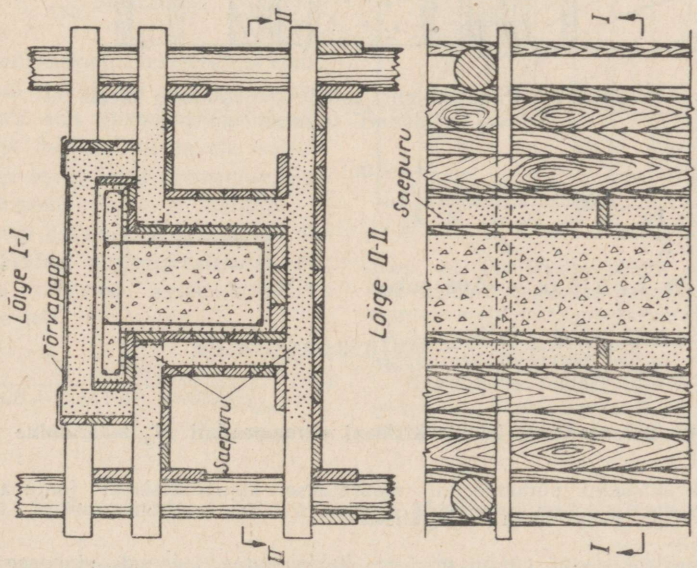
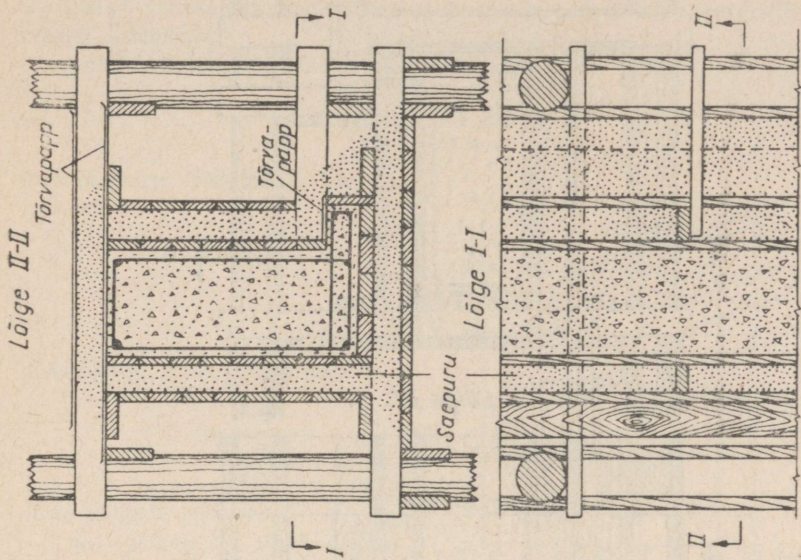
Joon. 37. Raudbetoonist masinavundamentide soojustamise skeem betooni hoidmisel termosmenetlusel (joonise selguse huvides on raketis ning tema tugistus näidatud osaliselt).



Joon. 38. Postide soojustamise skeem betooni hoidmisel termosmenetlusel.

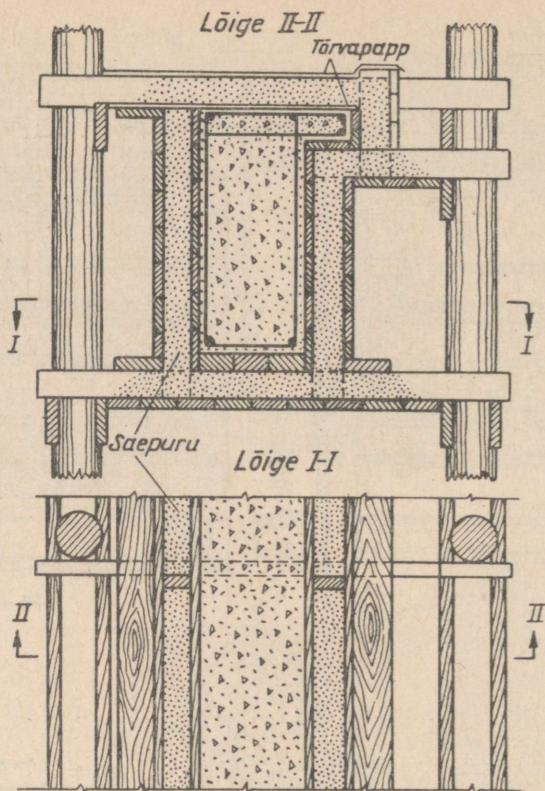


Joon. 39. Raudbetoonist postide soojustamise skeem betooni hoidmisel termosmenetlusel. Joon. 40. Raudbetoonist talade soojustamise skeem betooni hoidmisel termosmenetlusel.



Joon. 41. Raudbetoonist kraanatalade soojustamise skeem betooni hoidmisel termosmenetlusel.

Joon. 42. Raudbetoonist talade soojustamise skeem betooni hoidmisel termosmenetlusel.



Joon. 43. Raudbetoonist talade soojustamise skeem betooni hoidmisel termosmenetlusel.

$$\text{kuna } R = \frac{1}{K} = \frac{0,05 + \frac{h_1 + h_3}{\lambda_1} + \frac{h_2}{\lambda_2}}{\beta},$$

siis  $\beta = 1,3$ ,  $\lambda_1 = 0,15$  ja  $\lambda_2 = 0,08$  puhul

$$h_2 = \left( \frac{1,3}{1,0} - \frac{0,045}{0,15} - 0,05 \right) 0,08 \approx 0,08 = 8 \text{ sm.}$$

## 2. Betoneeritava konstruktsiooni pinnamooduli $M_p$ määramine

Konstruktsiooni pinnamoodul määratakse konstruktsiooni jahtuva välispinna\*  $F$  ja tema mahu  $V$  jagatisena:

\* Konstruktsiooni pindu, mis on kokkupuutes sulanud pinnasega, võib jätta pinnamooduli määramisel arvesse võtmata.

$$M_p = \frac{F}{V} \text{ m}^2/\text{m}^3. \quad (26)$$

Lihtsa väliskujuga konstruktsioonide pinnamoodulit võib arvutada järgnevatest valemitest:

ristkülikukujulise põiklõikega postidel ja taladel

$$M_p = \frac{2(b_1 + b_2)}{b_1 b_2}; \quad (27)$$

ruudukujulise põiklõikega postidel ja taladel

$$b_1 = b_2$$

ja 
$$M_p = \frac{4}{b}; \quad (28)$$

plaatidel ja seintel paksusega  $d_0$

$$M_p = \frac{2}{d_0}, \quad (29)$$

kus  $b$ ,  $b_1$  ja  $b_2$  — posti või tala põiklõike külgede pikkused;

$d_0$  — plaadi või seina paksus.

### 3. Kivineva betoonkonstruktsiooni keskmise temperatuuri $t_{bk}$ määramine

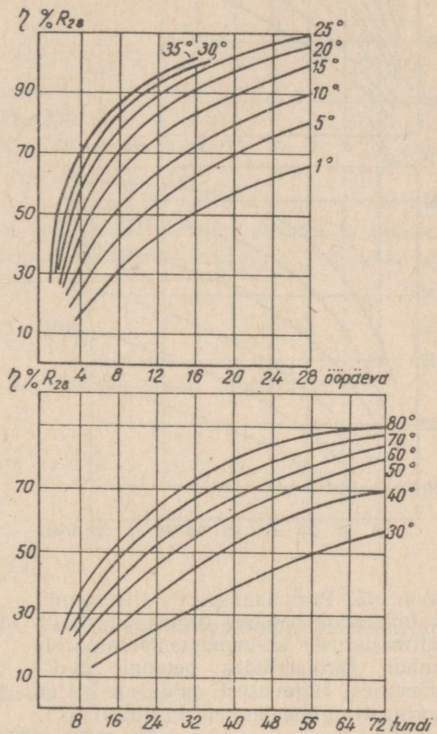
Betooni keskmine temperatuur konstruktsiooni jahtumise ajal määratakse graafikute abil (joonised 44, 45, 46) vastavalt betooni nõutavale suhtelisele tugevusele, tema kivinemise ajale ning isemendi liigile ja margile.

Betooni keskmist temperatuuri olevalt betooni algtemperatuurist võib määrata järgmise valemi abil ka arvutuse teel:

$$t_{bk} = \frac{t_{ba}}{1,03 + 0,181 M_p + 0,006 t_{ba}} \quad (30)$$

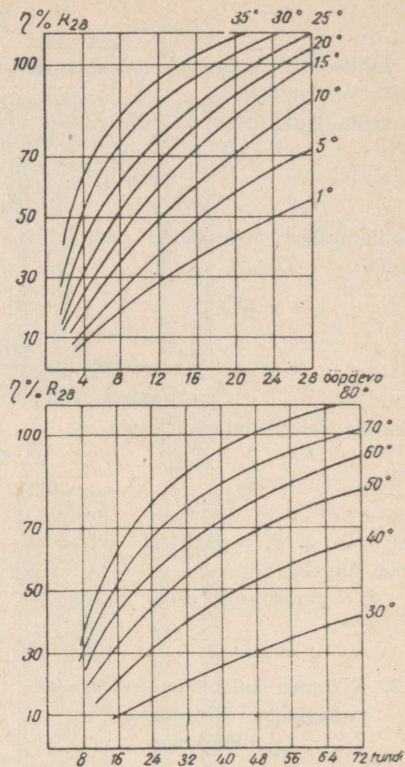
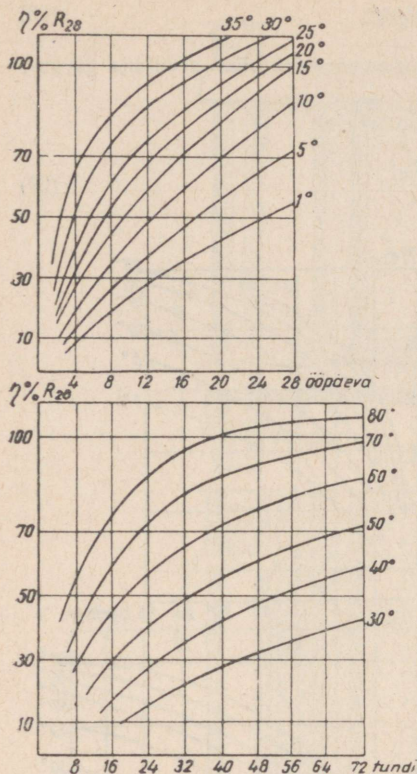
### 4. Termosmenetlusel hoitava betooni algtemperatuuri määramine

Betooni algtemperatuuriks nimetatakse temperatuuri, mille omab konstruktsiooni paigaldatud betoon pärast tema katmist.



Joon. 44. Portlandsemendil valmistatud betooni tugevuse graafik mitmesuguste kivinemistemperatuuride puhul (protsentides betooni 28-ööpäevasest tugevusest, mida on hoitud normaalingimustes temperatuuril 15°).

$\eta$ —betooni suhteline tugevus 28 ööpäeva temperatuuril 15° hoitud betooni tugevusest.



Joon. 45. Puzzolaan-porlandtsemendil valmistatud betooni tugevuse graafik mitmesuguste kivistemperatuuride puhul (protsentides betooni 28-ööpäevasest tugevusest, mida on hoitud normaaltingimustes temperatuuril 15°).

Joon. 46. Räbu-porlandtsemendil valmistatud betooni tugevuse graafik mitmesuguste kivistemperatuuride puhul (protsentides betooni 28-ööpäevasest tugevusest, mida on hoitud normaaltingimustes temperatuuril 15°).

Betooni algtemperatuur oleneb betoonitehasest väljaantava betoonisegu temperatuurist  $t_0$  ning neist soojakadudest, mis esinevad betooni transportimisel, ümberlaadimisel ja konstruktsiooni paigaldamisel. Nende soojakadude suurus sõltub välisõhu temperatuurist, transpordivahendi soojapidavusest, laadimisoperatsioonide arvust ja betooni transportimise, paigaldamise ning tihendamise kestusest.

Üldehituslike tööde teostamise ja vastuvõtmise tehniliste tingimuste kohaselt ei tohi betooni komponentide ning betoonisegistist väljuva betoonisegu temperatuurid ületada piirväärtusi, mis on tabelis 37 antud vastavalt tsemendi liigile ja margile.

## Segistist väljuva betooni piirtemperatuurid

Tsemendi liik	Tsemendi mark	Piirtemperatuur °C	
		segistist väljuval betoonil	komponentide soojendamisel
Aluminaat-tsement	600	25	40
Portlandtsement	500	35	60
"	400	40	70
"	300—200	45	80
Räbu-portlandtsement	300—200	45	80
Puzzolaan-portlandtsement	300	40	70

Katseliste andmete puudumise tõttu võib isekallutatavatel autodel ja betooni-konteinerites transporditava betoonisegu transportdil esinevaid soojakadusid määrata järgmisest ligikaudsest valemist:

$$t_b = A_z t_{bt} + B_z t_{v\bar{o}}, \quad (31)$$

kus  $t_{bt}$  — betoonisegu temperatuur transportvahendisse laadimisel;  
 $t_{v\bar{o}}$  — välisõhu temperatuur;

$$A_z = \frac{1200 - KM_p Z}{1200 + KM_p Z};$$

$$B_z = \frac{KM_p Z}{1200 + KM_p Z};$$

$K$  — soojaülekanne autokasti või konteinerisse laaditud betoonisegult kcal/m<sup>2</sup>h°C;

$M_p = \frac{V}{F}$  — laaditud betoonisegu pinnamoodul;

$F$  — laaditud betoonisegu pind m<sup>2</sup>;

$V$  — laaditud betoonisegu maht m<sup>3</sup>;

$Z$  — transportimise kestus tundides.

Tavaliste markidega betoonisegude transportimisel isekallutajates võib valemi (31) järgi teostatavat arvutust lihtsustada, kasutades tegurite  $A_z$  ja  $B_z$  suurus, mis rea  $Z$  väärtuste jaoks on toodud tabelis 38.

Betoonisegu transportimisel konteinerites lastakse segu tehases autole asetatud konteinerisse, mis tühjendatakse vastuvõtmise kohal kraana abil kas punkrisse või vahetult betoneeritavasse konstruktsiooni. Sel puhul määratakse  $A_z$  ja  $B_z$  väärtused sõltuvalt konteineri veo- ja tõstmise ajast ning olenevalt tema kujust, mõõtmetest ja soojaisolatsiooni astmest. Konteinerite põhitüüpide tehniline karakteristik on toodud tabelis 39. Tabelis 40 tuuakse  $A_z$  ja  $B_z$  väärtused nende konteineritüüpide kohta.

$A_z$  ja  $B_z$  väärtused betoonisegu transportimisel presentkatttega kaetud autodel (tabel on koostatud «Juhised tööstushoonete ja -ehitiste raudbetoon-konstruksioonide püstitamiseks industriaalsetel meetoditel»<sup>1</sup> alusel УСП — 101-51 — lk. 197)

Isekallutava auto mark	Transporditava betooni maht m <sup>3</sup>		Transpordi kestus minutites					
			10	20	30	40	50	60
ГАЗ-410	0,5	$A_z$	0,946	0,896	0,850	0,803	0,765	0,720
		$B_z$	0,051	0,104	0,151	0,197	0,242	0,266
СМ-1	1,0	$A_z$	0,959	0,921	0,884	0,850	0,815	0,782
		$B_z$	0,041	0,079	0,116	0,151	0,190	0,220
ЗИС-585	1,4	$A_z$	0,962	0,926	0,891	0,857	0,817	0,793
		$B_z$	0,039	0,074	0,109	0,142	0,175	0,206
МАЗ-205	2,0	$A_z$	0,967	0,939	0,910	0,880	0,853	0,827
		$B_z$	0,033	0,061	0,091	0,121	0,147	0,173

Märkus: Teistele transpordiaegadele vastavad suurused määratakse interpoolimise teel.

Tabel 39

Betooni transportimiseks kasutatavate konteinerite põhitüüpide tehniline karakteristik (koostatud УСП — 101-51 — lk. 199 andmeil)

Konteineri tüüp	Konteineri konstruktsiooni lühike iseloomustus	Maht m <sup>3</sup>	$M_p$	Arvutusel silmaspeetud soojaisolatsiooni iseloom
A	Ristkülikukujulise põiklõikega kummutatav konteiner	0,3	11,0	Välispindade osaline soojaisolatsioon (vilt, papp, vineer jne); autotranspordil presentkatttega katmine; arvestatav $K=11$ kcal/m <sup>2</sup> h°C
B	Ristkülikukujulise põiklõikega konteiner tasapinnalise põhjasulguriga	1,6	6,0	
B	Koonilise kujuga konteiner sektorsulguriga, täiendava silindrilise väliskestaga	1,6	4,0	

Näide: Määrame soojakaod betooni transpordil järgmiste tingimuste puhul.

Betoon veetakse «A» tüüpi konteinerites tehast betoneerimise kohale 10 minutiga ja laaditakse seal maha kraana abil, konteineri teisaldamine kraanaga kestab 3 min.; betooni arvutuslik temperatuur pealelaadimise ajal tehases  $t_{bt}=20^\circ$ ; välisõhu temperatuur  $t_{võ}=-15^\circ$ .

<sup>1</sup> «Указания по возведению железобетонных конструкций промышленных зданий и сооружений индустриальными методами».

$A_z$  ja  $B_z$  väärtused konteinerite põhitüüpide jaoks

Konteineri tüüp*	Betooni konteineris viibimise aeg minutites											
	1	2	3	4	5	10	20	30	40	50	60	
A	$A_z$	0,997	0,995	0,991	0,987	0,585	0,970	0,941	0,913	0,885	0,843	0,833
	$B_z$	0,002	0,003	0,005	0,007	0,008	0,015	0,029	0,043	0,057	0,070	0,083
B	$A_z$	0,998	0,997	0,995	0,993	0,992	0,983	0,967	0,951	0,935	0,920	0,905
	$B_z$	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,009	0,016	0,026	0,035	0,043	0,048
B	$A_z$	0,999	0,998	0,997	0,996	0,995	0,989	0,978	0,967	0,956	0,946	0,936
	$B_z$	0,001	0,001	0,001	0,002	0,003	0,006	0,011	0,017	0,022	0,027	0,033

\* Vt. tabel 39.

Määrame kõigepealt betoonisegu temperatuuri transportimise lõpul:

$$A_z = 0,970; B_z = 0,015; t_b = t_{bt} A_z + t_{v\bar{o}} B_z = 20 \cdot 0,97 - 15 \cdot 0,015 = 19,2^\circ;$$

seejärel määrame betoonisegu temperatuuri konteineri tühjendamise momendil:

$$A_z = 0,991; B_z = 0,005;$$

$$t_b = t_{bt} A_z + t_{v\bar{o}} B_z = 19,2 \cdot 0,991 - 15 \cdot 0,005 = 19,0^\circ;$$

järelikult on kogu temperatuuri lang segu transportimise kestel konteineris:

$$\Delta t = t_{bt} - t_b = 20 - 19 = 1^\circ.$$

Betooni algtemperatuuri  $t_{ba}$  määramist teiste transpordiviiside puhul võib teostada ВНИОМС'i ligikaudse valemi abil:

$$t_{ba} = t_o - \Delta_k (\theta_1 + \theta_2 + \dots + \theta_n), \quad (32)$$

kus  $t_{ba}$  — kivineva betooni algtemperatuur;

$t_o$  — betoonitehase poolt väljaantava betoonisegu temperatuur;

$$\Delta_n = t_{ba} - t_{v\bar{o}};$$

$t_{v\bar{o}}$  — välisõhu arvutustemperatuur;

$\theta_1, \theta_2 \dots \theta_n$  — üksikul transpordi- ja laadimisoperatsioonidel esinevad betoonisegu temperatuurilangud, mis vastavad segu ja välisõhu 1-kraadilisele temperatuuride vahele ( $\theta$  väärtused on toodud tabelis 42).

Olenevalt betooni hoidmise vältel esinevast betooni keskmisest temperatuurist  $t_{bk}$  võib tema algtemperatuuri  $t_{ba}$  arvutada valemist

$$t_{ba} = (171,7 + 30,3 M_p) \frac{t_{bk}}{167 - t_{bk}}$$

või määrata tabelist 41.

Andmed betoonisegu temperatuuri alanemisest temperatuuride vahe  $1^\circ$  puhul mitmesuguste transportimise viiside jaoks on esitatud tabelites 42 ja 43.

Tabel 41

Betooni algtemperatuur  $t_{ba}$  olenevalt betooni keskmisest temperatuurist  $t_{bk}$  ja betoneeritava konstruktsiooni pinnamoodulist

Betooni keskmine temperatuur $t_{bk}$ kraadides	$t_{ba}$ kraadides pinnamooduli $M_p$ väärtuse puhul							
	3	4	5	6	7	8	9	10
5	8	9	10	11	12	13	14	15
10	17	19	21	23	24,5	26,5	28,5	30,5
15	26	29	32	35	38	41	44	47

Märkus: Üle 30°-list betooni algtemperatuuri on praktiliselt raske saavutada.

Tabel 42

Betooni temperatuuri alanemine  $\Theta_n$  (vastab temperatuuride vahele 1°) mitmesuguste horisontaaltranspordiviiside puhul

Transportimise viis	Soojustusviis		$\Theta_n$ väärtused olenevalt transportimise kestusest minutites				
			1	5	10	20	30
	seintel	pealt					
Käru, puidust	0	0	0,015	0,075	0,15	0,30	0,45
	0	1	0,013	0,065	0,13	0,26	0,39
Metallkäru	0	0	0,038	0,190	0,38	0,76	1,14
	0	1	0,036	0,180	0,36	0,72	1,08
	1	0	0,011	0,055	0,11	0,22	0,33
	1	1	0,009	0,045	0,09	0,18	0,27
	2	0	0,016	0,080	0,16	0,32	0,48
Sterlingkäru	2	1	0,014	0,070	0,14	0,28	0,42
	0	0	0,023	0,115	0,23	0,46	0,69
	0	1	0,022	0,110	0,22	0,44	0,66
	1	0	0,009	0,045	0,09	0,18	0,27
	1	1	0,007	0,035	0,07	0,14	0,21
Vagonett	2	0	0,012	0,060	0,12	0,24	0,36
	2	1	0,010	0,050	0,10	0,20	0,30
	0	0	0,025	0,125	0,25	0,50	0,75
	0	1	0,022	0,110	0,22	0,44	0,66
	2	0	0,013	0,065	0,13	0,26	0,39
	2	1	0,012	0,060	0,12	0,24	0,36

\* Tabelis on kasutatud järgmisi soojustusviiside tähistusi — seintel: 0 — soojustamata seinad; 1 — vildiga soojustatud seinad, vildi ümber ömmeldud kotiriie. 2 — soojustatud sisemise laudvoodriga; pealt: 0 — kaant ei kasutata; 1 — kasutatakse kerget kaant (vineerist).

$\Theta_n$  väärtused transpordikestuste  $Z$  (minutites) jaoks, mis ei ole antud tabelis 42, võrduvad  $\Theta_n = Z\Theta_1$ , kus  $\Theta_1$  on temperatuuri alanemine, mis vastab väärtusele  $Z=1$  (leiame tabelist). Andmed betooni temperatuuri alanemisest tema paigaldamise ja tihendamise ajal tuuakse tabelis 44.

Tabel 43

Betooni temperatuuri alanemine  $\Theta_n$  (vastab temperatuuride vahele  $1^\circ$ ) betooni transportimise puhul šahttõstukis

Tõstekõrgus $H$ meetrites	10	15	20	25	30	40	50
$\Theta_n$ väärtused	0,012	0,017	0,022	0,027	0,034	0,044	0,055

Märkus: Eeldatakse, et tõstuki šaht on soojustatud tõrvapapiga kaetud tiheda laudvoodri abil; kopp ei ole soojustatud.

Tabel 44

Betooni temperatuuri alanemine  $\Theta_n$  (vastab temperatuuride vahele  $1^\circ$ ) betooni paigaldamise ja tihendamise vältel

Konstruktsioonide tüüp ja mõõtmed	$\Theta_n$ väärtused operatsioonide kestuse puhul (min.)			
	1	5	10	15
Plaadid ja seinad paksusega (sm):				
6	0,030	0,150	0,30	0,45
8	0,022	0,110	0,22	0,33
10	0,018	0,090	0,18	0,27
12	0,015	0,075	0,15	0,23
15	0,012	0,060	0,12	0,18
20	0,009	0,045	0,09	0,14
25	0,008	0,040	0,08	0,12
30	0,007	0,035	0,07	0,11
40	0,005	0,025	0,05	0,08
50	0,004	0,020	0,04	0,06
Talad kõrgusega (sm):				
25	0,008	0,040	0,08	0,12
30	0,007	0,035	0,07	0,11
40	0,005	0,025	0,05	0,08
50	0,003	0,015	0,03	0,05
60	0,003	0,015	0,03	0,05
70	0,003	0,015	0,03	0,05

Märkused: 1) Temperatuuri alanemist postide betoneerimisel võib praktiliselt mitte arvestada.

2) Temperatuuri alanemise arvutamisel astmeliste post-vundamentide betoneerimisel võib neid vaadelda kui plaate, mille paksus võrdub astme kõrgusega.

Betooni keskmine temperatuuri alanemine mitmesuguste peale- ja maha-laadimisoperatsioonide juures võetakse  $\Theta=0,032$ .

**Näide:** Määrata betoonisegistist väljuva betooni temperatuur järgmistel tingimustel:

$$t_{ba} = 20^\circ; \quad t_{v\bar{o}} = -20^\circ; \quad \Delta_n = t_{ba} - t_{v\bar{o}} = 40^\circ.$$

Tööoperatsioonide kestus betooni laadimisel soojustatud taarasse tehases ja horisontaaltranspordil on  $Z_1 = 5$  min.; betoonisegu ümberlaadimine šahttõstuki koppa, tõstmine 15 m kõrgusele, kopa tühjendamine vastuvõtupunktsse, laadimine soojustatud metallkärudesse ja laialivedamine betoneerimiskohtadele kestab  $Z_2 = 3$  min.; betooni mahalaadimine kärust ja paigaldamine 70 sm kõrgusega tala raketisse kestab  $Z_3 = 5$  min.

Betoon on valmistatud portlandtsemendist margiga 500.

Sterlingid ja kärud on soojustatud voodriga ning kaetud kaantega.

Moodustades valemi (32) ümber ning asetades valemisse  $t_{ba}$ ,  $t_{v\bar{o}}$ ,  $\theta_1$ ,  $\theta_2$  ja  $\theta_3$  etteantud või tabelitest määratud suurused, saame:

$$t_o = 20 + 40(0,032 + 0,035 + 0,032 + 0,017 + 0,032 + 0,032 + 3 \cdot 0,009 + 0,032 + 0,015) = 20 + 40 \cdot 0,254 \approx 30^\circ.$$

Kuna tabeli 37 kohaselt on lubatav maksimaalne  $t_o$  väärtus portlandtsemendi mark 500 puhul ( $35^\circ$ ) suurem kui arvutusega saadud tulemus, siis ei vaja etteantud  $t_{ba}$  väärtus ning betooni transportimise ja paigaldamise tingimused korrigeerimist.

**Näide.** Määrata betooni kivinemise algtemperatuur  $t_{ba}$  kui  $t_o = 35^\circ$ ; kõik muud tingimused on samad mis eelmises näites.

Anname valemile (32) järgmise kuju:

$$t_{ba} = \frac{t_o + t_{v\bar{o}}(\theta_1 + \theta_2 + \dots)}{1 + \theta_1 + \theta_2 + \dots};$$

asetades sisse  $t_o$  ja  $t_{v\bar{o}}$  väärtused, saame:

$$t_{ba} = \frac{35 - 20 \cdot 0,254}{1,254} \approx 24^\circ.$$

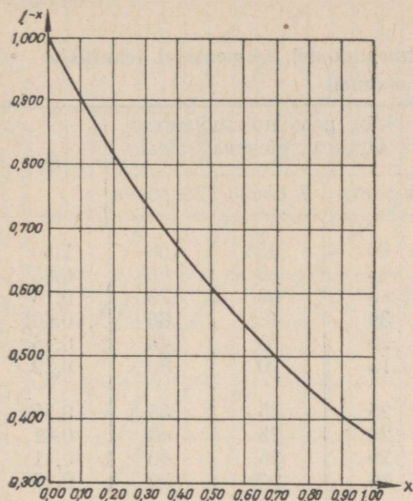
## 5. Välisõhu arvutustemperatuuri määramine

Betooni termoshoidmisel määratakse välisõhu arvutustemperatuur  $t_{v\bar{o}}$  tabeli andmeil. Arvutuslikuks võetakse välisõhu kõige madalam temperatuur, mida oodatakse betooni hoidmise perioodil.

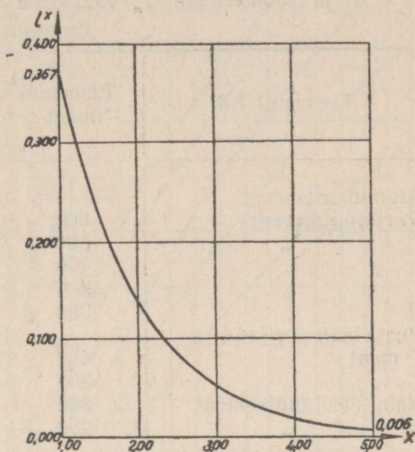
**Näide.** Määrata välisõhu arvutustemperatuur betooni termoshoidmiseks punktis  $N$  ajavahemikul 1. kuni 15. detsembrini.

Välisõhu temperatuur antud punktis muutub 1. ja 15. detsembri vahel  $-21^\circ$  kuni  $-25^\circ$  piirides.

Võtame välisõhu arvutustemperatuuri väärtuseks  $t_{v\bar{o}} = -25^\circ$ .



Joon. 47. Graafik suuruse  $y = e^{-x}$  määramiseks väärtuste puhul  $x = 0 \div 1,00$ .



Joon. 48. Graafik suuruse  $y = e^{-x}$  määramiseks väärtuste puhul  $x = 1,00 \div 5,00$ .

## 6. Tsemendi eksotermia arvestamine betooni kivinemisel

Tsemendi ja vee vaheline keemiline reaktsioon kulgeb soojuse eraldumisega.

Soojuse hulk, mis eraldub betooni hoidmise tähtaja kestel, sõltub tsemendi liigist, tema margist, tsemendi hulgest betoonis, aga ka betoonisegu algtemperatuurist.

Tehnilistesse tingimustesse võetud ligikaudsed andmed mitmesuguste tsementide soojaerituse  $Q_e$  kohta on toodud tabelis 45. Need andmed vastavad betooni kivinemise temperatuurile  $15^\circ$ . Kui betooni kivinemise keskmine temperatuur on  $7 \div 10^\circ$ , siis  $Q_e$  väärtuseks võetakse  $60 \div 70\%$  vastavatest tabeliväärtustest.

Tähtaegade jaoks, mis pole tabelis 45 näidatud, võib  $Q_e$  väärtusi määrata kas graafiku või ВНИОМС-i valemite abil:

aluminaat-tsementide puhul

$$Q_e = 35,7 A_t (1 - y); \quad (33)$$

teiste tsementide puhul

$$Q_e = 100 A_t (1 - y), \quad (34)$$

kus  $A_t$  — tsemendi eksotermiline parameeter;  $A_t$  väärtused on toodud tabelis 45;  $y$  — tegur, mille suurus on oleneb hoidmise kestusest ja tsemendi liigist. Tegur  $y$  leitakse graafikust (joon. 47 ja 48), määrates eelnevalt  $x$  väärtuse:  $x = 0,028 Z$  (aluminaat-tsemendil) või  $x = 0,01 Z$  (teistel tsementidel), kus  $Z$  on betooni hoidmise kestus tundides.

$A_t$  ja soojaerituse  $Q_e$  väärtused mitmesugustel tsementidel tehniliste tingimuste andmeil

Tsemendi liik	Tsemendi mark	1 kg tsemendi soojaeritus $Q_e$ kcal, olenevalt ajast			$A_t$
		3 päeva	7 päeva	28 päeva	
Aluminaattsement	500—600	90	95	100	2,80
Portlandtsement	600	45	60	85	0,85
„	500	40	50	75	0,76
„	400	30	40	60	0,60
„	300	25	30	45	0,45
„	200	15	20	30	0,29
Puzzolaan-portlandtsement	400	25	35	55	0,55
„	300	20	25	40	0,41
Räbu-portlandtsement	300	20	25	40	0,41
„	200	15	20	30	0,29

### 7. Betooni tugevuse olenevus kivinemise kestusest ja temperatuurist

Betooni tugevust mistahes momendil iseloomustatakse tavaliselt protsendina projektugevusest (suhteline tugevus). Suhteline tugevus  $\eta$  kujutab endast aja  $Z$  vältel keskmise temperatuuri  $t$  juures hoitud betooni tegeliku tugevuse  $R_z$  suhet samasuguse betooni tugevusse  $R_{28}$ , mis saadakse betooni 28 päevasel hoidmisel standardsetes niiskuse- ja temperatuuritingimustes, s. o. temperatuuri juures  $15^\circ$ .

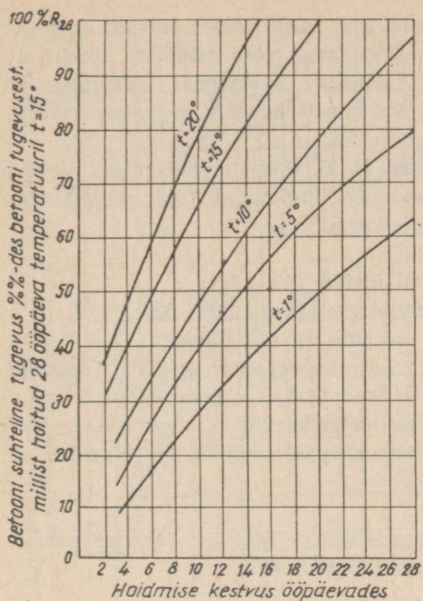
$$\eta = \frac{R_z}{R_{28}}$$

Betooni tugevust kontrollitakse kontrollkuubikute katsetamisega ja teostatud tööde kohapealse uurimisega. Ligikaudseks määramiseks võib kasutada andmeid, mis iseloomustavad betooni tugevuse olenevust kivinemise kestusest ja keskmisest temperatuurist. Keskmise margiga, tardumist kiirendavate lisanditeta betoonide jaoks on need andmed kujutatud graafikutel 44, 45 ja 46.

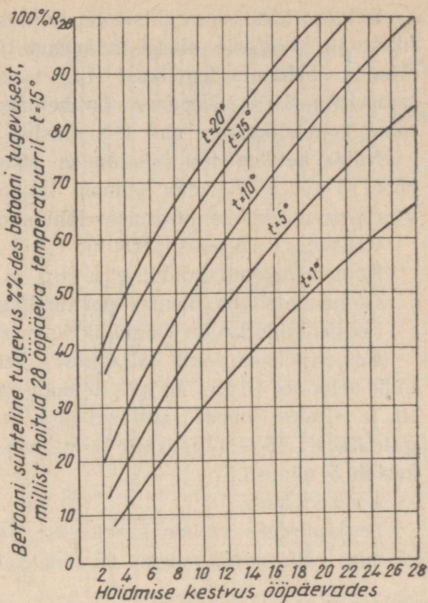
Klooralkaltsiumi lisandiga betoonide jaoks on samasugused andmed esitatud graafikutena joonistel 49, 50, 51, 52, 53, 54.

Prof. B. G. Skramtajevi võrrandi kasutamise kõige lihtsam ja mugavam viis on järgmine. Kasutades abiteileid, graafikuid ja valemeid, määratakse ülalkirjeldatud viisil betooni soojapiirde soojajuhtivus  $K$ , betoneeritava konstruktsiooni pinnamoodul  $M_p$ , betooni keskmine kivinemistemperatuur  $t_{b,k}$ , betooni kivinemise algtemperatuur  $t_{ba}$  ja välisõhu arvutustemperatuur  $t_{\sigma}$ . Laboratoorsete andmete alusel määratakse tsemendi hulk betoonis  $T$  ja kasutatava tsemendi soojaeritus  $Q_e$ . Betooni mahuliseks soojaerimahtuvuseks võetakse tavaliselt  $600 \text{ kcal/m}^3\text{C}$ .

Seejärel määratakse valemi (23) abil betooni jahtumise, kestus tundides. Saadud tulemuste järgi määratakse graafikute abil (joon. 44, 45, 46) betooni



Joon. 49. Portlandsemendil 1% kloorkaltsiumi lisandiga valmistatud betooni suhtelise tugevuse graafik olenevalt isotermilise hoidmise kestusest ja temperatuurist.



Joon. 50. Portlandsemendil 2% kloorkaltsiumi lisandiga valmistatud betooni suhtelise tugevuse graafik olenevalt isotermilise hoidmise kestusest ja temperatuurist.

suhteline tugevus, olenevalt jahtumise ajast ja keskmisest temperatuurist jahtumise perioodil. Kui saadud tulemused vastavad betooni etteantud tugevusele ja kui betoneeritava konstruktsiooni termoshoidmise tähtaeg rahuldab tööde kalendergraafiku nõudeid, siis loetakse betooni termoshoidmise tingimuste valik rahuldavaks. Konstruktsiooni betoneerimine viiakse läbi arvutuseelduste rangel jälgimisel, kontrollides hoolikalt betooni temperatuuri ja tugevust.

Kui arvutuse tulemuste järgi konstruktsioon jahtub 0°-ni enne, kui betoon saavutab etteantud tugevuse, siis kontrollitakse veel kord betooni algtemperatuuri suurendamise võimalust ja tema jahtumise intensiivsuse vähendamise võimalusi konstruktsioonis. Olenevalt ehitusplatsi tingimustest otsitakse selle eesmärgil betoneeritavatele konstruktsioonidele paremad soojapiirded, nähakse ette abinõud, mis vähendavad betooni jahtumist transpordil ja paigaldamisel, valitakse kõrgemate eksotermiliste omadustega tsemendid, määratakse tehastest väljaantavale betoonisegule võimalikult kõrge temperatuur. Neil tingimustel kontrollitakse veel kord betooni termoshoidmise võimalust prof. B. G. Skramtajeви valemi järgi. Kui ka sel juhul ei saavutata rahuldavaid tulemusi, siis ühendatakse betooni termoshoidmine betooni elektersoojendusega või minnakse üle kivinevate betoonkonstruktsioonide soojendamisele auruga või sooja õhuga.

Betoneerides konstruksioone termosmenetlusel tuleb meeles pidada, et graafikute ja arvutuste alusel määratud betooni tugevus võib mõnikord tunduvalt erineda betooni tegelikust tugevusest (sõltuvalt kivinemise kestusest ja temperatuurist). Seepärast on betoneeritava konstruksiooni tugevuse määramine kontrollkatsete abil kohustuslik.

**Näide** betooni termoshoidmise arvutusest B. G. Skramtajeви järgi. Valida 85×170 sm põikloikega pülooni termoshoidmise tingimused 70% projekt-tugevuse saavutamiseks järgmiste lähteandmete korral.

Välisõhu arvutustemperatuur  $t_{\text{võ}} = -20^{\circ}$ .

Konstruksiooni hoidmise kestus ei tohi ületada 15 päeva.

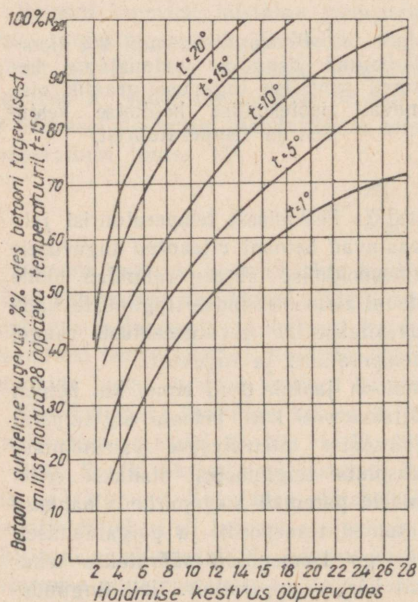
Ehitusplatsil on olemas portlandtsemendid markidega 300—500.

Soojustamiseks on võimalik kasutada saepuru ja tõrvapappi.

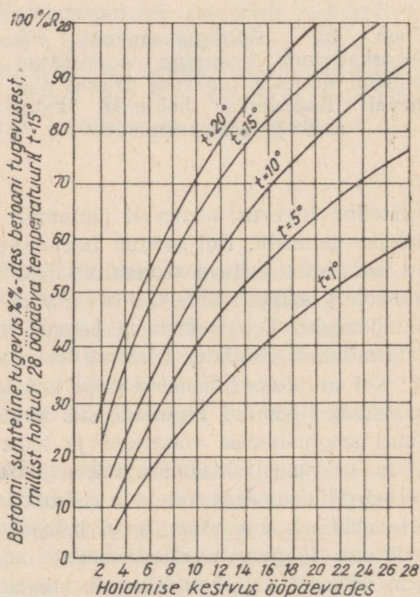
Betoonitehase poolt väljaantava betoonisegu temperatuur on 35°. Tsemendi hulk betoonis on 250 kg/m<sup>3</sup>. Betoonisegu transporditakse vagonettidega 5 minutit, laaditakse ümber šahttõstukisse, millega tõstetakse 10 m kõrgusele, ja paigaldatakse 15 sm paksuste kihtidena. Betooni paigaldamine ja tihendamine kestab 5 minutit.

**L a h e n d u s.**

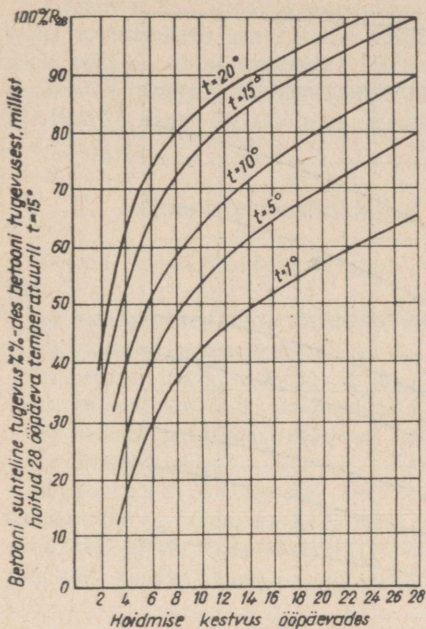
Soojapiirdeks valime kahekordse, saepurutäidisega raketise; raketise paksus 25 mm, välisvoodri paksus 20 mm, täidiskihi paksus 8 mm.



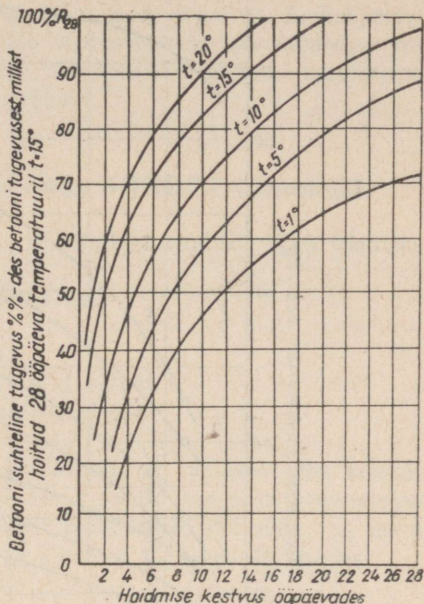
Joon. 51. Portlandtsemendil 3% klooralkaltsiumi lisandiga valmistatud betooni suhtelise tugevuse graafik olenevalt isofermilise hoidmise kestusest ja temperatuurist.



Joon. 52. Puzzolaan-portlandtsemendil 1% klooralkaltsiumi lisandiga valmistatud betooni suhtelise tugevuse graafik olenevalt isotermilise hoidmise kestusest ja temperatuurist.



Joon. 53. Puzzolaan-portlandtsemendil 2% klooralksiumi lisandiga valmistatud betooni suhtelise tugevuse graafik olenevalt isotermilise hoidmise kestusest ja temperatuurist.



Joon. 54. Puzzolaan-portlandtsemendil 3% klooralksiumi lisandiga valmistatud betooni suhtelise tugevuse graafik olenevalt isotermilise hoidmise kestusest ja temperatuurist.

Kasutades valemit (24) leiame.

$$K = \frac{1,30}{\frac{0,05 + 0,025 + 0,020}{0,15} + \frac{0,08}{0,08}} \approx 0,8 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}.$$

Määrame pinnamooduli:

$$M_p = \frac{2(0,85 + 1,70)}{0,85 \cdot 0,70} \approx 3,5.$$

Tabelite 42 ja 43 abil määrame 1°-lisele temperatuuride vahele vastava betoonisegu temperatuuri alanemise:

$$\Theta = 0,11 + 0,012 + 0,032 + 0,06 = 0,214.$$

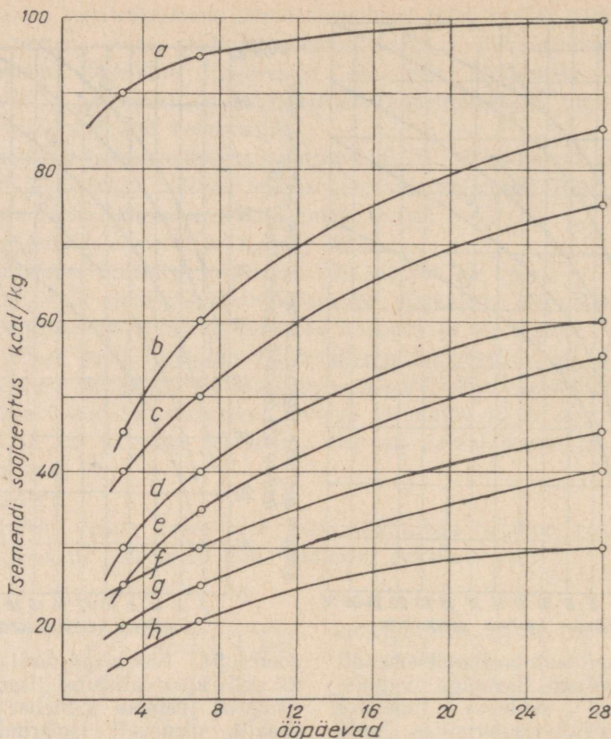
ВНИОМС-i valemi abil leiame betooni algtemperatuuri:

$$t_{ba} = 35 - (t_{ba} + 20)0,214 \approx 25^\circ.$$

Valemist (30) leiame betooni keskmise temperatuuri:

$$t_{bk} = \frac{25}{1,03 + 0,181 \cdot 3,5 + 0,006 \cdot 25} \approx 14^\circ.$$

Graafikust (joon. 55) leiame 1 kg portlandtsemendi mark 400 soojaerituse 12 päeva jooksul  $Q_e = 47 \text{ kcal/kg}$ .



Joon. 55. Mitmesuguste tsemendide eksotermiline soojaeritus olenevalt ajast (üldehitustööde teostamise ja vastuvõtmise tehniliste tingimuste andmeil).

Kõverate tähistus:

a — sulatatud allumiinat-tsement; b — kiirelt kivinev portlandtsement mark 600; c — portlandtsement mark 500; d — portlandtsement mark 400; e — portlandtsement mark 300; f — portlandtsement ja räbuportlandtsement mark 200; g — puzzolaan-portlandtsement mark 400; h — puzzolaan-portlandtsement ja räbu-portlandtsement mark 300.

Asetades saadud väärtused B. G. Skramtajevi võrrandisse

$$Z \cdot 0,8 \cdot 3,5(14+20) = 600 \cdot 25 + 250 \cdot 47,$$

saame  $Z=288$  tundi ehk 12 päeva.

Graafikust leiame, et betoon portlandtsemendil saavutab 12 päevaga 14°-lise keskmise temperatuuri puhul 72% tugevusest, mis rahuldab ülesandega püstitatud tingimusi.

Nagu esitatust nähtub, on võimalik valida väga palju betooni termoshoidmise tingimuste variante. See asjaolu lubab teostada tootmistingimusteks kõige otstarbekama variandi valikut.

Ühtlasi, nagu juba ülal märgiti, ei ole esitatud betoonkonstruktsioonide jahtumise arvutusviis kasutatav massiivsete konstruktsioonide arvutamiseks, mille pinnamoodul on vähem kui 3. Samuti ei ole ta kasutatav betooni puhul, mis sisaldab tardumist kiirendavaid lisandeid, mis alandavad betoonisegu külmumistemperatuuri.

Massiivsetesse konstruksioonidesse paigaldatava betooni jahtumise täpsemaks arvutamiseks soovitatakse kasutada tehn. tead. dokt. V. S. Lukjanovi poolt esitatud arvutusmeetodit\*. Betoonide termoshoidmise arvutamiseks, mis sisaldavad betooni külmumistemperatuuri alandavaid lisandeid, kasutatakse ВНИОМС-i poolt väljatöötatud arvutusmeetodit.

### C. Betooni termoshoidmise arvutus ВНИОМС-i meetodil

Betooni termoshoidmise arvutamiseks ВНИОМС-i meetodil tuleb kindlaks teha:

- betoneeritava konstruksiooni pinnamoodul;
- välisõhu arvutustemperatuur  $t_{v\delta}$ ;
- betooni hoidmise kestus  $Z$  tundides;
- betooni keskmine temperatuur  $t_{bk}$  aja  $Z$  vältel;
- betooni piirdekonstruksiooni soojajuhtivus  $K$ ;
- tsemendi liik.

Arvutuse esimene variant. Täiendavalt antakse ette betooni temperatuur  $t_{bl}$  hoidmisperioodi lõpul (pärast  $Z$  tundi); seejuures soovitatakse võtta betoonidele, mis ei sisalda kivinemist kiirendavaid lisandeid,  $t_{bl}$  mitte alla  $+5^\circ$ , klooralksiumi lisandi puhul aga võetakse  $t_{bl}$  tabeli 46 andmeil.

Tabel 46

#### Klooralksiumi lisandit sisaldava betooni arvutusliku lõpptemperatuuri piirväärtused.

Klooralksiumi sisaldus %-des tsemendi kaalust	1	2	3
Betooni arvutusliku lõpptemperatuuri $t_{bl}$ piirväärtused kraadides	-2	-3	-5

Pärast seda kui on määratud suurused  $t_{bl}$ ,  $R$ ,  $Z$ ,  $M_p$ ,  $t_{bk}$ ,  $t_{v\delta}$  ja tsemendi liik, määratakse arvutusega betooni algtemperatuur, tsemendi mark ning tema sisaldus betoonis  $T$ .

Arvutuskord. a) Määratakse järgmised suurused:

$$D_o = Z(t_{bk} - t_{v\delta});$$

$$\Delta l = (t_{bl} - t_{v\delta});$$

$$A_1 = \frac{KM_p}{600};$$

$$x_1 = A_1 Z;$$

$x_2 = 0,028Z$  — aluminaat-tsemendi kasutamisel;

$x_2 = 0,01 Z$  — teiste tsementide kasutamisel.

b) Graafiku abil (joon. 47 ja 48) määratakse vastavalt  $x_1$  ja  $x_2$  väärtustele  $y_1$  ja  $y_2$  väärtused.

\* Vt. «Расчеты температурного режима бетонных и каменных конструкций при зимнем производстве работ», Трансжелдориздат, 1934.

Seejärel leitakse suurused:

$$y_0 = \frac{1 - y_1}{A_1};$$

$P_0 = 35,7 (1 - y_2)$  — aluminaat-tsemendi kasutamisel;

$P_0 = 100 (1 - y_2)$  — teiste tsementide kasutamisel.

$$A_2 = \frac{D_0 y_1 - y_0 A_1}{P_0 y_1 + y_0 y_2};$$

$Q_e = 600 A_2 (A_1 - 0,028)$  — aluminaat-tsemendi kasutamisel

$Q_e = 600 A_2 (A_1 - 0,01)$  — teiste tsementide kasutamisel.

c) Määratakse tsemendi sisaldus betoonis, valides eelnevalt tema margi (vastavalt kohalikele tingimustele):

$$T = \frac{Q_e}{A_t} \cdot \text{kg/m}^3.$$

$A_t$  suurus võetakse tabelist 45 vastavalt tsemendi liigile ja margile.

d) Määratakse betooni algtemperatuur:

$$t_{va} = \frac{A_1 - A_2(y_2 - y_1)}{y_1} + t_{v\bar{o}}.$$

Leitud  $T$  ja  $t$  väärtuste sobivust hinnatakse nende vastavuse seisukohalt tehnoloogilistele, tootmistehnilistele ja majanduslikele nõuetele.

Arvutuse teine variant. Täiendavalt kindlaksmääratud  $M_p$ ,  $K$ ,  $Z$ ,  $t_{v\bar{o}}$ ,  $t_{b\bar{k}}$  väärtustele ning tsemendi liigile ja margile antakse ette betooni algtemperatuur  $t_{va}$ , võttes seejuures arvesse kohalikke tingimusi. Seejärel määratakse etteantud margiga tsemendi sisaldus betoonis  $T$  ja betooni temperatuur hoidmisperioodi lõpul  $t_{bl}$ .

Arvutuskord. a) Analoogiliselt esimesele arvutusvariandile määratakse suurused

$$D_0, A_1, x_1, x_2, y_1, y_2, P_0.$$

Peale selle määratakse veel

$$\Delta_a = t_{va} - t_{v\bar{o}}$$

$$A_2'' = \frac{D_0 - y_0 \Delta_a}{P_0 - y_0}$$

$$A_0 = t_{va} - t_{v\bar{o}} - A_2''.$$

b) Vastavalt tsemendi liigile ja margile määratakse tema sisaldus betoonis

$$T = \frac{e}{A_t} \text{ kg/m}^3$$

ning betooni lõpptemperatuuri väärtus

$$t_{bl} = A_0 y_1 + A_2 y_2 + t_{v\bar{o}}.$$

Arvutuse kolmas variant. Täiendavalt kindlaksmääratud  $M_p$ ,  $K$ ,  $Z$ ,  $t_{v\bar{o}}$ ,  $t_{b\bar{k}}$  väärtustele ja tsemendi liigile antakse ette tsemendi mark ja tema sisaldus betoonis  $T$ . Seejärel määratakse vastavad betooni alg- ja lõpptemperatuuride väärtused.

Arvutuskord. a) Analoogiliselt esimesele arvutusvariandile määratakse  $D_0, A_1, x_1, x_2, y_1, y_2, y_0$  ja  $P_0$  väärtused ning arvutatakse  $A_2$  valemist:

$$A_2 = \frac{A_t T}{600(A_1 - 0,028)} - \text{aluminaat-tsementide kasutamisel};$$

$$A_2 = \frac{A_t T}{600(A_1 - 0,01)} - \text{teiste tsementide kasutamisel.}$$

b) Määratakse betooni algtemperatuur

$$t_{ba} = \frac{D_0 - A_2(P_0 - y_0)}{y_0} + t_{v\bar{o}}$$

ning suurus

$$A_0 = t_{ba} - t_{v\bar{o}} - A_2.$$

c) Määratakse betooni lõpptemperatuur

$$t_{bt} = A_0 y_1 + A_2 y_2 + t_{v\bar{o}}.$$

Pärast seda kui on selgitatud ühe või teise arvutusvariandiga saadud tulemuste vastuvõetavus (nende vastavuse seisukohalt tehnoloogilistele, tootmistehnilistele ja majanduslikele nõuetele), koostatakse valemi järgi

$$t_z = A_0 y_1 + A_2 y_2 + t_{v\bar{o}} \quad (35)$$

graafik betooni temperatuuri muutumise kohta hoidmisperioodil temperatuurist  $t_{bz}$  kuni temperatuurini  $t_{bt}$ .

**Näide.** Määrata aurahaamri raudbetoonvundamendi termoshoidmise tingimused järgmiste algandmete puhul:

betooni suhteline tugevus hoidmisperioodi lõpul

$$\eta_t = 70\% R_{28};$$

välisõhu arvutustemperatuur  $t_{v\bar{o}} = -15^\circ$ ;

hoidmise kestus  $Z$  — mitte üle 10 päeva:

on võimalik kasutada portlandtsemente margiga 300–500:

soojustusmaterjalideks — saepuru ja tõrvapapp.

Võrdlemisi suure mahu kõrval omab betoneeritav konstruktsioon keeruka väliskuju. Sellisel juhul tuleb jahtumise arvutus teostada kõige väiksema massiivsusega konstruktsiooniosa kohta, mis antud juhul omab põiklõike  $40 \times 60$  sm ja mille mõõtmed plaanis on  $2,05 \times 3,65$  m; konstruktsiooniosa välispinna suurus on

$$2(0,4 + 2 \cdot 0,6) + (2,05 + 3,65) = 18,24 \text{ m}^2,$$

tema maht on

$$0,4 \cdot 0,6 \cdot 2(2,05 + 3,65) \approx 2,74 \text{ m}^3.$$

Arvutuslik pinnamoodul

$$M_p = \frac{18,24}{2,74} \approx 6,65.$$

Külgpindade soojakaitseks valime karbi tüüpi piirde: raketis 25 mm, välisvooder 20 mm, saepurukiht 15 sm. Tabeli 36 järgi määrame soojapidavuse  $K$ :

$$K = 0,6 \text{ kcal/h}^\circ\text{C}.$$

Valime hoidmise kestuse  $Z=8$  päeva= $192$  tundi ning, kasutades portlandtsementi ilma kiirendavate lisanditeta, määrame tehniliste tingimuste andmete järgi (graafik joon. 44);

$$\eta_l = 70\%; Z = 8 \text{ päeva}; t_{bk} \approx 18^\circ.$$

Võttes  $t_{b1} = +5^\circ$ , arvutame esimese arvutusvariandi kohaselt:

$$D_0 = Z(t_{bk} - t_{v0}) = 192(18 + 15) = 6336;$$

$$\Delta_l = t_{b1} - t_{v0} = 5 + 15 = 20;$$

$$A_1 = \frac{KM_p}{600} = \frac{0,6 \cdot 6,65}{600} \approx 0,07;$$

$$x_1 = AZ = 0,007 \cdot 192 = 1,34; y_1 = 0,262;$$

$$x_2 = 0,01 Z = 0,01 \cdot 192 = 1,92; y_2 = 0,147;$$

$$y_0 = \frac{1 - y_1}{A_1} = \frac{0,738}{0,007} \approx 105,4;$$

$$P_0 = 100(1 - y_2) = 85,3;$$

$$A_2 = \frac{D_0 y_1 - \Delta_l y_0}{P_0 y_1 - y_0 y_2} = \frac{6336 \cdot 0,262 - 20 \cdot 105,4}{85,3 \cdot 0,262 - 105,4 \cdot 0,147} = -65,5;$$

$$Q_e = 600 A_2 (A_1 - 0,01) = 600 \cdot 65,5 (0,010 - 0,007) = 117,9;$$

$$T = \frac{Q_e}{A_t};$$

portlandtsemendi mark 500 puhul

$$A_t = 0,76;$$

$$T = \frac{117,9}{0,76} = 156 \text{ kg/m}^3;$$

portlandtsemendi mark 400 puhul

$$A_t = 0,60;$$

$$T = \frac{117,9}{0,6} = 196 \text{ kg/m}^3;$$

portlandtsemendi mark 300 puhul

$$A_t = 0,45;$$

$$T = \frac{117,9}{0,45} = 263 \text{ kg/m}^3;$$

$$t_{ba} = \frac{\Delta_l - A_a(y_2 - y_1)}{y_1} + t_{v0} = \frac{20 + 65,5(0,147 - 0,262)}{0,262} + 15 = 32,5^\circ.$$

Kuna betooni algtemperatuur  $t_{ba}$  osutub liiga kõrgeks, siis tuleb lugeda teostatud valik ebaõnnestunuks. Ümberarvutuse teostame kolmanda variandi järgi; jättes  $t_{v0}$ ,  $K$ ,  $M_p$ ,  $Z$  ja  $t_{bk}$  väärtused muutmata, võtame portlandtsementi mark 500 sisalduse betoonis  $T=280 \text{ kg/m}^3$  ning määrame:

$$A_2 = \frac{A_t T}{600 (A_1 - 0,01)} = \frac{0,76 \cdot 280}{600 (0,007 - 0,010)} = -118,2;$$

$$t_{ba} = \frac{D_0 - A_2 (P_0 - y_0)}{y_0} + t_{v\bar{o}} = \frac{6336 + 118,2 (85,3 - 105,4)}{105,4} - 15 = -23^\circ;$$

$$A_0 = t_{ba} - t_{v\bar{o}} - A_2 = 23 + 15 + 118 = 156;$$

$$t_{bi} = A_0 y_1 + A_2 y_2 + t_{v\bar{o}} = 156 \cdot 0,262 - 118 \cdot 0,147 - 15 = 8^\circ.$$

Viimati valitud betooni hoidmise tingimusi võib lugeda vastuvõetavateks, kui ainult tsemendi sisaldus ei osutu betooni vajaliku lõpptugevuse saavutamiseks liiga kõrgeks.

**Näide.** Valida sama auruhaamri raudbetoonvundamendi termoshoidmise tingimused järgmiste algandmete puhul:

$$\eta_l = 70\% R_{28}; \quad t_{v\bar{o}} = -15^\circ; \quad t_{ba} = 20^\circ; \quad Z = 240 \text{ tundi};$$

$$K = 0,7; \quad M_p = 6,65.$$

Betoon valmistatakse portlandtsemendil, lisades kloorkaltsiumi 3% tsemendi kaalust.

L a h e n d u s. Graafiku abil (joon. 51) määrame portlandtsemendi jaoks 3% kloorkaltsiumi lisandi ja  $Z = 240$  tundi = 10 päeva puhul:

$$t_{bk} = 10^\circ;$$

$$D_0 = Z(t_{bk} - t_{v\bar{o}}) = 240(10 + 15) = 6000;$$

$$A_1 = \frac{KM_p}{600} = \frac{0,7 \cdot 6,65}{600} \approx 0,008;$$

$$x_1 = A_1 Z = 0,008 \cdot 240 = 1,92; \quad y_1 = 0,147;$$

$$y_0 = \frac{1 - y_1}{A_1} = \frac{0,853}{0,008} \approx 106,6;$$

$$x_2 = 0,01 Z = 0,01 \cdot 240 = 2,40; \quad y_2 = 0,091;$$

$$P_0 = 100(1 - y_2) = 100 \cdot 0,909 = 90,9;$$

$$\Delta_a = t_{ba} - t_{v\bar{o}} = 20 + 15 = 35^\circ;$$

$$A_2 = \frac{D_0 - y_0 \Delta_a}{P_0 - y_0} = \frac{6000 - 106,6 \cdot 35}{90,9 - 106,6} = -144,5;$$

$$A_0 = t_{ba} - t_{v\bar{o}} - A_2 = 20 + 15 + 144,5 = 179,5;$$

$$t_{bi} = A_0 y_1 + A_2 y_2 + t_{v\bar{o}} = 179,5 \cdot 0,147 - 144,5 \cdot 0,091 - 15 = -2;$$

$$T = \frac{600 A_2 (A_1 - 0,01)}{A_t} = \frac{600 \cdot 144,5 (0,01 - 0,008)}{A_t} \approx \frac{173}{A_t};$$

portlandtsemendi mark 500 puhul

$$A_t = 0,76;$$

$$T = \frac{173}{0,76} = 227 \text{ kg/m}^3;$$

portlandtsemendi mark 400 puhul

$$T = \frac{173}{0,60} = 289 \text{ kg/m}^3;$$

portlandtsemendi mark 300 puhul

$$T = \frac{173}{0,45} = 385 \text{ kg/m}^3.$$

Vaatleme tingimusi, mis saadi betooni hoidmiseks kloorkaltsiumi lisandiga ja ilma.

