

A. EINRE • R. ETVERK • H. JOOSTI • A. NEIMAN

KLAASTORUSTIKUD

EESTI NSV MINISTRITE NÕUKOGU
RIIKLIK TEADUSLIK-TEHNILINE KOMITEE

A. EINRE, R. ETVERK, H. JOOSTI, A. NEIMAN

KLAASTORUSTIKUD

3
SFS13

EESTI NSV MINISTRITE NÕUKOGU
RIIKLIK TEADUSLIK-TEHNILINE KOMITEE

TALLINN 1960

2

Tartu Riikliku Ülikooli
Raamatukogu

51272

EESSONA

Käesolev brošüür koosneb kahest osast:

- a) klaastorude tootmine, ühendamine ja kasutamine ning nende tehnilis-majanduslikud näitajad;
- b) klaastorude tootmine ja kasutamine Tšehhoslovakkias.

Klaastorude kasutuselevõtt võimaldab NSV Liidu rahvamajanduse mitmesugustes harudes igal aastal kokku hoida tuhandeid tonne musta ja värvilist metalli. Lähema 20 aasta jooksul suureneb klaastorude tootmine ja kasutamine Nõukogude Liidus 20—25-kordselt. Käesoleval aastal ehitatakse klaastorutsehhid Dagestani, Sverdlovski, Kaluuga, Smolenski, Kiievi ja Stalino rahvamajanduse nõukogu piirkondadesse.

Klaastorude tootmise ja kasutamise edasine laiendamine dikteerib vajaduse tutvustada neid küsimusi ka meie vabariigi lugejaskonnale ning selgitada välja klaastorude tootmise ja kasutamise võimalused Eesti NSV-s.

Käesoleva brošüüri eesmärgiks on kaasa aidata selle ülesande ellurakendamisele meie vabariigis.

Brošüüri esimese osa on kirjutanud A. Einre ja R. Etverk, teise osa H. Joosti ja A. Neiman.

I o s a

KLAASTORUDE TOOTMINE, ÜHENDAMINE JA KASUTAMINE NING NENDE TEHNILIS-MAJANDUSLIKUD NÄITAJAD

I. ÜLDANDMED

1. Klaastorude omadused ja kasutamisalad

Klaasi saab torumaterjalina kasutada mitmesugustes rahvamajandusharudes tänu tema spetsiifilistele omadustele. Nende omaduste hulka kuuluvad läbipaistvus, väike joonpaisumise koefitsient, hea keemiline püsivus, omaduste püsivus võrdlemisi suures temperatuurivahemikus, halb soojajuhtivus, suur dielektriline konstant jne.

Klaas on allutatav kõige mitmekesisemale töötlemisele: sulas olekus saab teda puhuda, pressida, valada ja tõmmata; tardunult võib teda lõigata, lihvida, poleerida ja puurida. Klaas on keevitatav ja karastatav.

Klaasi tähtsamad omadused on järgmised:

- 1) mahukaal 2,4—2,6 t/m³,
- 2) survetugevus 5000—20 000 kg/cm²,
- 3) tõmbetugevus 350—850 kg/cm²,
- 4) joonpaisumise koefitsient $40 \cdot 10^{-7}$ — $100 \cdot 10^{-7}$,
- 5) soojajuhtivuse koefitsient 0,0023 cal/cm sek. kraad,
- 6) kõvadus 7 (s. o. klaas on kõvem põldpaost ja pehmem topaasist),
- 7) elektrijuhtivus 10^{-13} — 10^{-14} oom⁻¹ cm⁻¹,
- 8) keemiline püsivus hapetes (erandiks on kuum fosforhape ja fluorhape ning osa sooli), leelistes (madalatel temperatuuridel), orgaanilistes ühendites jne.,
- 9) hea külmakindlus.

Klaas on tihe ja mittepõlev.

Malm- ja terastorudega võrreldes on klaastorudel järgmised eelised:

- 1) suurem korrosioonikindlus.
- 2) väiksem kaal,
- 3) väiksem hüdrauliline takistus,

- 4) läbipaistvus,
- 5) hügieenilisus.

Klaastorude olulisemad puudused:

- 1) haprus (klaas ei talu dünaamilist koormist),
- 2) väike tõmbe- ja paindetugevus,
- 3) pinged klaastorus võivad erandjuhtudel põhjustada torude purunemist, kusjuures purunemine võib kauaaegse kasutamise järel toimuda ootamatult. (Seega tuleb klaastorude kasutamisel pöörata erilist tähelepanu ohutustehnikale.).

Nagu toodud loetelust nähtub, on klaastorudel metalltorudega võrreldes rida väärtuslikke omadusi, mis võimaldavad neid paljudes rahvamajandusharudes laialdaselt ja efektiivselt kasutada.

Tänu klaasi korrosioonikindlusele võib klaastorusid edukalt kasutada keemia-, kunsti- ja naftatöötlemistehastes, samuti paljudes teistes tööstusharudes vedelike transportimiseks. Klaastorud asendavad siin nii värvilisi metalle, nagu seatina, pronksi ja vaske, kui ka legeritud terast. Klaastorudest valmistatud torustike kasutamise iga on tunduvalt pikem kui eespool loetletud metallidest torustikel.

Klaastorude suur hügieenilisus, kerge puhastatavus mitmesuguste pesemiseks kasutatavate kemikaalidega ja läbipaistvus võimaldavad neid kasutada mitmesugustes toiduainete tööstuse ettevõtetes, kus on nõutav äärmine puhtus. Keemilise inertsuse tõttu ei anna klaas transportitavale vedelikule mingit kõrvalmaitset ega lõhna.

Et klaas ei juhi elektrit ega korrodeeru, on klaastorusid võimalik kasutada elektriinstallatsioonitöödeks nii tööstus- kui ka tsiviil-ehituses. Klaastorud asendavad edukalt metall-, bergmann-, asbest- ja eboniitkorustid.

Klaastorusid kasutatakse ka küttepaneelide valmistamiseks.

Tšehhoslovakkias, Ameerika Ühendriikides, Inglismaal ja Saksaamaal on juba aastakümneid kasutatud klaastorusid veevärgi- ja kanalisatsioonisüsteemide ehitamisel.

1958. a. suvel viidi meie vabariigis läbi katsed klaasist drenaažitorude kasutamise võimaluste väljaselgitamiseks.

Põhiliselt kasutatakse klaastorusid:

- 1) elektrotehnikas raadiolampide valmistamiseks,
- 2) päevavalguslampide valmistamiseks,
- 3) laboratooriumide katseseadmete ehitamiseks,
- 4) neonreklaami valmistamiseks,
- 5) klaasampullide tootmiseks:
 - a) meditsiiniliseks otstarbeks,
 - b) veterinaarseks otstarbeks,
 - c) tuletõrjetehnikas,
 - d) mitmesuguste kemikaalide hoidmiseks;
- 6) elektrijuhtmete krohvialuseks installatsiooniks,
- 7) mitmesuguste vedelike transportimiseks:
 - a) toiduainete tööstuses,

b) keemiatööstuses,

c) joogivee transportimiseks,

d) majandus- ja fekaalvete transportimiseks;

8) põllumajanduses vee-, piima- ja drenaažitorustike ehitamiseks.

9) tekstiilitööstuses tehiskiudainete toormaterjalide transportimiseks,

10) mitmesugustes aparaaditööstuse harudes termomeetrite, loodide, plahvatuskindlate päevavalgusarmatuuride jne. valmistamiseks,

11) viljaelevaatorite ehitamisel,

12) rašingrõngaste valmistamiseks keemiatööstusele,

13) siledapinnaliste küttepaneelide valmistamiseks,

14) tubaka pneumaatilise transportimise torustike ehitamiseks tubakatööstuses,

15) jahuveskites torustike ehitamiseks.

Eespool on toodud ainult tähtsamad klaastorude kasutamisalad, vähemal määral kasutatakse aga klaastorusid veel paljudes teistes tööstusharudes.

Klaastorude valmistamiseks kasutatavad toorained ja nende saamine

Eesti NSV-s on klaasitööstuse arendamiseks head võimalused. Suured klaasiliiva-, dolomiidi- ja lubjakivivarud kindlustavad klaasitööstuse vajadused pikemaks ajaks.

Rikkalike turba- ja põlevkivivarude tõttu langeb ära vajadus niisuguste kaugelt veetavate kütuste nagu kivisöe ja nafta järele. Peale selle on vabariigis aastakümnete jooksul välja kujunenud arvukas klaasitööstuse tööliste ja inseneride kaader.

Eesti NSV 4 klaasivabrikut — kombinaat «Järvakandi Tehased», «Tarbeklaas», Tartu Keraamikatehas ja Meleski Klaasivabrik — ei kata aga kaugeltki vabariigi järjest suurenevat vajadust nii taara- kui ka ehitusklaasi järele. Rööbiti juba tuntud kasutamisaladega leitakse järjest uusi teid klaasi kui ehitusmaterjali rakendamiseks. Nõukogude Liidus, sealhulgas ka Eesti NSV-s, on klaastorusid hakatud viimastel aastatel kasutama tööstuses, ehitustegevuses ja põllumajanduses.

Klaastorude erinev otstarve nõuab mitmesuguse keemilise koostise ja füüsikaliste omadustega klaasiliikide kasutamist. Selleks aga on küllaldaselt hulgal vaja mitmesuguseid mineraalseid ja keemilisi tooraineid. Et saada ülevaadet klaasi koostises olevate komponentide kohta, on tabelis 1 antud mõned klaastorude tootmiseks kasutatavate klaasisortide keemilised koostised kaalu protsentides. Võrdluseks on esitatud ka mõnede teiste klaasisortide vastavad näitajad.

	Termiliselt vastupidavad torud	Termiliselt vastupidavad torud (leelisvabad) nr. 13-v	Drenaažitorud („Järvakandi Tehaste“ toodang)	Aknaklaas	Klaasnõu
SiO ₂	74,0	63,5	72,5	72,5	74,23
Na ₂ O	6,5	2,0	14,0	14,8	2,13
CaO	—	13,0	7,4	7,0	4,67
MgO	—	4,0	3,8	4,0	4,93
Al ₂ O ₃	4,5	15,5	1,6	1,5	0,61
Fe ₂ O ₃	—	—	0,1	0,1	0,1
SO ₃	—	—	0,6	0,4	—
BaO	4,0	—	—	—	—
K ₂ O	—	—	—	—	13,14
B ₂ O ₃	8,5	—	—	—	—
As ₂ O ₃	0,25	—	—	—	—
F ₂	—	2,0	—	—	—

Märkus. Kombinaadis «Järvakandi Tehased» valmistati elektriinstallatsioonitöödeks kasutatavaid klaastorusid ning drenaažitorusid ühest ja samast klaasist, mis koostiselt on lähedane aknaklaasile.

Klaasi tooraineks võivad olla mitmesugused mineraalse ja tööstusliku päritoluga materjalid. Selliseid komponente, mis viiksid klaasi koostisse ainult ühe või teise oksüüdi, leidub üksikuid. Valdavas enamuses viib mingi toormaterjal klaasi koostisse ühe oksüüdi kõrval satelliitidena veel kaks, kolm või rohkem oksüüdi. Nii näiteks kaasneb liivas oleva SiO₂-ga veel raud-, alumiinium-, magneesium- ja kaltsiumoksüüd. Osa põhikomponendiga kaasnevatest ühenditest lähevad klaasi koostisse kui vajalikud ühendid, teised aga halvendavad klaasi omadusi. Nii vähendab raudoksüüd märgatavalt klaasil valguse läbilaske võimet ja annab klaasile roheka või roosaka värvivarjundi.

Tabelis 2 on toodud klaasi tähtsamate toorainete loetelu. See näitab, milliste oksüüdide viimiseks klaasi antud toorainet kasutatakse.

Tabel 2

Tooraine nimetus	Sisseviidav oksütüd
Liiv	SiO ₂
Dolomiit	MgO, CaO
Lubjakivi	CaO
Naatrisilikofluoriid	Na ₂ O ja F ₂
Kaltsineeritud sooda	Na ₂ O
Kriit	CaO
Naatrisulfaat	Na ₂ O
Pegmatiit	Al ₂ O ₃ , SiO ₂
Barüüt	BaO
Booraks	B ₂ O ₃
Kaaliumsalpeeter	K ₂ O

Tabeli koostamisel on lähtunud esmajoones Eesti NSV tingimustest ja võimalustest.

1. Peamiseks tooraineks klaasi valmistamisel on liiv. Nii näiteks elektrotehniliste torude puhul viiakse 68% ränioksüüdist klaasi liivaga.

Klaasi keetmiseks sobivaid liivasid leidub Eesti NSV-s mitmel pool. Neist tuntumad on Piusas ja Oores leiduvad klaasiliivade varud. Praegu leiavad aga kasutamist ainult Piusa devoni päritoluga liivakivilademed. Siit toodud liiva kasutatakse klaasi keetmiseks kombinaadis «Järvakandi Tehased» ja tehases «Tarbeklaas». Varematal aastatel kasutati «Järvakandi Tehastes» ka Oore liivasid. Peale selle leidub klaasi keetmiseks sobivaid liivasid veel kambriumi lademe ülemistes kihtides. Need liivakivid paljanduvad põhjarannikul Kundas ja Aseris.

Tabelis 3 on toodud Piusa, Oore, Kunda ja Aseri juures paljanduvate puhaste liivakivide keskmised keemilised koostised.

Võrdluseks on esitatud NSV Liidus laialdaselt kasutatava Ljubertsõ liiva keemiline koostis.

Table 3

Keemiline koostis %	Piusa liiv	Oore liiv	Kunda liiv	Aseri liiv	Ljubertsõ liiv
SiO ₂	98,5	94,1	96,69	98,90	98,5 — 99,5
Fe ₂ O ₃	0,1	0,6	0,13	0,06	0,02 — 0,1
Al ₂ O ₃	0,6	2,8	0,81	0,33	0,03 — 0,24
MgO	0,4	—	—	—	0,02 — 0,1
CaO	0,4	0,1	0,46	0,19	0,02 — 0,15
Na ₂ O + K ₂ O	—	—	—	—	0,008 — 0,12

Klaasiliivade (pesemata liiv) keskmine granulomeetiline koostis protsentides on toodud tabelis 4.

Table 4

Tera suurus mm	Piusa liiv	Oore liiv	Kunda liiv	Aseri liiv
0,65 ja suurem	0,55	0,24	—	—
0,45	0,25	1,95	—	—
0,30	} 46,60	42,60	4,01	5,85
0,20		36,60		
0,12	} 47,50	12,51	78,80	80,00
0,088		3,20		
väiksem kui 0,088	5,10	2,90	5,66	5,30

Nagu tabelist 3 selgub, viiakse klaasi koos liivaga peale SiO₂ veel vähesel määral raud-, magneesium-, kaltsium- ja alumiiniumoksüüde. Et liiv on klaasi kõige mahukam tooraine, siis klaasi

rauasialdus ja seega valguse läbilaske võime sõltub kasutatava liiva kvaliteedist.

Eesti NSV-s leiduvate klaasiliivade varud on hästi läbi uuritud ja nendest jätkub paljudeks aastakümneteks.

2. Klaasi koostisse kuuluvate kaltsium- ja magneesiumok-süüdide tooraineks on **dolomiit** ja **lubjakivi**. Liivaga klaasi viidava kaltsium- ja magneesiumok-süüdide kogus on väga väike ega ületa tavaliselt 0,6%.

Päritolult ja keemiliselt koostiselt on dolomiit karbonaatne ühend, mis on tekkinud mitmesuguste limuste kodade mere- või järvepõhja settimise tagajärjel. Geoloogiliselt on dolomiit vanem kui devoni lademetel liivakivid.

Magneesium- ja kaltsiumkarbonaadi omavahelisest suhtest ole-nevalt nimetatakse karbonaatseid kivimeid lubjakivideks, dolomiit-seteks lubjakivideks või dolomiitideks. Kui kivim sisaldab üle 10% magneesiumkarbonaati, nimetatakse teda dolomitiseerunud lubjakiviks, ulatub aga magneesiumkarbonaadi sisaldus üle 45%, kannab kivim juba dolomiidi nime. «Järvakandi Tehaste» poolt Muhu saarel kaevandatav dolomiit sisaldab 21% magneesiumkarbonaati ja kuulub seega dolomiitsete lubjakivide hulka.

Dolomiidi ja dolomiitsete lubjakivide lademeid leidub Eesti NSV territooriumil mitmel pool. Tuntumateks dolomiidi leiukohta-deks peale eespool nimetatud «Järvakandi Tehaste» Muhu kar-jääri on dolomiidilademed Taaliku ümbruses ja Kaarmas.

Dolomiitide ja dolomiitsete lubjakivide varud on väga suured ega limiteeri mingil määral klaasitööstuse arendamist.

Olgu tähendatud, et dolomiidilademed ei paikne maapinnas mitte nii puhtalt kui lubjakivilademed. Dolomiidikihid vaheldu-vad sageli merglite, savide ja teiste mineraalide kihtidega. Dolo-miidi omapäraks on see, et niiskes olekus on ta võrdlemisi pehme ja laseb end hästi töödelda, kuivades muutub aga kõvaks ja ras-kesti töödeldavaks.

Muhu saarel asuv dolomiidi leiukoht on varustanud Järvakandi klaasitehast kvaliteetse dolomiidiga juba üle kümne aasta. Muhu dolomiit on klaasi valmistamiseks väga sobiv ja teda pee-takse üheks paremaks kogu Nõukogude Liidus.

Tabelis 5 on antud Muhu dolomiidi keskmine keemiline koostis protsentides. Võrdluseks on toodud Donbassis Jamas kaevandatava dolomiidi koostis.

Tabel 5

Leiukoha nimetus	MgO	CaO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	K.K.
Muhu	20,60	31,12	0,61	0,18	0,92	46,47
Jama	18,91— —20,74	29,53— —30,95	0,33— —1,41	0,27— —0,38	1,10— —5,36	44,2— —46,95

Muhu karjäärist murtakse dolomiiti suurtes, kuni 40-kilogrammistes tükkides. Saadav dolomiit on mikrokristalne ja iseloomuliku valkja värvusega.

3. **Lubjakivi** kasutatakse klaasitööstuses CaO viimiseks klaasi koostisse. Lubjakivid sisaldavad peale kaltsiumkarbonaadi veel nimetamisväärses koguses magneesiumkarbonaati.

«Järvakandi Tehaste» poolt praegu kasutatava Tamsalu lubjakivi keskmine keemiline koostis on järgmine (protsentides):

CaO	49,87
MgO	4,83
Al ₂ O ₃	0,64
Fe ₂ O ₃	0,13
SiO ₂	0,71
kuumutuskadu	43,83

Lubjakivilademed on Eesti NSV territooriumil tunduvalt ühtlasema keemilise koostisega kui dolomiidid. Siiski leidub näiteks Tamsalu lademes üksikuid kohti, kus rauasisaldus on väiksem kui ülal- ja allpool asetsevates kihtides. Seda nn. tehnilise lubjakivi kihti võib juba väliste tunnuste järgi märgata sellele kihile iseloomuliku roosaka tooni tõttu.

Klaasi valmistamiseks kasutatavate lubjakivide lademeid leidub Eesti NSV-s palju ja nende varud ei limiteeri mingil määral klaasitööstuse arendamist.

4. Klaasi sulamistemperatuuri alandamiseks ja töötlemisomaduste parandamiseks lisatakse klaasisegusse **naatriumsilikofluoriidi**.

Naatriumsilikofluoriid on superfosfaaditööstuse kõrvalprodukt. Superfosfaaditööstuse loomisega Eesti NSV-s on klaasitööstus selle hinnatava toormaterjaliga täielikult kindlustatud. Naatriumsilikofluoriidi tarvidus on võrdlemisi väike. Nii tarvitati «Järvakandi Tehastes» 1958. aastal vaid 95 tonni naatriumsilikofluoriidi.

Kõik ülejäänud toormaterjalid tuleb Eesti NSV-sse sisse vedada. Sisseveetavateks materjalideks on sooda, naatriumsulfaat, pegmatiit, barüüt, kaaliumsalpeeter ehk potas, booraks ja arseenoksüüd. Sisseveetavatest materjalidest vaadeldakse lühidalt soodat, sulfaati, pegmatiiti ja barüüti.

5. Klaasitehastes leiab kasutamist nii looduslik kui ka sünteetiline **sooda**. Looduslik sooda, mida toodetakse soodajärvedes, ei ole puhas, vaid sisaldab lisanditena $14 \pm 1\%$ Na₂SO₄, $1 \pm 0,5\%$ NaCl ja $4 \pm 2\%$ lahustumatuid jääke. Na₂CO₃ sisaldus looduslikus soodas on $80 \pm 2\%$. Lisanditest tingituna leiab looduslik sooda klaasitööstuses vähe kasutamist.

Suurem osa klaasitehastes kasutatavast soodast toodetakse ammoniaakmenetlusel. Sünteetiliselt toodetav sooda on küllalt puhas ja rahuldab klaasi keetmisel talle esitatavad nõuded. GOST 5100-49 kohaselt peab toodetav tehniline sooda sisaldama Na₂CO₃ vähemalt 95%, kuumutuskadu ei tohi olla üle 3,5%, keedusoola-sisaldus üle 1% ja rauda üle 0,02%.

Sooda transportimiseks kasutatakse 50-kilogrammise mahuga jõupaberist kotte.

6. Klaasi keetmiseks kasutatakse looduslikku või sünteetilist sulfaati.

Nõukogude Liidus on väga suured loodusliku sulfaadi varud. Neist suurimad asuvad Kaspia mere ja Araali järve piirkonnas. Sulfaadilademeid leidub ka Lääne-Siberis.

Veevaba looduslik Kara-Bogaz-Goli sulfaat on küllalt puhas ja sisaldab 98—99% Na_2SO_4 , 0,03—0,5% NaCl ning 0,02—1,6% MgSO_4 . Araali järves toodetav sulfaat jääb oma puhtuselt Kaspia mere sulfaadist tunduvalt maha. Na_2SO_4 sisaldus Araali sulfaadis ulatub ainult 84—86 protsendini. Lisanditest, mis klaasi valmistamiseks on ebasobivad, sisaldab Araali sulfaat NaCl 7%, CaSO_4 5% ja MgSO_4 kuni 3%.

Looduslik sulfaat laaditakse vagunitesse lahtiselt. Tarbimiskohal tuleb sulfaat kuivatada ja jahvatada.

Sünteetiline Na_2SO_4 on soolhappetööstuse kõrvalprodukt. Oma kvaliteedilt on ta looduslikust sulfaadist parem. Sünteetiline sulfaat saadetakse tarbijale kottidesse pakitult. Sulfaat on kuivatatud ja jahvatatud ega vaja enne klaasisegu valmistamist täiendavat töötlemist.

Seoses loodusliku sulfaadi rikkalike varudega NSV Liidus on sünteetilise sulfaadi kasutamine klaasitööstuses võrdlemisi vähe levinud.

7. **Pegmatiidi** keskmine keemiline koostis on järgmine (prot-sentides):

SiO_2	—	75,89
Al_2O_3	—	14,94
Fe_2O_3	—	0,46
CaO	—	1,49
MgO	—	0,33
Na_2O	—	6,57

Olenevalt vajadusest saadetakse klaasitehastele kas peenendamata või peenendatud pegmatiiti. Viimasel juhul jääb ära pegmatiidi tülikas jahvatamine. Värvuselt on peenendatud pegmatiit pruunikas pulbriline aine.

8. BaO sisseviimiseks klaasi kasutatakse toormaterjalina kas **viteriiti** (BaCO_3) või **barüüti** (BaSO_4), optilise klaasi valmistamiseks ka **baariumnitraati** ($\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$).

Viteriidi suured leiukohad asetsevad Turkmeenias ja Altais, barüüti kaevandatakse Krasnojarski piirkonnas. Klaasitehastesse saadetakse barüüt ja viteriit jahvatatult.

Meie vabariiki sisseveetavate klaasi toormaterjalide asendamiseks kohalike materjalidega on mõningaid uurimistöid tehtud. Nii uuriti Maardu keemiakombinaadi fosforiidimaakide rikastamisjääke, kuid pooltööstuslikest katsetest ei ole seni kaugemale jõutud. Need tööd olid suunatud peamiselt klaastorude tootmiseks

odavamate toormaterjalide leidmisele ja toiduainete tööstusele vajalike ultraviolettkiiri läbilaskvate klaastorude saamisele.

Klaasi keemiline koostis fosforiidijääkide kasutamisel on järgmine (protsentides):

Klaas nr. 39		Klaas nr. 147	
SiO ₂	60,0	SiO ₂	59,0
P ₂ O ₅	2,0	P ₂ O ₅	4,0
Al ₂ O ₃	14,7	Al ₂ O ₃	13,7
CaO	15,3	CaO	15,5
MgO	8,0	MgO	0,5

Uurimistöid fosforiidijääkide kasutamisevõimaluste selgitamiseks tuleks jätkata. Klaaside nr. 39 ja 147 uurimist teostas Üleliiduline Klaasi Instituut.

Kohalike savide kasutamise võimalused alumiiniumoksüüdi viimiseks klaasi koostisse on piiratud, sest savid sisaldavad suurel hulgal raudoksüüdi. Kõne alla võivad tulla devoni savidest ainult Küllatova ja Joosu leiukoha savid. Ka selles suunas on mõningaid uurimistöid tehtud.

II. Klaastorude tootmine

Tänapäeval on tuntud neli klaastorude tootmise tööstuslikku meetodit:

- 1) valtsimis- ehk kerimismeetod,
- 2) horisontaaltõmbamine,
- 3) vertikaaltõmbamine,
- 4) vello-meetod.

Valtsimis- ehk kerimismeetod ei leia saadavate klaastorude väikese mehaanilise vastupanuvõime ja selle meetodi madala tootlikkuse tõttu enam nimetamisväärset kasutamist. Horisontaal- ja vertikaaltõmbamine on aga laialt levinud maailma kõikides klaasitehastes. Vello-meetod on kõige produktiivsem klaastorude tõmbamise viis, seda meetodit kasutatakse praegu elektrovaakuumseadmete valmistamiseks vajalike torude tootmisel.

Allpool vaatleme lähemalt klaasi valmistamise tehnoloogilist protsessi ja tutvume üksikasjalisemalt klaastorude tootmise menetlusega.

1. Klaasivann

Klaastorude tõmbamiseks vajalikku klaasi keedetakse spetsiaalsetes klaasisulatamise vannahjudes. Klaasi vannahi kujutab endast võlviga kaetud basseini, kus toimub klaasi sulatamine ja

selginemine. Basseinist voolab sulat klaas töötlevasse osasse, kus kasutatavast töötlemismeetodist olenevalt toimub klaasi välja- voolamine või tõmbamine. Klaasi sulatamiseks vajalik temperatuur saadakse gaasi või õli põletamisel basseini võlvi all.

Klaasivanni mõõtmed ja maht võivad väga suurtes piirides kõikuda. Näiteks kombinadi «Järvakandi Tehased» klaasivann, mis on ehitatud ühe horisontaaltõmbemasina toitmiseks klaasiga, mahutab 40 tonni klaasi. Vann on projekteeritud 9 tonni klaasimassi sulatamiseks ööpäevas.

Vertikaaltõmbemasina teenindamiseks ehitatavad klaasivannid on tunduvalt suuremad.

Klaasivanni ehitusmaterjalina leiavad kasutamist šamotist, dinasest, kaoliinist ja muliidist tulekindlad kivid. Need materjalid võimaldavad klaasivannis temperatuuri tõsta kuni 1500°C-ni.

Ülevaate kasutatavate tulekindlate materjalide keskmisest keemilisest koostisest annab tabel 6.

Tabel 6

Keemiline koostis	Šamott	Dinas	Kaoliin	Muliit
SiO ₂	56,19	95,02	53,42	22,90
TiO ₂	1,45	1,06	0,78	2,65
Al ₂ O ₃	36,52	0,61	42,85	70,12
Fe ₂ O ₃	0,77	0,28	0,71	1,21
CaO	0,77	2,27	0,52	1,57
MgO	0,46	0,13	0,19	0,66
K ₂ O + Na ₂ O	3,12	0,37	1,53	0,89

Tulekindlatest materjalidest valmistatakse mitmesuguse kuju ja mõõtmetega plokkide ning kive. Näiteks klaasivanni põhja ladumiseks kasutatavate šamottplokkide LHC-1 mõõtmed on 300×400×1000 mm ja kaal 240 kg. Klaasivanni äärte ladumiseks määratud muliitplokkide mõõtmed on 600×300×250 mm ja kaal 130 kg.

Klaasivanni töötamise iga on normaalsetes tingimustes akna- klaasi-tüüpi klaasisegu kasutamisel keskmiselt 20 kuud. Selle aja jooksul rikub sulat klaasimass klaasivanni seinad sellisel määral, et edasine töötamine osutub võimatuks. Samuti riknevad põletid ja regeneraatorid. Remontimiseks lastakse klaasimass vannist välja ja vannahi jahutatakse aeglaselt maha. Pärast remondi lõppu teostatakse klaasivanni üleskütmine ja täitmine klaasipuru ning klaasiseguga.

Vannahjudes toimub pidev klaasi keetmise ja väljatöötlemise protsess. Vastavalt vannist väljatööteldud klaasimassi hulga lisatakse sinna klaasipuru ja klaasisegu. Klaasi tasapinda tuleb vannahjus hoida pidevalt konstantsena, et kindlustada klaasi töötlevaid masinaid klaasi ühtlase juurdevooluga. Valtsimis-, vello- ja horisontaaltõmbamise meetodi kasutamisel voolab sulaklaas läbi

spetsiaalse avause torutõmbamismasinasse, vertikaalmeetodi puhul toimub toru tõmbamine lahtiselt klaasipinnalt üles.

Et toota 1 tonn klaastorusid, tuleb vajaliku klaasimassi keetmiseks laadida klaasivanni hästi segatult järgmised toormaterjalid (kg):

	Elektrotehnilised torud	Termiliselt vastupidavad torud (klaasist nr. 13-v)
Liiv	680	439
Sooda	119	—
Naatriumsulfaat	162	—
Koks	17,5	—
Lubjakivi	35	144
Dolomiit	171	149
Pegmatiit	69	—
Kaoliin	—	389
Naatriumsilikofluoriid	66	66

Toormaterjalide segu laadimiseks klaasivanni kasutatakse selleks ehitatud laadijaid, nn. vaotoitjaid. Viimased tõukavad klaasipuru ja -segu aegamööda klaasivanni. Klaasisegu, mille mahukaal on väiksem kui sulaklaasil, jääb klaasi pinnale ujuma ja puudub vahetult kokku klaasivannis põleva gaasi või õli leegiga.

Vaotoitjate lülitamine ja seiskamine toimub automaatselt, vastavalt klaasi tasapinna alanemisele või tõusmisele. Klaasi tasapinda reguleeritakse 2-millimeetrise täpsusega.

Klaasivannide kütteks kasutatakse generaatori- või looduslikku gaasi ja õli. Kõige enam levinud kütteks on generaatorigaas. Loodusliku gaasi kasutamise levikut takistab klaasitehaste laialipillatus. Eesti NSV-s ei tule loodusliku gaasi kasutamine kõne alla, sest loodusliku gaasi varud meil puuduvad. Küll on aga mõeldav lähemate aastate jooksul meie suuremate klaasitehaste üleviimine põlevkivigaasi küttele.

Generaatorigaasi saadakse turba, kivisöe, antratsiidi või puidujäätmete gaasistamisel gaasigeneraatorites. Enamik klaasitehaseid kasutab gaasistamiseks ainult ühte liiki kütust. Näiteks Tallinna tehas «Tarbeklaas» gaasistab kivisütt, Gomeli klaasitehas turvast. Kombinaadi «Järvakandi Tehased» gaasijaamas gaasistatakse aga segatult turvast, turbabriketti, kivisütt ja puidujätmeid.