	Ilma kloorkaltsiumita	Lisatud kloorkaltsiumi 3% tsemendi kaalust
Pinnamoodul $M_p$ . . . . .	6,65	6,65
Välisõhu temperatuur $t_{v\bar{o}}$ kraadides .	-15	-15
Betooni algtemperatuur $t_{ba}$ kraadides .	23	20
Betooni lõpptemperatuur $t_{b'}$ kraadides	+3	-2
Betooni hoidmise kestus $Z$ päevades	8	10
Betooni soojapiirde soojajuhtivus $K$ .	0,6	0,7
Tsemendi sisaldus 1 m <sup>3</sup> betoonis $T$ .	280 kg	229 kg
Betooni lõpptugevus %-des $R_{28}$ -st .	70	70

Toodud võrdlus näitab, et 3% kloorkaltsiumi lisandiga saavutatakse betooni algtemperatuuri vähenemine 13%, tsemendi kulu vähenemine 18% ja betooni soojakaitse kergenumine 17% ulatuses.

Pärast tingimuste lõplikku valikut koostatakse betooni hoidmise temperatuurigraafik, mille järgi kontrollitakse betooni tegelikku temperatuuri mistahes momendil pärast hoidmise algust:

$$t_z = A_1 y_1 + A_2 (y_2 - y_1) + t_{v\bar{o}} = t_1 + t_2 + t_{v\bar{o}}. \quad (36)$$

Näitena arvutame temperatuurigraafiku järgmiste algandmete puhul:

$$M_p = 6,65; K = 0,8;$$

$$t_{v\bar{o}} = -15^\circ; t_{ba} = +20; A_a = t_{ba} - t_{v\bar{o}} = 35^\circ;$$

$$A_1 = \frac{KM_p}{C_0} = \frac{8 \cdot 6,65}{600} = 0,09;$$

$$A_2 = \frac{A_a T}{C_0 (A_1 - b)} = 346; y_1 = e^{-x_1} \text{ (kus } x_1 = A_1 Z);$$

$$y_2 = e^{-x_2} \text{ (kus } x_2 = 0,01 Z);$$

$$t_z = 35y_1 - 346(y_2 - y_1) - 15 = 35y_1 + 346(y_1 - y_2) - 15 =$$

$$t_1 + t_2 - 15; t_1 = 35y_1; t_2 = 346(y_1 - y_2).$$

Koondame arvutuse tabelisse:

Z	$A_1Z = x_1$	$0,01Z = x_2$	$y_1$	$y_2$	$t_1$	$t_2$	$t_z$
0	0	0	1,000	1,000	35,0	0	+ 20,0
10	0,09	1,10	0,914	0,905	32,0	3,1	+20,1
50	0,45	0,50	0,634	0,607	22,2	9,3	+16,5
100	0,90	1,00	0,407	0,368	14,2	13,5	+12,7
150	1,35	1,50	0,259	0,223	9,1	12,4	+ 9,4
200	1,80	2,00	0,165	0,135	5,8	10,4	+ 1,2
240	2,16	2,40	0,115	0,091	4,0	8,6	- 2,4
300	2,70	3,00	0,067	0,050	2,3	5,9	- 6,8

Betooni termoshoidmise kõige ratsionaalsemate tingimuste otsimine nõuab küllalt pikki arvutusi koos algandmete (betooni algtemperatuur, hoidmise kestus, tsemendi sisaldavus jne.) varieerimisega. Nende tingimuste valimise kiirendamiseks ja kergendamiseks võib kasutada allpool esitatud tabelleid 47 kuni 58, mis on koostatud portlandtsemendil valmistatud betoonide jaoks niihästi klooralkaltsiumi lisandiga kui ka ilma lisandita. Tabelid sisaldavad kõikide arvutusega haaratavate faktorite valiku tulemusi kõige sagedamini esinevate algandmete (pinnamoodul, välisõhu arvutustemperatuur ja betooni suhteline lõpptugevus) puhul.

Tabel 47

Tabel betooni termoshoidmise tingimuste valimiseks ilma klooralkaltsiumi lisandita

$K_0 = KM_p$	$t_{v\bar{o}}$	$t_{ba}$	$t_{bl}$	Z päevades	Tsemendi mark	Tsemendi sisaldus kg/m <sup>3</sup>	$\eta_l$ %-des $R_{28}$ -st
	kraadides						
4,5	-10	10	6	4	300	200	30
		15	5	6	300	231	50
		25	3	10	400	244	70
	-15	10	5	5	400	231	34
		300	309	34			
		20	5	6	400	267	53
		25	3	9,5	600	232	53
		500	260	70			
	-20	12	5	4,5	400	253	32
		17	5	6	600	258	53
		500	260	53			
		25	3	9	600	282	69
		500	315	69			
	-25	15	5	4	400	254	33
		17	3	6	600	257	51
		500	288	51			
		25	3	8	600	317	70

Tabel betooni termoshoidmise tingimuste valimiseks ilma CaCl<sub>2</sub> lisandita

$K_0 = KM_p$	$t_{v\delta}$	$t_{ba}$	$t_{bl}$	Z päevades	Tsemendi mark	Tsemendi sisaldus kg/m <sup>3</sup>	$\eta_l$ %-des R <sub>28</sub> -st
	kraadides						
5,5	-10	15	3	3,5	300	222	29
		20	3	7	400	203	51
					300	271	51
		25	3	11	600	277	70
					500	310	70
	-15	15	5	4	400	151	33
					300	287	33
		15	7	6	600	262	48
					500	293	48
		25	3	8	600	274	68
				500	306	68	
	-20	20	3	4	400	184	31
					300	244	31
		20	5	6	600	269	50
					500	301	50
		25	1	7,5	600	280	60
				500	310	60	
	-25	25	3	5	500	223	31
					400	233	31
		25	2	6	600	285	50
			500	319	50		

Tabelitega antakse järgmiste andmete kombinatsioonid, mille juures betoon saavutab tabelis toodud suhtelise tugevuse  $\eta_l$ :

suurus  $K_0 = KM_p$ ;

betooni algtemperatuur  $t_{ba}$ ;

välisõhu temperatuur  $t_{v\delta}$ ;

termoshoidmise kestus Z;

betooni temperatuur hoidmisperioodi lõpul  $t_{bl}$ ;

tsemendi sisaldus betoonis T;

portlandtsemendi mark.

Seoses asjaoluga, et kõrgete  $K_0$  väärtuste ja madalate  $t_{v\delta}$  väärtuste puhul termoshoidmine ei kindlusta betoonile suhtelist tugevust  $\eta_l$ , mis oleks küllalt lähedane 50% või 70% R<sub>28</sub>, on tabelites nende tingimuste korral toodud maksimaalne  $\eta_l$ , mida võib saavutada betooni äärmiselt kõrge tsemendi sisalduse ( $T=300-320$  kg/m<sup>3</sup>) ja algtemperatuuri ( $t_{ba}=25^\circ$ ) korral. Näiteks võib tabeli 47 alusel otsustada, et termosmenetluse (ilma klooralkaltsiumi lisandita) kasutamine ei kindlusta betoonile välisõhu temperatuuri  $t_{v\delta}=-20^\circ$  ja  $K_0=5,5$  puhul tugevust üle 60% R<sub>28</sub>.

Tabel betooni termoshoidmise tingimuste valimiseks ilma CaCl<sub>2</sub> lisandita

$K_0 = KM_p$	$t_{v\bar{o}}$	$t_{ba}$	$t_{bl}$	Z päevades	Tsemendi mark	Tsemendi sisaldus kg/m <sup>3</sup>	$\eta_1$ %-des $R_{25}$ -st
	kraadides						
6,5	-10	12	5	4	300	265	29
		25	3	6	300	238	50
		25	2	9	600	269	68
					500	304	68
	-15	17	5	4	400	239	33
		20	4	6	600	261	50
		25	3	7	500	292	50
		21	3	4	600	294	61
			5	4	500	229	34
				400	290	34	
	-20	25	2	6	600	268	50
					500	300	50
	-25	23	3	4	500	241	33
		25	3	5	600	280	46

Tabel 50

Tabel betooni termoshoidmise tingimuste valimiseks ilma CaCl<sub>2</sub> lisandita

$K_0 = KM_p$	$t_{v\bar{o}}$	$t_{ba}$	$t_{bl}$	Z päevades	Tsemendi mark	Tsemendi sisaldus kg/m <sup>3</sup>	$\eta_1$ %-des $R_{25}$ -st
	kraadides						
7,5	-10	15	5	4	400	230	31
		20	5	6	600	246	50
					500	275	50
					400	348	50
			25	2	8,5	600	314
	-15	18	5	4	500	243	32
		20	5	5	400	307	32
		25	5	5	600	275	49
			25	1	7,5	500	308
					600	347	60
	-20	20	4	4	600	257	34
					500	289	34
		25	3	5	600	289	48
					500	324	48
	-25	22	5	3	600	239	28
					500	268	28
25		0	5	400	339	28	
				600	311	41	

Tabel betooni termoshoidmise tingimuste valimiseks ilma  $\text{CaCl}_2$  lisandita

$K_0 = KM_p$	$t_{v\bar{o}}$	$t_{ba}$	$t_{bl}$	Z päevades	Tsemendi mark	Tsemendi sisaldus kg/m <sup>3</sup>	$\eta_1$ %-des $R_{28}$ -st	
	kraadides							
8,5	-10	20	3	4	300	234	30	
		25	3	6	600	231	50	
						500	250	50
						400	328	50
		25	2	7,5	600	313	59	
	-15	18	7	3	600	236	29	
					500	266	29	
		25	5	5	400	333	29	
					600	320	50	
	-20	18	4	3	600	242	28	
					500	270	28	
					400	340	28	
		25	2	4,5	600	295	40	
					500	330	40	
	-25	22	3	3	600	260	27	
					500	290	27	
	25	3	3,5	600	296	35		

Tabel 52

Tabel betooni termoshoidmise tingimuste valimiseks ilma  $\text{CaCl}_2$  lisandita

$K_0 = KM_p$	$t_{v\bar{o}}$	$t_{ba}$	$t_{bl}$	Z päevades	Tsemendi mark	Tsemendi sisaldus kg/m <sup>3</sup>	$\eta_1$ %-des $R_{28}$ -st
	kraadides						
10,0	-10	15	3	3	600	236	27
					500	263	27
					400	334	27
					600	237	31
		25	3	6	500	321	31
	-15	22	3	3	600	222	23
					500	248	23
		25	0	6	400	301	23
					500	329	49
	-20	25	3	3	600	233	26
					500	264	26
					400	330	26
-25	25	2	3	600	303	27	

Tabel betooni termoshoidmise tingimuste valimiseks 3% CaCl<sub>2</sub> lisandi puhul

$K_0 = KM_p$	$t_{v\bar{o}}$	$t_{ba}$	$t_{bl}$	Z päevades	Tsemendi mark	Tsemendi sisaldus kg/m <sup>3</sup>	$\eta_l$ %-des $R_{28}$ -st
	kraadides						
4,5	-10	10	9	2	300	215	33
		14	0	6	300	233	52
		18	-2	12	400	203	70
					300	270	70
	-15	10	6	3	300	223	34
		10	1	6	300	243	47
		20	-2	10	400	245	68
					300	326	68
	-20	10	2	4	300	237	34
		10	-1	6	400	214	47
		23	-3	10	300	285	47
					600	236	72
					500	264	72
	400	334	72				
	-25	10	0	4	300	256	32
		15	-2	6	400	226	49
		24	-2	8,5	300	302	49
					600	251	70
					500	281	70

Tabel 54

Tabel betooni termoshoidmise tingimuste valimiseks 3% CaCl<sub>2</sub> lisandi puhul

$K_0 = KM_p$	$t_{v\bar{o}}$	$t_{ba}$	$t_{bl}$	Z päevades	Tsemendi mark	Tsemendi sisaldus kg/m <sup>3</sup>	$\eta_l$ %-des $R_{28}$ -st
	kraadides						
5,5	-10	10	8	2	300	220	31
		10	0	7	300	237	50
		15	0	10	500	240	70
					400	305	70
	-15	10	4	3	300	217	31
		10	-2	7	400	236	52
		18	-1	9	300	316	52
					600	234	68
					500	262	68
					400	328	68

Tabel 54 (järg)

$K_0 = KM_p$	$t_{v\bar{o}}$	$t_{ba}$	$t_{bl}$	Z päevades	Tsemendi mark	Tsemendi sisaldus kg/m <sup>3</sup>	$\eta_l$ %-des $R_{28}$ -st
	kraadides						
-20	10	15	0	4	300	252	32
			-3	7	500	229	53
			8	400	295	53	
	300	292		53			
	600	274		67			
	500	307	67				
-25	12	20	-3	4	300	222	30
			-3	6	500	210	52
	23	-2	7	400	266	52	
			300	354	52		
			600	279	67		
			500	312	67		

Tabel 55

Tabel betooni termosoidmise tingimuste valimiseks 3% CaCl<sub>2</sub> lisandi puhul

$K_0 = KM_p$	$t_{v\bar{o}}$	$t_{ba}$	$t_{bl}$	Z päevades	Tsemendi mark	Tsemendi sisaldus kg/m <sup>3</sup>	$\eta_l$ %-des $R_{28}$ -st	
	kraadides							
6,5	-10	10	6	3	300	249	32	
			3	6	400	268	50	
		17	-1	10	600	280	67	
			500	313	67			
	-15	10	12	5	3	400	233	30,5
				0	6	500	234	50
		25	-3	9,5	400	296	50	
				600	232	72		
	500	315	72					
	-20	10	15	5	3	500	243	30
				3	6	400	308	30
		25	-3	7,5	600	244	50	
600				273	50			
500	283	69						
316	316	69						
-25	12	20	4	3	600	233	30	
			0	5	500	260	30	
	25	-2	6,5	600	248	50		
			500	278	50			
600	322	64						

Tabel 56

Tabel betooni termoshoidmise tingimuste valimiseks 3% CaCl<sub>2</sub> lisandi puhul

$K_0 = KM_p$	$t_{v\bar{o}}$	$t_{ba}$	$t_{bl}$	Z päevades	Tsemendi mark	Tsemendi sisaldus kg/m <sup>3</sup>	$\eta_1$ %-des $R_{28}$ -st
	kraadides						
7,5	-10	10	4	3	300	244	30
					200	379	30
		10	-1	7	500	202	49
					400	256	49
					300	242	49
		20	-3	10	600	237	67
					500	265	67
	-15	10	2	3	400	215	30
					300	283	30
		16	-3	7	500	253	50
					400	322	50
		25	-3	8,5	600	312	67
	-20	12	-1	4	500	227	35
					400	286	35
					300	380	35
		20	-3	6	600	256	52
					500	283	52
		25	-3	7	600	314	69
	-25	12	-1	3,5	500	206	28
					400	261	28
				300	346	28	
25		-3	5	600	244	53	
				500	275	53	
	25	-3	6	600	323	60	

Tabel 57

Tabel betooni termoshoidmise tingimuste valimiseks 3% CaCl<sub>2</sub> lisandi puhul

$K_0 = KM_p$	$t_{v\bar{o}}$	$t_{ba}$	$t_{bl}$	Z päevades	Tsemendi mark	Tsemendi sisaldus kg/m <sup>3</sup>	$\eta_1$ %-des $R_{28}$ -st
	kraadides						
8,5	-10	10	4	3	400	241	32
					300	295	32
		15	0	6	400	261	50
					600	285	69
		25	-3	10	600	319	69
	-15	12	1	3	300	273	30
		17	-2	6	600	240	50
					500	265	50
		25	-3	8	600	337	64
	-20	15	0	3	400	236	30
		20	-3	3	600	270	50
					500	310	50
		25	-3	6	600	300	59

Tabel 57 (järg)

$K_0 = KM_p$	$t_{v\bar{o}}$	$t_{ba}$	$t_{bl}$	Z päevades	Tsemendi mark	Tsemendi sisaldus kg/m <sup>3</sup>	$\eta$ %-des $R_{28}$ -st
	kraadides						
-	-25	20	-3	3	300	251	31
		25	-3	6	600	262	50
					500	294	50

Tabel 58

Tabel betooni termoshoidmise tingimuste valimiseks 3% CaCl<sub>2</sub> lisandi puhul

$K_0 = KM_p$	$t_{v\bar{o}}$	$t_{ba}$	$t_{bl}$	Z päevades	Tsemendi mark	Tsemendi sisaldus kg/m <sup>3</sup>	$\eta$ %-des $R_{28}$ -st
	kraadides						
10,0	-10	15	0	4	300	330	35
		25	-2	6	400	220	51
					300	293	51
		25	-3	9	600	324	65
	-15	15	-3	4	600	154	30
					500	172	30
		25	-3	6	400	219	30
					600	269	50
	-20	15	0	3	600	240	30
					500	268	30
		25	-2	4	400	340	30
					600	283	48
-25	15	-2	3	600	278	29	
	25	-3	4	500	310	29	
				600	310	47	

## IV peatükk

## BETOONI SOOJENDAMINE AURUGA JA ÕHUGA

## A. Betooni soojendamine soojendussärkides või pindsoojakutes

Betoonile etteantud tugevuse saavutamiseks vajaliku soojusrežiimi loomine üksnes betoonisegu ja tema komponentide soojendamise ja tsemendi eksotermia arvel võib praktiliselt teostuda ainult teatavates piirides, mis olenevad peamiselt betoneeritava konstruktsiooni pinnamoodulist  $M_p$  ja meteoroloogilistest tingimustest ( $t_{v\bar{o}}$ ). Peale selle võib ehituse praktikas esineda juhtumeid, kus

betooni termoshoidmise tähtajad kujunevad tunduvalt pikemateks tööde kalenderplaaniga lubatavatest tähtaegadest. Kõikidel juhtudel, kus termosmeetodi kasutamine ei osutu võimalikuks, tuleb üle minna paigaldatud betooni täiendavale soojendamisele.

Üheks konstruktsiooni paigaldatud betooni täiendava soojendamise viisiks on tema soojendamine soojendussärkides või pindsoojakutes. See viis seisab kesta ehitamises, mis ümbritseb konstruktsiooni või tema elementi koos raketisega ja mis võimaldab soojakandja (aur või soe õhk) vaba ligipääsu betooni (või raketise) pindadele. Kui soojakandjaks valitakse õhk, mida soojendatakse elektriliste takistusahjudega, siis pindsoojakute konstruktsioon kujundatakse selliselt, et neisse oleks võimalik paigutada küttekehasid või konstrueeritakse küttekehad ise väikeste soojakute kujulistena (näiteks elektrilised kiirgahjud). Pindsoojaku konstruktsiooni valimisel tuleb arvestada piirdekonstruktsioonide võrdlemisi kõrget maksumust, mis kasvab koos ümbritsetava elemendi massiivsuse vähenemisega. Soojapiirde konstruktsiooni ei tule valida mitte üksnes soojustehniliste nõuete, vaid ka majanduslike kaalutluste arvestamisega. Igal juhul on vajalik soojakandja maksimaalseks ärakasutamiseks kindlustada soojaku elementide ühendite tihedus ja vältida piirde materjalide niiskumist, mis vähendab nende soojapidavust. Soojapiirete konstruktsioonide projekteerimisel tuleb taotleda nende võimalikult kõrget ringlust.

Kõige sagedamini esinevate konstruktsioonide aurusoojendusel kasutatavate aurusärkide ja soojakute ehitusskeemid on toodud joonistel 56 kuni 65.

## 1. Betooni hoidmise tingimuste valimine

Soojendussärkides või soojakutes betooni soojendamist kindlustavate tingimuste valimine seisab järgnevas:

- soojendava keskkonna temperatuuri  $t_{sk}$  ja soojendamise kestuse määramine; aurusärgi või pindsoojaku piirdekonstruktsioonide valimine;
- soojakandja kogu- ja tippvajaduse määramine soojendatava betooni mahuühiku kohta.

Lähteandmeteks betoonkonstruktsioonide soojendamise tingimuste valimisel on:

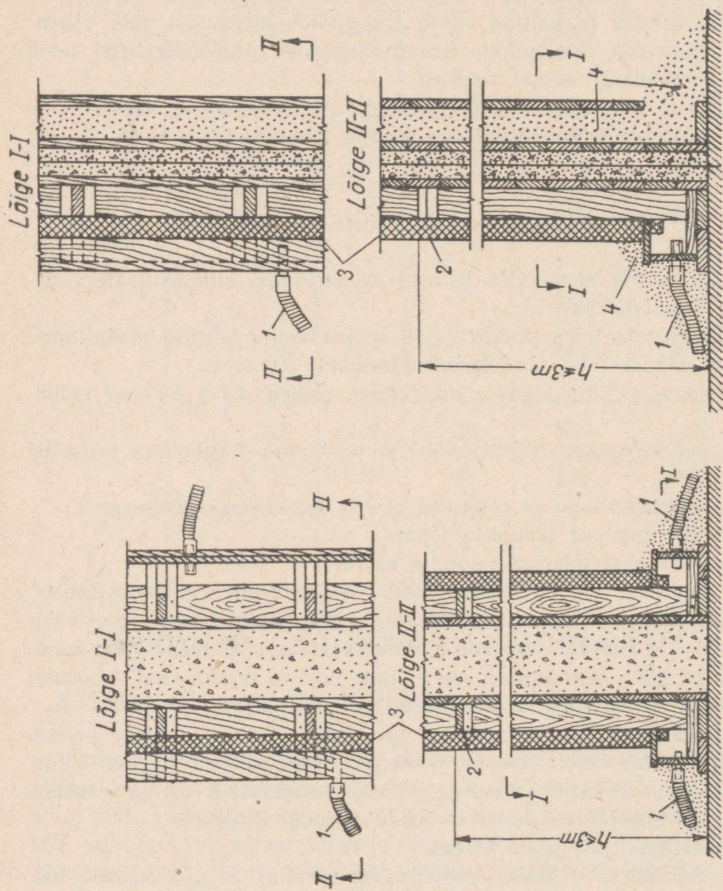
- soojendatava elemendi kuju ja mõõtmed ning raketise konstruktsioon;
- betooni suhteline tugevus hoidmise lõpul;
- tööde kalenderplaaniga lubatav hoidmise kestus;
- ehitusplatsil kasutada olevate tsementide ja soojustusmaterjalide sortiment.

Allpoolkirjeldatud arvutusviisi kasutatakse: kui soojendatava konstruktsiooni pinnamoodul ei ole väiksem kui 5; kui kasutatava tsemendi eksotermilised omadused ei ületa portlandtsemendi mark 400 näitajaid; kui tsemendi sisaldus betoonis  $T$  ei ole suurem kui 250 kg/m<sup>3</sup>.

Arvutuses ei võeta arvesse betooni tugevuse kasvu tema jahtumise perioodil pärast soojendamise lõpetamist ja tsemendi eksotermilise soojuse mõju. Arvutusel eeldatakse, et soojendatava keskkonna temperatuur  $t_{sk}$  ja välisõhu temperatuur  $t_{võ}$  on konstantsed kogu soojendusperioodi  $Z$  vältel.

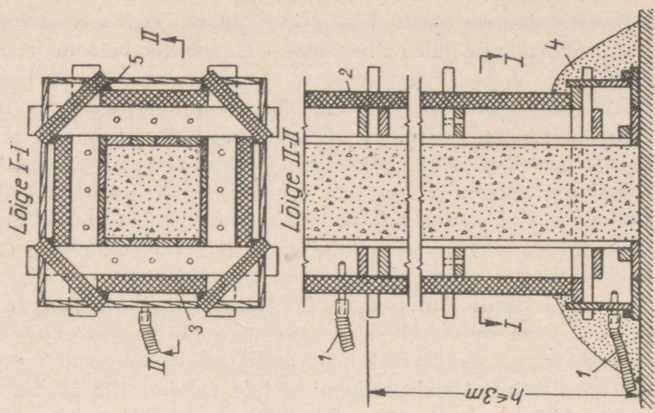
Arvutust teostatakse järgmises korras.

1) Lähtudes ülesandest valitakse soojendamise kestus  $Z$  ja tsemendi liik.

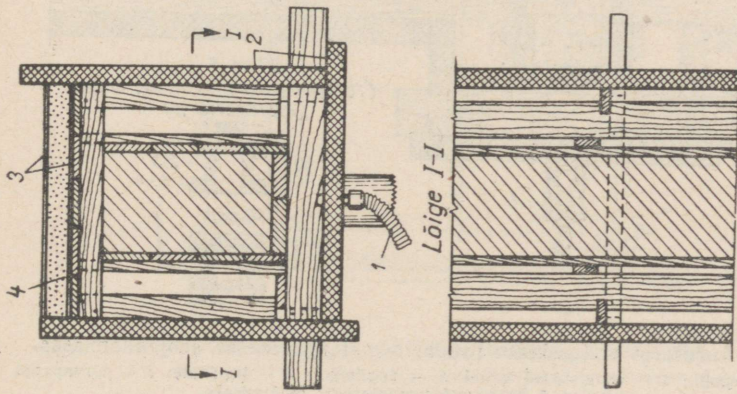


Joon. 56. Auruäärgi ehituskeem raudbetoonist seinte ja vaheseinte kahepoolseks soojendamiseks.  
 1 — painduv voolik; 2 — vahetõke; 3 — soojustatud kilbid; 4 — saepuru.

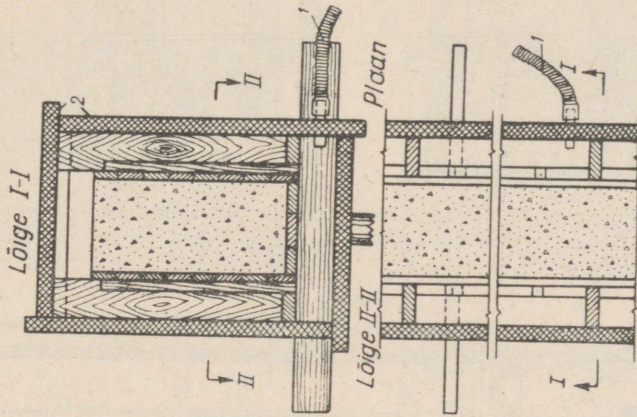
Joon. 57. Auruäärgi ehituskeem raudbetoonist seinte ja vaheseinte ühepoolseks soojendamiseks.  
 1 — painduv voolik; 2 — vahetõke; 3 — soojustatud kilbid; 4 — saepuru.



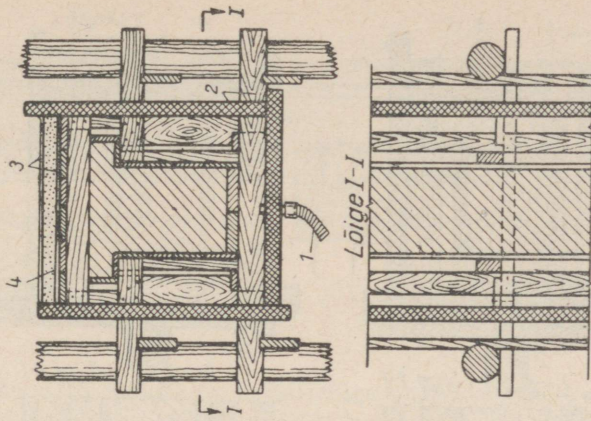
Joon. 58. Auruäärgi ehituskeem postide soojendamiseks.  
 1 — painduv voolik; 2 — vahetõke; 3 — soojustatud kilbid; 4 — saepuru; 5 — pragude viilthendid.



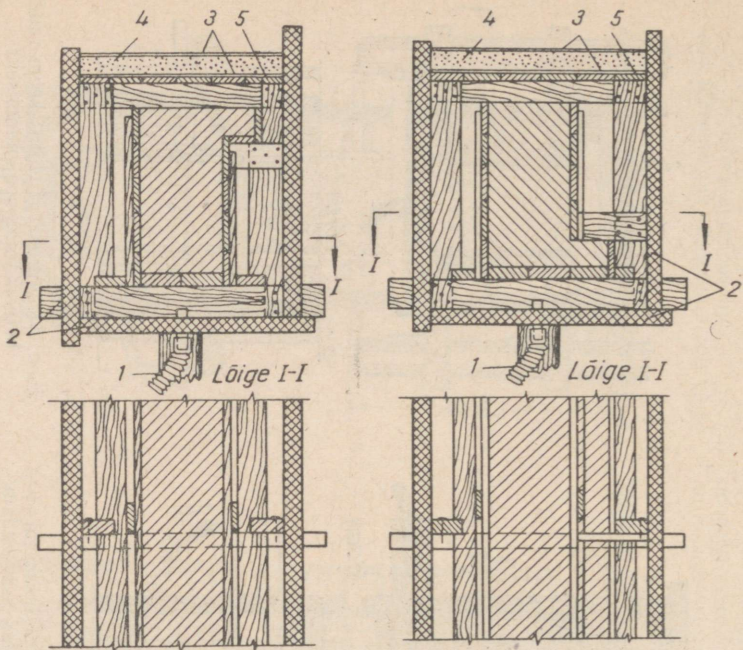
Joon. 59. Aurusärgi ehituskeem raudbetoonialade soojendamiseks.  
 1 — painduv voolik; 2 — soojustatud kilbid; 3 — tõrvapapp; 4 — saepuru.



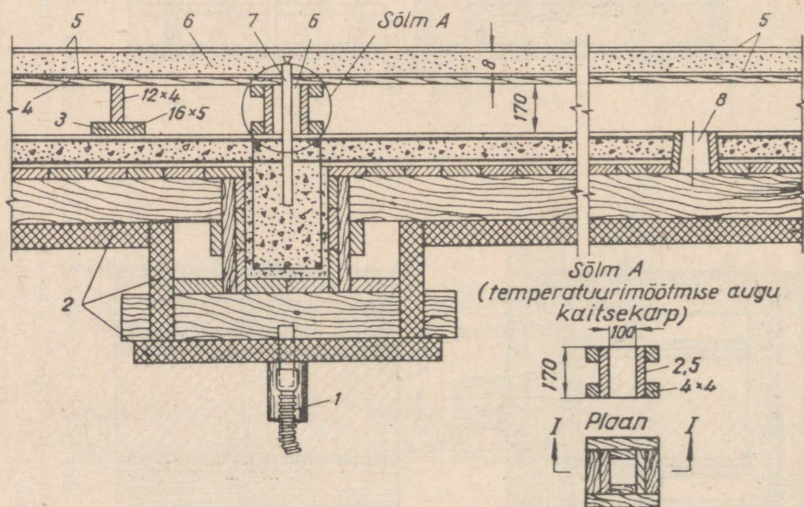
Joon. 60. Aurusärgi ehituskeem betoon- ja raudbetoonialade soojendamiseks.  
 1 — painduv voolik; 2 — soojustatud kilbid.



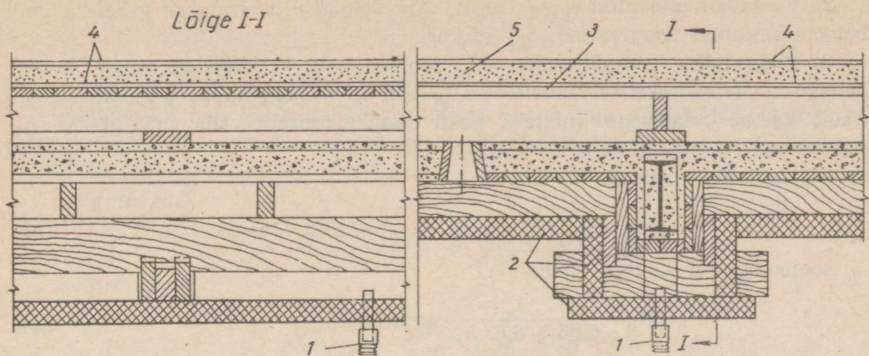
Joon. 61. Aurusärgi ehituskeem raudbetoonialade soojendamiseks.  
 1 — painduv voolik; 2 — soojustatud kilbid; 3 — tõrvapapp; 4 — saepuru.



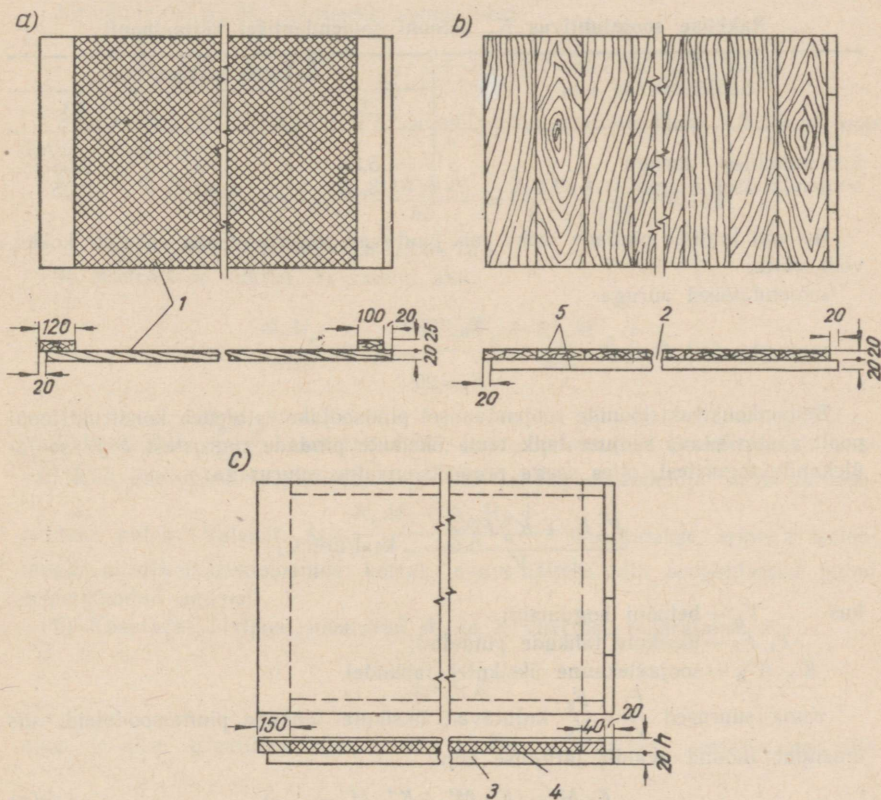
Joon. 62. Aurusärkide ehituskeeme raudbetoonalade soojendamiseks.  
 1 — painduv voolik; 2 — soojustatud kilbid; 3 — tõrvapapp; 4 — saepuru; 5 — puitkilbid;



Joon. 63. Aurusärgi ehituskeem raudbetoonist ribivahelae soojendamiseks.  
 1 — painduv voolik; 2 — soojustatud kilbid; 3 — tugilauad; 4 — laudkate; 5 — tõrvapapp;  
 6 — saepuru; 7 — augud temperatuuri mõõtmiseks.



Joon. 64. Aurusärgi ehituskeem terastaladega raubetoonvahelae soojendamiseks.  
 1 — painduv voolik; 2 — soojustatud kilbid; 3 — laudkate laudadest  $2,5 \times 18$  sm; 4 — tõrvapapp; 5 — saepuru.



Joon. 65. Kõlpide tüüpe aurusärkide ehitamiseks.  
 1 — tõrvapapp; 2 — tõrvapapp laudade vahel; 3 — vineer; 4 — soojaisolatsioon; 5 — laud.

2) Vastavalt etteantud  $\eta_l$  ja valitud  $Z$  väärtustele määratakse graafiku abil betooni keskmise temperatuuri  $t_{bk}$  suurus.

3) Määratakse soojaülekanne  $K_b$  soojendavalt keskkonnalt soojendatava betooni või tema raketise pinnale; kui betoon on soojendatavas piirkonnas täielikult kaetud raketisega (näiteks posti soojendamisel), siis määratakse  $K_b$  valemite:

soojendamisel auruga

$$K_b = \frac{1}{0,005 + 6,67 h_r} \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}; \quad (37)$$

soojendamisel kuuma õhuga

$$K_b = \frac{1}{0,05 + 6,67 h_r} \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}, \quad (38)$$

kus  $h_r$  on raketise paksus meetrites.

$K_b$  väärtused kolme erineva raketise paksuse jaoks on toodud tabelis 59.

Tabel 59

Raketise soojajuhtivus  $K_b$  betooni soojendamisel väljastpoolt

Soojendamise viis	Raketise paksus mm		
	25	40	50
Soojendamisel auruga . . . . .	5,80	3,70	2,95
Soojendamisel õhuga . . . . .	3,15	2,40	2,05

Betooni lahtiste pindade jaoks, mis puutuvad soojakandjaga vahetult kokku, võib võtta:

soojendamisel auruga

$$K_b = 200$$

soojendamisel õhuga

$$K_b = 20.$$

Betoonkonstruktsioonide soojendamisel pindsoojakutes oleneb konstruktsiooni poolt vastuvõetava soojuse hulk tema üksikute pindade suurustest  $F$  ja soojaülekanne teguritest, olles seega proportsionaalne suurusega:

$$\frac{K'_b F_1 + K''_b F_2 + \dots}{V_b} \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C},$$

kus  $V_b$  — betooni kogumaht;

$F_1, F_2$  — üksikute tahkude pindalad;

$K'_b, K''_b$  — soojaülekanne üksikutel tahkudel.

Kuna suurused  $\frac{F_1}{V_b}, \frac{F_2}{V_b}$  kujutavad üksikute tahkude pinnamooduleid, siis omandab toodud avaldis järgmise kuju:

$$K_b M_p = (K'_b M'_p + K''_b M''_p + \dots) \quad (a)$$

Kõikide tahkude ühesuguste soojapiirete korral võib kasutada valemit kujul:

$$\frac{F_1 + F_2 + \dots}{V_b} K_b = K_b M_p. \quad (b)$$

Soojapiirete erineva iseloomu puhul tuleb kasutada valemit (a).

Näiteks 25 mm paksuste külgiilpidega ja 40 mm põhjakilbiga raketatud raudbetootala aurusoojendamisel saame  $K_b$  ja  $M_p$  väärtusteks tala põiklõike

$h \times b = 40 \times 25$  sm korral

külgpindadel

$$K'_b = 5,80; M'_p = \frac{0,4 + 0,4}{0,25 \cdot 0,40} = 8,0;$$

põhjal

$$K''_b = 3,7; M''_p = \frac{0,25}{0,25 \cdot 0,40} = 2,5;$$

ülemisel (lahtisel) pinnal

$$K'''_b = 200; M'''_p = \frac{0,25}{0,25 \cdot 0,40} = 2,5.$$

Järelikult on  $K_b M_p$  suuruseks antud juhul:

$$K'_b M'_p + K''_b M''_p + K'''_b M'''_p = 5,8 \cdot 8,0 + 3,7 \cdot 2,5 + 200 \cdot 2,5 = 555,65.$$

Samasuguse põiklõikega posti soojendamisel, mis on üleni kaetud 25 mm paksuse raketisega:

$$K_b = 5,8; M_p = \frac{2(h+b)}{hb} = \frac{2(0,40+0,25)}{0,40 \cdot 0,25} = 13,0;$$

$$K_b M_p = 5,8 \cdot 13,0 = 75,4.$$

4) Määratakse suurus  $A_1$  valemi abil:

$$A_1 = \frac{K_b M_p}{600} \text{ või } A_1 = \frac{K'_b M'_p + K''_b M''_p + \dots}{600}.$$

Valemit  $A_1 = \frac{K_b M_p}{600}$  kasutatakse siis, kui soojendatavad betoonipinnad omavad kõik ühesuguse soojapiirde, nagu näiteks eelpoolvaadeldud posti aurusoojendamise puhul. Valemit  $A_1 = \frac{K'_b M'_p + K''_b M''_p + \dots}{600}$  kasutatakse erineva iseloomuga piirdekonstruktsioonide korral, nagu näiteks tala soojendamise puhul eelpooltoodud andmeil.

5) Kasutades ülalpool määratud  $A_1$  ja  $Z$  väärtusi, määratakse  $x$

$$x = A_1 Z$$

ning leitakse graafikust (joon. 47 ja 48)  $y$  väärtus, seejärel aga ka

$$y_0 = \frac{1-y}{A_1}.$$

Jääb veel määrata betooni algtemperatuur ja soojendava keskkonna temperatuur  $t_{sk}$ .

Arvutus võib toimuda järgmiste variantide kohaselt.

**Esimene variant.** Antakse ette betooni temperatuur soojendamisel algul  $t_{ba}$  (tavaliselt võetakse  $t_{ba}=5^\circ$ ) ja määratakse sellele vastav soojendava keskkonna temperatuur:

$$t_{sk} = \frac{Z t_{bk} - y_0 t_{ba}}{Z - y_0}. \quad (39)$$

**Teine variant.** Antakse ette soojendava keskkonna temperatuur  $t_{sk}$  ja määratakse sellele vastav betooni algtemperatuur:

$$t_{ba} = \frac{Z t_{bk} + t_{sk}(y_0 - Z)}{y_0}. \quad (40)$$

Soojendava keskkonna temperatuur ei tohi ületada soojendamisel auruga  $70^\circ$ , soojendamisel õhuga  $60^\circ$ .

Ohukeste konstruktsioonide (ribideta plaadid, vaheseinad jne.) soojendamisel ehitatakse soojendussärgid või pindsoojakud konstruktsiooni ühele küljele (joon. 57), kuna teiselt poolt konstruktsioon soojustatakse samuti nagu termoshoidmiselgi. Sel juhul toimub arvutus järgmisel viisil:

a) määratakse kindlaks eelpoolloetletud lähtetingimused;

b) valitakse soojendussärgi piirdekonstruktsioonid betooni soojendamiseks ühelt poolt ning raketise soojustamiseks teiselt poolt; seejärel määratakse soojaülekannete suurused soojendavalt keskkonnalt betoonile  $K_b$  (arvutuse teel või tabeli 59 andmel) ja betoonilt välisõhku  $K_s$  (vastavalt III peatükis esitatud juhistele — vt. tabel 36);

c) määratakse soojendatava betoonseina või -plaadi pinnamoodul valemil järgi:

$$M_p = \frac{1}{d_0},$$

kus  $d_0$  on betooni paksus m-tes;

d) määratakse seejuures  $A_1$ :

$$A_1 = \frac{(K_b + K_s) M_p}{600};$$

e) valitakse soojendava keskkonna temperatuur  $t_{sk}$  (mitte üle  $70^\circ$  auru-soojenduse ja  $60^\circ$  õhksoojenduse puhul) ning määratakse suurus:

$$t_0 = \frac{K_b t_{sk} + K_s t_{võ}}{K_b + K_s};$$

f) vastavalt etteantud piiridele määratakse soojendamise kestus ja pärast tsemendi liigi valimist määratakse etteantud  $\eta_l$  väärtusele vastav betooni keskmine temperatuur  $t_{bk}$  (graafikute joon. 44, 45 ja 46 abil);

g) vastavalt  $A_1$  ja  $Z$  väärtustele määratakse  $x=A_1 Z$  ja graafiku (joon. 47 ja 48) järgi  $y$  ning seejärel  $y_0 = \frac{1-y}{A_1}$ ;

h) määratakse betooni algtemperatuur:

$$t_{ba} = \frac{t_{bk} Z + t_0 (y_0 - Z)}{y_0}$$

Kui saadud  $t_{ba}$  väärtus osutub liialt kõrgeks või kui ta on alla  $5^\circ$ , siis teostatakse ümberarvutus, muutes  $t_{sk}$ ,  $Z$  ja  $t_{bk}$  väärtused.

## 2. Soojakulu määramine

Betooni hoidmisperioodil äratarvitav soojus kulutatakse:

a) betooni ülessoojendamiseks algtemperatuurilt  $t_{ba}$  kuni lõpptemperatuurini  $t_{bl}$  ( $Z$  tunni pärast):

$$Q_1 = 600(t_{bl} - t_{ba}) \text{ kcal/m}^3;$$

kuna temperatuur  $t_{bl}$  erineb tavaliselt vähe soojendava keskkonna temperatuurist  $t_{sk}$ , siis võib võtta

$$Q_1 = 600(t_{sk} - t_{ba}) \text{ kcal/m}^3; \quad (41)$$

b) raketise ja soojaku või soojendussärgi piirdekonstruktsioonide ülessoojendamiseks  $Q_2$ :

$$Q_2 = 30 M_p (t_{sk} - t_{v0} + 30) \text{ kcal/m}^3 \quad (42)$$

c) soojakadudeks ümbritsevasse õhku ( $Q_3$ ) läbi soojendussärgi või soojaku seinte. Nende kadude suurus oleneb soojendamise kestusest  $Z$ , soojendussärgi välispinna kogusuurest  $F$ , temperatuuride vahe ( $t_{sk} - t_{v0}$ ) ja soojendussärgi seinte soojajuhtivuse  $K$  suurusest.

Kuna soojendussärgi seinad, mis ümbritsevad soojendatava konstruktsiooni erisuguseid pindasid, pole oma konstruktsioonilt alati ühesugused ja võivad seepärast omada erinevat soojajuhtivust, siis võib piirdekonstruktsiooni läbivate soojakadude arvutusel esineda kaks varianti.

a) Esimene variant — piirdekonstruktsiooni kõikide pindade soojajuhtivus on ühesugune:

$$Q_3 = ZK_s M_s (t_{sk} - t_{v0}) \text{ kcal/m}^3, \quad (43)$$

kus  $Z$  — soojendamise kestus tundides;

$K_s$  — piirde soojajuhtivus;

$$K_s = \alpha \frac{\beta}{\alpha + \frac{h_1}{\lambda_1} + \frac{h_2}{\lambda_2} + \frac{h_3}{\lambda_3} + \dots} \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}; \quad (44)$$

$\beta$  — parandustegur (vt. III peatükk);

$\alpha$  — tegur, mille suuruseks aurusoojenduse puhul võib võtta 0,07 ja õhu-soojenduse puhul 0,20;

$h_1, h_2, h_3$  — piirde üksikute kihtide paksused (m);

$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$  — piirde üksikute kihtide materjalide soojaerijuhtivused (väärtused — vt. tabel 33);

$M_s$  — 1 m<sup>3</sup> soojendatava betooni kohta langev soojaku välispind m<sup>2</sup>-tes; ligikaudseks määramiseks võib kasutada valemeid: postide ja üksikute talade jaoks

$$M_s = 2 M_p; \quad (45)$$

vahelagede, seinte ja võlvide jaoks ühepoolse soojenduse puhul

$$M_s = \frac{2}{d_0}; \quad (46)$$

vahelagede, seinte ja võlvide jaoks ühepoolse soojenduse puhul

$$M_s = \frac{1}{d_0}; \quad (47)$$

$d_0$  — soojendatava konstruktsiooni kõige õhema elemendi paksus m-tes (ribilae puhul näiteks plaadi paksus);

$t_{sk}$  — soojendava keskkonna temperatuur.

b) Teine variant — soojendussärgi või soojaku piirdekonstruktsioonid omavad erinevaid soojajuhtivusi.

Sel juhul määratakse soojakaod ümbritsevasse õhku ( $Q_3$ ) valemiga:

$$Q_3 = Z(t_{sk} - t_{v\bar{o}})(K'_s M'_s + K''_s M''_s + K'''_s M'''_s + \dots) \text{ kcal/m}^3. \quad (48)$$

Piirde seinu läbivate soojakadude määramiseks tuleb arvutada  $K_s$  ja  $M_s$  väärtused iga seina kohta eraldi.  $M_s$  määramiseks on vajalikud piirdekonstruktsiooni joonised;  $K_s$  arvutatakse iga üksiku juhu puhul valemist (44).

**Näide.** Raudbetootala 40×25 sm soojendamiseks kasutatava aurusärgi seinad asuvad tala kõikidest pindadest ühesugusel kaugusel  $a=15$  sm. Külgeseinad on valmistatud laudkilpidest paksusega  $h_1=0,02$  m ja soojustatud solomiidiga (õlgmattidega)  $h_2=0,05$  m ning tõrvapapiga. Ülemine pind on moodustatud samasugustest kilpidest, kuid soojustatud tõrvapapiga kaetud saepurukihiga ( $h_3=0,12$  m). Alumine pind on valmistatud tõrvapapiga kaetud kahekordsest laudkilbist kogupaksusega  $h_4=0,045$  m.

Määrame  $K_s$  ja  $M_s$ :  
ülemise pinna jaoks

$$K'_s = \frac{1,6}{0,07 + \frac{0,02}{0,15} + \frac{0,12}{0,08}} = 0,94 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C};$$

$$M'_s = \frac{0,25 + 2 \cdot 0,15}{0,25 \cdot 0,40} = 5,5 \text{ m}^2/\text{m}^3;$$

külgpindade jaoks

$$K''_s = \frac{1,6}{0,07 + \frac{0,04}{0,15} + \frac{0,05}{0,05}} = 1,19 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C};$$

$$M''_p = \frac{0,40 + 2 \cdot 0,15}{0,25 \cdot 0,40} = 7,0 \text{ m}^2/\text{m}^3;$$

alumise pinna jaoks

$$K'''_s = \frac{1,6}{0,07 + \frac{0,045}{0,15}} = 4,32 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C};$$

$$M'''_s = \frac{0,25 + 2 \cdot 0,15}{0,25 \cdot 0,40} = 5,5 \text{ m}^2/\text{m}^3;$$

$$(K'_s M'_s + K''_s M''_s + K'''_s M'''_s) = 0,94 \cdot 5,5 \cdot 2 \cdot 1 + 1,19 \cdot 7,0 + 4,32 \cdot 5,5 = 37,26.$$

Soojakulu 1 m<sup>3</sup> betooni hoidmiseks Z tunni vältel määratakse valemiga:

$$Q_0 = Q_1 + Q_2 + Q_3 \text{ kcal/m}^3. \quad (49)$$

Maksimaalne soojakulu 1 tunnis (tipptarvidus) võrdub:

$$Q_t = \frac{Q_0}{Z} \text{ kcal/m}^3\text{h}. \quad (50)$$

Kui betooni soojendamiseks kasutatakse auru, siis määratakse 1 m<sup>3</sup> betooni kohta vajatav ligikaudne auru hulk valemiga

$$A_0 = 0,002 Q_0 \text{ kg/m}^3. \quad (51)$$

Vastavalt sellele võib määrata maksimaalse aurutarviduse tunnis 1 m<sup>3</sup> betooni kohta valemiga

$$A_t = 0,002 Q_t \text{ kg/m}^3\text{h}. \quad (52)$$

**Näide.** Määrata raudbetoonist ribi-vahelae hoidmise tingimused aurusoojendamisel järgmiste lähteandmete korral:

betooni suhteline tugevus hoidmise lõpul  $\eta = 70\% R_{28}$ ;

välisõhu arvutustemperatuur  $t_{\text{võ}} = -20^\circ$ ;

hoidmise kestus  $Z \leq 3$  päeva;

betoon on valmistatud räbu-portlandtsemendil mark 400;

vahelae konstruktsioon: plaadi paksus  $d_0 = 8$  sm; talade põiklõige  $20 \times 40$  sm; talade vahekaugus  $a = 2$  m;

raketise paksus  $h_r = 25$  mm;

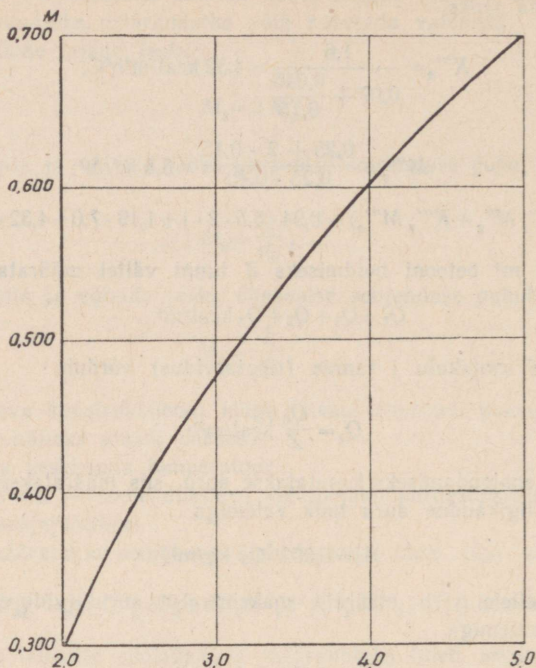
aurusärgi piirdekonstruktsioonid: vahelae peal — laudkilbid (20 mm) 12 sm paksuse, tõrvapapiga kaetud saepurukihiga; vahelae all — kahekordsed, tõrvapapist vahelihiga laudkilbid paksusega 45 mm.

L a h e n d u s. Anname ette soojendamise kestuse  $Z = 48$  tundi; graafiku (joon. 46) kohaselt on sel puhul  $\eta = 70\% R_{28}$  juures vajalik betooni keskmine temperatuur  $t_k \approx 51^\circ$ .

Vastavalt tabelile 59 on 25 mm paksuse raketise puhul  $K_b = 5,8$ .

Hoidmise tingimuste arvutamisel tuleb antud juhul lähtuda talast kui massiivsemast elemendist, mis soojeneb seetõttu aeglasemalt kui plaat. Tala pinnamoodul võrdub (jättes arvestamata selle osa talast, mis langeb ühte plaadiga):

$$M_p = \frac{2 \cdot (0,40 - 0,08) + 0,20}{(0,40 - 0,08) \cdot 0,20} = 13,1;$$



Joon. 66. Abigraafik betooni jahtumisaja  $Z$  arvutamiseks ilma tsemendi eksotermia arvestamiseta.

$$\text{Põhiline arvutusvalem } Z = \frac{2,3 M}{A_1} \text{ tundi,}$$

$$\text{kus } M = \lg m; m = \frac{t'_{bl} - t_{v\delta}}{t''_{bl} - t_{v\delta}}$$

$$A_1 = \frac{K M_p}{600}$$

$K$  — betooni piirdekonstruktsiooni soojajuhtivus;  $M_p$  — pinnamoodul;  $t_{v\delta}$  — välisõhu temperatuur;  $t'_{bl}$  — betooni temperatuur jahtumise algul;  $t''_{bl}$  — betooni temperatuur jahtumise lõpul;  $\lg$  — kümnendlogaritm.

$$A_1 = \frac{K M_p}{600} = \frac{5,8 \cdot 13,1}{600} = 0,126;$$

$$x = Z A_1 = 48 \cdot 0,126 = 6,1;$$

$$y_1 = 0,003 \text{ (joon. 48 toodud graafiku järgi);}$$

$$y_0 = \frac{1 - y'}{A} = \frac{1 - 0,003}{0,126} = 7,9.$$

Võttes  $t_{ba}=5^\circ$ , saame valemi (39) abil:

$$t_{sk} = \frac{Z t_{bk} - y_0 t_{ba}}{Z - y_0} = \frac{48 \cdot 51 - 7,9 \cdot 5}{48 - 7,9} \approx 60^\circ.$$

Aurusärgi piirdekonstruktsioonide soojajuhtivused on määratud eelmises näites:

ülemise pinna jaoks

$$K'_s = 0,94 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C};$$

alumise pinna jaoks

$$K''_s = 4,32 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}.$$

Soojakadude arvutus teostatakse, lähtudes plaadi pinnamoodulist:

$$M_p = \frac{1}{d_0} = \frac{1}{0,08} = 12,5; \quad M_s = M_p = 12,5.$$

Määrame betooni temperatuuri soojendamise lõpul:

$$t'_{bl} = t_{ba} y_1 + t_{sk} (1 - y_1) = 5 \cdot 0,003 + 60 \cdot 0,997 \approx 60^\circ.$$

Määrame betooni jahtumise kestuse temperatuurilt  $t'_{bl} = 60^\circ$  kuni  $t''_{bl} = 5^\circ$ ;

$$m = \frac{t'_{bl} - t_{v\bar{o}}}{t''_{bl} - t_{v\bar{o}}} = \frac{60 + 20}{5 + 20} = 3,2,$$

$$A''_1 = \frac{(K'_s + K''_s) M_p}{600} = \frac{(0,94 + 4,32) \cdot 12,5}{600} = 0,11.$$

Graafiku (joon. 66) järgi vastab leitud  $m$  väärtusele  $M = 0,505$ , seejuures

$$Z_2 = \frac{2,3M}{A''_1} = \frac{2,3 \cdot 0,505}{0,11} \approx 11 \text{ tundi.}$$

Määrame soojakulu:

$$Q_1 = 600(t_{sk} - t_{ba}) = 600(60 - 5) = 33\,000 \text{ kcal/m}^3;$$

$$Q_2 = 30 M_p (t_{sk} - t_{v\bar{o}} + 30) = 30 \cdot 12,5(60 + 20 + 30) = 41\,200 \text{ kcal/m}^3,$$

$$Q_3 = Z M_p (K'_s + K''_s) (t_{sk} - t_{v\bar{o}}) = 48 \cdot 12,5(0,94 + 4,32) \times$$

$$\times (60 + 20) = 252\,500 \text{ kcal/m}^3;$$

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 33\,000 + 41\,200 + 252\,500 = 327\,000 \text{ kcal/m}^3;$$

$$Q_t = \frac{Q_0}{Z} = \frac{327\,000}{48} = 6800 \text{ kcal/m}^3\text{h}.$$

### 3. Aurutorustiku mõõtmete määramine betooni soojendamisel aurusärgides

Aurutorustiku skeemi ja parameetrite arvutamiseks betoonkonstruktsioonide auruga soojendamise puhul peab olema eelnevalt kindlaks tehtud:

vahetuses paigaldatava betooni hulk kuupmeetrites;

aeg, mis kulub aurusärgi monteerimiseks ja tema ühendamiseks auru-  
magistraaliga; samuti aeg, mis kulub särgi konstruktsioonide üleviimiseks ühelt  
haardealalt teisele (montaaž ja demontaaž);

auru surve, mida kasutatakse soojendamisel;

soojendamisele kuuluva betooni kogumaht;  
töövahetuste arv ööpäevas.

Nende andmete ja esialgsete arvutuste alusel koostatakse betooni paigal-  
damise graafik ning määratakse üheaegselt soojendatavate vahetus-haardealade  
arv. Ühtlasi arvutatakse ühe haardeala soojendamiseks kulutatava soojuste  
maksimaalne tunnitարvidus, kasutades selleks valemeid  $Q_t$  ja  $A_t$  määramiseks.

Näitena kasutame ülalosaadud andmeid ribilae soojendamise kohta. Olgu  
seejuures vahetuses paigaldatava betooni maht  $V_{vah} = 15 \text{ m}^3$ . Kuna antud juhul  
1 meetri tala kohta (talade vahekaugus 2 m) on betooni mahuks

$$V_b = 2,0 \cdot 1,0 \cdot 0,08 + 1,0 \cdot 0,25 \cdot 0,32 = 0,24 \text{ m}^3,$$

siis 1 m<sup>2</sup> vahelae kohta on

$$V_b = \frac{0,24}{2} = 0,12 \text{ m}^3.$$

Vahetus-haardeala suurus

$$F_{vah} = \frac{V_{vah}}{V_b} = \frac{15}{0,12} = 125 \text{ m}^2.$$

Võetagu antud juhul haardeala mõõtmeteks 6,25 × 20 m, kusjuures talad  
asetsevad piki haardeala lühemat külge. Valime sissevoolutoruks, mis juhib  
auru vahetult aurusärgi alumisse vöösse, toru läbimõõduga 3/4". Auru surve  
olgu  $p = 1,6 \text{ atm}$ . Kasutame võrrandit, mis seob auru tipptarvidust toru läbi-  
mõõduga:

$$nf\omega\gamma = \frac{A_t}{3600},$$

kus  $n$  — sissevoolutorude arv;

$f$  — toru töötav põiklõige (m<sup>2</sup>);

$\omega$  — auru voolukiirus, võrdne 15—30 m/sek.;

$\gamma$  — rõhule  $p$  vastav auru kaal (kg/m<sup>3</sup>) — vrd. tabel 60.

Määrame  $n$ , valides  $\omega = 17 \text{ m/sek}$ . ning omades:

$$f = 0,00037 \text{ m}^2; A_t = 0,002 V_{vah} Q_t = 0,002 \cdot 15 \cdot 6800 = 204 \text{ kg/h};$$

$$\gamma = 0,899 \text{ kg/m}^3;$$

$$n = \frac{204}{0,00037 \cdot 17 \cdot 0,899 \cdot 3600} \approx 10 \text{ tk.}$$

Järelikult võib asetada iga teise tala põhja alla 2 sissevoolutoru.

Sissevoolutorude toitotoru läbimõduks valime  $2\frac{1}{2}''$  ( $f=0,00363 \text{ m}^2$ ), mille juures auru kiirus

$$\omega = \frac{A_t}{f \gamma 3600} = \frac{204}{0,00363 \cdot 0,899 \cdot 3600} \approx 18 \text{ m/sek.}$$

Samasuguse põiklõike peab omama ka püstik, mis juhib auru kõiki haardealasid toitvast magistraalist antud haardeala ülemisse jaotusforusse. Kuna üheaegselt toidetakse auruga nelja haardeala, siis, valides magistraaliks  $4''$  toru, auru kiirus magistraalis on:

$$\omega = \frac{4 A_t}{f \gamma \cdot 3600} = \frac{4 \cdot 204}{0,0103 \cdot 0,899 \cdot 3600} 25 \text{ m/sek.}$$

Veeauru soojustehnilised parameetrid küllastuspiiril ning kuiva õhu füüsikalised parameetrid on toodud tabelites 60 ja 61.

Tabel 60

Veeauru soojustehnilised parameetrid küllastuspiiril

$p$	$t$	$\gamma$	$i'$	$i''$	$Q_{aur}$
1,0	99,1	0,579	99,1	638,9	539,8
1,1	101,8	0,633	101,8	639,9	538,1
1,2	104,2	0,687	104,3	640,8	536,5
1,3	106,6	0,740	106,7	641,7	535,0
1,4	108,7	0,793	108,8	642,5	533,7
1,5	111,0	0,846	111,2	643,4	532,7
1,6	112,7	0,899	112,9	644,0	531,1
1,8	116,3	1,003	116,5	645,3	528,8
2,0	119,6	1,107	119,9	646,5	526,6
2,2	122,6	1,211	122,9	647,5	524,6
2,4	125,5	1,313	125,8	648,8	522,7
2,6	128,1	1,416	128,5	649,4	520,9
2,8	130,5	1,517	131,0	650,2	519,2
3,0	132,9	1,619	133,4	651,0	517,6
3,2	135,1	1,720	135,6	651,7	516,1
3,4	137,2	1,820	137,7	652,3	514,6
3,6	139,3	1,921	139,8	653,0	513,2
3,8	141,1	2,021	141,8	653,6	511,8
4,0	142,9	2,121	143,6	654,1	510,5
4,5	147,2	2,369	148,0	655,4	507,4
5,0	151,1	2,616	152,1	656,6	504,5

Tähistused:  $p$  — rõhk  $\text{kg/sm}^2$ ;

$t$  — küllastustemperatuur  $^{\circ}\text{C}$ ;

$\gamma$  — auru mahukaal  $\text{kg/m}^3$ ;

$i'$  — vedeliku soojasisaldus  $\text{kcal/kg}$ ;

$i''$  — auru soojasisaldus  $\text{kcal/kg}$ ;

$Q_{aur}$  — aurustumissoojus  $\text{kcal/kg}$ .

Kuiva õhu füüsikalised parameetrid  $p=1 \text{ kg/sm}^2$  juures

$t$	$\gamma$	$C_p$	100	100 $a$	$10^6 \mu$	$10^6 K_B$	$Pr$
-50	1,534	0,242	1,75	4,73	1,49	9,54	0,726
-20	1,365	0,241	1,94	5,94	1,66	11,93	0,724
0	1,252	0,241	2,04	6,75	1,75	13,70	0,723
10	1,206	0,241	2,11	7,24	1,81	14,70	0,722
20	1,164	0,242	2,17	7,66	1,86	15,70	"
30	1,127	0,242	2,22	8,14	1,91	16,61	"
40	1,092	0,242	2,28	8,65	1,96	17,60	"
50	1,056	0,243	2,25	9,14	2,00	18,60	"
60	1,025	0,243	2,41	9,65	2,05	19,60	"
70	0,996	0,243	2,46	10,18	2,08	20,45	"
80	0,968	0,244	2,52	10,65	2,14	21,70	"
90	0,942	0,244	2,58	11,25	2,20	22,90	"
100	0,916	0,244	2,64	11,80	2,22	23,78	"

Tähistused:  $t$  — temperatuur  $\text{kg/m}^3$ ;

$\gamma$  — mahukaal  $\text{kg/m}^3$ ;

$C_p$  — soojaerimahtuvus  $\text{kcal/kg}$ ;

$\lambda$  — soojaerijuhtivus  $\text{kcal/m h}^\circ\text{C}$ ;

$a$  — temperatuurierijuhtivus  $\text{m}^2/\text{h}$ ,

$\mu$  — sitkuse koefitsient  $\text{kg/sek. m}^2$ ;

$K_B$  — kinemaatilise sitkuse koefitsient  $\text{m}^2/\text{sek.}$ ;

$Pr$  — Prandtli kriteerium.

## B. Betooni soojendamine A. A. Vatsuro süsteemi kapillaar-raketises

Konstruksiooni paigaldatud betooni soojendamist võib teostada erilise ehitusega raketises A. A. Vatsuro poolt esitatud viisil. Auru juhtimiseks moodustatakse raketise betoonipoolsele küljele  $30 \div 50$  mm laiused vaod või faasid («kapillaarid») sügavusega umbes  $\frac{4}{5}$  raketise laudade paksusest. Vagude moodustamiseks tuleb enne laudade kokkupanemist nende servad kaldu lõigata. Et vältida mõrdi valgumist kanalitesse, kaetakse nende betoonipoolsed avatud küljed katusepleki või vineeriribadega, mis lüüakse hoolikalt raketise laudade külge. Kilbi koostamisel peab sobitama laud tihedalt üksteise vastu, et vältida auru väljavoolamist läbi ühenduskohtade. Auru sissejuhtimiseks puuritakse iga kanali algusesse ava, mille põiklõige võrdugu kanali põiklõikega. Avade kohale raketise välisinnale luuakse auru sissejuhtimise karbid, mis ühendatakse auru-  
torustikuga.

Kanalit läbinud aur juhitakse atmosfääri läbi ava, mis on puuritud kanali teise otsa. Kanalis tekkiv kondensaat valgub auru sissejuhtimise karpi ja eemaldatakse sealt perioodiliselt läbi vastava, korgiga suletava ava.

Tehnilised tingimused soovivad kapillaar-raketist kasutada ainult vertikaalsete konstruktsioonide soojendamisel.

Kuna kanalite põiklõige on väike ja auru temperatuur langeb tunduvalt koos kauguse suurenemisega sissevooluavast, siis on kanalite pikkus piiratud — 1÷3,5 m. Kui soojendatava konstruktsiooni kõrgus on üle 3,5 m, siis tiikeldatakse kanalid sektsioonideks, mis varustatakse eraldi auru sissevoolukarpidega ja väljavooluavadega. Seejuures ei tohi sektsiooni pikkus ületada ülaltoodud piiri.

Betooni soojendamisel kapillaar-raketises on vaja kontrollida betooni temperatuuri ja jälgida kanalite seisukorda, kuna on võimalik nende ummistumine betooni sissevalgumise või kondensaadi jäätumise tõttu. Raketise korrapärase töötamise tundemärkideks on pidev auru vool väljavooluavadest, kilbi välispinna kõrgem temperatuur kanalite läheduses ja niiske vöö kilbil piki kanalit (soojustamata kilpide puhul). Kanalis tekkivad ummistused kõrvaldatakse teras- traadiga sorkides.

Kapillaar-raketises betooni soojendamise tingimuste valimisel on peamisteks ülesanneteks: a) soojendamise kestuse  $Z$  määramine, mis tagaks betoonile etteantud suhtelise tugevuse  $\eta_l$  saavutamise; b) aurutarviduse määramine 1 m<sup>3</sup> betooni kohta ( $A_t$  — maksimaalne tunnitarvidus ja  $A_o$  — kogutarvidus aja  $Z$  jooksul).

Lähteandmeteks betooni kapillaar-raketises soojendamise tingimuste määramisel on: soojendatava elemendi kuju ja mõõtmed, raketise konstruktsioon ja mõõtmed, tsemendi liik, betooni etteantud suhteline tugevus hoidmise lõpul  $\eta_l$ , välisõhu temperatuur  $t_{v\delta}$ , tööde kalenderplaaniga lubatav hoidmise aeg.

Allpool esitatav ВНИОМС-i talvetööde laboratooriumi poolt väljatöötatud betooni kapillaar-raketises hoidmise arvutusmeetod tugineb järgmistele lihtsus-tustele.

Betooni temperatuur mistahes momendil võetakse soojendatava elemendi kõikides punktides ühesuguseks.

Soojendava keskkonna ja välisõhu temperatuurid ( $t_{sk}$  ja  $t_a$ ) on soojendamisperioodi  $Z$  kestel konstantsed.

Soojendamise arvutus teostatakse järgmises korras.

1) Lähtudes raketise konstruktsioonist ja mõõtmetest, määratakse kindlaks kapillaaride arv, nende põiklõige ja asetused.

2) Määratakse:

$$\text{pinnamoodul } M_p = \frac{F}{V};$$

$$\text{kapillaarmoodul } M_k = \frac{F_k}{V},$$

kus  $F_k$  — betooni ja kapillaaride kokkupuutepind (m<sup>2</sup>);

$V$  — betooni arvutuslik maht (m<sup>3</sup>).

Kapillaarmoodul arvutatakse järgmiste valemitega: ristkülikulise põiklõikega postide ja sammaste jaoks (põiklõike mõõtmed meetrites  $b_1 \times b_2$ )

$$M_k = \frac{n_k b_k}{b_1 b_2};$$

seinte jaoks paksusega  $d_o$  (meetrit)

$$M_k = \frac{n_k b_k}{d_0};$$

siin  $n_k$  — kapillaaride arv,

$b_k$  — ühe kapillaari betooniga kokkupuutuva pinna laius (m); tavaliselt võetakse  $b_k=0,04$  m, kui raketise paksus on 25 mm ja  $b_k=0,06$  m, kui raketise paksus on 40 mm.

3) arvutatakse auru temperatuur kapillaaris  $t_k$ , arvesse võttes kapillaari pikkuse  $l_k$  mõju, valemiga

$$t_k = 100 - 2,5 l,$$

kusjuures  $l \leq 3,5$  m.

4) Soojaülekanne kapillaaris liikuvalt aurult betoonile (läbi katteseinakese) võetakse:

kapillaari katmise puhul katuseplekiga  $K_{kb}=60$  kcal/m<sup>2</sup>h°C; kapillaari katmise puhul vineeriga  $K_{kb}=25$  kcal/m<sup>2</sup>h°C.

5) Soojaülekanne aurult välisõhku ( $K_{k\delta}$ ) võetakse: soojustamata raketise puhul  $K_{k\delta}=10$  kcal/m<sup>2</sup>h°C;

soojustatud raketise puhul  $K_{k\delta} = \frac{\beta}{0,22 + R_s}$  kcal/m<sup>2</sup>h°C,

kus  $R_s$  — raketise soojaisolatsiooni soojapidavus; arvutatakse valemiga

$$R_s = \frac{h_s}{\lambda_s};$$

$\lambda_s$  — soojaisolatsiooni materjali soojaerijuhtivus kcal/m<sup>2</sup>h°C;

$h_s$  — soojaisolatsiooni paksus m;

$\beta$  — parandustegur ( $\beta$  väärtused toodud tabelis 35).

6) Soojaülekanne betoonilt välisõhku (läbi raketise)  $K_r$  võetakse: 25 mm soojustamata raketise puhul

$$K_r = 5,5 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C};$$

40 mm soojustamata raketise puhul

$$K_r = 5,0 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}.$$

$K_r$  väärtused soojustatud raketise jaoks määratakse valemite (24) või (25) abil.

7. Määratakse edasises arvutuses vajatavad suurused  $A_1$  ja  $t_o$  valemitest:

$$A_1 = \frac{K_{kb} M_k + K_r (M_p - M_k)}{600}, \quad (53)$$

$$t_o = \frac{t_k + t_{v\delta} \frac{K_r}{K_{kb}} \left( \frac{M_p}{M_k} - 1 \right)}{1 + \frac{K_r}{K_{kb}} \left( \frac{M_p}{M_k} - 1 \right)}; \quad (54)$$

graafiku (joon. 47, 48) või eritabeli abil määratakse suurus  $y=e^{-x}$ , kus  $x=A_1 Z$ .

8) Arvutatakse betooni temperatuur  $t_b$  mistahes ajamomendil pärast soojendamise algust:

$$t_b = t_o(1-y). \quad (55)$$

9) Kooskõlas tööde kalenderplaaniga valitakse betooni hoidmise tähtaeg  $Z$  ning arvutatakse betooni keskmine temperatuur hoidmise perioodil:

$$t_{bk} = t_o \left( 1 - \frac{1-y}{A_1 Z} \right). \quad (56)$$

Kuna soojendamise kestus on tavaliselt vähemalt 24 tundi (betooni suhtelise tugevuse  $\eta = 50\%$   $R_{28}$  saavutamiseks), siis osutub real juhtudel võimalikuks loobuda  $y$  arvestamisest tema väiksuse tõttu ja määrata  $t_{bk}$  väärtus, praktika jaoks küllaldase täpsusega, ligikaudselt valemist:

$$t_{bk} = t_o \left( 1 - \frac{1}{A_1 Z} \right). \quad (57)$$

Kui ette on antud  $t_{bk}$ , siis võib määrata  $Z$  väärtuse, mis on vajalik betooni nõutava suhtelise tugevuse  $\eta$  saavutamiseks, valemi (57) ümbermoodustamisega:

$$Z = \frac{t_o}{A_1 (t_o - t_{bk})}. \quad (58)$$

10) Määratakse  $1 \text{ m}^3$  betooni soojendamiseks tarvitav soojuse hulk hoidmisperioodi  $Z$  vältel:

$$Q_o = (1+\psi)C_o t_o + Z_o [K_r (M_p - M_k) (t_{bk} - t_{v0}) + K_{k0} M_k (t_k - t_{v0})] \text{ kcal/m}^3; \quad (59)$$

maksimaalne tunnitարvidus määratakse valemiga:

$$Q_t = t_o c_o (1-y_t) (1+\varphi) + K_r (M_p - M_k) (t_o - t_{v0}) + K_{k0} M_k (t_k - t_{v0}) \text{ kcal/m}^3 \text{ h}, \quad (60)$$

kus  $y_t = e^{-A_1 t}$ ;  $y_t$  väärtus määratakse graafikust (joon. 47,48), võttes  $x = A_1 t$ . Maksimaalne tunnitարvidus esineb soojendamise esimesel tunnil.

Vastavad aurutarvidused  $A_o$  ja  $A_t$  määratakse valemitega (51) ja (52).

Valemitega (59) ja (60) arvutatavad  $Q_o$  ja  $Q_t$  väärtused vastavad ideaalsele juhule, kus kogu soojuse hulk kasutatakse täielikult (ilma kadudeta) ära. Tegeliktes tingimustes aga esinevad paratamatud soojakaod auru näol, mis väljub kapillaaride lõppavadest; lisaks sellele esineb auru väljatungimine raketislaudade ühenduskohtadest piki kapillaare ja aurujaotuskarbi ühendustest kilbiga. Seepärast vajavad arvutusega saadud soojakulu väärtused korrigeerimist. Ebatootlike soojakadude suuruseks hinnatakse ligikaudu 25–50% arvutuse kohaselt vajatavast soojuse hulgast.

Näide. Arvutada  $50 \times 50 \text{ cm}$  põiklõikega 6 m kõrguse samba kapillaar-raketise hoidmise tingimused betooni suhtelise tugevuse  $\eta = 50\%$   $R_{28}$  saavutamiseks. Betoon on valmistatud räbu-portlandtsemendil. Raketis, paksusega 25 mm, on soojustatud. Välisõhu temperatuur  $t_{v0} = -25^\circ$ .

Võtame kapillaaride arvuks  $n_k = 8$ . Kapillaarid olgu kaetud katuseplekiga. 25 mm paksuse raketise puhul on kapillaaride laius

$$b_k = 0,04 \text{ m}.$$

Määrame:

$$M_p = \frac{4}{0,5} = 8,0; \quad M_k = \frac{8 \cdot 0,04}{0,5 \cdot 0,5} = 1,28;$$
$$M_p - M_k = 6,72; \quad \frac{M_p}{M_k} = 6,25; \quad \frac{M_p}{M_k} - 1 = 5,25;$$
$$t_k = 100 - 0,5 \cdot 6,0 \cdot 2,5 = 92^\circ$$

(samba suure kõrguse tõttu on kapillaarid tükeldatud kahte sektsiooni).

Võttes:

$$K_r = 5,5; \quad K_{kb} = 60; \quad \frac{K_r}{K_{kb}} = 0,09,$$

määrame

$$A_1 = \frac{60 \cdot 1,28 + 5,5 \cdot 6,72}{600} \approx 0,19,$$

$$t_o = \frac{92 - 25 \cdot 0,09 \cdot 5,25}{1 + 0,09 \cdot 5,25} \approx 54^\circ.$$

Valime soojendamise kestuse  $Z_o = 36$  tundi.

Kuna  $x = A_1 Z = 0,19 \cdot 36 \approx 6,8$  puhul suurus  $y = 0,001$  (graafikust joon. 48), siis võib  $y$  arvestamisest ilmselt loobuda ja määrata betooni keskmine temperatuur ligikaudselt valemist

$$t_{bk} = 54 \left( 1 - \frac{1}{0,19 \cdot 36} \right) = 46^\circ.$$

Graafikust (joon. 46), mis seob betooni tugevuse tema hoidmise kestuse ja temperatuuriga, näeme, et valitud hoidmisperiood  $Z = 36$  tundi kindlustab  $t_{bk} = 46^\circ$  juures betoonsambale suhtelise tugevuse  $\eta_l$  50%  $R_{28}$  saavutamise.

Määrame vajatava soojahulga 1 m<sup>3</sup> betooni kohta.

Võtame

$$K_{k\delta} = 10; \quad c_o = 600; \quad \varphi = 0,15.$$

1. Kogu soojakulu hoidmisperioodi ( $Z = 36$  tundi) vältel:

$$Q_o = 1,15 \cdot 600 \cdot 54 + 36[5,5 \cdot 6,72(46 + 25) + 10 \cdot 1,28(92 + 25)] = \\ = 37\,260 + 148\,400 \approx 185\,700 \text{ kcal/m}^3.$$

2. Soojuse maksimaalne kulu tunnis:

$$Q_t = 54 \cdot 0,17 \cdot 600 \cdot 1,15 + 5,5 \cdot 6,72(46 + 25) + \\ + 10 \cdot 1,28(92 + 25) \approx 10\,500 \text{ kcal/m}^3\text{h};$$

$$y_t = e^{-A_1} = e^{-0,19} = 0,83; \quad 1 - y_t = 0,17.$$

Arvutame aurukulu 1 m<sup>3</sup> betooni kohta, võttes ebatootlikke soojakadusid arvestava parandusteguri suuruseks  $\mu = 1,33$ ;

a) auru kulu soojendusperioodi kohta

$$A_o = 0,002 \mu Q_o = 0,002 \cdot 1,33 \cdot 185\,700 \approx 495 \text{ kg/m}^3;$$

b) auru maksimaalne kulu tunnis

$$A_t = 0,02 \mu Q_t = 0,02 \cdot 1,33 \cdot 10\,500 \approx 28 \text{ kg/m}^3.$$

## BETOONI ELEKRISOOJENDUS

## A. Üldised alused

Betoonkonstruktsioonide elektriga soojendamist kasutatakse favaliselt siis, kui betooni hoidmise termosmenetlus ei kindlusta püstitatud tähtaja jooksul betoonile ettenähtud suhtelist tugevust ja ka siis, kui soovitakse betoonile lühikese ajaiga saavutada vajalikku tugevust.

Betooni elektrisoojenduse meetod on rajatud elektrienergia muundumisele soojusenergiaks tema voolamisel läbi voolujuhtme. Betooni elektrisoojendust võib teostada:

a) voolu vahetu juhtimise teel läbi konstruktsiooni paigaldatud betooni, kasutada seejuures metallist elektroode;

b) elektriliste küttekehadega (takistusahjudega);

c) termoaktiivse raketise või termoaktiivse saepurukihi abil.

Konstruktsioonide soojendamine elektroodmeetodil toimub soojuse arvel, mis eraldub vahetult vooluahelasse lülitatud betoonkehasse; küttekehade, termoaktiivse raketise või termoaktiivse saepurukihi kasutamise puhul soojenevad konstruktsioonid soojuse arvel, mis kandub betoonile vahepealselt, soojendatavalt keskkonnalt.

Vahepealse, soojendatava keskkonnana võib kasutada õhku, vett, niisket saepuru või ka kõvasid kehasid eriliste kütteelementide näol (Bogatõreivi elektrisilindrid НИЛЭС-и elektritäägid).

Kõige enam on kasutamist leidnud betooni soojendamise elektroodmeetod ja konstruktsioonide soojendamine elektriahjade poolt kõetava õhu abil.

## B. Betooni soojendamine elektroodidega

Elektroodsoojenduse puhul võib betooni hoidmise aja jagada kolmeks perioodiks, mis erinevad üksteisest soojusrežiimi karakteristikade poolest:

1) ülessoojendamise perioodi  $Z_1$  iseloomustab betooni temperatuuri pidev tõus algtemperatuurilt  $t_{bz}$  kuni maksimaalse arvutus temperatuurini  $t_{arv}$ ;

2) isotermilist hoidmise perioodi  $Z_2$  iseloomustab ühtlane betooni temperatuur  $t_{arv}$ ;

3) termosoidmise perioodi  $Z_3$  iseloomustab betooni temperatuuri järkjärguline alanemine maksimaalselt temperatuurilt  $t_{arv}$ , mis saavutati ülessoojendamise lõpul, kuni lõpptemperatuurini  $t_{bz}$ , mille juures algab betooni külmumine.

Üksikute loetletud perioodide kestused määratakse eelneva soojustehnilise arvutusega.

## 1. Betooni elektrisoojenduse temperatuurirežiimide arvutus

Arvutus toimub samade lähteandmete alusel, mida kasutati betooni teistegi hoidmisviiside puhul. Termosperioodi mõju betooni tugevuse kasvule omab elektrisoojenduse puhul praktilist tähendust siis, kui konstruktsiooni pinna-

moodul  $M_p \leq 8$  või kui kasutatakse soojustatud raketist. Ometi kasutatakse viimast seoses tema kõrge maksumusega ja keeruka konstruktsiooniga võrdlemisi harva, eriti veel kui betoneeritav konstruktsioon on suure pinnamooduliga.

Kui konstruktsioone, mille pinnamoodul on üle 8, betoneeritakse tavalistes raketistes, siis termosperioodi mõju ei arvestata ja arvutusel lähtutakse nõudest, et etteantud betooni lõpptugevus saavutataks eranditult elektrisoojenduse arvel.

Teisest küljest võib esineda põhitegurite (massiivsus, soojaisolatsioon ja meteoroloogilised tingimused) selline koosmõju, mille juures võib osutada küllaldaseks betooni ülessoojendamine teatava temperatuurini ning sellele järgnev betooni termoshoidmine — elektertermos (vt. joon. 81, a).

Lõpuks võib esineda juhtumeid, kus osutub otstarbekaks arvestada kõiki kolme perioodi: ülessoojendamist, isothermilist ja termoshoidmist.

Arvutuste tulemusena tuleb valida kõige otstarbekam betooni hoidmise režiim ning määrata soojustusviis, elektrienergia kogu- ja maksimaalne kulu 1 m<sup>3</sup> betooni kohta, soojendatava päevase haardeala mõõtmed ja soojendamiseks vajalikud elektriseadmed. Peale selle peab olema koostatud temperatuurigraafik, et võimaldada hoidmisrežiimi kontrollimist.

Temperatuurirežiimide määramisel arvestatakse järgmisi nõudeid:

betooni algtemperatuur  $t_{ba}$  võtta mitte alla 5°;

betooni temperatuur ülessoojendamise lõpul  $t_{arv}$  ei tohi olla kõrgem tabelis 62 toodud väärtustest.

Betooni temperatuuri tõusmise kiirus ülessoojendamisel

$$t = \frac{t_{arv} - t_{ba}}{Z_1}$$

ei tohi ületada massiivsete konstruktsioonide ( $M_p < 6$ ) puhul 5° tunnis ja tavaliste konstruktsioonide ( $M_p > 6$ ) puhul 8° tunnis.

Tabel 62

Betooni lubatav piirtemperatuur olenevalt tsemendi liigist ja margist ning  $M_p$  väärtusest

Tsemendi liik	Mark	Piirtemperatuur °C $M_p$ väärtuste puhul		
		alla 10	10—15	üle 15
Räbu-portlandtsement . . . . .	300	80	60	40
Puzzolaan-portlandtsement . . . . .	300	80	60	45
Portlandtsement . . . . .	300—400	70	50	45
„	500	40	40	35

Betooni temperatuur termosperioodi lõpul  $t_{bl}$  ei tohi olla alla 4°.

Betooni piirdekonstruktsioonide soojajuhtivuse  $K$  määramiseks tuleb kasutada järgnevaid valemeid, milles on arvesse võetud katseliselt kindlakstehtud erinevused soojaisolatsiooni soojapidavuses, mis esinevad elektrisoojenduse tingimustes:

a) soojustamata raketise puhul paksusega  $h_r$  (m)

$$K = \frac{1}{0,05 + 10 h_r} \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}; \quad (61)$$

b) raketise puhul, mis on kaetud soojapidava kihiga paksusega  $h_s$  (m):

$$K = \frac{1}{0,05 + 10 h_r + 0,7 \frac{h_s}{\lambda}} \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}; \quad (62)$$

c) juhul kui lisaks raketisele on olemas puidust välisvooder paksusega  $h_v$  (m) ja vahepealne täidis paksusega  $h_s$  (m):

$$K = \frac{1}{0,05 + 10 (h_r + 0,5 h_v) + \frac{h_s}{\lambda}} \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}. \quad (64)$$

Soojaerijuhtivuse  $\lambda$  väärtused võetakse tabelitest 33 ja 34.

Kui arvestatakse ka termosperioodi mõju, siis madalamamargiliste tsemendite (mitte üle 400) kasutamisel tsemendi eksotermiat arvesse ei võeta (välja arvatud juhud, kus kasutatakse elektritermost).

Betooni hoidmise lõpul nõutava betooni tugevuse  $\eta_l$  määramisel tuleb arvesse võtta, et betooni tugevuse kasv pärast 50%  $R_{28}$  kulgeb äärmiselt aeglaselt. Seepärast kutsub  $\eta_l > 50\%$   $R_{28}$  määramine esile soojendamiskestuse tunduva pikenemise, elektrienergia kulu tunduva tõusu ja elektriseadmete ringluse aeglustumise. Seoses sellega osutub enamikel juhtudel, kus on vajalik betoon viia tugevuseni üle 50%  $R_{28}$ , otstarbekamaks üleminek kõrgemamargilisele betoonile (võrreldes projektiga).

Betooni hoidmise režiim omab elektrisoojenduse puhul mitu staadiumi. Seepärast on temperatuurigraafikute arvutamist kõige lihtsam läbi viia ekvivalentsete aegade meetodil.

Pärast elektrisoojendusrežiimi valimist ning suuruste  $t_{ba}$ ,  $t_{arv}$ ,  $\Delta t$ ,  $M_p$  ja  $K$  määramist teostatakse järgmine arvutus.

Määratakse ülessoojendamisperioodi kestus:

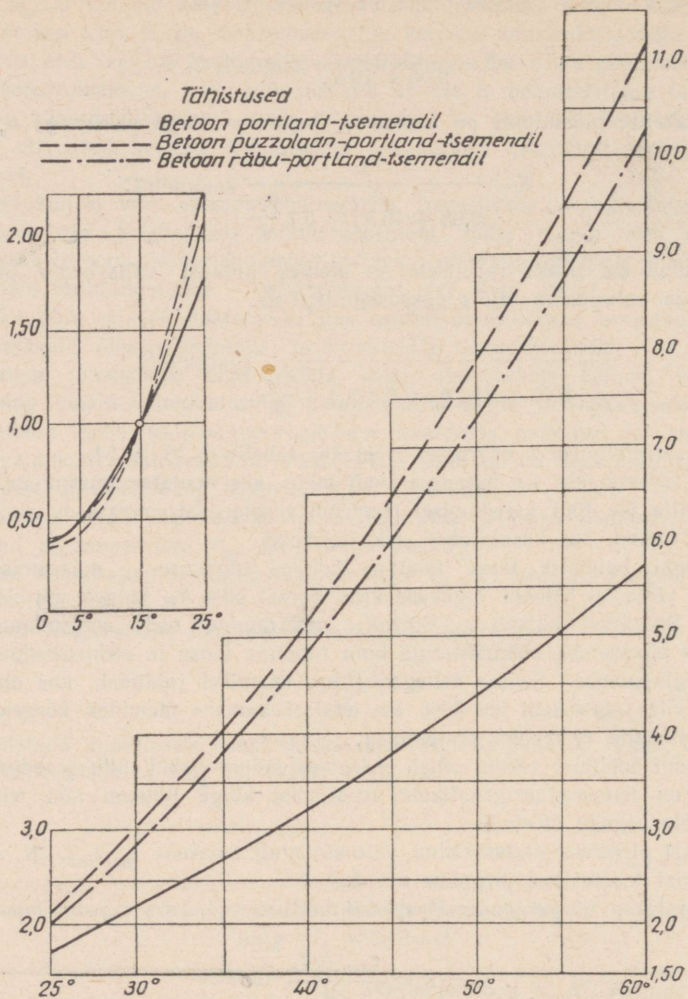
$$Z_1 = \frac{t_{arv} - t_{ba}}{\Delta t} \text{ tundi.}$$

Määratakse betooni keskmine temperatuur ülessoojendamisperioodil:

$$t'_{bk} = \frac{t_{arv} + t_{ba}}{2}.$$

Laboratoorsete andmete alusel või nende puudumisel tehniliste tingimuste orienteeruvate graafikute (vt. joon. 44, 45, 46) alusel tehakse kindlaks betooni hoidmise kestus  $Z'_0$  (tundi) etteantud tugevuse  $\eta_l$  saavutamiseks temperatuuril  $t = 15^\circ$ .

Betooni elektrisoojenduse ja termosoidmise ühendamise puhul määratakse (arvestamata eksotermiat) betooni jahtumise kestus temperatuurilt  $t_{arv}$  kuni  $t_{bl}$  valemi järgi:



Joon. 67. Betooni hoidmise ekvivalentsete aegade parameetrid mitmesuguste tsementide puhul.

$$Z_3 = \frac{2,3}{A_1} \lg \frac{t_{arv} - t_{v\bar{o}}}{t_{bl} - t_{v\bar{o}}} \text{ tundi,}$$

kus

$$A_1 = \frac{KM_p}{600};$$

samuti arvutatakse betooni keskmine temperatuur sellel perioodil:

$$t''_{bk} = \frac{A_0 y_0}{Z_3} + t_{v\bar{o}},$$

kus

$$A_0 = (t_{arv} - t_{v0}); y_0 = \frac{1-y}{A_1}; y = e^{-x}; x = A_1 Z_3;$$

suurus  $y$  leitakse tabelitest või graafikute (joon. 47, 48) järgi.

Graafikute (joon. 67) järgi leitakse ekvivalentsete aegade parameetrid:  $P_1$  vastab temperatuurile  $t'_{bk}$ ;  $P_2$  vastab temperatuurile  $t_{arv}$ ;  $P_3$  vastab temperatuurile  $t''_{bk}$ .

Määratakse isothermilise perioodi kestus:

$$Z_2 = \frac{Z_0 - P_1 Z_1 - P_3 Z_3}{P_2} \text{ tundi.}$$

Kui soojendamine toimub ilma termosperioodi arvestamiseta, siis

$$Z_3 = 0 \text{ ja } Z_2 = \frac{Z'_0 - P_1 Z_1}{P_2}.$$

Kui betooni hoitakse elektritermosmeetodil, siis teostatakse jahtumise arvutus tavalise termoshoidmise arvutuse kohaselt, ilma ülessoojendamisperioodi mõju arvestamata.

## 2. Elektrienergia kogukulu ja maksimaalse võimsuse määramine

Elektrienergia tunnikulu on betooni ülessoojendamise perioodil suurem kui isothermilise soojendamise perioodil, kuna esimesel juhul liituvad soojusenergia, mis kulutatakse betooni temperatuuri tõstmiseks vastavalt etteantud  $\Delta t$  väärtusele:

$$q_1 = 600 \Delta t \text{ kcal/m}^3\text{h,}$$

ja energia, millega kaetakse soojakaod läbi betooni piirdekonstruktsioonide välisõhku:

$$q_2 = K M_p (t_2 - t_{v0}) \text{ kcal/m}^3\text{h,}$$

kus  $t_2$  — betooni temperatuur vaadeldaval ülessoojendamise momendil.

$q_1$  on ülessoojendamise perioodil konstantne,  $q_2$  aga kasvab pidevalt koos  $t_2$  suurenemisega ja saavutab suurima väärtuse  $t_2 = t_{arv}$  juures.

Selleks et lihtsustada betooni soojendamiseks vajatava elektrienergia hulga arvutamist, loetakse soojus, mis kulutatakse piirdematerjalide ülessoojendamiseks, võrdseks soojusega, mis eraldub tsemendist keemiliste reaktsioonide tulemusena ülessoojendamise ja isothermilise soojendamise perioodidel. Järelikult ei kuulu need kumbki arvestamisele.

1 m<sup>3</sup> betooni ülessoojendamiseks vajatav maksimaalne võimsus (elektrienergia kulu 1 tunnis) määratakse valemiga:

$$N_m = \frac{q_1 + q_2}{864} = \frac{600 \Delta t + K M_p (t_{arv} - t_{v0})}{864} \text{ kW/m}^3. \quad (65)$$

Isothermilise soojendamise kestel betooni temperatuur ei tõuse ( $q_1 = 0$ ) ja järelikult 1 m<sup>3</sup> betooni temperatuuri säilitamiseks vajatav võimsus määratakse sellel perioodil avaldisega:

$$N_m = \frac{q_2}{864} = \frac{KM_p(t_{arv} - t_{v\delta})}{864} \text{ kW/m}^3. \quad (66)$$

See võimsus on konstantne kogu isotermilise soojendamise perioodil.

Elektrienergia kogukulu valitud soojusrežiimi tagamiseks kogu soojendus-tsükli kestel määratakse valemitega:

a) betooni ülessoojendamise ja isotermilise soojendamise puhul

$$P_o = \frac{1}{864} \{600(t_{arv} - t_{ba}) + KM_p[(t_{b\kappa} - t_{v\delta})Z_1 + (t_{arv} - t_{v\delta})Z_2]\} \text{ kWh/m}^3; \quad (67)$$

b) ülessoojendamise puhul ilma isotermilise soojendamiseta

$$P_o = \frac{1}{864} [600(t_{arv} - t_{ba}) + KM_p Z_1 (t_{b\kappa} - t_{v\delta})]. \quad (68)$$

Betooni hoidmise temperatuurigraafikute arvutamise kord elektrood-soojenduse puhul ja elektrivoolu maksimaalse võimsuse kogukulu arvutus on esitatud järgnevatel näidetes.

**Näide.** On vaja määrata soojusrežiim, elektrivoolu maksimaalne võimsus ja elektrienergia kogukulu  $40 \times 40$  sm põiklõikega raudbetoonposti soojendamisel järgmiste lähteandmete korral:

betooni suhteline tugevus hoidmise lõpul:

$$\eta_t = 50\% R_{28};$$

betoon valmistatakse räbu-portlandtsemendil mark 300; tsemendi sisaldus betoonis 240 kg/m<sup>3</sup>;

välisõhu arvutustemperatuur

$$t_{v\delta} = -20^\circ;$$

raketis — tavaline, 25 mm paksustest soojustamata kilpidest.

Arvutus. Kuna konstruktsiooni pinnamoodul on üle 8 ja kasutatakse soojustamata raketist, siis loobume betooni jahtumisperioodi mõju arvestamisest tugevuse kasvule ( $Z_3 = 0$ ).

Määrame pinnamooduli:

$$M_p = \frac{4}{0,4} = 10.$$

Tabeli 62 alusel valime järgmised suurused:

temperatuur ülessoojendamise lõpul

$$t_{arv} = 60^\circ;$$

temperatuuri tõstmise kiirus

$$\Delta t = 7^\circ \text{ tunnis.}$$

Võttes betooni algtemperatuuri väärtuseks 4°, määrame ülessoojendamise perioodi pikkuse:

$$Z_1 = \frac{t_{arv} - t_{ba}}{\Delta t} = \frac{60 - 4}{7} = 8 \text{ tundi,}$$

betooni keskmine temperatuur ülessoojendamise perioodil:

$$t_{bk} = \frac{t_{ba} + t_{arv}}{2} = \frac{4 + 60}{2} = 32^\circ.$$

Määrame betooni hoidmise kestuse kuni 50%  $R_{28}$  saavutamiseni  $t = 15^\circ$  juures (graafikust joon. 46):

$$Z'_0 = 9 \text{ päeva} = 216 \text{ tundi.}$$

Graafikute (joon. 67) järgi määrame ekvivalentsete aegade pikkused räbuportlandtsemendi puhul:

kui  $t = t_{bk} = 32^\circ$ , siis  $P_1 = 3,1$ ;

kui  $t = t_{arv} = 60^\circ$ , siis  $P_2 = 10,1$ .

Järelikult:

$$Z_2 = \frac{216 - 3,1 \cdot 8}{10,1} \approx 19 \text{ tundi.}$$

Soojendamise kogu kestus:

$$Z_0 = Z_1 + Z_2 = 8 + 19 = 27 \text{ tundi.}$$

Määrame raketise soojajuhtivuse:

$$K = \frac{1}{0,05 + 10 \cdot 0,025} = 3,3 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C.}$$

Määrame voolu maksimaalse võimsuse tema isotermlise soojendamise perioodil ja elektrienergia kulu:

a) maksimaalne võimsus

$$N_m = \frac{600 \Delta t + KM_p (t_{arv} - t_{v\delta})}{864} = \frac{600 \cdot 7 + 3,3 \cdot 10 (60 + 20)}{864} = 7,9 \text{ kW/m}^3;$$

b) võimsus isotermlise soojendamise perioodil

$$N_m = \frac{KM_p (t_{arv} - t_{v\delta})}{864} = \frac{3,3 \cdot 10 (60 + 20)}{864} \approx 3,1 \text{ kW/m}^3;$$

c) energia kulu

$$\begin{aligned} P_0 &= \frac{600 (t_{arv} - t_{ba}) + KM_p [(t_{bk} - t_{v\delta}) Z_1 + (t_{arv} - t_{v\delta}) Z_2]}{864} = \\ &= \frac{600 (60 - 4) + 3,3 \cdot 10 [(32 + 20) 8 + (60 + 20) 19]}{864} \approx 113 \text{ kWh/m}^3. \end{aligned}$$

Ülessoojendamise kiiruse  $\Delta t$  vähendamisega on võimalik vähendada maksimaalset võimsust. Seejuures suurenevad aga soojendamise kestus ja energia kogukulu. Võttes näiteks vaadeldud juhu puhul  $\Delta t = 4^\circ$  tunnis, saame:

$$Z_1 = \frac{60 - 4}{4} = 14 \text{ tundi}; \quad t_{bk} = \frac{60 + 4}{2} = 32^\circ;$$

$$P_1 = 3,1; \quad P_2 = 10,1;$$

$$Z_2 = \frac{216 - 3,1 \cdot 14}{10,1} \approx 17 \text{ tundi};$$

$$N_m = \frac{600 \cdot 4 + 3,3 \cdot 10(60 + 20)}{864} \approx 5,9 \text{ kWh/m}^3;$$

$$P_o = \frac{600(60 - 4) + 3,3 \cdot 10[(32 + 20)14 + (60 + 20)17]}{864} \approx 120 \text{ kWh/m}^3;$$

$$Z_o = 14 + 17 = 31 \text{ tundi.}$$

Teeme eelmise ülesande tingimustes järgmised muudatused.

Soojendatavaks konstruktsiooniks on raudbetootala põiklõikega  $30 \times 60$  sm. 25 mm paksused raketise külkilbid on soojustatud 10 mm paksuse vilidiga ja tõrvapapiga. Betooni ülemine pind on kaetud 10 mm paksuse saepuru kihiga ja tõrvapapiga. 50 mm paksune raketise põhi on soojustamata.

Ülejäänud tingimused jätame endisteks.

Arvutus. Antud juhul ei ole õige loobuda betooni tugevuse kasvu arvestamisest tema jahtumise perioodil, kuna hoitava elemendi kolm pinda on võrdlemisi hästi soojustatud.

Määrame pinnamooduli:

$$M_p = \frac{2(0,3 + 0,6)}{0,3 \cdot 0,6} = 10;$$

$$\text{võtame } \Delta t = 6^\circ \text{ tunnis; } t_{arv} = 65^\circ \text{ ja } t_{ba} = 5^\circ.$$

Määrame ülessoojendamise kestuse  $Z_1$  ja betooni keskmise temperatuuri sellel perioodil  $t'_{bk}$ :

$$Z_1 = \frac{65 - 5}{6} = 10 \text{ tundi; } t'_{bk} = \frac{65 + 5}{2} = 35^\circ.$$

Määrame piirdekonstruktsioonide soojajuhtivused (ülessoojendamise perioodil):

a) tala ülemise piirde jaoks

$$K_u = \frac{1}{0,05 + 0,8 \frac{0,10}{0,08}} = 0,95;$$

b) külgpindade piirde jaoks

$$K_k = \frac{1}{0,05 + 10 \cdot 0,025 + 0,7 \frac{0,01}{0,05}} = 2,27;$$

c) alumise pinna piirde jaoks

$$K_a = \frac{1}{0,05 + 10 \cdot 0,05} = 1,82.$$

Kuna üksikute pindade soojapiirded on erinevad, siis määrame tala 1 m pikkuse osa kohta:

ülemise piirde pinna

$$F_u = 1,0 \cdot 0,3 = 0,3 \text{ m}^2;$$

külgmise piirde pinna

$$F_k = 2 \cdot 1,0 \cdot 0,6 = 1,2 \text{ m}^2;$$

alumise piirde pinna

$$F_a = 1,0 \cdot 0,3 = 0,3 \text{ m}^2$$

ja arvutame soojapiirde keskmise soojajuhtivuse:

$$K_1 = \frac{(K_u F_u + K_k F_k + K_a F_a)}{F_u + F_k + F_a} = \frac{0,95 \cdot 0,3 + 2,27 \cdot 1,2 + 1,82 \cdot 0,3}{0,3 + 1,2 + 0,3} \approx 2,0.$$

Määrame suuruse  $A_1$ , mis on vajalik termosjahtumise arvutamiseks (võttes  $\beta=1,3$ ):

$$A_1 = \frac{K_1 M_p}{600} = \frac{1,3 \cdot 2,0 \cdot 10}{600} \approx 0,043.$$

Andnud seejärel ette betooni temperatuuri jahtumisperioodi lõpul  $t_{bl}=5^\circ$ , määrame jahtumise kestuse temperatuurilt  $t_{arv}$  kuni  $t_{bl}$

$$Z_3 = \frac{2,3}{0,043} \lg \frac{65 + 20}{5 + 20} \approx 28.$$

Graafikust (joon. 48) leiame  $y$ , määrates eelnevalt suuruse

$$A_1 Z_3 = 0,043 \cdot 28 \approx 1,21;$$

$$y = 0,298;$$

siit

$$y_0 = \frac{1 - y}{A_1} = \frac{0,702}{0,043} \approx 16,3$$

ja

$$t''_{bk} = \frac{A_0 y_0}{Z_3} + t_{v\bar{o}} = \frac{85 \cdot 16,3}{28} - 20 \approx 28^\circ.$$

Graafikute (joon. 67) abil määrame ekvivalentsed ajad:

$$\text{kui } t = t'_{b\bar{c}} = 35^\circ, \text{ siis } P_1 = 3,7;$$

$$\text{kui } t = t''_{b\bar{c}} = 28^\circ, \text{ siis } P_2 = 2,8;$$

$$\text{kui } t = t_{arv} = 65^\circ, \text{ siis } P_3 = 11,8.$$

Määrame isothermilise soojendamise kestuse

$$Z_2 = \frac{Z'_0 - P_1 Z_1 - P_3 Z_3}{P_2} = \frac{216 - 3,7 \cdot 10 - 2,8 \cdot 28}{11,8} \approx 9 \text{ tundi}$$

ja soojendamise kogukestuse

$$Z_0 = Z_1 + Z_2 = 10 + 9 = 19 \text{ tundi.}$$

Teeme kindlaks maksimaalse võimsuse

$$N_m = \frac{600 \Delta t + K_1 M_p (t_{arv} - t_{v\bar{o}})}{864} = \frac{600 \cdot 6 + 2,0 \cdot 10 (65 + 20)}{864} \approx 6 \text{ kW/m}^3$$

ja elektrienergia kogukulu

$$P_0 = \frac{600 (65 - 5) + 2,0 \cdot 10 [(30 + 20) 10 + (65 + 20) 9]}{864} \approx 71 \text{ kWh/m}^3.$$

### 3. Betooni elektrisoojenduse organiseerimine

Tehniliste tingimustega on kindlaks määratud, et betooni elektrisoojendust tuleb tingimata teostada voolu pingega 50–100 V piirides, kasutades seejuures transformatoreid. Ainult armeerimata betoonkonstruktsioonide ja vähearmeeritud raudbetoonkonstruktsioonide, mille armatuurisisaldus ei ületa 50 kg kuupmeetri kohta, elektrisoojendust elektrodidega lubatakse teostada pingel 120–380 V. Kui voolupinge on 380 V, siis tuleb elektrodid ühendada nulljuhtmega, et tööpinge betoonis ei ületaks 220 V.

Betooni vahetu lülitamine elektrivooluahelasse teostub metallist elektrodide abil (vardad, ribad, plaadid), mis on lülitatud erinimelistesse faasidesse.

Võimsus, mida vajatakse betooni elektrisoojendusel, määratakse avaldisega:

$$N_z = \frac{U^2}{R} = \frac{Q_z}{864}$$

$$Q = 0,864 \frac{U^2}{R} Z \text{ kcal,}$$

kus  $N_z$  – betoneeritava konstruktsiooni elektrisoojenduseks vajatav võimsus;

$Q_z$  – betooni elektrisoojendusel tekkiv soojuse hulk;

$U$  – voolu pinge;

$Z$  – aeg tundides;

$R$  – soojendatava betooni oomiline takistus.

$N_z$  suurus peab tagama betoonile soojendamise mistahes momendil soojusrežiimi, mis on ette nähtud betooni hoidmise temperatuurigraafikuga. Ülessoojendamise perioodil  $N_z$  suureneb ühtlaselt, isotermilise soojendamise perioodil ta aga ei muutu.

Betooni oomilise takistuse suurus oleneb elektrodide põiklõikest, nende paigutusest, eriti nende asetusest armatuuri suhtes, armatuuri hulgast ja tema paigutusest betoonis, soojendatava elemendi väliskujust ning lõpuks betooni eritakistusest  $\rho$ . Viimase väärtus oleneb omakorda tsemendi liigist ja tema sisaldusest betoonis, vesitsementtegurist ning betooni temperatuurist. Peale selle muutub  $\rho$  väärtus betooni kivinedes. Et illustreerida betooni eritakistuse muutumist betooni hoidmise protsessi jooksul, võib näiteks märkida, et  $\rho$  väärtus plastsel betoonisegul võib  $t=5^\circ-10^\circ$  juures kõikuda 800 kuni 1500 oom-sm piirides; betooni soojenemise käigus  $\rho$  väärtus algul väheneb kuni 400–600 oom-sm-ini, kasvab aga edasisel soojendamisel betooni kivinedes uuesti ning saavutab betooni suhtelise tugevuse  $\eta_t=50-60\%$   $R_{28}$  juures kuni 3000 oom-sm ja rohkem.

Betooni oomilist takistust mõjutavate tegurite suur hulk ja mitmekesisus teevad tema väärtuse määramise erakordselt raskeks. See asjaolu põhjustabki mõnikord arvutustulemuste õige tunduva erinevise betooni elektrisoojenduse tegelikest tingimustest.

Vaatamata arvutusega saadavate tulemuste ligikaudsusele on elektrisoojenduse kasutamise kogemused näidanud esitatud arvutusviiside kõlblikkust kõikide elektrisoojendusega seotud organisatsiooniliste küsimuste praktika jaoks küllalt täpseks ja täielikuks lahendamiseks.

a) Elektroodid ja nende paigutus soojendatavas konstruktsioonis

Olenevalt oma asetusest soojendatava konstruktsiooni suhtes võib jaotada elektroodid siseelektroodideks, mis asetatakse betooni sisse, ja pindeelektroodideks, mis on kokkupuutes betooni välispinnaga.

Siseelektroodid jagunevad:

1) varraselektroodid, mis on valmistatud 6—10 mm läbimõõduga ümarterasest; asetatakse soojendatavasse elementi risti tema pikiteljega kas betooni lahtiselt pinnalt või läbi vastavate avade raketiskilpides; seda tüüpi elektroode kasutatakse talade, postide, seinte ja plaatide soojendamisel, mille paksus on vähemalt 15 sm;

2) keelelektroodid, mis valmistatakse 6—10 mm läbimõõduga terasest pikkusega 2,5—3 m ja asetatakse betoonkehasse soojendatava elemendi pikisuunas (betoonist väljaulatuvad varraste otsad on üles pööratud täisnurga all). Keelelektroode kasutatakse 25—50 sm paksuste nõrgaltarmeeritud seinte, väiksema põiklõikega plaatvundamentide, üle 20 sm paksuste ühekordse armatuuriga plaatide ning väiksema armatuurisisaldusega talade ja raamiriivide soojendamisel.

Keelelektroodina võib kasutada spiraalset teraslaastu, mis on viidud raketisse ümarrauast varda ümber mähituna. Viimane tõmmatakse välja pärast betooni paigaldamist ja tihendamist.

Pindelektroodid jagunevad:

1) puute-elektroodid, mis valmistatakse 6 mm läbimõõduga ümarterasest või  $1,5 \div 2$  mm paksusest ja 3 kuni 6 sm laiusest ribaterasest. Puute-elektroodidena võib kasutada ka stantsimise jäätmeid, kusjuures ribade laius peab olema vähemalt 15 mm. Puute-elektroodid kinnitatakse raketiskilpide sisepinna külge naelte või vastavate kinnitusklambrite abil; elektroodide otsad painutatakse ära ja juhitakse raketisest välja, kus ühendatakse juhtmestikuga; puute-elektroode kasutatakse vähearmeeritud seinte, lintvundamentide ning talade soojendamiseks, kui kaitsekihi paksus on vähemalt 5 sm; ribaterasest elektroodid leiavad kasutamist vahelagede plaatide soojendamisel;

2) ujuvelektroodid, mis valmistatakse mitte alla 12 mm läbimõõduga varrastest (küllaldase jäikuse kindlustamiseks). Need elektroodid surutakse paigaldatud betooni sisse,  $3 \div 4$  sm sügavusele. Kasutatakse põrandate, betoonist ettevalmistuskihtide ja massiivsete vundamentide pealmiste pindade soojendamisel.

Et vältida elektroodide nihkumist betooni paigaldamisel ja tihendamisel ning eriti nende kokkupuutumist armatuuriga, tuleb nende paigaldamisel:

1) kindlustada, et elektroodide ja armatuuri vaheline vahekaugus oleks

pinge	puhul	65 V	vähemalt	5—7 sm,
„	„	87 V	„	8—10 sm,
„	„	106 V	„	12—15 sm;

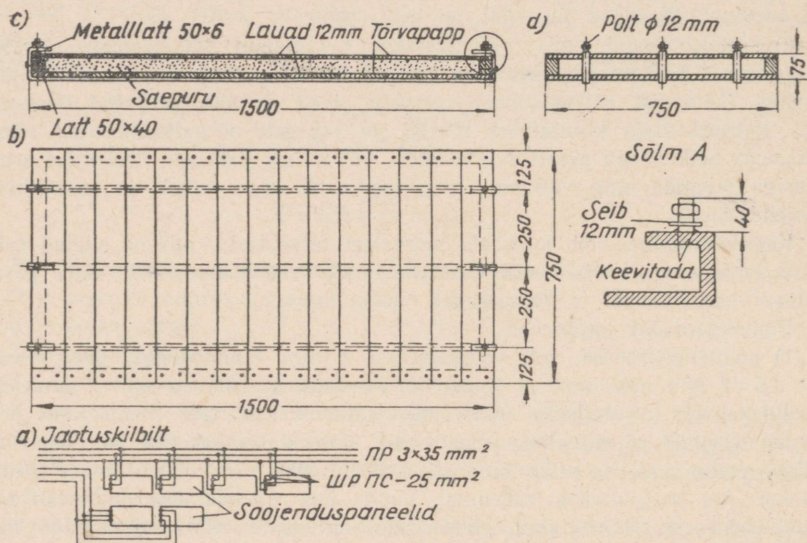
neil juhtudel, kus armatuuri suure tiheduse tõttu ei ole võimalik kinni pidada toodud vahekaugustest elektroodide ja armatuuri vahel, tuleb elektroodide need osad, mis on armatuurile kõige lähemal, ümbritseda isoleeriva kattega (papp, kummitorud jne.);

2) pärast raketiskilpide ja armatuuri paigaldamist puurida raketisse augud elektroodi otste väljajuhtimiseks;

3) kinnitada elektroodid spetsiaalsete montaažvarraste ja betoonisolaatorite külge (joon. 72, 73);

4) jälgida, et betooni tihendamisel vibraatorid ei puutuks elektroodide ja nende kinnitussosade vastu.

Kui varraselektroodid asetatakse kohale pärast betooni paigaldamist nende sisselöömise teel betoonisse, siis peab varraste läbimõõt olema vähemalt 8–10 mm.



Joon. 68. Soojenduspaneelid.

a — soojenduspaneelide asetus ning nende ühendamine võrguga; b — soojenduspaneel plaan; c — soojenduspaneeli pikilõige; d — põiklõige.

Pindelektroodid monteeritakse mõnikord nn. soojenduspaneelide külge, mida kasutatakse õhukeste plaatide, põrandate jne. soojendamisel. Sellised paneelid, kujutades endast inventaarseid seadmeid, koosnevad kilpidest, mille siseküljele on kinnitatud elektroodid; elektroodide otsad on viidud välispinnale ning kujundatud kontaktideks, kuhu kinnitatakse juhtmed (joon. 68).

Elektroodide tüüp, arv, nende mõõtmed ja paigutus peavad kindlustama:

1) soojendatava elemendi kõikide tsoonide küllaldase ja ühtlase soojenemise; seejuures on eriti tähtis jälgida betooni nende alade soojenemist, mis alluvad tugevale jahutamisele (konstruktsioonide nurgad, töövuugid, kokkupuute kohad külmade tugevdega jne.);

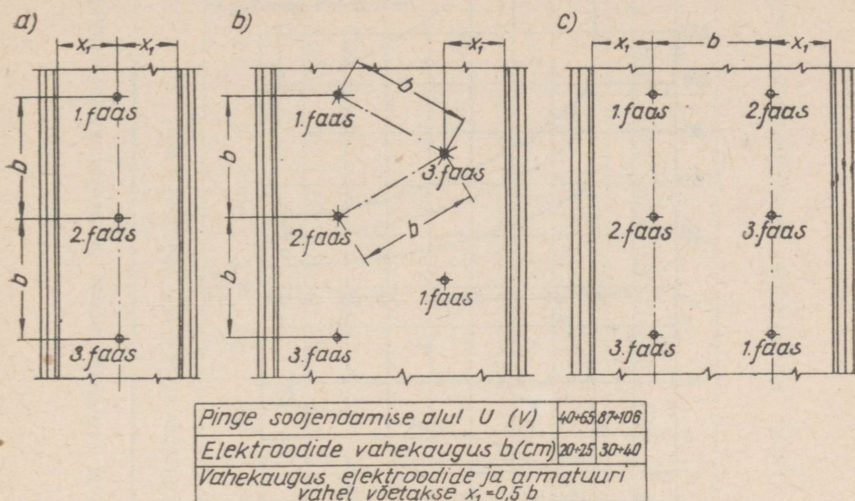
2) elektroodilähedaste tsoonide ülekuumenemise vältimise;

3) voolu ühtlase jagunemise elektroodide ning elektroodide ja armatuuri vahelistes tsoonides;

4) elektrienergia minimaalse tarviduse.

Lisaks sellele tuleb taotleda elektroodideks kasutatava metalli kulu vähendamist ja elektersoojenduse teostamise lihtsustamist.

Sõltumata elektroodide tüübist võib neid lülitada erinimeliste faaside vahele kas ühekaupa või gruppina. Elektroodide lülitamise ühe või teise viisi kasutamise otstarbekus sõltub soojendamise konkreetsetest tingimustest. Valikut mõjutavad seejuures eriti armatuuri hulk ja asetus betoonis, samuti ka soojendatava konstruktsiooni mõõtmed ja väliskuju.



Joon. 69. Erinimelistesse faasidesse ühekaupa lülitatud elektroodide asetuse näitlikud skeemid.

Tihedalt armeeritud konstruktsioonide ning armatuurvarraste ja rangide suure arvu juures on elektroodide ühekaupa ühendamine kõige otstarbekam, kuna neis tingimustes on grupplülituse juures raske kinni pidada vajalikest elektroodide ning elektroodide ja armatuuri vahelistest vahekaugustest.

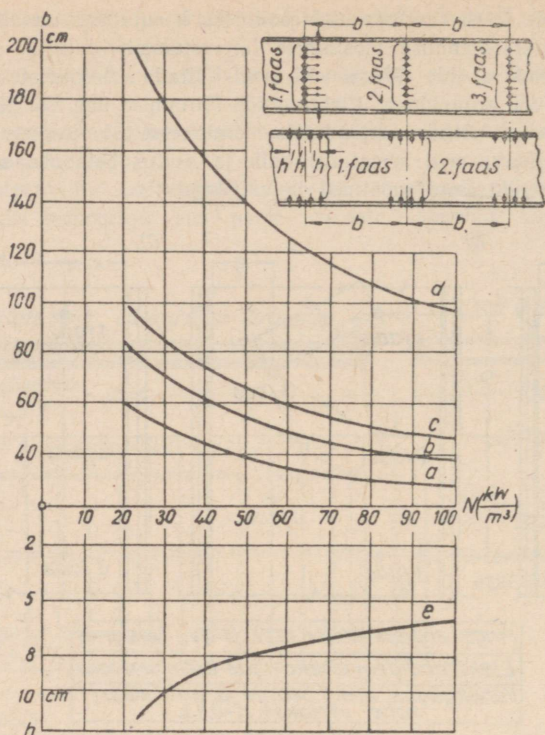
Elektroodide ühendamisel gruppina väheneb voolu tihedus, millega vähenavad tunduvalt ka betooni elektroodilähedaste tsoonide ohtliku ülekuumenemise võimalused. Peale selle võimaldab grupplülitus real juhtudel kasutada konstruktiivselt küljest kõige lihtsamaid elektroodide asetuse ja kinnituse skeeme. Tuleb märkida, et raudbetoonkonstruktsioonide soojendamisel osutub sageli otstarbekaks elektroodide lülitamise mõlema meetodi üheaegne kasutamine.

Ühekaupa lülitatavate elektroodide arvu ja asetusviisi arvutamisel tuleb võtta elektroodide vahekaugused üksteisest (joon. 69) pingepuhul 40–65 V (soojendamise algul) mitte alla 20–25 sm ning pingepuhul 87–106 V mitte alla 30–40 sm.

Armeeritud konstruktsioonide soojendamisel peab vahekaugus ühekaupa lülitatud elektroodide ja armatuuri vahel olema võrdne:

$$x = 0,5 b,$$

kus  $b$  on kaugus elektroodide vahel.



Joon. 70. Graafik elektroodide ( $d = 6$  mm) vahekauguste määramiseks nende gruppasetuse puhul.

$a$  — kõver gruppide vahekauguse määramiseks pingepuhul 65 V;  $b$  — sama 65 V puhul;  $c$  — sama 105 V puhul;  $d$  — sama 220 V puhul (ainult armeerimata betooni jaoks);  $e$  — graafik elektroodide vahekauguste määramiseks grupis;  $h$  — elektroodide vahekaugus grupis — (sm);  $b$  — elektroodgruppide vahekaugus (sm);  $P$  — energia kulu kWh 1 m<sup>3</sup> betooni soojendamiseks (graafikud on koostatud ЦИЭБ andmeil).

Gruppidega lülitatavate  $d = 6$  mm läbimõõduga elektroodide arvu ja asetuskorda võib määrata tabeli 65 andmete või graafikute (joon. 70) kohaselt.

Armeerimata konstruktsioonides võetakse grupi äärmise elektroodi kaugus raketisest võrdseks  $0,5 h$  (kus  $h$  on elektroodide vahekaugus grupis). Armeeritud konstruktsioonides ei tohi grupi äärmiste elektroodide ja armatuuri vaheline kaugus olla väiksem kui pool elektroodidevahelisest kaugusest.

Tabelis 63 on toodud ЦНИЛЭПС-i poolt määratud andmed valemi järgi:

$$N = \frac{U^2}{bh(0,366 \lg h + 0,5 \frac{b}{h} - 0,101)}, \quad (69)$$

kus  $N$  — betoonisse juhitud võimsus kW/m<sup>3</sup>;

$U$  — pingevoltides;

$b$  — elektroodide naabergruppide vahekaugus meetrites;

$h$  — elektroodide vahekaugus grupis;

$\lg$  — kümnendlogaritm.

Andmed elektroodide ( $d=6$  mm) vahekauguste valimiseks nende lülitamise korral gruppide

Pinge $U$ voltides	Vahe- kaugus sm-tes	Voolu võimsuse $N$ (kW/m <sup>3</sup> ) väärtuste puinul															
		2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10
65	b	55	50	48	44	42	39	38	36	34	33	32	31	30	29	29	28
	h	11	10	10	9	8,5	8	7,8	7,5	7,5	7	7	6,5	6,5	6,5	6,5	6
87	b	76	67	63	60	56	54	51	49	47	45	44	42	41	40	39	38
	h	11	10	10	9	8,5	8	8	7,5	7,5	7	7	6,5	6,5	6,5	6,5	6
106	b	91	84	78	73	69	66	63	59	57	54	53	53	51	50	48	47
	h	11	10	10	9	8,5	8	8	7,5	7,5	7	7	6,5	6,5	6,5	6,5	6
220	b	192	180	166	154	146	140	134	127	122	117	112	110	106	102	100	98
	h	11	10	10	9	8,5	8	8	7,5	7,5	7	7	6,5	6,5	6,5	6,5	6

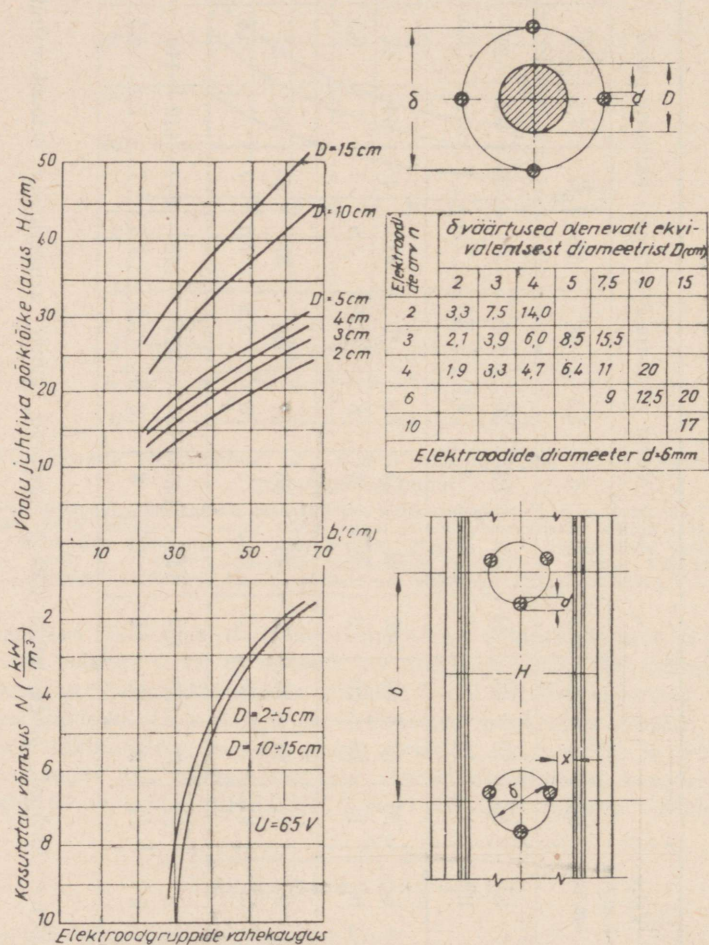
Märkus: Andmed pinge kohta 220 V vastavad ainult armeerimata betoonkonstruktsioonidele.

Tähistus.  $b$  — elektroodide gruppide vahekaugus; $h$  — elektroodide vahekaugus grupis.

Elektrisoojendusel võib vähendada elektroodterase kulu, jaotades elektroode ekvivalentse läbimõõdu meetodil.

Selle meetodi kohaselt asendatakse üks elektrood, mille läbimõõt on  $D$ , grupi väiksema läbimõõduga  $d$  elektroodidega, mis paigutatakse sümmeetriliselt ringjoonele läbimõõduga  $\delta$ . Seejuures saab valida iga elektroodi läbimõõduga  $D$  asemele temale elektriliselt ekvivalentse grupi, mis koosneb  $n$  elektroodist läbimõõduga  $d$ .