Peale klaasivanni kütmise kasutatakse generaatorigaasi klaasitehastes veel dolomiidi-, lubjakivi- ja liivakuivatustrumli kütmiseks ning tulekindlate materjalide põletamiseks.

Gaasigeneraatorites toodetava gaasi koostis oleneb gaasistatavast kütusest. Tabelis 7 on võrreldud loodusliku, generaatori- ja põlevkivigaasi koostist.

Oluga köetakse meie vabariigis klaasivanne Tartu Keraamika-tehase klaasitsehhis ja Meleski Klaasitehases. Mõlemad tehased kasutavad praegu põlevkiviõli, mis pihustatakse klaasivanni suruõhuga. Nõukogude Liidu teistes õliküttega klaasitehastes on peamiseks kütteeneks nafta või masuut.

	Generaatorigaas			Põlevkivi- gaas (keskmine)	Looduslik gaas
	turbast	puidujäät- metest	kivisöest		
CO ₂	6 — 8	6 — 7	4 — 5	18,78	0,22 — 22,8
CO	27 — 29	23 — 30	23 — 27	10,91	0 — 2,2
CH ₄	2,5 — 3,0	2,4 — 3,0	2,5 — 3,0	23,86	9,7 — 97,5
C _n H _m	0,3 — 0,4	0,3 — 0,4	0,3	5,7	0,44 — 22
H ₂	15 — 18	13 — 15	12 — 14	38,75	0 — 33,1
O ₂	0 — 0,3	0 — 0,3	0 — 0,3	0,3	0 — 8,9
N ₂	43 — 47	46 — 48	53 — 55	1,7	0,27 — 68,4

Märkus. Toodud arvud väljendavad mahu protsente.

2. Valtsimismeetod

Valtsimismeetod leiab tänapäeval vähe kasutamist. Praegu ei tööta NSV Liidus ühtegi tehast, kus kasutatakse seda meetodit. Tšehhoslovakkias lõpetati valtsitud torude tootmine juba enne 1952. aastat. Valtsimismeetod oli tegelikult üleminekuks käsitsi toodetavatele torudele mehaaniliselt toodetavatele torudele.

Kogemused näitasid, et valtsitud klaastorud on küll vastupidavad siserõhule (kuni 16 atm), kuid neil on väike vastupanuvõime paindele. See on seletatav valtsitud klaastorude tootmise iseärasustega. Valtsitud torusid toodeti läbimõõduga 75—200 mm.

Valtsimismeetodil töötavad seadmed on väga väikese tootlikkusega. Ühe valtsimisseadme tootlikkus päevas, olenevalt toodetavate torude diameetrist, on järgmine:

- Ø 3" — 297 jm
- Ø 4" — 238 jm
- Ø 6" — 160 jm

Valtsitud klaastorud on teistel meetoditel toodetavatest torudest hõlpsasti eraldatavad nende välispinnal olevate töötlemisjälgede järgi. Toru välispinna vaatlemisel jääb mulje, nagu oleks toru pinnale keritud peenike nõör. Valtsimismeetodil toodetud torud on horisontaal- ja vertikaalmeetodil tõmmatud torudega võrreldes täpsemate mõõtmega. Valtsitud torude seina paksus ulatub kuni 15 millimeetrisse.

3. Horisontaaltõmbamine

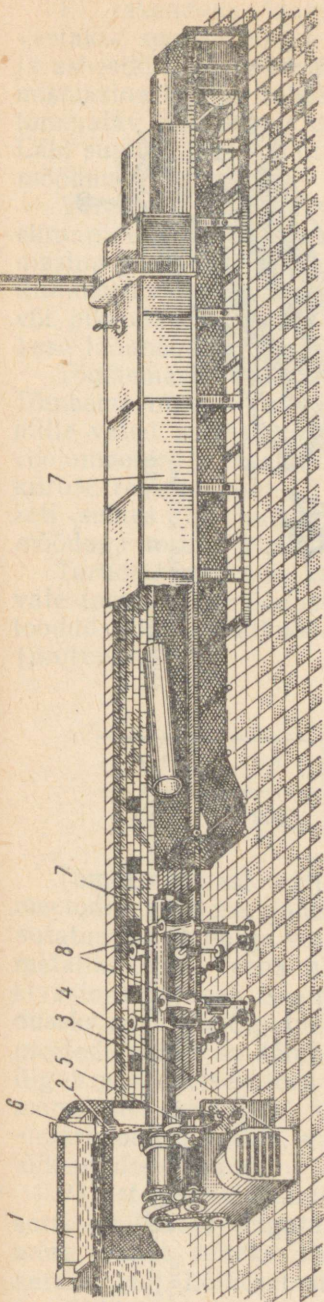
Horisontaaltõmbamine võimaldab tõmmata torusid, mille sise- ja välimõõt on 2–52 mm ja seinapaksus kuni 5 mm.

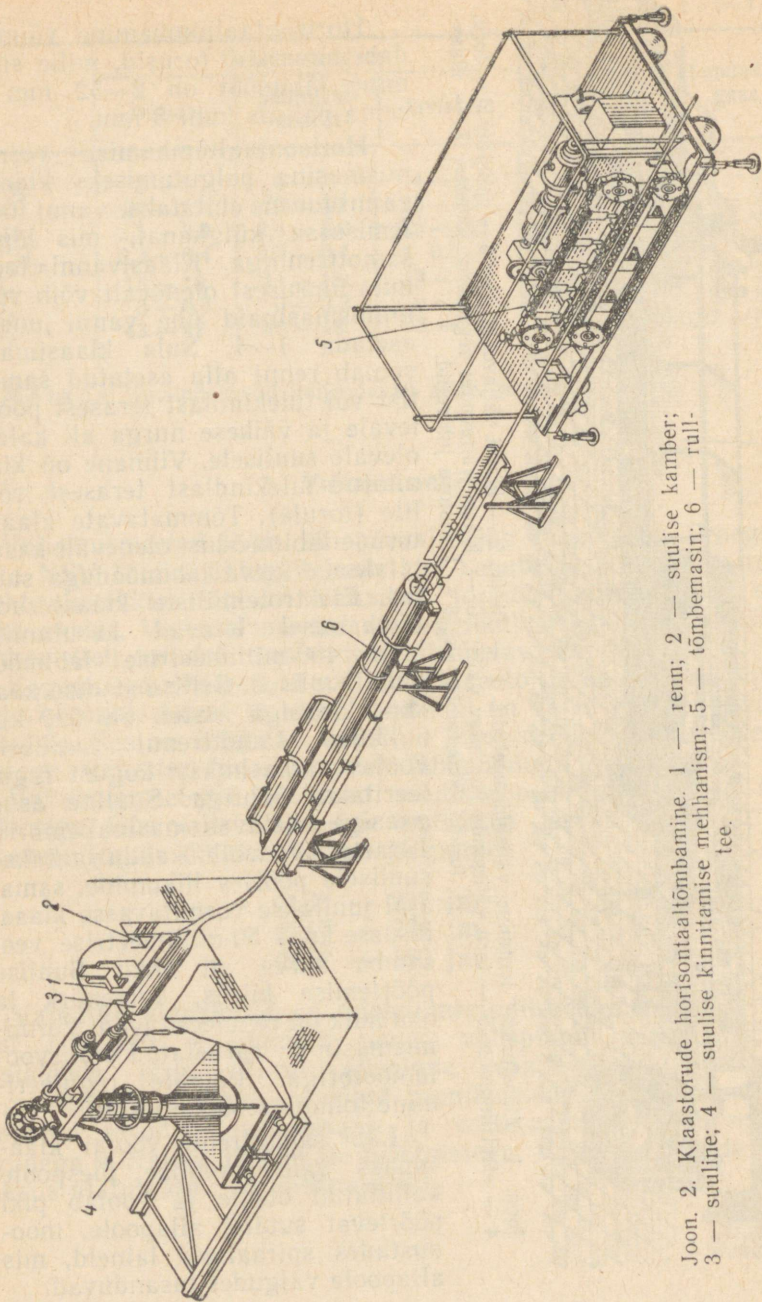
Horisontaaltõmbamise vormimis- ja paigutamiseks klaasivanni juurde ehitatakse vanni töötlemisosa küljkanal, mis lõpeb šamottrenniga. Klaasivanni tootmisvõimsusest olenevalt võib vormimismasinaid ühe vanni juurde asetada 1–4. Sula klaasimass voolab renni alla asetatud šamottist või tulekindlast terasest pöörlevale ja väikese nurga all kaldu olevale suulisele. Viimane on kinnitatud tulekindlast terasest võllile (torule). Tõmmatavate klaasitorude läbimõõdust olenevalt kasutatakse erineva läbimõõduga suulisi. Elektrotehniliste klaasitorude tõmbamisel leiavad kasutamist kuni 400-millimeetrise läbimõõduga suulised. Sellise suulise kaal koos klaasiga ulatub üle 500 kg.

Läbi šamottrenni suulisele voolava klaasimassi kogust reguleeritakse siibriga. Suuline asub gaasiga kütavas masinakambris. Terastorust võlli kaudu antakse suulisele pöörlev liikumine, samal ajal juhitakse vormitavasse klaasitorusse kuni 50-millimeetrise vee-samba surve all õhku. Suulise pöörlemise kiirus, kaldenurk ja õhu hulk on reguleeritavad. Vormimis- ja paigutamise masin on varustatud alalisvoolumootoriga. Pöörete reguleerimine toimub reostaadi abil.

Läbi šamottrenni voolav klaasimass satub suulise ülespoole kallutatud otsale ja voolab piki pöörlevat suulist allapoole, moodustades spiraalseid laineid, mis allapoole valgudes tasanduvad.

Joon. 1. Klaasitorude tootmine valtsimismeetodil. 1 — fiider; 2 — klaasi väljavoolu ava; 3 — valtsitav klaasitoru; 4 — elektrimootor; 5 — toru välispinda kujundav valts; 6 — klaasi väljavoolu reguleeriv plunzer; 7 — klaasitorude loomutamise ahi; 8 — klaasitoru juhtrullid.





Joon. 2. Klaastorude horisontaaltõmbamine. 1 — renn; 2 — suulise kamber; 3 — suuline; 4 — suulise kinnitamise mehhanism; 5 — tõmbemasin; 6 — rull-tee.

Et rakendada klaastorude horisontaaltõmbamise liin tööle, veetakse suulise otsast allavalgub klaasilont vastavate konksude ja asbestkinnaste abil 15—20 meetri kaugusel asetseva torutõmbamismasina kettide vahele. Suuliselt allavoolav ja masinaga edasitõmmatav klaasimass on alles pehme ning hõlpsasti töödeldav. Läbi suulise võlli puhutav õhk vormib saadava toru nõutava läbimõõduni.

Vormivas osas kaitstakse pehmet klaasi järsu jahtumise eest ekraanidega. Suulise otsast mahavalgub klaastoru liigub tõmbemasina poole asbest- või grafiitrullidega varustatud renni mööda. Rullidevaheline samm on 1 meetri. Renni on võimalik lühendada või pikendada, vastavalt sellele, kas tõmmatakse suure või väikese läbimõõduga torusid.

Tõmbemasinasse jõudmisel on toru temperatuur ainult 200° C. Tõmbemasin on varustatud kas ühe või kahe paari rullkettidega, mille vahel asetseb tõmmatav toru. Seade on varustatud alalisvoolumootori ja reostaadiga. Viimase abil toimub kettide liikumise kiiruse reguleerimine. Tõmbemasina ülemise keti kõrgus alumise keti suhtes on muudetav. See on vajalik mitmesuguse läbimõõduga torude tõmbamiseks.

Torude tõmbamise kiirus horisontaalmeetodil oleneb tõmmatavate torude läbimõõdust ja nende seina paksusest. Tabelis 8 on toodud erineva läbimõõduga torude tõmbamise keskmine kiirus (jm/tunnis).

Tabel 8

$\frac{1}{4}$ "	$\frac{1}{2}$ "	$\frac{3}{4}$ "	1"	1 $\frac{1}{4}$ "	1 $\frac{1}{2}$ "
1200	950	570	400	300	220

Tõmbemasinast väljuva klaastoru mahalõikamiseks on kaks meetodit. Esimesel juhul lõigatakse toru maha külma veega niisutatud puust pulga või asbesti abil, teisel juhul kiiresti pöörleva metallkettaga. Veega niisutatud pulgaga kokkupuutumisel kuum klaastoru puruneb. See meetod on äärmiselt lihtne, kuid selle puuduseks on mahalõigatud klaastorude otste ebakorrapärasus. Teise meetodi puhul on tõmbemasina külge liidetud mehhanism, mis liigub paralleelselt toru liikumise suunaga edasi-tagasi. Vajalikul momendil surutakse kiiresti pöörlev ketas, mis on kinnitatud elektrimootori võllile, vastu klaastoru. See meetod tagab puhaste lõikepindade saamise.

Pärast mahalõikamist jahutatakse torud toatemperatuurini, sorteeritakse ja lõigatakse täpselt ettenähtud pikkuseks. Lõikamine toimub selleks ehitatud lõikelaudadel kiiresti pöörlevate ketaste abil. Lõikeketaste läbimõõt on 380 mm ja pöörlemise kiirus 2400 p/min. Ketas, mis on valmistatud harilikust terasest, on piki perimeetrit kaetud staliniidiga.

Horisontaalmeetodil tõmmatud väiksema läbimõõduga õhukeseseinalised klaastorud ei vaja lõõmutamist. Suuremamõõdulisi torusid (alates 25-millimeetrise läbimõõdust) tuleb aga vastavates ahjudes lõõmutada, et vältida torude purunemist sisepinge tõttu.

Horisontaalmeetodil tõmmatavaid torusid kasutatakse väga laialdaselt. Pärast vastavat töötlemist leiavad klaastorud kasutamist elektri- ja raadiolampide ning ampullide valmistamiseks, termomeetrite ja päevavalguslampide tehastes, elektriinstallatsioonitöödel jne. Sel meetodil tõmmatud torusid on katsetatud ka põllumajanduslike maade kuivendamiseks.

Elektriinstallatsioonitöödeks kasutatavaid torusid valmistatakse tabelis 9 esitatud mõõtmetes (GOST 8738-58).

Tabel 9

Toru diameeter			Seina paksus mm	Lubatud kõrvalekal- dumine mm
Tingdiamee- ter tollides	Sisemine läbimõõt mm	Välimine läbimõõt mm		
$\frac{1}{4}$	7—10	14—15	2,5	+1,0
$\frac{1}{2}$	10—13	17—18	2,5	+1,0
$\frac{1}{2}$	13—16	20—21	3,0	+1,0
$\frac{3}{4}$	19—22	27—28	3,5	+1,0
1	22—25	31—32	3,5	+1,0
$1\frac{1}{4}$	32—36	42—44	4,0	+1,0
$1\frac{1}{2}$	36—40	47—49	4,0	+1,5
2	48—52	60—63	4,5	+1,5

1958. aasta algul katsetati «Järvakandi Tehastes» kahekanaliliste klaastorude tootmist horisontaaltõmbemasinal. Katsed andsid positiivseid tulemusi. Kahekanalilisi klaastorusid kasutatakse elektriinstallatsioonitöödel isolatsioonita juhtmaterjalide korral. See võimaldab suuri summasid kokku hoida. Oma mehaaniliste omaduste poolest ületavad uuetüübilised torud tunduvalt harilikke klaastorusid.

4. Vertikaaltõmbamine

Vertikaaltõmbamist kasutatakse 38-millimeetrise ja suurema sisemise läbimõõduga klaastorude tootmiseks. Torude suurim läbimõõt võib olla 150 ja seinapaksus 15 mm. Vertikaalmeetodil tõmmatavad torud leiavad kasutamist mitmesuguste kuumade, külmade ja agressiivsete vedelike ning gaaside transportimiseks.

Paksuseinalisi klaastorusid valmistatakse NSV Liidus praegu töösurvele 4 ja 8 atm. Torude markeerimine toimub vastavalt ettenähtud töösurvele: CT-4 kuni 4-atmosfäärisele ja CT-8 kuni 8-atmosfäärisele rõhule. Väljalastavate torude standardpikkuseks on 2,0, 2,25, 2,75 ja 3 m. Kõrvalekaldumine ettenähtud nimipikkusest võib olla +10 kuni -40 mm.

Parema ülevaate saamiseks on põhilised tehnilised andmed toodud tabelis 10.

Tabel 10

Tingdiameter tollides	Välimine diameeter mm	Lubatud kõrvalekalldumine mm	Seina paksus mm		Lubatud kõrvalekalldumine mm
			CT-4	CT-8	
$\frac{1}{2}$	20	-1,0	2,0	3,0	+1,0
$\frac{3}{4}$	27	-1,0	2,0	3,0	+1,0
1,0	33	-1,0	2,5	3,5	+1,0
$1\frac{1}{4}$	39	-1,0	3,0	4,0	+1,0
$1\frac{1}{2}$	45	-2,0	3,5	4,5	+1,0
2,0	68	-3,0	4,0	5,5	+1,5
3,0	93	-3,0	5,0	6,5	+1,5
4,0	122	-3,0	6,0	7,5	+1,5

Vertikaalmeetodi puhul kasutatakse töötlemiseks peaaegu eranditult leelisvaba või vähese leelise sisaldusega klaasisorte. Seda ei tingi niivõrd töötlemisomadused kui saadavate klaastorude kasutamistarve. Leelisvabu või vähese leelise sisaldusega klaastorusid kasutatakse peamiselt keemia- ja toiduainete tööstuses, kus on nõutav hea vastupidavus temperatuuri järskudele kõikumistele.

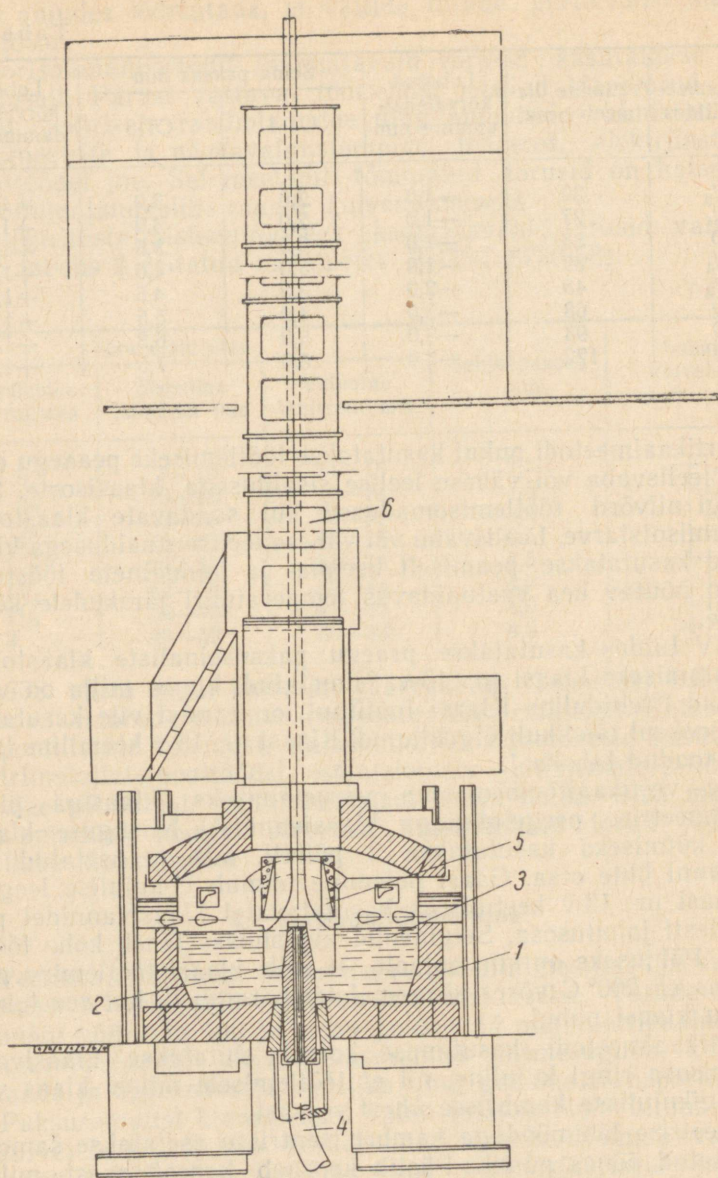
NSV Liidus kasutatakse praegu paksuseinaliste klaastorude valmistamiseks klaasi nr. 13-v. Nimetatud klaas, mille on välja töötanud Üleliiduline Klaasi Instituut, on ennast viie kasutamisaasta jooksul täielikult õigustanud. Klaasi nr. 13-v keemiline koostis on toodud tabelis 1.

Ühe vertikaaltõmbemasina varustamiseks klaasiga piisab 22-ruutmeetrise peegelpinnaga klaasivannist. Niisuguse klaasivanni kütmiseks kasutatakse 2 põletit, mis on asetatud kõrvuti vanni ühte otsa. Gaasi põlemine toimub U-kujulise leegiga.

Klaasi nr. 13-v keetmiseks kasutatavatel klaasivannidel puudub täiesti jahutusosa. Selginenud klaasimass läheb kohe töötlemisele. Põhjuseks on siin asjaolu, et selle klaasi töötlemine peab toimuma ca. 200° C võrra kõrgemal temperatuuril, kui see toimub harilikul klaasi puhul.

Vertikaalmeetodi kasutamise korral ehitatakse klaasivanni töötlemisosa ringi kujuline, nii et töötlemisele minev klaas voolab ringikujulisse kambri ühest servast.

2-meetrise läbimõõduga kambri tsentrisse asetatakse šamotist valmistatud õones püstik. Püstik koosneb kahest osast, millest alumine on kinnitatud kambri põhja külge jäigalt, ülemine on aga vahetatav. Püstiku ülesandeks on vormida toru sisepinda. Tõmbamisele tulevate torude läbimõõdust olenevalt valitakse ka püstiku krooni läbimõõt.



Joon. 3. Klaastorude vertikaaltõmbamine. 1 — masinaalune kamber; 2 — püstik; 3 — klaasimass; 4 — õhutoru; 5 — sõr-
musekujuline jahutaja; 6 — tõmbemasina šaht.

Klaastorude vertikaaltõmbemasin sarnaneb oma konstruktsioonilt, käivitusmehhanismilt ja kinnitusviisilt lehtklaasi tõmbemasinaga. Masin on varustatud 7 paari valtsidega, mis on kaetud asbestiga. Valtsid käivitatakse kardaanaajami abil ja nende ülesandeks on vedada masinakambris moodustuvat toru üles. Torude vertikaaltõmbamise tehnoloogiline protsess toimub järgmiselt.

Vajaliku temperatuurini jahutatud masinakambrisse lastakse terastrossi otsas rõngakujuline reha, mis tungib oma pulkadega püstiku krooni ümber olevasse klaasimassi 5—6 cm sügavusele. Seejärel lastakse kambrisse jahuti. Selle kõrgus on 25—60 mm, olenevalt tõmmatavate torude diameetrist. Otsekohe pärast jahuti asetamist masinakambrisse lülitatakse tööse gaasipõletid. 1—2 minuti pärast tõmmatakse klaasi sees olev rõngakujuline reha trossiga ülespoole. Reha külge kinnikülmunud klaasimass liigub rehaga kaasa ja moodustab ümber püstiku rõngakujulise sibula, mis läheb sujuvalt üle silindriliseks toruks.

Vertikaaltõmbamise protsessis toimub toru kahepoolne jahutamine. Toru välispinda jahutab sõrmusekujuline vesijahuti, sise-pinda läbi püstiku puhutav õhk. Masinakambrist väljuv toru muratakse ettenähtud mõõtmetes maha ja suunatakse lõõmutamisele. Toru vajalikku murdekohta tehakse vette kastetud puust kepiga pragu. Toru mahamurdmine toimub käsitsi.

Klaastorude lõõmutamiseks kasutatakse NSV Liidus praegu konveier-tüüpi lõõmutusahje ОП-36. Viimaseid köetakse generaatorigaasiga. Lõõmutusahju lindi laius on 1 m, lindi liikumise kiirus on reguleeritav. Maksimaalne temperatuur ahjus ulutub 740° C-ni.

Ülevaate klaastorude tõmbamise vertikaalmeetodi mõningatest tehnilistest näitajatest annab tabel 11.

Tabel 11

Näitaja nimetus	Toru diameeter tollides				
	1,5	2	3	4	6
Püstiku diameeter mm	160	192	192	290	290
Jahuti kõrgus klaasipinnast mm	50	40	40	40	25
Toru välispinna temperatuur masinakambrist väljumisel °C	—	—	—	370	390
Püstikusse antava õhu rõhk mm veesammast	10—12	24	30	80—85	90—90
Torude tõmbamise kiirus jm/t.	180—195	100—110	55—60	60—65	35—40

Vertikaalmeetodil tõmmatud paksuseinaliste torude lõikamiseks kiiresti pöörlevaid kettaid kasutada pole võimalik. Tükeldavat toru kuumutatakse löikekohal miniatuurse elektriahu abil kuni paarisaja kraadini. Elektriahi koosneb kahest kääridena lahtikäivast pooltest, mille vahele asetatakse toru. Kääri pooltes olevatest elektrifriktekehadest eralduva soojuste toimetel kuumeneb

lõigatava toru pind kitsa ribana piki perimeetrit. Toru järkamine toimub hetkel, mil kuumutatud koht ümbritsetakse märja riidega.

Pärast toruotste mahalõikamist toimub nende lihvimine. Lihvimiseks kasutatakse horisontaalatasapinnas pöörlevaid 1-meetrise läbimõõduga malmkettaid. Toru asetatakse lihvimiseks vastavasse õnarusse, mis hoiab toru vertikaalasendis. Alumise otsaga toetub toru pöörlevale kettale. Abrasiivmaterjalina leiab kasutamist hariplik klaasiliiv, mis juhatakse vee ja liiva pulbrina pöörlevale kettale. Üheaegselt toimub kuni 8 toru lihvimine.

5. Vello-meetod

Vello-meetodil toodetakse elektrovaakuumtehnikas kasutatavaid klaastorusid. Sellel meetodil on võimalik toota torusid, mille diameeter on 1,5 kuni 60 mm. Torude tõmbamise kiirus ulatub kuni 600 meetrini minuüis. Tänu niisugusele suurele kiirusele on toodetavad torud väga täpsed. Toru vormimine toimub järgmiselt. Klaasimass juhatakse 7,2 m pikkuse renni kaudu töötlemiskohale. Rennis toimub klaasimassi temperatuuri automaatne ühtlustamine. Viimane on vajalik selleks, et vormimisele minev klaasimass oleks homogeneenne ja optimaalse temperatuuriga.

Sula klaas voolab renni lõpus oleva sõrmusekujulise ava kaudu alla. Selle ava moodustamiseks asetatakse ringikujulise renni põhjas oleva ava keskele kooniline lehter, mille kaudu moodustatakse torusse puhutakse õhku. Allavoolava toru läbimõõt on algul ettenähtust suurem, kuid voolamisel tõmbub toru koomale. Torule, mis on alles pehme, antakse vastava profiiliga rulltee abil horisontaalne liikumine. Lõpuks toru tükeldatakse.

6. Fassongosad

Klaastorusid tootvad tehased komplekteerivad tarbijaile saadetavad torud kolmikute ja torupõlvedega. Elektrotehnilised torud komplekteeritakse kahesuguste põlvedega — 90 ja 135°. Komplekteeritavate torupõlvede kogused on toodud tabelis 12.

Tabel 12

Toru sisemine diameeter mm	90- ja 135-kraadiste torupõlvede kogus 100 jm kohta
9	15
12	15
15	15
20	15
25	20
33	8
38	6
50	6

Elektrotehniliste torude kolmikud valmistatakse sirgetest torudest painutamise teel. Tööprotsess on äärmiselt lihtne, kuid aeglane ja nõuab suurt tööjõukulu.

Kolmikud valmistatakse kahe toru liitmisel keevitamise teel. Kevvitamine toimub gaasi- ja hapnikuleegiga. Vertikaalmeetodil tõmmatud torude komplekteerimiseks kasutatakse puhumismeetodil valmistatud torupõlvi.

Torupõlvede valmistamine on töömahukas protsess. Mehhaniseerimise tase on siin praegu veel võrdlemisi madal.

III. KLAASTORUDE ÜHENDAMINE

Teatavasti peavad klaastorud halvasti vastu tõmbele ja paindele. Seda tuleb arvestada klaastorude ühendamisel nii omavahel kui ka teistest materjalidest torudega. Ühendamiseks kasutatakse spetsiaalseid ühendusi, millega püütakse nimetatud puudust kompenseerida.

Ühendused võib jagada kahte rühma: elastsed ja jäigad.

Elastse ühenduse saamiseks kasutatakse ühenduse konstruktsioonis kummit (vahel ka mingit elastset plastmassi). Elastsed ühendused võimaldavad torude vastastikust paigutust pikisuunas 3—5 mm ja suhtelist pööret 5—6°, ilma et oleks karta torude purunemist või ühenduste tiheduse vähenemist. Elastsed ühendused kompenseerivad ka väikseid ebatäpsusi montaažil, s. o. väldivad torudes ohtlike lisapingete tekkimist, mis võiksid põhjustada avariit. Seepärast tuleb kõikjal, kus vähegi võimalik, kasutada elasteid ühendusi, kuigi need on keerulisemad ja kulukamad kui jäigad ühendused.

Jäigad ühendused on kasutatavad vaid väga hoolika montaaži puhul ja tingimustes, kus on välditud torustiku väiksemadki nihked.

Elastsete ja jäikade ühenduste kõrval on olemas ka vahepealseid ühendusi. Sellised on sfäärilised ühendused.

Tuleb märkida, et seni ei ole veel välja töötatud niisugust ühenduse tüüpi, mis töötaks laitmatult kõikjal, kus klaastorustikke on võimalik kasutada. Kasutatava ühenduse konstruktsiooni sõltub torustiku ekspluatatsiooni tingimustest ja valitakse igal konkreetsel juhul eraldi.

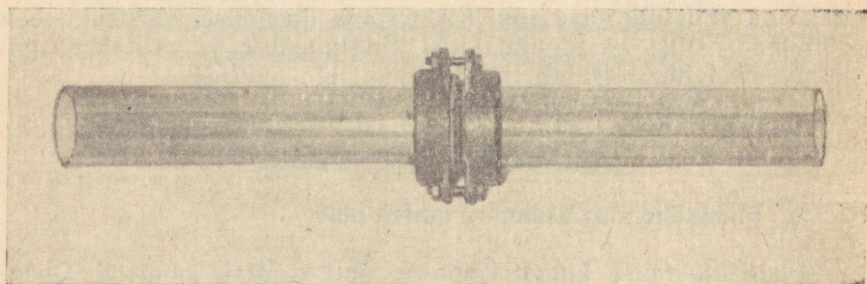
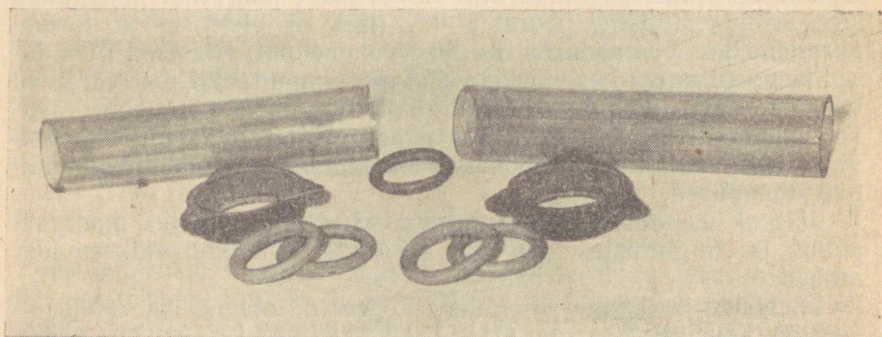
ELASTSED ÜHENDUSED

1. Flantsühendus kummirõngaste abil

Flantsühendust kummirõngaste abil kujutab joonis 4. Ühenduse montaaž toimub abilantsiga (joon. 5), mille mõõtmed mitmesuguse läbimõõduga klaastorude jaoks on toodud tabelis 13.