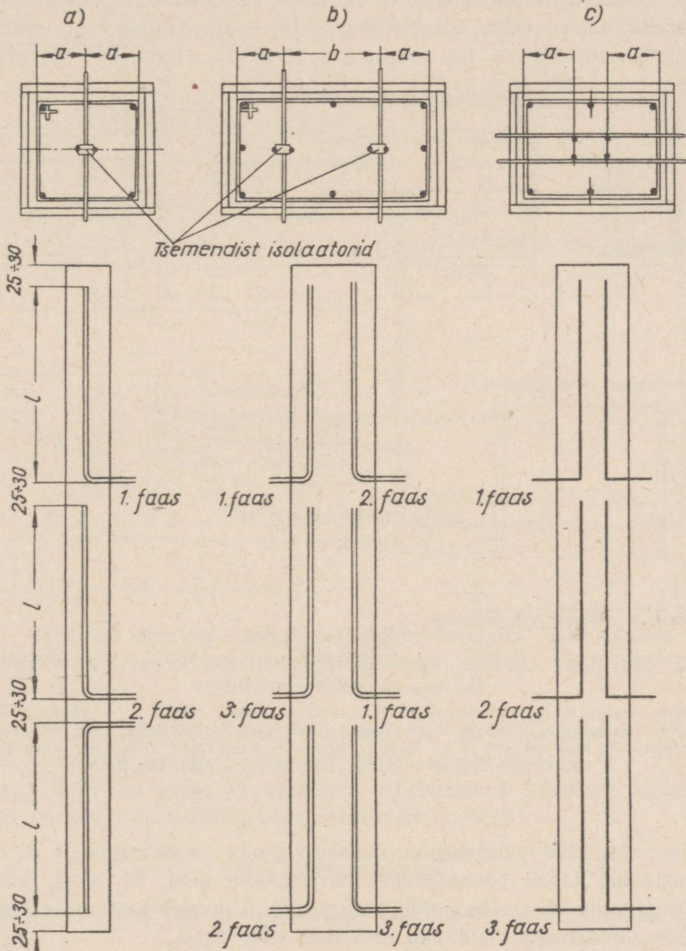
Andmed elektriliste ekvivalentide valimiseks, mis vastavad  $d=6$  mm, on toodud tabelis 64 ja joonisel 71.



Joon. 71. Elektroodide asetus ekvivalentsete diameetrite meetodil (koostatud ЦПЭБ andmeil).

Andmed elektroodide  $d=6$  mm paigutamiseks ekvivalentse läbimõõdu meetodil  
(vt. graafik joon. 71)

Elektroodide arv $n$	Ringjoone läblmõõt $\delta$ (sm) ekvivalentse läbimõõdu $D$ (sm) puhul						
	2	3	4	5	7,5	10	15
2	3,3	7,5	14,0	—	—	—	—
3	2,1	3,9	6,0	8,5	15,5	—	—
4	1,9	3,25	4,7	6,4	11,0	20,0	—
6	—	—	—	—	9,0	12,5	20,0
10	—	—	—	—	—	—	17,0



Joon. 72. Näitlikud skeemid keelelektroodide asetusest postides.

1 — kaugus  $b$  erinevatesse faasidesse lülitatud elektroodide vahel võetakse 40 kuni 60 sm;  
2 — kaugus  $a$  keele ja armatuuri vahel võetakse  $0,5 b$ ; 3 — keele pikkus ärgu olgu üle 3 m.

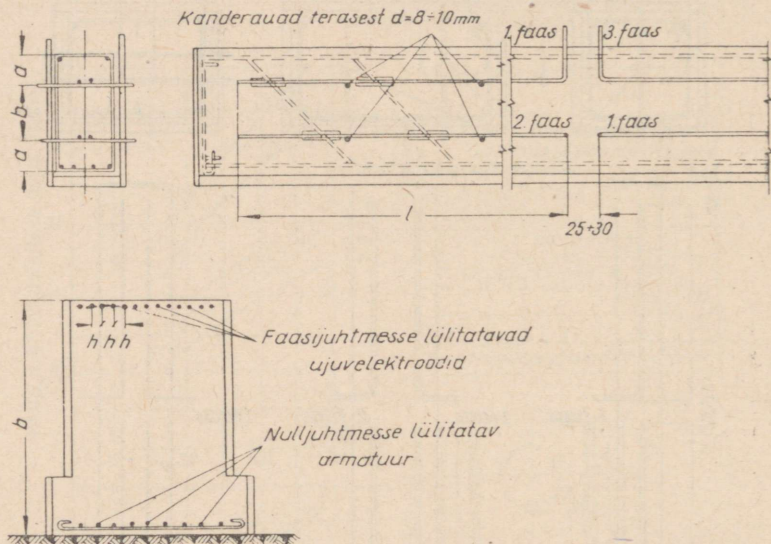
Keelelektroode soovitakse kasutada mitte üle 3 m pikkuste paarislülidena 6—10 mm läbimõõduga traatidest, mille vahekaugus on umbes 5 sm. Lüli ja pikiarmatuuri vaheline kaugus  $b_1$  võetakse tavaliselt 20 kuni 30 sm piirides. Kui seejuures soojendatava elemendi põiklõikesse on võimalik paigutada ainult üks lüli, siis tuleb piki elementi asetada vähemalt kaks lüli, mis lülitatakse skeemi *a* kohaselt (joon. 72).

Keelte sellist asetust tuleb kasutada elementide soojendamisel, millel armatuuri vahekaugus  $h_{arm}$  (elemendi põiklõike pikema külje suunas) ei ületa 40—60 sm. Kui  $h_{arm} = 80 \div 120$  sm, siis asetatakse kaks paralleelset rida lülisid, mis lülitatakse skeemi *b* kohaselt.

Keelte asetuse ja lülitamise kord  $80 > h_{arm} > 60$  on kujutatud skeemil *c*.

Lülide vahekaugus pikisuunas  $b_0$  võetakse võrdseks 25÷30 sm.

Ujuvelektroodide asetuse betoonvundamendi soojendamisel, mis omab armatuuri ainult taldmikus, on kujutatud joon. 73. Siin on ujuvelektroodid

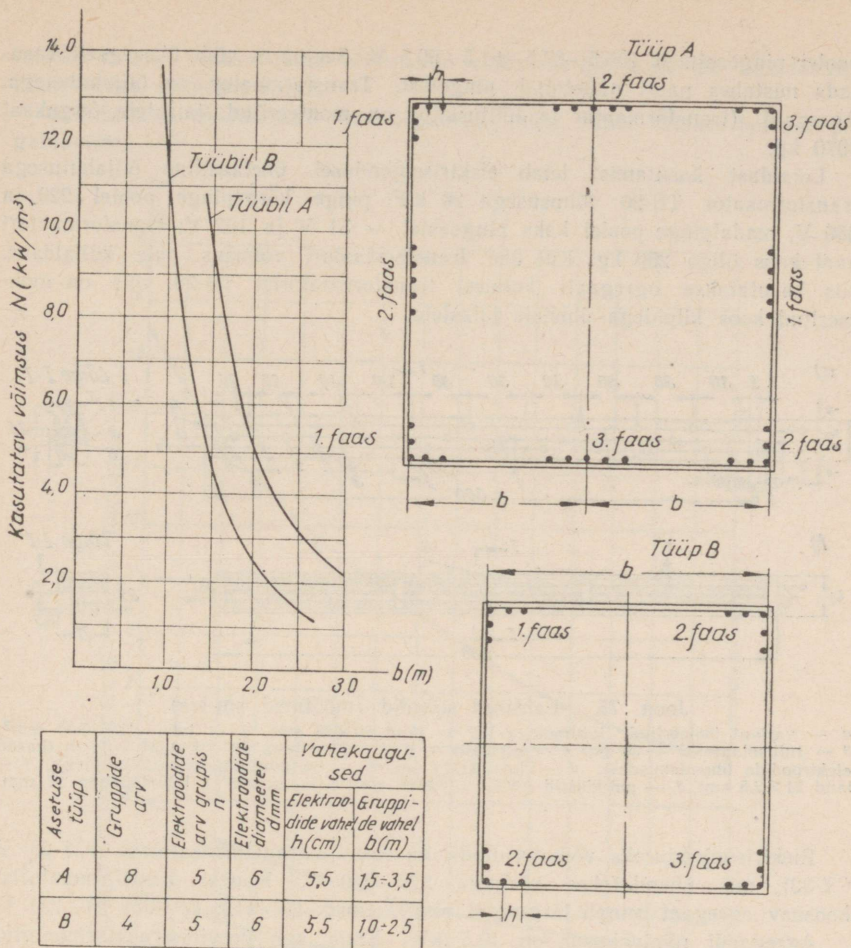


Joon. 73. Näitlikud skeemid keel- ja ujuvelektroodide asetusest raudbetoon-talades ja -vundamentides.

*a* — kaugus keele ja armatuuri vahel; *b* — kaugus keelte vahel; *l* — keele pikkus; *h* — elektroodide vahekaugus grupis; *l* — kaugus erinimelistesse faasidesse lülitatud keelte vahel võetakse 40 kuni 60 sm; 2 — kaugus keele ja armatuuri vahel võetakse pool keelte vahekaugusest; 3 — keele pikkus ärgu olgu üle 3 m.

( $d=6$  mm) asetatud vundamendi ülemisse pinda vahekaugustele *h*, mis valitakse vastavalt tabeli 63 andmeile või graafiku joon. 70 järgi, võttes seejuures kauguseks  $b_0$  vundamendi kõrguse *H*. Ujuvelektroodide grupp lülitatakse ühte, vundamendi taldmiku armatuur teise faasi.

Betooni perifeerset soojendamist kasutatakse suure massiivsusega konstruktsioonide juures, kus eesmärgiks on peamiselt betooni pindmiste kihtide soojendamine.



Joon. 74. Näitlikud skeemid grupelektroodide asetusest armeerimata betoonkonstruktsioonide soojendamisel voolupingega 220 V (koostatud ЦПЭВ andmeil).

Joonisel 74 on esitatud elektroodide asetuse skeemid ruudukujulise põiklõikega massiivi ( $M_p = 4,00 \div 0,33$ ) perifeersel soojendamisel.

Lisaks sellele on joon. 74 kujutatud ligikaudsed kõverad kasutatavast võimsusest olenevalt konstruktsiooni massiivsusest.

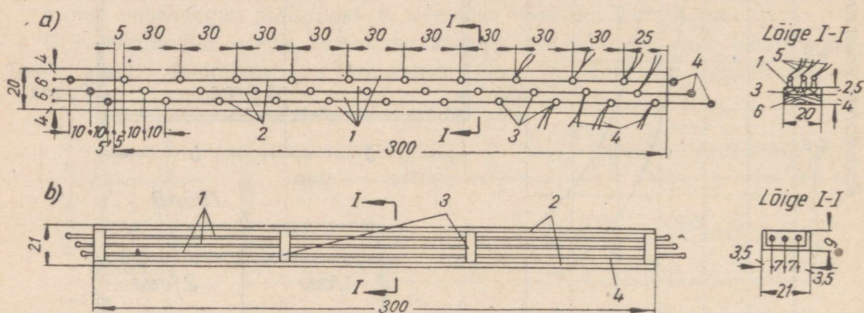
#### b) Elektriseadmed

Elektroodsoojenduse puhul lülitatakse elektroodid vooluvõrku läbi transformatorite.

Elektroodsoojendamisel kasutatavatest transformatoritest on kõige täiuslikum kolmefaasiline TM-75/6-tüüpi transformator võimsusega 50 kW. Teda võib lülitada võrku, mille pinge on 220 või 380 V ja mis annab madalpinge

poolel pingestmed 106,5–87,5–61,5–50,5 V. Seejuures võib üheaegselt kasutada mistahes paari nimetatud pingetest. Transformaator on õlijahutusega. Agregaat (transformaator ja lülituskilp) on monteeritud jalastele, kogukaal 1070 kg.

Laialdast kasutamist leiab elektrisoojendusel ühefaasiline õlijahutusega transformaator ТБ-20 võimsusega 20 kW; pinge kõrgepinge poolel 220 ja 380 V, madalpinge poolel kaks pingestet — 51 V ja 102 V; transformaatori kaal koos õliga 250 kg. Kui ühe transformaatori võimsus pole küllaldane, siis kasutatakse agregaati kolmest transformaatorist ТБ-20, mis on monteeritud koos kilpidega ühistele jalastele.



Joon. 75. Lahtised sofiidid (mõõtmed sm-tes).

a — variant isoleeritud juhtmetega: 1 — laud 20×25 sm; 2 — juhe ПП-16-25 mm<sup>2</sup>; 3 — rullisolaatorid — 30 tk.; 4 — otstükid — 6 tk.; 5 — juhe ПП-1,5 mm<sup>2</sup> — 27 m (harud elektroodide ühendamiseks); 6 — klots 20×4 sm; b — variant ümarrauast lattidega: 1 — laud 21×2,5 sm; 3 — puitklotsid 4×6, 5×18 sm; 4 — teraslatid läbimõõduga 16 mm.

Elektrisoojenduseks võib kasutada ka keevitustransformaatoreid (CT-23 ja CT-32), mis ühendatakse võrguga 220–380 V. Kuuest transformaatorist koosnev agregaat annab järgmised pingestmed: 65–112; 55–95; 70–120 V.

Agregaadi nimivõimsus on 19,5 kW. Kuna aga keevitustransformaatorid ei ole kohandatud kestvaks koormamiseks, siis võib elektri soojendusel ära kasutada mitte üle 70–80% nende nimivõimsusest.

Madalpinge vool antakse edasi grupi lülituskilpidele ja viimastelt sofiitidele, mis asetsevad soojendatavate konstruktsioonide vahetus läheduses.

Joonisel 75 on esitatud kaks varianti elektrisoojenduse organiseerimisest sofiitide kaudu. Iga sofiit koosneb kolmest isoleeritud juhtmest (ПП — 16 ÷ ÷ 25 mm<sup>2</sup>), mis on rullisolaatorite abil kinnitatud 20 sm laiuse ja 3 m pikkuse laua külge; juhtmete ühendamiseks toitejuhtmetega on nende otstesse kinnitatud vastavad otstükid; sofiitide vahetuks ühendamiseks elektroodidega on iga isolaatorrulli kohale joodetud 1 m pikkused harud juhtmest ПП — 1,5 mm<sup>2</sup>.

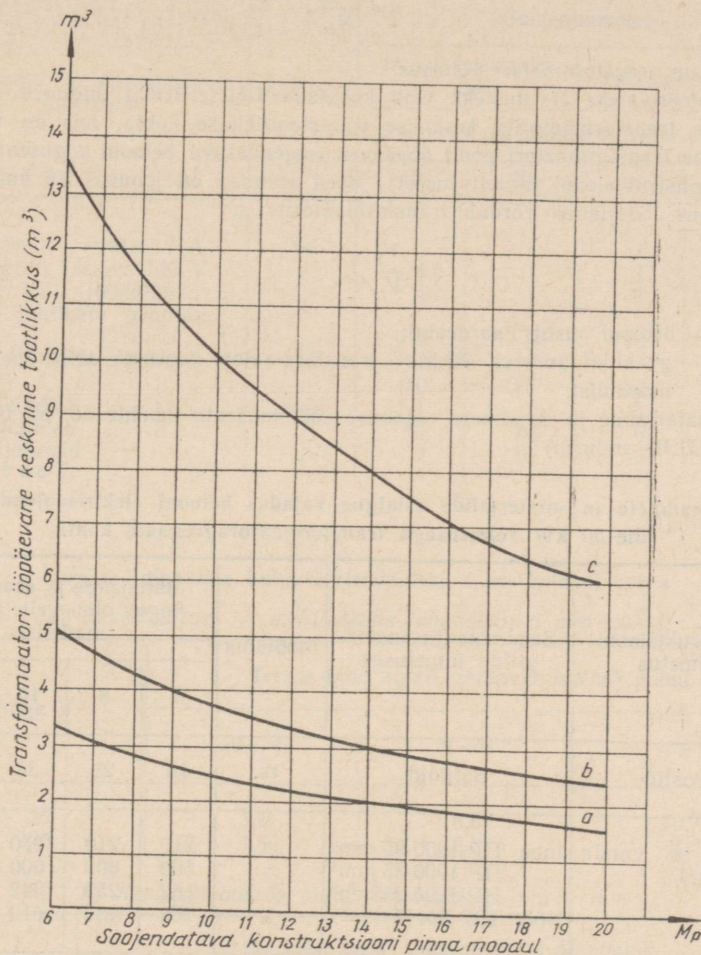
Elektriseadmete vajadus betooni elektrisoojendusel tehakse kindlaks järgmiste andmete põhjal.

Selgitatakse soojendatava konstruktsiooni kogumaht ja selle jagunemine haardealadesse.

Vastavalt kindlaksmääratud soojendusrežiimile arvutatakse elektrisoojenda-

miseks vajatav maksimaalne võimsus ja elektrienergia kogukulu haardealasse kuuluva iga elemendi kohta.

Selgitatakse töövahetuste arv ööpäevas, mille vältel toimub betooni paigaldamine.



Joon. 76. Graafik ühe transformaatori vahetuse keskmise tootlikkuse määramiseks olenevalt transformaatori tüübist ja soojendatava konstruktsiooni pinnamoodulist (transformaatorite tootlikkus on toodud soojendatavate betoonkonstruktsioonide kuupmeetrites).

*a* — transformaatoril CT-23; *b* — transformaatoril ТБ-20; *c* — transformaatoril ТМ-75/5 (graafik koostatud ЛПЭБ andmeil).

Nende andmete alusel koostatakse kasutatavate võimsuste graafik kõikide vahetuses betoneeritavate elementide kohta; graafiku koostamisel tuleb tingimata arvesse võtta üksikute elementide soojendamisel lülitamise järjekorda.

Selline graafik võimaldab määrata momendi, millal elementide ülessoojen-

damiseks vajatavate võimsuste summa saavutab maksimumi, ja ka maksimumi väärtuse  $N_M$ . Seejärel võib määrata elektrisoojenduseks vajatavate transformatoragregaatide arvu:

$$n = \frac{N_M}{N_{tr}}$$

kus  $N_{tr}$  on transformaatori võimsus.

Orienteerivateks arvutusteks võib kasutada ЦНИЛЭПС-i andmeid mitmetüübiliste transformatorite keskmise päevatootlikkuse kohta, mis on väljendatud ühe transformaatori poolt ööpäevas soojendatava betooni kogusena (sõltuvalt konstruktsiooni massiivsusest). Need andmed on joonisel 76 kujutatud graafikuna. Seejuures võrdub transformatorite arv:

$$n = \frac{V_b}{V_{tr}}$$

kus  $V_b$  — betooni maht haardealal;

$V_{tr}$  — graafiku andmeil lubatav transformaatori koormus sõltuvalt pinnamoodulist.

Abimaterjalide ja -seadmete vajaduse võib määrata tabelite 65, 66, 67 andmeil (ЦПЭБ andmed).

Tabel 65

Abiseadmete ja -materjalide esialgne vajadus betooni elektrisoojendusel ühe 50 kW võimsusega transformatoragregaadi kohta

Konstruktsiooni nimetus	Seadmete ja materjalide nimetused	Mõõtühik	Materjalide ja seadmete kogus olenevalt pinnamoodulist			
			6	8	10	12
Postid	Sofiidid	tk.	18	28	38	47
Talad ja vundamendid	Juht ПП-1000-95 mm <sup>2</sup>	m	210	210	210	210
	„ ПП-1000-35 mm <sup>2</sup>	„	600	600	600	600
	„ ПП-1000-25 mm <sup>2</sup>	„	162	252	342	423
	Nõör ШП-2×15 mm <sup>2</sup>	„	288	450	610	753
Vahelagede plaadid ja keskmise massiivsusega plaatkatted	Soojenduspaneelid	tk.	96	112	118	120
	Juht ПП-1000-95 mm <sup>3</sup>	m	210	210	210	210
	„ ПП-1000-35 mm <sup>3</sup>	„	600	600	600	600
			Plaadi paksus mm-tes			
			15	12	10	8

Märkus. Seadmete ja juhtmete kogus sõltub transformatoragregaadi asukohast ja betooni soojendatava osa mõõtmetest ning geomeetrisest kujust. Seetõttu on tabeli 65 andmed vaid ligikaudsed.

Elektrisoojenduse teostamiseks vajatavad põhilised mõõteriistad, inventaarsed seadmed ja erirõivastus

Seadmete ja erirõivastuse nimetused	Mõõtühistik	Soojendamisel			
		transformaatorite abil		vahetult võrgust	
		ööpäevas paigaldatava mahu puhul m <sup>3</sup>			
		10	20	10	20
Ampermeeter, kantav 5 A . . . . .	tk.	1	1	1	1
Voltmeeter, kantav 140 V . . . . .	"	1	1	1	1
Tangid KЭC 100/200A . . . . .	"	1	1	1	1
Pukid juhtmete riputamiseks . . . . .	"	4	6	10	15
Tehnilised termomeetrid (100°) . . . . .	"	10	15	10	15
Kummikindad . . . . .	paari	1	1	1	1
Presentkindad . . . . .	"	14	20	6	10
Kummijalatsid . . . . .	"	7	10	3	5

Tabel 67

Terase ligikaudne kulu elektroodideks 1 m<sup>3</sup> betooni kohta

a) Grupplülituse ja elektroodide läbimõõdu 6 mm puhul

Pinge V	Terase kulu kg/m <sup>3</sup> võimsuse kW/m <sup>3</sup> puhul		
	N = 4	N = 6	N = 8
65	5,9	8,6	10,7
220	1,8	2,5	3,3

b) Keelelektroodide puhul läbimõõduga 6÷10 mm

Elektroodi läbimõõt d mm-tes	Terase kulu kg/m <sup>3</sup> pinnamooduli M <sub>p</sub> puhul			
	6	8	10	12
6	3,5	7,5	7,7	9,0
8	6,4	12,0	12,0	15,0
10	10,0	18,0	18,0	24,0

Tööd elektrisoojendusel viiakse läbi eribrigaadi poolt, mille ligilähedane koosseis on antud tabelis 68.

## Betooni elektrisoojendust teostava brigaadi koosseis

Erialade nimetused	Transformaatorite arvu puhul		
	1	2	3
Tehniline juhataja (päevase mahu puhul üle 50 m <sup>3</sup> )	1	1	1
Vanem elektrimontöör (meister), ühtlasi tehniline juhataja, kui päevane maht on alla 50 m <sup>3</sup>	1	1	1
Valve-elektrimontöörid	4	4	5
Temperatuuri kontrollijad	3	4	5
Elektrimontöörid-monteerijad	2	3	4

**Näide.** Määrata elektrootide paigutus 80×150 sm põiklõikega betoonist lintvundamenti soojendamisel. Maksimaalne võimsus soojustehnilise arvutuse kohaselt  $N_M = 3 \text{ kW/m}^3$ .

Kasutame elektrootide gruppidega asetamise skeemi ja valime elektrootide läbimõõduks  $d = 6 \text{ mm}$ . Seejärel määrame graafiku (vt. joon. 70) või tabeli 63 abil kindlaks kaks asetustvarianti:

$U = 220 \text{ V}$  puhul  $b_{el} \approx 180 \text{ sm}$  ja  $h_{el} = 10 \text{ sm}$ ;

$U = 106 \text{ V}$  puhul  $b_{el} \approx 84 \text{ sm}$  ja  $h_{el} = 10 \text{ sm}$ ,

kus  $b_{el}$  — elektrootide gruppidevaheline kaugus;

$h_{el}$  — elektrootide vahekaugus grupis.

Mõlemal juhul on elektrootide arv grupis:

$$n_{el} = \frac{B}{h_{el}} - \frac{150}{10} = 15 \text{ tk.} \quad (B \text{ — vundamenti laius}).$$

Esimesel juhul on elektrootide arv 1 m<sup>3</sup> betooni kohta:

$$n'_{el} = \frac{n_{el}}{b_{el}h_{el}} = \frac{15}{1,80 \cdot 0,10} = 84 \text{ tk.};$$

teisel juhul

$$n'_{el} = \frac{n_{el}}{b_{el}h_{el}} = \frac{15}{0,84 \cdot 0,10} = 177 \text{ tk.}$$

Seega on esimene variant majanduslikult kasulik; soojendus teostub sel juhul võrgupingega.

Elektrootid võib asetada kas betoonkehasse või kinnitada raketiskilbi külge; viimasel juhul tuleb elektrootide arvu grupis suurendada kuni  $n_{el} = 16$ , mis võimaldab gruppi jagada kaheks võrdseks osaks. Viimane variant on tootmise seisukohalt efektiivsem.

**Näide.** Kolmeavalistest raamidest koosneva raudbetoonehitise (joon. 77) elektrisoojenduse kohta on kindlaks määratud järgmised tabelis 69 toodud lähteandmed.

Määrata nende andmete alusel elektroodide asetus ning transformaatorite tüüp ja arv.

Tabel 69

Elementide nimetused	Elementide mõõt- med m	Elementide arv	Elementide kogumaht	Pinnamoodul	Maksi- maalne võimsus kW/m <sup>3</sup>		Kestus tundides	
					ülessoojenda- misel $P_1$	isotermilisel soojendusel $P_2$	ülessoojendus $Z_1$	isotermiline soojendus $Z_2$
Postid . . . . .	$0,35 \times 0,40 \times 6,0$	2	1,67	10,7	4,5	3,0	10	30
Riivid . . . . .	$0,35 \times 0,70 \times 6,0$	3	5,03	8,5	4,0	2,7	10	30

1) Elektroodide asetus postides

Kasutame keelelektroode, mis koosnevad 8 mm läbimõõduga paarisvarras-  
test; posti telje suunas paigutame kaks lüli vastavalt joonisele 78.

2) Elektroodide asetus riivides

Kasutame gruppasetust. Tabelist 69 leiame antud võimsuse  $N_1=4,0$  kW/m<sup>3</sup>  
ja  $U=65$  puhul:

$$b_{el}=44 \text{ sm}; h_{el}=9 \text{ sm.}$$

Kuna tala laius  $B=35$  sm, siis on elektroodide arv

$$n_{el} = \frac{B}{h_{el}} = \frac{35}{9} \approx 4.$$

Arvutame äärmiste armatuurikihtide (raudade läbimõõt 12 mm) vahe-  
kauguse, võttes kaitsekihi paksuseks 15 mm

$$B' = 35 - 2(1,5 + 1,2) = 29,6 \text{ sm.}$$

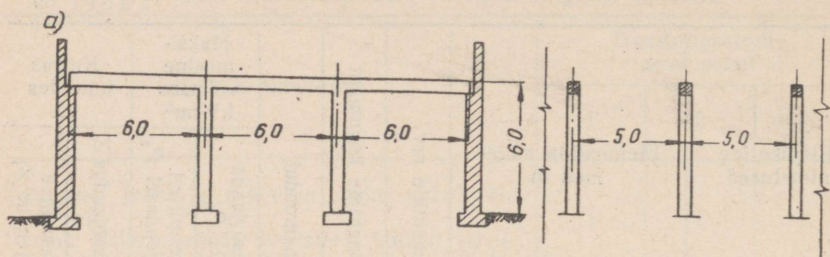
Asetades elektroodide grupi tala põiklõikesse, saame elektroodide lubatavaks  
vahekauguseks

$$h'_{el} = \frac{B' - 2x}{n_{el} - 1} = \frac{29,6 - 10}{3} \approx 6,5 \text{ sm.}$$

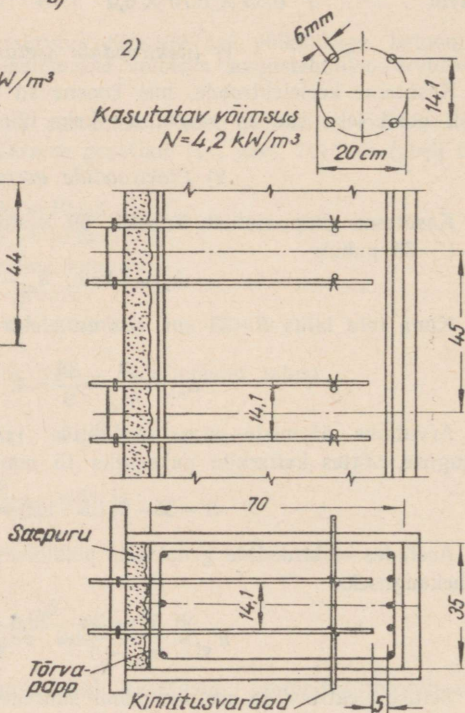
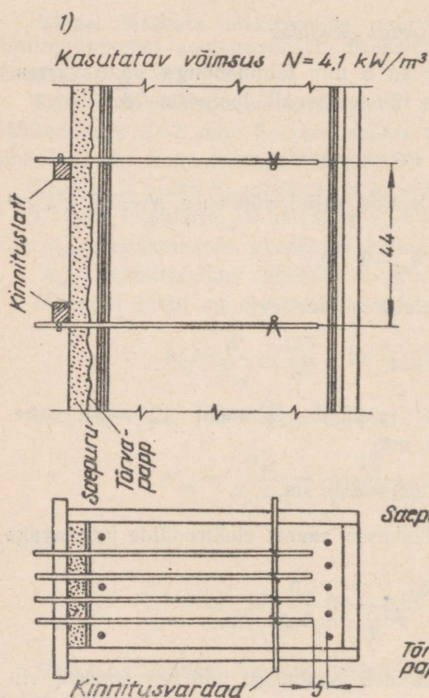
Sellise elektroodide asetuse puhul suureneb betoonisse juhitud võimsus; vii-  
mase suuruseks saame elektroodide gruppasetuse korral [valem (69)]:

$$N = \frac{U^2}{bh_{el}(0,366 \lg h_{el} + 0,5 \frac{b_{el}}{h_{el}} - 0,101)} =$$

$$= \frac{65^2}{44 \cdot 6,5 (0,366 \cdot 0,81 + 0,5 \frac{44}{6,5} - 0,101)} \approx 4,13 \text{ kW/m}^3;$$

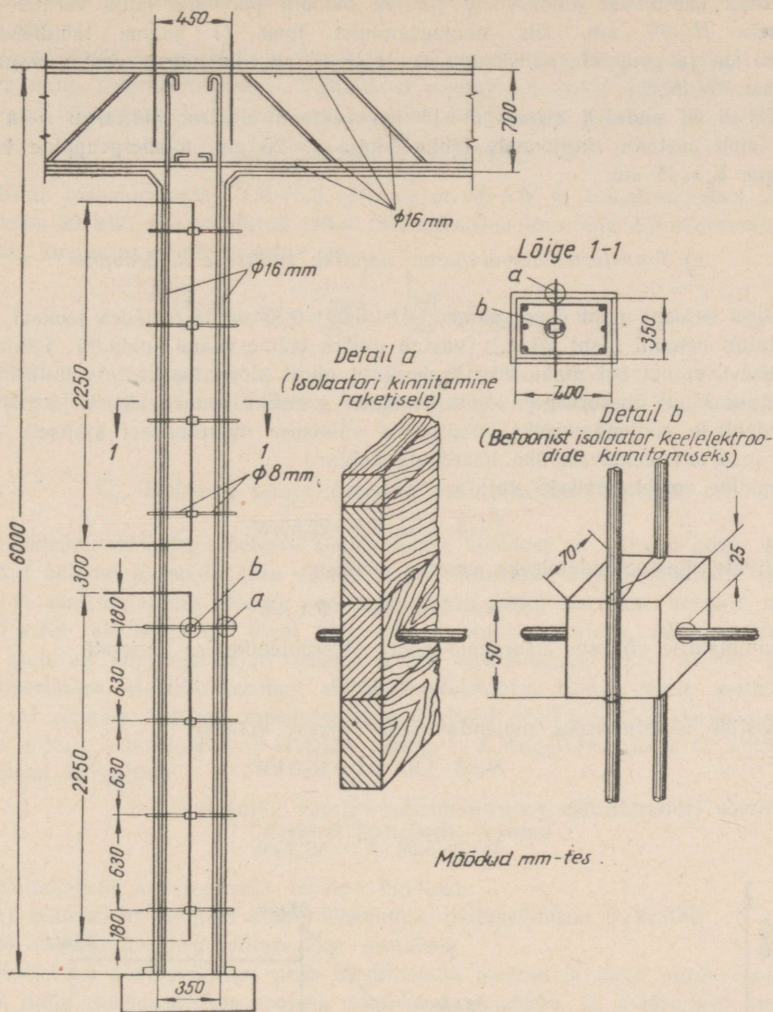


b)



Joon. 77. Raudbetoonkonstruktsioonide elektroodsoojenduse teostamise näitlik skeem:

a — soojendatavate monoliitsete konstruktsioonide kuju ja asendiskeem; b — elektroodide paigutus riivide soojendamiseks; 1 — grupelektroodide paralleelse paigutuse variant; 2 — ringasetuse variant ekvivalentse diameetri meetodil.



Joon. 78. Keelektroodide asetuse skeem raudbetoonraami postide soojendamisel.

samal ajal annab valem  $h_{ei} = 9$  sm puhul:

$$N = \frac{65^2}{44 \cdot 9(0,366 \cdot 0,95 + 0,5 \frac{44}{9} - 0,101)} \approx 4,10 \text{ kW/m}^3.$$

Vahe on praktiliselt tühine.

Elektroodide paigutus ekvivalentsete iäbimõõtude meetodil määratakse järgmiste kaalutlustega.

Kuna käesoleval juhul voolu juhtiva betooni põiklõike laius võrdub riivi laiuusele  $H=35$  sm, siis nomogrammist joon. 71 saame läbimõõduks  $D=10$  sm ja gruppide vahekauguseks  $b_{el}=45$  sm, kusjuures vastav võimsus  $N \approx 4,2$  kW/m<sup>3</sup>.

Tabeli 64 andmeil saame  $D=10$  sm vastava elektrodide arvu  $n=4$  tk., mis tuleb asetada ringjoonele läbimõõduga  $\delta=20$  sm, naabergruppide vahekaugus  $b_{el}=45$  sm.

### c) Transformaator-alajaama vajaliku võimsuse määramine

Olgu betooni maht ühes raamis  $1,67+5,03=6,70$  m<sup>3</sup> ja ööpäeva jooksul paigaldatav betooni maht 20 m<sup>3</sup> (vastab umbes kolme raami mahule). Lähtudes eeldusest, et betooni mahu 20 m<sup>3</sup> sisselülitamine soojenduseks toimub esimese vahetuse lõpul ühekorruga, võime koostada graafiku rea üksteisele järgnevate haardealade soojendamiseks kasutatava võimsuse muutumisest ajaliselt. Selleks määrame eelnevalt ühe haardeala kohta:

postide soojendamiseks vajatav võimsus

$$N=3 \cdot 1,67 \cdot 4,5=22,5 \text{ kW};$$

riivide ülessoojendamiseks vajatav võimsus

$$N=3 \cdot 5,03 \cdot 4,0=60,4 \text{ kW};$$

summaarne võimsus haardeala kohta ülessoojendamise perioodil

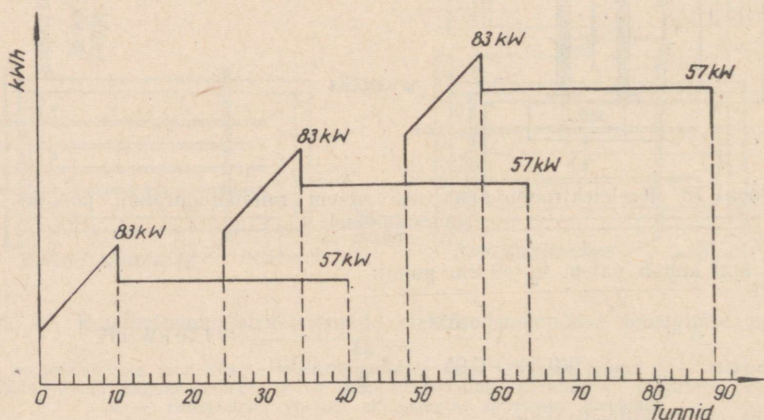
$$N=82,9 \text{ kW};$$

postide isotermiliseks soojendamiseks vajatav võimsus

$$N=3 \cdot 1,67 \cdot 3,0=15,0 \text{ kW};$$

riivide isotermiliseks soojendamiseks vajatav võimsus

$$N=3 \cdot 5,03 \cdot 2,8=42,3 \text{ kW}.$$



Joon. 79. Maksimaalse võimsuse graafilise määramise näide betooni elektrisoojenduse puhul.

Summaarne võimsus haardeala isotermilise soojendamise perioodil on 57,3 kW.

Joonisel 79 on graafiliselt kujutatud võimsuste muutumine ajaliselt käesoleva näite tingimuste korral. Graafikust nähtub, et antud juhul tarvitatakse energiat üheaegselt kahele naaberhaardealal. Summaarne võimsus on sel juhul:

$$N_{max} = 82,9 + 57,3 \approx 140 \text{ kW.}$$

Kuna transformaatori TM-75/6 võimsus on 50 kW ja transformaatori ТБ-20 võimsus 20 kW, siis on antud juhul ratsionaalsem kasutada transformaatoreid ТБ-20, kusjuures nende vajadus on

$$n_{tr} = \frac{N_{max}}{N_{tr}} = \frac{140}{20} = 7 \text{ tk.}$$

Valitud transformaatoreite tüübi ja arvu järgi määratakse kindlaks kõikide elektrisoojenduse seadmete asetus ning vajalike abiseadmete ja -materjalide hulk.

### C. Betooni soojendamine elektriküttekehadega

Elektriküttekehadega betooni soojendamise viisidest on leidnud kõige enam levikut betooni õhksoojenduse viisid, mis on lähedased aurusoojendusele särke ja pindsoojakutes. Nende soojendusviiside puhul kaetakse betooni välispind koos raketisega kas üleni või osaliselt pindsoojakutega, mille sisemusse on asetatud õhusoojendajad mitmesuguste elektriahjade näol. Mõnel juhul monteeritakse elektriküttekehad alt avatud «kaante» külge. Need asetatakse betooni pinnale, millega moodustatakse osalised pindsoojakud. Pindsoojakute selle erikuju hulka kuuluvad НИЛЭС-и ning J. J. Bogatõrevi ja S. G. Volovitši süsteemi kiirgahjud.

#### 1. Elektriküttekehade arvutus

Küttekehade arvutamiseks tehakse kindlaks:

- küttekehalt soojaku õhule ülekanduv soojusvõimsus  $Q_s$ , kcal/h;
- soojendatud õhu temperatuur soojakus.

Küttekeha soojusvõimsus peab kindlustama betooni ja tema piirde soojenemise ning kompenseerima soojaku soojakaod välisõhku.  $Q_s$  määramise meetod on esitatud IV peatüki § 1.

Tehniliste tingimuste kohaselt ei tohi temperatuur soojakus olla üle 60°. Õhukeste konstruktsioonide soojendamisel soovitatakse kasutada temperatuuri mitte üle 40°, et vältida betooni välimiste kihtide väljakuivamist.

Soojaülekanne küttekeha kuumenenud traadilt õhule sõltub traadi asetusest küttekehas. Seepärast loetakse arvutusvalemite väljatoomisel, et õhku soojendav juhtme pind võrdub

$$F_j = \frac{\mu \pi d l}{1000} \text{ m}^2,$$

kus  $d$  — juhtme läbimõõt mm;

$l$  — juhtme pikkus m;

$\mu$  — tegur, mille väärtus sõltub juhtme asetuse iseloomust küttekehas: vabalt asetsevatel juhtmetel  $\mu=1,00$ ; silindrilise spiraali kujulistel juhtmetel (vabalt rippuvatel)  $\mu=0,80$ ; isoleeritud hoidjatele (näiteks torudele) keritud juhtmete  $\mu=0,60$ .

Etteantud võimsusele  $Q_T$  vastava traadi pikkuse ja läbimõõdu määramine teostub elektriküttekeha arvutamisel järgmiste andmete alusel:

- $Q_T$  — küttekeha arvutuslik võimsus kcal/h;
- $U$  — toitevoolu pingeline  $V$ ;
- $f$  — juhtme eritakistus oom  $\text{mm}^2/\text{m}$ ;
- $t_j$  — traadi hõõgumise temperatuur;
- $t_\delta$  — elektriühiku poolt köetud õhu temperatuur;
- $a$  — soojaülekande tegur juhtme pinnalt kcal/ $\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ .

Allpool esitatakse N. J. Pentkovski poolt esitatud põhimõtetele\* tuginev arvutusjuhend  $d$  ja  $l$  määramiseks.

Arvutusoperatsioone teostatakse järgmises korras.

1. Määratakse toitevoolu pingeline  $U$  ja soojusvõimsuse  $Q$  arvutuslikud väärtused (viimane määratakse soojustehnilise arvutuse abil).
2. Vastavalt olemasolevale sortimendile valitakse traadi materjal ja läbimõõt  $d$ .
3. Valitakse traadi hõõgumise temperatuur tabelis 70 näidatud piirides.
4. Vastavalt valitud traadi materjalile ja hõõgumise temperatuurile määratakse juhtme eritakistus valemi järgi

$$q = a_j + bt_j \quad (70)$$

Juhtme materjalist olenevad suurused  $a$  ja  $b$  võetakse tabelist 70. Eritakistuse võib määrata ka graafikust joon. 80.

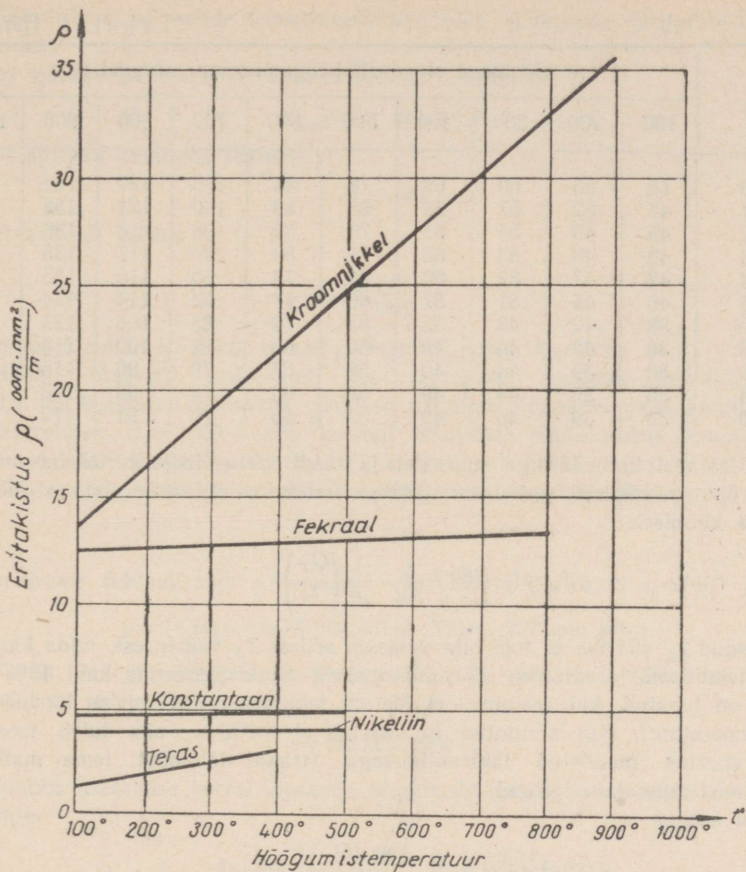
Tabel 70

Tegurite  $a$  ja  $b$  väärtused juhtme eritakistuse arvutamiseks

Juhtme materjal	$a$	$b$	Traadi hõõgumise temperatuuri piirid $^\circ\text{C}$
Teras . . . . .	0,1092	0,000540	400
Kroomnikkel . . . . .	1,0945	0,002750	900
Fekraal . . . . .	1,2478	0,000113	800
Konstantaan . . . . .	0,4795	0,000024	500
Nikeliin . . . . .	0,4198	0,000008	500

5. Vastavalt  $t_j$  ja  $d$  väärtustele määratakse tabelist 71 soojaülekande tegur juhtme pinnalt.

\* И. И. Богатырев, Н. И. Пентковский, «Электронагревательные печи в строительстве», гл. VIII.



Joon. 80. Graafik mitmesugustest materjalidest juhtmete eritakistuse määramiseks olenevalt hõõgumise temperatuurist.  $t_j$ .

Tabel 71

Metalljuhtme pinna soojaülekanne tegurid  $\alpha$  (kcal/m<sup>2</sup>h°C) erinevate läbimõõtude ja hõõgumistemperatuuride puhul (N. J. Pentkovski andmeil)

d mm	$\alpha$ väärtused olenevalt hõõgumistemperatuurist °C									
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
0,3	77	83	99	109	120	132	152	169	200	234
0,4	69	75	87	95	103	113	130	154	179	214
0,5	61	68	81	88	95	107	122	139	172	204
0,6	65	64	74	82	90	102	118	136	165	192
0,7	53	61	70	77	86	98	112	130	152	181
0,8	50	57	66	72	82	94	110	126	148	172
0,9	49	55	62	70	80	91	108	124	145	169

Tabel 71 (järg)

d mm	a väärtused olenevalt hõõgumistemperatuurist °C									
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
1,0	48	53	60	68	78	88	105	122	142	166
1,1	47	52	57	63	75	83	100	121	138	163
1,2	45	49	55	61	73	82	98	118	136	160
1,3	43	48	53	60	71	80	97	117	135	158
1,4	42	47	52	59	69	79	95	115	135	157
1,5	40	45	51	57	66	77	93	114	134	152
2,0	38	42	48	53	63	72	85	106	123	143
2,5	36	40	46	49	60	69	82	100	118	140
3,0	36	39	44	49	58	67	79	96	115	139
3,5	36	39	44	49	58	66	78	93	113	139
4,0	36	39	43	49	57	65	76	91	112	138

6. Vastavalt ülalmääratud suurustele ja traadi asetusviisile küttekehas määratakse õhutemperatuur, mis saavutatakse valitud tingimuste juures elektri-ahjuga kütisel:

$$t_{\delta} = t_j - 469,7 \frac{\rho}{\mu\alpha} \cdot \frac{1}{d_j^3} \left( \frac{Q_T}{U} \right)^2 \quad (71)$$

Saadud  $t_{\delta}$  väärtus ei tohi olla väiksem sellest  $t_{\delta}$  väärtusest, mida kasutati soojustehnilistel arvutustel  $Q_T$  määramisel;  $t_{\delta}$  kõrgenemine kuni 10% ulatuses on lubatud, kui seejuures ei ületata tehnilistes tingimustes toodud õhu piirtemperatuuri. Kui arvutatud  $t_{\delta}$  väärtus ei rahulda, siis tuleb teostada ümberarvutus muudetud lähteandmetega (traadi läbimõõt, tema materjal, hõõgumistemperatuur, pinge).

Kui suurus

$$A = 469,7 \frac{\rho}{\mu\alpha} \cdot \frac{1}{d_j^3} \left( \frac{Q_T}{U} \right)^2$$

saadakse väiksem kui temperatuuride vahe ( $t_j - t_{\delta}$ ), kus  $t_j$  on hõõgumistemperatuuri piirväärtus ja  $t$  soojustehnilise arvutusega nõutav õhutemperatuur, siis tuleb küttekeha jaotada  $n$  elemendiks, mis lülitatakse paralleelselt. Seejuures teostatakse iga elemendi arvutus soojusvõimsusele:

$$Q'_T = \frac{Q_T}{n}$$

$A$  väärtus väheneb seejuures pöördvõrdeliselt  $n$  väärtuse ruuduga:

$$A' = \frac{A}{n^2}$$

7. Pärast kõikide ülaltoodud suuruste lõplikku valimist määratakse juhtme pikkus valemiga

$$l = 0,678 \frac{(Ud)^2}{\rho Q_T} \text{ m} \quad (72)$$

ja lahendatakse küttekeha konstruktsioon.

Silindriliste spiraalide konstrueerimisel võib juhinduda järgmistest juhtnööridest:

a) spiraali samm, s. o. naaberkeerdude vahekaugus

$$h_{sp} = md; \quad m = 2 \div 4;$$

b) spiraali keskmine läbimõõt

$$D_{sp} = Kd;$$

c) spiraali pikkus

$$L_{sp} = \frac{m}{\pi K} l;$$

kroomnikli puhul  $K=6 \div 8$ ; terase ja fokraali puhul  $K=4 \div 6$ .

**Näide.** Määrata isoleeritud kandevarrastele punutud fokraaltraadist  $d=0,6$  mm koostatud küttekeha põhilised näitajad. Küttekeha peab kindlustama soojatarviduse  $Q_T=1800$  kcal/h betooni hoidmisel pindsoojakus temperatuuri juures  $t_\delta=50^\circ$ . Pinge  $U=220$  V.

Võtame fokraal-traadi arvutuslikuks hõõgumistemperatuuriks

$$t_j = 700^\circ;$$

määrame fokraaltraadi eritakistuse väärtuse temperatuuri  $t_j=700^\circ$  juures:

$$\rho = a + bt_j = 1,2478 + 0,000113 \cdot 700 \approx 1,327 \text{ oom m}^2/\text{m}.$$

Tabeli 71 järgi määrame kindlaks traadi pinna soojaülekande teguri  $d=0,6$  mm ja  $t_j=700^\circ$  juures:

$$\alpha = 118 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}.$$

Juhtme asetamise korral ülesande tingimuste kohaselt on  $\mu=0,60$ ; arvutame suuruse

$$A = 469,7 \frac{1,327}{118 \cdot 0,6^3 \cdot 0,6} \left( \frac{1800}{200} \right)^2 \approx 2715.$$

Ülesande tingimuste järgi on  $t_j=700^\circ$  ja soojendatud õhu temperatuur ei tohi olla väiksem kui  $t_\delta=50^\circ$ ; järelikult on  $(t_j - t_\delta) = 700 - 50 = 650^\circ$ . Kuna  $A > (t_j - t_\delta)$ , siis tuleb küttekeha jaotada kaheks paralleelselt lülitatavaks lüliks. Siiski võime kergesti veenduda, et ka see ei osutu küllaldaseks nõutud  $t_\delta$  kindlustamiseks, kuna  $n=2$  puhul

$$A' = \frac{A}{n^2} = \frac{2715}{4} = 678,$$

$$t' = t_j - A' = 700 - 678 = 22 < 50^\circ.$$

$t_\delta$  suurendamise eesmärgil suurendame arvutuslikku hõõgumistemperatuuri, jättes  $d=0,6$  mm muutmatuks:

$$t_j = 720^\circ;$$

interpoolimise teel leiame tabelist 71:

$$\alpha \approx 121.$$

Määrame  $Q$  väärtuse  $t_j=720^\circ$  juures:

$$Q = 1,2478 + 0,000113 \cdot 720 \approx 1,329,$$

siis

$$A' = 469,7 \frac{1,329}{0,6^3 \cdot 121 \cdot 0,6} \left(\frac{900}{220}\right)^2 \approx 670;$$

soojendatud õhu temperatuur on

$$t_\delta = t_j - A' = 720 - 670 = 50^\circ.$$

Määrame traadi pikkuse küttekeha lülis

$$l = 0,678 \frac{(220 \cdot 0,6)^2}{1,329 \cdot 900} = 9,90 \text{ m.}$$

Määrame kindlaks põhilised näitajad küttekeha konstrueerimiseks.

1. Spiraali samm, võttes  $m=4$ ;

$$h_{sp} = md = 4 \cdot 0,6 = 2,4 \text{ mm.}$$

2. Spiraali keskmise läbimõõdu määrame mitte ülaltoodud valemi abil, vaid konstruktiivsete kaalutluste alusel; näeme ette, et traat keritakse terastorule välisläbimõõduga  $d=12$  mm, mis on isoleeritud 1,5 mm paksuse asbestiga, siis on spiraali keskmine läbimõõt

$$D_{sp} = 12 + 2(1,5 + 0,6) \approx 16 \text{ mm}$$

ja südamikü koefitsient

$$K = \frac{D_{sp}}{4} = \frac{16}{0,6} = 26,7.$$

Spiraali pikkus küttekeha ühes lülis on seega

$$L_{sp} = \frac{m}{\pi K} l = \frac{2,4}{3,16 \cdot 26,7} 9,9 \approx 0,26 \text{ m.}$$

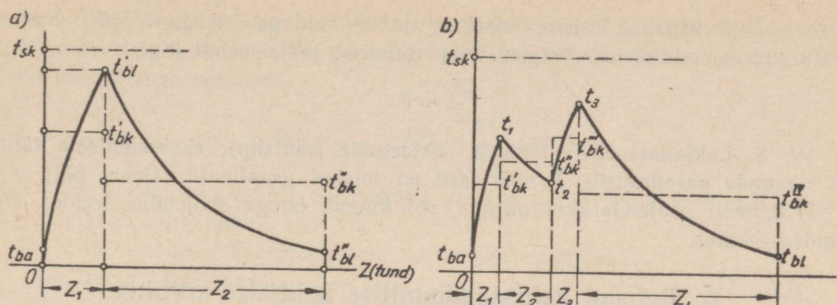
## VI peatükk

### BETOONI KOMBINEERITUD HOIDMISVIISID

Tavalistes soojustamata raketistes hoitava betooni täiendava soojendamise puhul ei võeta harilikult betooni hoidmise arvutustes arvesse tugevuse kasvu betooni jahtumise perioodil. Siiski on real juhtudel, eriti suure massiivsusega konstruktsioonide puhul, termosperioodi mõju betooni tugevuse kasvule sedavõrd tunduv, et tema arvessevõtmisega võidakse saavutada soojuse kulu, soojendamise kestuse ja soojendamisseadmete võimsuse olulist vähenemist ning seadmete ringluse suurenemist.

Hoidmisviise, mis seisavad rea üksteisele järgnevate betooni soojendamise ja jahtumisstaadiumide ühendamises, nimetatakse kombineeritud hoidmisviisideks (joon. 81).

Sõltumata soojendamise ja jahtumisstaadiumide arvust ülesanne betooni



Joon. 81. Temperatuurigraafikud betooni kombineeritud hoidmise puhul.  
 a — betooni kahestaadiumilisel kombineeritud hoidmisel.  
 b — betooni neljastadiumilisel kombineeritud hoidmisel.

Tähistused skeemil a

- $t'_{bl}$  — betooni temperatuur soojendamise lõpul
- $t''_{bl}$  — betooni temperatuur jahtumise lõpul
- $t'_{bk}$  — betooni keskmine temperatuur soojendamisel
- $t''_{bk}$  — betooni keskmine temperatuur jahtumisel
- $Z_1$  — ülessoojendamise kestus;  $Z_2$  — jahtumise kestus (tundi)

Tähistused skeemil b

- $t_1$  — betooni temperatuur esimese soojendamise lõpul
- $t_2$  — betooni temperatuur esimese jahtumise lõpul
- $t_3$  — betooni temperatuur teise soojendamise lõpul
- $t_4$  — betooni temperatuur teise jahtumise lõpul
- $t'_{bk}$  — betooni keskmine temperatuur esimesel soojendamisel
- $t''_{bk}$  — keskmine temperatuur esimesel jahtumisel
- $t'''_{bk}$  — keskmine temperatuur teisel soojendamisel
- $t^{IV}_{bk}$  — keskmine temperatuur teisel jahtumisel

Tähistusi mõlemal skeemil

- $t_{sk}$  — soojendava keskkonna temperatuur
- $t_{ba}$  — betooni temperatuur soojendamise algul

kombineeritud hoidmise tingimuste valikul seisab ülessoojendamise ning jahtumise äärmiste temperatuuride ( $t_{ba}$  ja  $t_{bl}$ ) ning iga staadiumi kestuse määramises selliselt, et kokkuvõttes oleks saavutatud nõutav betooni lõpptugevus.

## 1. Betooni kombineeritud hoidmisviiside kasutamise tingimuste määramine

Allpool esitatav arvutusviis on rakendatav järgmiste eelduste korral:

- a) hoitava konstruktsiooni pinnamoodul ei ole väiksem kui 6;
- b) kasutatava tsemendi eksotermilised omadused ei ületa portlandtsemendi mark 400 omadusi;
- c) tsemendi sisaldus betoonis ei ületa  $250 \text{ kg/m}^3$ ;
- d) välisõhu temperatuur  $t_{\text{võ}}$  (betooni välise soojendamise puhul) ja soojendava keskkonna temperatuur  $t_{sk}$  on konstantsed;
- e) betooni hoidmisel erinevate keskmiste temperatuuride juures on ühe-

suguse tugevusastme saavutamiseks vajalike hoidmistähtaegade suhe muutumatu suurus, mis on betooni temperatuurist ja tsemendi liigist:

$$\frac{Z_1}{Z_2} = P$$

(V. S. Lukjanovi ekvivalentsete tähtaegade printsiip); ekvivalentsete tähtaegade parameetrite  $P$  väärtused on toodud graafikutes (joon. 67);

f) betooni soojendatakse auruga või kuuma õhuga soojendussärkides või pindsoojakutes.

## 2. Betooni kahestaadiumilise hoidmise arvutus

Esimene staadium — betooni ülessoojendamine temperatuurilt  $t_{ba}$  kuni  $t'_{bl}$  aja  $Z_1$  vältel.

Teine staadium — betooni jahtumine temperatuurilt  $t'_{bl}$  kuni  $t''_{bl}$  aja  $Z_2$  vältel.

Tähistus:

betooni temperatuur ülessoojendamise algul  $t_{ba}$ ;

betooni temperatuur ülessoojendamise lõpul  $t'_{bl}$ ;

betooni temperatuur jahtumise lõpul  $t''_{bl}$ ;

betooni keskmine temperatuur ülessoojendamise perioodil  $t'_{bk}$ ;

betooni keskmine temperatuur jahtumisperioodil  $t''_{bk}$ ;

soojendava keskkonna temperatuur  $t_{sk}$ ;

välisõhu temperatuur  $t_{võ}$ ;

ülessoojendamise kestus tundides  $Z_1$ ;

jahtumise kestus tundides  $Z_2$ ;

soojaülekanne keskkonnalt betoonile  $K_b$  kcal/m<sup>2</sup>h°C;

soojaülekanne betoonilt välisõhku  $K_s$  kcal/m<sup>2</sup>h°C;

hoitava konstruktsiooni pinnamoodul  $M_p$ .

Lähtevõrrandid arvutusvalemite tuletamiseks on järgmised:

$$t'_{bl} = (t_{ba} - t_{sk})y_1 + t_{sk}; \quad (73)$$

$$t'_{bk} = (t_{ba} - t_{sk})y'_0 + t_{sk}; \quad (74)$$

$$t''_{bl} = (t'_{bl} - t_{võ})y_2 + t_{võ}; \quad (75)$$

$$t''_{bk} = (t'_{bl} - t_{võ})y''_0 + t_{võ}; \quad (76)$$

$$A'_t = \frac{K_b M_p}{600}; \quad A''_1 = \frac{K_s M_p}{600};$$

$$y'_0 = \frac{1 - y_1}{A'_1 Z_1}; \quad y_1 = e^{-x_1}; \quad x_1 = A'_1 Z_1;$$

$$y''_0 = \frac{1 - y_0}{A''_1 Z_2}; \quad y_2 = e^{-x_2}; \quad x_2 = A''_1 Z_2;$$

$y_1$  ja  $y_2$  väärtused leitakse tabelitest või graafikutest (joon. 47, 48).

$K_b$  väärtuse võib võtta tabelist 59 või arvutada valemitega (37) ja (38).

$K_s$  arvutamiseks on vaja andmeid soojendussärgi või soojaku piirdekonstruktsioonide kohta. Kui piirded on seejuures ühesugused kõikidel konstruktsiooni pindadel (näiteks posti aurusärgi seinad), siis teostatakse arvutus

valemi (24) järgi; kui aga piiretel on üksikutel pindadel erinev iseloom, siis määratakse algul valemi (24) abil  $K_s$  väärtus iga pinna kohta eraldi ja seejärel määratakse suurused

$$M'_p = \frac{F'}{V_b}; \quad M''_p = \frac{F''}{V_b} \text{ jne.},$$

kus  $F'$ ,  $F''$  — soojendussärgi või soojaku vastava pinna poole pööratud betoonkeha pind;

$V_b$  — hoitava konstruktsiooni arvutuslik kogumaht.

Seejärel määratakse

$$K_s M_p = K'_s M'_p + K''_s M''_p + \dots$$

ja suurused

$$M'_p = \frac{K_b M_p}{600}; \quad A''_1 = \frac{K_s M_p}{600}.$$

Andes ette betooni jahtumisstaadiumi lõpptemperatuuri  $t'_{bl}$  (tavaliselt võetakse  $t'_{bl} = 5^\circ$ ), valitakse jahtumisstaadiumi kestuse  $Z_2$  ning betooni jahtumisstaadium algtemperatuuri  $t'_{v\delta}$  (see on ühtlasi betooni lõpptemperatuuriks ülessoojendamise staadiumis) kasulikem kombinatsioon, kasutades valemit:

$$t'_{bl} = \frac{t''_{bl} - t_{v\delta}}{y_2} + t_{v\delta}.$$

Mida suuremad on  $t'_{bl}$  ja  $Z_2$  väärtused, seda tundavam on jahtumisstaadiumi mõju betooni tugevuse kasvule; kui  $t'_{bl} < 30^\circ$  ja  $Z_2 < 3$  päeva, siis ei võeta betooni tugevuse kasvu jahtumise perioodil arvesse.

Suunava materjalina võib kasutada tabeli 72 andmeid, kus on toodud  $t'_{bl}$  ja  $Z_2$  (ööpäevades) väärtused  $K_s$  ja  $M_p$  mitmesuguste kombinatsioonide puhul  $t'_{bl} = 5^\circ$  korral.

Tabel 72

Betooni temperatuur ülessoojendamise lõpul  $t'_{bl}$  ning jahtumise kestus  $Z_2$  (ööpäevades) pinnamooduli  $M_p$  ja soojaülekande  $K_s$  mitmesuguste kombinatsioonide puhul

$M_p$	$K_s$	Välisõhu temperatuur $t_{v\delta}$ °C								
		-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45
6	0,9	$t'_{bl} = 65$ $Z_2 = 9$	58 7	58 6	53 5	63 5	53 4	59 4	67 4	51 3
7	0,9	$t'_{bl} = 52$ $Z_2 = 7$	58 6	56 5	68 5	58 4	66 4	51 3	56 3	62 3
8	0,8	$t'_{bl} = 56$ $Z_2 = 7$	68 6	57 5	50 4	59 4	66 4	52 3	57 3	53 3

$M_p$	$K_s$	Välisõhu temperatuur $t_{v\bar{o}}$ °C								
		-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45
10	0,6	$t'_{bl} = 63$ $Z_2 = 8$	53 6	52 5	62 5	54 4	62 4	69 4	52 3	58 3
12	0,6	$t'_{bl} = 52$ $Z_2 = 6$	53 5	69 5	59 4	47 3	54 3	61 3	— —	— —
15	0,6	$t'_{bl} = 56$ $Z_2 = 5$	53 4	69 4	54 3	63 3	— —	— —	— —	— —

Valides  $t'_{bl}$  väärtust peab silmas pidama, et  $t'_{bl}$  suurenemisega kasvab ka soojendamise kestus  $Z_1$ , ja seda eriti väikese pinnamooduliga massiivsete konstruktsioonide puhul.

$t'_{bl}$  väärtust ei soovitata võtta aurusoojenduse puhul üle  $65^\circ$  ja õhusoojenduse puhul üle  $55^\circ$ .

Pärast  $t'_{bl}$  ja  $Z_2$  määramist arvutatakse betooni keskmine temperatuur jahtumisperioodil:

$$t''_{bk} = (t'_{bl} - t_{v\bar{o}})y''_0 + t_{v\bar{o}} \quad (77)$$

kusjuures

$$y''_0 = \frac{1 - y_2}{A''_0 Z_2}$$

Seejärgi teostub edasine arvutus järgmises korras.