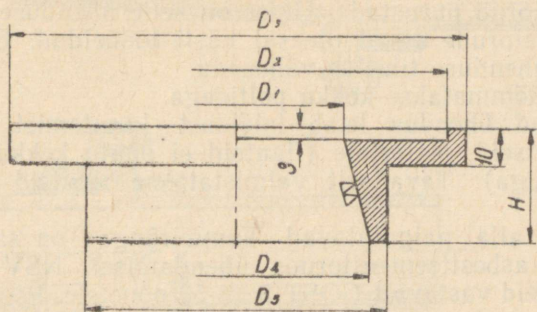
Toru nominaalläbimõõtollides	Abiflantsi mõõtmed mm					
	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	H
1	44	81	90	55	65	30
1,5	56	111	121	70	80	30
2	80	136	146	95	105	35
3	105	168	178	120	130	35
4	136	201	210	155	165	40

Flantsühenduse montaaž toimub järgmiselt. Kõigepealt paigutatakse torule monteeritav flants, siis abiflants ja kummirõngad. Esimene kummirõngas lükatakse toru otsast 50, teine 20 mm kaugusele. Seejärel asetatakse toruotsale spetsiaalne kruviriisk (joon. 6), mille haarmed pannakse monteeritava flantsi taha. Kruvi toetub toruotsas olevale korgile. Kruvi keeramisega tõmmatakse flantse edasi, millega kummirõngad surutakse algul abiflantsi ja edasi monteeritava flantsi alla. Seejuures tuleb jälgida,

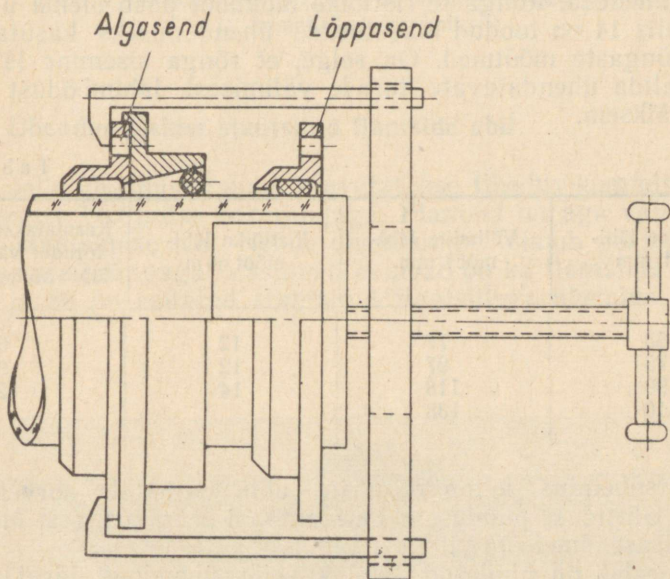


Joon. 4. Flantsühendus kummirõngaste abil.

et rõngad ei läheks viltu ega keerdu, mis vähendab ühenduse tihedust. Kui rõngad on surutud monteeritava flantsi alla, võetakse abiseadmed ära ja kontrollitakse töö kvaliteeti. Õigel montaažil peavad kummirõngad olema üleni monteeritava flantsi all.



Joon. 5. Abiflants.



Joon. 6. Kruviriisk flantside tõmbamiseks kummirõngastele.

Flants peab olema toruotsaga ühes tasapinnas või sellest 2–3 mm tagapool. Ebaõige montaaži puhul tuleb flants torult ära võtta. Selleks nihutatakse flantsi tagasi, kuni kummirõngad flantsi alt vabanevad (üle toruotsa flantsi tõmmata ei tohi, sest see võib

toruotsa purustada). Seejärel asendatakse vanad rõngad uutega ja korratatakse operatsiooni.

Pärast flantside kohalepaigutamist pannakse toruotste vahele T-kujuline kummist vahe rõngas. Sellega saavutatakse ühenduse tihedus ja välditakse toruotste kokkupuutumist, mis halvemal juhul võiks torud purustada. Üldse on selle ühenduse juures oluline, et klaastorude otsad oleksid hästi töödeldud. Ebatasasuste puhul võib ühenduse tihedus väheneda.

Flantsid tõmmatakse kokku poltidega.

Kirjeldatud ühendus leiab laialdast kasutamist, sest see ei nõua defitsiitseid materjale (flantsid ei puutu kokku torus voolava vedelikuga). Tavaliselt valmistatakse flantsid malmist või terasest.

Flantside alla paigutatavad kummirõngad on samad, mida kasutatakse asbesttsementtorude ühendamisel. NSV Liidus valmistatakse neid vastavalt GOST 5228-50 nõuetele. Rõngad peavad olema elastsed. Seejuures on eriti oluline, et jääkdeformatsioonid oleksid pärast rõngaste surumist võimalikult väikesed. Rõngastes ei tohi olla pragusid, kriimustusi ega võõrkehaseid. Nad peavad taluma temperatuuri -30°C . Temperatuuril $+40^{\circ}\text{C}$ ei tohi kumm veel pehmeneda. Rõngaste ristlõike läbimõõt peab olema ühtlane.

Tabelis 14 on toodud klaastorude ühendamiseks kasutatavate kummirõngaste mõõtmed. On selge, et rõnga sisemine läbimõõt tuleb valida ühendatavate torude välimisest läbimõödust mõnevõrra väiksem.

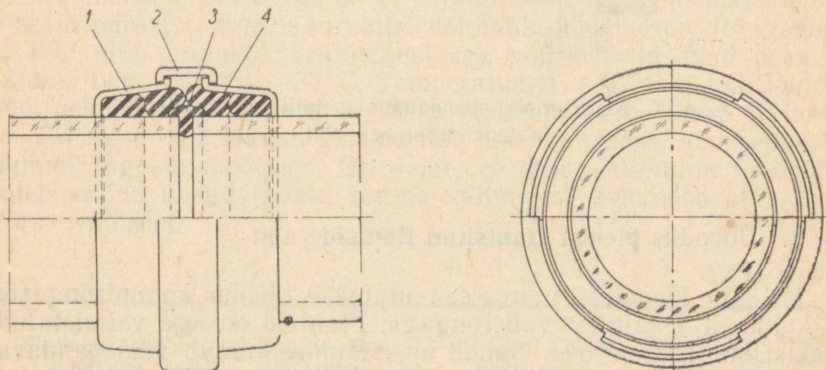
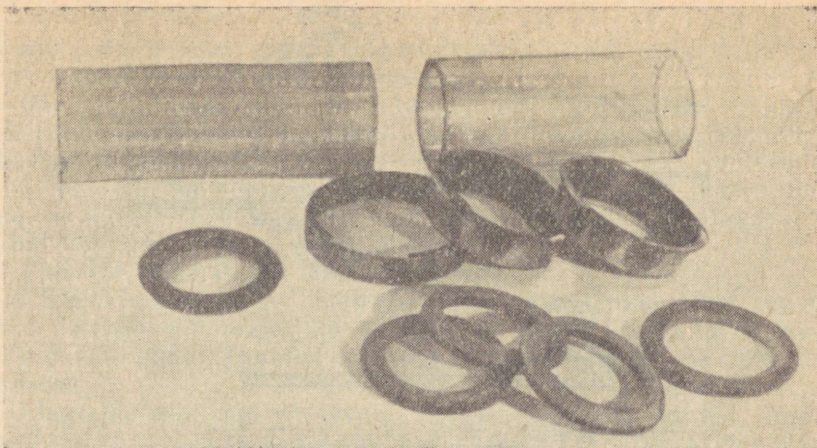
Tabel 14

Sisemine läbimõõt mm	Välimine läbimõõt mm	Ristlõike läbimõõt mm	Kasutatakse klaastorudel välimise läbimõöduga mm
53	77	12	68
73	97	12	93
90	118	14	122
110	138		

Flantsühendus kummirõngaste abil kannatab survet kuni 12 atm. Ühenduse puuduseks on montaaži keerukus, sest montaaž nõuab lisaseadmeid ja vilumust.

Joonisel 7 on näidatud, kuidas selle ühenduse järgi toimub klaastorude ühendamine metalltorudega. Sellisel juhul kasutatakse ainult ühte flantsi ja T-kujuline kummist vahe rõngas asendatakse tasapinnalise kummist vahe rõngaga.

Flantsühendust kummirõngaste abil võib kasutada nii maa-pealsete kui ka maa-aluste klaastorustike monteerimisel. Viimasel juhul tuleb ühenduse detailide välispinnad katta korrosioonivastase isolatsiooniga.



Joon. 8b. Ühendus stantsitud flantside abil. 1 — flants; 2 — pealepandav rõngas; 3 — kummist T-kujuline vahe rõngas; 4 — kummirõngas.

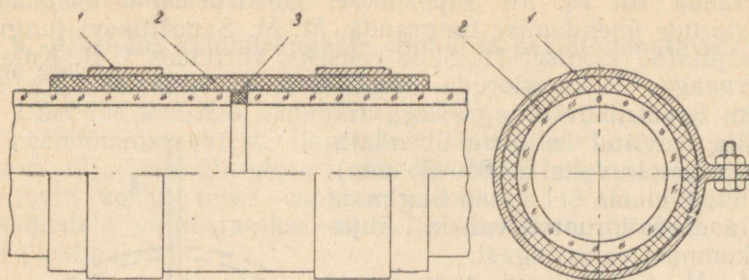
Monteeritava flantsi tõmbamine kummirõngastele toimub eespool kirjeldatud võtetega abil. Torude ühendamiseks asetatakse ühele flantsile pealepandav rõngas ja toruotsa vahele T-kujuline kummist vahe rõngas. Seejärel pigistatakse flantsid tangidega teineteisest nii kaugele, et pealepandava rõnga hambad saab keerata flantsi hammaste taha.

Ühendus on laialdaselt kasutatav maapealsete klaastorustike monteerimisel.

3. Ühendus kummimuhvi ja rangide abil

See on kasutatavatest ühendustest kõige lihtsam (joon. 9). Muhviks on siin kummivooliku tükk, mille läbimõõt võetakse ühendatavate torude läbimõödust mõnevõrra väiksem. Et vältida

toruotste kokkupuutumist, mille tagajärjel torud võiksid puruneda, kasutatakse ka siin kummist vaherõngast. Tiheduse suurendamiseks pannakse muhvi ümber metallrangid, mis kinnitatakse poltidega.



Joon. 9. Ühendus kummimuhvi ja rangide abil. 1 — rang; 2 — kummimuhv; 3 — vaherõngas.

Ühendus on kasutatav nende maapealsete torustike montaažil, kus surve ei tõuse üle 2 atm.

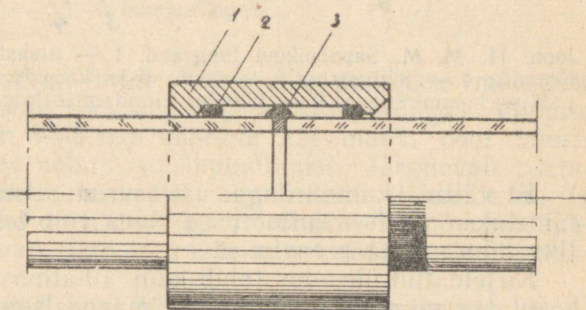
4. Ühendus asbesttsementmuhvi abil

Klaastorusid saab ühendada ka asbesttsementtorude ühendamisel kasutatavate asbesttsementmuhvidega (joon. 10).

Käesoleval ajal valmistatakse NSV Liidus GOST 539-48 järgi kolme tüüpi sisemiste ääristega asbesttsementmuhve: MBH-10, MBH-8 ja MBH-5. Arv tähise lõpul näitab, millise rõhu juures on vastav muhv asbesttsementtorude ühendamiseks ette nähtud. Seda tuleb silmas pidada ka muhvide valikul klaastorude ühendamiseks.

Tihedus saavutatakse asbesttsementmuhvide juures kummirõngaste abil, mis surutakse muhvi sisepinna ja toru välispinna vahele.

Joon. 10 — Ühendus asbesttsementmuhvi abil. 1 — asbesttsementmuhv; 2 — kummirõngas; 3 — kummist T-kujuline vahe-
rõngas.

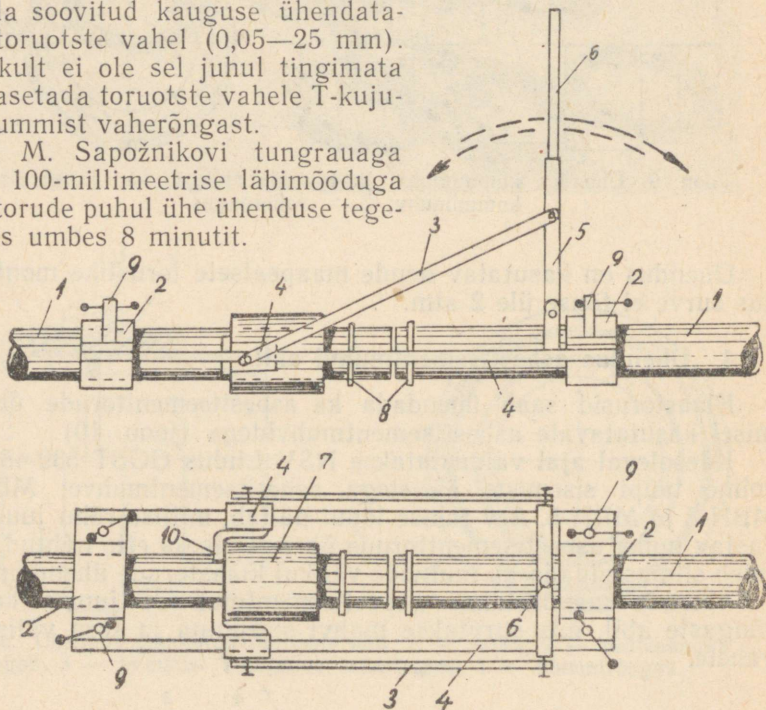


Klaastorude ühendamine asbesttsementmuhvi abil toimub järgmiselt. Muhv asetatakse torule nii, et tema laiem ots, s. o. väiksema sisemise äärisega ots jääks jätku poole. Seejärel pannakse mõlemale ühendatavale torule kummirõngas ja toruotste vahele

T-kujuline kummist vaheõngas. Selleks et muhv jääks pärast montaaži õigesse asendisse, kontrollitakse kummirõngaste asetust šablooni abil.

Muhvi tõmbamiseks rõngastele kasutatakse kas I. P. Kulagini tungrauda või M. M. Sapožnikovi konstrueeritud spetsiaalset klaastorude ühendamise tungrauda. M. M. Sapožnikovi tungraud on kujutatud joonisel 11. Selle eeliseks, võrreldes I. P. Kulagini tungrauaga, on klaastorude tsentreerimise võimalus. Ka saab M. M. Sapožnikovi tungrauaga fikseerida soovitud kauguse ühendatavate toruotste vahel (0,05—25 mm). Järelikult ei ole sel juhul tingimata vaja asetada toruotste vahele T-kujulist kummist vaheõngast.

M. M. Sapožnikovi tungrauaga kulub 100-millimeetrise läbimõõduga klaastorude puhul ühe ühenduse tegemiseks umbes 8 minutit.



Joon. 11. M. M. Sapožnikovi tungraud. 1 — klaastoru; 2 — klamber; 3 — tõmmits; 4 — juhtvarras; 5 — raam; 6 — käepide; 7 — asbesttsementmuhv; 8 — kummirõngas; 9 — klambri kinnitamise kruvi; 10 — haardekonks.

Et vältida kummirõnga väljasurumist muhvi laiema otsast, täidetakse see tsementmördiga. Seda võib teha alles pärast torustiku hüdraulilist proovimist.

Kirjeldatud ühendus talub kuni 10-atmosfäärist survet ja on kasutatav nii maa-aluste kui ka maapealsete torustike ühendamiseks tingimusel, et torustikus voolav vedelik ei reageeri kummi ega asbesttsemendiga.

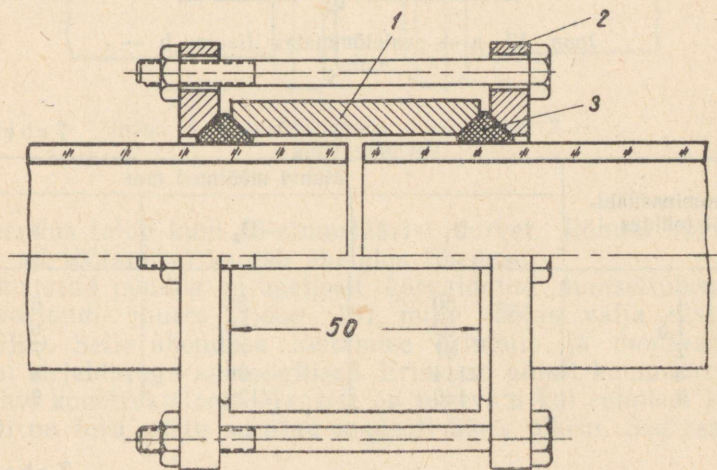
Tuleb aga märkida, et asbesttsementmuhvide kasutamine on otstarbekas ainult üle 75-millimeetrise läbimõõduga klaastorude

ühendamiseks, kuna väiksemate läbimõõtude puhul tuleks ühendus liiga kohmakas.

Ühendatavad torud ei tohi olla elliptilised. Vastasel juhul ühenduse tihedus väheneb.

5. Ühendus kummirõngaste, muhvi ja pealetõmmatavate flantside abil

Ühendus koosneb kummirõngastest, silindrikujulisest muhvist ja pealetõmmatavatest flantsidest, mis ühendatakse poltidega (joon. 12). Selle ühenduse juures puutuvad nii kummirõngad kui ka muhv kokku torus voolava vedelikuga. Vastavalt vedeliku omadustele valmistatakse muhv kas malmist, terasest, klaasist või plastmassist.



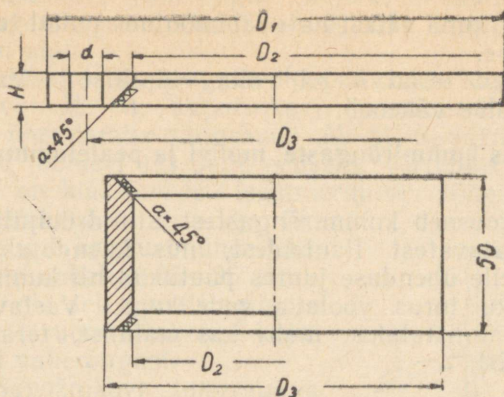
Joon. 12. Ühendus kummirõngaste, muhvi ja pealetõmmatavate flantside abil. 1 — muhv; 2 — pealetõmmatav flants; 3 — kummirõngas.

Ühenduse montaaž on lihtne. Kõigepealt pannakse mõlemale torule pealetõmmatavad flantsid, seejärel kummirõngas. Viimase kaugus toruotsast on 3—5 mm väiksem kui muhvi pool laiust. Sellega välditakse toruotsade kokkupuutumist. Järgnevalt asetatakse ühele torule muhv, teine toru aga tuuakse lähemale nii, et muhvi mõlemad otsad toetuksid kummirõngastele. Lõpuks lükkatakse pealetõmmatavad flantsid vastu kummirõngaid ja ühendatakse poltidega.

Ühendus on talunud kuni 12-atmosfäärist katsesurvet. Maaaluste torustike montaažil ei ole see ühendus kasutatav.

Muhvi ja pealetõmmatavat flantsi kujutab joonis 13, nende mõõtmed on antud tabelites 15 ja 16.

Muhvi pikkus on tavaliselt 50 mm (olenemata toru läbimõõdust).



Joon 13. a — pealetõmmatav flants; b — muhv.

Tabel 15

Toru nominaalläbimõõt tollides	Muhvi mõõtmed mm		
	D ₁	D ₂	a
1	50	36	6
1,5	62	48	6
2	87	71	7
3	114	96	8
4	146	126	9

Tabel 16

Toru nominaalläbimõõt tollides	Pealetõmmatava flantsi mõõtmed mm					
	D ₁	D ₂	D ₃	H	a	d
1	74	36	60	8	6	7
1,5	85	48	73	8	6	7
2	116	72	100	8	7	9
3	145	95	128	10	8	9
4	180	126	160	10	9	11

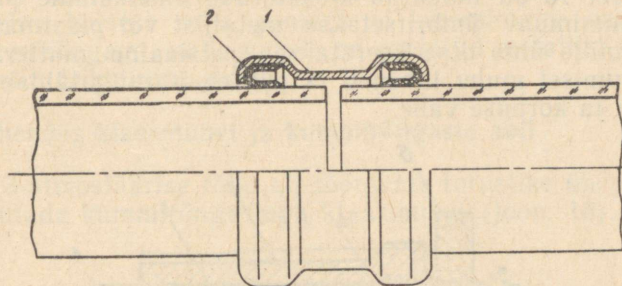
6. Mansettühendus

Mansettühendus kujutab endast muhvi, mille õnarustes on U-kujulised kummimansetid (joon. 14).

Montaažil asetatakse mansetid muhvi õnarüsti ja muhvi lükatakse poolest saadik torule. Seejärel pannakse muhvi sisse teise toru ots.

Muhvi asetamine torule ei ole raske, sest 2—3-millimeetrine väljaulatav mansetiääris paindub kergesti sissepoole.

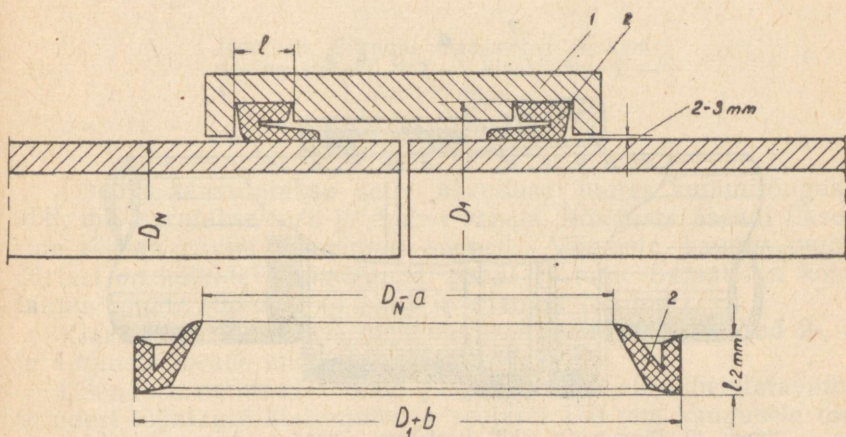
Ühenduse tihedus kasvab koos survega torustikus. Mida suurem on surve, seda tugevamini surub vedelik manseti vastu klaastoru ja muhvi seina.



Joon. 14. Mansettühendus. 1 — muhv; 2 — kummimansett.

Ühendus talub kuni 16-atmosfäärist survet. Rõhuta või vaakumi all töötamisel kaotab ühendus tiheduse.

Nimetatud puudus on osaliselt kõrvaldatud mansettühenduse teise variandi juures (joon. 15), mille töötas välja instituut VODGEO. Selle ühenduse töötamise printsiip ja montaaž on eespool kirjeldatuga analoogilised. Erinevad ainult kummimanseti ja muhvi konstruktsioon. Mansett on tugevam kui eelmisel juhul. Samuti on toru vastu surutud manseti ääris pikem. See rasken-



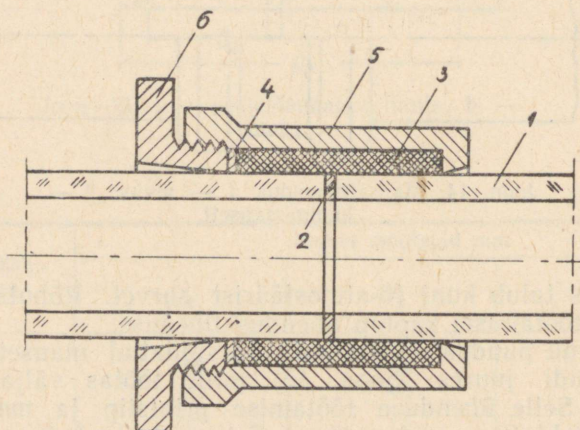
Joon. 15. VODGEO poolt väljatöötatud mansettühendus. 1 — muhv; 2 — kummimansett.

dab vedeliku väljavoolamist. Manseti suurema tugevuse tõttu on aga montaaž raskem kui esimesel variandil.

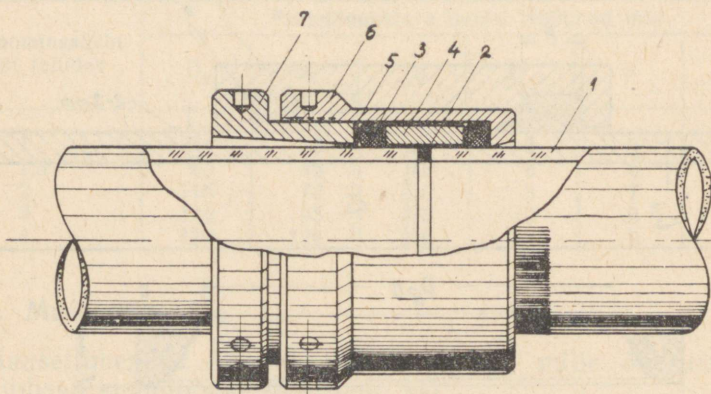
Mansettühendust kasutatakse nii maa-aluste kui ka maapealsete torustike montaažil.

7. Ühendus pingemutri abil

Joonisel 16 on näidatud klaastorude ühendamine pingemutri abil. Kummimuhv ümbritsetakse metallist või plastmassist korpusega, mille ühte otsa keeratakse spetsiaalne mutter. Viimasega surumisel muhv lüheneb ja pakseneb ning täidab tihedalt klaastoru ja korpuse vahe.



Joon. 16. Ühendus pingemutri abil. 1 — klaastoru; 2 — vaheõngas; 3 — kummimansett; 4 — seib; 5 — korpus; 6 — pingemutter.



Joon. 17. Pingemutri abil teostatava ühenduse teine variant. 1 — klaastoru; 2 — vaheõngas; 3 — kummirõngas; 4 — silindrikujuline muhv; 5 — seib; 6 — korpus; 7 — pingemutter.

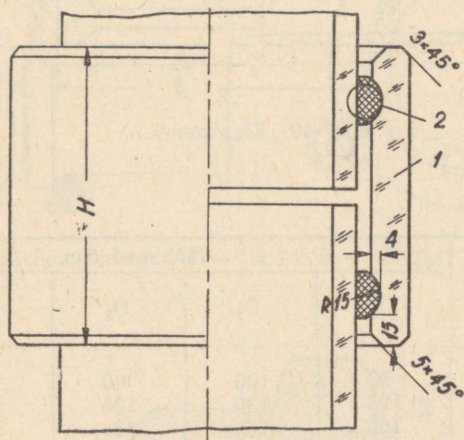
Klaastorude otste vahele pannakse kummist vahe rõngas. Selleks et mutri keeramisel kummimuhv ei keerduks, paigutatakse mutri ja kummi vahele kummist või plastmassist seib.

Ühendus talub kuni 5-atmosfäärist survet.

K. D. Pamfilovi nimelise Kommunaalmajanduse Akadeemia Leningradi Teadusliku Uurimise Instituudis on välja töötatud pingemutri abil teostatava ühenduse teine variant (joon. 17). See erineb eelmisest selle poolest, et kummimuhv asendatakse kahe kummirõngaga, mille vahele on asetatud metallist või plastmassist silindrikujuline muhv.

8. Ühendus klaasmuhvi ja kummirõngaste abil

Kuni 3-atmosfäärise rõhu all töötavate torustike ühendamiseks võib kasutada kummirõngastega klaasmuhvi (joon. 18).



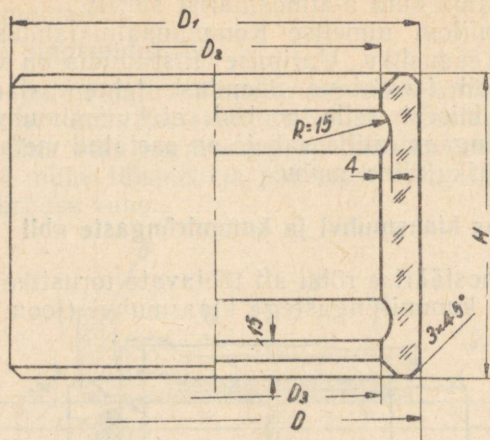
Joon. 18. Ühendus klaasmuhvi ja kummirõngaste abil. 1 — klaasmuhv; 2 — kummirõngas.

Tihedus saavutatakse selle ühenduse juures kummirõngaste abil, mis surutakse toru ja muhvi vahele. Rõngaste asendi fikseerimiseks on muhvi sisepinnal sooned. Viimaste kaugus muhvi äärtest on kõikide läbimõõtude puhul 15 mm. Samuti on konstantne soonte sügavus (4 mm) ja raadius (15 mm).

Klaasmuhv on toodud joonisel 19. Tabelis 17 on antud 2-, 3- ja 4-tolliste torude muhvide mõõtmed.

Ühenduse montaaž toimub järgniselt. Uhele ühendatavatest torudest lükatakse klaasmuhv ja seejärel 150 mm kaugusele toru otsast kummirõngas. Muhv tõmmatakse rõngale käsitsi. Tõmmata tuleb seni, kuni rõngas on jäänud muhvi teise soone alla. Järgne-

valt pannakse muhvi sisse, vastu toru otsa, kummist vahe rõngas. Teise toru otsale asetatakse kummirõngas äärega tasa ja lükatakse toru muhvi, kuni rõngas läheb soonde.



Joon. 19. Klaasmuhv.

Tabel 17

Toru nominaalläbimõõt tollides	Mõõtmed mm				
	D_1	D_2	D_3	D	H
2	98	100	80	78	100
3	128	130	105	103	110
4	163	165	135	133	120

9. Tšehhoslovakkias kasutatavad elastsed ühendused

Klaastorude elastsetest ühendustest on Tšehhoslovakkias kõige tuntumad inseneride I. Černjaki, I. Vymeri ja A. Nogodilo poolt väljatöötatud ühendused.

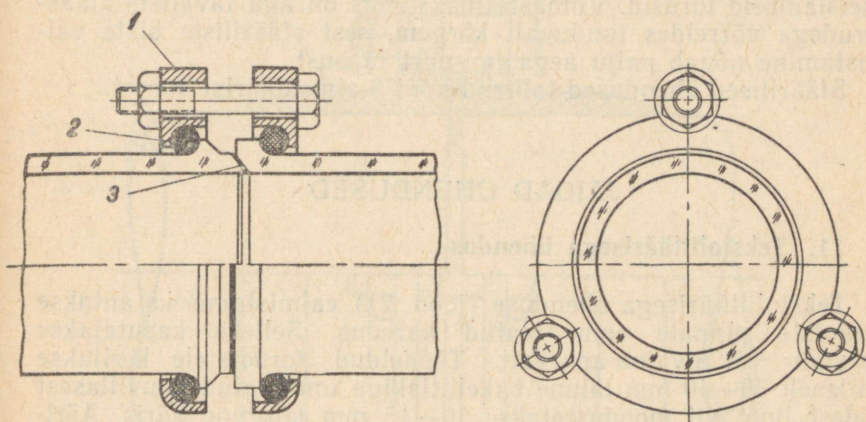
Neist ühendustest esitatakse ammendav ülevaade käesoleva brošüüri II osas «Klaastorude tootmine ja kasutamine Tšehhoslovakkias».