Graafikute (joon. 44, 45, 46) abil määratakse betooni hoidmise aeg  $Z$ , mis vastab hoidmisele temperatuuri juures  $+15^\circ$  kuni etteantud lõpptugevuseni  $\eta_l$  (arvestades kasutatava tsemendi liiki).

Määratakse betooni ligikaudne keskmine temperatuur ülessoojendamise perioodi kestel:

$$t'_{bk} \approx (0,7 \div 0,8) t'_{bl}$$

Graafikust joon. 67 leitakse ekvivalentsete aegade parameetrid:

$P_1$  – vastavalt temperatuurile  $t'_{bk}$  ja

$P_2$  – vastavalt temperatuurile  $t''_{bk}$ .

Määratakse ülessoojendamise kestus

$$Z_1 = \frac{Z'_0 - Z_2 P_2}{P_1}$$

ja graafikute (joon. 47, 48) abil  $x_1 = A_1 Z_1$  väärtusele vastav  $y_1$ .

Seejärel suurus

$$y'_0 = \frac{1 - y_1}{A'_1 Z_1}$$

Määratakse soojendatava keskkonna temperatuur

$$t_{sk} = \frac{t'_{bl}y'_0 - t'_{bk}y_1}{y'_0 - y_1}$$

ja betooni temperatuur ülessoojendamise perioodi algul

$$t_{ba} = \frac{t'_{bl} - t_{sk}(1 - y_1)}{y_1}$$

Kui saadud  $t_{sk}$  ja  $t_{ba}$  väärtused ei rahulda, siis teostatakse ümberarvutus, muutes seejuures  $Z_2$  väärtust.

### 3. Betooni mitmestaadiumilise hoidmise arvutus

Betooni hoidmist soojendamise- ja jahtumistaadiumide vaheldumisega võib kasutada mitte ainult soojuse kokkuhoiu eesmärgil, vaid ka neil juhtudel, kus soojakandjaga varustatakse ööpäeva jooksul ebaühtlaselt. Näitena on joonisel 81-b kujutatud betooni temperatuurirežiimi graafik tingimustes, kus soojakandjat antakse ainult ühe vahetuse kestel. Selle viisi puhul tuleb arvestada betooni hoidmise kogutähtaja vältimatut pikenemist. Arvutuse kord ja iseloom esitatakse allpool toodavas näites.

**Näide** betooni kahestaadiumilise kombineeritud hoidmisrežiimi arvutamise kohta (vt. graafik joonisel 81-a).

Betooni lõpptugevus  $\eta_l = 70\% R_{28}$ ;

$$M_p = 12,5; K_b = 5,8;$$

välisõhu arvutustemperatuur  $t_{v\delta} = -20^\circ$ ;

betoon soojendatakse aurusärkides;

betoon on valmistatud portlandtsemendil;

konstruktsioon — 16 sm paksune raudbetoonsein.

Koosnegu piirdekonstruktsioon 25 mm paksusest raketisest ja 20 mm paksustest laudkilpidest, mis on soojustatud õlgplaatidega (10 sm) ning tõrvapapiga. Määrame piirde soojajuhtivused betooni jahtumise- ja soojendamisperioodidel:

a) jahtumisperioodil

$$K_s = \frac{1,60}{0,05 + \frac{0,045}{0,15} + \frac{0,10}{0,06}} \approx 0,80;$$

b) soojendamisperioodil

$$K_s = \frac{1,60}{0,05 + \frac{0,02}{0,15} + \frac{0,10}{0,06}} \approx 0,90.$$

Seejärel määrame:

$$A'_1 = \frac{K_b M_p}{600} = \frac{5,8 \cdot 12,5}{600} = 0,121$$

$$A''_1 = \frac{K_s M_p}{600} = \frac{0,80 \cdot 12,5}{600} = 0,017.$$

Võtame betooni temperatuuri jahtumise lõpul  $t''_{b1} = 5^\circ$  ja jahtumise kestuse selle temperatuurini  $Z_2 = 3$  ööpäeva = 72 tundi.

$y_2$  määramiseks omame:

$$x_2 = A''_1 Z_2 = 0,017 \cdot 72 = 1,22,$$

millele vastab graafiku (joon. 48) järgi  $y_2 = 0,295$ ;

$$y''_0 = \frac{1 - y_2}{A''_1 Z_2} = \frac{0,705}{0,017 \cdot 72} = 0,575;$$

betooni temperatuur jahtumise algul

$$t'_{b1} = \frac{5 + 20}{0,295} - 20 = 85 - 20 = 65^\circ;$$

keskmine temperatuur jahtumisel

$$t''_{bk} = (65 + 20) 0,575 - 20 = 49 - 20 = 29^\circ.$$

Tehniliste tingimuste andmeil (graafik joon. 44) on portlandtsemendil valmistatud ja  $t = +15^\circ$  juures hoitud betooni hoidmise kestus  $Z'_{071} = 70\%$   $R_{23}$  saavutamiseks ligikaudu 9,5 ööpäeva (228 tundi).

Määrame betooni keskmise temperatuuri ülessoojendamise ajal

$$t'_{b2} = 0,7 t'_{b1} = 0,7 \cdot 65 \approx 45^\circ.$$

Graafiku joon. 67 abil leiame ekvivalentsete aegade parameetrid:

temperatuuri  $t'_{bk} = 45^\circ$  juures  $P_1 = 3,7$ ;

temperatuuri  $t''_{bk} = 29^\circ$  juures  $P_2 = 2,15$ .

Seejärel teeme kindlaks ülessoojendamise kestuse:

$$Z_1 = \frac{Z'_0 - P_2 Z_2}{P_1} = \frac{228 - 2,15 \cdot 72}{3,7} \approx 20 \text{ tundi.}$$

Kuna:

$$A'_1 = \frac{K_b M_p}{600} = 0,121 \text{ ja } x_1 = A'_1 Z_1 = 0,12 \cdot 20 = 2,42,$$

siis

$$y_1 = 0,089; \quad y'_0 = \frac{1 - y_1}{A_1 Z_1} = \frac{0,911}{2,42} = 0,376.$$

Määrame soojendava keskkonna temperatuuri:

$$t_{sk} = \frac{t'_{bl}y'_o - t'_{bk}y_1}{y'_o - y_1} = \frac{65 \cdot 0,376 - 45 \cdot 0,089}{0,376 - 0,089} \approx 71^\circ.$$

Betooni temperatuur soojendamise algul on:

$$t_{ba} = \frac{t'_{bl} - t_{sk}(1 - y_1)}{y_1} = \frac{65 - 71 \cdot 0,911}{0,089} \approx 4^\circ.$$

Määrame soojatarviduse:

$$\begin{aligned} Q_1 &= c_o(t_{sk} - t_{ba}) = 600(71 - 4) \approx 40\,200 \text{ kcal/m}^3; \\ Q_2 &= 30M_p(t_{sk} - t_v + 30) = 30 \cdot 12,5(71 + 20 + 30) \approx 45\,400 \text{ kcal/m}^3; \\ Q_3 &= Z_1K'_sM_p(t_{sk} - t_{v\bar{o}}) = 20 \cdot 0,9 \cdot 12,5(71 + 20) \approx 20\,500 \text{ kcal/m}^3; \\ Q_o &= Q_1 + Q_2 + Q_3 = 106\,100 \text{ kcal/m}^3; \end{aligned}$$

$$Q_m = \frac{Q_o}{Z_1} = \frac{106 \cdot 100}{20} \approx 5300 \text{ kcal/m}^3\text{h}.$$

**Näide.** Täiendame eelmise näite lähteandmeid tingimusega, et auru antakse ainult ühe vahetuse jooksul (8 tundi), ülejäänud ajaks (16 tundi) soojendamine katkestatakse (vt. graafik joon. 81-b).

Omame:

$$A'_1 = \frac{K_bM_p}{600} = 0,121; \quad A''_1 = \frac{K_sM_p}{600} = 0,017;$$

$$t_{v\bar{o}} = -20^\circ; \quad \eta_l = 70\%R_{28};$$

$$Z_1 = Z_3 = 8 \text{ tundi}; \quad Z_2 = 16 \text{ tundi};$$

$$A'_1Z_1 = A'_1Z_3 = x_2 = 0,121 \cdot 8 = 0,97;$$

$$y_1 = 0,379;$$

$$y'_o = \frac{1 - y_1}{A'_1Z_1} = \frac{0,621}{0,97} = 0,640;$$

$$A''_1Z_2 = x_2 = 0,017 \cdot 16 = 0,27; \quad y_2 = 0,763;$$

$$y''_o = \frac{1 - y_2}{A''_1Z_2} = \frac{0,237}{0,27} = 0,875.$$

Võtame  $t_{ba} = 5^\circ$ ,  $t_v = 5^\circ$  ja  $t_{sk} = 70^\circ$ . Seejärel võime määrata:

a) betooni temperatuuri esimese staadiumi lõpul  $t_1$  ja tema keskmise temperatuuri sellel staadiumil  $t'_{bk}$ :

$$t_1 = t_{ba}y_1 + t_{sk}(1 - y_1) = 5 \cdot 0,379 + 70 \cdot 0,621 \approx 45^\circ;$$

$$t'_{bk} = t_{ba}y'_o + t_{sk}(1 - y'_o) = 5 \cdot 0,640 + 70 \cdot 0,360 \approx 28^\circ;$$

ekvivalentse aja parameeter (graafik joon. 67) portlandtsemendi hoidmisel  $t=28^\circ$  juures on  $P_1=2,05$ ;

b) betooni temperatuur teise staadiumi lõpul  $t_2$  ja keskmine temperatuur sellel staadiumil  $t''_{bk}$  on

$$t_2 = t_1 y_2 + t_{v\bar{o}}(1 - y_2) = 45 \cdot 0,763 - 20 \cdot 0,237 \approx 29^\circ.$$

$$t''_{bk} = t_1 y''_o + t_{v\bar{o}}(1 - y''_o) = 45 \cdot 0,875 - 20 \cdot 0,125 \approx 37^\circ.$$

$$P_2 = 2,9;$$

c) betooni temperatuur kolmanda staadiumi lõpul  $t_3$  ja keskmine temperatuur sellel staadiumil  $t'''_{bk}$  on: (silmas pidades, et  $y_3 = y_1$  ja  $y'''_o = y'_o$ ):

$$t_3 = t_2 y_1 + t_{sk}(1 - y_1) = 29 \cdot 0,379 + 70 \cdot 0,621 \approx 54^\circ.$$

$$t'''_{bk} = t_2 y_o + t_{sk}(1 - y_o) = 29 \cdot 0,64 + 70 \cdot 0,36 \approx 44^\circ;$$

$$P_3 = 3,60;$$

d) betooni jahtumise kestus neljandas staadiumis temperatuurilt  $t = t_3$  kuni  $t = t_{bl}$ ; selleks määrame suuruse:

$$\frac{t_3 - t_{v\bar{o}}}{t_{bl} - t_{v\bar{o}}} = \frac{54 + 20}{5 + 20} = 2,96$$

ja leiame graafikust joon. 66 vastava  $M$  väärtuse, mis käesoleval juhul võrdub 0,47. Seejärel määrame:

$$Z_4 = \frac{2,3 M}{A_1} = \frac{2,3 \cdot 0,471}{0,017} \approx 64 \text{ tundi};$$

$$x = A''_1 Z_4 = 0,017 \cdot 64 = 1,09; \quad y_4 = 0,357;$$

$$y_0^{IV} = \frac{1 - y_4}{A''_1 Z_4} = \frac{0,643}{1,09} = 0,590;$$

$$t_{bk}^{IV} = t_3 y_0^{IV} + t_{v\bar{o}}(1 - y_0^{IV}) = 54 \cdot 0,59 - 20 \cdot 0,41 \approx 24^\circ;$$

$$P_4 = 1,7;$$

e) betooni hoidmise kogukestus, taandatuna temperatuurile  $t = 15^\circ$ :

$$Z'_o = Z_1 P_1 + Z_2 P_2 + Z_3 P_3 + Z_4 P_4 = 8 \cdot 2,05 + 16 \cdot 2,90 + 8 \cdot 3,60 + 64 \cdot 1,7 = 200 \text{ tundi} \approx 8,3 \text{ ööpäeva}.$$

Tehniliste tingimuste graafikutest (joon. 44) leiame, et portlandtsemendil valmistatud betoon saavutab  $15^\circ$  temperatuuri juures 8,3 ööpäeva jooksul tugevuseks umbes 67%  $R_{28}$ .

Kuigi saadud lõpptugevus on veidi väiksem etteantust (70%), ei ole ümberarvutus vajalik, seda enam, et arvutuses ei ole arvesse võetud tsemendi ekso-termia mõju.

Määrame soojatarviduse:

a) betooni ülessoojendamiseks

$$Q_1 = 600(t_1 - t_{ba} + t_3 - t_2) = 600(45 - 5 + 54 - 29) = 39\,000 \text{ kcal/m}^3;$$

b) raketise ja piirde soojendamiseks

$$Q_2 = 30M_p(t_{sk} - t_{v\delta} + 30) = 30 \cdot 12,5(70 + 20 + 30) = 45\,000 \text{ kcal/m}^3;$$

c) soojakaod välisõhku

$$Q_3 = (Z_1 + Z_3)K_s M_p(t_{sk} - t_{v\delta}) = (8 + 8)0,9 \cdot 12,5(70 + 20) = 16\,200 \text{ kcal/m}^3;$$

$$Q_0 = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 100\,200 \text{ kcal/m}^3;$$

$$Q_m = \frac{Q_0}{Z_1 + Z_3} = \frac{100\,200}{16} = 5600 \text{ kcal/m}^3.$$

Hoidmise kogukestus

$$Z_0 = Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 = 96 \text{ tundi.}$$

Tabelis 72-a on esitatud võrdlemiseks ülalteostatud arvutuste tulemused betooni kahestaadiumilise ja neljastaadiumilise kombineeritud hoidmisviiside kohta.

Tabel 72-a

Võrdlustabel

Parameetrid	Mõõtühik	Esimene variant	Teine variant
Pinnamoodul $M_p$ . . . . .	—	12,5	12,5
Välisõhu temperatuur $t_{v\delta}$ . . . . .	°C	—20	—20
Soojendava keskkonna temperatuur $t_{sk}$ . . . . .	"	71	70
Betooni temperatuur soojendamise algul . . . . .	"	4	5
Betooni temperatuur jahtumise lõpul . . . . .	"	4	5
Piirdekonstruktsiooni soojajuhtivus jahtumisel . . . . .	$\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}}$	0,80	0,80
Piirdekonstruktsiooni soojajuhtivus soojendamisel . . . . .	"	0,90	0,90
Soojendamise kestus $Z$ . . . . .	tundi	20	16
Hoidmise kogukestus $Z_0$ . . . . .	"	92	96
Sooja kogutarvidus $Q_0$ . . . . .	kcal/m <sup>3</sup>	106 100	100 200
Maksimaalne soojatarvidus $Q_m$ . . . . .	$\frac{\text{kcal}}{\text{m}^3\text{h}}$	5300	5600
Lõpptugevus $\eta_l$ . . . . .	%R <sub>28</sub>	70%	67%

# MONTEERITAVATE RAUDBETOONKONSTRUKTSIOONIDE LIITEKOHTADE BETONEERIMINE \*

## 1. Üldised alused

Monteeritavate raudbetoondetailide liitekohtade kinnitegemine võib talvistes tingimustes toimuda põhiliselt kahel viisil:

a) *liitekohtade betoneerimise teel* pärast painduva armatuuri kokkukeevitamist. Liitekoha tugevus tagatakse siin armatuuri ja betooni koostööga;

b) *liitekohtade keevitamise teel*, mille juures liite tugevus tagatakse täielikult keevisõmblusega. Sellisel ühendatakse omavahel raudbetoondetailid, mille liitekohad on varustatud vastavate metallist ühendus- ja tugiosadega, kusjuures need on keevituse teel ühendatud painduva armatuuri varrastega. Liitekoha hilisema kinnibetoneerimise eesmärgiks on siin vaid metallosade kaitsmine korrosiooni eest.

Talvetingimuste iseärasusi tuleb arvestada peamiselt esimest tüüpi liidete teostamisel.

Tehniliste tingimuste nõuete kohaselt ei tohi monteeritavate raudbetoonkonstruktsioonide liitekohtades betooni tugevus tema külmumismomendil olla väiksem projektugevusest.

Sellise tugevuse saavutamiseks talvetingimustes tuleb liitekoha betooni soojendada.

Kuna liitekohtade betoneerimisel paigaldatava betooni maht on väike ja betoonikiht õhuke, siis tuleb veel eriti jälgida, et betooni temperatuur enne soojendamist ei langeks alla  $+5^{\circ}$ . Seoses sellega on vaja enne liitekoha betoneerimist läbi viia liidetavate elementide eelsoojendamine liite ümbruses.

Liitetsooni eelsoojendamine on vajalik ka paigaldatava betooni parema nakte saavutamiseks liidetavate detailide betoonpindadega ja liitearmatuuriga.

Enne betooni paigaldamist tuleb liidetavatelt betoonpindadelt kõrvaldada pindmine tsemendikile. Armatuur peab olema puhastatud terasharjaga.

Betoon tuleb liitekohtades hästi tihendada kas vibreerimise või sorkimise teel. Betooni kiiremaks kivinemiseks kasutatagu kõrgemargilisi tsemente (500 ja rohkem).

Liitebetooni soojendamine toimugu kindla režiimi kohaselt. Temperatuuri tõstmise kulgegu ühtlaselt kiirusega kuni  $5-7^{\circ}$  tunnis. Isotermiline soojendamine toimub temperatuuril kuni  $+45^{\circ}$ , kusjuures temperatuuri kõikumised ärgu ületagu  $\pm 5^{\circ}$ . Jahtumine toimugu jällegi ühtlaselt  $5-7^{\circ}$  tunnis.

Betooni temperatuuri liitekohas kontrollitakse esimese 8 tunni jooksul iga 2 tunni ja hiljem iga 4 tunni tagant. Temperatuuri mõõtmise võimaldamiseks

---

\* Peatükk on tõlkija poolt ümber töötatud ja täiendatud, silmas pidades Ehituse Organiseerimise ja Mehhaniseerimise Üleliidulise Teadusliku Uurimise Instituudi poolt koostatud «Ajutist instruksiooni monteeritavate raudbetoonkonstruktsioonide liitekohtade kinnitegemisest talvetingimustes» (ВНИОМС «Временная инструкция по заделке стыков сборных железобетонных конструкций в зимних условиях» — Москва 1953.).

asetatakse liitekohta betoneerimise ajal vastavad torukesed. Torud valmistatakse katuseplekist pikkusega 150—200 mm, läbimõõduga 8—10 mm ja nende põhjad on kinni joodetud. Torukesed on täidetud läbitöötatud õliga ja nad asetatakse nii, et nende põhjad asuksid just liitekohtade betooni raskuskeskuses. Temperatuuri määramiseks pistetakse torusse termomeeter.

Liitekohta betooni tugevus tehakse kindlaks kontrollkuubikute abil, mis hoitakse laboratooriumis sama soojusrežiimi juures, nagu see esineb tegelikus liitekohas. Kontrollkuubikud valmistatakse iga 125—150 liite kohta.

## 2. Betoneeritud liitekohtade soojendamisviisid

Betoneeritud liitekohti võib soojendada järgmistel viisidel:

- 1) metallist või raudbetoonist köetavate raketiste kasutamisega;
- 2) liidetavatesse raudbetoondetailidesse soojuse akumulereerimise teel;
- 3) liitekohta ümbritseva keskkonna soojendamise teel;
- 4) liidetavate detailide soojendamise teel;
- 5) spetsiaalsete sissebetoneeritavate elektriliste küttekehade kasutamisega.

Alljärgnevalt vaadeldakse neid liidete soojendamise viise üksikult.

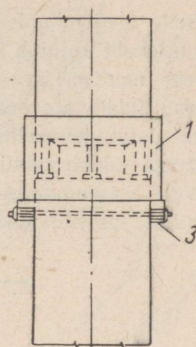
a) Liite soojendamine elektriga köetava raketise abil.

Köetav metallraketis (joon. 81-a) koosneb sisetisest ja välisest teraskestast. Väliskest on keevitatud sisekesta jäikusnurkraudade külge. Raketise teraslehtide vahel on seespool 10 mm paksune tsementmördist plaat, millesse on asetatud küttespiraal. Tsementplaadi-küttekeha ja raketise välisvoodri vahel asub soojaisolatsioon — 50 mm mineraalvatti.

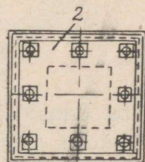
Raketis peab omama vastavad lehid betooni valamiseks ja võimaldama betooni vibreerimist, näiteks painduva võlliga vibraatori abil. Kasutatava betoonisegu koonuse vajumine olgu 10—12 sm.

Kirjeldatud raketis lubab teostada niihästi liitetsooni eelsoojendamist kui ka betooni soojendamist kivinemisel.

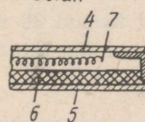
Vajatav voolu võimsus on seejuures keskmiselt 0,6—0,8 kW raketise küttepinna 1 m<sup>2</sup> kohta.



Plaan



Detail



Joon. 81a. Posti liitekoht.

1 — soojendav raketis; 2 — liitebetoon; 3 — rang raketise hoidmiseks; 4 — sisemine terasleht; 5 — väline terasleht; 6 — mineraalvatt; 7 — kolm kihti klaasriiet, mille keskmisel kihil kroonnikeltraat; 8 — mördist plaat terastraadist spiraaliga.

Metallraketise asemel võib kasutada soojaisolatsiooniga varustatud raudbetoonplaatidest raketist, mille sisepinda on 2—3 sm sügavusele sisse betoneeritud küttespiraalid kroomnikkel-, fokraal- või terastraadist.

Elektriliste küttespiraalide arvutus on toodud eespool (teise osa V peatükk p. 3).

b) Liite soojendamine liidetavatesse elementidesse akumuleeritud soojuse abil

Selle soojendamiseviisi kasutamine on efektiivne siis, kui liidetavate detailide liitekoht kujutab endast kitsast betooniga täidetavat pilu, nagu see esineb näiteks monteeritava raudbetoonposti ja postvundamendi kannu seinte vahel. Pärast liidetavate detailide lõplikku väljarihtimist ja ajutist kinnitamist täidetakse detailidevaheline tühimik veega, mida soojendatakse kas auru või elektriga (elektroodviisil või vastavate silindriliste küttekehadega).

Vett soojendatakse kiirusega kuni 7° tunnis temperatuurini +45°. Vee isothermilise soojendamise kestus valitakse olenevalt välisõhu temperatuurist:

$t_{\text{võ}}$	soojendamise aeg
-1° kuni -10°	24 tundi
-10° „ -15°	36 „
-15° „ -20°	48 „

Seejärel eemaldatakse vesi (näiteks käsipumba abil) ja paigaldatakse betoon. Betoon paigaldatakse 15 sm paksuste kihtidena, tihendades iga kihti sorkimise või vibreerimise teel.

Niihästi liitetsooni eelsoojendamise ajal kui ka pärast betoneerimist olgu liitekoht kaetud 30 sm paksuse saepurukihiga ja presendiga. Sel viisil toimuv termoshoidmine kindlustab liitele vajaliku tugevuse saavutamise.

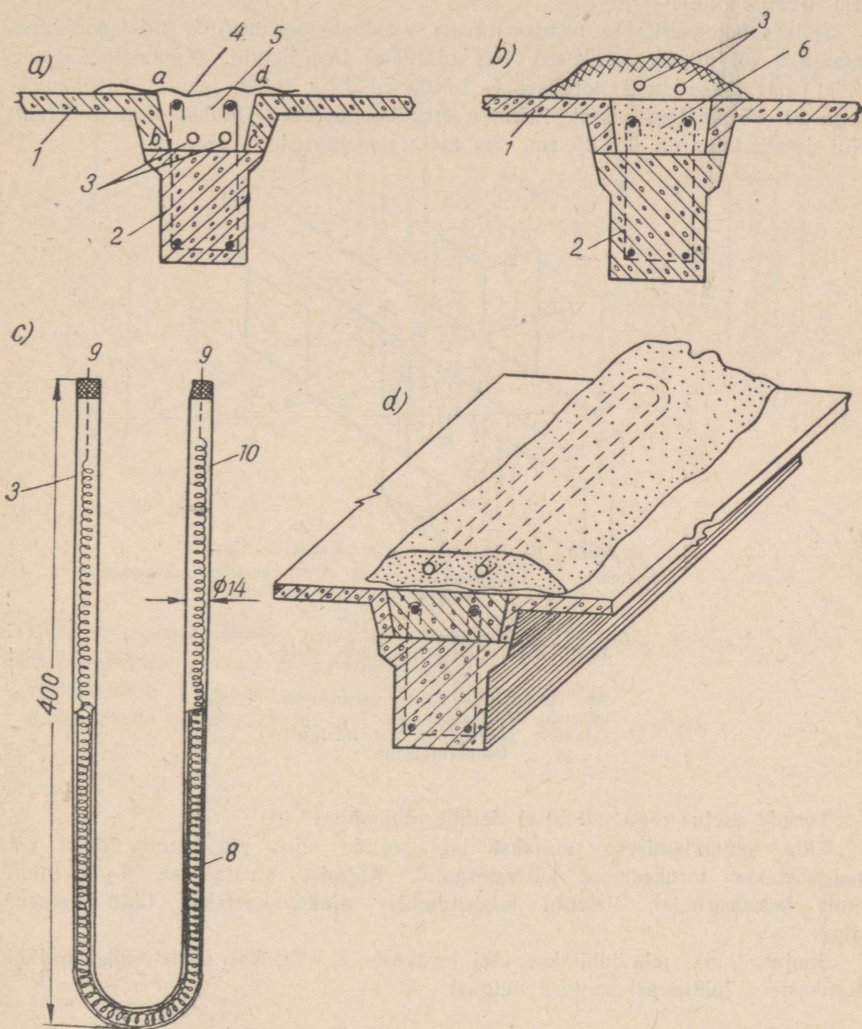
c) Liitekohaga soojendamine teda ümbritseva keskkonna ja õhu soojendamise teel

Vahelae paneelide ja neid toetava tala liite betoneerimine sel viisil on kujutatud joonisel (joonis 81 b).

Siin toimub niihästi liitetsooni eelsoojendamine (joon. 81 ba) kui ka paigaldatud betooni järelsoojendamine (joon. 81 bb, bd) mingi küttekeha abil. Joonisel 81 bb, bd on selliseks küttekehaks elektriline torukujuline küttekeha (joon. 81 bc). Küttekeha võimsus olgu 0,2—0,3 kW liite 1 m kohta.

Eelsoojendamisel kaetakse liitetsoon presendiga, järelsoojendamisel saepurukihiga. Küttekeha asetatakse presendi alla või saepurukihi sisse.

Soojendamiseks võib kasutada ka inventaarseid küttekilpe, millega kaetakse liitetsoon. Küttekilbiga olgu kaetud riba, mis kummaltki poolt ulatub 10 sm üle liitebetooni riba.



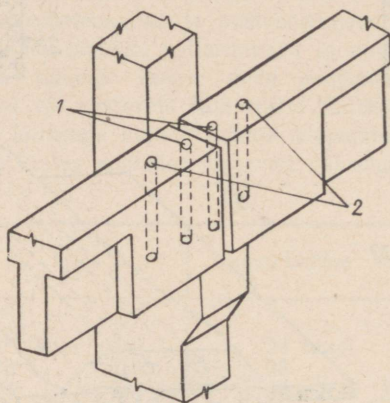
Joon. 81b. Laeplaadi liitekoht talaga.

1 — lagi; 2 — tala; 3 — elektrisoojenduselemendid; 4 — present; 5 — liitetühem; 6 — liite-  
betoon; 7 — saepuru, šlakk, liiv; 8 — kroomnikeltraat dielektrilises pastas; 9 — klemmid;  
10 — metallkest — terastoru läbim. 14 mm.

#### d) Liidetavate detailide soojendamine

Liitebetooni võib soojendada liidetavate detailide liitetsoonide soojendamise teel (joonis 81 c).

Selleks betoneeritakse monteeritavate raudbetonelementide liitetsoonidesse asbestist või plekist torukesed, mis ulatuvad läbi detaili. Kummalegi poole liidet asetatakse kaks torukest — torukesed 1 ja 2 (vt. joonis) vahekaugusega 20—25 sm teineteisest. Esimese toru kaugus liite pinnast olgu 5—7 sm. Kui detaili laius on üle 35 sm, siis asetatakse torusid 2 rida.



Joon. 81c. Kraanatalade liitekoht.

1 — torud talaotste soojendamiseks kõrgema temperatuuriga; 2 — torud talaotste soojendamiseks madalama temperatuuriga.

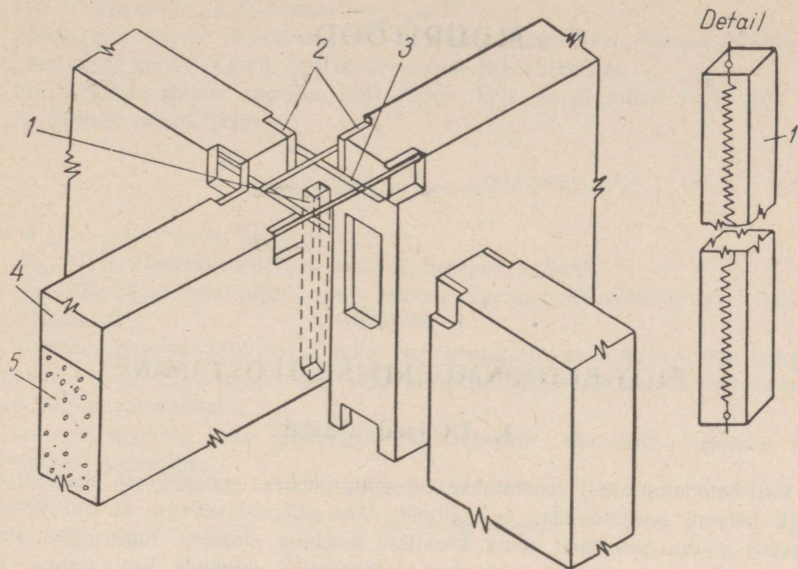
Torude asetuse kohta näidatud detaili tööjoonisel.

Liite soojendamiseks juhitakse läbi torude auru või kuuma õhku või paigutatakse torukestesse küttespiraalid. Kuumist alustatakse 3—5 tundi enne betoneerimist. Betooni soojendamise ajaks kaetakse liide presendiga.

Soojuse hulk, mis juhitakse läbi torukeste 2, võetakse poole väiksem läbi torukeste 1 juhitud soojuse hulgast.

#### e) Soojendamine liitebetoonisse sissebetoneeritavate küttekehade abil

Joonisel on näidatud sisemiste seinapaneelide liitekoht, mille soojendamiseks võib kasutada mördist küttekehasid (prismad põiklõikega 5×5 sm), millesse on sisse asetatud küttespiraal. Küttekehad asetatakse kogu liite pikkusele ja nad betoneeritakse sisse.



Joon. 81d. Kandvate siseseinte liitekoht.

1 — soojendamisprisma; 2 — betooni asetatavad teraselemendid; 3 — terasvardad; 4 — raudbetoonraam; 5 — kerge betoon.

Liite eelsoojendamiseks samade küttekehade abil tuleb liitekoht väljastpoolt soojustada ja ülalt presendiga katta.

Küttekehade pinna temperatuur ärgu tõusku üle  $60^{\circ}$ .

Küttekehade arvutus on toodud eespool (teise osa V peatükk p. 3).

## MÜÜRITÖÖD

## I peatükk

## PUTT-BETOOMMÜÜRITISE TEOSTAMINE

## 1. Üldised alused

Putt-betoonmüüritist teostatakse talvetingimustes samasuguste meetoditega nagu betooni paigaldamist ja hoidmist. See seletub sellega, et putt-betooni tugevus sõltub peamiselt tema koostisse kuuluva betooni tugevusest. Putt-betooni talvise teostamise iseärasused seisavadki abinõude kasutamises, mis kindlustavad betoonile vajaliku tugevuse saavutamise. Putt-betoonmüüritise külmumist ei lubata enne, kui betoon on saavutanud tugevuse  $25 \text{ kg/sm}^2$ . Sõltumata sellest, missugust müüritise hoidmise viisi kasutatakse, ei lubata kasutada külmunud kive. Putt-kivi peab olema mitte üksnes vaba härmatisest, vaid ta peab olema ka sulanud.

Putt-betoonist konstruktsioonid asetsevad tavaliselt kaevikutes ja süvendites ning on seepärast atmosfäärilistele tingimustele vähem allutatud kui maa-pealsed konstruktsioonid. See loob võimaluse putt-betoonmüüritise teostamiseks termosmenetlusel. Kui termosmenetluse kasutamine pole võimalik, siis hoitakse putt-betoonmüüritist soojakutes või rakendatakse putt-betoonist konstruktsiooni täiendavat soojendamist. Aurusoojendust lubatakse kasutada juhul, kui kondensaat ei mõju müüritise alusele kahjustavalt. Elektrisoojendust siseelektroodidega piiravad tööde teostamise tingimused (tuleb arevstada elektroodide nihkumise võimalusi kivide paigaldamisel ja vibreerimisel).

## 2. Putt-betooni termoshoidmine

Seoses sellega, et termosviisil hoitavate betoon- ja raudbetoonkonstruktsioonide tugevuse määramise meetodid ei ole täiel määral rakendatavad tingimuste määramiseks, mis kindlustaksid putt-betoonmüüritisele nõutava tugevuse tema külmumismomendil, on ВНИОМС-i talvetööde laboratooriumi poolt välja töötatud putt-betoonmüüritise termoshoidmise arvutuse lähendmeetod, mille aluseks on järgmised lihtsustavad oletused:

putt-betooni kogumaht  $V_{pb}$  koosneb kivi ja betooni võrdsetest mahtudest ( $V_p$  ja  $V_b$ );

kõik kivid on täielikult uputatud betooni;

kivi temperatuur paigaldamisel on  $t_p \geq 5^\circ$ .

Tööde teostamisel täidetakse kõik tehniliste tingimuste nõuded betooni ja kivi kaitsmise kohta liigsete soojakadude eest paigaldamisel.

Putt-betoonmüüritise tugevus määratakse kivi margi puhul mitte alla 200 A. A. Šiškini valemi järgi:

$$R_{pb} = R_b \left( \frac{65}{45 + R_b} + 0,15 \right) \text{ kg/sm}^2, * \quad (78)$$

kus  $R_{pb}$  — putt-betooni tugevus  $\text{kg/sm}^2$ ;

$R_b$  — putt-betooni kuuluva betooni tugevus  $\text{kg/sm}^2$ ,  
või graafiku järgi, mis kujutab putt-betooni tugevust sõltuvalt betooni tugevusest (joon. 82).

Kuivõrd etteantud kivi margi puhul putt-betooni tugevus määratakse temasse kuuluva betooni tugevusega, siis võib arvutuse taandada betooni termoshoidmise tingimuste valikuks.

Betooni tugevus, mis kindlustab putt-betoonile etteantud tugevuse  $R_{pb}$  määratakse valemiga:

$$R_b = (-a_1 + \sqrt{a_1^2 + a_0}) \text{ kg/sm}^2, \quad (79)$$

$$\text{kus } a_1 = \frac{71,75 - R_{pb}}{0,3} \text{ ja } a_0 = 300 R_{pb}.$$

\* Putt-betooni normatiivne tugevus (keskmine tugevuse piir)  $R_{pb}^n$   $\text{kg/sm}^2$  sõltuvalt putt-betooni kuuluva betooni tugevusest on leitav «Ehitustööde normid ja eeskirjad» («Строительные нормы и правила») II osast jagu B rea-tükk 2 §3 tabel 7.

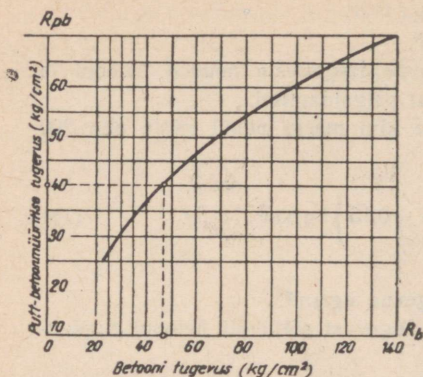
Jrk. nr.	Putt-betooni liik	Betooni mark			
		100	75	50	35
		a	b	c	d
1.	Murtud looduskivist margiga mitte vähem kui 200 . . . . .	60	50	40	35
2.	Sama, margiga 100 . . . . .	—	45	37	30
3.	Sama, telliskillustikust margiga 50 . . . . .	—	—	35	27

Putt-betooni arvutuslik tugevus  $R_{pb}$  leitakse normatiivse tugevuse korrutamise teel müüritise ebaühtluse koefitsiendiga  $k_m$ .

Butt-betoonist müüritise ebaühtluse koefitsient on määratav vastavalt tööde klassile (A ja B) tabelist 11 ENE II B2 § 4 ( $K_m = 0,55$  ja  $0,50$ ).

Butt-betooni vibreerimisel nii normatiivne kui arvutuslik tugevus tõuseb 15% võrra.

Toimetaja märkus



Joon. 82. Graafik putt-betooni tugevuse olenevus betooni tugevusest (A. A. Siškini valemi järgi:  $R_{pb} =$

$$= R_b \frac{45 + R_b}{65} + 0,15).$$

See valem võimaldab määrata betooni suhtelise tugevuse  $\eta_b$ , mis kindlustab müüritisele etteantud tugevuse, kui on teada betooni mark ( $R_{28}$ ):

$$\eta_b = \frac{R_b}{R_{28}} 100.$$

Arvutuste lihtsustamiseks võib kasutada tabelit 73.

Putt-betooni termoshoidmise tingimuste arvutamise meetod langeb täielikult ühte ВНИОМС-i arvutusmeetodiga betoon- ja raudbetoonkonstruktsioonide hoidmistingimuste määramiseks. Ta tugineb kahe valemi kasutamisele, mis määravad:

betooni temperatuuri müüritisest Z tunni möödumisel hoidmise algusest:

Tabel 73

Putt-betoonmüüritise tugevuse ( $R_{pb}$ ) olenevus betooni tugevusest ( $R_b$ ) mitmesuguste betoonimarkide puhul (A. A. Siškini valemi järgi)

$R_{pb}$	$R_b$	Betooni suhteline tugevus $\eta_b$ protsentides $R_{28}$ -st mitmesuguste betoonimarkide puhul				
		250	200	150	100	50
kg/sm <sup>2</sup>						
25	23	9	12	15	23	46
30	30	12	15	20	30	60
35	37	15	19	25	37	74
40	47	19	24	31	47	92
45	57	23	29	38	57	114
50	70	28	35	47	70	—
55	85	34	43	57	85	—
60	102	41	51	68	102	—
65	115	46	60	77	115	—
70	139	56	70	93	139	—

$$t_{bt} = (t_{ba} - t_{v\delta} - A_2) y_1 + A_2 y_2 + t_{v\delta}; \quad (80)$$

betooni keskmise temperatuuri aja Z vältel:

$$t_{bt} = -\frac{1}{\varepsilon} [(t_{ba} - t_{v\delta} - A_2) y_0 + A_2 P_0] + t_{v\delta}, \quad (81)$$

kus  $t_{ba}$  — betooni temperatuur hoidmise algul;

$t_{v\delta}$  — välisõhu arvutustemperatuur;

Z — hoidmise kestus tundides;

$y_1$  — muutuv suurus, mille väärtus oleneb ajast Z, pinnamoodulist ja putt-betooni piirde soojaisoleerivatest omadustest;

$y_2$  — muutuv suurus, mille väärtus oleneb ajast  $Z$ .

Suuruste  $y_1$  ja  $y_2$  määramiseks võib kasutada graafikuid joon. 47, 48 (vt. teine osa III peatükk); putt-betooni iseärasuste arvessevõtmiseks võetakse antud juhul:

$$A_1 = \frac{KM_p}{250},$$

kus  $K$  — piirdekonstruktsioonide soojajuhtivus putt-betooni pindadel;

$M_p$  — putt-betoonist konstruktsiooni pinnamoodul, mis määratakse tavalisel viisil.

Leitud  $A_1$  väärtuse abil arvutatakse suurused  $x_1 = A_1 Z$  ja  $x_2 = 0,01 Z$ . Vastavalt saadud  $x_1$  ja  $x_2$  väärtustele leitakse graafikute (joon. 47, 48) abil  $y_1$  ja  $y_2$  ning

$$y_0 = \frac{1 - y_1}{A_1}; \quad P_0 = 100(1 - y_2); \quad A_2 = \frac{A_t T}{600(A_1 - 0,01)},$$

kus  $A_t$  — tsemendi eksotermia parameeter; määratakse kindlaks tabeli 45 andmeil vastavalt kasutatava tsemendi liigile ja margile;

$T$  — tsemendi sisaldus müüritisse kuuluvas betoonis  $\text{kg/m}^3$ .

Vastuvõetava tsemendi kulu saavutamiseks tuleb arvutusi ülaltoodud valemite järgi teostada tavaliselt mitmes variandis.

**Näide.** Hoitav konstruktsioon — putt-betoonist sein paksusega  $d = 0,5$  m; välisõhu temperatuur  $-15^\circ$ ; putt-betoon müüritise nõutav tugevus hoidmise lõpul  $R_{pb} = 40 \text{ kg/sm}^2$ ; etteantud hoidmise kestus  $Z = 5$  ööpäeva = 120 tundi.

Tabeli 73 abil teeme kindlaks, et etteantud  $R_{pb}$  väärtusele vastab betooni tugevus  $R_b = 47 \text{ kg/sm}^2$ .

Valime portlandtsemendi margiks  $R_t = 300$ , mille jaoks  $A_t = 0,45$  (tabel 45 järgi). Vastav betooni mark (killustiku kasutamisel ja vesitsementteguri

$\frac{V}{T} = 0,7$  puhul) määratakse valemiga:

$$R_{28} = 0,5 R_t \left( \frac{T}{V} - 0,5 \right) = 0,5 \cdot 300 \left( \frac{1}{0,7} - 0,5 \right) \approx 140.$$

Määrame betooni suhtelise tugevuse hoidmise lõpul:

$$\eta_b = \frac{R_b}{R_{28}} 100 = \frac{47}{140} 100 = 33\% R_{28}.$$

Olgu putt-betoonmüüritise soojapiire ehitatud täidiskonstruktsioonis soojajuhtivusega  $K = 0,8 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$  (vt. tabel 36).

Arvutame antud tingimustele vastavad:

$$M_p = \frac{2}{d} = \frac{2}{0,5} = 4,0;$$

$$A_1 = \frac{KM_p}{250} = \frac{0,8 \cdot 4,0}{250} = 0,0128.$$

Graafikust joon. 44 määrame müüritise betooni keskmise temperatuuri

$t_{b_k} \approx 7^\circ$ , mis on vajalik betoonile 120 tunniga tugevuse  $R_b = 33\% R_{28}$  saavutamiseks (ilma kiirendavate lisandite kasutamiset).

Leiame suurused

$$x_1 = A_1 Z = 0,0128 \cdot 120 \approx 1,53,$$

$$x_2 \approx 0,01 Z = 0,01 \cdot 120 = 1,20;$$

seejärel määrame graafikutest (joon. 47, 48) suurused  $y_1 = 0,216$  ja  $y_2 = 0,301$  ning arvutame

$$y_0 = \frac{1 - y_1}{A_1} = \frac{1 - 0,216}{0,0128} = 61,3;$$

$$P_0 = 100(1 - y_2) = 100(1 - 0,301) = 69,9.$$

Arvutuse jätkamiseks tuleb ette anda ühe muutuja väärtus järelejäänud kolmest muutujast ( $t_{b_2}$ ,  $t_{b_1}$  ja  $A_2$ ).

Oletame, et  $t_{b_1} = 5^\circ$  ning katsume määrata  $t_{b_a}$  ja  $A_2$  väärtused:

Andes valemitele (80) ja (81) kuju:

$$A_2 = \frac{D_0 y_1 - \Delta_l y_0}{P_0 y_1 - y_l y_2}, \quad t_{b_a} = \frac{\Delta_l + A_2 (y_1 - y_2)}{y_1} + t_{v\delta},$$

kus lühendamiseks on kasutatud tähistusi

$$D_0 = (t_{b_k} - t_{v\delta}) Z,$$

$$\Delta_l = (t_{b_1} - t_{v\delta})$$

ning asetades valemitesse (80) ja (81) ülalpool saadud numbrilised väärtused, määrame:

$$D_0 = (7 + 15) 120 = 2640;$$

$$\Delta_l = (5 + 15) = 20;$$

$$A_2 = \frac{2640 \cdot 0,216 - 20 \cdot 61,3}{69,9 \cdot 0,216 - 61,3 \cdot 0,301} \approx 195,8;$$

$$t_{b_a} = \frac{20 + 195,8(0,216 - 0,301)}{0,216} + (-15) \approx 0,6.$$

Kuna

$$A_2 = \frac{A_l T}{600(A_1 - 0,01)},$$

siis asetades tuntud suurused ( $A_2$ ,  $A_l$ ,  $A_1$ ), saame määrata tsemendi sisalduse betoonis:

$$T = \frac{600 A_2 (A_1 - 0,01)}{A_l} = \frac{600 \cdot 195,8 (0,0128 - 0,0100)}{0,45} = 731 \text{ kg/m}^3.$$

Saadud liiga madal  $t_{b_a}$  ja liiga kõrge  $T$  väärtus osutavad lähteandmete ebaõnnestunud valikule.

Võtame algtemperatuuriks  $t_{b_2} = 30^\circ$ , jättes teised suurused muutmata; määrates seejärel

$$A_0 = t_{b_2} - t_{v\delta} - A_2 = 63 - 80,5 = -18,$$

saame va. emite (80) ja (81) abil

$$t_{b1} = A_0 y_1 + A_2 y_2 + t_{v0} = -18 \cdot 0.216 + 63 \cdot 0.301 - 15 = 0,5^\circ,$$

$$t_{bk} = \frac{1}{Z} (A_0 y_0 + A_2 P_0) + t_{v0} = \frac{-18 \cdot 61,3 + 63 \cdot 69,9}{120} - 15 \approx 27,5 - 15 = 12,5^\circ.$$

Tehniliste tingimuste graafikute kohaselt on portlandtsemendi 300,  $Z=5$  ööpäeva ja  $t_{bk}=12,5^\circ$  puhul betooni suhteline tugevus  $\eta_l=40\%$   $R_{28}$ .

Seega kindlustavad valitud tingimused:  $K=0,8$ ,  $Z=5$  ööpäeva,  $t_{ba}=30^\circ$  ja portlandtsemendi mark 300 sisaldus betoonis  $T=235$  kg/m<sup>3</sup>, betoonile lõpptugevuse  $\eta_l=40\%$   $R_{28}$  (s. o. rohkem kui nõutud —  $\eta=33\%$   $R_{28}$ ) ning betooni positiivse temperatuuri hoidmisperioodi lõpul.

## II peatükk

### KIVIMÜÜRITISE TEOSTAMINE

#### 1. Üldised alused

Pärast püstitamist kuni mördi täieliku kivinemiseni on kivikonstruktsioonide tugevus ja püsivus muutuvad suurused. Seejuures nende muutumine oleneb ainult mördi füüsikalise-keemiliste omaduste muutumisest, kuna kivi tugevust ja püsivust võib vaadelda stabiilsena. Kuna üheks tähtsamaks teguriks mördi kivinemise iseloomu määramisel on ümbritseva keskkonna soojusrežiim, siis on ilmne, et müüritise püstitamise puhul ebasoodsates temperatuuritingimustes tuleb müüritise vajaliku kvaliteedi tagamiseks arvesse võtta madalate (negatiivsete) temperatuuride mõju mördis toimuvate protsesside kulgemisele.

Eksperimentaalsete ja tööstuslike uurimistega temperatuuri mõju kohta mördi tugevusele on kindlaks tehtud, et:

1) positiivsete temperatuuride puhul mördi täieliku kivinemise kestus lüheneb koos keskkonna temperatuuri tõusuga (kõikide muude võrdsete tingimuste korral);

2) külmunud mördi tugevus kasvab koos keskkonna temperatuuri lange-misega; selle tugevuse võib määrata A. A. Siškini valemiga:

raskete mörtide jaoks (niiskusega umbes 20%)

$$R'_m = 25 - 7 t_{v0}; \quad (82)$$

kergete mörtide jaoks (niiskusega umbes 40%)

$$R'_m = 75 - t_{v0}; \quad (83)$$

(külmunud mördi tugevus osutub sageli kõrgemaks mördi projektugevusest);

3) mördi külmumise mõju tema võimele edasi kividena pärast sulamist oleneb mördi koostisest; tsement- ja segamördid säilitavad selle omaduse, lubi-liiv- ja lubi-savimördid aga kaotavad selle;

4) tsement- ja segamörtide külmumine, millel on juba 20% projektugevu-sest ( $R_{28}$ ), ei kutsu esile mördi lõpptugevuse praktiliselt märkimisväärset al-nemist. Tsement- ja segumörtide varajase külmumise puhul, s. o. enne, kui

nad on omandanud 20% projektugevusest, muutuvad mördi ja järelkult ka müüritise lõpptugevuse näitajad tunduvalt ja nimelt:

a) varakülmunud tsement- ja segamördid säilitavad küll pärast sulamist võime kivineda, kuid nagu näitavad S. A. Mironovi ja V. N. Sisovi katsed, nende lõpptugevus võib omada tunduvald kõikumisi olenevalt mördi koostisest ja külmumise tingimustest (vt. tabel 74). Üldehitustööde teostamise ja vastuvõtmise tehniliste tingimustega on kehtestatud, et varakülmunud tsement- ja segamörtide lõpptugevus loetakse ühe astme võrra madalamaks;

b) varakülmunud mördi nake kiviga on väiksem. Seejuures ei oma nake vähenemine korrapärase kujuga kividest laotud müüritisele erilist tähendust ja seda võib mitte arvestada; ebakorrapärase kujuga kividest (murtud loodus-

Tabel 74

Varajase külmumise mõju mördi tugevusele

Välisõhu temperatuur °C		Mördi mahu- line koostis	Proovi kuubikute alusplind	Proovikehade vanus päevades					
				28			90		
				Survetugevus kg/sm <sup>2</sup>		Tugevuse vähe- nemine %	Survetugevus kg/sm <sup>2</sup>		Tugevuse vähe- nemine või suu- renemine %
Kontroll- kuubid	Külmuta- tud proo- vikehad	Kontroll- kuubid	Külmuta- tud proo- vikehad						
-22	-20	1:3	Metall	121	116	-4	118	132	+29
			Tellis	179	148	-16	168	181	+8
		1:0,3:5	Metall	45	38	-16	62	72	+16
			Tellis	97	45	-54	94	95	+1
		1:1:8	Metall	17	14	-18	25	31	+24
			Tellis	51	33	-35	56	52	-7
-15	-10	1:3	Metall	35	28	-20	67	53	-21
			Tellis	86	63	-27	111	91	-18
		1:0,3:5	Metall	24	21	-13	33	34	+3
			Tellis	62	39	-37	79	76	-4
		1:1:8	Metall	12	12	0	21	21	0
			Tellis	32	18	-24	26	48	-85

kivi jne.) müüritise puhul määratakse müüritise tugevuse alanemine tehn. tead. kand. A. A. Siškini valemiga

$$R_{k.n} = 0,8AR_k \left( 1 - \frac{Q}{b \frac{R_m}{2R_k}} \right), \quad (84)$$

kus  $R_m$  ja  $R_k$  — mördi ja kivi margid  $\text{kg/sm}^2$ ;

$A$ ,  $Q$ ,  $b$  — empiirilised koefitsiendid, mille väärtused sõltuvad müüritise tüübist ja kivi margist; looduskivi müüritisel näiteks

$$A = \frac{250 + R_k}{100 + 12R_k}; \quad Q = 0,20; \quad b = 0,25;$$

c) mörtide varajane külmumine põhjustab täieliku sulamise perioodil suurenenud deformatsioonide võimaluse ja seoses sellega kivikonstruktsioonide püsivuse vähenemise;

d) sulades lähevad varakülmunud mördid tahkest olekust üle plastsesse, mille juures nende tugevus langeb järsult.

Varakülmunud mördi puhul esineb müüritise tugevuses alates tööde algusest kuni mördi lõpliku kivinemiseni kolm staadiumi: esimene — mördi külmunud olekus, teine — sulamise perioodil ja kolmas — mördi kivinemise algusest kuni selle lõppemiseni. Enamikel juhtudel esineb maksimaalne tugevus esimesel staadiumil ja minimaalne, n.n. kriitiline tugevus teisel staadiumil. Kriitilise tugevuse staadiumi ligikaudne kestus on tsementmörtide puhul 1,5—2 päeva, segamörtide puhul 3—5 päeva. Külmutatud kivikonstruktsiooni väikese tugevuse ja püsivuse pärast sulamisperioodil ei lubatagi külmutusmeetodi kasutamist järgmistel juhtudel (vaatamata tunduvatele tootmistehnilistele ja majanduslikele eelistele teiste talviste müüritööde teostamisviisidega võrreldes):

a) kui konstruktsioonile mõjuvad sulamisperioodil koormised, mis ületavad värskelt laotud müüritisele lubatud koormist;

b) kui konstruktsioonile pärast püstitamist mõjuvad tunduvad dünaamilised või põikkoormised;

c) kui ekstsentrilisel koormamisel ekstsentrilisus ületab  $\frac{1}{8}$  konstruktsiooni arvutuslikust paksusest;

d) putt-betoonist ja murtud looduskivist konstruktsioonide puhul.

Murtud looduskivist konstruktsioonide juures lubatakse külmutusmeetodit kasutada, lisades mördile kemikaale, vibreerides müüritist kihtide kaupa, soojustades müüritist kaeviku järkjärgulise täitmise teel sula pinnasega ja kat-tes töö vaheaegadel müüritise avatud pinnad soojaisolatsiooniga.\*

\* Murtud looduskivist konstruktsioonides kasutatakse tsement- ja segamörte margiga mitte alla 25, milledes lisandina klooralkaltsiumi kuni 7% või kloornaatriumi kuni 5% tsemendi kaalust («Ehitus- ja montaažitööde teostamise ja vastuvõtu tehnilised tingimused II osa p. 220)

Toimetaja märkus.

Eluhoonete ehitamisel piiravad külmutusmeetodi kasutamist korruste kõrgused ja sellel meetodil laotava müüritise üldkõrgus; vastavad piirid on toodud tabelis 75.

Tabel 75

Külmutusmeetodil teostatavate seinte ja postide piirkõrgused

Müüritise iseloom	Korruse kõrgus m	Seinte ja postide kogukõrgus m
Tellistest ja plokkidest Täismüüritis *	Kuni 4	24
	4—5	20
	5—6	12
Kergseinad betoonist täiteplokkidega	Kuni 4 m, kuid mitte üle 10-kordse seina paksuse	16
Kergseinad puistetäidisega	Kuni 4 m, kuid mitte üle 8-kordse seina paksuse	8
Plaatjast looduskivist müüritis	Kuni 5 m, kuid mitte üle 7-kordse seina paksuse	5

Külmutusmeetodil püstitamisele tulevate konstruktsioonide arvutus tuleb läbi viia müüritise olukorra kohta teises ja kolmandas staadiumis, s. o. tema täieliku ülessulamise momendil ning pärast mördi lõplikku kivinemist. Arvutuses, mida teostatakse kivikonstruktsioonide arvutamise tavalise meetodika kohaselt, tuleb tingimata arvesse võtta ülalesitatud juhiseid mördi arvutusliku tugevuse vähendamise kohta.

Talvise müürimise teostamisviisi valikuks peab olema teada:

1) kivikonstruktsioonide ja nendega seotud konstruktsioonide (vahelaed, üksikud talad, vaheseinad jne.) joonised;

2) talviste müüritööde ja nendega rööbiti teostatavate tööde kalenderplaan;

3) tööde läbiviimise direktiivsed tähtajad, kogu objekti eksploatatsiooni andmise tähtaeg;

4) meteoroloogilised andmed;

5) energiaressursside (aur, elekter) iseloom, limiit ja põhilised parameetrid;

6) energeetiliste seadmete hulk ja karakteristikad;

7) ladumismaterjalide, tsementide ja soojustusmaterjalide sortiment;

8) mördi kivinemise kiirendajate olemasolu;

9) ehitusplatsi generaalplaan ning materjalide horisontaal- ja vertikaaltranspordi valitud lahendused.

## 2. Müürimine külmutusmeetodil

Müüri ladumisel külmutusmeetodil lubatakse kasutada külmunud, kuid mitte härdatunud ja lumiseid kive. Kasutatav mört olgu soojendatud sedavõrd, et oleks tagatud tiheda ja ühtlase vuugi saamine. Mördi minimaal-

\* Seinte puhul ei tohi seina kõrgus ületada 12-kordset seina paksust; postide puhul ei tohi müüritise kõrgus ületada posti põiklõike suurema külje 10-kordset pikkust.

sed temperatuurid mitmesuguste välistemperatuuride puhul on toodud tabelis 76.

Tabel 76

**Mördi minimaalsed temperatuurid konstruktsioonide müürimisel külmutusmeetodil \***

Välisõhu temperatuur °C	0 kuni -5	-6 kuni -10	-11 kuni -15	-16 kuni -20	-21 kuni -25	-26 kuni -30
Mördi minimaalne temperatuur ladumise momendil (kraadides):						
nõrga tuule korral	+5	+8	+10	+15	+17	+20
tugeva tuule korral	+7	+10	+15	+20	—	—

Müürimisel külmutusmeetodil lubatakse kasutada kõiki suvisel müürimisel kasutatavaid seotissüsteeme. Mördi mark peab olema vähemalt:

tellistest ja betoonkividest seinte ja vundamentide puhul . . . . .	10
sängpinnalistest looduskivist seinte ja vundamentide puhul . . . . .	25
sängpinnalistest looduskivist kandvate postide puhul . . . . .	25
karniiside, silluste, armeeritud müüritise puhul . . . . .	50
sängpinnalisest looduskivist postide puhul . . . . .	50

Ladumisel kasutatavad mördid peavad omama Stroi ZNIL-i koonuse vajumise: tellis- ja plokkmüüritiseks 7—8 sm, tavaliseks looduskivimüüritiseks 5—6 sm ja vibreeritud looduskivimüüritiseks 2—3 sm. Võib kasutada ka jahvatatud kustutamata lubjast valmistatud mörti, tingimusel, et mört kasutatakse ära varsti pärast tema valmistamist ja et teostatakse proovikehade kontrollkatsed kooskõlas «Jahvatatud kustutamata lubja valmistamise ja ehitusel kasutamise instruktsioonid»\*\* (И-112-48) juhenditega. Mörte, millel sideaineks on lubjатаigen, ei lubata külmutusmeetodi puhul kasutada.

Müüritöö teostamisel külmutusmeetodil tuleb pidada silmas järgmisi nõudeid:

a) akna- ja ukseavad tuleb katta, monteeritavate raudbetoonaladega ja -plaatidega; erandina lubatakse kihtsilluseid kasutada ainult kuni 1,5 m avade sildamiseks tingimusel, et kasutatakse rippuvat raketist, mis eemaldatakse mitte varem kui 15 päeva pärast müüritise sulamist;

\* «Ehitus- ja montaažitööde teostamise ja vastuvõtu tehnilised tingimused» II osa p. 225 andmeil on minimaalsed mörtide temperatuurid ladumise momendil külmutusmeetodil järgnevad:

Välisõhu temperatuur °C	üle -10°	-10 kuni -20°	all -20°
Mördi minimaalne temperatuur ladumise momendil (kraadides)	+10	+15	+20

Toimetaja märkus.

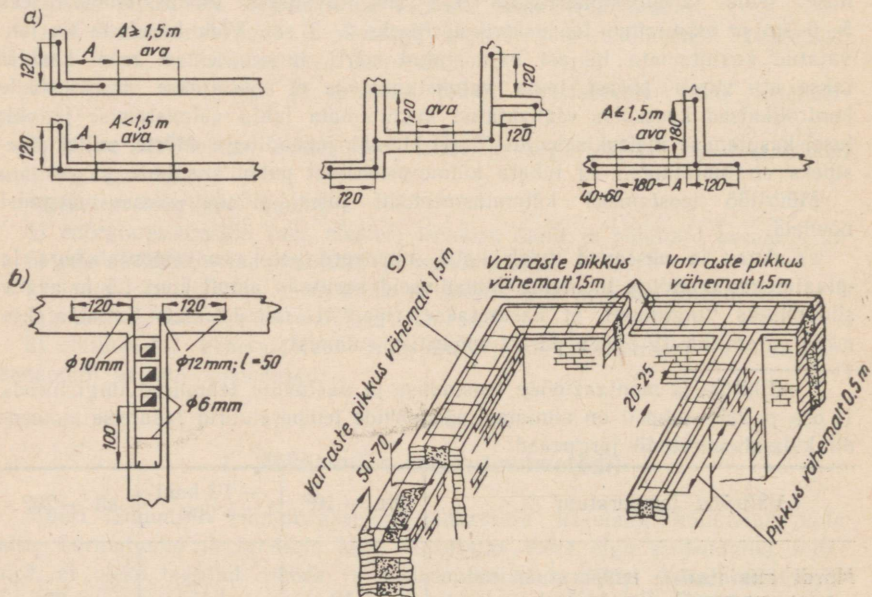
\*\* «Инструкции по приготовлению и применению молотой негашенной извести в строительстве.»

b) kuni 18 sm väljaastega telliskarniisid ja -vööd laotakse põikridadest, üksikute tellisridade järkjärgulise väljaastega kuni  $\frac{1}{3}$  tellise pikkusest; väljaaste puhul 18—38 sm kasutatakse rippuvat konsoolraketist, mis eemaldatakse mitte varem kui 15 päeva pärast müüritise sulamist; kui väljaaste pikkus on üle 38 sm või kui see ületab  $\frac{1}{2}$  seina paksusest, siis tulevad karniisid ja vööd laduda monteeritavatele raudbetoonelementidele, mis kinnitatakse hoolikalt müüritisse; igal juhul tuleb karniiside ja vööde ladumisel kasutada tsementmörti margiga mitte alla 50;

c) üle 2 m pikkuste ja üle  $\frac{1}{2}$  tellise sügavuste horisontaalsete või kaldvagude moodustamine müüritisse on keelatud;

d) postide ja akendevaheliste seinaosade kandevõime tõstmiseks soovitatakse müüritise horisontaalvuukidesse paigutada 4—6 mm ümarrauast armatuurvõrgud raudade vahekaugusega 8—12 sm; võrkude vahekauguseks vertikaalsuunas võetakse 1—5 telliskihti, looduskivimüüritises 2 kihti. Väheses armeerimise puhul ja 5 mm traadi omamisel võib kasutada siksakvõrku. Selle armeerimisviisi juures asetatakse iga järgnev armatuurkiht risti alumise kihi armatuuriga;

e) külmutusmeetodil püstitatavate seinte ja postide püsivuse suurendamiseks tuleb seinte ühenduskohtades (ristumised, külgnemised, nurgad) asetada müüritisse metallsidemeid; kui korruste kõrgused ei ole üle 4 m, siis asetatakse sidemed teise, neljanda ja kõikide järgnevate korruste vahelagede kohal; korruste suurema kõrguse korral asetatakse sidemed kõikide vahelagede kohal. Sidemete paigutamise skeemid on kujutatud joonisel 83. Vahelagede kande-



Joon. 83. Sidemete asetuse meetodid seinte külmutusmeetodil.

a — nurgasidemete asetusskeem; b — sidemete asetusskeem kanalite kohal; c — sidemete konstruktsioonid N. S. Popovi tüüpi seintes.

elemendid (peatalad, talad jne.) tuleb paigaldada kohe pärast järjekordse korruse seinte ladumise lõpetamist, talade ja peatalade otsad tuleb siduda ankrute abil müüritisega; sidemete konstruktsioon ei tohi takistada müüritise vajumist tema sulamisperioodil; sidemete ehitus on näidatud joonistel 84, 85 ja 86;

f) sarikate konstruktsioon peab vältima müüritisele horisontaalsete jõudude kandumise võimaluse.