10. Sfäärilised ühendused

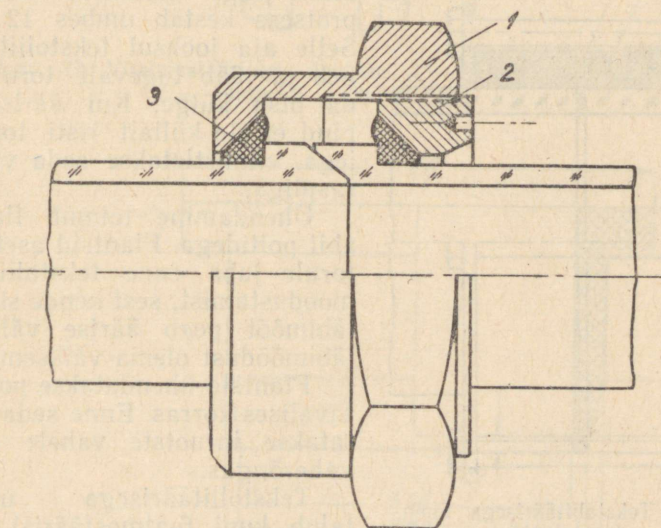
Sfäärilisi ühendusi loetakse elastsete ja jäikade ühenduste vahepealseteks. Joonisel 20a on esitatud üks sfääriliste ühenduste variante. Klaastoru otsad on antud juhul laiendatud. Toru ühes otsas lõpeb laiendus kumeralt, teises nõgusalt.

Ühenduse montaaž on suhteliselt lihtne. Toruotste vahele asetatakse vaherõngas, mille materjal oleneb torustikus voolava vedeliku omadustest. Ühendamine toimub pealepandavate flantside abil, mille alla paigutatakse plástmassist rõngad. Et rõngaid saaks üle laiendatud toruotste lükata, lõigatakse nad läbi. Flantsid tõmmatakse kokku poltidega.

Joonis 20b kujutab sfääriliste otstega klaastorude ühendamist vindiga muhvi abil. Muhvi all kasutatakse kummirõngas.



Joon. 20a. Sfääriline ühendus. 1 — flants; 2 — rõngas; 3 — vaherõngas.



Joon. 20b. Sfääriline ühendus 1 — muhv; 2 — pinguti; 3 — kummirõngas.

Sfäärilised ühendused võimaldavad torude telgi pöörata 2—3-kradise nurga all, ilma et torustikus tekiks mingisuguseid lisapingeid.

Sfääriliste ühenduste puhul puutuvad torustikus oleva keskkonnaga kokku ainult torud ja nende otste vahel asuvad vahe- rõngad. Seega saab sfääriliste ühendustega klaastorusid kasutada keemiatööstuses agressiivsete vedelike ja gaaside transportimiseks.

Kirjeldatud ühenduste puuduseks on asjaolu, et nad nõuavad spetsiaalseid torusid. Viimaste maksumus on aga tavaliste klaas- torudega võrreldes tunduvalt kõrgem, sest sfääriliste otste val- mistamine nõuab palju aega ja suurt täpsust.

Sfäärilised ühendused taluvad kuni 3-atmosfäärist survet.

JÄIGAD ÜHENDUSED

11. Tekstoliitäärisega ühendus

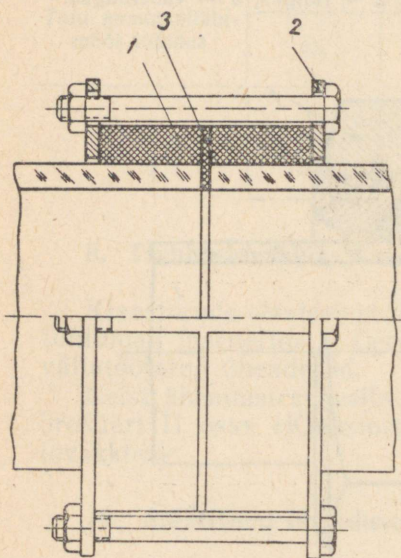
Tekstoliitäärisega ühenduse (joon. 21) valmistamiseks antakse toruotste pinnale enne teatud karedus. Selleks kasutatakse korundi- või liivajoa-aparaati. Töödeldud toruotstele keritakse ühtlaselt 30—40 mm laiune bakeliitlakiga immutatud puuvillasest riidest lint. Nii moodustatakse 10—15 mm kõrgune ääris. Ääri- sega toruotsad asetatakse termostaati, mille temperatuur tõste- takse aeglaselt 110—120° C-ni ja lastakse teatud aja järel aeglaselt alla. Kogu termilise töötlemise protsess kestab umbes 12 tundi.

Selle aja jooksul tekstoliit kõve- neb ja jääb tugevalt toru kare- da otsa külge. Kui äärise otsa pind ei ole küllalt risti toru tel- jega, viimistletakse seda viili või raspliga.

Ühendamine toimub flantside abil poltidega. Flantsid asetatakse torule juba enne tekstoliitäärise moodustamist, sest nende sisemine läbimõõt peab äärise välimisest läbimõödust olema väiksem.

Flantsid ühendatakse poltidega tavalises korras. Enne seda paigu- tatakse toruotste vahele elastne vahe- rõngas.

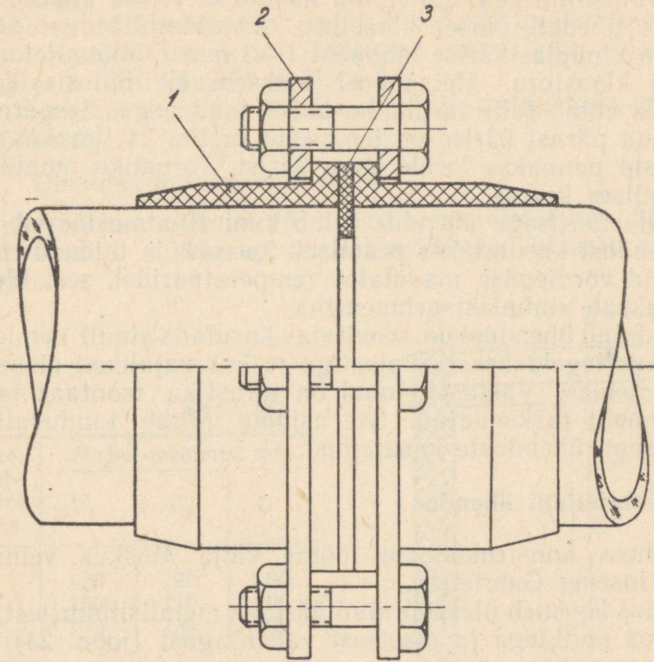
Tekstoliitäärisega ühendus talub kuni 6-atmosfäärist survet ja on mõeldud kasutamiseks maa- pealsete torustike montaažil.



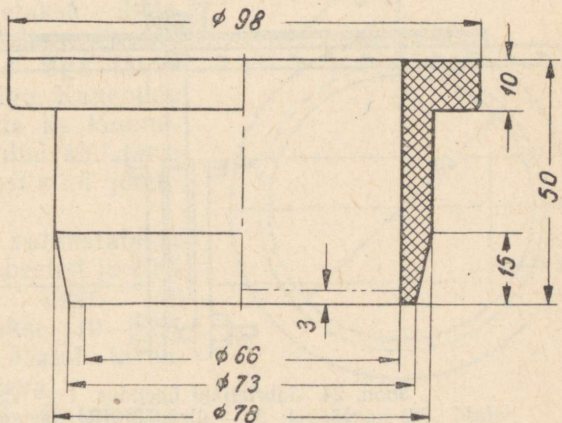
Joon. 21. Tekstoliitäärisega ühen- dus: 1 — tekstoliitääris; 2 — flants; 3 — vahe- rõngas.

12. Vinüplastäärisega ühendus

See ühendus koosneb vinüplastäärisest, metallflantsidest koos poltidega ja elastsest vaherõngast (joon. 22). 2-tollise toru vinüplastääris on toodud joonisel 23.



Joon. 22. Vinüplastäärisega ühendus. 1 — vinüplastääris;
2 — flants; 3 — vaherõngas.



Joon. 23. 2-tollise toru vinüplastääris.

Vinüplastäärised asetatakse toruotstele kuum-istu meetodil. Selleks kuumutatakse neid enne torudele panemist 70° C-ni. Parema nakke saavutamiseks vinüplasti ja klaasi vahel töödeldakse toruotsi eelnevalt liivajoa-aparaadi või korundiga ja kaetakse karbinoollimiga, millele on lisatud tsementi. Jahtudes tõmbub ääris tihedalt ümber klaastoru. Vajaliku tiheduse saavutamiseks on vinüplastäärise läbimõõt 1—3 mm (sõltuvalt toru läbimõödust) klaastoru läbimõödust väiksem. Et liim sisaldab tsementi, siis võtab selle tardumine mõni tund aega. Seepärast jäetakse torud pärast äärise pealepanekut umbes 24 tunniks seisma.

Flantsid pannakse torule enne äärise. Torustiku montaaž toimub tavalises korras.

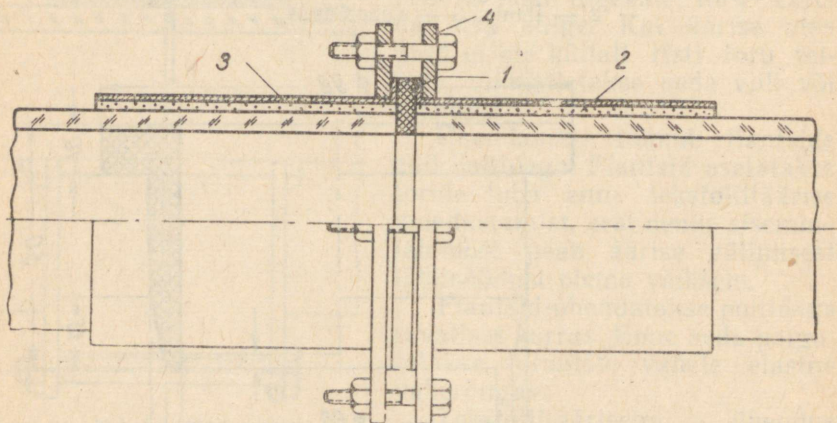
Vinüplastäärisega ühendus talub kuni 10-atmosfäärise survet. Seda ühendust kasutatakse peamiselt keemia- ja toiduainete tööstuses, kuid võrdlemisi madalatel temperatuuridel, sest üle 70° C juures hakkab vinüplast pehmenema.

Kirjeldataud ühendust on soovitatav kasutada ainult nendes ettevõtetes, kus tegeldakse vinüplastiga ja kus vajalikud abiseadmed on juba olemas, Vastasel juhul on torustiku montaaž ja edaspidine remont raskendatud. See asjaolu piirab tunduvalt vinüplastäärisega ühenduste kasutamist.

13. Gabrieljani ühendus

Ühenduse konstruktsiooni töötas välja Moskva veinitehase «Ararat» insener Gabrieljan.

Ühendus koosneb ülespööratud äärtega metallsilindritest, flantsidest koos poltidega ja elastsest vaherõngast (joon. 24).



Joon. 24. Gabrieljani ühendus. 1 — vaherõngas; 2 — väävel; 3 — ülespööratud äärtega metallsilinder; 4 — flants.

Silindrid valmistatakse katuseplekist. Nende läbimõõt on 6—8 mm klaastoru välimisest läbimõõdust suurem. Silindri ja klaastoru vahele valatakse sulaväävliit. Väävli nakke suurendamiseks töödeldakse toruotsi eelnevalt liivajoa-aparaadi või korundiga. Pärast väävli tardumist võib torud ühendada.

Kirjeldatud ühendust on sobiv kasutada toiduainete tööstuses nende torustike juures, mis töötavad madalatel survetel (kuni 2 atm) ja mille läbimõõt ei ületa 1,5".

Gabrieljani ühenduse detaile on lihtne valmistada igas mehaanikatöökojas.

14. Ühendus topitud muhvi abil

Muhv on kas malmist või asbesttsemendist (joon. 25). Tabelis 18 on toodud mitmesuguse läbimõõduga klaastorude muhvi mõõtmed.

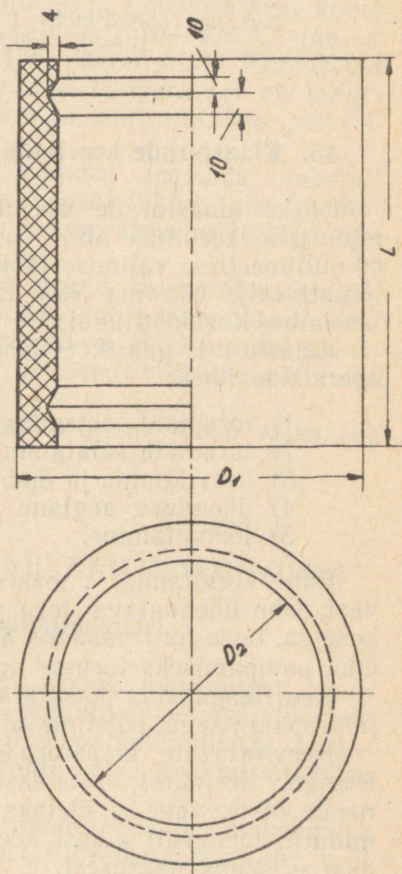
Tabel 18

Toru nominaal-läbimõõt tollides	Muhvi mõõtmed mm		
	D ₁	D ₂	L
2	120	80	180
3	150	110	200
4	175	138	200

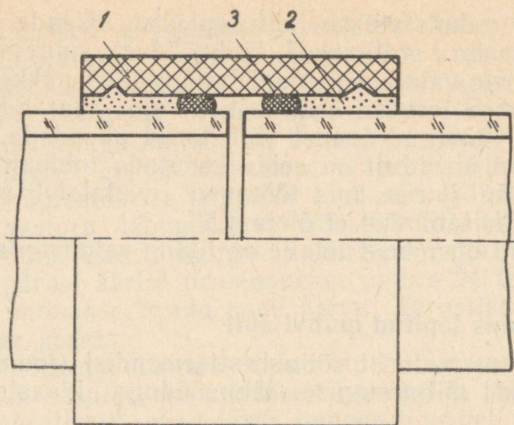
Ühenduse montaaž toimub järgmiselt. Muhv asetatakse torudele, kusjuures vahe muhvi ja torude vahel täidetakse mõlemalt poolt tihedalt kanepikiuga. Vabaksjäänud otsad aga täidetakse asbesttsemendiga. Kanepikiu asemel võib kasutada ka kummirõngaid. Topitud muhvi abil teostatav ühendus on esitatud joonisel 26.

Asbesttsement valmistatakse 20% (kaaluliselt) asbestist ja 80% tsemendist (mark «300» või «400»). Vett võetakse 10—12% kuivsegu kaalust. Massi tardumine kestab 1—2 päeva.

Ühendus talub 3—4-atmosfäärist survet.



Joon. 25. Muhv.



Joon. 26. Topitud muhv. 1 — muhv; 2 — asbesitsementmass; 3 — kanepikiud või kummirõngas.

15. Klaastorude keevitamine

Üheks klaastorude ühendamise meetodiks on nende ühendamine gaasikeevituse abil. Vastav meetod, mida kasutatakse kuni 60-millimeetrise välimise läbimõõduga klaastorude keevitamiseks, töötati välja Ukraina NSV Ehitusmaterjalide Teaduslik-Tehnilise Uurimise Keskinstituudis.

Klaastorude gaasikeevituse protsess koosneb järgmistest põhioperatsioonidest:

- 1) toruotste soojendamine,
- 2) toruotste sulatamine ja liitmine,
- 3) keevitamine ja õmbluse viimistlemine,
- 4) ühenduse aeglane jahutamine lõõmutustemperatuurini,
- 5) lõõmutamine.

Enne keevitamist puhastatakse toruotsad hoolikalt, eriti liivast. Ühe ühendatava toru vaba ots suletakse tihedalt kummikorgiga, teise toru vaba ots aga korgiga, mida läbib kummivoolik. Õhu pumpamiseks torusse on vooliku otsas kummipall.

Keevitusgaasina kasutatakse metaani või vedeldatud butaani ja propaani segu, põletina injektorpõletit CY.

Keevitatavate klaastorude otsi soojendatakse nõrga suitseva leegiga. Seejuures asetatakse torud otstega vastastikku nii, et nende otste vahe ei ületaks 5 mm. Soojendamine kestab 2—4 minutit, olenevalt klaasi keemilisest koostisest, torude läbimõõdust ja seinte paksusest.

Pärast soojendamist antakse hapnikku ja reguleeritakse leek teravaks, nii et temperatuur oleks ca 2000° C. Toruotsad lähenda-

takse 2—3 millimeetrini. Sulatamine toimub ühtlaselt ümber toru 0,5—1 minut. Seejärel põletati eemaldatakse ja toruotsad surutakse ettevaatlikult kokku.

Järgneb õmbluse n.-õ. läbikeevitamine ja viimistlemine. See operatsioon teostatakse sama põletiga. Vajaduse korral silutakse õmblust sileda puutükiga. Selleks et õmbluskoht ei vajuks sisse, surutakse kummipalli abil torusse õhku. Õmbluse viimistlemine kestab 2—3 minutit.

Ühenduskoha jahutamiseks lõõmutustemperatuurini lõpetatakse hapniku andmine põletisse ja vähendatakse aegamööda leeki. Selleks kulub 1—2 minutit.

Temperatuuripingete vähendamiseks ühenduskoha jahtumisel lõõmutatakse klaastorusid umbes 10 cm ulatuses mõlemalt poolt õmblust. Lõõmutamist teostatakse kas asbestvarjuga varustatud gaasipõleti või spetsiaalse elektriahju abil. Lõõmutatavat kohta hoitakse 10—15 min. lõõmutustemperatuuri (550—600° C) juures. Seejärel jahutatakse ühenduskohta 150—200° C-ni ja lõõmutatud osa kaetakse soojendatud asbestiga. Kui temperatuur on langedanud 50—60° C-ni, eemaldatakse asbest ja kontrollitakse polariskoobi abil lõõmutuse kvaliteeti.

Kui lõõmutamist ei saa mingil põhjusel teostada vahetult pärast keevitamist ja ühenduskoht vahepeal jahtub, siis kuumutatakse see hiljem aeglaselt lõõmutustemperatuurini ja lõõmutus teostatakse tavalises korras.

Tuleb märkida, et lõõmutamisega ei kao temperatuuripinged klaastorudest täielikult. Teatud osa neist jääb paratamatult alles. Järelejäanud pinged on maksimaalsed 2,5—5 cm kaugusel keevitusõmblusest, kuna õmbluses eneses on need väikesed või isegi puuduvad.

Keevitajast ja abitöölisest koosnev brigaad jõuab vahetuses teha kuni 50 keevitusühendust.

IV. KLAASTORUDE KASUTAMINE E HITUSTEGEVUSES

1. Süvistatud elektrijuhtmestiku paigaldamisel

Et säästa metalli ja alandada ehitustööde maksumust, kasutatakse süvistatud elektrijuhtmestiku paigaldamisel metalltorude asemel klaastorusid. Elektrijuhtmestiku paigaldamisega klaastorudesse hoitakse 1 m² elamispinna kohta kokku keskmiselt 3,7 m metalltorusid.

Metalltorude kokkuhoiu ja elektrimontaažtööde maksumuse alandamise kõrval on klaastorudel metalltorudega võrreldes veel järgmised eelised:

- 1) klaastorude iga on metalltorudest pikem, sest nad ei korrudeeru;

- 2) klaastorude puhul ei esine elektri «väljavoolamisest» tingitud voolukadusid. (Seega on klaastorudel ka ohutustehnika seisukohalt paremad omadused.);
- 3) klaastorud ei vaja puhastamist ega värvimist;
- 4) tänu klaasi headele isolatsiooniomadustele võib klaastorudes kasutada nõrgema isolatsiooniga juhtmeid;
- 5) juhtmete sama läbimõõdu juures võib klaastoru läbimõõt olla metalltoru läbimõõdust väiksem, sest ka hõõrdetakistus juhtmete tõmbamisel torusse on väiksem.

Süvistatud elektrijuhtmestiku paigaldamisel kasutatakse harilikult klaasist valmistatud torusid, mille välimine läbimõõt on 20—68 mm. Enam kasutatakse 20—27-millimeetrise läbimõõduga torusid.

Torud ühendatakse 5—8 cm pikkuste silindrikujuliste eboniitmuhvidega.

Nagu praktika on näidanud, võib klaastorusid paigaldada mitmesugustele alustele: puitkonstruktsioonidele, mööda tellisseinu, raudbetoonalaseid jne.

Torud paigutatakse seintesse või lagedesse tehtud spetsiaalsetesse süvenditesse. Et võimaldada niiskuse eemaldamist, peab langus olema 0,01 lähima karbi poole. Klaastorud kinnitatakse kipsmördi abil. Seinad ja laed krohvatakse tavalises korras.

Monteeritavate hoonete puhul asetatakse klaastorud monteeritavatesse konstruktsioonidesse juba nende valmistamise ajal tehes. Monteeritavates konstruktsioonides kasutatakse ka klaasist paaristorusid. Sel puhul langeb ära vajadus isolatsiooniga juhtmete järele.

2. Veevarustuses ja kanalisatsioonis

Teatavasti on veevarustus- ja kanalisatsioonitorudele esitatavate nõuete hulgas üheks tähtsamaks korrosioonikindlus. Klaastorud rahuldavad selle nõude täielikult. Ka on klaastorud ideaalsed bakterioloogilisest ja hügieenilisest seisukohast.

Tänu siledale pinnale ei teki klaastorudes setteid, nagu seda esineb sageli malm- ja terastorudes. Klaastorude sisepind jääb puhtaks ka juhul, kui vees leidub rauabaktereid. (*Crenothrix*, *Gallionella*), mis tihti põhjustavad tsentraliseeritud veevarustuse metalltorudes vee reostumist. Ka on klaastorusid eksploatatsiooni andmisel hõlpsam puhastada prahist, mis neisse montaaži ajal on sattunud.

Et klaas ei juhi elektrit, ei allu maa-alused klaastorustikud rändvoolude mõjule, mis sageli rikuvad maa-aluste metalltorustike hermeetilisust.

Sileda sisepinna tõttu juhivad klaastorud kanalisatsioonis majandus- ja fekaalvett paremini kui malm- ning betoonitorud.

Nimetatud positiivsetele omadustele vaatamata ei ole klaastorud leidnud elamutesiseses veevarustuses ja kanalisatsioonis

lailaldast kasutamist. Selle põhjuseks on klaastorude haprus ja väike paindetugevus.

Elamutesse ei ole otstarbekas katmata klaastorustikku paigaldada, sest iga juhuslik löök võib selle purustada. Süvistatud torustiku paigaldamisel on aga karta, et hoone vajumine (olguigi väga väike) tekitab torudes lisapingeid, mis jällegi võivad tekitada avarii. Järelikult on klaastorude kasutamine sisemistes veevarustus- ja kanalisatsioonivõrkudes seotud suure riskiga. Teiseks takistavaks teguriks on asjaolu, et sisevõrgud on oma ehituselt võrdlemisi keerulised, s. o. esineb palju pöördeid, fassongosi ja ventiile. See teeb klaastorustiku montaaži tülikaks.

Maa-aluste veevärgitorustike ehitamisel on nimetamisväärset edu saavutatud Tšehhoslovakkias. Juba 1954. aastal töötas Tšehhoslovakkias edukalt üle 20 klaastorudest magistraali. Tööd sel alal laienevad pidevalt.

Nõukogude Liidus ei ole olemasolevatel andmetel klaastorusid seni tööstuslikus ja kommunaalveevarustuses märkimisväärses ulatuses kasutatud. Osalt on selle põhjuseks seni toodetud kodumaiste klaastorude ebarahuldav kvaliteet. Sageli on torudes puuduliku lõõmutamise tagajärjel tugevad sisepinged, mistõttu esineb juhtumeid, et klaastoru puruneb nii-öelda iseenesest. Kui veevarustuses, kus rõhk torustikus on küllaltki suur, kasutada sisepingetega torusid, lisanduvad sisepingetele pinged torustiku siserõhust ja purunemise oht suureneb veelgi.

Põllumajanduslikus veevarustuses, kus rõhk ei ületa tavaliselt 2—3 atm ja kus torustikel on täita vähem vastutusrikkad ülesanded, kasutatakse klaastorusid Nõukogude Liidus hea eduga. On monteeritud nii maa-aluseid kui ka maapealseid torustikke, mis töötavad normaalselt.

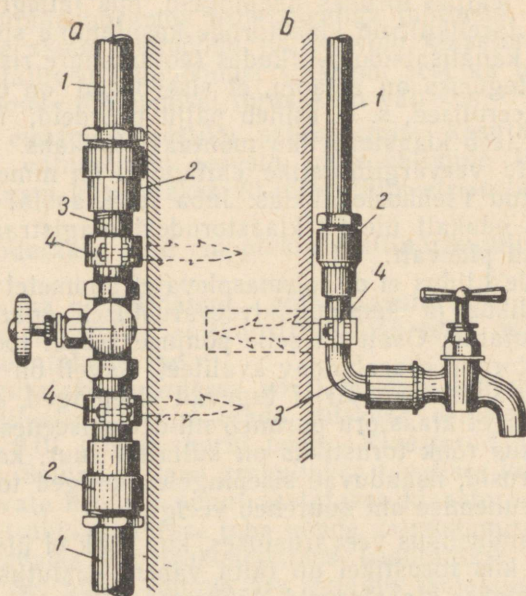
Ka Eesti NSV-s kui kõrgelt arenenud loomakasvatusega maal tuleks klaastorud põllumajanduslikus veevarustuses (loomalautades, kultuurkoplite joogikohtades jne.) kasutusele võtta.

Kultuurkoplite, joogikohtade varustamiseks veega (kui looduslikud võimalused puuduvad) ehitatakse tavaliselt maa-alused metalltorustikud. Kultuurkoplid asuvad pumbajaamast või veetornist sageli mitme kilomeetri kaugusel, mistõttu torustiku ehitamiseks kulutatakse suurel hulgal defitsiitseid metalltorusid. Oigesti teostatud montaaži puhul võib metalltorude asemel hea eduga kasutada klaastorusid.

Loomalautades kasutatav automaatjootmise skeem on suhteliselt lihtne. Klaastorustike montaažiks on see igati soodne. Lihtsamal juhul on vaja ainult kahte tüüpi fassongosi: torukolmikuid ja põlvi. Need võivad olla valmistatud klaasist. Tavaliselt vajatakse ainult kahe erineva läbimõõduga torusid. Suurema läbimõõduga peatorudest hargnevad väiksema läbimõõduga torud automaatjootjatesse. Kui surve torustikus ei ületa 2 atm, kasutatakse klaastorude ühendamiseks lihtsat kummimuhvi rangidega

(vt. lk. 30). Suurema surve puhul on vajalik mingi tugevam ühendus.

Klaastorud tuleb paigutada nii, et toru juhuslikul purunemisel klaasikillud ei satuks loomade sööda sekka või asemetele.



Joon. 27. Klaastorude ühendamine ventiili või kraaniga. a — ventiiliga; b — kraaniga; 1 — klaastoru; 2 — üleminekuosa; 3 — metalltoru; 4 — kinnitusrangid.

Selleks paigaldatakse peatorud näiteks puitrenni sisse, kuhu nad nihkumise vältimiseks kinnitatakse rangidega. Harutorusid kaitsetakse loomade sarvede eest puidust või plekist kattega.

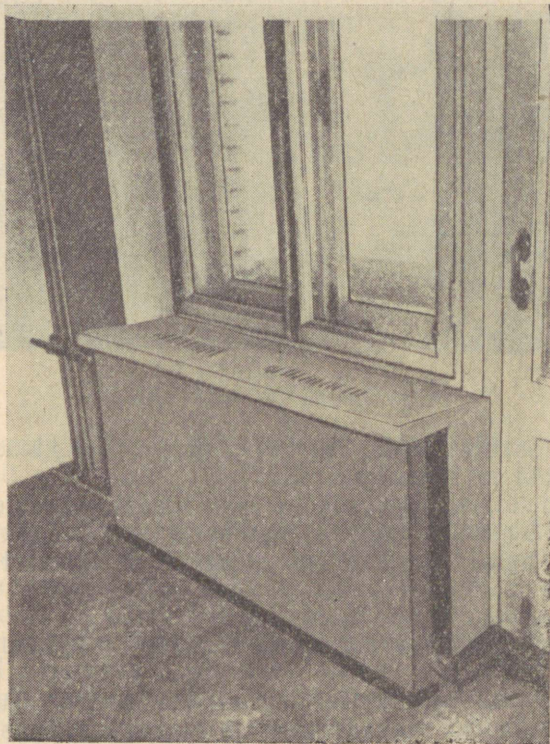
Peale selle kasutatakse klaastorusid hea eduga veel lüpsiruumides ja karjafarmides piima transportimiseks.

3. Keskküttesüsteemides

Üleliiduline Klaasi Instituut ning Ehituse ja Arhitektuuri Akadeemia Sanitaartechnika Instituut viivad läbi katseid elamute keskküttesüsteemides malmradiaatorite asendamiseks spetsiaalsete klaastorudest küttepaneelidega. Need paneelid kujutavad endast 6 cm paksust betoonplaati, millesse valamise ajal on asetatud leelisvabast ja termiliselt vastupidavast klaasist nr. 13-v looklev toru.

Kui vee keskmine temperatuur on $82,5^{\circ}\text{C}$ ja ruumi õhu temperatuur 18°C , siis, olenevalt küttepaneeli torude arvust ja seadme skeemist, soojuse eraldumine ühe m^2 paneeli pinna kohta on 20—65 kilokalorit tunnis.

Katsete tulemused näitavad, et klaastorudega küttepaneelid võivad malmradiaatoreid edukalt asendada. Sellega väheneb

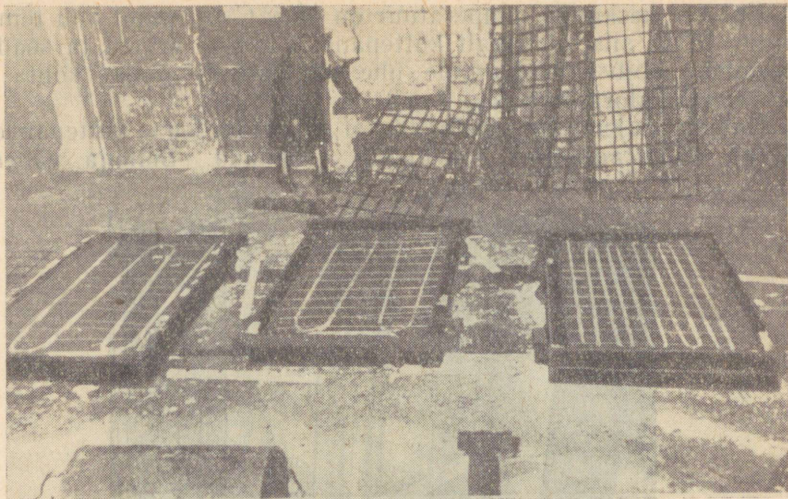


Joon. 28. Klaastorudest ja raudbetoonist küttepaneel.

metallikulu keskküttesüsteemides 70—75%. Kui võtta arvesse asjaolu, et aastas kulutatakse keskkütteradiaatorite valmistamiseks 800 000 tonni malmi, võib klaastorude kasutamist pidada küllaltki oluliseks probleemiks.

4. Teistel ehitusaladel

Välismaal on paksuseinalised klaastorud leidnud kasutamist ka arhitektuuris. Neid kasutatakse nii sisearhitektuuris, kus tähtsal kohal on torude dekoratiivsed omadused, kui ka välisarhitektuuri



Joon. 29. Klaastorudest ja raudbetoonist küttepaneelide valmistamine.