Müüritise tugevuse ja püsivuse suurendamiseks tema sulamisperioodil võetakse tavaliselt kasutusele järgmised abinõud:

a) luuakse ajutised tugistused kaldtugede, sidemete ja tõmbide näol; tugistuste vahekaugus ärgu ületagu 20-kordset seinapaksust; suure seinapaksuse puhul asetatakse tugistused iga 15 m tagant; ajutine tugistus seatakse ka seintele ja postidele, mille ülemine ots on kinnitamata (näiteks kõrged parapetid);

b) kui talade ja pärlinite tugiosade surve värskele müüritisele on ülemäära suur, siis asetatakse nende alla ajutised tugipostid; postide toetumisel müüritisele peavad seejuures olema tarvitusele võetud abinõud müüritise ülekoormamise vältimiseks; et võimaldada postide asendi reguleerimist vastavalt müüritise vajumisele, asetatakse postid kiiludele;

c) sulailmade tulekuga tuleb võimalikult piirata vahelagede koormamist materjalidega, inventariga jm. Samuti peab kõrvaldama löökide ja tugevate vibratsioonide müüritisele kandumise võimalused.

Sulamise perioodil peab olema organiseeritud müüritise seisukorra jälgimiseks tugev kontroll.

Külmutusmeetodil püstitatava müüritise tugevus- ja püsivusarvutuse iseärasused tulenevad mõrdi varajase külmumise mõju arvestamise vajadusest ning seisavad põhiliselt järgmises.

1. Tellistest ja korrapärase kujuga kividest müüritise survetugevus  $R$  määratakse L. J. Oništšiki valemi järgi\*

$$R = AR_k \left( 1 - \frac{a}{b + \frac{R_m}{2R_k}} \right), \quad (85)$$

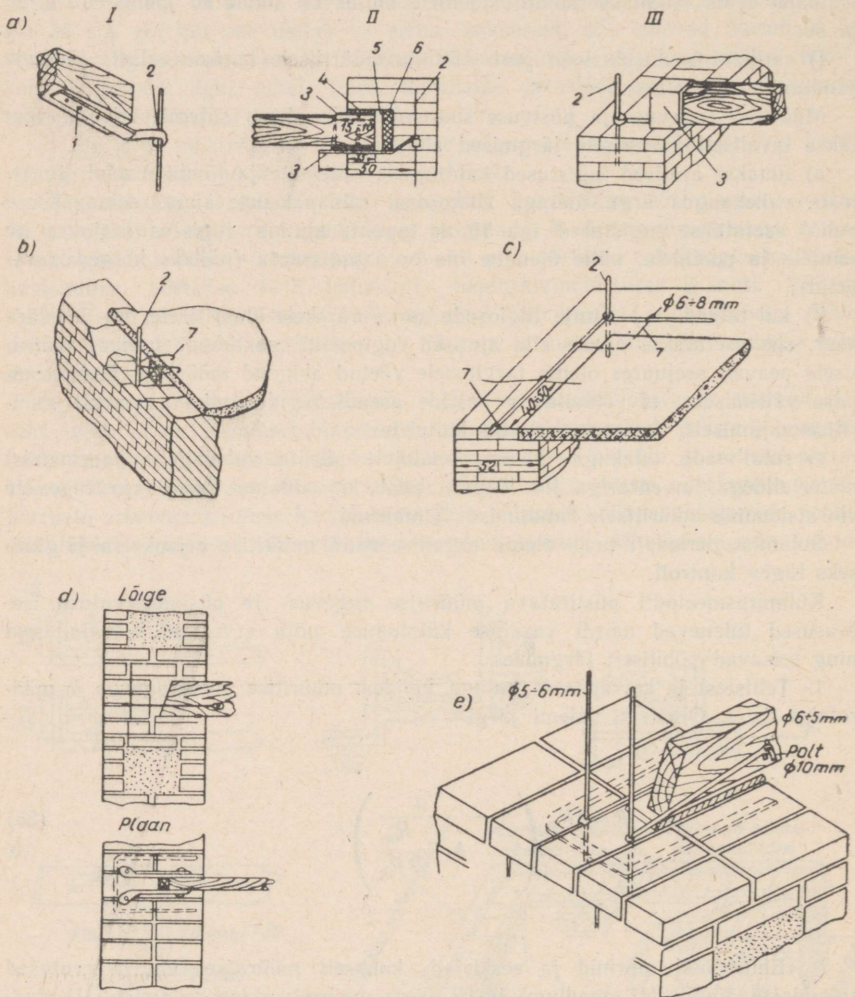
\* «Ehitustööde normid ja eeskirjad» kohaselt müüritise tugevusarvutused sulamissaadiumis (II staadium) ja 28 päeva vanuselt pärast sulamist (III staadium) teostatakse alljärgnevalt:

Arvutusel II staadiumis:

a) arvutuslikud mõrdi margid sulamisperioodil nii tavaliste kui ka keemiliste lisanditega mõrtide puhul võetakse ENE II osa jagu B ptk. 2, § 10 tabel 37 kohaselt;

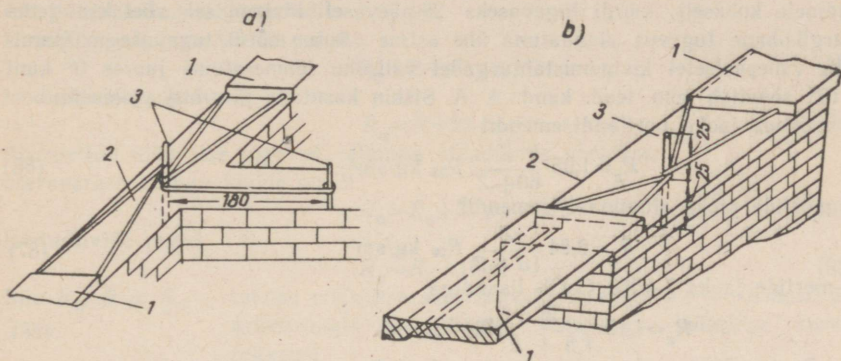
b) klooreeritud mõrtide arvutuslikud margid sulamisperioodil võetakse ENE II — B 2, § 10 tabel 38 kohaselt;

c) müüritise töötamistingimuste koefitsient tavaliste (keemilise lisandita) mõrtide puhul võrkarmatuuriga konstruktsioonides tuleb korrutada täiendava



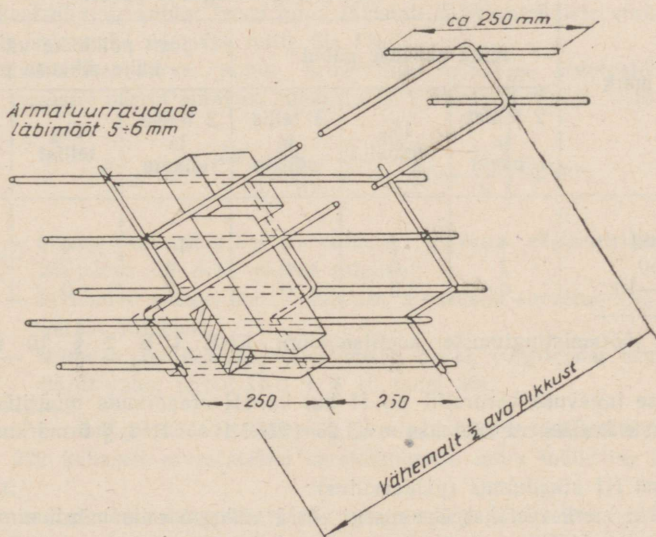
Joon. 84. Seintele toetuvate konstruktsioonide ankurdamine müürimisel külmutusmeetodil.

a — puitala ankurdamine; b — raudbetoonialade ankurdamine; c — raudbetoonplaatide kinnitamine; d — vahelaetalade ankurdamine seinas; e — vahelaetalade ankurdamine avade vahelisele sambale; 1 — ribateras; 2 — ankruparras  $d = 12$  mm;  $l = 50$  cm; 3 — tõrvapapp; 4 — mört; 5 — õhkvähe 4 sm; 6 — kolm kihti vilti; 7 — väljaulatuv armatuur.



Joon. 85. Raudbetoonist silluste ankurdamine külmutusmeetodil laotud seintesse.

*a* — ankerdus seinte ristumiskohal; *b* — ankerdus piki seina, läbimineva sideme loomisega; 1 — raudbetoonist sillus; 2 — sillusest väljaulatuv armatuur  $d = 6$  mm; 3 — ankruvarras  $d = 12$  mm,  $l = 50$  sm.



Joon. 86. Tellistest kihtsilluse armeerimine müürimisel külmutusmeetodil.

kus  $R_k$  — kivi survetugevus,  $R_m$  — mördi survetugevus,  $A$ ,  $a$  ja  $b$  — empiirilised koefitsiendid; kui arvutust teostatakse mõnendi kohta, kus müüritis läheb külmunud olekust üle sulanud olekusse, siis võetakse  $R_m$  väärtus tabeli 77 andmete kohaselt; mördi tugevuseks 28-päevasel kivinemisel võetakse tema margikohane tugevus alandatuna ühe astme võrra; mördi tugevuse määramiseks vahepealsetel kivinemistähtaegadel välisõhu temperatuuri juures  $0^\circ$  kuni  $+10^\circ$ , soovib tehn. tead. kand. A. A. Siškin kasutada järgmisi valemeid:

mörtide jaoks portlandtsemendil

$$R_z = 1,05 \frac{Z}{60 + Z} R_{28} \text{ kg/sm}^2; \quad (86)$$

mörtide jaoks aluminaat-tsemendil

$$R_z = 0,84 \frac{Z}{15 + Z} R_{28} \text{ kg/sm}^2; \quad (87)$$

mörtide jaoks 3–5%  $\text{CaCl}_2$  lisandiga

$$R_z = 1,25 \frac{Z}{7,5 + Z} R_{28} \text{ kg/sm}^2; \quad (88)$$

kus  $R_{28}$  — mördi mark suviste tingimuste jaoks;

$Z$  — sulamise kestus päevades temperatuuril  $t = 0 \div 10^\circ$ .

Tabel 77

Mördi tugevus talvises müüritisese tema sulamisel ilma päikesekiirte vahetu kaasmõjuta (kesk-kontinentaalse kliima kohta)

Mördi mark	Mördi tinglik tugevus $\text{kg/sm}^2$					
	seina paksuse puhul			posti põiklõike väiksema külje pikkuse puhul		
	2 tellist ja rohkem	$1\frac{1}{2}$ tellist	1 tellis ja vähem	2 tellist ja rohkem	$1\frac{1}{2}$ tellist	1 tellis ja vähem
100	4	2	0	10	4	0
50	2	0	0	4	2	0
25–10	0	0	0	2	0	0

armatuuri töötamistingimuste koefitsiendiga ENE II-B 2 § 10 tabel 36 kohaselt.

Müüritisese tugevuse kontrollil nii II kui ka III staadiumis müüritisese töötamistingimuste koefitsient võetakse  $m = 1,25$  (ENE II — B 2, § 5 märkus 1. p. 7 juurde).

Arvutusel III staadiumis (põhiarvutus):

a) mördi mark võetakse ühe margi võrra väiksem selle mördi nimimargist ja rakendatakse kõik arvutuslikud suurused selle vähendatud margi kohta.

b) müüritisese ja armatuuri täiendavad töötamistingimuste koefitsiendid võetakse vastavalt ENE II-B 2, § 10 tabel 36.

Need koefitsiendid arvestavad tavaliste mörtide nakke vähenemist mördi ja kivi ning mördi ja armatuuri vahel mörtide varajase külmumise tagajärjel.

Toimetaja märkus

2.\* Varajase külmumise mõju mõrdi nakkele kiviga võetakse arvesse ainult looduskivimüritise puhul, kus tema survetugevust alandatakse 20%, ja armeeritud müritise puhul. Viimasel juhul võetakse müritise tugevus 28-päevaselt pärast sulamist järgmiselt:

$$R_a = R + 40 p; \quad (89)$$

looduskivide puhul

$$R_a = R + 25 p, \quad (90)$$

Armeeritud müritise tugevus sulamise staadiumis võetakse: korrapärase kujuga kivide puhul

$$R_a = R_o + 30 p; \quad (91)$$

looduskivide puhul

$$R_a = R_o + 15 p. \quad (92)$$

Siin  $R_a$ ,  $R$  ja  $R_o$  — talvise müritise survetugevused vastavalt — armeeritud, armeerimata ja sulanud (kriitiline) müritise surve-tugevus;

$p$  — armatuuri sisaldus protsentides, määratav valemiga

$$p = 200 \frac{f_a}{CS}, \quad (93)$$

$f_a$  — üksiku varda põiklõige  $\text{sm}^2$ ;

$S$  — varraste vahekaugus kõrguses  $\text{sm}$ ;

$C$  — varraste vahekaugus  $\text{sm}$ .

Viimati toodud valem on kasutatav niihästi ruudukujuliste avadega võrkude kui ka siksakvõrkude kohta; teisel juhul tähistab  $S$  ühesuunaliste võrkude vahekaugus;  $p$  suuruseks võetakse mitte üle 1%.

3. Ekstsentrilise surve puhul armeeritud müritise arvutuslik tugevus 28 päeva vanuselt pärast sulamist määratakse ENE II B, 2 § 3 — 10 kohaselt:

$$R_{am} = R + \frac{2m_a \cdot m'_a \cdot R_a \cdot p}{100} \left( 1 - \frac{2e_o}{y} \right) \text{kg/sm}^2, \quad (94)$$

kus  $R_{am}$  — armeeritud müritise arvutuslik tegevus ekstsentrilisel surveel 28 päeva vanuselt pärast sulamist;

$R$  — kivilinenud armeerimata müritise arvutuslik survetugevus 28 päeva pärast sulamist;

$m'_a$  — täiendav koefitsient, mis arvestab nakke vähenemist armatuuri ja mõrdi vahel (ENE II-B 2, § 10 tabel 36);

\* Ehitus- ja montaažtööde teostamise ja vastuvõtmise tehniliste tingimuste II osa p. 222 kohaselt arvestatakse varakülmumise mõju müritise tugevusele järgmiselt:

a) ühe margi võrra kõrgema mõrdi kasutamisega (võrreldes suviste tingimustega);

b) looduskivist müritise survetugevuse alandamisega 20% võrra;

c) võrkarmeerimise efektiivsuse alandamisega 33% võrra;

d) müritise tõmbetugevuse, paindetugevuse ja iga liiki lõiketugevuse (vuu-kides) alandamisega 50% võrra.

Toimetaja märkus.

- $m_a$  — armatuuri töötamistingimuste koefitsient;  
 $R_a$  — armatuuri arvutuslik tõmbetugevus;  
 $\rho$  — müüritise armeerimise %;  
 $e_o$  — ekstsentrilisus põiklõike raskuspunkti suhtes;  
 $y$  — põiklõike serva kaugus raskuskeskmest (ekstsentrilisuse suunas).

Toimetaja parandus.

4. Nõtketegur võetakse vastavalt kehtestatud juhiste tavalises korras, olenevalt arvutuslikust saledusest ja mõrdi margist.

### 3. Müürimine erimörtide kasutamisega

Tardumis- ja kivinemisprotsesside kiirendamiseks kasutatakse külmutusmeetodil müürimise puhul sageli mörte, mis on valmistatud kiireltkivinevatel sideainetel või millesse on viidud külmumist takistavaid lisandeid. Need abinõud võimaldavad laiendada külmutusmeetodi kasutamisalala.

Külmumist takistavate lisanditena kasutatakse kloorkaltsiumi ja kloornaatriumi vesilahuseid, kuid samuti ka nn. kloreeritud vett. Kõik need lisandid muudavad mõrdi omadusi (kuid erineval määral) ja nimelt: alandavad tema külmumistemperatuuri, intensiivistavad tema survetugevuse kasvu ning kindlustavad tema küllaldase nakke kiviga. Kuid need lisandid omavad ka mõningaid puudusi: mõrdile lisatud kloorkaltsium ja keedusool kutsuvad müüritise välispindadel sageli esile plekke ja laike ning suurendavad tema hügrokoopust; kloreeritud veel valmistatud mõrdid omavad (ЦНИПС-i materjalide järgi) kivinenult väiksema tiheduse (võrreldes tavaliste mörtidega) ja seoses sellega suurema deformatsiivsuse survele. Need puudused piiravad lisandite kasutamist ehitiste püstitamisel. Real juhtudel on aga külmumist takistavate lisandite kasutamine väga efektiivne, näiteks maa alla jäävate kivikonstruktsioonide müürimisel, õhukeseseinaliste võlvide ning vaheseinte püstitamisel jne.

Mõrdi tugevusnäitajate olenevus lahuse liigist on toodud tabelis 78 (ЦНИПС-i katsete põhjal telliskatsekehade, mis laoti tsement-lubimördil vahekorraga 1:0,2:3,5).

Külmumist takistavate lisanditega mörtide kasutamise lubatavus tehakse kindlaks olenevalt tööde teostamise konkreetsetest tingimustest ja katsekehade proovimise tulemustest.

Projekteerimisel ja eelnevatel arvutustel võib kasutada järgmisi tehn. tead. kand. A. A. Šiškini poolt soovitatavaid juhiseid:

1) varakülmunud kloreeritud mörtide survetugevus nende üleminekul külmunud olekust sulasse võetakse tabeli 79 andmete järgi; sulanud kloreeritud mörtide lõpptugevus võetakse ühe astme võrra madalam nende margist;

2) kloorkaltsiumi või keedusoola lisandiga mörtide survetugevus sulamise algul võetakse tabeli 80 järgi; korrapärase kujuga kividest müüritise puhul ei alandata nende mörtide tugevust margiga võrreldes, looduskivimüüritise puhul võetakse aga ühe astme võrra madalamana.

Tabel 78

Talvise tellismüüritise katsekehade tugevus [survel ja nakkel mitmesuguste lahustajate puhul protsentides normaalväärtustest (ЦНИПС-и katsed)]

Lahustaja	Müüritise vanus <sup>1)</sup>	Tugevuse %			
		survel		nakkel	
		suve-tingimustes	talve-tingimustes	suve-tingimustes	talve-tingimustes
Tavaline vesi . . . . .	0 28	— 100	0 50	— 100	0 30
Kloreeritud vesi . . . . .	0 28	— 160	20 135	— 200	54 160
Kloornaatriumi (keedusoola) 5%-line lahus . . . . .	0 28	— 120	5 100	— 200	54 160
Kloorkaltsiumi 7%-line lahus . . . . .	0 28	— 108	3 90	— 110	4 70

<sup>1</sup> Talviste müüritiste puhul on vanus arvestatud pärast sulamist.

Tabel 79

Varakülmunud mörtide tugevus nende sulamise algstaadiumis

Konstruktsiooni liik	Paksus tellistes	Mördi margi puhul		
		100	50	25—10
Seinad . . . . .	$\geq 2$	10	4	2
	$1\frac{1}{2}$	4	2	2
	$\leq 1$	2	2	2
Postid . . . . .	Vähima külje pikkus			
	2	10	10	4
	$1\frac{1}{2}$	10	4	2

Tabel 80

Kloorkaltsiumi lisandiga tsementmördi tugevuse kasvu kiirenemine kivinemistemperatuuril  $t=10^\circ$  või  $20^\circ$ , protsentides samasuguse mördi tugevusest ilma kiirendava lisandita (ЦНИПС-и andmed)

Kloorkaltsiumi lisand %	Mördi tugevuse kasvu kiirenemise % kivinemis-kestuse Z (ööpäeva) puhul					Lahustaja külmumistemperatuur °C
	1	2	3	5	7	
1	180	160	140	130	120	—1
2	210	200	170	150	130	—3
3	240	230	190	160	140	—5

Kõiki ülalloetletud külmumist takistavaid lisandeid kasutatakse sooja veega eelnevalt valmistatud lahustena. Nende valmistamise protseduur vastaku vastavate eriinstruktsioonide juhiste.

Ka kiirelt kivinevate sideainete kasutamine võimaldab real juhtudel viia müüritise tugevuse piirini, mis lubab tema järgnevat külmumist.

ЦНИПС-i andmeil annavad häid tulemusi mördid vahekorraga 1:3 ja 1:4, mis on valmistatud «segatsemendist», 3% kloornaatriumi lisandiga tsemendi kaalust. «Segatsemendist» koostatakse 75—85% portlandtsemendist ja 25—15% aluminaat-tsemendist. Need mördid säilitavad kivinemisvõime kuni temperatuurini umbes  $-10^{\circ}$ . Puuduseks kloornaatriumi lisandiga mörtide kasutamisel on aga müüritise hügrokoopsuse suurenemine ja soolaplekkide ilmumise võimalus müüritise pinnale.

Tööde teostamise puhul külmutusmeetodil, isegi kiirelt kivinevate mörtide ning külmumist takistavate lisandite kasutamise puhul, esineb sageli juhtumeid, kus kivikonstruktsioonid ei oma sulamisperioodil küllaldast tugevust ja püsivust (temperatuuri ootamatu alanemine, tootmistingimused, mis põhjustavad mördi enneaegset külmumist võrreldes arvestuslikuga jne.). Neil juhtudel rakendatakse täiendavaid abinõusid konstruktsioonide püsivuse kindlustamiseks sulamisperioodil.

Sellisteks abinõudeks on:

- 1) müüritise üleskütmine köetavate ruumide soojuse arvel;
- 2) kivikonstruktsioonide välispidine soojendamine soojendussärkides auruga või sooja õhuga;
- 3) müüritise sisemine elektroomsoojendus;
- 4) müüritise sisesoojendus sisseasetatavate elektriliste küttekehade abil.

#### 4. Müüritise üleskütmine

Tööstus- ja tsiviilhoonete, tehase korstnate, veetornide jne. ehitamisel külmutusmeetodil võib moodustada soojaku, mille vertikaalseteks piirdekonstruktsioonideks kujunevad kiviseinad ja horisontaalseteks kas korruste vahelaed või erilised ajutise iseloomuga katted. Sellisel viisil saadud soojaku kütmisega võidakse luua tingimused müüritise sulamiseks ja kivinemiseks. Kütmine võib teostuda kas tsentraalsete kütteseadmete (alaline keskküttesüsteem, kaloriiferseadmega soojendatud õhu juhtimine köetavatesse ruumidesse jne.) või köetavatesse ruumidesse paigutatavate ajutiste kütteseadmete abil (teisaldatavad kaloriiferid, elektriühjed jm.). Müüritise soojendamise kõrval luuakse sellega ka tingimused tema väljakuivamiseks ja positiivset temperatuuri nõudvate sisetööde teostamiseks.

Paljukorruseliste hoonete soojendamisele võetavate alade mõõtmed määratakse järgmiste juhiste arvestamisega:

a) kõrgemal asuvate korruste koormis soojendatavale müüritisele ei tohi selles tekitada lubamatult suuri pingeid ja vajumisi (eriti mördi ülemineku-stadiumis külmunud olekust sulasse);

b) soojendamist lubatakse teostada kas üheaegselt kogu korruse ulatuses või selle üksikute osade kaupa, mis on eraldatud vajumisvuukidega.

Välisseinte müüritis saab sellise soojendamise puhul üles sulatatud ainult teatavas ulatuses oma paksusest. Välisseina sulamise sügavus on seina mas-

siivsusest, sise- ja välistemperatuuridest, müüritise niiskusesisaldusest ning küt-  
mise kestusest; orienteerivad andmed seinte ühepoolse soojendamise kohta mit-  
mesugustes tingimustes on toodud tabelis 81.

Soojaku sisemuses asetsevad seinad ja postid soojenevad terves ulatuses.  
Konstruktsioonide sulamise orienteerivad tähtajad kahepoolse soojendamise  
puhul on toodud tabelis 82.

Tabel 81

Külmunud tellismüüritise sulamissügavus ühepoolisel soojendamisel

Seina paksus $d$	Keskmine temperatuur °C		Sulamissügavus %-des seinapaksusest $d$ soojendamiskestuse puhul (ööpäevades)			
	välis	sisepoolne	5	10	15	28
2 tellist	-5	+5	20	25	30	35
2 "	-5	+15	50	60	65	70
2 "	-5	+25	65	75	80	80
2 "	-15	+5	—	—	—	—
2 "	-15	+15	30	30	35	35
2 "	-15	+25	40	45	45	45
2 "	-25	+5	—	—	—	—
2 "	-25	+15	10	15	15	15
2 "	-25	+25	30	30	30	30
2 <sup>1/2</sup> "	-5	+5	15	25	30	35
2 <sup>1/2</sup> "	-5	+15	40	55	60	70
2 <sup>1/2</sup> "	-5	+25	55	70	75	80
2 <sup>1/2</sup> "	-15	+5	—	5	5	5
2 <sup>1/2</sup> "	-15	+15	25	30	35	35
2 <sup>1/2</sup> "	-15	+25	35	45	50	50
2 <sup>1/2</sup> "	-25	+5	—	—	—	—
2 <sup>1/2</sup> "	-25	+15	10	15	20	20
2 <sup>1/2</sup> "	-25	+25	30	30	35	35

Tabel 82

Massiivsete tellisseinte täieliku ülessulamise kestus kahepoolisel soojendamisel  
püsiva temperatuuriga keskkonnas

Müüritise iseloom	Müüritise niiskus (kaaluline) %	Müüritise alg- temperatuur $t_a$ °C	Keskkonna tem- peratuur $t_{sk}$ °C	Sulamise kestus $Z$ päe- vades seinapaksuse puhul			
				1 <sup>1/2</sup> tellist	2 tellist	2 <sup>1/2</sup> tellist	3 tellist
Punane tellis raskel mördil	6	-5	+5	4,5	7	—	—
Sama	6	-5	+15	1,5	2,5	4	5,5
"	6	-5	+25	1	1,5	2,5	3,5
Punane tellis kergel mördil	11	-5	+5	7,5	12	—	—
Sama	11	-5	+15	2,5	4	6	5,5
"	11	-5	+25	2,1	3	4	3,5

Tabel 82 järg

Müüritise iseloom	Müüritise niiskust (kaaluline) %	Müüritise alg- temperatuur $t_a$ °C	Keskonna tem- peratuur $t_{sk}$ °C	Sulamise kestus Z päe- vades seinapaksuse puhul			
				1 $\frac{1}{2}$ tellist	2 tellist	2 $\frac{1}{2}$ tellist	3 tellist
Silikaattellis raskel mördil	9	-5	+5	6	9	—	—
„ Sama	9	-5	+15	2	3,5	5	6,5
„	9	-5	+25	1,5	2	3	4
Silikaattellis kergel mördil	14	-5	+5	8,5	13	—	—
„ Sama	14	-5	+15	3	4,5	6,5	9
„	14	-5	+25	2	3	4	6

Müüritise sulatamine ühepoolse soojendamisega on võrdlemisi väheefektiivne ja seepärast avaldub tema mõju peamiselt müüritise püsivuse suurenemises ning vajumiste vähenemises. Kõetava ruumi sisemuses asuvate konstruktsioonide, eriti postide soojendamise efektiivsus on tunduvalt suurem, kuid müüritise sulamisel tuleb silmas pidada püsivuse vähenemist ja vajumiste suurenemist mördi üleminekul külmunud olekust sulasse.

Ühepoolset soojendatavate konstruktsioonide väljakuivamise efekt tuleneb niiskuse aurumisest soojendatava pinna lähedastest kihtidest ja müüritisese niiskuse migratsioonist külmematesse kihtidesse. Seepärast võib sula saabumisel esineda siseniiskuse liikumine vastupidises suunas ja sellega esilekutsutav seinte sisepindade niiskumine.

Tsement- ja segamörtide tugevuse olenevus kivinemise kestusest ja keskmisest temperatuurist on toodud tabelis 83 (ЦНИПС-i andmed).

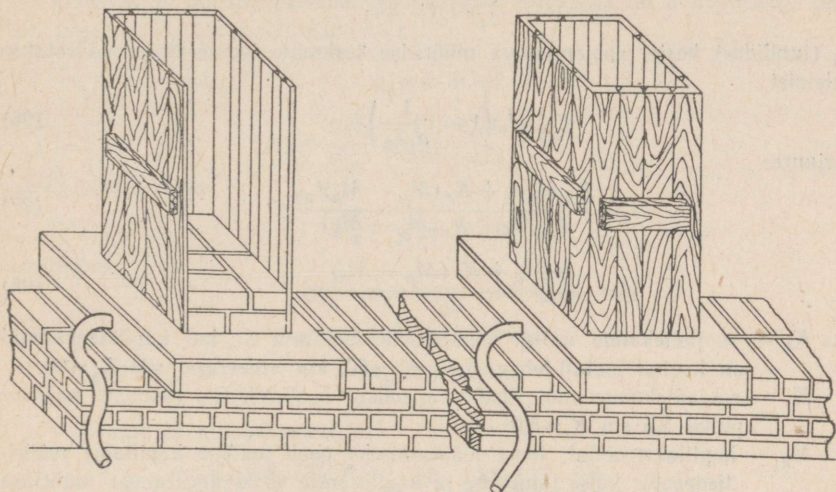
Tabel 83

Tsement- ja segamörtide tugevus %-des temperatuuril  $t = +15^\circ\text{C}$  kivineva mördi 28-päevasest tugevusest, olenevalt müüritise kivinemise kestusest ja keskmisest kivinemistemperatuurist (ЦНИПС-i materjalide järgi)

Müüritise vanus päevades	Mördi suhteline tugevus %-des $R_{28}$ -st kivinemistemperatuuri puhul									
	1°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	50°
1	1	4	6	10	14	19	24	29	34	45
1,5	2	6	10	15	20	26	33	39	46	65
2	3	8	13	19	25	32	40	48	57	80
3	5	12	19	26	35	44	52	61	70	90
5	10	20	30	39	48	57	65	74	82	100
7	16	27	39	50	59	68	76	84	92	105
10	24	37	51	62	72	80	87	94	100	—
14	33	48	63	75	84	91	97	102	106	—
21	45	62	78	90	97	102	106	109	—	—
28	55	72	88	100	106	110	—	—	—	—

## 5. Müüritise aurusoojendus

Suure puidukulu tõttu aurusärkide ehitamisel ja tööde läbiviimise keerukuse tõttu leiab kivikonstruktsioonide auruga soojendamine piiratud kasutamist. Kõige sagedamini teostatakse müüritise aurusoojendust A. A. Vatsuro süsteemi kapillaar-raketistes. Kapillaar-raketise konstruktsioon ja tema kasutamise viis on kivikonstruktsioonide aurusoojenduse puhul samasugune kui betooni soojendamisel. Kasutatavate seadmete skeem on näidatud joon. 87.



Joon. 87. A. A. Vatsuro süsteemi kapillaarraketise kasutamise skeem tellispostide ja aknavahasammaste soojendamisel.

Seinte ja postide ladumisel paigaldatakse raketiskilbid algul ainult laotava elemendi kolmele küljele. Neid kilpe võib ladumisprotsessis kasutada kui šabloone. Ladumist teostatakse neljandast, ajutiselt raketamata küljest. Neljas kilp paigaldatakse pärast ladumise lõpetamist.

Et laotav element töö kestel ei külmuks, võib kolme külge paigaldatud kilpide kapillaaridesse juhtida auru kõrge ladumise alustamisel. Põhiline soojendamine ettenähtud tugevuse saavutamiseks teostatakse pärast ladumise lõpetamist ja neljanda külje kilbi paigaldamist.

Müüritise tugevuse kasvu kontrollimiseks peab perioodiliselt määrama tema temperatuuri.

Kapillaaride pikkus on piiratud nagu betooni soojendamisel 3,5 meetriga.

Metallribad või vineer, mis kahtavad kapillaare, peavad olema tihedalt surutud vastu müüritist, kuna õhkvahe esinemisel väheneb tunduvalt soojaülekanne aurult müüritisele.

Soojendamise kestus määratakse arvutusega ja seda kontrollitakse aurutamise käigus müüritise temperatuuri mõõtmise teel.

Allpool esitatakse ВНИОМС-i talvetööde laboratoriumi poolt väljatöötatud tellismüüritise aurusoojenduse arvutusviis.

Selle aluseks on võetud järgmised oletused:  
 müüritise temperatuur soojendamise algul  $t_m = 0^\circ$  (sulas olekus);  
 soojendatava müürielemendi kõikide punktide temperatuurid mingil ajamomendil on ühesuurused;  
 välisõhu temperatuur on ühtlane;  
 tsemendi eksotermiat ei arvestata;  
 müüritise temperatuur mistahes momendil  $Z$  (tundides) pärast soojendamise algust määratakse järgmise valemiga:

$$t_z = t_0(1-y);$$

$Z_0$  (tundides) kestel soojendatava müüritise keskmine temperatuur määratakse valemist

$$t_{m\bar{k}} = t_0 \left( 1 - \frac{1}{a_1 Z_0} \right); \quad (96)$$

seejuures

$$t_0 = \frac{K_m M_k t_k + K_r (M_p - M_k) t_{v\bar{o}}}{K_m M_k + K_r (M_p - M_k)}, \quad (97)$$

$$a_1 = \frac{K_k M_k + K_r (M_p - M_k)}{C_0}, \quad (98)$$

kus  $K_k$  — soojaülekanne aurult müüritisele kcal/m<sup>2</sup>h° C; kui kapillaarkanalid on kaetud metall-lehega, siis  $K_k = 50$ , kui vineeriga, siis  $K_k = 20$ ;

$K_r$  — soojaülekanne müüritiselt välisõhku kcal/m<sup>2</sup>h° C, raketise paksuse puhul 2,5 sm  $K_r = 5,0$ ;

$M_k$  — kapillaarmoodul; tema määramiseks peab teadma kapillaari müüritisepoolse külje laiust  $b_k$  ja kapillaaride arvu arvutatava müüriosa põiklõikes  $n_k$ ; siis

$$M_k = \frac{n_k b_k}{F_m};$$

$F_m$  — arvutatava müüriosa põiklõige m<sup>2</sup>-tes; 25 mm paksuse raketise puhul võetakse  $b_k = 0,04$  m, 40 mm paksuse raketise puhul  $b_k = 0,06$  m.

$M_p$  — arvutatava müüriosa pinnamoodul, mis määratakse samuti nagu betoonkonstruktsioonide puhul; ristkülikulise põiklõikega ( $b_1 \times b_2$ ) postide- ja avadevaheliste seinuosade puhul

$$M_p = \frac{2(b_1 b_2)}{b_1 b_2};$$

seinte puhul paksusega  $d_0$  (m)

$$M_p = \frac{2}{d_0};$$

$t_k$  — auru keskmine temperatuur kapillaaris, milleks võib oletada

$$t_k = 100 - 2,5 H_k; \quad (99)$$

$H_k$  — kapillaari pikkus m-tes (mitte üle 3,5 m);

$t_{v\bar{o}}$  — välisõhu temperatuur;

$C_0$  — müüritise mahuline soojaerimahtuvus kcal/m<sup>3</sup>° C; tellismüüritise puhul võib oletada  $C_0 = 400$ ;

$Z$  — soojendamise kestus tundides;

$y=e^{-x}$  — funktsioon, mille väärtus määratakse kas tabelite järgi või graafikutest (joon. 47, 48), võttes  $x=a_1Z$ .

**Näide.** Määrata tellisposti, mille põiklöige on  $2 \times 2$  tellist, soojendamise tingimused kapillaarraketise mõrdi suhtelise tugevuse  $\eta_l=35\%$   $R_{28}$  saavutamiseks; välisõhu temperatuur  $t_{v\delta}=-25^\circ$ ; kapillaarid on müüritise poolt kaetud vineeriga; posti kõrgus  $H=3,5$  m.

Eeldame, et 25 mm paksuse raketise igas külkilbis on 3 kapillaari. Seega on kapillaaride arv posti põiklõikes

$$n_k = 4 \cdot 3 = 12;$$

$$M_k = \frac{n_k b_k}{F_m} = \frac{12 \cdot 0,04}{0,51 \cdot 0,51} \approx 1,85;$$

posti pinnamoodul

$$M_p = \frac{4}{0,51} \approx 7,85;$$

seejuures

$$M_p - M_k = 7,85 - 1,85 = 6,00;$$

$$t_k = 100 - 2,5 \cdot 3,5 \approx 91^\circ;$$

$$K_k = 20; K_r = 5.$$

Määrame arvutusparameetrid:

$$a_1 = \frac{K_k M_k + K_r (M_p - M_k)}{C_0} = \frac{20 \cdot 1,85 + 5 \cdot 6,00}{400} \approx 0,17;$$

$$t_o = \frac{K_k M_k t_k + K_r (M_p - M_k) t_{v\delta}}{K_k M_k + K_r (M_p - M_k)} = \frac{20 \cdot 1,85 \cdot 91 - 5 \cdot 6 \cdot 25}{20 \cdot 1,85 + 5 \cdot 6} \approx 39^\circ.$$

Leiame valemi (96) abil müüritise keskmiste temperatuuride väärtused tähtaegade puhul:

$Z=24$  tundi

$$t_{mk} = 39 \left( 1 - \frac{1}{0,17 \cdot 24} \right) \approx 29^\circ;$$

$Z=36$  tundi

$$t_{mk} = 39 \left( 1 - \frac{1}{0,17 \cdot 36} \right) \approx 33^\circ.$$

Tabeli 83 abil (mõrdi suhtelise tugevuse olenevus kivinemise kestusest ja keskmisest kivinemistemperatuurist) leiame interpoolimise teel, et aurutusaja  $Z=24$  tundi = 1 ööpäev ja  $t_{mk}=29^\circ$  puhul on mõrdi suhteline tugevus  $\eta=20\%$   $R_{28}$  ning aurutusaja  $Z=36$  tundi = 1,5 ööpäeva ja  $t_{mk}=33^\circ$  puhul on mõrdi suhteline tugevus  $\eta_l=35\%$   $R_{28}$ .

Seega peab soojendamine kestma 1,5 ööpäeva.

Pärast hoidmisrežiimi kindlaksmääramist tuleb määrata vastavad soojatarvidused — maksimaalne tunnarvidus  $Q_t$  kcal/m<sup>3</sup>h ja kogutarvidus soojendusperioodil  $Q_o$  kcal/m<sup>3</sup>.

Soojusenergia tarvidus kogu soojendusperioodi  $Z_o$  kestel määratakse tellismüüritise puhul valemiga:

$$Q_o = 500 t_o + Z_o [K_r (M_p - M_k) (t_{mk} - t_{v\bar{o}}) + K_{k\bar{o}} M_{k\bar{o}} (t_k - t_{v\bar{o}})] \text{ kcal/m}^3. \quad (100)$$

Maksimaalne soojatarvidus tunnis on seejuures:

$$Q_t = 0,05 t_o (1 - y_t) [10\,000 + K_r (M_p - M_k)] + K_{k\bar{o}} M_k t_k - t_{v\bar{o}} [K_r (M_p - M_k) + K_{k\bar{o}} M_k] \text{ kcal/m}^3 \text{h}, \quad (101)$$

kus  $y_t = e^{-a_1}$  määratakse funktsiooni  $y = e^{-x}$  tabuleeritud väärtuste või graafikute järgi, mis on toodud joonistel 47 ja 48, võttes  $x = a_1$ ;  $K_{k\bar{o}}$  on soojaülekanne kapillaaridelt välisõhku:  $K_{k\bar{o}} = 10 \text{ kcal/m}^2 \text{h}^\circ \text{C}$ .

Maksimaalne tunnikulu vastab soojendamise esimesele tunnile.

Nende valemite järgi arvatud  $Q_o$  ja  $Q_t$  väärtusi tuleb suurendada ebatootlike kulude arvel seoses auru läbitungimisega kapillaaride ja aurujaotuskarbi ühendustest ning kapillaaride väljalaskevadest (läbitöötatud auru väljumisel).

Võib oletada, et need kaod moodustavad 25—50% arvutussuurustest.

Arvesse võttes neid kadusid, kujuneb auru kogutarvidus soojendusperioodil 1  $\text{m}^3$  müüritise kohta võrdseks:

$$A_o = 0,003 Q_o \text{ kg/m}^3 \quad (102)$$

ja maksimaalne auru kulu ühes tunnis 1  $\text{m}^3$  müüritise kohta

$$A_t = 0,003 Q_t \text{ kg/m}^3 \text{h}. \quad (103)$$

**Näide.** Määrata aurutarvidus tellisposti soojendamisel eelmise näite tingimuste korral. Valemi (100) järgi määrame soojuse kogutarviduse  $Z = 36$  tunni vältel:

$$Q_o = 500 \cdot 39 + 36 [5 \cdot 6 (33 + 25) + 10 \cdot 1,85 (91 + 25)] \approx 158\,600 \text{ kcal/m}^3.$$

Valemi (101) abil määrame maksimaalse soojatarviduse tunnis; seejuures

$$y_t = e^{-a_1} = e^{-0,17} = 0,84 \text{ ja } (1 - y_t) = 0,16;$$

$$Q_t = 0,05 \cdot 39 \cdot 0,16 [(10\,000 + 5 \cdot 6) + 10 \cdot 1,85 \cdot 91 + 25 (5 \cdot 6 + 10 \cdot 1,85)] \approx 6000 \text{ kcal/m}^3 \text{h}.$$

Määrame vastava aurutarviduse:

kogu aurutusperioodil

$$A_o = 0,003 \cdot 158\,600 \approx 475 \text{ kg/m}^3;$$

maksimaalne tunnitarvidus

$$A_t = 0,003 \cdot 6000 = 18 \text{ kg/m}^3 \text{h}.$$

## 6. Müüritise elektrisoojendus

Müüritise elektrisoojendus on rajatud juhett (antud juhul müüritise mörti) läbiva elektrienergia soojusenergiaks muundumisele.

Külmunud müüritise madal elektrijuhtivus tingib kõrgendatud voolu pingekasutamise ja lühikesed vahekaugused elektroodgruppide vahel (millega suureneb metalli ja elektrienergia kulu). Kui mört ei ole külmunud olekus, siis olukord kergeneb.

## a) Elektroodsoojendus

Elektroodidena kasutatakse 6-mm ümarraua lõikeid, stantsimisjätmeid, 40—60 mm laiusi riba- või lehtterase lõikeid. Elektroodid asetatakse müüritise vuukidesse ning ühendatakse gruppidesse, mis lülitatakse sofiitide ja pealülituskilbi kaudu vooluvõrku.

Gruppide vahekaugus sõltub voolu pingest ning mõrdi olekust — pinge 220 V ja külmunud mõrdi puhul peab elektroodgruppide vahekaugus olema umbes 20 sm, samasuguse pinge kuid sula mõrdi puhul aga umbes 40 sm. Elektroodide täpsed vahekaugused määratakse tavaliselt kindlaks katselisel teel üksikute müüriosade proovisoojendamisega.

Soojendamise protsessis külmunud mõrdi elektriline takistus langeb kuni mõrdi üleminekuni sula olekusse, seejärel aga vastavalt mõrdi kivinemisele hakkab uuesti tõusma.

Soojendamisel võrgu vooluga on voolu pinge ja järelikult ka soojusrežiimi reguleerimine äärmiselt raske ning seda teostatakse soojendatavate alade vooluahelasse välja- ja sisselülitamiste teel.

Elektrisoojendamise teostamisel vahetult võrgust saadava vooluga tuleb rangelt jälgida ohutustehnika-eeskirjades toodud juhiseid.

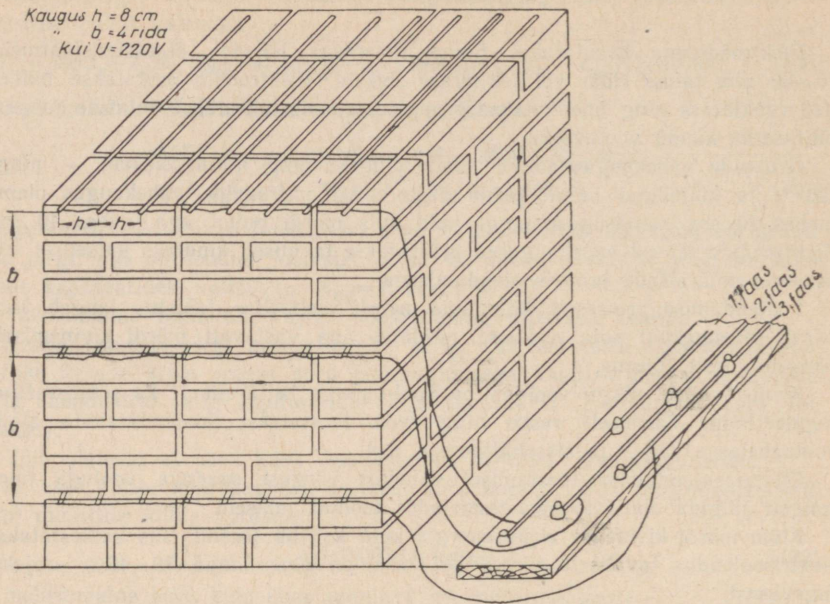
Kuna mõrdi kivinedes elektrienergia kulu kasvab järsult, siis katkestatakse elektrisoojendus tavaliselt niipea, kui mõrt on omandanud 30—40% projekt-tugevusest.

Joonisel 89 on toodud ühe, A. K. Sintšuki (ЦНИЛЭПС) poolt esitatud, külmunud müüritise elektroodsoojendusviisi skeem. Vertikaalsete gruppide üksikud elektroodid on asetatud iga 2 kivirea tagant horisontaalvuukidesse; gruppide vahekaugus 20 sm (pinge puhul 220 V); grupid lülitatakse erinimelistesse faasidesse. Kõik grupid lülitatakse sisse mõrdi külmunud oleku juures. Mõrdi sulades ja tema elektrilise takistuse vähenedes lülitatakse grupid üle ühe välja. See võimaldab reguleerida müüritise soojusrežiimi. Ligikaudsed andmed vooluvõimsuse ja elektrienergia kulu kohta kirjeldatud soojendusviisi puhul on toodud tabelis 84 (ЦНИЛЭПС-i andmed).

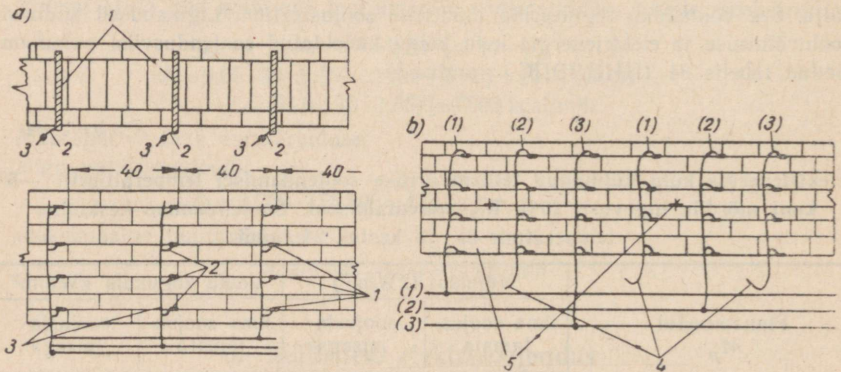
Tabel 84

Elektrienergia kulu külmunud tellismüüritise soojendamisel temperatuurilt —5° kuni mõrdile tugevuse 20%  $R_{28}$  saavutamiseni. Soojendamise keskmine temperatuur 35 ja kestus 24 tundi

Pinnamoodul $M_p$	Võimsus (kW/m <sup>3</sup> )		Voolu kogukulu kWh/m <sup>3</sup>	
	ilma soojus- tamata	soojusta- misega	ilma soojus- tamata	soojusta- misega
	$K = 2,5 \text{ kcal/m}^3\text{h } ^\circ\text{C}$			
4	2,3	1,2	56	28
6	3,2	1,4	76	33
8	4,0	1,6	95	38
10	4,7	1,8	113	43
17	7,5	2,5	181	61



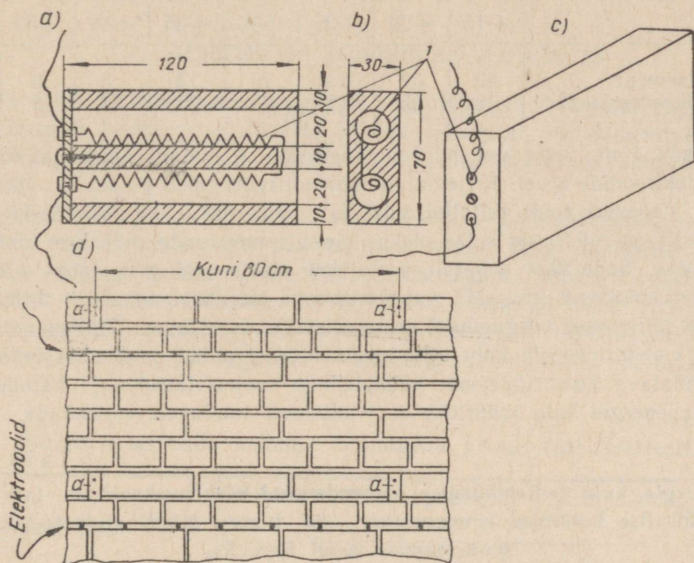
Joon. 88. Külumata tellismüüritise elektroodsoojenduse skeem N. M. Mulini ja R. V. Vegeneri järgi.



Joon. 89. Külmunud tellismüüritise elektroodsoojenduse skeem (A. K. Sinšuki järgi — ЦНИЛЭПС).

*a* — elektroodide lülitusskeem soojendamise algul; *b* — elektroodide lülitusskeem pärast külmunud mördi ülessulamist; 1 — elektroodid; 2 — ühendustraadid; 3 — toitejuhtmed; 4 — toitejuhtmed elektroodidele, mis lülitatakse pärast mördi ülessulamist; 5 — augud temperatuuri mõõtmiseks; (1), (2), (3) — faasid.

Teine külmunud müüritise soojendamise viis (joon. 90) on kombineeritud: müüritise soojendamine kuni mõrdi sulamiseni toimub soojaülekanne arvel sisseasetatavatelt küttekehadel, seejärel aga lülitatakse sisse gruppelktröödid, mis kindlustavad sulanud müüritise edasise soojenemise. Sel moel luuakse võimalus müüritise soojusrežiimi reguleerimise parandamiseks ja elektrienergia kulu mõningaseks vähendamiseks. Elektri-küttekehad on tellise kujulised ja



Joon. 90. Elektriküttekehad külmunud tellismüüritise eelnevaks ülesulatamiseks sellele järgneva elektröödsuojenduse puhul.

*a* — küttekeha pikilõige; *b* — põiklõige; *c* — üldvaade; *d* — küttekehade asetuskeem müüritises. Ühe elemendi võimsus 200 W; traadi hõõgumistemperatuur — mitte üle 400°.

nad paigaldatakse saviga põiksuunalistesse pesadesse, mis jäetakse müüritise ladumise käigus; savimõrdi kasutamise eesmärgiks on soojaülekanne parandamine ning küttekehade väljavõtmise hõlbustamine pärast soojendamise lõpetamist. Küttekehad ja elektröödid lülitatakse võrgupingele. Sisseasetatavad küttekehad ühendatakse järjestikku gruppidesse: kolmekaupaga, kui pinge on 120 V ja viiekaupaga, kui pinge on 220 V. Elektröödid asetatakse müüritise horisontaalvuukidesse ja neist moodustatakse horisontaalsed grupid, mis asuvad vertikaalsuunas iga 4–6 kivi kihi tagant. Sisseasetatavad küttekehad asetatakse üks kiht kõrgemale elektröödigrupist; nende vahekaugus üksteisest horisontaalsuunas ärku ületagu 75 sm. Kirjeldatud viisil müüritise soojendamise ligikaudsed tähtsajad kuni mõrdi tugevuse 20%  $R_{28}$  saavutamiseni on toodud tabelis 85 (ЦНИЛЭПС-i andmed).

Siksakvõrkudega armeeritud müüritise soojendamisel võib neid kasutada elektröödidena. Selleks lülitatakse samasuunalised armatuurvõrgud, mille vahekaugused ärku ületagu 4 kivi kihti (220 V puhul), võrgupingele; naabervõrgud tuleb lülitada erinimelistesse faasidesse. Armatuurvõrgu varda kogupikkus ei

Külmunud tellismüüritise soojendamise kestus elektroodsoojenduse ühendamisel müüritise eelneva sulatamisega (sisseasetatavate elektri-küttekehade abil).

Soojendamisel saavutatav mõrdi tugevus vähemalt 20%  $R_{28}$

Tsemendi liik	Müüritise soojendamise kestus tundides, keskmise temperatuuri puhul (°C)							
	+15	+20	+25	+30	+35	+40	+50	+60
Portlandtsement	40	32	25	19	13	8	5	4
Räbu-portlandtsement	72	55	42	30	22	14	8	5

tohi ületada 4 m. Selle soojendusviisi eeliseks on metalli kulu tunduv vähenemine elektroodide arvel. Kirjeldatud soojendusviisi tuleb pidada N. M. Mulini ja R. V. Vegeneri poolt esitatud viisi (vt. joon. 88) erikujuks. Nende poolt esitatud viis on määratud sulas olekus oleva armeerimata müüritise elektroodsoojenduseks. Selle viisi kohaselt asetatakse elektroodid gruppide horisontaalvuukidesse gruppide vahekaugusega vertikaalsuunas 4–6 kivi kihti.

Grupid lülitatakse võrgupingel erinimelistesse faasidesse. Ligikaudne vooluvõimsus ja elektrienergia kulu selle soojendusviisi puhul on toodud tabelis 86.

Soojendatava konstruktsiooni välispindade soojaisolatsiooniga katmise teel võib elektrienergia kulu müüritise soojendamisel tunduvalt vähendada.

Tabel 86

Elektrienergia kulu tellismüüritise soojendamisel elektroodmeetodil (võrgupingega) müüritise keskmise temperatuuri  $-25^{\circ}$  juures. Mõrdi etteantud tugevus

soojendamise lõpul 20%  $R_{28}$

(ЦНИЛЭПС-i andmed)

Pinnamoodul $M_p$ . . . . .	4	6	9
Võimsus kW/m <sup>3</sup> . . . . .	1,8	2,9	3,0
Energia kogukulu kWh/m <sup>3</sup> . . . . .	40	55	70

#### b) Müüritise elektrisoojendus sisseasetatavate küttekehade abil

Talviste müüritiste elektrisoojenduse praktikas on leidnud kasutamist soojendusviisid, mis põhinevad mitut tüüpi elektriküttekehade kasutamisel. Neist on kõige enam levinud I. I. Bogatõrevi ja S. G. Volovitši konstruktsiooni elektritellis, mis erineb ülalkirjeldatud müüritisse asetatavaist küttekehadest ainult mõõtmete poolest (65×120×250 mm).

Elektritellised asetatakse ladumise käigus jäetud pesadesse.

Tellisseinte soojendamiseks moodustatakse pesad malekorras vahekaugusega 50–80 sm üksteisest (3–4 tk. 1 m<sup>2</sup> seina kohta); postide soojendamisel võetakse küttekehade vahekauguseks 50 sm (umbes 8 tk. 1 m<sup>3</sup> müüritise kohta). Pärast elektritelliste paigaldamist täidetakse pilud nende ja müüritise vahel

savimördiga. Järjestikku ühendatud elektritelliste grupp lülitatakse võrgu-  
pingele sofiidi ja jaotuskilbi kaudu. Elektritelliste arv grupis määratakse müü-  
ritisele vajaliku temperatuurirežiimi kindlustamise tingimusest. Tehn. tead.  
kand. I. I. Bogatõre vi poolt toodud andmeil on installeeritav võimsus 1 m<sup>2</sup>  
soojendatava seina kohta umbes 0,5—0,7 kW, kusjuures elektrienergia kogu-  
kulu ulatub 7 kWh/m<sup>2</sup> (välisõhu temperatuuri puhul  $t_{v\delta} = -5^\circ$ ) kuni 22 kWh/m<sup>2</sup>  
( $t_{v\delta} = -20^\circ$ ).

## 7. Müüritööde teostamine soojakutes

Seda viisi on otstarbekas kasutada vundamentide ja teiste allpool maa-  
pinda asuvate kivikonstruktsioonide talvisel ladumisel. Vundamentide püstita-  
misel on kasutamiseks kõige mugavamad kilpidest koostatud ümbertõstetavad  
soojakud.

Soojakute kuju ja mõõtmed määratakse laotava kivikonstruktsiooni ja tema  
kaevikute konfiguratsiooniga, päevase töömahuga ning müüritise hoidmise  
kestusega, mis on vajalik temale külmumismomendiks nõutava tugevuse saa-  
vutamiseks. Müüritise hoidmise kestus sõltub etteantud mördi tugevusest ja  
soojaku siseõhu temperatuurist. Müüritise hoidmise ligikaudsed kestused  
mördile vajaliku suhtelise tugevuse  $\eta \approx 20\% R_{28}$  saavutamiseks on toodud tabe-  
lis 87.

Tabel 87

Müüritise soojakus hoidmise minimaalne kestus (orienteerivalt)

Mördi mark	Hoidmise kestus päevades õhutemperatuuri puhul soojakus ( $^\circ\text{C}$ )			
	+5	+10	+15	+20
50—100	6	5	4	3
10—25	8	6	5	4

Juhul kui soojakutes hoitavate vundamentide kaevikud on uuesti täidetud  
sula pinnasega või räbuga ja vundamentide välispinnad on kaetud, võib nende  
soojakutes hoidmise kestust lühendada võrreldes tabeliga 85 1—2 päeva võrra.

Soojakute temperatuur 0,5 m kõrgusel vundamenti tallast tuleb hoida mitte  
alla  $5^\circ\text{C}$ .

Vundamentide müüritis tuleb teha kividest, mis on eelnevalt soojendatud.  
Selleks kantakse kivid soojakusse mitte hiljem kui üks päev enne müürimist.

Soojaku kütmissviisi valimisel peab silmas pidama, et positiivset õhutempere-  
ratuuri peab olema võimalik luua soojaku kõikides tsoonides. Kütteseadmed ise  
aga peavad olema portatiivsed ja küllalt lihtsad. Kõige lihtsamate küttesead-  
mete hulka kuuluvad ajutised raudahjud ja leek-kaloriiferid. Ajutiste ahjude  
suurimaks puuduseks on nende tuleohtlikkus ja see, et nad loovad soojakus  
ebaühtlase temperatuuri.

Kütteseadmete arvu ja võimsuse määrab kogu soojatarvidus, mis on vaja-  
lik soojakus nõutava temperatuurirežiimi säilitamiseks. Kogu soojatarvidus  
koosneb soojusest, mis kulub müüritise ja kõikide soojakus asuvate mater-  
jalide ülessoojendamiseks ning soojusest soojakadude kompenseerimiseks (sooja-

kaod läbi soojaku piirde välisõhku ja soojakuga kaetud kaevikut ümbritsevasse pinnasesse).

Soojatarvidus tunnis määratakse järgmise ligikaudse valemiga:

$$Q = [(K_1 F_1 + K_2 F_2 + K_3 F_3 + K_0 F_0) (t_{s\bar{o}} - t_{v\bar{o}}) + 2000 V_m] \text{ kcal/h,}$$

- kus  $Q$  — kogu soojatarvidus tunnis soojaku kütmisel kcal/h;  
 $K_1$  — soojaku piirdekonstruktsiooni soojajuhtivus kcal/m<sup>2</sup>h° C;  
 $K_2$  — soojaku akende soojajuhtivus kcal/m<sup>2</sup>h° C;  
 $K_3$  — soojaku uste soojajuhtivus kcal/m<sup>2</sup>h° C;  
 $K_0$  — soojaülekanne õhult pinnasele soojakus; orienteerivateks arvutusteks võib võtta  $K_0 = 0,5$  kcal/m<sup>2</sup>h° C;  
 $F_1, F_2, F_3, F_0$  — vastavalt piirete, akende, uste ja pinnase pindalad soojakus m<sup>2</sup>-tes;  
 $t_{s\bar{o}}$  — soojaku siseõhu temperatuur (keskmine);  
 $t_{v\bar{o}}$  — välisõhu temperatuur;  
 $V_n$  — müüritise ja materjalivarude maht soojakus m<sup>3</sup>.

Soojaku piirdekonstruktsioonide (kilpide) soojajuhtivus määratakse valemiga

$$K_1 = \frac{\beta}{0,2 + \frac{h_1}{\lambda_1} + \frac{h_2}{\lambda_2}}, \quad (104)$$

- siin  $h_1, h_2$  — kilbi kihtide paksused m;  
 $\lambda_1, \lambda_2$  — piirde materjalide soojaerijuhtivus (vt. tabel 33);  
 $\beta$  — koefitsient (vt. tabel 35).

Soojakute mõnede tüüpiliste piirdekonstruktsioonide jaoks võib  $K_1$  väärtuse võtta tabeli 88 andmeil.

Tabel 88

### Soojaku piirdekonstruktsioonide soojajuhtivusi

Piirdekonstruktsioon	Soojajuhtivus $K_1$ kcal/m <sup>2</sup> h° C
Kilp koosneb kahest kihist 19 mm laudadest vildist vahekihiga ja on üle löödud tõrvapapiga . . . . .	2,5
Kilp koosneb kahest vineerikihist 4 sm paksuse ševeliin-vahekihiga ja on üle löödud tõrvapapiga . . . . .	1,5
Kilp koosneb 19 mm laudade kihist ja on üle löödud tõrvapapiga . . . . .	5,0
40 mm paksused lauduksed, üle löödud vildiga ja tõrvapapiga . . . . .	2,0
Ühekordsed aknad . . . . .	5,0

## 8. Müüritööde talvise teostamisviisi valik

Nagu juba ülal märgiti, võib talviste müüritööde kõige otstarbekama teostamisviisi selgitamine toimuda ainult kõikide ehituse eritingimuste arvesse võtmise teel. Nendeks on konstruktsiooni tüüp ja materjal, meteoroloogilised tingimused, tööde teostamise aeg, arvutuskoormised jne.

Talviste müüritööde soovitatavad teostamisviisid on toodud tabelis 89 (ЦНИПС-i materjalide põhjal).