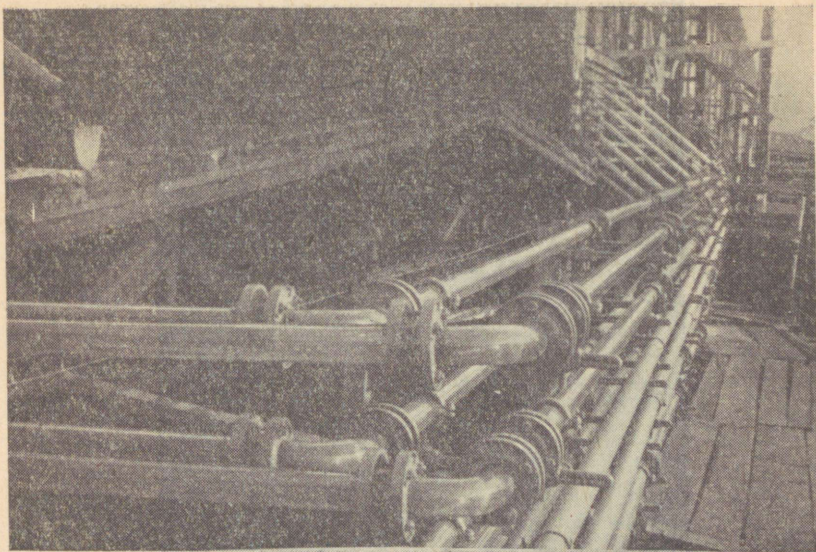
ris, kus dekoratiivsuse kõrval arvestatakse veel klaastorude soojusisoleerimise ja survetugevust.

On andmeid, et tugevuse ja isoleerimiseomaduste poolest ei ole klaastorudest sein tellisest halvem. Nisuguse seina läbi-
paistus on aga klaasplokkidest seina läbi-
paistusest parem.

V. KLAASTORUDE KASUTAMINE TÖÖSTUSES

Tootmistehnoloogilistel liinidel on klaastorude kasutamine hoopis ulatuslikum kui veevarustuses ja kanalisatsioonis. Selle põhjuseks on ühelt poolt tungiv vajadus korrosioonikindla materjali järele, teiselt poolt see, et klaastorude monteerimine ja nende ohutute töötamistingimuste loomine on tööstuses lihtsam kui elamuehituses. Tehasetsehhides riputatakse torud lakke, asetatakse tugevatele seina sisse müüritud kronsteinidele jne. Loomulikult kasutatakse ka siin klaastorusid ainult sel juhul, kui rõhk ja temperatuuri kõikumine ei ole liiga suured. Teatavasti taluvad termiliselt vastupidavast klaasist torud temperatuuri järske kõikumisi kuni 80° C.

Keemiatehastes on tehnoloogilised protsessid sageli seotud agressiivsete vedelike või gaaside transportimisega. Torustikud, mis on tihti võrdlemisi pikad, monteeritakse sel puhul vasest, tinast, hõbedast või kõrgeltleegeritud terasest valmistatud torudest. Sellele vaatamata on nende torude töötamise iga lühike.



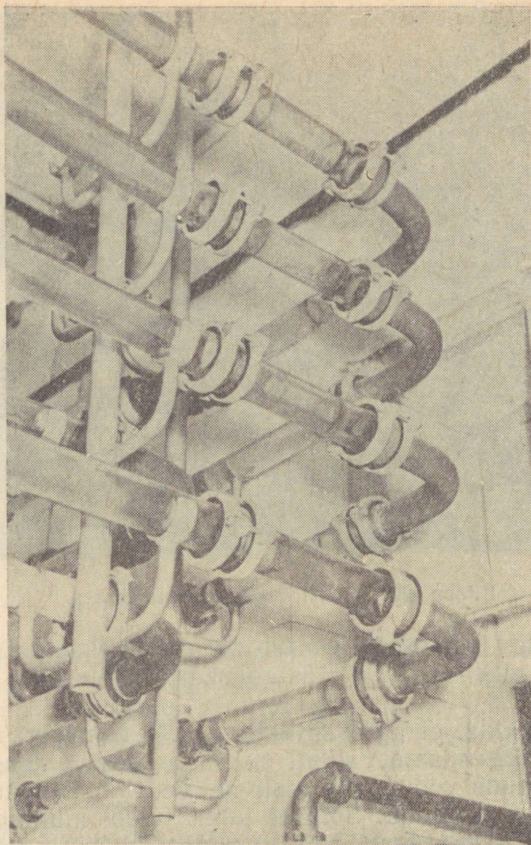
Joon. 30. Klaastorustik keemiatehases.

Klaastorude kasutamine aitab torustike ekspluatatsiooni iga märgatavalt pikendada ja säästab väärtuslikke ning defitsiitseid metalle.

Tuleb märkida, et agressiivsete ainete transportimiseks määratud torude ühenduste valikul on väga suur tähtsus. Tavaliselt ei tohi torustikus voolav agressiivne vedelik ühenduste metall-osadega kokku puutuda. Sellisel juhul tuleb midugi ette näha ühendus, mis seda tagab. Paljud vedelikud mõjuvad kahjulikult ka kummile. Seepärast püütakse kummi asendada kas asbesti või mõne plastmassiga. Tihti kasutatakse ka plastmassist kaitsekilega kummitihendeid. Äärmisel juhul võib toru ühendada gaasikeevituse teel. See eeldab aga, et torustiku montaaž tuleb teostada piinliku täpsusega ja alus, millele torustik kinnitatakse, peab olema täiesti jäik.

Toiduainete tööstuses on paljud tehnoloogilised protsessid paratamatult seotud toiduainete transportimisega ühe seadme juurest teise juude. Klaas on siin torustike ehitamisel hügieenilisest seisukohast ideaalseks materjaliks. Klaastorustikes ei saa toiduained mingeid kõrvalmaitseid, nende omadused, vitamiinisaldus jne. ei muutu. Tänu klaasi läbipaistvusele saab pidevalt kontrollida torustike sisepindade puhtust.

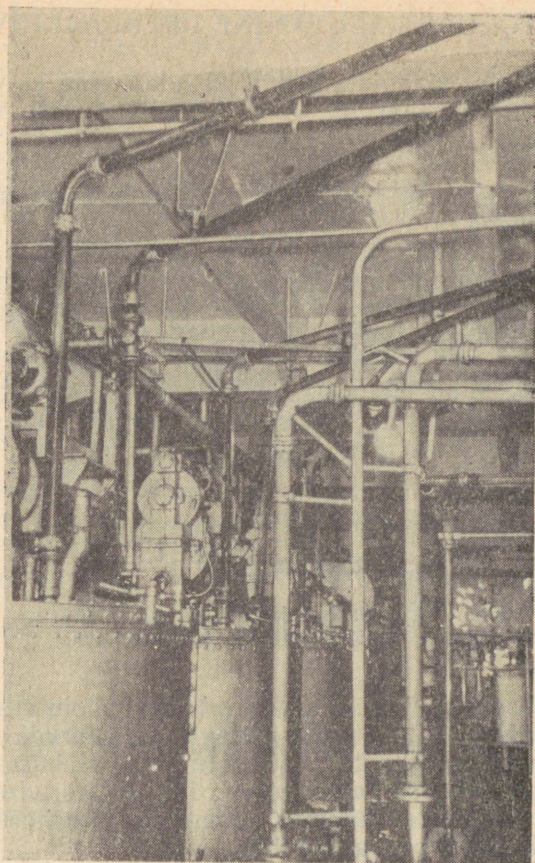
Nõukogude Liidus kasutatakse klaastorusid eriti laialdaselt veini- ja õlletehastes, kus nad asendavad kummivoolikuid. See on võimaldanud tõsta veinide ja õlle kvaliteeti ning vähendada kadusid. Klaastorustikke pestakse läbi veega või mingi nõrga aluselise lahusega.



Joon. 31. Klaastorustik toiduainete ettevõttes.

Ka piimakombinaatides on klaastorustikud ennast õigustanud. Ühenduste tüübid on siin valitud sellised, mis väldivad piima sattumist ühenduste õnarustesse ja vahedesse, kus piim võib roiskuda. Teiselt poolt on püütud kasutada ühendusi, mille montaaž (ja demontaaž) oleks võimalikult lihtne ja kiiresti teostatav.

Piimakombinaatides pööratakse suurt tähelepanu torustike puhastamisele. Vähemalt kord ööpäevas pumbatakse läbi torustiku mingit desinfitseerivat vedelikku, näiteks 60 kraadini kuumutatud kloorlubja lahust. Perioodiliselt teostatakse torustiku aurutamist vähemalt 100-kraadise auruga. Teatud ajavahemike järel monteeritakse torustikud lahti ja kõik torud ning ühendusdetailid pestakse põhjalikult läbi.



Joon.. 32. Klaastorustik õlletehases.

Tšehhoslovakkias kasutatakse klaastorusid laialdaselt ka mineraalvete tootmisel. Klaastorudest ehitatakse nii mineraalvete transportimise torustikke kui ka kaptaazkaevusid. Mineraalvete tootmisel on samuti oluline, et torude materjal oleks keemiliselt püsiv. Ühelt poolt pikeneb sellega torustiku kasutamise iga, teiselt poolt säilivad mineraalvete algomadused. Klaas on siin jällegi suurepäraseks materjaliks.

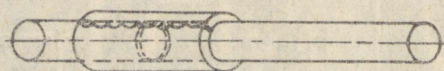
1956. aastaks oli Tšehhoslovakkias ehitatud klaastorudest üle 90 kunj 100 m sügavust kaptaazkaevu.

VI. KLAASTORUDE KASUTAMINE DRENAAŽKUIVENDUSES

Seitsme aasta plaanis ettenähtud ulatuslike kuivendustööde teostamiseks meie vabariigis läheb vaja tunduvalt rohkem dre-naažitorusid, kui neid vabariigi ettevõtted savitorude näol suuda-vad toota.

Allpool vaadeldakse savist drenaažitorude asendamise võima-lusi klaastorudega.

On selge, et drenaažisüsteemides ei saa klaastorude juures eespool kirjeldatud ühendusi kasutada, sest nende põhiliseks nõu-deks on ühenduse tihedus. Klaasist drenaažitorudele sobivate ühenduste leidmiseks viisid Eesti Põllumajanduse Akadeemia hüdro-melioratsiooni kateedri õppejõud K. Alekand, H. Haldre, A. Juske ja M. Sepp läbi vastavasisulise uurimistöö. Selgus, et dre-naaži ehitamisel võib klaastorude ühendamiseks kasutada pikuti poolitatud savist drenaažitoru (joon. 33). Kui klaastorude



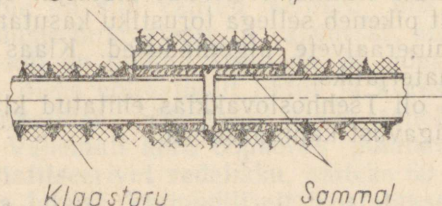
Joon. 33. Klaasist drenaažitorude ühen-damine pikuti poolitatud savitoru abil.

otsad on hästi säilinud, võib savitorude kokkuhoiu eesmärgil neid ka risti poolitada. Vigastatud otstega klaastorude puhul tuleb nende ühendamiseks kasutada savitoru kogu pikkuses.

Nimetatud ühenduse kasutamisel võib klaastorudreenide vahe-kauguse projekteerida niisama suure kui savitorudreenidelgi. Klaastoru pikkuseks on valitud 1 m.

1958. a. kevadel Rapla rajooni «Jüriöö» kolhoosis rajatud klaastorudreenide juures kasutati järgmist ühendust. Torude ühenduskoht ümbritseti samblaga, mille peale asetati piki- ja ristsuunas poolitatud savitoru (joon. 34). Nagu sama aasta sügi-sel teostatud kontrollimisel selgus, töötasid drenid normaalselt, purunemist ega ummistumist ei esinenud.

Poolitatud savitoru, pikkus 16 cm.



Joon. 34. Rapla rajooni «Jüriöö» kolhoosis kasutatud klaasist drenaažitorude ühendus.

Klaastorudest dreanažisüsteemides on imidreenide sisseviimiseks kogujatesse kõige otstarbekam kasutada harilikku, praegu kasutusel olevat savitorudreenide ühendamise meetodit, mille juures klaastoru asetatakse imidreeni ja kogujat ühendava savitoru otsa sisse.

Klaastorudreenide ehitamisel tuleb muidugi arvestada klaastorude spetsiifikat, s. o. nende suhtelist haprust ja väikest paindetugevust. Dreenide kinniajamiseks kasutatav pinnas ei tohi sisaldada üle 4—5-sentimeetrise läbimõõduga kive. Torude katteks tuleb esmane muld võtta vahetult toru lähedalt kaeviku nõlvast.

Väga ohtlik on jätta purunenud klaastorud kuivendatavale maa-alale. Mahajäetud klaasikillud võivad vigastada inimesi ja põhjustada loomade hukkumist kuivendatud maa-alal karjatamisel kui ka sealt koristatud heinaga söötmisel. Selle vältimiseks tuleb pärast kuivendustööde lõpetamist kõik klaasikillud kokku korjata ja maha matta.

Klaasist dreanažitorud on savitorudest tunduvalt väiksema kaaluga, mistõttu transpordikulud vähenevad mitmekordselt. Sellele vaatamata on aga klaastorudreanaži ühe jooksva meetri maksumus ca 20% kõrgem samades tingimustes ehitatud savitorudreanaži maksumusest. Seda põhjustab klaastorude tunduvalt kõrgem hind. Klaastorudreanaži hinna alandamine tuleb kõne alla ainult siis, kui õnnestub vähendada klaastorude maksumust.

VII. KLAASTORUSTIKE MONTAAŽ

1. Maapealsete klaastorustike montaaž

Et klaas on habras ja suhteliselt väikese paindetugevusega, erineb klaastorustike montaaž oluliselt metalltorustike montaažist. See nõuab väga hoolikat, täpset ja ettevaatlikku tööd.

Klaastorustik tuleb alusele kinnitada jäigalt. Vastasel korral võib rõhu tõstmisel torustikus, hüdraulilise löögi puhul, pumba käivitamisel või mõnel muul põhjusel torustik liikuda. See tekitab paindepingeid, mis võivad põhjustada avarii. Eriti ohtlik on klaastorudele vibratsioon.

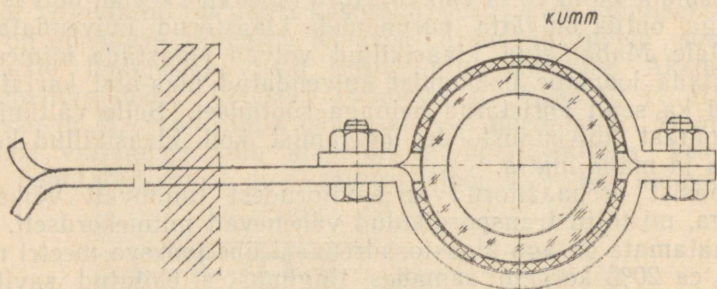
Klaastorustik on soovitatav paigaldada mingisugusele kindlale alusele, näiteks metallkonstruktsioonile, millele torud kinnitatakse rangidega. Kui esineb vajadus paigaldada torustik piki kivi- või betoonseina, müüritakse sinna kronsteinid.

Lakke paigaldatakse torustik jäikade ripatsite abil!

Torude kinnitamine kronsteinidele või ripatsitele toimub rangidega, mis ümbritsevad toru kogu ümbermõõdu ulatuses (joon. 35). Erandi moodustavad torustikud, kus toimub rõhuta voolamine. Sel juhul võib torud asetada kronsteinidele (ripatsitele) rangidega kinnitamata.

Metalli ja klaasi kokkupuutumise vältimiseks pannakse nende vahele 3—5 mm paksune elastne vahetükk.

Kronsteinidele või ripatsitele asetatakse torud üle ühe, s. o. iga kahe toru vahele, millest kumbki on kinnitatud kahes punktis, pannakse üks toru, mis on kinnitamata. Tuleb muidugi kindlaks teha, kas kasutatava ühenduse konstruksioon sellist montaaži võimaldab. Nii näiteks on ilmne, et lihtne kummimuhv rangidega (vt. lk. 30) ei ole võimeline klaastoru koos selles voolava vedelikuga kandma. Sellisel juhul tuleb iga toru kinnitada eraldi.



Joon. 35. Klaastoru kinnitamine rangidega.

Toru kinnitatakse otstest $\frac{1}{5}$ toru pikkuse kauguselt. Kui kohapealsed tingimused seda ei võimalda, võib sellest mõõdust 10% võrra kõrvale kalduda.

Torustikku tuleb tema pöördepunktides täiendavalt kinnitada. See väldib rõhu all töötava torustiku liikumist ja selle tagajärjel tõmbepingete tekkimist. Elastsete ühenduste kasutamisel ei ole küll tõmbepinged klaastorudele ohtlikud, kuid võivad põhjustada ühenduste nihkumist, mis vähendab nende tihedust.

Vertikaalsed püstikud kinnitatakse samuti kronsteinide ja rangidega. Kui püstik läbib vahelae, tuleb ta 1 m kõrgusel järgmise korruse põrandast ümbritseda metalltoru või mõne muu tugeva kattega, et kaitsta klaastoru juhuslike löökide eest.

Katteid tuleb kasutada ka mõningatel teistel juhtudel. Näiteks kui klaastorustik asetseb seadmete läheduses, mille juures teostatatakse süstemaatilist kontrolli ja on karta mõne tööriista kukkumist torustikule, või kui klaastorustik on monteeritud läbikäikude kohale, kaetakse torustik kattega. Ohutustehnika nõuab ka nende torustike kaitsmist, milles voolavad agressiivsed või kuumad vedelikud. Konkreetsetest tingimustest olenevalt tehakse katted kas puudust, plekist, vineerist, metallvõrgust või suurema läbimõõduga metalltorudest.

Horisontaalsed torustikud monteeritakse vesiloodi järgi. Seejuures tuleb arvestada ettenähtud langu. Vertikaalsete püstikute trass märgitakse ripploodi järgi.

Väikese joonpaisumise koefitsiendi tõttu ei asetata klaastorustikele kompensatooreid. Näiteks temperatuuri muutumisel 100° C võrra pikeneb 1 m pikkune toru umbes 1 mm. See väike deformatsioon kompenseeritakse vaheõngastega torude ühendustes.

Enne klaastorustiku eksploatatsiooni andmist tuleb läbi viia selle hüdrauliline proovimine. Vaatamata sellele, millise materjali transportimiseks on torustik ette nähtud, viiakse hüdrauliline proovimine läbi veega. Seejuures tõstetakse rõhk torustikus töö rõhuga võrreldes 1,5-kordseks. Proovimine kestab 1 tund. Selle aja jooksul ei tohi esineda mingisuguseid defekte. Rõhu tõstmine peab toimuma sujuvalt, tõugeteta. Tavaliselt kasutatakse selleks käsipumpa.

Esimese eksploatatsioonikuu vältel kontrollitakse klaastorustikku iga päev.

2. Maa-aluste klaastorustike montaaž

Maa-aluste klaastorustike paigaldamisel tuleb erilist tähelepanu pöörata kaeviku põhja ettevalmistamisele. Klaastorud töötavad laitmatult ainult sel juhul, kui nad on asetatud tugevale ja tasasele alusele. Ebatasase aluse või pinnase ebaühtlase vajumise korral tekivad torustikus paindepinged, mis võivad torustiku purustada. Seepärast tuleb vältida klaastorustike paigaldamist pinnasesse, kus on oodata ebaühtlast vajumist. Eriti kehtib see puistekehade kohta.

Klaastorustikud paigutatakse 10—20 cm allapoole külmumisügavust. Tööde teostamise ajal ei tohi pinnas olla külmunud.

Pärast kaeviku põhja tasandamist puistatakse sinna liiva (liivakihi paksus on 10—30 cm), mida hoolikalt tasandatakse ja tambitakse. Seejärel tehakse liiva sisse piki paigaldatava torustiku telge väike süvend, mille diameeter võrdub klaastoru diameetriga ja sügavus toru poole diameetriga. Süvendi sisse paigaldatakse torustik. Torude jätkukohtades tehakse süvend laiemaks ja sügavamaks, et võimaldada ühenduste takistamatut monteerimist. Süvendi suurus sõltub kasutatava ühenduse konstruktsioonist.

Kui on karta, et pinnaseveed võivad liiva torustiku alt ära uhtuda, tuleb kaeviku põhja teatud vahede järel teha rasvasest savist 60 cm pikkused tammikesed, mis takistavad vete uhtuvat toimet.

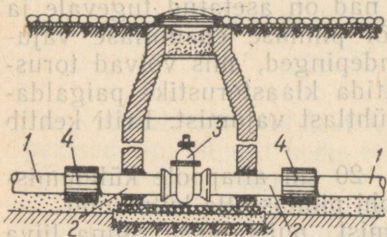
Torud lastakse kaevikusse ükshaaval. Kaldal eelnevalt ühendatud pikkade torustikulülide laskmisel kaevikusse võivad tekkida paindepinged, mis klaastorud purustavad. Torustike paigaldamise kiirendamiseks on Tšehhoslovakkias hakatud viimasel ajal praktiseerima torude ühendamist lühikesteks torustikulülideks. Sel puhul ühendatakse kaeviku kaldal 2—3 toru spetsiaalsetel puupukidel. Ühendatud toru lastakse seejärel kaevikusse.

Enne ühendamist on vaja kontrollida, kas toruotsad on kuivad. Vajaduse korral tuleb nad kuivatada, sest märja toru peal ühenduse kummidetallid libisevad ja ühendus võib muutuda ebatihedaks.

Torustiku pöördpunktidesse tehakse kindlad toed, nn. «surnud punktid», nagu malmtorude juureski, et vältida rõhu all töötava torustiku nihkumist. Toru ja toe vahele pannakse 8—10 mm paksune kummist või asbestist vahetükk.

Kaevik tuleb kinni ajada äärmiselt ettevaatlikult. Enne torustiku hüdraulilist proovimist puistatakse torudele 0,5 m paksuselt liiva või peeneteralist kivideta pinnast, kusjuures kõik ühenduskohad jäetakse vabaks.

Torustiku hüdrauliline proovimine viiakse läbi analoogiliselt malmtorustiku proovimisega. Positiivsete tulemuste korral aetakse kogu kaevik kinni. Seda teostatakse 20 cm paksuste kihtide kaupa. Kihid tuleb hoolikalt ja ettevaatlikult kinni tampida. Toru jätkuukohtade all olevad süvendid täidetakse samuti liiva või peeneteralise pinnasega, mis tühikute vältimiseks tõpitakse sinna puulabidaga. Paremaks tihendamiseks on soovitatav pinnas veega üle valada.



Joon. 36. Ventiili paigaldamine maa-alusele klaastorustikule. 1 — klaastoru; 2 — metalltoru; 3 — ventiil; 4 — ühendus.

Maa-alusele klaastorustikule ventiilide või hüdrantide paigaldamiseks ehitatakse vastavad kaevud. Kaevus olev torustikulõik on metallist, selle ühendamine klaastorudega toimub väljaspool kaevu elastsete ühenduste abil. Sellega välditakse torustiku ja kaevu ebaühtlasest vajumisest tekkivaid paindepingeid.

Klaastorustikule on keelatud ehitada tuletõrje-veevõtukohti.

Klaastorustike montaaži teostavad spetsiaalsed organisatsioonid, mis on varustatud vastava materiaalse baasiga. Nõukogude Liidus teostab klaastorustike montaaži Vene NFSV Ehitusministeeriumi trust «Prodmontaž».

Kui on vaja et pinnasveed ei läbiks torustiku põhja, tuleb torustiku põhja testid teha enne torustiku paigaldamist. Kui on vaja et pinnasveed ei läbiks torustiku põhja, tuleb torustiku põhja testid teha enne torustiku paigaldamist.

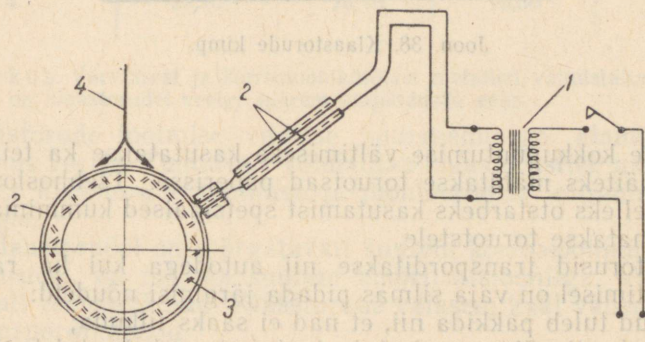
3. Klaastorude lõikamine

Vaatamata sellele, et tehased lasevad välja mitmesuguses pikkuses klaastorusid, tuleb torustike monterimisel torusid paratamatult lõigata, et saada sobivaid pikkusi.

Üheks enam levinud klaastorude lõikamise meetodiks on nende kohalik kuumutamine elektrivoolu toimel, millele järgneb kiire jahutamine. Selleks keeratakse toru ümber mingi suure fakistusega traat, näiteks konstantaan. Traadi läbimõõduks valitakse 0,8—1,2 mm. Traadil on kaks 20—25 cm pikkust hästi iso-

leeritud lõiku, mille abil traat tõmmatakse tihedalt ümber toru. Kuumutamiseks kasutatakse tavalist valgustusvõrgu voolu, mille pinge transformeeritakse 12—30 voldile. Toru kuumutatakse 0,5—2 minutit, olenevalt toru läbimõõdust ja seina paksusest. Seejärel lülitatakse vool välja ja kuumutatud kohta jahutatakse kiiresti veega. Mõnikord poolitub toru ka ainult kuumutamisest, enne veega jahutamist. Lõigatud toruotsad, mis on teravate servadega, lihvitakse maha karborundiga.

Lihtsa seadme klaastorude lõikamiseks konstrueeris S. I. Koroljov. Seade koosneb metallvardast, mille otsa on kõvast metallisulamist kinnitatud väike lõikeratas. Lõikamine toimub järgmiselt. Klaastoru asetatakse tugeledele ja lõikamiseade, mis pannakse toru otsast sisse, viiakse soovitud kaugusele. Lõikeratas surutakse tugevasti vastu toru sisepinda. Seejärel pööratakse toru terve ringi võrra aeglaselt ümber horisontaaltelje nii, et lõikeratta poolt jäetud jälje otsad ühineksid. Toru poolitamiseks koputatakse kergelt selle välispinnale. Teravad servad lihvitakse maha karborundiga.



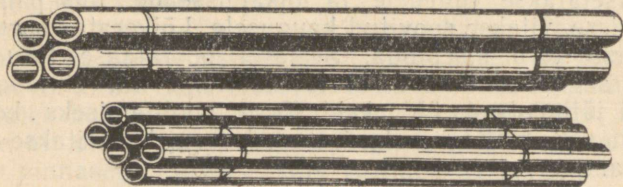
Joon. 37. Klaastorude elektrilise lõikamise skeem. 1 — transformator; 2 — traat; 3 — toru; 4 — jahutusvesi.

Teised lõikamismeetodid vajavad juba keerukamaid seadmeid, mistõttu nende kasutamine ehitusplatsil on raskendatud. Näitena võib tuua lõikamist kiiresti pöörleva terasketta abil. Ketta diameeter on 300—400 mm, pöörte arv minutis vähemalt 1500. Klaastoru surutakse vastu ketta ja pööratakse vastu ketta pöörlemise suunda. Hõõrdumise tagajärjel tekib kõrge temperatuur sulatab torusse väikese soone, mida mööda toru murdmisel puruneb.

VIII. KLAASTORUDE HOIDMINE JA TRANSPORTIMINE

Klaastorusid hoitakse nii kinnistes kui ka lahtistes ladudes. Torud laotakse virna (ühes virnas võivad olla ainult ühesuguse läbimõõduga torud) ühetasasele puitalusele horisontaalses asendis. Virna kõrgus on maksimaalselt 1,5 m. Äärtest tuleb virna toetada puitvaiadega.

Transportimiseks seotakse torud kimpudesse (joon. 38). Olenevalt läbimõõdust on ühes kimbus 4, 6 või rohkem toru, mis on üksteisega kokkupuutumise vältimiseks mõlemast otsast ümbritsetud nõoriga.



Joon. 38. Klaastorude kimp.

Torude kokkupuutumise vältimiseks kasutatakse ka teisi meetodeid. Näiteks mähitakse toruotsad paberisse. Tšehhoslovakkias leiavad selleks otstarbeks kasutamist spetsiaalsed kummimansetid, mis tõmmatakse toruotstele.

Klaastorusid transportitakse nii autodega kui ka raudteel. Transportimisel on vaja silmas pidada järgmisi nõudeid:

1. torud tuleb pakkida nii, et nad ei saaks liikuda;
2. autokasti või vaguniseinte ja torude vahele tuleb tihedalt toppida laaste või õlgi;
3. torukimpude alla ja nende vahele tuleb samuti panna laastu- või õlekiht;
4. torud peavad transpordivahendile olema laotud sõidusuunas (mitte risti sellega);
5. raudteel võib klaastorusid vedada ainult kinnistes vagunites, kusjuures toruriida kõrgus ei tohi ületada 2 m.

Üldnimetatud tingimuste täitmisel klaastorud transportimisel tavaliselt ei purune. Vahel esineb purunemist vaid 1,5–2% ulatuses.

Sfääriliste otstega klaastorude transportimiseks pakitakse nad kastidesse.

IX. KLAASTORUDE TEHNILIS-MAJANDUSLIKUD NÄITAJAD

Metalltorude asendamine klaastorudega võimaldab säästa suures hulgal metalle. Peale selle saavutatakse veel nimetamisväärset majanduslikku efekti, sest klaastorude maksumus on metalltorude maksumusest põhiliselt madalam (tab. 19).

Tabel 19

Toru nominaalläbimõõt tollides	1 m toru maksumus rbl. (1955. a. hindades)			
	malm	teras	klaas CT-4	klaas CT-8
1	—	3,10	2,15	2,65
2	16,38	5,90	5,60	7,00
3	26,20	11,25	10,35	12,70
4	29,16	18,15	16,80	20,50

Märkus. Värvilisest ja korrosioonikindlast metallist valmistatud torudega võrreldes on klaastorudel veelgi suurem majanduslik eelis.

Klaastorude tootmise edasise suurenemisega alaneb nende maksumus veelgi. Tunduvalt võimaldab klaastorustike maksumust alandada klaastorude tootmise ja monteerimise organiseerimine vabariigis.

Et klaastorudel on märgatavalt suurem korrosioonikindlus kui metalltorudel, on neil ka suurem amortisatsiooniiga. Väiksemad on samuti remondikulud. Klaastorude väiksem kaal vähendab ühtlasi transpordikuluseid.

Et klaastorude sisepinnale ei sadestu vees sageli esinevaid mineraalseid aineid (kaltsiumi- ja rauasoolad jne.), on klaastorudeid võimalik kasutada väga mitmesugustes tingimustes, ilma et oleks karta nende läbilaskevõime vähenemist setete kogunemise tõttu toru seintele. Teatavasti väheneb paljude majanduslike ja tööstuslike veetorstike läbilaskevõime aja jooksul just setete tõttu. Ettenähtud vooluhulga tagamiseks tuleb torustikke puhastada või rõhku suurendada. Klaastorude kasutamisel seda teha pole vaja.

Sileda sisepinna tõttu on klaastorudel suurem läbilaskevõime kui metalltorudel. Nagu prof. I. Rothi (Tšehhoslovakkia) uurimused näitavad, on rõhukadu klaastorudes 41% väiksem kui vanades ja 22% väiksem kui uutest malmtorudes. See võimaldab rõhku ja pumpade võimsust alandada ning veetornide kõrgust ja torustike arvutuslikke diameetreid vähendada.

X. KLAASTORUDE HÜDRAULILISEST ARVUTUSEST

Tehnilises kirjanduses on klaastorude hüdraulilise arvutuse kohta võrdlemisi vähe andmeid. Selle põhjuseks on asjaolu, et klaastorusid hakati laialdasemalt kasutama alles võrdlemisi hiljuti.

Seni kasutati klaastorusid peamiselt vaid laboratoorses seadmetes. Üksikutel juhtudel on klaastorude hüdraulilist takistust uuritud võrdlemisi lühikeste ja väikese läbimõõduga torustikulõikude põhjal.

Põhimõtteliselt ei erine klaastorude arvutus tavaliste, hüdrauliliselt siledate torustike arvutusest.

Teatavasti määratakse torustiku rõhukadu valemist

$$h = \frac{\lambda v^2}{2gd}$$

kus

h — rõhukadu (m),

λ — takistuskoeffitsient,

l — torustiku pikkus (m),

d — toru diameeter (m),

v — kiirus (m/sek),

g — raskuskiirendus 9,81 (m/sek²),

või valemist

$$h = \frac{v^2}{C^2 R} l$$

kus

C — Chezy koeffitsient (ehk takistuskoeffitsient),

R — hüdrauliline raadius = $d/4$.

λ on seotud C -ga järgmiselt:

$$\lambda = \frac{8g}{C^2}$$

Üldiselt sõltub λ toru seina karedusest ja torus voolava vedeliku viskoossusest, s. o.

$$\lambda = f(Re, \frac{\Delta}{d}),$$

kus

Re — Reynoldsi arv,

$\frac{\Delta}{d}$ — suhteline karedus,

Δ — absoluutne karedus (kareduselemendi keskmine mõõt).

Reynoldsi arv on ümmarguste torude puhul määratav valemist:

$$Re = \frac{vd}{\nu},$$

kus ν on kinemaatiline viskoossuse koefitsient (cm^2/sek).

ν on mitmesugustel vedelikel erinev ja oleneb suurel määral temperatuurist. Näiteks veel on ta $+18^\circ\text{C}$ juures 0,0106, naftal aga samal temperatuuril 0,25—1,4. Temperatuuri tõusmisel ν väheneb.

Kui Re on väiksem kui 2320, esineb torus laminaarne voolamine. Sel juhul on ümmarguste torude puhul $\lambda = \frac{64}{Re}$, kusjuures on ükskõik, kas toru on sile või kare. Seega toodud seadusepärasmus on laminaarse voolu puhul universaalne.

Praktikas esineb aga laminaarset voolamist väga harva. Peaaegu alati (välja arvatud vedelike liikumine kapillaartorudes, samuti filtratsiooni puhul ja suure viskoossusega vedelike juures) on tegemist turbulentse voolamisega. Siin avaldab karedus takistuskoeffitsiendile juba suur mõju: mida suurem on karedus, seda suurem on ka takistus. Seepärast peab toru sisepind olema võimalikult sile.

Klaastorudel on peale sileda sisepinna veel see eelis, et nende karedus ekspluatatsiooni jooksul märgatavalt ei suurene. Siiski soovitakse «vanade», s. o. pikemat aega ekspluatatsioonis olnud klaastorude puhul sisse viia paranduskoeffitsient 1,10—1,15.

Takistuskoeffitsient määratakse 38—100-millimeetrise läbimõõduga klaastorudele valemist:

$$\lambda = \frac{0,316}{Re^{0,25}}.$$

Reynoldsi arvu suurte väärtuste puhul ei ole see seaduspärasmus aga kehtiv. Eespool mainitud läbimõõduga torude juures on valemit kontrollitud kuni voolu kiiruseni 2,8 m/sek.

Kohaliku takistuse koefitsient φ on 100-millimeetrise klaastorude ühendamisel 0,143 (kui ühendamine toimub ilma kummist vaherõngata). Läbimõõdu vähenemisel aga kohaliku takistuse koefitsient kasvab. Nii näiteks on 13,2-millimeetrise läbimõõduga torude puhul $\varphi = 1,45$. Arvutustes võetakse arvesse summaarne rõhukadu kõikides jätkudes.

II osa

KLAASTORUDE TOOTMINE JA KASUTAMINE TŠEHHOSLOVAKKIAS

I. KLAASTORUDE TOOTMINE

1. Klaastorude tootmiseks kasutatavad klaasid ja nende omadused

Klaastorusid valmistatakse Tšehhoslovakkias kolmest erineva keemilise koostisega klaasist: tavalisest ehk naatronklaasist ja borosilikaatklaasidest «Sial» ning «Simaks».

Nende klaaside keemiline koostis protsentides on esitatud tabelis 20.

Tabel 20

	Naatronklaas	„Sial“	„Simaks“
SiO ₂	71,60	74,60	80,50
B ₂ O ₃	—	6,80	12,50
Al ₂ O ₃	0,85	6,00	2,50
Fe ₂ O ₃	0,05	—	—
B ₂ O	—	4,40	—
CaO	7,70	1,70	0,50
MnO	3,80	—	—
N ₂ O	15,50	6,50	4,00
SO ₃	0,50	—	—

Nagu tabelist nähtub, sarnaneb naatronklaas oma koostiselt Fourcault' lehtklaasiga, «Sial»-klaas meil tuntud klaasiga N 20-p (tehas «Lensos») ja «Simaks»-klaas «Pireks»-klaasiga.

«Sial» ja «Simaks» on termiliselt vastupidavad klaasid. Nende põhilised füüsikalise-keemilised omadused on toodud tabelis 21.

«Sial»-klaasi sulatustemperatuur on $1560 \pm 10^\circ$ ja «Simaks»-klaasil $1600 \pm 10^\circ$. Töötlemistemperatuuriks (käsitsi töötlemisel) on «Sial»-klaasil $1420 \pm 10^\circ$ ja «Simaks»-klaasil 1450° . «Sial»-klaasi töötlemistemperatuur on Danneri masinaga töötlemisel $1210 \pm 10^\circ$.

Omadused	Mõõtühik	„Sial“	„Simaks“
Pehmenemistemperatuur	°C	610	580
Lõõmutus-algtemperatuur	°C	560	540
Joonpaisumise koefitsient	$\frac{1}{^{\circ}\text{C}}$	$47 \cdot 10^{-7}$	$32 \cdot 10^{-7}$
Hüdrolüütiline klass	—	1	1
5-millimeetrise läbimõõduga proovi- varraste tehniline vastupidavus (jär- sul jahutamisel)	°C	180	260 — 580

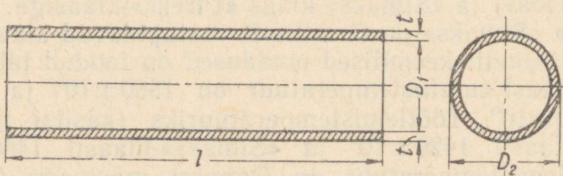
Tšehhoslovakkia naatronklaasil, mida kasutatakse veetorude valmistamiseks, on järgmised füüsikalised-keemilised omadused:

erikaal	2,40—2,50 kg/dm ³ ,
paindetugevus	üle 500 kg/cm ² ,
survetugevus	5000 kg/cm ² ,
elastsusmoodul	7800 kg/mm ² ,
kõvadus Moosi skaala järgi	6,
soojuserimahtuvus (20—100° C)	0,197 kcal/kg,
joonpaisumise koefitsient	$90 \cdot 10^{-7} \frac{1}{^{\circ}\text{C}}$,
soojsuhtivuse koefitsient	0,51 kcal/mh° C,
keemiline vastupidavus	DGG 15—25 mg,
termiline vastupidavus	60° C,
soojuse järsu muutuvuse taluvus	kuni 40° C,
sisepinged (maksimaalselt)	70 mμ/cm.

2. Klaastorude nomenklatuur ja torudele esitatavad nõuded

Naatronklaasist torud

Tavalisest naatronklaasist valmistatakse Tšehhoslovakkias torusid vertikaaltõmbamise meetodil. Torude läbimõõt on 32—150 ja seina paksus 3—10,5 mm. Torud turustatakse 1600—1850 mm pikkustena.



Joon. 39. Ääristeta klaastoru mõõtmete tähistus.

Tabelis 22 on toodud naatronklaasist valmistatud ääristeta veevärgitorude põhilised mõõtmed. Torude lubatud töö rõhk on 7 atm.

Tabel 22

Tinglik läbimõõt mm	Sisemine läbimõõt D_1 mm	Välimine läbimõõt D_2 mm	Seina paksus mm	Pikkus mm	Toru 1 jm kaal kg
80	77	97	10,0	1,6—1,8	6,83
100	97	118	10,5	"	8,48
125	123	144	"	"	10,56
150	149	170	"	"	12,52
Lubatud kõrvalekaldumine	$\pm 1,5$ mm	$\pm 1,5$ mm	± 1 mm		$\pm 5\%$

Sirgete torude kõrval toodetakse Tšehhoslovakkias klaastorustike monteerimiseks järgmisi naatronklaasist valmistatud fassongosi: põlvi, mitmesuguse nurga all olevaid poognaid, kolmikuid, kaksikpoognaid, koonuseid, risttükke, toruotsa sulgevaid osi ja vahetükke. Fassongosade mõõtmed vastavad toodetavate torude läbimõõdule.

Goštomitsi tehases naatronklaasist valmistatud klaastorusid kasutatakse Tšehhoslovakkias maa-aluste magistraalveetorustike rajamisel ja jahuveskites jahu pneumaatilisel ning vabalangemise printsiibil töötaval transpordil. Nagu tabelist 22 nähtub, on klaastoru seintel suur paksus (10—10,5 mm).

Tšehhoslovakkia spetsialistide arvates peab selline paksus olema nende klaastorude seintel, mida kasutatakse maa-alustes torustikes. Maapealsete torustike ehitamiseks kasutatavate torude (näiteks jahuveskites) seinte paksus võib olla väiksem.

Toome siinkohal põhilised nõuded 80-, 100-, 125- ja 150-millimeetrise läbimõõduga klaastorude kohta vastavalt Tšehhoslovakkia standardite tehnilistele tingimustele.

Toru välimise läbimõõdu ovaalsus ei tohi ületada välimise läbimõõdu lubatud kõrvalekaldumise piire (tab. 22). Torude koolumise suurus võib ületada kuni 4% toru pikkusest.

Kõik torud peavad olema hästi lõõmutatud. Ühtlaselt jaotatud sisepinged võivad olla kuni 70 m μ /cm. Klaastorud peavad taluma: a) 25-atmosfäärise siserõhku ühe minuti kestel, b) paindepingeid kuni 350 kg/cm² kahe minuti kestel, c) temperatuuri pidevat tõusu kuni +60°C ja järsku muutust kuni $\pm 40^\circ$ C.

Klaastoru mõleinad otsad peavad olema hoolikalt lihvitud ja otsapinnad toru pikitelje suhtes perpendikulaarsed. Lihvimise kõrval kasutatakse toruotste töötlemiseks ka otsaservade sulatamist.

Torudes ei tohi olla selliseid pragusid, põisi ja kapillaare, mida on võimalik terava metallivardaga purustada, samuti lahtisi

põisi ja kapillaare, sisemisi kivikesi, rauatagi ja teisi võõrkehi. Lubamatud on ka tugevad kriimustused.

Defektideks ei loeta väikesi pragusid, pinnal olevaid alla 1,5-millimeetrise läbimõõduga kivikesi, rauatagi ja teisi võõrkehi, mille mõõtmed ei ületa 1,5 mm, tingimusel, kui need defektid ei tekita klaastoru seintes sisepingeid üle 70 μ /cm.

Tehas väljastab torud mitmesuguses pikkuses, enamasti (umbes 70%) pikkusega 1800 mm.

«Sial»-klaasist torud

«Sial»-klaasist valmistatud torusid kasutatakse keemiatööstuses ja teistes tööstusharudes maapealsete tehnoloogiliste torustike ehitamiseks.

«Sial»-klaasist torud on kas siledate otstega (ilma ääristeta) või kooniliste ja sfääriliste ääristega.

Siledate (ääristeta) torude sisemine läbimõõt on 15, 20, 25, 32, 40, 50, 65, 85, 106, 132 või 295 mm ja seinte paksus 3—8 mm. Seejuures suurema läbimõõduga torud on paksemate seintega. Torude maksimaalne pikkus on 3000 mm (kuni 65-millimeetrise läbimõõdu puhul). Suurema läbimõõduga torude maksimaalne pikkus on väiksem. Näiteks torudel, mille sisemine läbimõõt on 295 mm, on maksimaalseks pikkuseks 600 mm.

Kõrvalekaldumine toru pikkusest võib olla 2—8 mm (olenevalt toru läbimõõdust), seejuures jämedamatel torudel võib kõrvalekaldumine olla suurem, peenematel torudel väiksem.

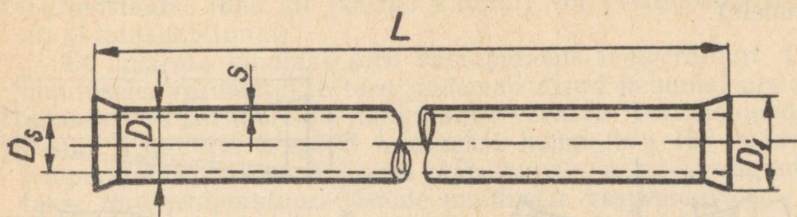
«Sial»-klaasist ääristeta torude mõõtmed on toodud tabelis 23.

Tabel 23

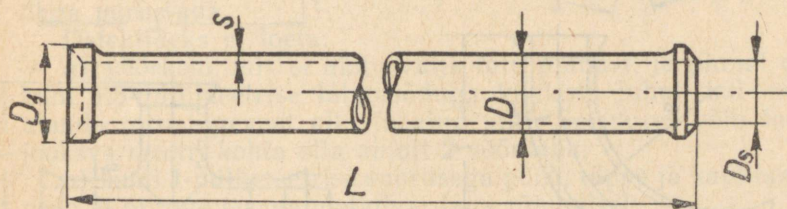
Toru nominaalläbimõõt mm	Sisemine läbimõõt mm	Väliline läbimõõt mm	Seina paksus mm	Maksimaalne pikkus mm	Välimise läbimõõdu lubatud kõrvalekaldumine mm
15	15	21	3	1400	± 1
20	20	26	3	1400	"
25	25	33	4	3000	"
32	32	40	4	3000	"
46	40	50	5	3000	"
50	50	60	5	3000	"
65	65	77	6	3000	"
80	85	97	4—6	1000	± 2
100	106	118	4—8	1000	"
125	132	144	4—8	750	"
150	160	170	4—8	750	"
300	295	305	4—8	600	"

«Sial»-klaasist toodetavate kooniliste ja sfääriliste otstega torude eskiisid on toodud joonistel 40 ja 41. Nende torude sisemine

läbimõõt on 15—65 mm. Kooskõlastatult hankijaga valmistatakse aga kuni 150-millimeetrise läbimõõduga torusid. Torude pikkus on 100—3000 mm, seina paksus 3—6 mm.



Joon. 40. Koonilise äärisega klaastoru mõõtmete tähistus.



Joon. 41. Sfäärilise äärisega klaastoru mõõtmete tähistus.

«Sial»-klaasist kooniliste ja sfääriliste ääristega torude mõõtmed on toodud tabelis 24.

Tabel 24

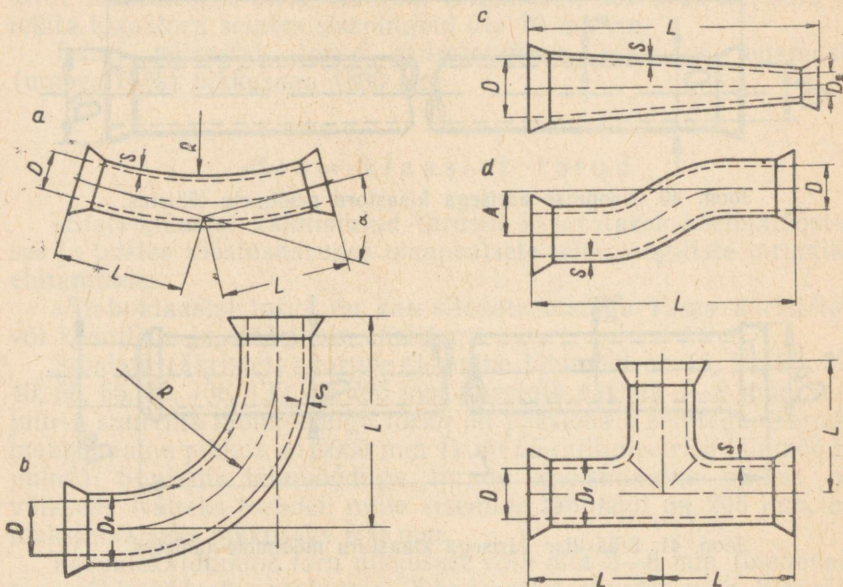
Sisemine läbimõõt D_s mm	Seina paksus S mm	Välimine läbimõõt D mm	Äärise välimine läbimõõt D_1 mm	Pikkus L mm
15	3	21	29	100—2000
20	3	26	35	100—2000
25	4	33	42	100—3000
32*	4	40	50	100—3000
40	5	50	60	100—3000
50	5	60	72	100—3000
65*	9	77	89	100—3000

*) toodetakse ainult kooniliste ääristega.

«Sial»-klaasist torudele valmistatakse järgmisi fassongosi (vt. joon. 42): põlvi, poognaid ($11\frac{1}{4}$ -, $22\frac{1}{2}$ - ja 45-kraadise nurga all),

kolmikuid, kaksikpoognaid, koonuseid, risttükke, toruotsa sulgevaid osi ja vahetükke.

Toodetavad fassongosad vastavad torude läbimõõdule ja tüübile (ääristeta, kooniliste äärise ja sfääriliste otsapindadega torudele).



Joon. 42. Koonilise äärisega klaastoru fassongosad. a — poogen; b — pölv; c — koonus; d — kaksikpoogen; e — kolmik.

«Sial»-klaasist torusid võib kasutada vedelike ja gaaside transportimiseks, mille temperatuur ei ületa 120°C . Temperatuuri järsud muutused on lubatud kuni 70°C . Vedeliku rõhk torus ei tohi ületada 4 atm, gaasi või auru rõhk 0,5 atm.

Kõrvalekaldumine toru seinte paksusest võib olla $\pm 0,8$ – $1,0$ mm ja pikkusest ± 10 mm (kooniliste ääristega torudel) ning ± 5 mm (sfääriliste ääristega torudel).

Ovaalsus on lubatud 15–32-millimeetrise läbimõõduga torudel kuni 1 mm, 40–50-millimeetristel torudel 1,5 mm, toru koonilisel äärisel aga ainult 0,3–0,5 mm.

Torude kooldumine ei või ühe jooksva meetri kohta ületada 2 mm.

«Sial»-klaasist torud peavad olema keemiliselt vastupidavad. Vastupidavus määratakse kindlaks vastavalt Tšehhoslovakkias kehtivale standardile. Toru loetakse leelise suhtes vastupidavaks, kui leelise eraldamine ei ületa 10 mg.

Toru peavad olema hästi lõõmutatud. Sisepinged, mis ei tohi ületada 100 mμ/cm, määratakse polariskoobiga. Vaatlus toimub risti toru teljega.

Toru vastupidavus siserõhule tehakse kindlaks veega kas 9-atmosfäärse rõhu all (kestus 4 tundi) või 14-atmosfäärise rõhu all (kestus 0,5 tundi).

Et määrata kindlaks toru vastupidavus temperatuuri järsule muutusele, varustatakse toru mõlemad otsad kummist otstega ja juhitakse torust läbi 98—100-kraadist veeauru. Toru soojeñdamine kestab 5 minutit. Seejärel kastetakse kuum toru 15—20-kraadise temperatuuriga vette. Kui toru jääb terveks, s. o. ei pragune, loetakse toru temperatuuri järsule muutusele vastupidavaks.

Torudes ei tohi olla kivikesi, rauatagi või teisi läbisulamata osakesi, samuti muid defekte, mis põhjustavad klaasi ebaühtlust ja tugevuse langust ning sisepingeid üle 100 mμ/cm. Lubamatud on ka põied, täpid ja kapillaarid, kuñd neid saab terava metallvardaga purustada.

Defektideks ei loeta:

a) vöörkehi, mis ei ulatu välja toru pinnast, ja pinnal olevaid kuni 1,5-millimeetrise läbimööduga kivikesi, juhul kui need ei alanda toru tugevust alla lubatud piiri. Seejuures võib toru ühe jooksva meetri kohta olla ainult 2 vöörkeha;

b) kuni 1-millimeetrise suurusega põisi, täppe ja kapillaare, kui need ei purune terava metallvardaga rõhumisel;

c) šliire, kui need ei tekita sisepingeid üle 100 mμ/cm.

«Sial»-klaasist torude tömbetugevus on 400—800, paindetugevus 400—900 ja elastsusmoodul 7500 kg/cm². «Sial»-klaasist torud on happe- ja leeliskindlad (välja arvatud fluorvesinikhape ja väga kõrge kontsentratsiooni ning temperatuuriga leelised). Termiline joonpaisumise koefitsient (vahemikus 0—120° C) on $43 \cdot 10^{-7} \frac{1}{^{\circ}\text{C}}$.

«Simaks»-klaasist torud

Termiliselt vastupidavast «Simaks»-klaasist torusid saab kasutada vedelike ja gaaside transportimiseks, mille temperatuur ei ületa 180° C. Temperatuuri järsud muutused võivad olla kuni 90° C. Vedeliku rõhk torus ei tohi ületada 2 atm, gaasi ja auru rõhk 0,5 atm.

«Simaks»-klaasist torusid toodetakse läbimööduga 80—150 mm. Nende otsapinnad on sfäärilised. Torude pikkus on kuni 3000, seinte paksus 5—7 mm.

«Simaks»-klaasist valmistatakse samuti fassongosi.

«Simaks»-klaasi omadused ja keemiline vastupidavus leelise ning hapete toimele on samasugused kui «Sial»-klaasil. «Simaks»-klaas on keemiliselt vastupidav ka kuumadele leelistele ja fosforhapetele. Klaasi termiline joonpaisumise koefitsient on $32 \cdot 10^{-7} \frac{1}{^{\circ}\text{C}}$.

3. Klaastorude tootmise tehnoloogia

Alljärgnevalt peatutakse Goštomitsi ja Ruženini klaasitehases kasutataval klaastorude valmistamise tehnoloogial.

Goštomitsi klaasitehases on viis vannahju, millest esimeses valmistatakse torusid naatronklaasist vertikaaltõmbamise meetodil (ilma toru moodustajata), teises ja kolmandas vannis õhukeseseinalisi torusid «Sial»-klaasist horisontaaltõmbamise meetodil, neljandas keedetakse «Sial»-klaasi koostisega eritooteid. Viies vannahi on ette nähtud paksuseinaliste torude valmistamiseks «Sial»-klaasist vertikaaltõmbamise meetodil (ilma toru moodustajata).

Esimesel ja viiendal vannahjul, kus torusid valmistatakse vertikaaltõmbamise meetodil, on kummalgi üks vertikaaltõmbemasin.

Naatronklaasist torude tootmine

32—150-millimeetrise läbimõõduga klaastorude valmistamiseks ettenähtud klaasimass sulafatakse vastavates vannahjudes (joon. 43).

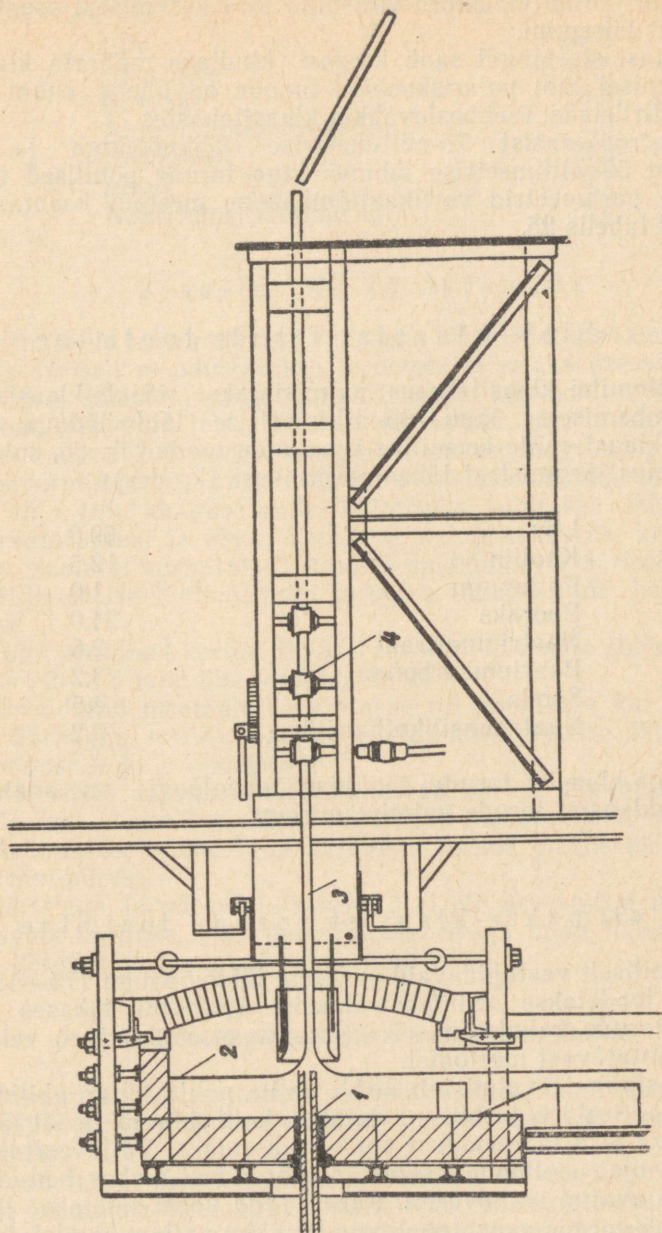
Toru ülestõmbamiseks lastakse klaasimassi ringikujuline reha, mille diameeter on klaasimassis asuvast šamottsuulise (1) diameetrist veidi suurem.

Kui klaasimass on reha külge hakanud, tõstetakse see aeglaselt vertikaalsuunas üles. Nii moodustub toru (3), mida tõstavad edasi spetsiaalsed valtsid (4). Šamottsuulise keskel asuva ava kaudu puhutakse torusse õhku, mis jahutab tõmmatava toru sise-pinda.

Torude vabastamine sissepingetest toimub konveier-tüüpi lõõmutusahjudes. Lõõmutatud torud kontrollitakse. Kui aga torude sissepinged ületavad ikkagi lubatud piiri, lõõmutatakse torusid teistkordselt.

Tabel 25

Näitaja	Mõõtühik	Klaasi koostis	
		Naatronklaas	„Sial“
Klaasimassi temperatuur kambris	°C	990±10	1170±10
Suulisse suunatava õhu rõhk	atm	15	
Suulise läbimõõt	mm	270	
Suulise asend allpool klaasimassi pinda	mm	10	
Jahutuskeha sisemine diameeter	mm	500	
Kõrgus	mm	650	
Tõmbekiirus	m/t	48—50	90—95
Toru sisemine läbimõõt	mm	75±1,5	50±1,5
Toru seina paksus	mm	10±1,0	



Joon. 43. Klaastorude vertikaaltõmbamine Goštomitsi tehases

Vormimisel jahtub klaas kui halb soojusjuht väga ebaühtlaselt. Seetõttu jahtub klaastoru välispind toru keskmisest osast ja sise-pinnast kiiremini.

Klaasi sisepinget saab kergesti kindlaks määrata klaaseseme vaatlemisel läbi polariskoobi. Viimane on üheks enam levinud kontrollriistaks Tšehhoslovakkia klaasitehastes.

Naatronklaasist 75-millimeetrise läbimõõduga ja «Sial»-klaasist 50-millimeetrise läbimõõduga torude põhilised tehnoloogilised parameetrid vertikaaltõmbamise meetodi kasutamisel on toodud tabelis 25.

«Sial»-klaasist torude tootmine

Goštomitsi klaasitehases valmistatakse «Sial»-klaasist vertikaaltõmbamisega kuni 65-millimeetrise läbimõõduga torusid. «Sial»-klaasi, mille keemiline koostis on toodud lk. 65, sulatatakse vannahjus järgmistest lähematerjalidest (kg-des):

Liiv	69,0
Kaoliin	12,5
Põllupagu	1,0
Booraks	24,0
Naatriumnitraat	2,6
Baariumkarbonaat	3,2
Sooda	4,5
Naatriumsilikofluoriid	0,2

«Sial»-klaasist torude tootmise tehnoloogia on analoogiline naatronklaasist torude valmistamisega.

«Simaks»-klaasist torude tootmine

Termiliselt vastupidavaid suurema läbimõõduga (75—150 mm) torusid toodetakse «Simaks»-klaasist Ruženini tehases käsitsi. Nende torude valmistamisel kasutatav meetod erineb veidi meil seni kasutatavast meetodist.

Klaasipuhuja valmistab kirbli, mille põhja külge abiline kleebib lepka. Seejärel kirblit venitatakse, kuid selle läbimõõt jääb valmistatava toru läbimõõdust veidi väiksemaks. Väljavenitatud kirbel, õigemini pooltoode, asetatakse põrandast umbes 1 m kõrgusel olevasse avatud malmvormi. Pärast seda vorm suletakse ja meister jätkab vormis asuva pooltoote lõplikku väljapuhumist. Nii saadakse korrapärase silindrilise kuju ja ettenähtud välimise läbimõõduga toru. Sel meetodil valmistatavate torude pikkus ei ületa 1,6 meetrit.

«Simaks»-klaasi koostise saamiseks kasutatakse järgmisi lähtematerjale (kg-des):

Liiv	64,5
Boorhape	7,5
Booraks	18,5
Alumiiniumhüdrosüüd	3,0
Keedusool	0,5
Potas	0,7
Naatriumsilikofluoriid	2,0

Klaastorude ääristamine

Termiliselt vastupidavate väiksema läbimõõduga (kuni 50 mm) torude äärised moodustatakse toruotste laiemaks pressimise teel. Torusid ei äärisfata mitte samas tehases, kus neid valmistatakse (Goštomitsi), vaid teises tehases (Bosotka), mis asub eelmisest 10 km kaugusel. Torude ääristamine on analoogiline pudelikaela käsitsivormimisega. Ääristatav toru asetatakse väikesegabariidilisse ahju (nn. «kägu»), mille kütmiseks juhitakse läbi põletite generaatorigaasi ja õhku. Toruotste pehmenemiseks kulub 1,5—2 min. Seejärel vormitakse toruotsa spetsiaalsete äärisetangidega. 50-millimeetrise läbimõõduga toruotsa ääristamine kestab 10—15 sek.

Kogu protsessi kestus (kaasa arvatud toruotste soojendamine) ei ületa 2—2,5 min. ühe toruotsa kohta.

Kiriieldatud meetodit kasutatakse nii kooniliste kui ka sfääriliste ääristega torude, samuti 15—50-millimeetrise läbimõõduga fassongosade kuiundamiseks.

Sfääriliste ääriste pinnad kuuluvad pärast lõõmutamist lihvimisele, kuna kooniliste ääriste tööpindu mehaaniliselt ei töödelda.

Mehaaniliselt töödeldud ääristega torude pikkus kõigub 100—3000 mm piires.

Ääristega torude välialaskehind ei ole arvestatud mitte ühele jooksvale meetrile, vaid tooteühikule. Seega mida lühem on toru, seda kõrgem on tema suhteline hind.

4. Fassongosade ja armatuuri tootmine

Fassongosi ja armatuuri toodetakse termiliselt vastupidavast «Simaks»-klaasist Ruženini tehases, mis asub 50 km kaugusel Prahast.