Tabel 89

Müüritööde soovitatavad teostamisviisid talvetingimustes (ЦНИПС-i materjalide põhjal)

Hoonete või ehitiste tüüp	Konstruksioonid	Konstruksioonide materjal	Soovitatavad müüritise teostamisviisid talvetingimustes
Elamud, kultuur-elutarbelised ja majandushooned kõrgusega 4 korrust (12 m) ja üle selle	Vundamendid ja keldriseinad	Tellis ja plokkid Sängipinnaline või murtud looduskivi	Külmutusmeetod Soojakutes või kloorkaltsiumi lisandiga mörtide kasutamise
	Maapealse osa seinad ja postid	Tellis ja plokkid	Külmutusmeetod koos kunstliku sulatamisega (vastavalt arvutusele)
Sama, kõrgusega mitte üle 3 korruse	Vundamendid ja keldriseinad	Sama	Külmutusmeetod
	Maapealse osa seinad ja postid	Murtud looduskivi Tellis ja plokkid	Soojakutes või kloorkaltsiumi lisandiga mörtide kasutamise Külmutusmeetod
Tööstushooned kõrgusega üle 6 m	Kandekarkassi vundament	Looduskivi	Soojakutes
	Vundamendid täisseinte all Karkassi täiseinad, täiseinad ja sise-mised postid	Tellis ja plokkid Sama	Sama mis elamute puhul, olenevalt vundamenti kõrgusest Olenevalt eksploatatsioonikoormistega koormamise tähtajast: kiirkivevate mörtidega, kunstliku soojendusega (lühikeste tähtaegade puhul) või külmutusmeetodil (pikkade tähtaegade puhul)
Tööstushooned kõrgusega mitte üle 6 m	Vundamendid seinte ja postide all	Murtud kivi	Soojakutes või kloorkaltsiumi lisandiga mörtidega

Hoonete või ehitiste tüüp	Konstruksioonid	Konstruksioonide materjal	Soovitavad müüritise teostamisviisid talvetingimustes
	Seinad ja postid	Tellis, plokid ja sängpinnaline looduskivi Sama	Külmutusmeetod Olenevalt ekspluatatsiooni koormistega koormamise tähtajast: kiirkivevate mörtidega kunstliku soojendusega (lühikeste tähtaegade puhul) või külmutusmeetodil (pikkade tähtaegade puhul)

### III peatükk

## MÖRDID MÜÜRITÖÖDE TEOSTAMISEKS TALVETINGIMUSTES

### 1. Mörtide koostised

Müüri ladumisel külmutusmeetodil kasutatakse samu mördiliike ja -koostisi mis suviselgi müürimisel, kuid ei lubata kasutada lubi-liiv ja savimörte.

Tellistest ja korrapärase kujuga kividest seinte ja vundamentiide ladumisel peab mördi mark olema vähemalt 10, postide ladumisel — 25, karniiside ja silluste ladumisel — 50 ning armeeritud müüritise ladumisel — 50.

Kunstliku soojendamisega ja soojakutes püstitatavatel konstruktsioonidel ei tohi mördi mark olla alla 25.

Tsementmörtide omadused paranevad tunduvalt, kui neisse lisada lupja. Nad muutuvad plastilisemateks ja paremini töödeldavateks. Peale selle soodustab lubjalisand niiskuse säilimist mördis, mille tõttu lubi-tsementmördid annavad tellisele vähem niiskust. See asjaolu omab talvise müüritise juures väga suurt tähtsust.

Ka tsementmörtidele lisatud savi parandab nende töödeldavust ja vähendab niiskuse äraandmist tellisele. Kasutatavate savide kvaliteeti tuleb aga laboratoorses tingimustes hoolikalt kontrollida. Alles pärast proovikehade katsetamist lubatakse savi kasutada lisandina.

Kloorkaltsiumi lisamine kiirendab tsementmörtide tardumist ja kivinemist ning alandab nende külmumistemperatuuri, kuid suurendab müüritise hügrokoopsust ning soodustab nn. väljasooldumist (müüritise pinnale ilmuvad valged täpid).

Talvistel müüritöödel kasutatavate mörtide konsistents peab olema samaugune nagu suviselgi.

## 2. Mörtide temperatuur

Mördi temperatuur ladumisel peab kindlustama mördi normaalset laiali-laotamist ja vuugi kokkusurumist enne mördi külmumist. Tabelis 76 on toodud mörtide minimaalsed temperatuurid, olenevalt välisõhu temperatuurist.

Mördisegistist väljaantava mördi temperatuuri määravad tema temperatuur ladumisel ja soojakaod transpordil, ümberlaadimistel ning tööde teostamise vältel. Soojakaod arvutatakse analoogiliselt betooniseegu transportimisel ja ümberlaadimistel esinevate soojakadude arvutamisele (vt. teine osa).

Kui mördisegistist väljaantava mördi temperatuur on määratud, tehakse katselisel teel kindlaks soojakaod mördi segamisel ja valitakse seejärel mördi komponentide temperatuurid, arvesse võttes materjalide niiskust.

Komponentide temperatuuride valimisel kasutatakse järgmist valemit:

$$t_{ms} = \frac{(0,2 + i_l)g_l t_l + (g_v - 0,5 g_{lubl} - i_l g_l) t_v}{0,2(g_t + g_l + 0,5 g_{lubl}) + g_v}, \quad (105)$$

- kus  $t_{ms}$  — mördi temperatuur pärast segamist;  
 $t_l$  — liiva temperatuur segistisse ladumise momendil;  
 $t_v$  — vee temperatuur segistisse laadimise momendil;  
 $g_l$  — liiva kaal 1 m<sup>3</sup> mördis;  
 $g_t$  — tsemendi kaal 1 m<sup>3</sup> mördis;  
 $g_{lubl}$  — lubja- või savitaigna kaal;  
 $g_v$  — vee hulk liitrites 1 m<sup>3</sup> mördis, arvesse võttes liivaga, saviga ja lubja- või savitaignaga lisatavat niiskust;  
 $i_l$  — liiva relatiivne niiskus (kaaluline).

Liiva ja vee soojendamise piirtemperatuurid on toodud teises osas.

Mördi komponentmaterjalidele valitud temperatuure täpsustatakse esimeste segude valmistamise ajal, kontrollides tegelikke soojakadusid, mis esinevad materjalide doseerimisel, nende segamisel, mördi väljaandmisel, transportimisel ja paigaldamisel.

# NELJAS OSA

## KROHVITÖÖD

### I peatükk

## KROHVITÖÖDE TEOSTAMINE TALVETINGIMUSTES

### 1. Üldised alused

Krohvitöid lubatakse talvetingimustes teostada tingimusel, kui hoone seinte vajumine on lõppenud ja müüritis on saavutanud 20% projektugevusest.

Betoonkonstruktsioonid peavad omama vähemalt 50% projektugevusest. Krohvimisele kuuluvad pinnad tuleb puhastada jääst ja härmatisest. Tabelis 90 on toodud seinte maksimaalne niiskus, mille juures lubatakse teostada krohvitöid.

Tabel 90

Seinte niiskus, mille juures lubatakse teostada krohvitöid

Seina materjal	Lubatav maksimaalne niiskus %-des
Savitellis	4
Silikaattellis	3,5
Räbubetoonplokid	6
Betoonplokid	4

Krohvitöid teostatakse talvel kas ruumides, milles on positiivne temperatuur, või vabas õhus, kasutades viimasel juhul mörte, millel on võime kivineda ka negatiivsete temperatuuride juures. Krohvitööde teostamine külmutusmeetodil on keelatud.

Positiivse temperatuuriga ruumides saavutatakse krohvi normaalne kvaliteet krohvitavate pindade soojendamise ja krohvi enda kuivatamise abil.

Olenevalt ehitusvõimalustest köetakse ruume, kus tuleb teostada krohvitöid, kas alalise (eelistatud) või ajutise küttesüsteemi abil.

Krohvitavas ruumis ei tohi temperatuur 0,5 m kõrgusel põrandapinnast ka kütteseadmest kõige kaugemas kohas olla alla +5° C.

Krohvitöid teostatakse neis tingimustes samuti nagu suvelgi. Liigne niiskus aga tuleb ruumidest tingimata kõrvaldada kas loomuliku või kunstliku ventilatsiooni abil.

Vabas õhus lubatakse krohvitöid teostada talvetingimustes ainult mörtide kasutamisel, millel on kividamisvõime ka negatiivsetel temperatuuridel.

Selliste mörtide hulka kuuluvad:

- 1) tsement- või segamördid, mis on valmistatud kloorlubja vesileotisel;
- 2) mördid, mis on valmistatud jahvatatud kustutamata lubjast.

Krohvitööde teostamine mörtidega, mis omavad kividamisvõime ka negatiivsetel temperatuuridel, tuleb odavam kui krohvimine soojakutes, kuid eeldab eriti hoolikat tööde läbiviimist ega anna alati positiivseid tulemusi.

## 2. Materjalide ja konstruktsioonide niiskus

Krohvitöö teostamisviisi valikul tuleb arvesse võtta, et niiskuse hulk, mis tuleb ehitatavast hoonest kõrvaldada, moodustab keskmiselt 20—25 kg hoone 1 m<sup>3</sup> kohta.

Kuna välisõhu negatiivsete temperatuuride juures seinte välispindadelt niiskuse aurumist ei toimu, siis teostub niiskuse eraldamine talvetingimustes ainult seinte sisepindadelt.

Hoone koguniiskus koosneb algniiskusest, mis viiakse hoonesse materjalidega ja detailidega, ning tootmisniiskusest, mis viiakse hoonesse tööprotsesside teostamisel tehnoloogilise veena ja sademete veena.

Algniiskuseks nimetatakse materjalide niiskust nende paigaldamise momendil ja konstruktsioonide niiskust nende püstitamise lõpul.

Müürimörtide niiskus on toodud tabelis 91.

Tabel 91

Müürimörtide algniiskus

Mördi liik	Vee hulk 1 m <sup>3</sup> mördis (koos keemiliselt seotud veega)	
	raske mört	kerge mört
Tsementmördid	240	420
Segamördid	360	450
Lubi- ja lubi-savimördid	400	480

Nagu tabelist 91 nähtub, sisaldavad kõige vähem vett tsementmördid ja kõige rohkem — lubimördid. Segamörtides suureneb vee sisaldus koos lubja hulga suurenemisega.

Mördi algniiskusele avaldab olulist mõju agregaadid liik, nii on näiteks räbümörtide niiskus 2 korda suurem kui liivmörtidel. Absoluutne vee hulk on räbümörtides siiski vaid 1,2—1,6 korda suurem kui liivmörtides.

Tsementmörtide niiskust ei iseloomusta täiel määral niiskuse hulk, mis viiakse mördiga müüritesse, kuna osa vett kulutatakse tsemendi hüdratsiooniks, s. t. läheb üle keemiliselt seotud olekusse. Keemiliselt seotava vee hulk moodustab 30-ndal päeval umbes 15% tsemendi kaalust.

Tellise niiskus sõltuvalt tema säilitamise viisist on toodud tabelis 92.

Telliste niiskus oleneb peamiselt ilmastikutingimustest, mille juures neid hoitakse virnades. Sademed niisutavad tavaliselt tugevasti 5 ülemist ja 5 alu-

## Tellise niiskus, olenevalt tema hoidmise tingimustest

Aastaaeg	Ilmastikutingimused proovi võtmisel	Proovi- kehade arv	Hoidmise kestus pv.	Tellise niiskus %		
				mini- maal- ne	maksi- maal- ne	kesk- mine
Savitellis						
Talv	Kuiv ilm	18	2	0,02	0,5	0,25
	Märg lumi	6	2	0,25	1,2	0,54
	Eelmisel päeval sadas päev läbi vihma	6	8	3,5	5,2	4,0
Kevad	Kuiv	18	2—28	0,04	0,6	0,16
	— „ —	6	27	0,07	4,0	1,3
	Kestvad vihmad	6	27	0,22	13,5	3,4
Suvi	Kestvad vihmad	12	1—2	0,06	8,6	1,0
	— „ —	17	3—15	0,40	9,6	3,4
Sügis	Kuiv	6	30	0,3	5,5	2,1
	Kuiv (3 päeva pärast vihma)	6	30	1,4	8,5	
	Kahepäevane vihmasadu	6	30	0,3	13,7	5,4
Silikaattellis						
	Proovikehad võetud te- hases pärast auto- klaavimist	18	0	1,8	5,1	
Kevad	Kuiv	6	3	2,4	3,6	2,7
Suvi	Kestvad vihmad	18	6—14	2,9	6,3	5,4
	— „ —	6	20	4,9	9,8	6,6
	— „ —	6	27	10,5	11,3	10,8
Sügis	Kuiv	6	Kaua- aegne	5,6	12,7	8,8
	Kuiv (3 päeva pärast vihma)	6	30	4,2	9,0	5,3
	Kahepäevane vihmasadu	6	30	6,0	14,4	12

mist rida virnas, mis moodustavad kokku umbes 40% virna mahust. Virna keskmistes ridades on tellis alati palju kuivem. Silikaattelliste niiskus on tavaliselt tunduvalt kõrgem kui savitellistel.

Tabelis 93 on toodud tellise normaalne (arvutuslik) niiskus. Tellise normaalse niiskuse all mõeldakse tema keskmist niiskust kohe pärast põletamist või pärast lühiajalist hoidmist vabas õhus. Kõrgendatud niiskuse omandab tellis pärast kestvat seismist sademete mõju all.

Uurimisandmete alusel võetakse rübubetonist plokkide normaalseks algniiskuseks 15%.

Rübubetonist suurplokkide niiskus on toodud tabelis 94.

Tabel 93

Tellise normaalne (arvutuslik) niiskus

Tellise liik	Niiskus %-des	
	normaalne	kõrgendatud
Savitellis	1	5
Silikaattellis	6	10

Tabel 94

Rübubetonist suurplokkide niiskus (10 sm sügavusel pinnast)

Vanus päevades	Niiskus protsentides			
	minimaalne	maksimaalne	keskmise	arvutuslik
1—2	12,7	18,5	15	15
4—6	9,6	14,2	12,1	12
90	—	—	12,8	12
700	—	—	11,2	10
1600	—	—	10,7	10

Müüritise algniiskuse moodustavad telliste niiskus, mõrdi niiskus, niiskus, mis viiakse müüritisse ladumisprotsessis, ja sademete niiskus.

Niiskuse hulgad, mis viiakse müüritisse kividega ja mõrdiga, on toodud tabelis 95.

Tööde teostamise protsessis müüritisse viidava niiskuse hulk sõltub tunduvalt määral sademetest. Seejuures ei olene müüritise niiskumine sademete vee läbi mitte niivõrd kuu jooksul sadanud sademete hulgast kui just vihma kestusest. Nii näiteks niisutavad suvised vihmad müüritist tunduvalt vähem kui külmad sügisvihmad, kuna suviste vihmade tavaliselt lühema kestuse ja välisõhu kõrgema keskmise temperatuuri tõttu kuivab müüritis kiiresti.

ЦНИПС-и andmeil võib müüritise 1 m<sup>3</sup> sisalduva vee hulk tõusta sügisvihmade arvel 20—25 liitri võrra.

Niiskuse hulgad, mis viiakse müüritisse kivimaterjalidega ja mörtidega  
(liitrites 1 m<sup>3</sup> müüritise kohta)

Seina materjal	Mahud müüritises		Müüritisse viidava niiskuse hulk							
	telliseid %	mörti %	kividega		raske mördiga			kerge mördiga		
			normaalse niiskusega	kõrgendatud niiskusega	tsementmört	segamört	lubimört	tsementmört	segamört	lubimört
Savitellised Rübubetonist kivid	75	25	13	65	55	80	95	90	100	115
Rübubetonist suurplokid	93	7	190	—	15	23	27	25	29	32
Rübubetonist suurplokid	97	3	200	—	7	10	11	11	12	14

Krohvikihis sisalduv niiskus mõjutab müüritise koguniiskust väga vähe. 2 sm paksuse krohvikihiga viiakse seinale 5—9 l vett 1 m<sup>2</sup> seinapinna kohta, millega tõstetakse müüritise pindmiste kihtide niiskust vaid 0,5 ÷ 1%.

Toodud andmeist nähtub mitmesuguste tegurite mõju müüritise koguniiskusele. Normaalse niiskusega tellistest püstitatud müüritise koguniiskuses omab kõige suuremat kaalu mördi niiskus; kõrgendatud niiskusega telliste kasutamise puhul on aga telliste ja mördi niiskuste osatähtsused müüritise niiskuse bilansis umbes ühesugused.

Plokkidest (tavalised rübubetonplokid, rübubetonist ja betoonist suurplokid) müüritises on mördiga sisseviidava niiskuse mõju tühine ning müüritise koguniiskust määravaks põhiliseks teguriks on plokkide niiskus.

Tabelis 96 on toodud andmed müüritise algniiskusest, kusjuures on arvesse võetud kõiki loetletud tegureid.

Tabel 96

## Seinte kuivamise arvutustes kasutatav algniiskus

Müüritise materjal	Algniiskus %-des ladumise puhul	
	raskel mördil	kergel mördil
Savitellis	15	17
Silikaattellis	19	21
Rübubetonplokid	23	23

Tabelis 96 toodud algniiskused on antud müüritiste jaoks, mis on püstitatud kõrgendatud niiskusega tellistest. Kui müüritis on laotud normaalse

niiskusega tellistest, siis vähendatakse tabeli andmeid 4,5% võrra; kui püstitatud müüritis on olnud kaitstud sademete mõju eest, siis vähendatakse tabeli andmeid 2% võrra; kui müüritis on laotud talvel külmutusmeetodil, siis vähendatakse tabeli andmeid 4,5 % võrra.

Tabelis 96 toodud müüritise algniiskuse väärtused vastavad ühelt poolt krohvitud seintele. Krohvi puudumisel vähendatakse neid suurus 1% võrra, kahepoolse krohvi puhul aga suurendatakse 1% võrra.

Kauaseisnud kivimaterjalide (tellised, plokid) kasutamisel müüritise ladumisel vedela mördiga ja niiskuse kapillaarimamise puhul pinnasest (mis esineb kaevikute täispuistamisel ülevalt poolt hüdroisolatsioonikihti) suurenevad ülaltoodud müüritise niiskuse näitajad tunduvalt.

Seinte lubatav niiskus määratakse maksimaalse niiskusega, mille juures lubatakse teostada viimistlustöid, ja maksimaalse niiskusega, mille juures lubatakse (lähtudes sanitaarsetest nõuetest) anda hoone eksploatatsiooni (tabel 97).

Tabel 97

Seinte lubatav niiskus, lähtudes sanitaarsetest nõuetest

Seinad	Lubatav niiskus protsentides hoone eksploatatsiooni andmisel				
	septemb- rist kuni aprillini	mais	juunis	juulis	augustis
2 kivi paksune sein savi- tellistest	1,5	5,5	3,5	2,5	2,0
Sama, paksusega 2,5 tel- list	1,5	3,5	2,5	2,0	2,0
Räbubetonist kivid	6	10	9	8	7

Seinte niiskus, mille juures lubatakse teha krohvitöid, ja krohvi niiskus, mille juures lubatakse teostada maalritöid, on toodud tabelites 90 ja 98.

Tabel 98

Krohvi lubatav niiskus maalritööde teostamisel

Viimistluse või värvi liik	Krohvi lubatav niis- kus %	Viimistluse või värvi liik	Krohvi lubatav niis- kus %
Oli	4—6	Emulsioon	4
Liim	6—8	Tapeet	4—6
Lubi	10		
Lubi või lubitsement	6		

Hoonet ei lubata eksploatatsiooni anda enne seinte, krohvi ja värvi lõplikku kuivamist.

Kiviseinte niiskust määratakse proovide abil, mis võetakse müüritisest 0,5 m ülaltpoolt hüdroisolatsioonikihti või põrandapinda. Proovid võetakse müüritisest 2—3 sm ja 10 sm sügavuselt pulbrikujulistena, paigutatakse kohe hermeetiliselt suletavatesse purkidesse ning saadetakse laboratooriumi katsetamiseks. Iga korruse kohta peab olema võetud vähemalt 6 proovi (2 kohta, kummastki 3 proovi). Seinte niiskust määratakse enne kuivatamise algust, pärast kuivatamist ja enne krohvitööde algust.

Proovide niiskuse määramisel võib kasutada proovikehadest niiskuse eraldamiseks ühte järgnevatest viisidest:

- a) proovide kuivatamine kuivatuskapis temperatuuril 100—105°;
- b) proovide niisutamine piiritusega (või puhta bensiiniga) ja sellele järgnev põletamine;
- c) proovide kuumutamine tiiglitest.

Proovide niiskus määratakse valemiga

$$W_t = \frac{q_n - q_k}{q_k} 100, \quad (106)$$

kus  $W_t$  — proovi tegelik niiskus %-des;

$q_n$  — niiske proovi kaal;

$q_k$  — kuiva proovi kaal.

Krohvi kuivamise aste määratakse kas välistunnuste põhjal (krohvi valgenemine) või krohvikihist enne ja pärast kuivatamist võetavate proovide kaalumise teel. Peale selle võib krohvi värvimiseks valmisoleku kontrollimisel kasutada järgmist võtet; krohvile kantakse vasevitrioli lahus; lahusega niisutatud pinna värvumine rohirohelisteks näitab, et krohv on küllalt kuiv tema värvimiseks liimi- või õlivärviga; kui aga niisutatud pinnale ilmuvad lillaka tooniga plekid, siis maalritööd teostada ei või, kuna krohvi kõrgendatud niiskuse tõttu võivad pinnale tekkida plekid ja mullikesed. Talviseks ajaks soovitavad krohvitööde teostamise viisid on toodud tabelis 99.

Sisemiste krohvitööde teostamine peab olema organiseeritud voolumeetodi kohaselt.

Tabelis 100 on toodud tööoperatsioonide järjekord ja ühe töötsükli kestus. Tabelis 101 on toodud sisemistel viimistlustöödel lubatavad ja soovitavad siseõhu temperatuurid ruumides.

## Soovitavad krohvitoode teostamisviisid

Töö objekt	Seinte ise-loomustus	Soovitavad tööviisid
Tööstustsehhid, abi- ja laohooned	<p>Tellismüüritis, mis on teostatud soojal aastaajal ning omab üle 20% projektugevusest; müüritise vajumine on lõppenud</p> <p>Müüritis laotud viimistletud välispinnaga suurplokidest talvel külmutusmeetodil</p> <p>Müüritis on teostatud talvel mörtidega, mis sisaldavad lisandina klooralkaltsiumi, keedusoola jne</p> <p>Tellismüüritis on teostatud talvel külmutusmeetodil</p>	<p>Sisekrohv. Seinte kuivatamiseks soovitatakse lihtsaimaid teisaldatavaid seadmeid: ventilaatoreid, kaloriifereid. Krohvimine toimub krohvipumpade abil; krohvimört peab olema soojendatud temperatuurini +15—20° C; on lubatud valmistada mört jahvatatud kustutamata lubjast. Krohvi kuivatamine toimub kunstlikult, kiirendatult ja teostatakse samade teisaldatavate seadmetega. Maalritööd olgu mehhaniseeritud</p> <p>Fassaadide krohvimist teostatakse suvel pärast müüritise sulamist ja kuivamist</p> <p>Sisekrohv. Seinte sulatamist, seinte ja krohvi kuivatamist teostatakse lihtsaimade teisaldatavate seadmete abil (ventilaatorid, kaloriifereid) Krohvi- ja maalritööd olgu mehhaniseeritud. Fassaadi krohvimine ei ole vajalik</p> <p>Sisekrohv. Teostatakse pärast seda, kui müüritis on omandanud üle 20% projektugevusest ega anna vajumisi. Krohvimört valmistatakse kloorlubja vesileotisel. Maalritööd olgu mehhaniseeritud. Väarvi kuivatamist teostatakse alalise küttesüsteemi abil</p> <p>Fassaadide krohvimist teostatakse tingimata soojal aastaajal; erijuhtudel kooskõlastatult arhitektuurse järelevalvega võib fassaade talvel krohvida mördiga, mis on valmistatud kloorlubja vesileotisel ja millele on lisatud värvainet</p> <p>Sisekrohv. Viimistlustöid on soovitatav teostada soojal aastaajal. Kui esineb vajadus teostada neid töid talvel, siis tuleb kindlustada tingimused, mis võimaldaksid müüritisel vajuda ja saavutada tal vähemalt 20% projektugevusest. Enne krohvimise algust tuleb krohvimisele kuuluvad pinnad välja kuivatada.</p>

Töö objekt	Seinte isoleerimust	Soovitavad tööviisid
<p>Elamud kõrgusega üle kolme korruse</p>	<p>Müüritis on teostatud soojal aastaajal; müüritise tugevus üle 20% <math>R_{28}</math>; müüritise vajumine on lõppenud</p> <p>Müüritis on teostatud viimistletud välispinnaga suurplokkidest külmutusmeetodil</p> <p>Külmutusmeetodil teostatud tellismüüritis</p>	<p>Müüritise eelnevat soojendamist on soovitatav läbi viia elektrisoojenduse teel, kasutades sisseasetatavaid telliseid-küttelehasid (elektritellised). Krohvikihit soovitatakse peale kanda kohe pärast müüritise soojendamise lõpetamist, kasutades seejuures väiksema tootlikkusega mõrdipumpe.</p> <p>Krohvimört olgu soojendatud temperatuurini <math>+20^{\circ}\text{C}</math>; lubatakse kasutada jahvatatud kustutamata lubjal valmistatud mörte. Krohvi ja värvi kuivatamist teostatakse lihtsaimate teisaldatavate seadmete abil. Värv kantakse peale mehhanismide abil</p> <p>Fassaadide krohvimist teostatakse soojal aastaajal pärast seinte täielikku väljakuivamist</p> <p>Sisekrohvi. Seinte ja krohvi kuivatamist teostatakse alalise küttesüsteemi abil. Majade kiirema eksploatatsiooni andmise eesmärgil teostatakse kahel-kolmel alumisel korrusel, nurgatubades, san-sõlmedes ning viimastel korrustel seinte ja krohvi kuivatamist lihtsaimate teisaldatavate seadmete abil. Krohvimine toimub krohvipumpade abil. Lubatakse kasutada jahvatatud kustutamata lubjal valmistatud mörte. Maalritöid alustatakse alles siis, kui avaneb võimalus nende teostamiseks mehhanismide abil küllalt laial rindel. Värv kuivatamine toimub alalise küttesüsteemi abil</p> <p>Fassaadide krohvimist teostatakse soojal aastaajal</p> <p>Sisekrohvi. Seinte viimistlemiseks soovitatakse kasutada kuivkrohvi plaate. Sisemised viimistlustööd toimuvad samuti nagu eelmisel juhul</p> <p>Fassaadide viimistlemine pole vajalik</p> <p>Sisemisi viimistlustöid ja fassaadide krohvimist soovitatakse teostada soojal aastaajal. Viimistlustöid tuleb alustada pärast müüritise vajumist, tugevuse 20% <math>R_{28}</math> saavutamist ja kuivatamist</p>

Töö objekt	Seinte ise-loomustus	Soovitavad tööviisid
<p>Elamud kõrgusega kuni kolm korrust</p>	<p>Müüritis on teostatud enne külmade tulekut, on külaldiselt tugev.</p> <p>Müüritise vajumine on lõppenud.</p> <p>Talvel teostatud müüritis suurplokidest</p> <p>Talvel külmutusmeetodil teostatud müüritis</p>	<p>Fassaadide krohvimist soovitatakse teostada suvel pärast müüritise sulamist, vajumist, kivinemist ja väljakuivamist</p> <p>Sisekrohv. Seinte sulatamine ja kuivatamine teostub korraga maja kõikides korterites alalise küttesüsteemi abil. Krohvimist teostatakse väiksema tootlikkusega mördipumpade abil; krohvimört peab olema soojendatud vähemalt temperatuurini <math>+20^{\circ}</math>. Lubatakse kasutada jahvatatud kustutamata lubjal valmistatud mörte. Krohvi kuivatamine viiakse läbi lihtsaimate teisaldatavate seadmete abil. Maalritöid alustatakse pärast kogu krohvi kuivamist ja teostatakse mehhanismide abil. Värv kuivatamine teostub alalise küttesüsteemi abil</p> <p>Fassaadide krohvimist teostatakse soojal aastaajal. Vajaduse korral kooskõlastatult arhitektuurse järelevalvega võib fassaadi krohvimist läbi viia talvel, kasutades tsement- või segamörte, mis on valmistatud kloorlubja vesileotisel ja millele on lisatud värvainet</p> <p>Sisekrohv. Sisemisi viimistlustöid võib teostada alles pärast seda, kui müüritis on sulanud vähemalt 25 sm sügavuselt ja kui ta on omandanud vähemalt 20% projektugevusest.</p> <p>Sulatamist teostatakse alalise küttesüsteemi ja lihtsaimate teisaldatavate kütteseadmete abil. Seinu võib krohvida pärast sulatamist ning sulanud seinosa kivinemist ja väljakuivamist. Krohvimine toimub krohvipumpade abil; krohvimört peab olema soojendatud temperatuurini <math>+20^{\circ}</math>. Krohvi väljakuivatamiseks kasutatakse lihtsaimaid teisaldatavaid seadmeid.</p> <p>Maalritööd peavad olema mehhaniseeritud. Värv kuivatatakse alalise küttesüsteemi abil</p>

Krohvi- ja maalritööde ühe tsükli kestus (ööpäevades) talvisel ajal

Objekt	Müüritse iseloomustus	Operatsioonid										Tsükli kogupikkus
		müüritse sulatamine	müüritse kivimine	müüritse kuivatamine	krohvi tööd	krohvi kuivatamine	ettevalmistamine maajäätöks	maalritööd	värvikuivatamine	Tsükli kogupikkus		
Tööstustehnid, abi- ja laoruumid	Suvine tellismüüritis või talvine müüritis suurplokkidest . . .	2	—	2	2	2	2	2	—	1	2	11
	Müüritis külmumist takistavate lisanditega mörtidel . . .	—	—	1	2	2	2	2	—	1	2	8
	Külmutusmeetodil püstitatud müüritis . . .	5	5	3	2	4	—	—	—	1	2	22
Elamud	Suvine tellismüüritis või talvine müüritis suurplokkidest, hoonetes kõrgusega:											
	kuni kolm korrust . . .	2	—	2	4	3	2	2	2	2	2	17
	üle kolme korruse . . .	2	—	2	4	3	2	2	2	2	2	17
	Külmutusmeetodil püstitatud müüritis, hoonetes kõrgusega:											
kuni kolm korrust . . .	5	5	3	4	4	3	2	2	2	2	27	
üle kolme korruse . . .	5	5	3	4	4	4	2	2	2	2	27	

## Ruumide lubatavad ja soovitavad õhutemperatuurid viimistlustööde teostamisel

Sisemised viimistlustööd	Õhutemperatuur ruumis tööde läbiviimise ja konstruktsioonide kuivatamise ajal kraadides		Temperatuur teostatud viimistluse hooldamise ajal, mitte alla
	minimaalne	soovitav	
Krohvitööd	+ 5	+10 kuni +15	+ 5
Maalritööd, plaatkatte- ja mosaiiktööd	+10	+10 „ +15	+ 5
Ksüloliit-tööd	+10	+15 „ +20	+10
Voolimistööd, marmoritööd jt.	+15	+15 „ +20	+10

## 3. Seinte ja krohvi kuivatamine

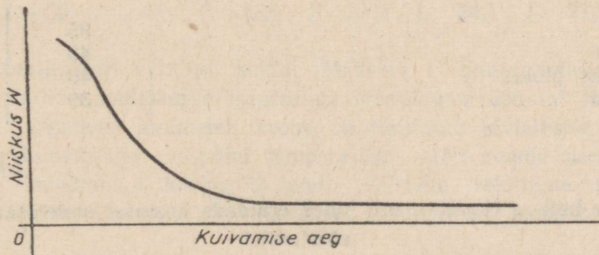
## a) Kuivatamise kestuse määramine

Seina või krohvi kuivamisprotsessi tunnuseks on väljakuivatatava konstruktsiooni materjali kaalu muutumine.

Teades materjali algniiskust ja algkaalu, jälgitakse materjali kaalu muutuste kaudu tema niiskuse protsendi muutumist.

Saadud tulemusi võib kujutada graafiliselt.

Joonisel 91 on kujutatud materjali väljakuivamise protsessi kulgemist iseloomustav kõver: algperioodil kulgeb materjali väljakuivamise protsess väga



Joon. 91. Materjalide kuivamise intensiivsuse kõver.

intensiivselt; pärast vaba niiskuse eraldumist langeb aga kividemise intensiivsus tunduvalt.

Seinte kuivatamisel krohvitööde teostamiseks ja krohvi kuivatamisel maalritööde teostamiseks on küllaldane, kui kõrvaldatakse ainult vaba niiskus.

Aeg, mis kulub vaba niiskuse kõrvaldamiseks seinte ja krohvi kuivatamisel, on toodud tabelis 100.

## b) Ventilatsiooniseadmete arvutus seinte ja krohvi kuivatamiseks

Teades seinte või krohvi kuivatamise kestust, võib määrata kütte-ventilatsiooniseadmete vajaliku tootlikkuse.

Niiskuse hulk, mis tuleb eraldada 1 m<sup>3</sup> materjalist, määratakse tavaliselt valemiga

$$A = \frac{\gamma (W_a - W_l)}{10\,000} x, \quad (107)$$

kus  $\gamma$  — materjali mahukaal;

$W_a$  — materjali algniiskus;

$W_l$  — materjali lõppniiskus;

$x$  — kuivatatava kihi paksus sm-tes.

Niiskuse hulka  $A_1$ , mis tuleb aurustada seinte või krohvi pindadelt, võib määrata ka valemiga:

$$A = a_1 F_1 + a_2 F_2 + a_3 F_3 + \dots + a_n F_n, \quad (108)$$

kus  $F_1, F_2, F_3 \dots F_n$  — kuivatamisele kuuluvad müüritise ja krohvi pinnad m<sup>2</sup>-tes;

$a_1, a_2, a_3 \dots a_n$  — niiskuse hulk kg-des, mis tuleb aurustada seina või konstruktsiooni pinna 1 m<sup>2</sup>-lt.

$a$  väärtused antakse tabelites 102 ja 103.

Tabel 102

Niiskuse hulk  $a$ , mis tuleb eraldada seintest 15 sm sügavuselt enne krohvitööde alustamist

Seina materjal	$a$ väärtused kg/m <sup>2</sup>	
	maksimaalne	keskmine
Savitellis	35	25
Silikaattellis	40	27
Räbubetonist plokid	40	27
Betoonplokid	30	20

Tabel 103

Niiskuse hulk  $a$  (kg/m<sup>2</sup>), mis tuleb eraldada krohvist enne maalritööde alustamist

Värv	Krohvalune pind			
	kivi		puit	
	krohv			
	lubikrohv	lubi-tsement-krohv	lubikrohv	lubi-tsement-krohv
Olivärv	6	5	8	6
Liimivärv	6	5	8	5
Lubivärv	5	4	7	5

Ohu hulk  $\alpha$  ( $\text{m}^3$ ), mille ventilaatorid peavad ühe tunni jooksul andma niiskuse eraldamiseks müüritisest või krohvist, arvutatakse valemi järgi

$$\alpha = \frac{1000 A}{Z(a_s - a_v)}, \quad (109)$$

kus  $A$  — aurustamisele kuuluva niiskuse koguhulk kg-des;

$Z$  — kuivatamise kestus tundides;

$a_s$  — kuivatatavast ruumist väljajuhitava õhu niiskusesisaldus  $\text{g}/\text{m}^3$ ;

$a_v$  — ventilaatori poolt sisseimetava õhu niiskusesisaldus  $\text{g}/\text{m}^3$ .

Tabelis 104 antakse õhu niiskusesisaldus  $a$  grammides  $1 \text{ m}^3$  õhu kohta mitmesuguste õhutemperatuuride ja relatiivsete niiskuste korral.

Tabel 104

$a$  väärtused õhutemperatuuride  $-30^\circ$  kuni  $+30^\circ$  ja relatiivsete niiskuste 60% kuni 100% korral

Õhutemperatuur $^\circ\text{C}$	Õhu relatiivne niiskus %-des				
	60	70	80	90	100
-30	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7
-25	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5
-20	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1
-15	1,0	1,1	1,3	1,4	1,6
-10	1,4	1,6	1,8	2,1	2,3
0	2,9	3,4	3,9	4,4	4,9
+ 5	4,1	4,8	5,4	6,1	6,8
+10	5,6	6,6	7,6	8,5	9,4
+15	7,7	9,0	10,2	11,5	12,8
+20	10,3	12,0	13,8	15,5	17,2
+25	13,7	16,0	18,3	20,6	22,9
+30	18,1	21,1	24,1	27,1	30,1

**Näide** ventilaatori valimise kohta. Määrata 1 tunnisisi juurdejuhitava õhu vajadus ja valida madalsurve tsentrifugaalventilaator  $500 \text{ m}^2$  lubikrohvi kuivatamiseks järgmistel andmetel: krohv on toestatud kivialusele ning kuulub värvimisele lubivärviga; välisõhu temperatuur  $-15^\circ$ ; ruumi siseõhu temperatuur  $+10^\circ$ ; kuivatamise kestus 72 tundi; välisõhu relatiivne niiskus 70%; siseõhu relatiivne niiskus 80%. Survekaod õhujuhitmes moodustavad 60 mm veesammast.

Tabeli 104 järgi määrame niiskusesisaldused:  $1 \text{ m}^3$  välisõhus — 1,1 g,  $1 \text{ m}^3$  siseõhus — 7,6 g.

Vastavalt tabeli 103 andmetele tuleb  $1 \text{ m}^2$  lubikrohvi kuivatamisel eraldada 5 kg vett. Seega tuleb üldse eraldada  $5 \cdot 500 = 2500 \text{ kg}$  vett.

Vajalik õhu hulk ventilaatoril on

$$\alpha = \frac{1000 A}{Z(a_s - a_v)} = \frac{1000 \cdot 2500}{72(7,6 - 1,1)} = \frac{2500000}{468} = 5340 \text{ m}^3/\text{h}.$$

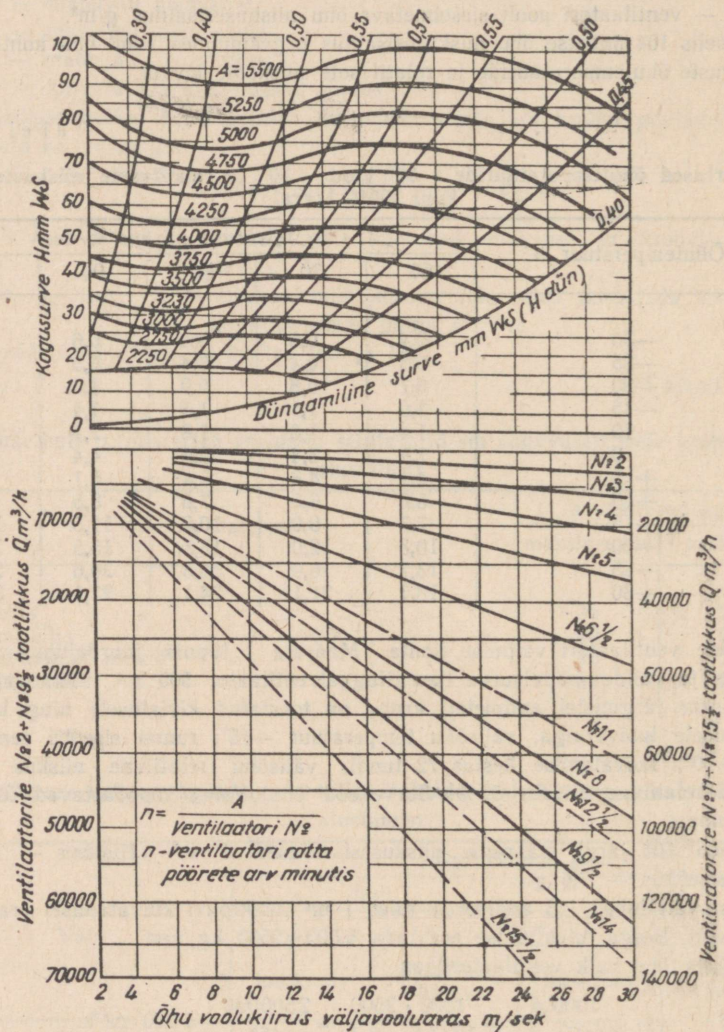
Arvutuse kohaselt tuleb valida ventilaator, mille tootlikkus on vähemalt  $5600 \text{ m}^3$  õhku vahetuses.

Ventilaatori valik teostatakse nomogrammide abil (joon. 92).

Alumise graafiku vasakpoolisel vertikaalskaalal otsime punkti, mis vastab nõutud ventilaatori tootlikkusele.

Liikudes leitud punktist mööda horontaalsirget paremale, lõikume rea kaldjoontega, mis vastavad üksikutele ventilaatorinumbritele, näiteks nr. 4 ja nr. 5. Nimetatud numbritest rahuldavad mõlemad etteantud tingimusi.

Saadud lõikepunktidest tõmbame vertikaalsirged üles kuni lõikumiseni üle-



Joon. 92. Nomogramm madalsurve tsentrifugaalventilaatorite valimiseks.

mise graafiku horisontaalsuunalise kõveraga, mis vastab survekaole 60 mm veesammast.

Ventilaatori numbri valimisel peame silmas pidama, et ülesseatava ventilaatori kasutegur oleks vähemalt 0,5.

Ülemiselt graafikult leiame, et etteantud survekao puhul on ventilaatori nr. 5 kasutegur 0,5 ja ventilaatori nr. 4 kasutegur 0,55.

Valime käesoleval juhul ventilaatori nr. 4, madalsurvega  $H=60$  mm veesammast, kasutegur 0,55.

Ventilaatori tiirude arvu määramiseks tuleb suurus  $A$ , mille leiame ülemiselt graafikult, jagada ventilaatori numbriga. Antud juhul saame ventilaatori tiirude arvuks

$$n = \frac{4250}{4} = 1062 \text{ tiiru/min.}$$

Pärast ventilaatori valimist ja tema karakteristika määramist tuleb valida ventilaatorile mootor. Mootori võimsus määratakse valemiga

$$N_m = \frac{1,1 \alpha H_v}{3600 \eta_v \cdot \eta \cdot 102} \text{ kW,} \quad (110)$$

kus  $\alpha$  — ventilaatori tootlikkus  $\text{m}^3/\text{h}$ ;

$H_v$  — ventilaatori poolt saavutatav täisrõhk  $\text{kg}/\text{m}^2$ ;

102 — ühele kW vastav  $\text{kgm}/\text{sek. arv}$ ;

$\eta_v$  — ventilaatori kasutegur;

$\eta$  — rihtmülekande kasutegur, võetakse  $\eta=0,9$ .

Ülesseatava mootori võimsuse saamiseks korrutatakse tavaliselt valemi (110) järgi saadav võimsus teguriga 1,15.

### c) Seinte ja krohvi kuivatamiseks kasutatavate kütteseadmete tootlikkuse arvutus

Soojuse hulk, mida vajatakse seinte või krohvi kuivatamiseks, määratakse valemil abil

$$Q = 1,1(1,2Q_1 + Q_2 + Q_3) - Q_4, \quad (111)$$

kus  $Q_1$  — soojuse hulk  $\text{kcal}/\text{h}$ , mis on vajalik niiskuse aurustamiseks seintest ja krohvist;

$Q_2$  — soojuse hulk  $\text{kcal}/\text{h}$ , mis on vajalik ruumi juhitava välisõhu soojendamiseks;

$Q_3$  — soojakaod läbi piirdekonstruktsioonide  $\text{kcal}/\text{h}$ ;

$Q_4$  — alalise küttesüsteemi soojatoodang  $\text{kcal}/\text{h}$ .

Soojuse hulk, mida vajatakse niiskuse aurustamiseks krohvist ja müüristest, määratakse valemiga

$$Q_1 = \frac{ZA}{\tau}, \quad (112)$$

kus  $Z$  — kuivatamise kestus;  
 $A$  — aurustamisele kuuluva vee hulk;  
 $\tau$  — vee aurustamissoojus määratakse tabeli 105 järgi.

Tabel 105

Vee aurustamissoojus kcal/kg

Õhutemperatuur ruumis °C	$\tau$	Õhutemperatuur ruumis °C	$\tau$
+ 5	603	+20	593
+10	600	+25	589
+15	596	—	—

Soojuse hulk  $Q_2$  (kcal/h), mida vajatakse ruumi juhitava õhu soojendamiseks, määratakse valemiga

$$Q_2 = 0,31\alpha(t_s - t_v), \quad (113)$$

kus  $\alpha$  — ventilaatori poolt 1 tunnis antava õhu hulk  $m^3$ -tes;

$t_s$  — õhutemperatuur ruumis;

$t_v$  — kütteseadmesse juhitava õhu temperatuur.

Soojakaod läbi piirdekonstruktsioonide  $Q_3$  (kcal/h) arvutatakse elu- ja ühiskondlike hoonete puhul valemi järgi

$$Q_3 = qV(t_s - t_v), \quad (114)$$

kus  $q$  — hoone sooja-erikarakteristika (vt. tabel 106).

Tabel 106

Elu- ja ühiskondlike hoonete sooja-erikarakteristika

$V$ $m^3$	$q$	$V$ $m^3$	$q$	$V$ $m^3$	$q$
1000	0,70	6000	0,53	15 000	0,45
2000	0,62	7000	0,52	20 000	0,43
3000	0,59	8000	0,50	30 000	0,39
4000	0,56	9000	0,48	—	—
5000	0,54	10000	0,48	50 000	0,36

Tööstushoonete jaoks määratakse  $Q_3$  «Normid arvutustemperatuuride ja hoonete piirdekonstruktsioone läbivate soojakadude määramiseks»\* järgi.

Alalise küttesüsteemi soojatoodang  $Q_4$  (kcal/h) võetakse vastavalt projekte; juhul kui andmed alalise küttesüsteemi soojatoodangu kohta puuduvad, võib võtta  $Q_4$  võrdseks  $Q_3$ -ga.

Pärast üldise soojatarviduse määramist valemi (111) järgi valitakse kütteseadmed.

\* «Нормы определения теплопотерь через ограждений зданий и расчетных температур».

d) Seadmed ruumide soojendamiseks ja kuivatamiseks

Ruumide kuivatamiseks ja soojendamiseks kasutatakse:

- 1) ilma soojamahtuvusega ahje;
- 2) terasest plaat-kaloriifereid;
- 3) elektriahje.

Metallist suitsutoruga tellis- ja metallahjude tunnine soojatoodang on toodud tabelis 107.

Tabel 107

Ahjude ja metallist suitsutorude soojatoodang

Ahjude ja metallist suitsutorude tüübid	Soojatoodang kcal/m <sup>2</sup> h kütmise puhul	
	sordi antratsiidiga	turbaga, puudega, pruunsöega
<b>Metallahjud</b>		
Lahtised (ilma kattekestata)		
Siledate välis- ja sisepindadega . . . . .	3000	2200
Sileda sise- ja ribitatud välispinnaga . . . . .	4400	3300
Ribitatud sise- ja välispindadega . . . . .	6600	5000
Kinnised (kattekestaga)		
Siledate välis- ja sisepindadega . . . . .	2600	1900
Sileda sise- ja ribitatud välispinnaga . . . . .	3500	2500
Ribitatud sise- ja välispindadega . . . . .	5600	4250
Tellisahjud		
Pottkividest ja tellistest, paksusega kuni 65 mm . . . . .	1000	800
Samad, metallkestas . . . . .	800	700
Tellisahjud seinapaksusega 1/2 tellist . . . . .	700	600
Ruumidesse asetatud metallist suitsutorud, pikkusega mitte üle 10 m . . . . .	1000	800

Tabel 108

Kaloriiferite ГСТМ mudeli Б konstruktiivsed andmed

Seeria	Torude arv kaloriiferis	Arvutusplind m <sup>2</sup>	A mm	H mm	Stutseri läbi- moot tollides	Plaatide arv paksuse puhul		Kaloriiferi kaal plaatidega kg-des, plaatide paksuse puhul	
						1 mm	0,41 mm	1 mm	0,41 mm
5B10		22,2		1034	1 1/4	243	285	123,97	81,0
5B12		27,0		1283	1 1/4	303	356	152,73	100,0
6B6	30	16,7	688	642	1 1/2	147	173	94,97	64,0
6B10		27,4		1034	1 1/2	243	235	131,91	101,3
6B12		34,1		1283	1 1/2	303	356	187,27	124,3

Tabel 108 (järg)

Seeria	Torude arv kalorites	Arvutuspind m <sup>2</sup>	A mm	H mm	Stutseri läbi- moot tollides	Plaatide arv paksuse puhul		Kaloriiferi kaal plaatidega kg-oes, plaatide paksuse puhul		
						1 mm	0,41 mm	1 mm	0,41 mm	
6B15	34	41,2	770	1538	1½	366	429	223,67	147,0	
7B7		23,5		748		2	173	202	122,30	82,0
7B10		31,3		1034		2	243	285	170,28	112,5
7B12		39,2		1318		2	304	356	209,74	139,0
7B15		47,0		1534		2	356	429	250,45	164,0
7B17		54,5		1783		2	433	499	293,00	189,0
7B22		77,0		2270		2	530	—	377,00	—
10B15	48	67,0	1065	1538	2½	366	429	343,45	227,0	
10B17		77,2		1783		2½	433	499	403,00	261,5
10B20		89,0		2035		2½	487	571	453,34	298,6

**Märkus.** Tabelis toodud arvutuspind on määratud kaloriiferite kohta, mille plaatide paksus on 0,41 mm; plaatide paksuse puhul 1 mm on pind mõnevõrra väiksem. Soojatoodangud on 1 mm ja 0,41 mm paksuste plaatidega kaloriiferitel ühesugused.

Terasest plaatkaloriiferid ГСТМ (joon. 93-a) on ette nähtud kasutamiseks kütte-, kütte-ventilatsiooni- ja teistes seadmetes, neid sundtoimel läbiva õhu soojendamiseks.

Kaloriiferite valik teostatakse graafiku (joon. 93) ning tabelite 108, 109 ja 110 alusel.

Tabel 109

## Kaloriiferite (mudel Б) õhutakistus mm-tes veesammast

(vγ) kg/h	3	4	5	6	8	10	12	15	20
Takistus mm veesammast	0,8	1,4	2,1	2,9	5,1	7,1	9,3	14,5	24,0

**Märkus.** Kaloriiferite asetamise puhul järjestikku takistused liituvad.

**Näide** kaloriiferi valimisest. Valida kaloriifer 10 000 kg õhu soojendamiseks tunnis, kui  $t_1 = -15^\circ$  ja  $t_2 = +20^\circ$ . Soojakandjaks on aur,  $P=2$  atü,  $t_a = 132,8^\circ$ .

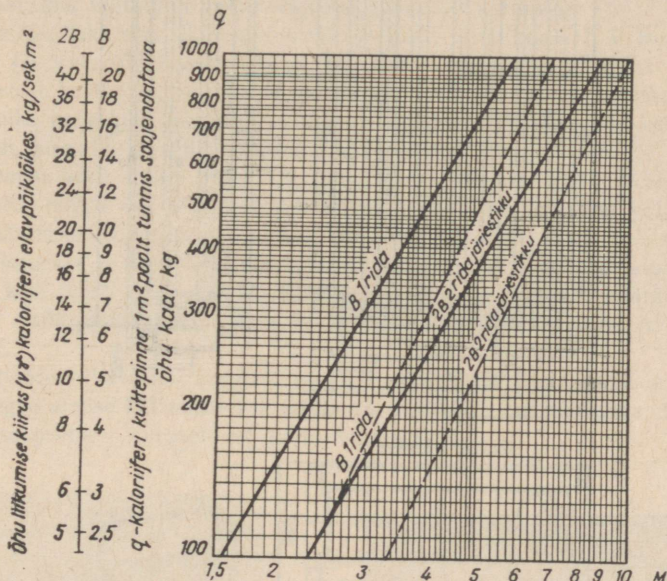
**Lahendus.** Määrame temperatuurikriteeriumi  $M$ :

$$M = \frac{t_a - t_1}{t_2 - t_1} - 0,5 = \frac{132,8 - (-15)}{20 - (-15)} - 0,5 = 3,73.$$

Graafiku abil leiame  $M=3,73$  puhul:

$$(v\gamma) = 10,4 \text{ kg/sek. ja } q = 460 \text{ kg/m}^2\text{h.}$$

$$\frac{10\,000}{460} = 21,8 \text{ m}^2$$

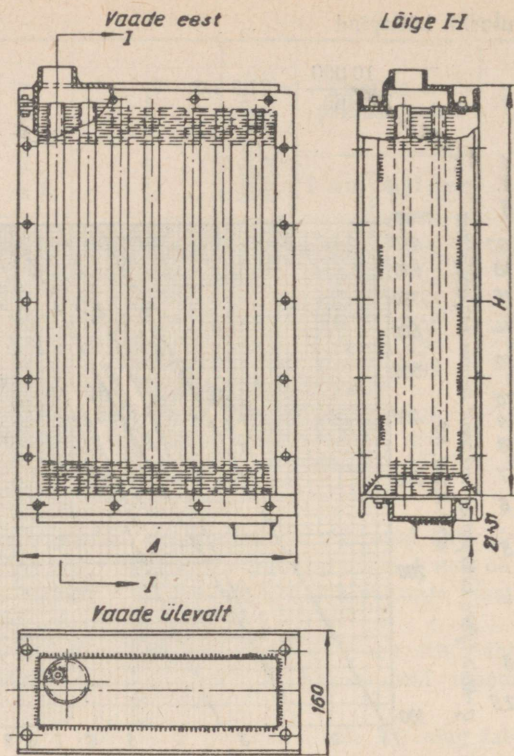


Joon. 93. Graafik plaatkaloriiferite PCTM valimiseks (lähteandmete järgi).

Kaloriiferite valimiseks graafikust tuleb määrata temperatuurikriteerium  $M$ : kui soojakandjaks on aur, siis  $M = \frac{t_a - t_1}{t_2 - t_1} - 0,5$ ; kui soojakandjaks on vesi, siis  $M = a$

$\left( \frac{t_{v1} + t_{v2}}{2} - t_1 \right) \frac{t_a - t_1}{t_2 - t_1} - 0,5$ , kus  $t_a$  – auru temperatuur  $^{\circ}\text{C}$ ;  $t_{v1}$  – kuuma vee temperatuur  $^{\circ}\text{C}$ ;  $t_{v2}$  – tagasivoolu vee temperatuur  $^{\circ}\text{C}$ ;  $t_1$  – sissejuhitava õhu temperatuur  $^{\circ}\text{C}$ ;  $t_2$  – väljuva õhu temperatuur  $^{\circ}\text{C}$ ;  $a$  ja  $b$  – tegurid, mille väärtused on toodud allpool.

$\frac{t_2 - t_1}{t_{v1} - t_{v2}}$	$a$	Järjestikku paigutatud kaloriiferite arv	$b$	Märkused
0,20	0,76			Tegur $b$ võetakse arvesse ainult õhu suhtes järjestikku ja vee suhtes paralleelselt asetatud kaloriiferite puhul. Kaloriiferite valimisel lähtutakse soovitavast õhu kaalulisest kiirusest kaloriiferi töötavas põiklõikes.
0,40	0,85	2	0,89	
0,60	0,90	3	0,87	
0,80	0,96			
1,00	100			



Joon. 93-a. Plaatkaloriiferite ГСТМ skeem.

Tabelist 108 valime kaloriiferi 5B10, millel on küttepind 22,2 m<sup>2</sup>. Kaloriiferi takistus on 7,1 mm veesammast (vt. tabel 109).

Tabel 110

Kaloriiferi töötavat põiklõiget läbiva õhu soovitatavad kiirused (kg/sek.) sõltuvalt kriteeriumist (ns)

<i>ns</i>	<i>v γ</i>	<i>ns</i>	<i>v γ</i>	<i>ns</i>	<i>v γ</i>
1000	3	500	10	300	11
750	9	400	10,5	200	11,5

Tähistus. *n* — seadme töötundide arv aastas;  
*s* — 1 kilovatt-tunni hind rublades.

### e) Seinte ja krohvi kuivatamine elektrikütteseadmetega

Üksikutel juhtudel võib seinte ja krohvi kuivatamiseks kasutada mitmesuguseid elektrikütteseadmeid.

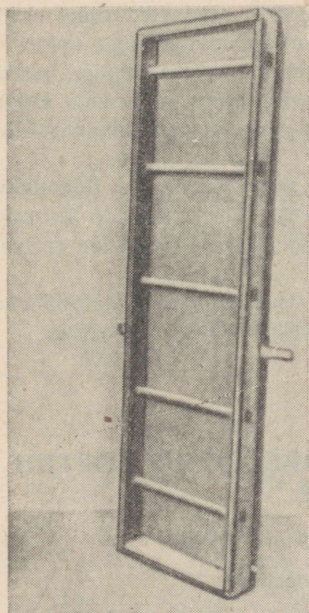
Üheks kõige lihtsamat tüüpi elektriliseks kütteseadmeks on toru lõik, mis on varustatud jalgadega ja on väljastpoolt isoleeritud asbestiga; asbestile on keritud traat, mis lülitatakse vooluvõrku soojendab õhku ruumis.

Täiuslikumaks elektrikütteseadmeks on tehn. tead. kand. I. I. Bogatõrevi ja ins. S. G. Valovitši konstrueeritud elektriahi, mis koosneb kahest üksteisesse asetatavast kastist. Kastipõhjade vahele jäetav 2 sm vahe täidetakse soojaisolatsiooniks kahe kihi asbestiga ja ühe vildikihiga. Välimine kast valmistatakse vineerist, sisemine 1 mm paksusest terasplekist.

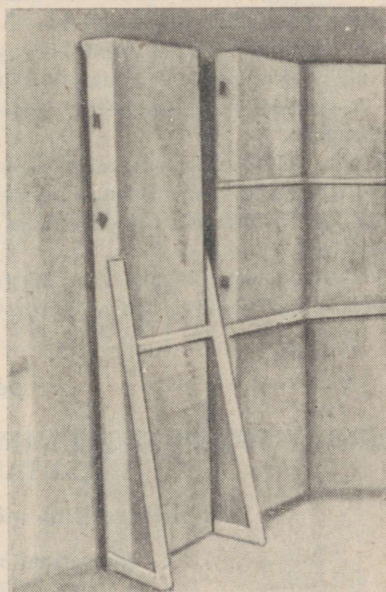
Sisemise kasti seinte külge keevitatud pesadesse toetuvad asbest-tsemendist torukesed, millele on küttespiraaliks peale keritud kroom-nikkel või terastraat. Vool juhitakse spiraalidesse juhtme abil, mis suundub kasti läbi selle seinas asuva torukese ja on kinnitatud kasti välispinna külge rull-isolaatoritega.

Iga kast omab kaks spiraali. Spiraalide pikkus ja läbimõõt määratakse arvutusega. Ahju pinna mõõtmed on  $0,5 \times 2$  m ja paksus 12–15 sm. Ahju võimsus 1,5 kW.

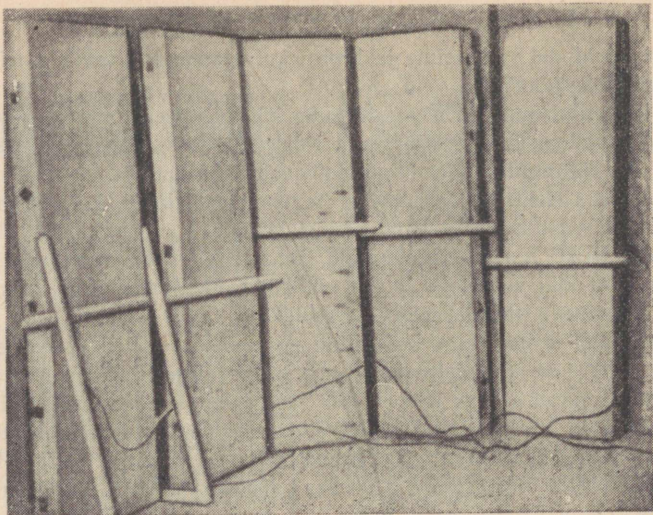
Bogatõrev–Valovitši konstruktsiooni elektriahju kasutamine on efektiivne samaaegse alalise küttesüsteemi (kesk- või ahjuküte) kasutamisega. Krohvi kuivatamise protsess kiireneb sel juhul tunduvalt.



Joon. 94. I. I. Bogatõrevi süsteemi ahi krohvi kuivatamiseks.



Joon. 95. I. I. Bogatõrevi süsteemi ahju paigutamine.



Joon. 96. I. I. Bogatõrevi süsteemi ahjud krohvi kuivatamisel.

Krohvi kuivatamisel asetatakse ahjud 3—5 sm kaugusele kuivatavast pin-  
nast ja krohvi kuivades tõstetakse nad ümber teisele kohale.

Elektrienergia kulu krohvi kuivatamisel Bogatõrev—Valovitši tüüpi elektri-  
ahjudega moodustab keskmiselt 10—15 kWh 1 m<sup>2</sup> kuivatatud pinna kohta.

Ins. K. P. Semenski süsteemi kiirgusahji koosneb paraboolse põhjaga puitkas-  
tist, mille põhi moodustab kiirgamispinna. Soojaallikateks on nendes ahjudes  
piki paraboolse põhja fookustelge asetatud küttespiraalid või torukujulised küt-  
teelemendid.

Krohvi kuivatamisel püstitatakse kiirgusahjud samal viisil nagu Bogatõrev—  
Valovitši ahjudki. Temperatuuri reguleerimist teostatakse spiraalide ümberlüli-  
tamise teel paralleelselt või järjestikku lülitusse ja üksikute spiraalide väljalüli-  
tamise teel.

Soojustehnilisest küljest on kiirgusahjud takistusahjudest täiuslikumad  
nende kasutamist piirab aga valmistamise ja ülesmonteerimise keerukus.