Toodetavate fassongosade nomenklatuur on väga laialdane. Peale kolmikute ja poognate valmistab tehas mitmesuguseid ülemineku- ja tagasiasteosi, risttorusid, kaldenurga all olevaid kolmikuid ja teisi torustiku montaažiks vajalikke detaile.

Järgnevalt vaadeldakse ainult nende fassongosade tootmist, milliseid Nõukogude Liidus veel ei valmistata või mille tootmise

tehnoloogia erineb Tšehhoslovakkias kasutatavast tehnoloogiast.

«Simaks»-klaasi keedetakse vannahjus, mille kaks põletit asuvad kõrvuti vanni otsas. Leek vannahjus on U-kujuline. Vannahju köetav pind on umbes 10 ja jahtumispind 3,5 m². Basseini sügavus on köetavas osas 800 ja töötlemiskambris 600 mm. Juurdevoolusild ulatub 600 mm allapoole klaasi pinda, seega on klaasi vaba voolu kõrgus 200 mm. Vannahju ööpäevane tootlikkus on 2400—2500 kg, s. o. 240—250 kg vannahju köetava pinna ühe m² kohta. Klaasisulatamine toimub 1580—1590° ja töötlemine (käsitsi) 1490—1510° temperatuuril. Ahjukampaania kestus on 18 kuud.

Vannahju basseini külgeseinad on kvartsplokkidest, juurdevoolusild corhartist, põhi šamottplokkidest ja võlvid dinasest.

Kolmikute tootmine

90-kraadise nurgaga kolmikuid saadakse mitmesugusel viisil.

Kuni 32-millimeetrise läbimõõduga kolmikud valmistatakse nagu meilgi sirgetest torutükkidest, mis keevitatakse üksteise külge gaasipõleti leegiga. 32—100-millimeetrise läbimõõduga kolmikuid toodetakse malmvormides.

Niisugune vorm koosneb kolmest lahtikäivast osast. Kolmiku väljapuhumine toimub külgmise haru kaudu, mis on vertikaalasendis. Pärast väljapuhumist vorm avatakse ja väljavõetud kolmik suunatakse lõõmutamisele. Lõõmutamise järel lõigatakse kolmiku küljest puhumisosa ära ja tehakse kolmikule äärised.

Kolmikute valmistamine vormides on tunduvalt väiksema töömahuga protsess kui meil kasutafav menetlus, mille järgi kolmik valmistatakse üksikutest sirge toru tükkidest kokkukeevitamise teel. Kuid see-eest on puhutud kolmikute seinte paksus kokkukeevitamise teel saadud kolmikutega võrreldes ebahühtlane.

150-millimeetrise läbimõõduga kolmikuid valmistatakse kokkukeevitamise teel spetsiaalsetel keevituspinkidel. Kokkukeevitatavad osad on enne vormides välja puhutud.

Peale 90-kraadiste kolmikute toodetakse Ruženini tehases suures hulgal ka 120-, 135- ja 145-kraadiseid kolmikuid (sisemine läbimõõt 80 ja 100 mm). Need kolmikud puhutakse välja malmvormides.

Kaldnurga all olevate kolmikute puhumisele eelneb vastav ettevalmistus. Algul kirbel valtsitakse. Sellele järgneb poole klaasimassi valtsimine kulbil. Edasi pigistatakse kirbli laiema osa laiemale. Selleks asetatakse kirbel (laiema osaga) algul üht külge ja pärast teist külge pidi horisontaalsele metallplaadile. Pöörates klaasipuhumispiipu vertikaalasendis ümber telje venitab puhuja välja kolmiku külgmised harud. Selliselt ettevalmistatud kirbel paigutatakse puust seadeldisele, millega kolmiku harud painutatakse ettenähtud nurga alla. Seejärel asetatakse toorik kolmiku lõplikuks väljapuhumiseks vormi.

Kaldnurgalisi kolmikuid valmistavad kõrge kvalifikatsiooniga puhujad, sest tooriku ettevalmistamine enne selle vormi asetamist nõuab suurt osavust. Vormis toimub ainult kolmiku lõplik väljapühumine ettenähtud välimiste mõõtmeteni.

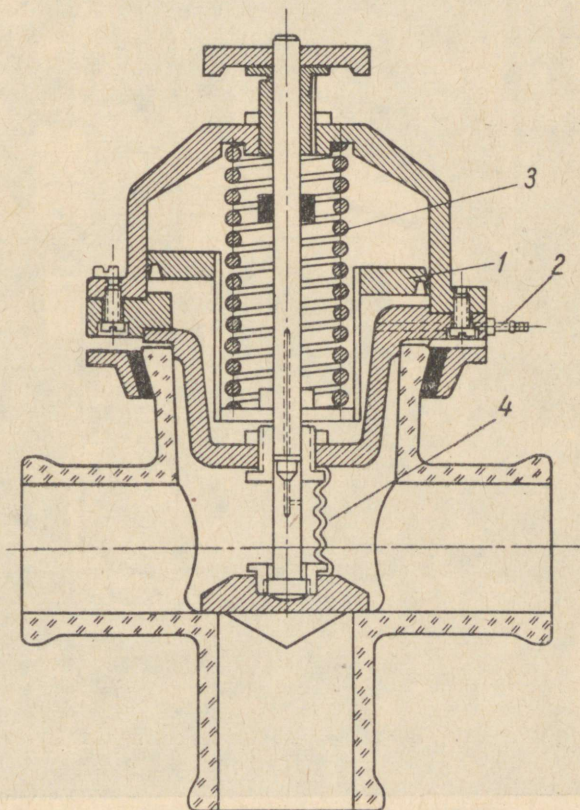
Valmistatavate kolmikute kvaliteet on kõrge. Seinte erinevus paksuses ei ületa 1—1,5 mm.

Et üleminekuosade, poognate, põlvede ja teiste fassongosade tootmise menetlus ei erine meil kasutatavatest meetoditest, siis pole sellel vajadust peatuda.

Kõik puhutud tooted (kolmikud, põlved, poognad jne.) valmistab kolmeliikmeline brigaad.

Näitena on toodud niisuguse brigaadi mõningad töönormid (toodete hulk 8 tunni jooksul):

- 50-millimeetrise sisemise läbimõõduga kolmikuid — 60,
- 85-millimeetrise läbimõõduga kaldnurkseid kolmikuid — 55,
- 50-millimeetrise läbimõõduga põlvi 160,
- 100-millimeetrise läbimõõduga põlvi — 65.

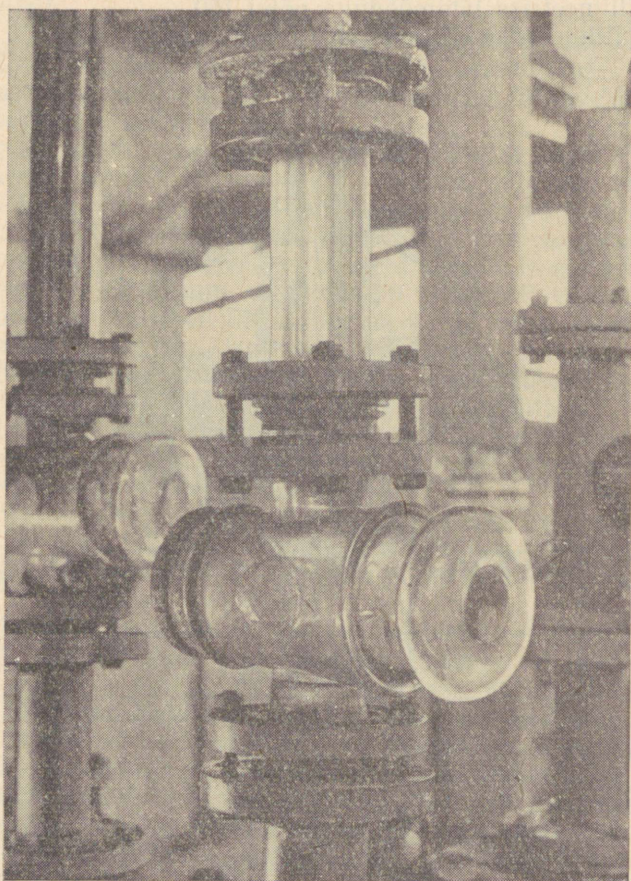


Joon. 44. Pneumaatiline ventiil.

Kraanide ja ventiilide tootmine

Klaaskraane ja -ventiile toodetakse Ruženini tehases. Maksimaalne sisemine läbimõõt on kraanidel 40 ja ventiilidel 50 mm.

Erilist huvi pakub pneumaatiline ventiil, mille konstruktsioon on esitatud joonisel 44. Ventiili klappi (1) tõstab suruõhk, mis suunatakse kraani läbi toru (2). Klapp laskub alla õhu juurdevoolu katkestamisel. Seejuures vedru (3) vabaneb ja klapp asetub oma pesa. Metallvarrast, millele klapp on kinnitatud, kaitseb kraani läbiva agressiivse vedeliku mõju eest kummist gofreeritud ümbrik (4). Viimane võib olla valmistatud ka plastmassist või mingist teisest materjalist, mis on transporditava vedeliku korrodeerivale mõjule vastupidav.



Joon. 45. Torustikku monteeritud klaaskraan.

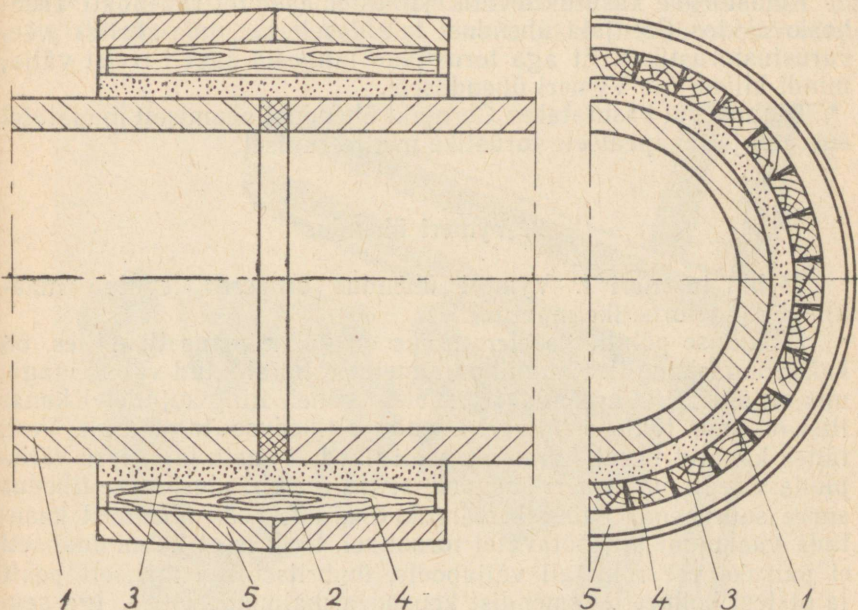
Kraanide valmistamise tehnoloogia erineb meil kasutatavast tehnoloogiast väga vähe. Erinevus seisneb vaid selles, et kraani korpus pressitakse välja vormis. Korpuse välispinnale jäetakse pressimisel külgesulatavate flantside keskkoha märkimiseks kolm punkti. See kergendab tunduvalt korpuse tsentreerimist sulatuspingi padrunis.

II KLAASTORUDE ÜHENDUSED

Klaastorude ühendamiseks kasutatakse Tšehhoslovakkias kõige enam inseneride I. Černjaki, I. Vymeri ja A. Nogodilo poolt välja-töötatud ühendusi. Laialdaselt on levinud ka plastmassist muhvid, mis tõmmatakse toruotstele kuumas olekus.

Černjaki ühendus

Üheks vanemaks klaastorude ühenduseks Tšehhoslovakkias on tšehhi inseneri I. Černjaki poolt loodud ühendus (joon. 46). See nn. Černjaki ühendus koosneb 6 mm paksusest ja 80—100 mm pikkusest silindrikujustisest kummimuhvist, mis ümbritsetakse



Joon. 46. Černjaki ühendus. 1 — klaastoru; 2 — vaheõngas; 3 — kummimuhv; 4 — puitkiilud; 5 — kooniline poolmuhv.

puust (tavaliselt mänd) kahepoolsete kiiludega. Viimastele tõmmatakse malmist, terasest, raudbetoonist, asbestsemendist, plastmassist või mõnest muust materjalist valmistatud koonilised muhvid. Puitkiilud kleebitakse eelnevalt paberist või riidest lindile. Kiilude arv ja mõõtmed olenevad ühendatavate torude läbimõõdust. Tavaliselt on kiilud 10 mm laiused ja kuni 9 mm kõrgused.

Ühenduse montaaž toimub järgmiselt. Algul asetatakse kummalegi ühendatavale torule muhv. Seejärel paigutatakse ühe ühendatava toru otsa poolest saadik kummimuhv, viimasele pannakse tasapinnaline kummist vaheõngas. Muhvi vabasse otsa lükatakse teine toru. Edasi kaetakse kummimuhv lüüdiga, millele on kleebitud kahepoolsed puitkiilud. Lindi pikkus peab võrduma muhvi välimise übermõõduga. Järgnevalt lükatakse kiiludele üheaegselt mõlemad poolmuhvid. Algul saab seda teha käsitsi, hiljem aga, kui on vaja suuremat jõudu, kasutatakse spetsiaalsete peadega polte või poltidega kokkukeeratavaid abiflantse. Kokkusurumine kestab seni, kuni mõlemad poolmuhvid on täielikult teineteise vastas.

Černjaki ühendus võimaldab sobivate läbimõõtude korral klaasja metallitorud vahetult ühendada.

Ühenduse tiheduse tagamiseks tuleb täpselt kinni pidada selle detailidele ettenähtud kõrvalekaldumistest.

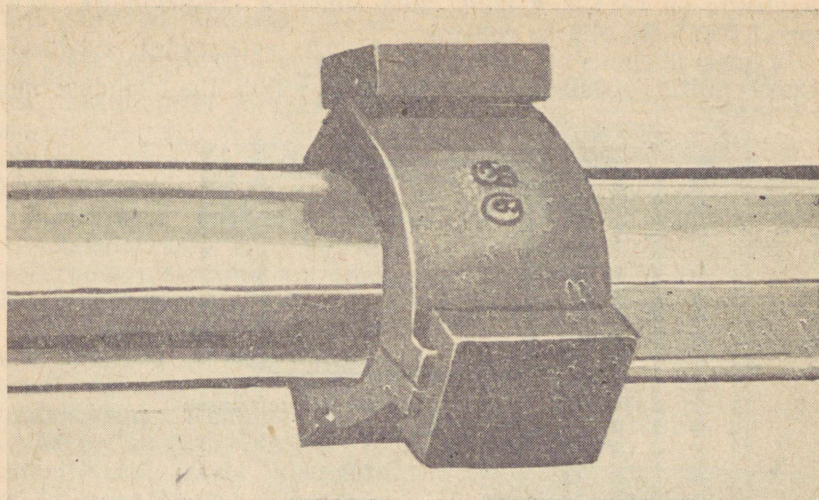
Klaastorude kasutuselevõtu esimestel aastatel rakendati Tšehhoslovakkias Černjaki ühendust laialdaselt ka maa-alustes veevarustustorustikes. Et aga torustikud langesid sageli rivist välja, mindi hiljem üle Vymeri ühendusele.

Tänapäeval kasutatakse Černjaki ühendust peamiselt madalatel survetel ja maapealsete torustike monteerimisel.

2. Vymeri ühendus

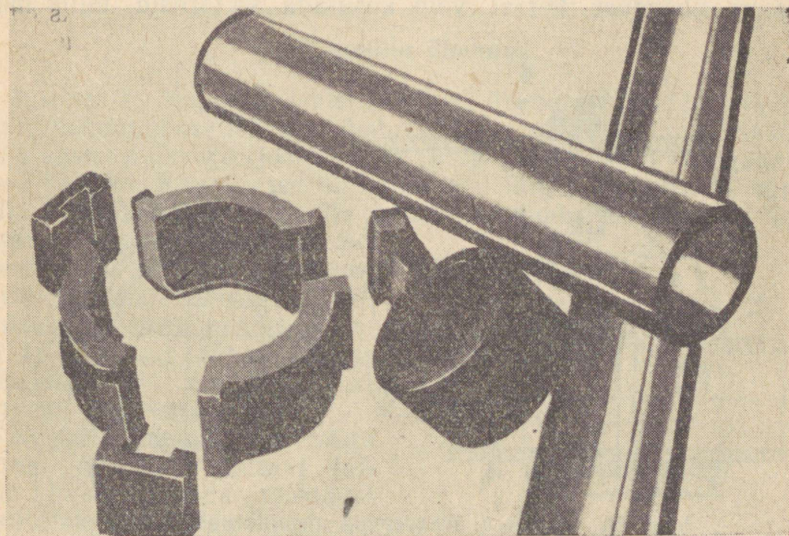
Tšehhi inseneri I. Vymeri ühendus on eriti levinud maa-aluste klaastorustike montaažil.

Ühenduse põhiliseks elemendiks on kummimansett, milles on kaks rõngaskanalit. Kanalid on teineteisest eraldatud vaheseinaga, mis on ühtlasi vaheõngaks toruotste vahel. Ringikujulistel kanalitel on suur tähtsus Vymeri ühenduse tiheduse tagamisel. Vesi, täites kanalid, surub kummimanseti tihedalt vastu klaastoru välispinda. Seega on Vymeri ühendus isetihenev ühendus, mille tihedus surve suurenemisel tõuseb. Järelikult ei saa seda ühendust kasutada vaakuumi all töötavatel torustikel. Selleks et kummimansett ei paisuks vee rõhu all väljapoole, ümbritsetakse mansett pealt ja otstest kolmest segmendist koosneva malmümbrisega. Iga segmendi otsas on kiilutaolised hambad. Viimaste külge pingutatakse II-kujulised riivid, mis liidavad segmendid terviklikuks ühenduseks ilma poltide kasutamisetä.



Joon. 47. Vymeri ühendus.

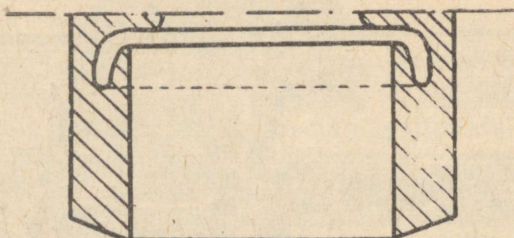
Ühenduse montaaži alustatakse kummimansetist, mis tõmmatakse toruotstele nii, et need toetuksid manseti kanalite vahel oleva vaheseina vastu. Seejärel asetatakse mansetile segmendid, mis pigistatakse tangidega kokku ja kinnitatakse Π -kujuliste riividega.



Joon. 48. Vymeri ühenduse detailid.

Segmente on tavaliselt kolm, kuid suurema läbimõõduga torude korral võib neid olla ka rohkem.

Vymeri ühendus on montaažilt lihtne ja kiiresti teostatav. Näiteks 80-millimeetriste klaastorude puhul kulub ühe ühenduse mon-

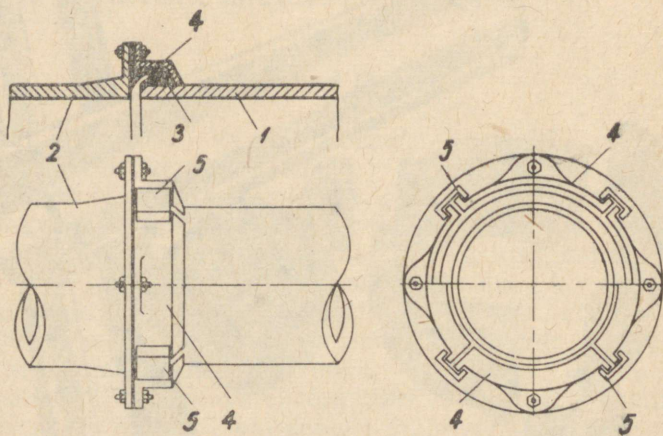


Joon 49. Vymeri ühenduse kummimanseti skeem.

taažiks 1,5 ja demontaažiks 0,5 minutit. Ühenduse eeliseks on veel see, et kui ühendatavate torude läbimõõt ja elliptilisus kõigub lubatud piires, pole ühenduse tiheduse vähenemist karta.

Joonisel 50 on näidatud, kuidas klaastoru ühendatakse Vymeri ühenduse abil mõne teisest materjalist toruga. Sellisel juhul kasutatakse ühe poolega mansetti ja spetsiaalseid segmente.

Vymeri ühendus kindlustab veevärgitorustiku täieliku veepidavuse. Ühendus on elastne ja võimaldab torustiku telje murdeid (6° iga ühenduse kohta) ning torude paisumist temperatuuri tõttu. Vymeri ühenduse korral võib kasutada ka torusid, mille mõõt-



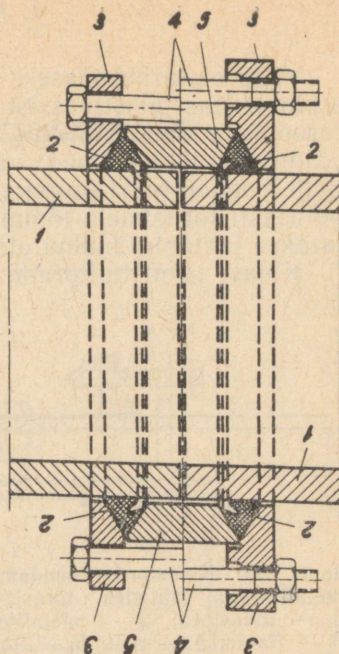
Joon. 50. Klaastoru ühendamine metalltoruga Vymeri ühenduse abil. 1 — klaastoru; 2 — metalltoru; 3 — kummimansett; 4 — malmübris; 5 — П-kujuline klamber.

mete kõrvalekaldumine ületab tehnilistes tingimustes ettenähtud piiri. Ka ei teki selle ühenduse kasutamisel torudes liigseid sisepingeid. Monteerimisel pole vaja toru süvendit jätku kohal laiendada.

Kirjeldatud ühenduse kõrval kasutatakse ka Vymeri poolt moderniseeritud nn. žibo-ühendust (joon. 51).

Selle ühenduse iseloomustavaks detailiks on ringikujulise kanali või süvendiga figuurne kummitihend. Kanalisse (süvendisse) tunginud vesi surub kummitihendi vastu klaastoru või tihendusrõngast. Ühenduse koostisosadeks on kaks torudele asetatavat flantsi, kaks kummirõngast, hülss ja pingutuspolidid. Kummirõngas, mis asub flantside ja hülsi otste vahel, tõmmatakse kokku pingutuspoltidega.

Vymeri ühendustega torustike töö rõhk on kuni 10 atm.

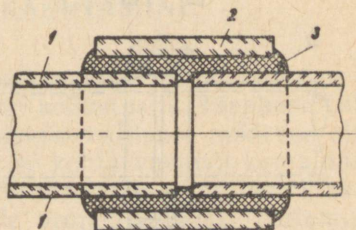


Joon. 51. Moderniseeritud žibo-ühendus pärast kinnituspoltide pingutamist. 1 — klaastoru; 2 — kummirõngas; 3 — flants; 4 — polt; 5 hüls.

3. Nogodilo ühendus

Insener A. Nogodilo konstrueeritud ühendus koosneb silindrilisest kummimansetist, mis ümbritsetakse metallist, plastmassist või klaasist muhviga (joon. 52). Manseti sisepinnas on rõngakujulised kanalid. Kanalitesse tunginud vesi laiendab muhvi ja surub selle tihedalt vastu toru välispinda ning ümbritseva muhvi sise-pinda. Seega ühenduse tihedus kasvab koos survega torustikus. Toruotste kokkupuutumise vältimiseks on kummimanseti keskel (sisepinnal) rõngakujuline väljalõige, mis asendab vahe-rõngast.

Nogodilo ühendus on väga lihtne, mistõttu montaaž toimub kiiresti. Seda ühendust kasutatakse Tšehhoslovakkias laialdaselt maapealsete klaas-torude monteerimisel.



Joon. 52. Nogodilo ühendus. 1 — klaastoru; 2 — muhv; 3 — kummimansett.

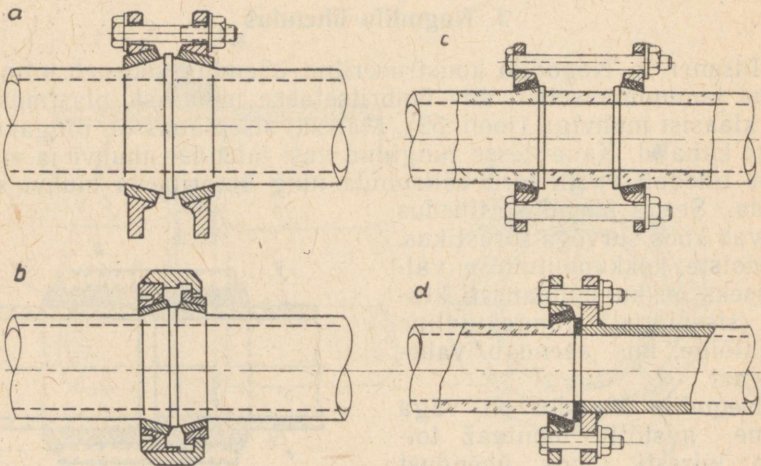
4. Muud ühendused

Väga otstarbekohaseks klaastorude ühenduseks loetakse Tšehhoslovakkias plastmassist (vinüplast) muhvi, mis tõmmatakse toruotstetele kuumas olekus. Muhvi, mille sisemine läbimõõt on toru välimisest läbimõõdust väiksem, soojendatakse kuni 100° C-ni. Selle temperatuuri juures muutub muhvi nii pehmeks, et teda saab hõlpsasti toruotstetele tõmmata. Parema ühenduse tagamiseks asetatakse jahtunud muhvi otstetele pingutusklambrid.

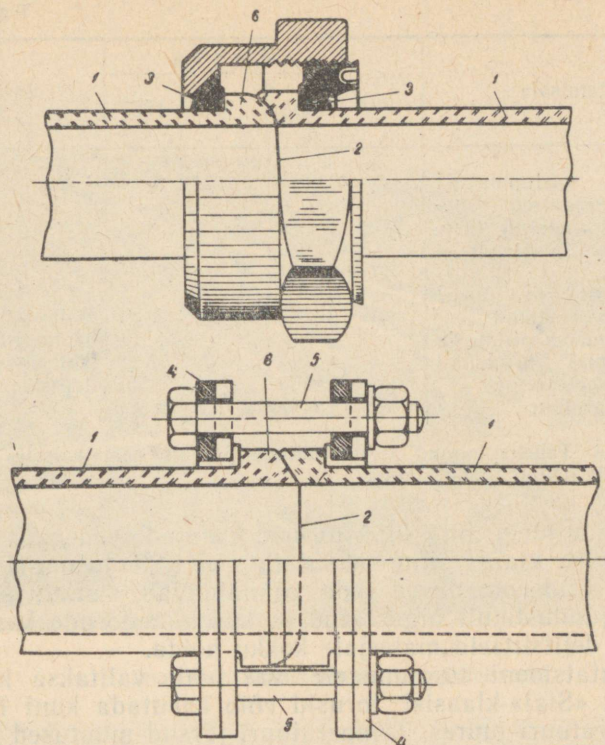
Klaas- ja metalltorude omavahelisel ühendamisel kasutatakse flantse ning pingutuspolte (joon. 53). Klaastoru otsale liimitakse plastmassist flants. Et flants klaastoruga paremini ühineks, liimitakse klaastoru välispinnale kooniline või silindriline plastmassist ääris. Liimimiseks kasutatakse kunstvaikude tehases «Fatra» valmistatud spetsiaalset liimi «Upon».

Joon. 53. Klaastoru ühendamine metalltoruga lahtistes torustikes.
1 — klaastoru; 2 — metalltoru;
3 — flants; 4 — polt; 5 — tihendus;
6 — kooniline vinüplastääris.

«Sial»-klaasist kooniliste ääristega torude ühendamiseks kasutatakse joonisel 54 toodud ühendusi, sfääriliste ääristega torude ühendamiseks aga joonisel 55 kujutatud ühendust.



Joon. 54. Kooniliste ääristega klaastorude ühendamine. a — flantside abil;
b — vindikeermega muhvi abil; c — flantside ja poltidega vahehülsi abil;
d — metalltoru abil.



Joon. 55. Sfääriliste ääristega klaastorude ühendamine. a — vindikeymega muhvi abil; b — flantside abil. 1 — klaastoru; 2 — klaastoru lihvitud sfääriline ots; 3 — kummirõngas; 4 — flantsid; 5 — polt; 6 — sfääriline ääris.

III. KLAASTORUDE KASUTAMINE

Klaastorusid kasutatakse Tšehhoslovakkias väga laialdaselt. Mõnel juhul on nende kasutamine isegi kohustuslik. Tšehhoslovakkia Riiklik Ehituskomitee tegi 1957. aastal valitsuse määruse alusel klaastorude kohustusliku kasutamise kohta vastava korralduse ja andis välja tehnilised eeskirjad. Viimased puudutavad klaastorustike kasutamise kõrval ka nende projekteerimist, ehitamist, kapitaalremonti ja konstruktsiooni. Eeskirjad on projekteerimisingehitus- ja montaažiorganisatsioonidele kohustuslikud.

Klaastorude kasutamise ulatust Tšehhoslovakkias iseloomustab tabel 26.

Kasutamisala	Mõõtühik	Aasta			Märkused
		1955	1956	1957	
Termiliselt vastupidavast klaasist maapealsed tehnoloogilised torustikud (keemia- ja toiduainete tööstus)	jm	18671	31460	64185	
Naatronklaasist maa-alused veevarustustorustikud	jm	10164	4460	1347	Mahu vähenemine on tingitud suure läbimõõduga torude defitsiitsusest
Jahuveskite pneumaatiline ja vabalangemise printsiibil töötav transport	jm	6660	5732	13555	
Keemiline aparatuur	kg	15462	27977	37566	

Märkus. Tabelis toodud arvud näitavad ainult spetsiaalsete montaažikontorite poolt tehtud tööde mahtu.

Eeskirjade järgi tuleb klaastorusid kasutada seal, kus tootmis-tingimused ja klaasi ning kasutatavate tihendusmaterjalide ja ühendusdetailide omadused seda võimaldavad, samuti seal, kus see on majanduslikult õigustatud ja kus klaastorude kasutamine võimaldab defitsiitseid materjale kokku hoida.