## II peatükk

### KROHVITÖÖDE TEOSTAMINE KLOREERITUD MÖRTIDE KASUTAMISEGA \*

#### A. Kloreeritud mörtide valmistamine

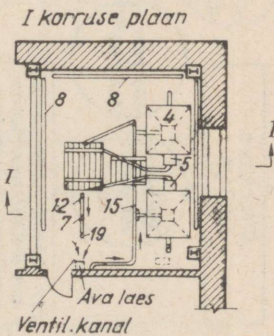
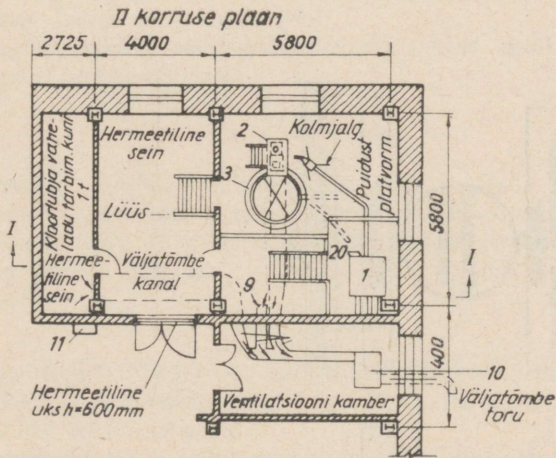
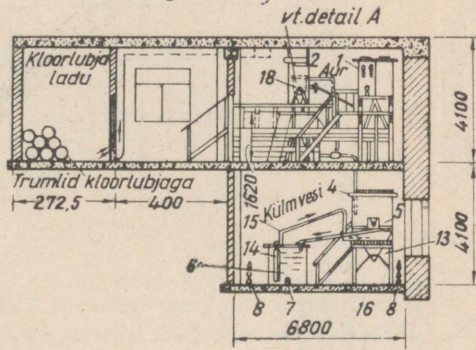
##### 1. Kloreeritud mörtide koostised

Kloreeritud mörtideks nimetatakse kloorlubja vesileotisel valmistatud lubi-  
tsement- ja tsementmörte. Kloorlubja vesileotist nimetatakse kloreeritud veeks

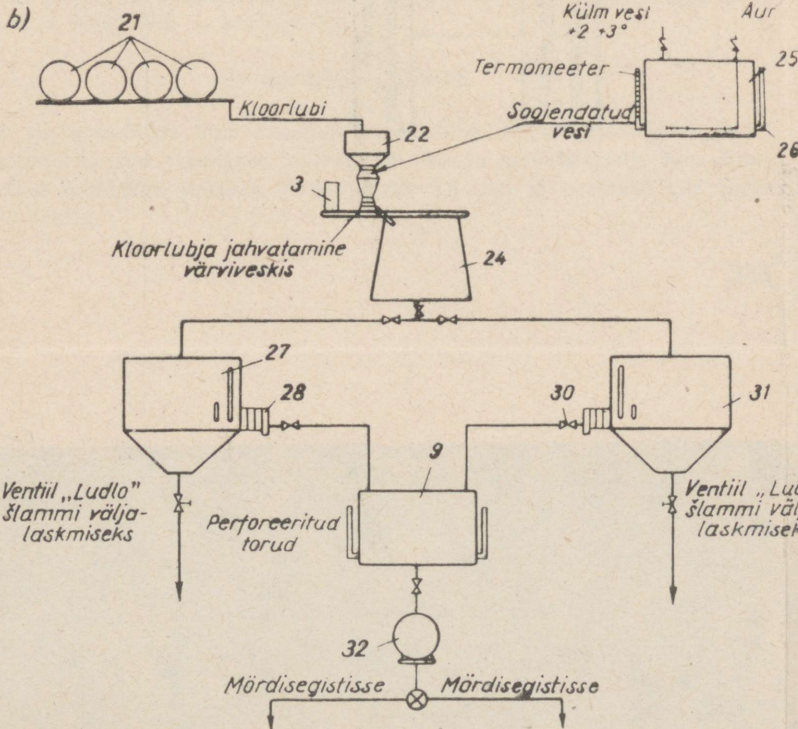
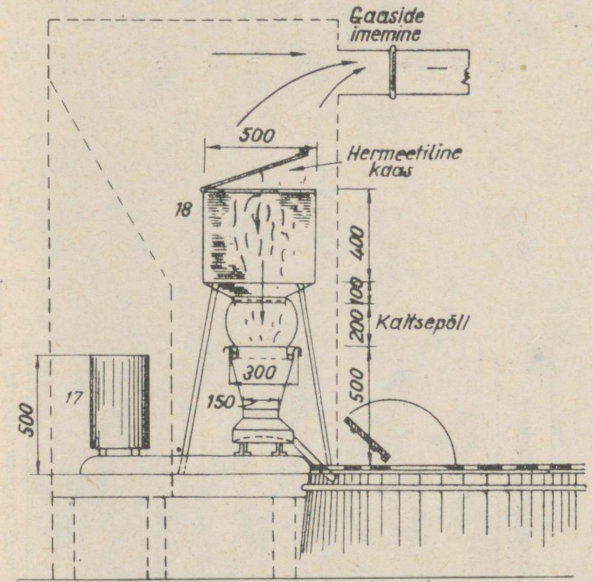
\* N. N. Beresini meetod.

Lõige I-I

a)



Detail A



Joon. 97. ВНИОМС-и сеаде kloorlubja vesileotise valmistamiseks (Bestsennoi-Kasarinovi konstruktsioon).

a - seadme joonis; b - seadme tehnoloogiline skeem; 1 ja 25 - veepaak; 2 ja 22 - värviveski laadimispunkriga; 3 ja 24 - segamispaak; 4, 27 ja 31 - settimispaak; 5 ja 28 - settimispaagi filter; 6 ja 29 - tarbimispaak klooritud veega; 7 - klooritud mõrdi väljavool mõrdisegistisse; 8 - küttepatareid; 9 - väljatõmbe ventilatsiooni kambri; 10 - «Sirokko» ventilator elektrimootoriga; 11 - värviveski juhtimiskilp; 12 - kraan; 13 - «Ludlo» silber šlammi väljalaskmiseks; 14 - veemõõdu klaas; 15 - veetoru terasest Ø; 16 - settepaagi alusraam; 17 ja 35 - värviveski elektrimootor kaitsekestas; 18 - laadimispunker liikuva põhjasuluga ja kaitsekotiga; 19 - jaotuskraan; 20 - termomeeter; 21 - kloorlubja ladu; 30 - filter; 32 - tsentrifugaalpump.



Kloreeritud mörte võib kasutada ainult hoonete välisel krohvimisel, juhul kui seda tuleb teostada õhutemperatuuri juures alla 5° C.

Kloreeritud mörtidega võib krohvida betoon-, kivi- ja puitpindu.

Kloreeritud mörtide valmistamiseks kasutatakse järgmisi materjale.

#### a) Kloorlubi (GOST 1692-42)

Kloorlubi saadakse pulbriks kustutatud lubja kloreerimisel gaasilise klooriga. Ta kujutab endast keerukat vaba lubja ja kloreerimisproduktide keemiliste ühendite kompleksi.

Kloorlubja ligilähedane keemiline koostis on järgmine:

aktiivne kloor . . . . .	37%
üldkloor . . . . .	38%
kaltsiumoksüüd . . . . .	47%
magneesiumoksüüd . . . . .	1%
väävelhapukaltsium . . . . .	0,5%
vesi . . . . .	10%
süsihapugaas . . . . .	0,5%
lahustamatu jääk . . . . .	3%

Kloorlubi on ebastabiilne produkt: aktiivse kloori sisaldus väheneb temas talvel 0,5÷1% ja suvel 2÷3% kuu jooksul ja seda isegi siis, kui teda säilitatakse kooskõlas GOST-i nõuetega (standardses taaras, kinnises, pimendatud ja hästi ventileeritavas laoruumis temperatuuri juures +20° kuni +25° C ja õhuniiskuse juures mitte üle 20 g/m³).

Mittestandardsetes säilitamistingimustes võivad aktiivse kloori kaod ulatuda 10÷12 protsendini kuus.

#### b) Tsement

Kloreeritud mörtide valmistamiseks tuleb kasutada mörditsementi; lubatakse kasutada protland- ja räbu-portlandtsemente. Aluminaat-tsementide kasutamine on keelatud, kuna kloreeritud vesi alandab järsult neil tsementidel valmistatud mörtide tugevust.

#### c) Lubi

Lubja (GOST 1174-51) võib kasutada lubjataigna, pulbriks kustutatud lubja või jahvatatud kustutamata lubja kujul. Jahvatatud kustutamata lubi peab vastama GOST 5803-51 nõuetele.

Plastifitseerivate lisanditena võib kasutada savipulbrit, kaltsineeritud savi ning kuiva savi ja granuleeritud või katla räbu peenelt jahvatatud segu (20% kuiva savi ja 80% räbu — kaaluliselt).

#### d) Agregaat-materjalid

Mördi agregaatidena võib kasutada looduslikke liivasid (jõe, järve, mäe) või kunstlikke liivasid (saadakse kivimite või rübude jahvatamisel). Tera jämedus alumise krohvikihi jaoks ei tohi olla üle 2,5 mm ja pealmise kihi jaoks mitte üle 1 mm.

## e) Värvained

Värviliste krohvide jaoks tuleb kasutada mineraalseid värvaineid.

Enne värvaine kasutamist peab kontrollima tema kloorikindlust. Selleks kantakse värvilisandiga kloreeritud krohvimört laudkilbikestele mõõtmetega 20×60 sm ja hoitakse siis 10 päeva valguse käes (toatemperatuuri juures). Kui mördi värvitoon selle aja jooksul ei muutu, siis loetakse värvaine kasutamiskõlblikuks.

### 2. Kloreeritud vee valmistamine

Kloorlubja lahustamisel veega saadakse vedelik, mis tuletab meelde lubjapiima. 1,5 tunni möödudes langeb nõu põhja sete, selginev lahu — kloreeritud vesi — aga omandab kollakasrohelise värvuse. Peale lubja sisaldab kloreeritud vesi lahustatud olekus kaltsiumkloriiti ja kaltsiumhüpokloriiti aga samuti peenemaid hõljuvaid osakesi, mis annavad kloreeritud veele sogase ilme.

Kloreeritud vesi külmub madalamal temperatuuril kui tavaline vesi (vt. tabel 111).

Tabel 111

Kloreeritud vee ja temast valmistatud mördi külmumise algtemperatuur üldise ja aktiivse kloori vahekorra  $\frac{U}{A} = 1,075$  korral

Aktiivse kloori sisaldus kloreeritud vees %-des	Külmumistemperatuur °C	
	kloreeritud vesi	kloreeritud mört
2	—1,0	—2,0
3	—2,5	—3,0
4	—4,6	—4,4

Kloreeritud veel valmistatud mördid, milles üldkloori ja aktiivse kloori vahekord vastab suhtele  $\frac{U}{A} = 1,075$ , omavad tavaliste mörtidega võrreldes järgmisi iseärasusi: neil on suurem väljaandvus ja väiksem mahukaal, nad on külma käes paremini töödeldavad, kivinevad temperatuuridel alla 0° ega vedeldu ülesulamisel. Kloreeritud vee mahu ja tsemendi kaalu vahekord peab kloreeritud mördis vastama valemile

$$\frac{X}{T} \leq \frac{1,92}{d_k \left( U - \frac{A}{2} \right)}, \quad (115)$$

kus  $X$  — kloreeritud vee (erikaaluga  $d_k$ ) maht liitrites 1 m<sup>3</sup> mördi või ühe segu kohta;

$T$  — tsemendi kulu 1 m<sup>3</sup> mördi või ühe segu kohta;

$U$  — üldkloori sisaldus protsentides kloreeritud vees erikaaluga  $d_k$ ;

$A$  — aktiivse kloori sisaldus protsentides kloreeritud vees erikaaluga  $d_k$ .

**Näide.** Kloreeritud vee erikaal  $d_k=1,06$ , ta sisaldab aktiivset kloori  $A=3,4\%$  ja üldkloori  $U=3,6\%$ .

Tsemendi kulu  $T=100$  kg ühe segu kohta.

Kloreeritud vee kulu erikaalu puhul  $d_k=1,06$

$X=90$  liitrit segu kohta.

Kontrollime valitud vahekorra  $\frac{X}{T}$  sobivust:

$$\frac{90}{100} < \frac{1,92}{1,06(3,6 - 1,70)}; \quad 0,9 < 0,96.$$

Järelikult on vesitsementtegur valitud õigesti.

Kui kloreeritud mõrdi valitud koostis ei rahulda valemil (115), siis tuleb teda kontrollida väljasooldumisele samal viisil, nagu kontrollitakse värvilise kloreeritud mõrdi kloorikindlust (vt. käesoleva jao punkti 1-d).

Kui kloreeritud veel, millest valmistatakse mört, on suhe  $\frac{U}{A}$  tunduvalt alla ühe (mis on võimalik kaltsiumhüpokloriidist valmistatud kloreeritud vee puhul), siis langeb kloreeritud mõrdi tugevus.

Kloorubi on kõikuva koostisega ja muutuva aktiivsusega aine. Et kloreeritud vee valmistamisel siiski kindlustada tema optimaalsete omaduste saavutamist, määratakse vajalikud kloorubja ja vee doosid igal üksikul juhul laboratoorselt.

Kloreeritud vee väljaandvust, mille juures tal on optimaalsed omadused (suhe  $\frac{U}{A}=1,075$ ), nimetatakse optimaalseks väljaandvuseks. Sellele vastab ka kloreeritud vee optimaalne erikaal.

Tavalise kloorubja keskmine kulu mitmesuguse erikaaluga kloreeritud vee saamiseks on antud tabeliga 112.

Tabel 112

**Kloorubja keskmine kulu mitmesuguse erikaaluga kloreeritud vee saamiseks**

Kloreeritud vee erikaal	Kloorubja kulu kg-des		Jäätmete hulk %-des vee ja kloorubja segu kogumahust
	100 liitri lisatud vee kohta	100 liitri kloreeritud vee kohta	
1,04	8	9	10
1,05	9	11	14
1,06	12	15	19
1,07	15	20	25
1,08	18	25	29
1,09	21	31	32

Kloreeritud vee valmistamisel tuleb kloorubi lahustada vees, mille temperatuur on  $+35^\circ$ . Vee kõrgem temperatuur soodustab aktiivse kloori lagunemist, madalam aga põhjustab suurema vahustumise. Et vältida mullide tekkimist

krohvi pinnale, ei tohi segistisse pandav kloreeritud vesi sisaldada üle 0,18 mm jämedusi osakesi.

Kloreeritud vett tuleb säilitada tihedalt suletavas okaspuust või seestpoolt bituumeniga võõbatud metalltaaras.

Kloreeritud vee säilitamine korrosiooni vastu kaitsmata metalltaaras on ebaratsionaalne, kuna ta sel juhul lagundub kiiresti.

### 3. Seadmed kloreeritud vee valmistamiseks

Olenevalt kloreeritud vee vajaduse ulatusest vahetuses valmistatakse teda kas lihtsustatud objektiseadmes või tsentraalsetes kloraatorseadmetes. Ruumikus asetsevad kloraatorseade ja mõrdisegisti, peab vastama HClΠ 101-51 nõudeile. Ohutemperatuur kloreeritud vee valmistamise ruumis peab olema 5° kuni 20° C piirides. Kloorlubja ümberlaadimist taarast seadme vastuvõtupunkrisse tuleb teostada erikambris, mis on monteeritud segamisseadme kohale. Kui ümberlaadimist teostatakse käsitsi, siis peab kamber olema varustatud kohaliku tõmbeventilatsiooniga. Elektrimootorid, mis asetsevad kohtades, kuhu võib sattuda kloorlubja tolm, peavad olema plahvatuskindlalt kapseldatud. Vastuvõtupunkri maht ei tohi olla väiksem kloorlubja taara mahust.

Kuna kloreeritud vee valmistamise protsessis toimub gaasilise kloori eraldumine, peab olema ruum, kus toimub kloorlubja veega segamine, naaberuumidest eraldatud gaasitihedate seintega ja tal peavad olema tihedalt sulguvad ukSED 0,5 m kõrguse lävega.

Kloreeritud vee tsentraalse seadme monteerimisel tuleb kindlustada tema kaante ja luukide hermeetilisus. Kõikidel juhtudel peab ette nägema ratsionaalsed viisid šlammi (kloreeritud vee valmistamise jäätmed) kõrvaldamiseks tööruumist.

Kloraatorseadmete monteerimisel tuleb kasutada järgmisi materjale ja detaile:

mahutid — metallist ja betoonist korrosioonivastase kaitsega, puidust (statsioonarsetes seadmetes — vajaliku kaitsega), või keraamikast;

torustikud — metallist korrosioonivastase kaitsega, keraamilised või viniplastist (viniplast — pressitud plastmass, püsiv kuni +60° C);

hõõrduvad detailid (võllid, laagrid jne.) — terasest mark Cr-3 korrosioonivastase kaitsega või viniplastist;

elastsed detailid — spetsiaalsetest kummisortidest (ajutistes seadmetes — tavalisest kummist) või tekstiilist, mis on kaetud polükloorviniilitorva lahusega atsetoonis;

filtrid — asbest- või klaaskiust või ka liiva-kruusa filtrid.

Seadme detailide kaitsmist korrosiooni vastu võib saavutada kloorikindlastest materjalidest kaitsekatete, vahetihendite, võiete, kittide ja värvide abil.

Kaitsekestasid ja vahetihendeid võib valmistada kummist nr. 1976, 1751 ja 2566 ning bituumeniga immutatud viniplast- või asbestlehtedest.

Võidmist ja kittimist võib teostada asboviniiliga (etinoollakiga immutatud asbesti mass). Lühemaajaliste seadmete juures võib kittidena kasutada pulbrilist kustutatud lupja värnitsaga või asbesti jäätmete ja pulbrilise kustutatud

lubja (või jahvatatud diabaasi) segu, mis on immutatud kuzbassi lakiga (kivisööpigi lahus bensoolis või bensiniis).

Värvidena tuleb kasutada perkloorviniiltõrvasid ja emaile XCЭ-26, XCЭ-93. Lühemaajalise töötamisega seadmete jaoks võib värvidena kasutada tsemendi-piima, sulatatud bituumenit, kuzbassi lakki, kivisöe pigi ja bituumeni segu räbuga. Peab silmas pidama, et kivisöe pigi ja bituumen on püsivad kuni +60° C.

#### a) Lihtsustatud objektiseade

Metallanum täidetakse soojendatud veega. Vette, mille temperatuur on +35°, puistatakse laboratooriumi poolt etteantud doosi kohaselt kloorlubja. Pärast vee ja kloorlubja hoolikat läbisegamist lastakse segul 1,5 tundi settida. Pärast vahu kõrvaldamist valatakse selginenud kloreeritud vesi ära. Sete (šlamm) tõstetakse välja ja anum täidetakse uuesti sooja veega järgmise segu valmistamiseks.

#### b) Statsionaarsed klooraatorseadmed

ВНИОМС-i seade<sup>1</sup> (vt. joon. 98 lisalehel). Laadimiskambrisse antud kloorlubi laaditakse taarast välja ja juhatakse toru kaudu värviveskisse. Värviveskis veega läbihöõrutud kloorlubi liigub torurenni mööda segamispaki ja sealt edasi settimispaki. Vajaliku erikaaluga settinud kloorvesi juhatakse läbi filtri või sifooni kaudu otse tarbimispaki.

Trusti Tagilstroi seade<sup>2</sup> (vt. joon. 98 lisalehel). Kloorlubja tükid antakse telfri või kraana abil kummutusseadme lauale. Tünni ülemine kaas eemaldatakse. Seejärel viiakse tünn kummutusmehhanismi trumliisse. Tünni kummutamist teostatakse juhtratta abil. Kummutustrumli uks on seejuures suletud. Seejärel satub kloorlubi vastava jaotusseadme kaudu settimis-anumasse, kus ta segatakse tiiviksegaja abil veega ja settib kuni selginemiseni. 2,5 tundi pärast kloorlubja andmist jaotusseadmesse juhatakse kloreeritud vesi settimis-anumatest madalamal asetsevasse jaotuspaki, kust pumbatakse ümber tarbimispakidesse.

Märkus. Kloreeritud vett on võimalik valmistada kloori juhtimise teel läbi lubjapiima. Seejuures kaob vajadus kloorlubja järele. See viis ei ole aga ehitustööstuses veel omandatud.

### 4. Kloreeritud mörtide valmistamine

Mördi valmistamiseks kasutatava kloreeritud vee tööerikaalu ( $d_t$ ) määramisel tuleb arvesse võtta õhutemperatuuri mördi kasutamisel; mida madalam on õhutemperatuur, seda kõrgem peab olema kloreeritud vee erikaal (vt. tabel 113).

<sup>1</sup> Seade on ehitatud P. H. Bestsennoi ja V. M. Kasarinovi poolt. Kasutati trustis Osobstroi talvel 1949./1950.

<sup>2</sup> Seade on ehitatud V. S. Vereškovi ja V. L. Saveljevi poolt (Trust Tagilstroi).

## Kloreeritud vee tööerikaal olenevalt välisõhu temperatuurist

Õhutemperatuur °C	Kloreeritud vee tööerikaal $d_t$
Kuni -10	1,04
" -17	1,06
Alla -17	1,08

Niiskus, mis sisaldub mördi valmistamiseks kasutatavas lubjas (eriti kui on tegemist lubitaigaga), liivas ja plastifikaatorites, sunnib tarvitama kõrgendatud erikaaluga kloreeritud vett sellise arvestusega, et mördi teistes komponentides sisalduv niiskus alandaks tema erikaalu kuni etteantud väärtuseni  $d_t$ .

Kõrgendatud erikaal  $d_k$  määratakse valemiga, mis võtab arvesse mördi komponentide niiskusi,

$$d_k = d_t + \frac{V'}{V - V'} (d_t - 1), \quad (116)$$

kus  $d_k$  — valmistatava kloreeritud vee vajalik kõrgendatud erikaal, milles on arvesse võetud mördi komponentide niiskust;

$d_t$  — kloreeritud vee etteantud tööerikaal;

$V'$  — mördi komponentides sisalduv vesi (summaarselt);

$V$  — mördi kogu veevajadus 1 m<sup>3</sup> kohta.

**Näide.** Laboratoorsete katsete alusel peab mördi üldine veesisaldus 1 m<sup>3</sup> kohta olema  $V = 360$  l.

1 m<sup>3</sup> mördi valmistamiseks kulutatava lubitaigna ja liiva summaarne veesisaldus  $V' = 120$  l. Etteantud tööerikaal  $d_t = 1,04$ . Neis tingimustes on vajalik erikaal  $d_k$  (komponentide niiskuse arvestamisega):

$$d_k = 1,04 + \frac{120}{360 - 120} (1,04 - 1) = 1,04 + 0,02 = 1,06.$$

Mörtide koostised määratakse laboratooriumi poolt, arvestades kohalike materjalide omadusi ja kloreeritud vee etteantud erikaalu.

Mörtide orienteerivad koostised:

a) kivi- ja puitpindade krohvimiseks — segud 1:0,6:4 kuni 1:1:6;

b) betoonpindade silumiseks — segud 1:2,6 kuni 1:5.

Peab silmas pidama kloreeritud veel valmistatud mörtide järgmisi iseärasusi:

1. Konstantse  $\frac{U}{A}$  vahekorra juures kiireneb kloreeritud mörtide tardumine kloreeritud vee erikaalu kasvades; plastifitseerivate lisandite sisseviimine aeglustab tardumist.

2. Kloreeritud mörtide kihistuvus on väiksem kui tavalistel mörtidel; ühesuguse erikaaluga kloreeritud vee juures kasvab mördi kihistuvus vesitsementtegi suurenedes.

Kloreeritud mörte valmistatakse tavalistes mördisegistites. Kloreeritud vee doseerimise paak tuleb valmistada kooskõlas nõuetega, mis on püstitatud klo- raatorseadmete mahutite kohta.

## B. Iseärasused tööde teostamisel kloreeritud mörtidega

Krohivaluse pinna ettevalmistamine kloreeritud mördi alla tuleb teostada nagu tavalise mördi puhul kooskõlas üldehituslike ja eritööde teostamise ja vastuvõtmise tehniliste tingimuste nõuetega.

Kõrgusmärgid ja majakad tuleb valmistada samast mördist, millega pind krohvitakse. Krohvikihhi kandmine lumisele või jäätunud pinnale on kategoori- liselt keelatud.

Mördi temperatuur tema pealekandmise momendil krohvitavale pinnale peab olema vähemalt  $+10^{\circ}\text{C}$ . Kui krohvikihht kantakse peale mehaanilisel viisil, siis tuleb mördipumpade voolikud katta soojaisolatsiooniga. Kogu krohvimise prot- sess, kaasa arvatud kattekihi silumine, tuleb läbi viia ühe vahetuse jooksul. Iga järgnev krohvikihht kantakse alumisele kihile pärast selle tihenemist; tihe- nemise kestus kõigub 15 kuni 50 minuti piirides.

Krohvi viimistluskihi ja tööriistade niisutamiseks silumisel peab kasutama kloreeritud vett; töövuukide kohad tuleb töödelda kloreeritud veel valmistatud sooja tsemendipiimaga.

Pärast silumist ei vaja krohv kaitsmist madala temperatuuri eest.

Väljakuivamise järel võib kloreeritud mörtidega krohvitud pindu värvida tavaliste lubi-, liimi- ja õlivärvidega vastavalt Üldehituslike ja eritööde teos- tamise ning vastuvõtmise tehnilistele tingimustele.

## C. Keemiline kontroll töötamisel kloreeritud mörtidega

Kloreeritud mörtide kasutamisel saab krohvi vajalikku kvaliteeti kindlus- tada vaid sel juhul, kui on organiseeritud kloorlubja ja eriti kloreeritud vee kvaliteedi regulaarne kontroll. Selleks tuleb ehitusel kasutada tööstusliku kee- milise kontrolli lihtsustatud meetodeid, mis on rakendatavad ehitusorganisat- sioonide laboratooriumides.

### 1. Proovi võtmine ja valmistamine analüüsiks

a) Kloorlubi. Proovi võtmine teostatakse GOST 1692-42 kohaselt.

**Proovi valmistamine.** Umbes 50 g kloorlubja asetatakse uhmrisse ja hõõru- takse hoolikalt peeneks. Võetakse täpne kaalutis P (umbes 14 g) peeneks hõõ- rutud kloorlubja ja segatakse uhmris vähese veega, kuni saadakse ühtlane puder. Puder tõstetakse ümber liitrisse mõõtkolbi ja täidetakse see poolest saadik veega. Loksutades kolbi sisu kuni ühtlase segu saamiseni, täidetakse kolb veega kuni mõõtkriipsuni.

Kloorlubja kaaluline sisaldus 1 liitris vesi-suspensioonis on:

$$p = \frac{P}{1000} \text{ g/ml.} \quad (117)$$

b) Kloreeritud vesi. Vahetult enne analüüsimise algust võetakse Mohri pipetiga tarbimisaagist 50 sm<sup>3</sup> kloreeritud vett ja valatakse see mustaks värvitud kolbi, mis suletakse kummikorgiga.

### 2. Aktiivse kloori määramine jodomeetriselt

Kolme koonilisse kolbi valatakse igasse 25 ml hästi läbiloksutatud kloorlubja suspensiooni (või 4 ml kloreeritud vett ja 46 ml vett). Igasse kolbi raputatakse umbes 2 g kaaliumjodiidi, lisatakse 30 ml 2-normaalset väävelhapet ja tiitritakse ligikaudu 0,1-normaalse naatriumhüposulfiidiga kuni lahuse täieliku värvituseni.

Aktiivse kloori  $A$  arvutus teostatakse valemiga:

kloorlubja jaoks

$$A = 14,3 \frac{T_n B_n}{b_{kl} P_{kl}}; \quad (118)$$

kloreeritud vee jaoks

$$A = 14,3 \frac{T_n B_n}{b_0 d_0}, \quad (119)$$

kus  $T_n$  — naatriumhüposulfiidi tiiter;

$B_n$  — büreti lugem tiitrimisel;

$P_{kl}$  — kloorlubja suspensiooni 1 ml kaal;

$b_{kl}$  — tiitrimiseks võetud kloorlubja suspensiooni maht;

$b_0$  — tiitrimiseks võetud kloreeritud vee maht;

$d_0$  — areomeetriga määratud kloreeritud vee erikaal.

### 3. Üldkloori määramine merkuurimeetriselt

Kolme koonilisse kolbi valatakse igasse 20 ml kloorlubja suspensiooni (või 4 ml filtreeritud kloreeritud vett ja 46 ml vett). Igasse kolbi lisatakse tilkhaaval 3%-list vesinikülhapendit, kuni lõpeb mullide eraldumine. Seejärel lisatakse tilkhaaval 2-normaalset lämmastikhapet kuni lahuse selginemiseni. Pärast seda valatakse segusse 0,4 ml või 0,5 ml (kloreeritud vee puhul) naatriumnitroprussiidi 10%-list vesilahust ja tiitritakse 0,1-normaalse merkuuriitraadi lahusega seni, kuni ilmneb sogasus, mis loksutamisel ei kao.

Üldkloori  $U$  arvutus teostatakse valemiga:

kloorlubja jaoks

$$U = 21,483 \frac{T_m B_m}{b_{kl} P_{kl}}; \quad (120)$$

kloreeritud vee jaoks

$$U = 21,483 \frac{T_1 B_1}{b_0 d_0}, \quad (121)$$

kus  $T_m$  — merkuurinitraadi lahuse tiiter;

$B_m$  — büreti lugem tiitrimisel;

$b_{kl}$  — tiitrimiseks võetud kloorlubja suspensiooni maht;

- $p_{kl}$  — kloorlubja suspensiooni 1 ml kaal;  
 $b_0$  — tiitrimiseks võetud kloreeritud vee maht;  
 $d_0$  — kloreeritud vee erikaal.

#### 4. Reaktiivide valmistamise meetodid

##### a) *Ühe liitri ligikaudu 0,1-normaalse naatriumhüposulfiidi (naatriumtiosulfaadi) valmistamine*

Välja kaaluda 25 g hüposulfiiti ja valmistada destilleeritud veel 1 l lahust. Lahus valada tumedavärvilisse (või mustaks värvitud) nõusse, lisada 1 g naatriumkarbonaati ja sulgeda pudel tihedalt sobitatud kummikorgiga. Kork olgu varustatud sifooniga ja kloorkaltsiumi toruga, mis on täidetud naatronlubjaga või askariidiga; ühe päeva pärast määrata naatriumhüposulfiidi tiiter. Naatriumhüposulfiidi tiitri väärtus muutub vees lahustunud ja õhus sisalduva süsihappe mõjul. Seepärast tuleb kuni stabiliseerumiseni (kuni 2 nädalat valmistamise päevast) iga päev enne aktiivse kloori määramist kindlaks teha hüposulfiidi tiiter. Selleks kaaluda kolm umbes 2-grammist kaalutist kaaliumjodiidi ja lahustada need igaüks 20 g destilleeritud vees. Lahused valada kolme 250 ml mahuga koonilisse kolbi. Igasse kolbi lisada pipetiga 8 ml soolhapet erikaaluga  $d=1,19$  (areomeetri järgi) ja 25 ml täpselt 0,1-normaalset kaalium-bikromaadi lahust, mis on valmistatud fiksaanalist (nagu näidatakse allpool). 5 minuti pärast tiitrida naatriumhüposulfiidiga, kuni lahuse pruun värvus muutub kollakasrohelisteks. Seejärel lisada mõni tilk tärklise lahu (vt. allpool) ning tiitrida tilk-haaval kuni lahuse sinine värvus muutub sinakasrohelisteks.

Tiitri arvutus teostatakse valemi järgi:

$$T_r = 0,625 : B_r, \quad (122)$$

kus  $T_r$  — naatrium hüposulfiidi tiiter;

$B_r$  — büreti lugem naatrium hüposulfiidi tiitri määramisel.

##### b) *1 liitri ligikaudse 0,1-normaalse merkuurinitraadi lahuse valmistamine*

Kaaluda analüütilistel kaaludel klaasikesse 16,232 g merkuurinitraati, lisada 20 ml 6-normaalset lämmastikhapet (vt. allpool) ja valada üle destilleeritud veega. Pärast kristallide lahustumist valada klaasi sisu mõõtkolbi, loputada klaas ja valada loputis samuti kolbi. Täita kolb kuni mõõtkriipsuni veega, hästi läbi loksutada ja valada lahus tumedasse nõusse, mis sulgeda tihedalt sobitatud kummikorgiga. Kork olgu varustatud sifooniga ja kloorkaltsiumi torukesega, mis on täidetud naatronlubjaga või askariidiga. Seejärel tiitrida.

Merkuurinitraadi tiitri määramiseks mõõdetakse pipetiga kolme 250 ml koonilisse kolbi 25,0 ml täpselt 0,1-normaalset kloornaatriumi lahust (valmistada fiksaanalist, vt. allpool) ja 0,4 ml naatriumnitroprussiidi (vt. allpool) ning tiitritakse värskestvalmistatud merkuurinitraadi lahusega, kuni ilmneb sogasus, mis loksutamisel ei kao.

Tiitri arvutus teostatakse valemi järgi

$$T_a = 40,575 : B_a \quad (123)$$

kus  $T_a$  — merkuurinitraadi tiiter;

$B_a$  — büreti lugem merkuurinitraadi tiitri määramisel.

c) 1 liitri naatriumnitroprussiidi 10%-lise lahuse valmistamine

Kaaluda klaasikesse täpselt 100 g naatriumnitroprussiiti, täita klaas veega ja segada klaaspulgaga kuni kristallide täieliku lahustumiseni. Lahus valada liitrisesse mõõtkolbi. Klaas loputada ja valada loputis samasse kolbi. Seejärel täita kolb veega kuni mõõtkriipsuni, sulgeda korgiga ja hästi läbi loksutada. Valmistatud lahus ümber valada tumedast klaasist nõusse ja sulgeda see tihedalt korgiga.

d) Täpselt 0,1-normaalse kaaliumbikromaadi või kloornaatriumi lahuse valmistamine fikšanaalist

Fikšanaali ampullilt pestakse sooja veega pealkiri ja kuivatatakse ta; liitrisesse mõõtkolbi asetatakse lehter, millesse on paigutatud klaastoru teravikuga ülespoole. Seejärel lastakse ampullil kukkuda tornile selliselt, et tema õhukene kumerdatud põhi puruneks löögil vastu torni teravikku. Siis lüüakse läbi ampulli külgõnarus ja raputatakse reaktiiv (kaaliumbikromaat või kloornaatrium) ettevaatlikult välja. Seejärel, ilma ampulli asendit muutmata, pestakse ta külgmise avause kaudu läbi vähemalt kuuekordse vee kogusega ja eemaldatakse siis lehter. Kui kristallid on lahustunud, täidetakse kolb kuni mõõtkriipsuni veega. Valmistatud lahus valatakse ümber nõusse, mis suletakse tihedalt sobitatud kummikorgiga või lihvitud klaaskorgiga.

e) Hapete lahuste valmistamine

Areomeetriga kontrollitakse happe erikaalu  $d$ . Tabelite alusel määratakse saadud erikaalule vastav happe sisalduse protsent. Määratakse selle happe maht 1 liitri X-normaalse lahuse kohta valemi abil

$$V_k = \frac{XE \cdot 100}{PD} \quad (124)$$

kus  $V_k$  — olemasoleva happe otsitav maht;

$E$  — happe gramm-ekvivalent;

$X$  — lahuse etteantud normaalsus;

$P$  — happe kangus protsentides;

$D$  — happe erikaal.

Tõmbekapi all mõõdetakse pipetiga  $V_k$  ml hapet ja kantakse ümber poolest saadik veega täidetud mõõtkolbi. Seejärel täidetakse kolb veega kuni mõõtkriipsuni.

Väävelhappe 2-normaalne lahus. Müügil olev väävelhape omab tavaliselt erikaalu  $D=1,84$  ja sisaldab 95,6%  $H_2SO_4$ . Gramm-ekvivalent on 49,04.

2-normaalse lahuse jaoks

$$V_k = \frac{2 \cdot 49,04}{95,6 \cdot 1,84} 100 = 65,6 \text{ ml.}$$

Vävelhapet säilitatakse lihvitud klaaskorgiga või hästi sobitatud kummikorgiga klaasnõus.

2-normaalne ja 6-normaalne lämmastikhappe lahused. Müügil olev lämmastikhape omab tavaliselt erikaalu  $d=1,4$  ja sisaldab 65,3%  $\text{HNO}_3$ . Gramm-ekvivalent on 63,02.

2-normaalse lahuse jaoks

$$V_k = \frac{2 \cdot 63,02}{1,4 \cdot 65,3} 100 = 137,8 \text{ ml.}$$

6-normaalse lahuse jaoks

$$V_k = \frac{6 \cdot 63,02}{1,4 \cdot 65,3} 100 = 413,4 \text{ ml.}$$

Lämmastikhappe lahust säilitatakse lihvitud klaaskorgiga või hästi sobitatud kummikorgiga tumedast klaasist nõus.

### i) 1 l tärgliselahuse valmistamine

2 g lahustuvat tärglist (kasutatakse tekstiilitööstuses) ja 10 ml elavhõbeda jodiidi hõõrutakse vähese vee lisandiga. Saadud mass valatakse 1 l keeva destilleeritud vette. Keetmist jätkatakse, kuni lahus muutub läbipaistvaks.

Märkused. 1. Kõik reaktiivid valmistatakse destilleeritud veel.

2. Täpsed kaalutised määratakse analüütiliste kaaludega.

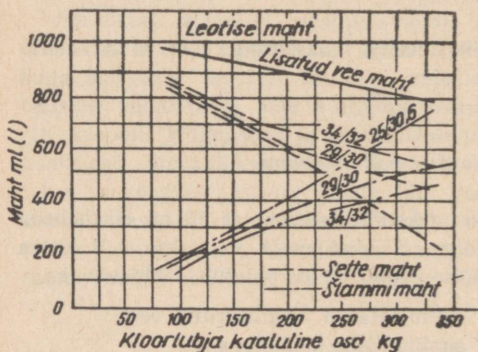
3. Kloorlupja ja kloreeritud vett kaalutakse kaanega varustatud kaalu-klaasides.

### 5. Kloreeritud vee optimaalse väljaandvuse määramine

Tehniliste kaaludega kaalutakse neli kaalutist katsetatavat kloorlupja: 100, 150, 200 ja 250 g. Lisades veidi temperatuuriga  $35^\circ$ , hõõrutakse kõiki kaalutisi 15 minutit uhmris, kuni saadakse pudrutaoline mass, mis valatakse seejärel liitrisesse mõõtsilindrisse. Mõõtsilinder täidetakse  $35^\circ$ -se veega kuni ülemise jooneni. Kloorlupja lahustamiseks kasutatud kogu veehulk tuleb mõõta. Kõik neli silindrit kaetakse klaasplaatidega ja asetatakse pimedasse kohta. Kloreeritud vee selginemise järel määratakse selginenud osa maht milliliitrites, šlamm maht ja vahu maht. Seejärel valatakse kloreeritud veed sifooni abil nelja pooleliitrisesse silindrisse, määratakse nende erikaalud ja teostatakse igaühel keemiline analüüs. Analüüsi tulemused kantakse laboratooriumi žurnaali järgmise vormi kohaselt.

Lugejas — aktiivne kloor Nimetajas — üldkloor	Kaal g	Vee maht ml	Segu maht ml	Kloreeritud vee maht	Slammi ja vahu mah- tude summa ml	Kloreeritud vee erikaal	Keemilise analüüsi tulemused $C = \frac{\dot{U}}{A}$	
							aktiivne kloor A	üldkloor $\dot{U}$

Tabeli andmeil koostatakse kolm graafikut. Abtsissteljele kantakse kloorlubja kaalulised hulgad. Esimese graafiku ordinaatteljele kantakse üldkloori ja aktiivse kloori suhte eriväärtused  $C = \frac{\dot{U}}{A}$  (vt. joon. 99 lisalehel), teise graafiku ordinaatteljele erikaalud (vt. joon. 100 lisalehel) ning kolmanda graafiku ordinaatteljele kloreeritud vee mahud (joon. 101).



Joon. 101. Graafik mahuliste vahekordade määramiseks kloorlubja vesileotise valmistamisel. Murdarvud märgivad keemilise analüüsi tulemusi: lugeja — aktiivse kloori, nimetaja — üldkloori protsents.

kloorlubja määratud doose võib säilitada, kontrollides kloreeritud vee kvaliteeti ainult erikaalu järgi (areomeetriga), seni, kuni aktiivse kloori sisaldus kloorlubjas ei alane üle 1%.

### 6. Kloreeritud vee erikaalu määramine areomeetriga

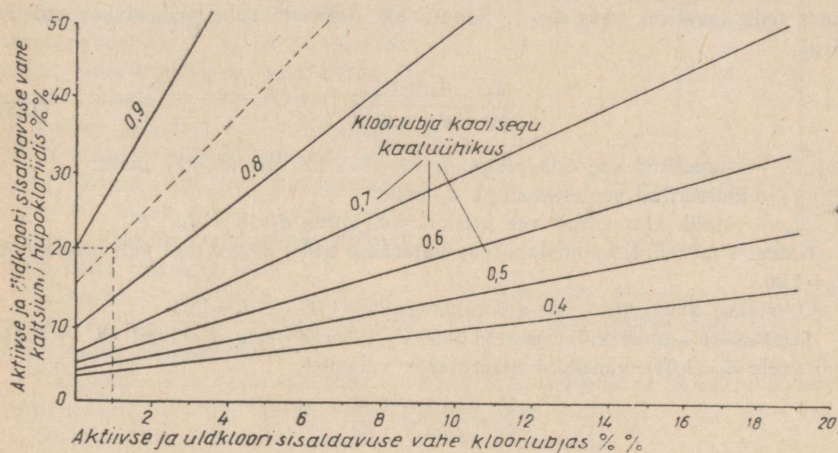
Kloreeritud vesi valatakse (0,5 l) silindrisse ja lastakse siis ettevaatlikult sisse areomeeter, mida ei vabastata enne, kui ollakse veendunud, et ta ujub. Seejärel eemaldatakse ettevaatlikult käed ja areomeeter võtab vajaliku asendi. Lugemi tegemisel ei tohi areomeeter puutuda ei silindri seinte ega põhja

västu. Vedeliku meniski kohal märgitav areomeetri jaotus näitab kloreeritud vee erikaalu.

Areomeeter on gradeeritud erikaalude määramiseks temperatuuri  $+20^{\circ}\text{C}$  juures. Kui erikaalu mõõtmist on teostatud kloreeritud vee teise temperatuuri juures, siis tuleb sisse viia parandus  $+0,00025$  iga kraadi kohta alla ja  $-0,00025$  iga kraadi kohta üle temperatuuri  $+20^{\circ}\text{C}$ .

### 7. Kaltsiumhüpokloriidi lisandi hulga valik aktiivse kloori sisalduse suurendamiseks kloorlubjas

Kui kloorlubi ei sisalda küllaldasel määral aktiivset kloori, siis võib kaltsiumhüpokloriidi ja tingimustele mittevastava kloorlubja kaalude vahekorra nende optimaalses segus määrata graafiku abil jooniselt 102.



Joon. 102. Graafik kaltsiumhüpokloriidi ja kloorlubja vahekorra valimiseks nende optimaalse segu valmistamisel.

Näide graafiku (joon. 102) kasutamisest. Laos on olemas kloorlubi, mis sisaldab aktiivset kloori 35% ja üldkloori 36%, ning kaltsiumhüpokloriid, mis sisaldab aktiivset kloori 50% ja üldkloori 30%. Leida mõlema materjali vahekorrad tingimustele vastava produkti saamiseks, milles aktiivse ja üldkloori vahe ei oleks üle 2%. Määrame aktiivse ja üldkloori vahe hüpokloriidis:  $50 - 30 = 20\%$ ; kloorlubjas on see  $36 - 35 = 1\%$ . Abtsisteljel leiame punkti 1 ja püstitame sealt joone paralleelselt ordinaatteljele. Ordinaatteljelt leiame punkti 20 ja tõmbame sealt abtsisteljele paralleelse joone kuni lõikumiseni püstjoonega.

Joonte lõikepunkt langeb kiirele 0,85. See näitab, et 100 kg optimaalse koostisega segu saamiseks tuleb 85 kg kloorlubjale lisada 15 kg kaltsiumhüpokloriidi.

## 8. Kaltsiumhüpokloriidi vesilahuse kontsentratsiooni valimine kloreeritud vee kvaliteedi parandamiseks

Kloreeritud vee kvaliteeti võib parandada kaltsiumhüpokloriidi vesilahuse lisamisega. Aktiivse kloori vajalik kontsentratsioon hüpokloriidi lahuses määratakse proovimise teel, kusjuures lahuse kontsentratsiooni tõstetakse järkjärgult 3%-lt kuni 9%-ni, kuni saadakse vajalik soolade sisaldus segus. Igast proovisegust tehakse keemiline analüüs.

## 9. Vajaliku erikaaluga kloreeritud vee valmistamine

Kui kloreeritud veel on kõrgem erikaal, kui see on vajalik antud temperatuuritingimuste juures, siis võib valmistada vajaliku erikaaluga  $d_v$  kloreeritud vett, segades kõrgema erikaaluga  $d_2$  kloreeritud vett kergemaga  $d_1$  või lahustades teda tavalises vees  $d_1=1$ . Segatavate mahtude suhe määratakse valemi järgi

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{d_2 - d_v}{d_v - d_1}, \quad (125)$$

kus  $V_1$  — kloreeritud vee erikaaluga  $d_1$  või tavalise vee ( $d_1=1$ ) maht;

$V_2$  — kloreeritud vee erikaaluga  $d_2$  maht;

$d_v$  — vajalik kloreeritud vee erikaal, kusjuures  $d_1 < d_v < d_2$ .

**Näide.** 1 m<sup>3</sup> mördi valmistamiseks vajatakse 240 l kloreeritud vett erikaaluga  $d_v=1,06$ .

Omatakse kloreeritud vett erikaaludega  $d_2=1,08$  ja  $d_1=1,04$ .

Segatavate kloreeritud vete mahtude  $V_2$  (vastab veele  $d_2=1,08$ ) ja  $V_1$  (vastab veele  $d_1=1,04$ ) vahekord määratakse valemist

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{1,08 - 1,06}{1,06 - 1,04},$$

$$V_1 = V_2.$$

Järelikult tuleb 240 l kloreeritud vee erikaaluga  $d_v=1,06$  saamiseks võtta kumbagi olemasolevat kloreeritud vett (erikaaludega 1,04 ja 1,08) 120 liitrit.

**Näide.** 1 m<sup>3</sup> mördi kohta vajatakse 240 liitrit kloreeritud vett tihedusega  $d_v=1,06$ .

Omatakse kloreeritud vett erikaaluga  $d_2=1,09$ .

Määrame tavalise vee ( $d_1=1,0$ ) mahu  $V_1$ , mida tuleb segada kloreeritud vee (erikaal  $d_2=1,09$ ) mahuga  $V_2$ :

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{1,09 - 1,06}{1,06 - 1,00},$$

$$V_1 = 0,5 V_2,$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{1}{2}.$$

Järelikult tuleb antud juhul harilikku vett ( $d_1=1,0$ ) võtta 2 korda vähem kui kloreeritud vett ( $d_2=1,09$ ).

## 10. Kloorisisalduse määramine õhus

Analüüsitava õhu proov soovitatakse võtta õhu juhtimise teel läbi absorbeerimiseseadme, millega püütakse kinni ruumi õhus sisalduv kloor.

Absorbeerimiseseade (joon. 103) koosneb kahest väiksemast nõust, mis kumbki sisaldavad 100 ml 1%-list kaaliumjodiidi lahust, ja ühest 20 l veega täidetud pudelist, millel on all kraan. Kõik nõud on suletud tihedalt sobitatud kummikorkidega, mida läbivad klaastorud. Seadme kõik osad on omavahel ühendatud kummitorudega.

Proovi võtmiseks lastakse veel voolata pudelist 3 mõõtnõusse 4. Vee väljavoolu kiirus olgu 0,5–0,3 l/min. Seejuures imetakse ruumi õhk esimesse pudelisse 1 ja õhus sisalduv kloor adsorbeeritakse kaaliumjodiidi poolt. Puhastatud õhk, läbinud pudeli 2, voolab pudelisse 3. Kaaliumjodiidi lahus esimeses pudelis muutub kollakaks. Proovi võtmine katkestatakse kohe, kui algab teises pudelis asuva lahuse kollakaks muutumine. Proovid tuleb võtta tööpäeva lõpul.

Kloorisisalduse määramine õhus. Kloorisisaldus lahuses määratakse jodomeetriselt.

Kaaliumjodiidi lahus mõlemast pudelist ning pudelite 1 ja 2 ning nende korkide ja klaastorude loputusvesi valatakse ühte nõusse.

Õhus sisalduva kloori protsent määratakse valemiga

$$Cl_2 = \frac{B_r \cdot 110}{V + B_r \cdot 1,1} \quad (126)$$

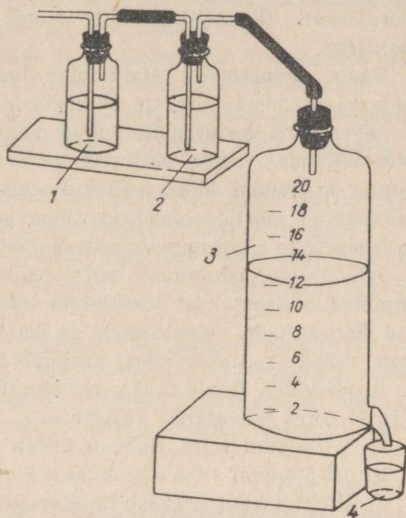
kus  $Cl_2$  — kloorisisaldus õhus mahuprotsentides;

$B_2$  — büreti lugem tiitrimisel ml-tes;

$V$  — pudelist väljavoolanud vee maht analüüsitava õhu sisseimemisel ml-tes.

Võttes 1 g gaasilise kloori mahuks 311 ml, on kloorisisaldus milligrammides

$$X = 32 Cl_2 \text{ mg/m.} \quad (127)$$



Joon. 103. Absorbeerimiseseade. 1 ja 2 — nõud kaaliumjodiidi lahuga; 3 — veepudel 20 l; 4 — mõõtenõu.

## KROHVITÖÖDE TEOSTAMINE JAHVATATUD KUSTUTAMATA LUBJA KASUTAMISEL

Jahvatatud kustutamata lubi omab suure energiavaru, mis avaldub lubja hüdratsiooni (kustumise) ning mördi tardumise ja kivinemise ajal eralduva soojusena.

Suure soojusehulga eraldumine loob võimalused jahvatatud kustutamata lubja kasutamiseks talviste ehitustööde teostamisel.

Jahvatatud kustutamata lubjal valmistatud lubi- ja segamörtide kuumene mine kiirendab nende tardumis- ja kivinemisprotsesse ning soodustab pinnale kantud krohvikihhi kiiret väljakuiivamist. Need jahvatatud kustutamata lubjal valmistatud mörtide omadused lubavad neid kasutada krohvitöödel madalate positiivsete ja isegi negatiivsete õhutemperatuuride korral.

Jahvatatud kustutamata lubjal valmistatud mörte tuleb enne nende tootmis- tingimustes kasutamist kontrollida laboraatorsetel katsekehadel. Seejuures pea- vad katsekehade valmistamise ja hoidmise tingimused, samuti ka pinna ise- loom, millele kantakse mört, vastama tootmises esinevatele.

Krohvitööde teostamiseks talvetingimustes soovitatakse kasutada järgmisi I ja II sordi jahvatatud kustutamata lubjast valmistatud mörte:

- a) 1:1,5 kuni 1:1,6 (lubi:savi:liiv)
- b) 1:0,5:4 kuni 1:0,5:5 (lubi:savi:liiv)
- c) 1:0,25:2 kuni 1:0,25:3 (lubi:savi:liiv)
- d) 1:0,3:3 kuni 1:0,3:3,5 (lubi:kips:liiv)
- e) 0,5:0,25:0,3:3 kuni 1:0,25:0,3:3,5 (lubi:savi:kips:liiv)
- f) 1:3 kuni 1:4 (lubi:räbuliiv)
- g) 1:0,5:2,5 kuni 1:0,5:3 (lubi:tsement:liiv).

Savi hulk on antud kuiva pulbri mahu järgi.

Vertikaalsete puitpindade krohvimiseks soovitatakse kasutada koostisi «a», «d», «e» ja «g».

Lagede krohvimiseks ning vööde ja karniiside tõmbamiseks soovitatakse kasutada suurema kipsisisaldusega mörte — 1 osa lupja; 0,6—2 osa kipsi; 4 osa liiva (mahu järgi).

Vesi-lubitegur kõigub talvel kasutatavatel jahvatatud kustutamata lubjal valmistatud mörtidel 130—190% piirides. Mördil peab kasutamisel olema kül- laldane töödeldavus ja veehoidvus. Sisseviske ja põhikihtide mehhaniseeritud pealekandmisel krohvitavale pinnale peab mördi töödeldavus vastama Stroi TsNIL-i koonuse vajumisele 8÷10 sm; viimistluskihi pealekandmisel vähemalt 9÷12 sm. Mehhaniseeritud krohvimiseks kõlbulike mörtide veehoidvust ise- loomustatakse nende kihistuvuse kaudu ja määratakse Novikov—Sepetovi mee- todil. Stroi TsNIL-i koonuse vajumise kahe mõõtmistulemuse vahe, avaldatuna väljatõrjutud mördi mahu kuupsentimeetrites, ei tohi ületada 35.

Jahvatatud kustutamata lubjal valmistatud mördid kasutatakse ära kohe pärast valmistamist; mördi varutakse töökohale 30—40 min. tööks. Parimaid tulemusi jahvatatud kustutamata lubjal valmistatud mörtidega saavutatakse siis, kui paigaldatav mört saavutab kõrgeima temperatuuri 50°—80° C mitte varem kui 30 min. pärast valmistamist.

Jahvatatud kustutamata lubja kasutamisel valmistatakse mört ehitusplatsil kinnises soojustatud ruumis tavaliste mördisegistitega. Mördi valmistamise protsess jahvatatud kustutamata lubja kasutamisel ei erine tavaliste tsement-savi segamörtide valmistamisprotsessist.

Sügis-talvisel perioodil viiakse krohvitöid jahvatatud kustutamata lubjal valmistatud mörtidega läbi tavaliselt köetavates ruumides, mis on varustatud töötava, alalise kütte- ja ventilatsioonisüsteemiga või ahjuküttega.

Ruume soojendatakse selle arvestusega, et põrandast 0,5 m kõrgusel mõõdetud temperatuur ei langeks tööde teostamise ja krohvi kuivamise ajal alla +5°C. Tänu jahvatatud kustutamata lubja kõrgetele eksotermilistele omadustele ja vee adsorbeerimisele tema kividumise käigus lüheneb krohvi väljakuivamiseks vajalik aeg 1,5÷2 korda.

Kohase soojuse- ja niiskuse režiimi loomiseks tuleb jahvatatud kustutamata lubjal valmistatud mörtidega krohvimisel rakendada järgmisi abinõusid:

a) hoone välispiirded peavad olema täielikult lõpetatud; seinu läbivad avauksed olgu suletud, aknad klaasitud, ukсед ette asetatud ja kattekonstruktsioonide soojaisolatsioon lõpetatud;

b) 2 päeva enne tööde algust tuleb tegevusse rakendada keskküte (krohvitavas hoone osas), tema puudumisel aga tuleb püstitada ja tegevusse rakendada ahjud, et saaks tagatud 2÷3 kordse õhuvahetuse juures nõutav temperatuurirežiim. Enne krohvi pealekandmist tuleb krohvitav pind veega 20÷30°C märjaks kasta.

Tabel 114

Jahvatatud kustutamata lubjal valmistatud mörtidest krohvi hoidmise tähtajad tundides

Ruumi õhutemperatuur °C	Ruumi ventileerimise viis											
	ventileerides läbi avatud akende ja uste		ventileerides läbi õhukende		ventileerides 2—3 kordse õhuvahetusega tunnis		ventileerides läbi avatud akende ja uste		ventileerides läbi õhukende		ventileerides 2—3 kordse õhuvahetusega tunnis	
	Pindade iseloom											
	tellis ja räbubeton	puut	tellis ja räbubeton	puut	tellis ja räbubeton	puut	tellis ja räbubeton	puut	tellis ja räbubeton	puut	tellis ja räbubeton	puut
	Sissevise											
+ 5	12	18	16	24	12	16	16	18	18	18	10	10
+10	10	12	12	18	10	10	10	12	12	16	6	10
+15	8	10	10	16	6	10	6	10	10	16	6	6
+20	6	6	6	12	6	6	6	8	8	10	4	6
+30	4	4	4	6	4	4	4	6	8	8	4	4

Märkus. Tellismüüritise niiskus ei tohi olla üle 8%; räbubetonmüüritisel mitte üle 10% ja puidul mitte üle 20%.

Mört antakse töökohale mördipumbaga. Mördi temperatuur ei tohi olla alla  $+10^{\circ}\text{C}$ .

Jahvatatud kustutamata lubjaga mörti kantakse pinnale lubja või lubja-kipsi kuiva segu vahetu juhtimise teel pihustisse suruõhu joa abil, kasutades seejuures dosaatoreid või tigutoitjaid.

Jahvatatud kustutamata lubjal valmistatud mörtide hoidmise tähtajad on toodud tabelis 114.

Viies läbi krohvitoide jahvatatud kustutatud lubja kasutamisega, tuleb täita ohutustehnika ja tööstustervishoiu eeskirju ehitus-montaažilöödel.

## IV peatükk

### MÖRDID KROHVITÖÖDEKS

Ohulubja baasil valmistatud mörtidesse soovitatakse lisada olenevalt krohvitava ruumi kasutamise eesmärgist kas kipsi, räbu-kipstsementi, jahvatatud kõrgahju räbu või teisi hüdraulilisi peenlisandeid, mis lühendavad krohvi kuivamisega.

Puhaste lubimörtide kasutamist ei soovitata, kuna need nõuavad pikaajalist kuivatamist. Ka ei soovitata krohvimördile lisada kiudaineid (linaluud, saepuru jne.), kuna nende lisamine pidurdab tunduvalt krohvi kuivamist.

Mörtide veesisaldus olgu minimaalne. Sisseviskeks valmistatud mörtidel ei tohi väikese koonuse vajumine ulatuda üle  $30\div 40$  mm, põhi- ja kattedehiks valmistatud mörtidel aga mitte üle  $10\div 15$  mm.

Mördi temperatuur ärgu olgu töötamise ajal alla  $+10^{\circ}\text{C}$ . Lubi-kipsimörte ei soovitata soojendada üle  $+25^{\circ}\text{C}$ . Külmunud lubja ei lubata kasutada. Mördisegistis valmistatava mördi temperatuuri määramise meetod on sama mis müürimörtidegi puhul.

Puhaste lubimörtide koostismaterjalide temperatuurid määratakse järgmise valemi järgi:

$$t_s = \frac{(0,2 + i_l) g_l t_l + (g_v - 0,5 g_{lubi}) l_v}{0,2(g + 0,5 g_{lubi}) + g_v},$$

kus  $t_s$  — mördi temperatuur pärast segamist;

$i_l$  — liiva suhteline (kaaluline) niiskus;

$g_l$  — liiva kaal  $1\text{ m}^3$  mördi kohta;

$l_v$  — vee kaal  $1\text{ m}^3$  mördi kohta;

$g_{lubi}$  — lubjataigna kaal  $1\text{ m}^3$  mördi kohta;

$t_l$  — liiva temperatuur mördisegistisse laadimisel;

$t_v$  — vee temperatuur mördisegistisse laskmisel.

## SISUKORD

Eessõna . . . . .	3
-------------------	---

### *Esimene osa*

#### MULLATÖÖD

I peatükk. Üldised alused . . . . .	5
II peatükk. Pinnase kaitsmine külmumise eest . . . . .	11
1. Maapinna töötlemine enne külmumist . . . . .	11
2. Pinnase soojustamine lumega . . . . .	13
3. Pinnase soojustamine soojaisolatsiooni materjalidega . . . . .	14
4. Pinnase soojustamine spetsiaalsete ehitiste abil . . . . .	16
III peatükk. Külmunud pinnase töötlemise meetodid . . . . .	18
1. Pinnase kobestamine lõhkamise teel . . . . .	18
2. Külmunud pinnase kobestamine mehhanismidega ja mehhaaniliste töövahenditega . . . . .	21
3. Puuraukude rajamine külmunud pinnasesse . . . . .	27
4. Külmunud pinnaste sulatamine . . . . .	30
5. Veega küllastunud pinnaste külmutamise meetod . . . . .	45
6. Pinnase töötlemine hüdro mehhanismidega . . . . .	46
7. Pinnase töötlemise põhireeglid . . . . .	48
8. Pinnase transport . . . . .	57

### *Teine osa*

#### BETOONI- JA RAUDBETOONITÖÖD

I peatükk. Üldised alused . . . . .	64
II peatükk. Betoonsegu ja tema komponentide soojendamine . . . . .	64
III peatükk. Betoneerimine termosmenetlusel . . . . .	67
A. Üldised alused . . . . .	67
B. Betooni termosoidmise arvutus B. G. Skramtajevi meetodil . . . . .	69
C. Betooni termosoidmise arvutus ВНИОМС-и meetodil . . . . .	93
IV peatükk. Betooni soojendamine auruga ja õhuga . . . . .	106
A. Betooni soojendamine soojendussärkides ja pindsoojakutes . . . . .	106
B. Betooni soojendamine A. A. Vatsuro süsteemi kapillaar-raketises . . . . .	122
V peatükk. Betooni elektrisoojendus . . . . .	127
A. Üldised alused . . . . .	127
B. Betooni soojendamine elektroodidega . . . . .	127
C. Betooni soojendamine elektriküttekehadega . . . . .	155
VI peatükk. Betooni kombineeritud hoidmisviisid . . . . .	160
1. Betooni kombineeritud hoidmisviiside tingimuste määramine . . . . .	161

2. Betooni kahestaadiumilise hoidmise arvutus . . . . .	162
3. Betooni mitmestaadiumilise hoidmise arvutus . . . . .	165
VII peatükk. <b>Monteeritavate raudbetoonkonstruktsioonide liitekohtade betoneerimine</b> . . . . .	170

*Kolmas osa*

**MUURITÖÖD**

I peatükk. <b>Putt-betoonmüüritise teostamine</b> . . . . .	176
1. Üldised alused . . . . .	176
2. Putt-betooni termoshoidmine . . . . .	176
II peatükk. <b>Kivimüüritise teostamine</b> . . . . .	181
1. Üldised alused . . . . .	181
2. Müürimine külmutusmeetodil . . . . .	184
3. Müürimine erimörtide kasutamiseaga . . . . .	192
4. Müüritise üleskütmine . . . . .	194
5. Müüritise aurusoojendus . . . . .	197
6. Müüritise elektrisoojendus . . . . .	200
7. Müüritööde teostamine soojakutes . . . . .	205
8. Müüritööde talvise teostamisviisi valik . . . . .	206
III peatükk. <b>Mördid müüritööde teostamiseks talvetingimustes</b> . . . . .	208
1. Mörtide koostised . . . . .	208
2. Mörtide temperatuur . . . . .	209

*Neljäs osa*

**KROHVITÖÖD**

I peatükk. <b>Krohvitööde teostamine talvetingimustes</b> . . . . .	210
1. Üldised alused . . . . .	210
2. Materjalide ja konstruktsioonide niiskus . . . . .	211
3. Seinte ja krohvi kuivatamine . . . . .	221
II peatükk. <b>Krohvitööde teostamine kloreeritud mörtide kasutamiseaga</b> . . . . .	232
A. Kloreeritud mörtide valmistamine . . . . .	232
B. Iseärasused tööde teostamisel kloreeritud mörtidega . . . . .	239
C. Keemiline kontroll töötamisel kloreeritud mörtidega . . . . .	239
III peatükk. <b>Krohvitööde teostamine jahvatatud kustutamata lubja kasutamiseaga</b> . . . . .	248
IV peatükk. <b>Mördid krohvitöödeks</b> . . . . .	250

Строительные работы в зимних условиях

На эстонском языке

Эстонское Государственное Издательство  
Таллин, Пярну маантс 10.

Toimetaja R. Kull. Tehniline toimetaja L. Uuspõid.

Korrektorid A. Kaiberg ja M. Teemägi

Ladumisele antud 18. VII 1956. Trükkimisele antud 23. XI 1956. Paber 60×92, 1/16. Trükipoognaid 15,75 + 1 lisa. Arvutuspoognaid 17,37. Trükiarv 1000. Tellimise nr. 2607.

Trükkikoda «Tartu Kommunist», Tartu, Olikooli 17/19.

Hind rbl. 9.70

Rbl. 9.70

A-21351

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00354035 0