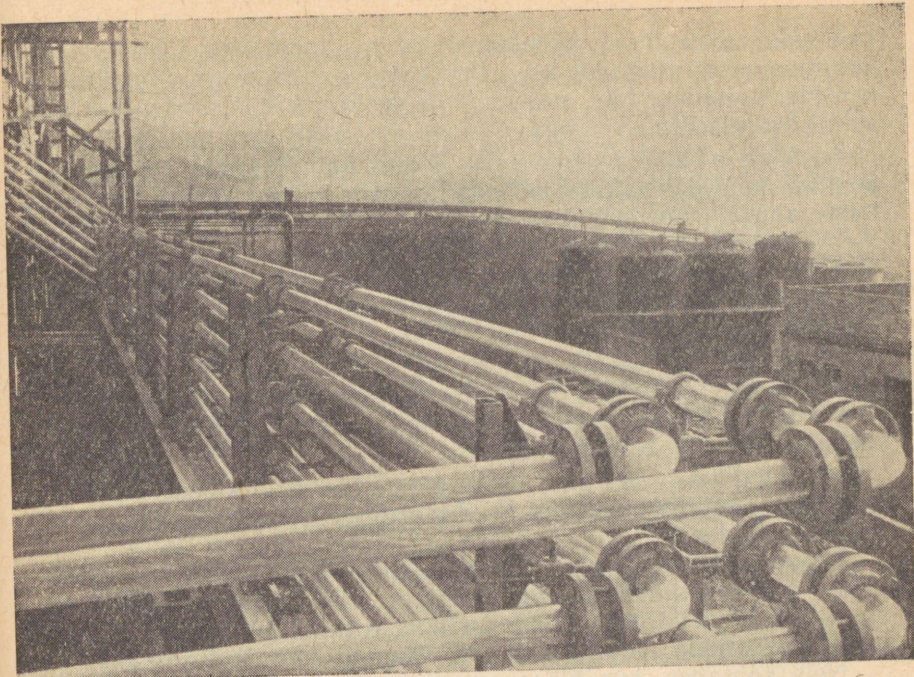
Ekspluatatsiooni tingimustele vastavalt valitakse ka klaastorude liik. «Sial»-klaasist torusid võib kasutada kuni 120-kraadise temperatuuri juures. Temperatuuri järsud muutused on lubatud kuni 70°. Transporditava vedeliku rõhk torus ei tohi seejuures ületada 4 atm. Ka võib neid torusid kasutada puistematerjalide transportimiseks pneumaatilisel ja vabalangemise printsiibil. «Sial»-klaasist torusid ei saa aga kasutada fluorvesinikhape ja suure kontsentratsiooniga aluste transportimiseks. Keelatud on ka üle 0,5-atmosfäärise rõhuga gaaside ja auru transportimine.

«Simaks»-klaasist torusid kasutatakse nende vedelike transportimiseks, mille temperatuur ei ületa 180° ja temperatuuri järsk muutus 90°. Transporditava vedeliku rõhk ei tohi torustikus ületada 2 atm, gaaside ja auru rõhk aga 0,5 atm. Samuti võib «Simaks»-klaasist torusid kasutada ka puistematerjalide transportimiseks pneumaatilisel ja vabalangemise printsiibil.

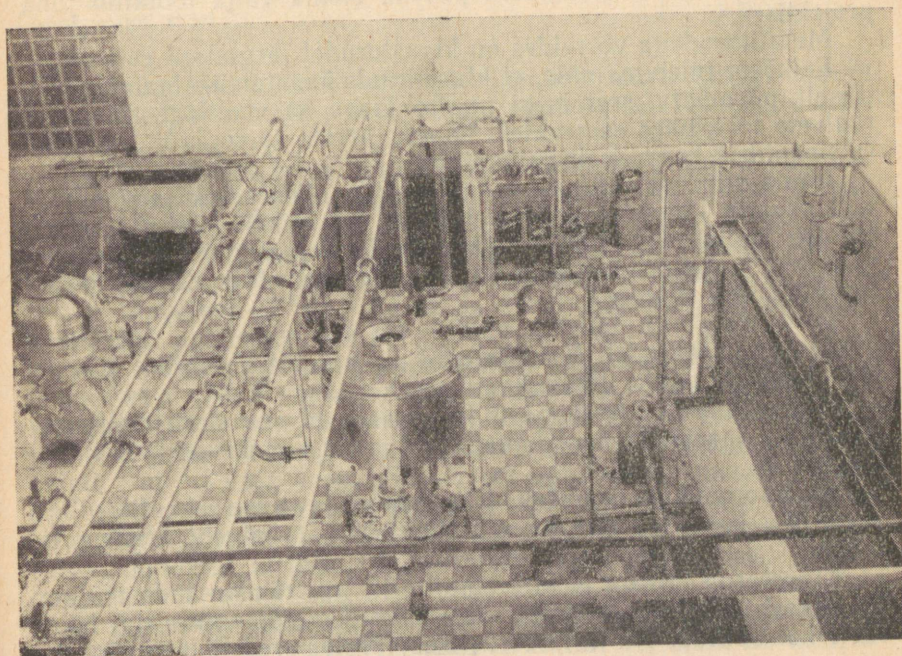
Naatronklaasist valmistatud torusid saab kasutada kuni 60-kraadise temperatuuri juures ja juhul, kui temperatuuri järsud muutused ei ületa 40°. Naatronklaasist torud on määratud esmajoones joogivee, keemiliste saaduste ja teiste ainete transportimiseks, kui rõhk torustikus ei ületa 7 atm, pneumaatilise ja vabalangemise transpordi korral aga 0,5 atm.

Klaastorusid tuleb metalltorude asemel kohustuslikult kasutada järgmistes tööstusharudes:

a) toiduainete tööstuses — piimakombinaatides, tärglise-, äädika- konservi-, viina-, veini-, õlle-, suhkru-, kondiitri-



Joon. 56. Klaastorustik keemiatehases.



Joon. 57. Klaastorustik keemiatehases.

ja tubakavabrikutes, raudbetoonist teraviljahoidlates, jahuveskites, külmhoonetes ning teistes ettevõtetes vee, tooraine, poolfabrikaatide, valmistoodete, pesemis- ja desinfitseerimisvahendite jne. transportimiseks;

b) keemiatööstuses — joogi- ja tööstusvee, toorainete, poolfabrikaatide, valmistoodangu, hapete, aluste, soolalahuste ja teiste ainete transportimiseks;

c) laiatarbekaupade tööstuses — klaasitehastes ja tärklise- ning nahavabrikutes tööstusvee, hapete, aluste, värvide, pesemis- ja desinfitseerimisvahendite, keraamiliste segude, glasuuride jne. transportimiseks;

d) meditsiinitööstuses — tervishoiuasutustes, kuurortides, tervisveeallikatel ja raviasutustes mineraal- ja tervisevete, hapete, aluste, soolalahuste ning desinfitseerivate ja puhastusvahendite jne. transportimiseks;

e) muudes tööstusharudes — kui klaastorusid on võimalik kasutada punktides a—d märgitud juhtudega analoogilistes tingimustes.

Klaastorusid on keelatud kasutada keevade vedelike ja lõhkeainete transportimiseks ning kohtades, kus valguse toimel või staatilise elektri tõttu võib torustikus tekkida plahvatus. Samuti pole klaastorusid lubatud kasutada elamute veevärgitorustikes.

Neis kohtades, kus klaastorustiku purunemine võib ohustada töötajate tervist või põhjustada suurt kahju, tuleb võtta tarvitu- sele vastavad abinõud. Need peavad olema välja töötatud juba projektis.

Metalltorudega võrreldes on klaastorudel järgmised eelised.

Eelkõige tuleb mainida, et klaastorude kasutamise iga on praktiliselt piiramata, sest isegi naatronklaas on veevärgi- ja mineraalvete torustikes esinevatele hapete, aluste ja soolade kontsentratsioonidele keemiliselt vastupidav.

Pinna sileduse tõttu on klaastorustiku läbilaskevõime tunduvalt suurem kui teistest materjalidest torustikel. Praha Inseneri- ehituse Instituudi mõõtmiste järgi on klaastorude läbilaskevõime vanadest malmtorudest 41%, uutest malmtorudest 22% ja teras- torudest 65% suurem.

Toru sisepinna siledus väldib või siis vähendab torustikes ummistuste tekkimist. Klaastorusid on kerge puhastada. Tavali- selt piisab torustiku läbiloputamisest.

Hügieenilisest seisukohast on klaastorud ideaalseks materja- liks. Klaastorustikku on võimalik kergesti ja efektiivselt desinfit- seerida.

Klaastorustikud säilitavad transporditava vee kvaliteedi ja keemilise koostise. See on eriti tähtis mineraalvete transporti- misel.

Klaastorud ei allu elektrivoolu, eriti nn. rändvoolude mõjule.

Klaasi läbipaistvuse tõttu saab torustikku töötamise ajal hõlp- sasti kontrollida. Nii võib torustikes jälgida vedeliku voolamist,

selle värvi, puhtust, gaasi eraldumist ja setete tekkimist. Kui torustikku kontrollida surve all, saab nn. õhukotte kergesti kindlaks teha.

Madala soojusjuhtivuse ja klaasi väikese paisumiskoeffitsiendi tõttu on materjali dilatatsioonist põhjustatud klaastorustike avariid ebatõenäosed. Seda muidugi tingimusel, et torude ühendused on teostatud rahuldavalt.

Klaastorude kaal moodustab sama läbimõõduga malmtorude kaalust ainult ühe kolmandiku. See hõlbustab klaastorude paigaldamist ja võimaldab transpordikulusid märgatavalt kokku hoida.

Nagu teised riigid, nii püüab ka Tšehhoslovakkia defitsiitset metalli asendada teiste kohapealsete materjalidega. 100 000 jooksva meetri torustiku ehitamisel võimaldab malmtorude asendamine klaastorudega malmi kokku hoida tabelis 27 märgitud koguses.

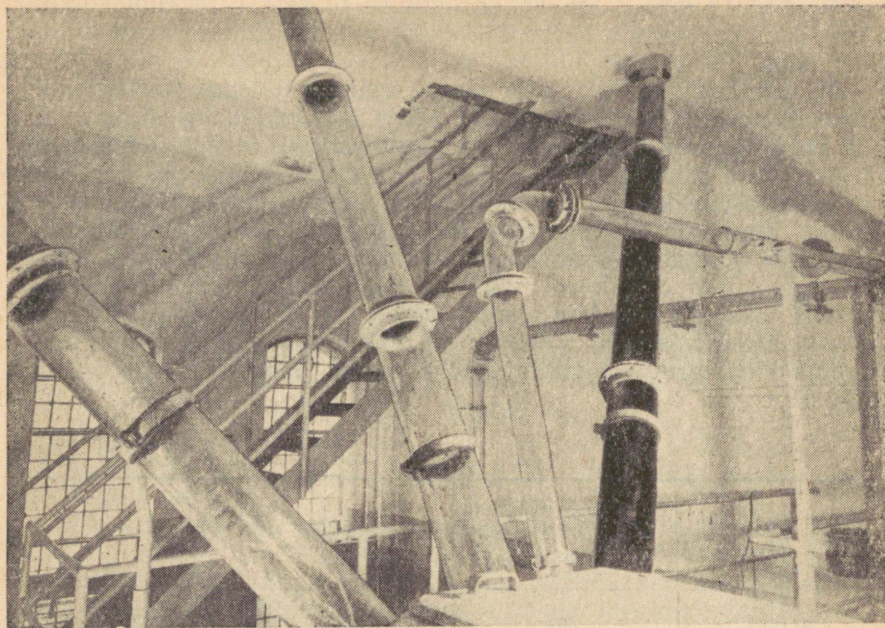
Tabel 27

Torustiku pikkus jm	Kasutatavate torude sisemine läbimõõt mm	Toru jm kaal kg	Malmi sääst kg
50 000	80	18,67	933 500
20 000	100	24,18	483 600
15 000	125	31,50	472 500
15 000	150	39,39	490 850
Üldine malmi sääst			2 480 450

Malmi säästu tuleb klaastorude ühenduosadele kuluva malmi arvel vähendada. Kuid see ei mõjuta oluliselt tabelis toodud andmeid.

Metalltorudega võrreldes on klaastorudel ka mitmeid puudusi. Kõige suuremaks puuduseks on klaastorude haprus. Torud võivad praguneda nii löökide, põrutuste, ebaühtlase välise koormatuse kui ka temperatuuri järsu muutumise korral. Torude töörohk on küllalt madal. Selle peamiseks põhjuseks on asjaolu, et klaastorude ühendamisel tuleb kasutada ainult pehmeid või poolkõvu tihendeid.

«Sial»-klaasist torusid kasutatakse tavaliselt vedelike transportimiseks. Kuid samasuguse eduga võib neid kasutada ka agressiivsete aurude ja gaaside juhtimiseks. Eriti otstarbekohased on «Sial»-klaasist torud nende kemikaalide transportimisel, mille puhul seni oli vaja kasutada korrosioonikindlaid metalle, nagu tina, vaske või nende sulameid, ja süsihappesoolade transportimisel, milleks torude pinnad kaitsiti tina, tsingi või kummiga. Korrosioonikindlaid metalle tuli kasutada ka väävelhappe, väävelhappesoolade, soolhappe, kloriidide, kloori, kloorvee, orgaaniliste hapete lahuste (sidrun-, salitsüül- ja süsihappe) transportimiseks. Järelikult on otstarbekohane ja täiesti võimalik ka nimeta-



Joon. 58. Klaastorustik keemiatehases.

tud vedelike transportimiseks kasutada korrosioonikindlate metalltorude asemel «Sial»-klaasist torusid. Seejuures tuleb torude ühendamiseks valida niisugused tihendid, mis ei allu transportitava kemikaali korrodeerivale mõjule.

Peale selle sobivad «Sial»-klaasist torud veel selliste vedelike transportimiseks, mis ei tohi metallide ja bioloogiliste lisanditega risustuda. Klaastorud on asendamatud ka seal, kus tuleb jälgida transportitava kemikaali voolamist torustikus või kus torude ummistumine mõjub kogu protsessi käigule (näit. tehnilise fosforhappe tootmine).

Et klaastorude ühendustes kasutatava tihendi materjal peab olema vastupidav transportitava aine korrodeerivale mõjule, kasutatakse torustikes, kus rõhk ei ületa 5 atm, tihendusmaterjalina tavaliselt puhastatud kummit. Kui aga kummi ei ole küllaldasel määral korrosioonikindel, võib kasutada ka polüvinüülkloriidi ja kaetud kummit või nn. barum- ja polüstürootihendeid.

«Simaks»-klaasist torude kasutamisalad on samad mis «Sial»-klaasist torudelgi, kuid neid kasutatakse ainult juhul, kui torustik peab olema termiliselt vastupidav. Et «Simaks»-klaasist torude valmistamine toimub käsitsi, on nende väljalaskehind «Sial»-klaasist torude hinnast tunduvalt suurem. Seepärast kaalutakse igal konkreetsel juhul «Simaks»-klaasi kasutamise otstarbekohasust.

Naatronklaasist torusid kasutatakse peamiselt joogi- ja tööstusveetorustike ehitamisel. Neid torusid võib kasutada nii maa-alustes (kas vahetult maa sees või spetsiaalsetes kanalites) kui ka maapealsetes torustikes. Maa-aluste malm- ja terastorudega võrreldes ei allu klaastorud juhulike pinnasevoolude toimele ega ei ole neid vaja kaitsta agressiivsete vete eest. Et toru sisepinna siledus väldib ummistusi torustikes, on klaastoru sama läbimõõduga metalltorust suurema läbilaskevõimega. Klaastorustike puhastamine on palju hõlpsam kui metalltorustike puhastamine, sest klaastorud ei allu puhastamiseks kasutatavate vedelike korrodeerivale mõjule.

1957. aastal kontrollis Tšehhoslovakkia Ehitusministeeriumi spetsiaalne komisjon 52 maa-alust veevärgitorustikku, mis olid monteeritud aastail 1952—1957. Komisjon tegi kindlaks, et kõik kontrollitud veevarustusmagistraalid töötasid korralikult. Pärast seda võeti vastu otsus, mille järgi alates 1958. aastast hakati veevärgitorustike rajamisel maksimaalselt kasutama klaastorusid.

Seevastu ladustamisel, laadimisel, transportimisel ja monteerimisel tuleb klaastorusid ettevaatlikult käsitseda. Eriti on vaja hoolitseda selle eest, et toruotsad ja otse servad ei puruneks. Maa-aluseid klaastorustikke tuleb monteerida väga hoolikalt.

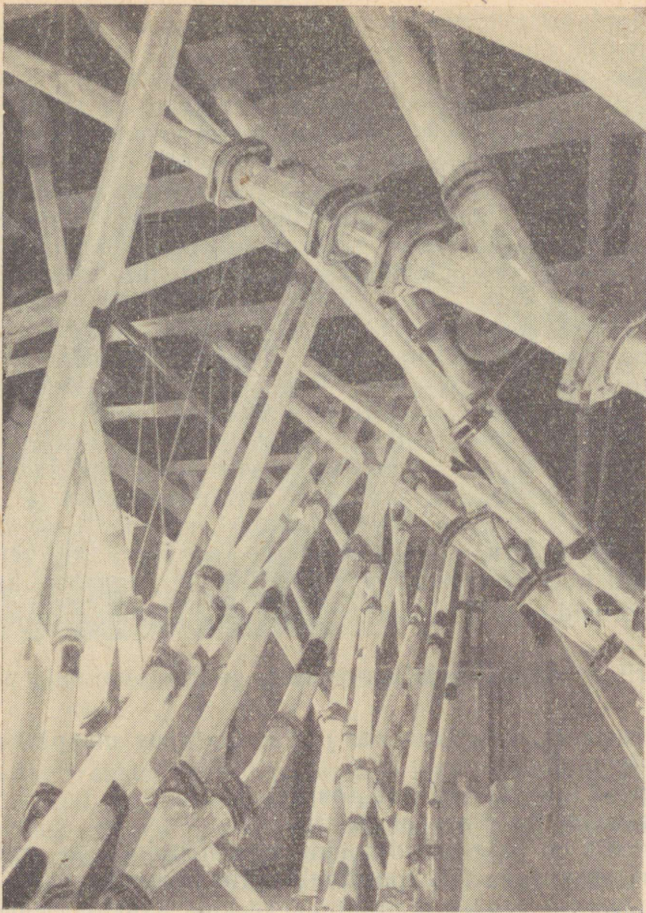
Klaastorusid ei tohi maa-aluste torustike ehitamiseks kasutada juhul, kui:

- a) territooriumil võib hiljem esineda pinnase vajumist või libisemist;
- b) kitsaste läbikäigukohtade juures koormus maapinnale ületab 5 t/m^2 ;
- c) võivad esineda tugevad tõuked;
- d) majajühenduste arv on suur;
- e) torustik on paigutatud kommunikatsioonide alla, millel toimub suure raskusega transpordivahendite liikumine.

Laialdaselt on klaastorud leidnud Tšehhoslovakkias kasutamist veskites viljaterade ja jahu transportimiseks nii pneumaatilisel kui ka vabalangemise printsiibil.

Veskites kasutatakse õhukeseseinalisi torusid, millega vähendatakse torude kaalu. Ka ühendusdetailid on lihtsad, peamiselt kasutatakse ühekordset kummimansetti. Esimene selline klaastorustik seati Tšehhoslovakkias üles 1950. aastal Nettolitši linna jahuveskis. Et see andis positiivseid tulemusi, võeti vastu otsus, mille järgi edaspidi hakati kõikides Tšehhoslovakkia jahuveskites kasutama ainult klaastorusid. Nettolitši veski direktsiooni hinnangus klaastorustiku 7-aastase eksploatatsiooni kogemuste kohta märgitakse, et klaastorudel on varem kasutatud puit- ja metalltorudega võrreldes järgmised eelised:

1. täielikult vabaneti jahukoist, mis on veskites sagedaseks kahjuriks. (Jahukoi alandab jahu kvaliteeti ja toob suurt kahju.);
2. torude läbipaistvus võimaldab torustikes ummistused hõlpsasti avastada ja kiiresti kõrvaldada;



Joon. 59. Klaastorustik jahuvéskis.

3. tänu sisepindade siledusele liiguvad materjalid kergelt, seega torude läbilaskevõime suures;

4. klaastorustiku kompaktsus võimaldas tootmispinda kokku hoida;

5. klaastorustike kasutamise iga on tunduvalt pikem kui metall- ja puitorustikel, mistõttu ka tehnilis-majanduslikud näitajad on paremad;

6. vuukide puudumine klaastorustikes likvideeris täielikult jahutolmu tsehhides ja tegi lõpu mõldrite professionaalsele kopsuhaigusele.

Oma hinnangu lõpul veski direktsioon märgib, et klaastorude kasutamine võimaldas luua puhta, ilma tolmuta tootmistsehhi, kus on head töötingimused.

Ianderovi linna jahuveskis kasutati klaastorustiku monteerimisel kahte tüüpi ühendusi: flantsühendust kummirõngaste abil ja ühest kummimuhvist koosnevat muhvühendust, mis võimaldas torud ühendada suurema nurga all.

Torud riputati üles traatidega, mille üks ots kinnitati ruumi lae ja teine flantsi poldi külge.

Staatilise elektrilaengu tühjendamiseks saab pneumaatilisel transpordil (jahu liikumise kiirus ulatub siin 15—20 meetrini sekundis) kasutada kaht meetodit.

1) Toru välispind kaetakse 10—15 mm laiuse voolu juhtiva värvi ribaga. Värv valmistatakse peeneks jahvatatud grafiidist, mis on lahustatud spetsiaalses lakis. Pärast esimese kihi kuivamist kantakse peale teine ja seejärel kolmas kiht.

Torude jätkamiseks kasutatav kummimuhv mähitakse 2—3-kihilisse alumiiniumlehte.

Montaaž tuleb teostada nii, et värviribad ja alumiiniumleht moodustaksid voolu juhtiva liini. Vooluliin tuleb hoolikalt maandada.

2) Toru pealispinnale mähitakse 1—1,5-millimeetrise läbimõõduga spiraal, mille samm on 600—800 mm. Traat maandatakse.

Jahu vabal langemisel ei ole staatilise elektri ärajuhtimise järele Tšehhoslovakkia spetsialistide arvates vajadust, sest neisse torudesse koguneb väikese liikumiskiiruse tõttu nõrk elektrilaeng. Seepärast torustikes, kus jahu transportimine toimub vabalangemise printsiibil, staatilise elektri ärajuhtimise abinõusid ei rakendata.

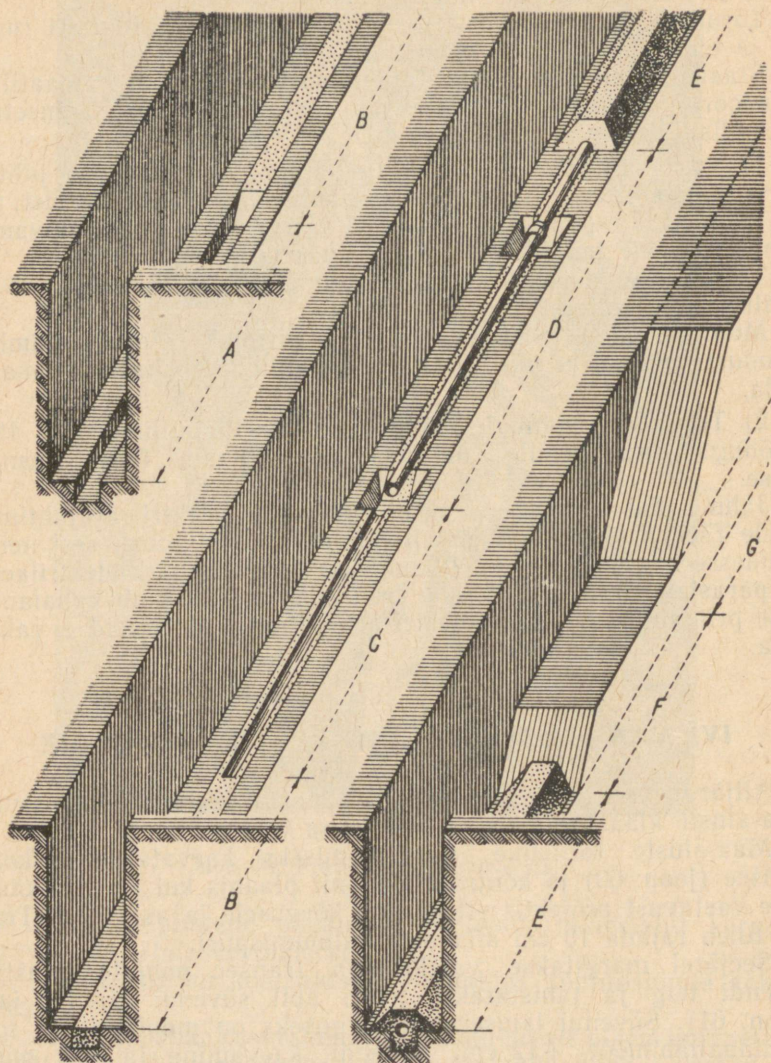
IV. MAA-ALUSTE KLAASTORUSTIKE MONTAAŽ

Alljärgnevalt kirjeldatakse Tšehhoslovakkias kasutatavaid maa-aluste klaastorustike monteerimise võtteid.

Maa-aluste torustike paigaldamiseks kaevatakse eelkõige tranšee (joon. 60) ja kontrollitakse nii plaanis kui ka vertikaalselt selle vastavust projektis ettenähtud kõrgusele ja asetusele. Tranšee tuleb rajada 10 cm allapoole külmumispiiri.

Seejärel märgitakse vaikestega tranšee põhjale torustiku süvendi telg ja tähistatakse nõõri abil süvendi ääred *a* ja *b* (joon. 61). Süvendi laiuseks ja kõrguseks on monteeritava toru nominaalläbimõõt +12 cm. Süvendi kaevamine ja kõik muud torustiku monteerimisega seotud tööd teostatakse vastu süvendi kallet. Kaevatav muld visatakse tranšeesse välja. Süvendi kallet ja profiili kontrollitakse šablooni ja kontrollristi abil. Ülekaevatud kohti ei täideta, väljakaevamata kohad aga kaevatakse täiendavalt välja.

Kui on karta, et pinnase- või sademetevesi tungib torustiku süvendisse ja hakkab seal voolates süvendit uhtuma, ehitatakse



Joon. 60. Tranšee kaevamise ja torude montaaži skeem. A — tranšee; B — liivaga täidetud süvend; C — toru pesa (renn) süvendis; D — renni asetatud toru; E — liivakihiiga kaetud toru; F — tranšee täitmine (esimese kattekihi kõrgus 30 cm); G — kinniaetud tranšee.

süvendisse veevoolu tõkestavad tammikesed. Need tuleb rajada toru ühenduskohdade vahele, mitte aga jätkukohtadele. Tammikesed tehakse savist, nende aluse laius piki torustiku süvendit on 60 cm. Tihendamiseks kasutatakse tambitsat.

Torustiku süvend täidetakse liivaga, mis ei tohi sisaldada üle 5-millimeetrise läbimõõduga teri. Üksikute kuni 10-millimeetrise läbimõõduga kivikeste sisaldus liivas on lubatud. Süvendisse puistatud liiva tihendatakse tampimise teel.

Klaastoru paigaldamiseks surutakse süvendi põhjas oleva liivakihi pealispinda sileda malmtoruga poolsilindriline pesa (renn). Malmtoru välimine läbimõõt peab vastama paigaldatava klaastoru välimisele läbimõõdule. Torustiku renni õiget asendit nii vertikaalselt kui ka plaanis kontrollitakse šablooniga ja kontrollristi abil. Torustiku jätkukohtades kaevatakse liiv süvendi põhjani välja.

Vahetult enne torude paigaldamist kontrollitakse kõik torud läbi. Defektidega torud kõrvaldatakse. Toruotsad peavad kuni montaažini olema kaitstud kummimansettidega. Viimased peavad ulatuma 2—3 cm üle toruotste. Samuti tuleb vältida torude võimalikku kriimustamist.

Torustiku montaaž toimub järgmiselt. Üks tööline eemaldab toru ühelt otsalt kummimanseti ja annab toru edasi tranšees olevatele töölistele. Need paigutavad toru selle otsaga, millelt kaitsemansett on eemaldatud, renni keskele ja teostavad ühenduse.

Monteeritud torud kaetakse seejärel vähemalt 12 cm laiuse lauaga.

Sileda otstega metalltorude ühendamine klaastorudega toimub analoogiliselt klaastorude omavahelise ühendamisega.

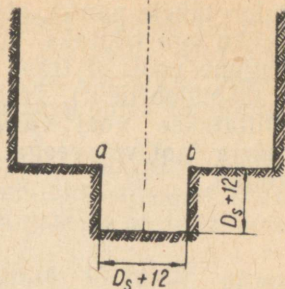
Fassongosade või flantsidega metalltorude ühendamisel klaastorudega kasutatakse metalltorust vahetükki, mille sile ots ühendatakse samuti, kui toimub kahe sileda otsaga torude ühendamine.

Monteerimisel on vaja torusid sageli tükeldada, et saada vajaliku pikkusega osi. Selleks kasutatakse spetsiaalset seadeldist, mille traadi läbimõõt on 0,8 mm. Traat ühendatakse transformatori kaudu elektrivooluallikaga. Transformatori sekundaarmähisel on väljavõtted 6—40-voldisele pingele.

Tihti kasutatakse transformatori asemel vahetatavaid takisteid (joon. 62). Elektrivooluallikaks võib olla ka akumulaator.

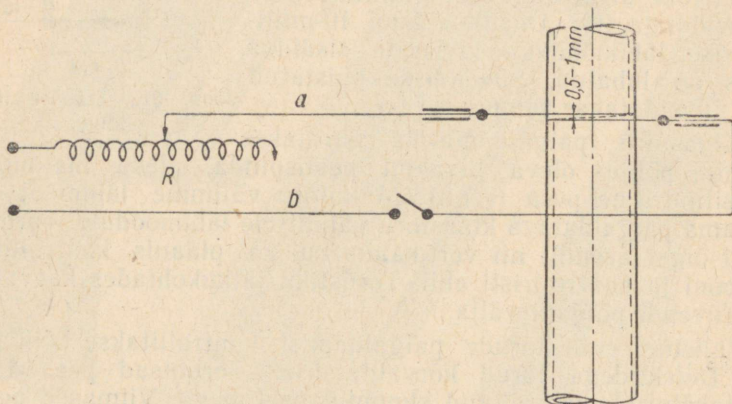
Takistustraata, mille pikkus on toru välimisest läbimõõdust, on ühendatud isoleermaterjalist käepideme või tükeldustangidega, kuhu on monteeritud lüliti.

Tükeldamise kohal mähitakse traat ümber toru. Seejuures



Joon. 61. Tranšee läbilõige.

tuleb tähele panna, et ristuvad traadiotsad ei puutuks üksteisega kokku ega tekitaks lühiühendust. Seejärel lülitatakse sisse niisugune vool, et traat muutuks punaseks (oranži värvuse juures traat põleb läbi!). Traadi kuumendamine kestab kaks minutit, siis lülitatakse vool välja, traat eemaldatakse ja toru jahutatakse märja lapi või veega. Jahutamisel toru tükeldub kuumendatud kohalt.



Joon. 62. Klaastorude tükeldamine elektrivoolu abil.

Ka võib toru tükeldada teemandiga. Selleks lõigatakse toru teemandiga ümberringi ja pööratakse lõigatud kohta (ümber toru telje) piiritus- või petrooleumilambi kohal seni, kuni toru ettelõigatud kohal lõheneb.

Tükeldatud toru servad lihvitakse kas käsiluisu või lihvimiskäiaga siledaks.

Pärast montaaži toimub torustiku proovimine. Proovitava torustikulõigu pikkus ei ületa 300 m. Torustiku kaitseks asetatud laudad eemaldatakse ja torud kaetakse liivaga. Ühendused aga jäetakse proovimisel lahti. Proovitava torustikulõigu mõlemasse otsa asetatakse sulgosad. Proovimispumba vooliku ühendamiseks kinnitatakse torustiku kõrgemal oleva otsa sulgosa külge vastav detail. Mõlemad toruotsad puistatakse korralikult mullaga üle. Torustikulõik täidetakse lõigu madalamast otsast veega. Pärast õhu eemaldamist kontrollitakse kogu torustikku. Kui torustikus avastatakse õhukotte, tuleb vastav toru ümber monteerida.

Surveproov tehakse veetorustiku kohta kehtestatud eeskirjade kohaselt. 15 minuti pärast ei tohi rõhk alaneda rohkem kui 0,5 atm. Kui kontrollimine andis positiivseid tulemusi, kaetakse kõik ühenduskohad liivaga ja tammitakse ettevaatlikult kinni. Kaitsvale liivakihi puistatakse veel liiva, mõnikord ka tranšeest väljakaevatud ja läbisõelatud pinnast, nii et torusid kataks vähe-

malt 10 cm paksune kattedkiht. Seejärel jätkub tranšee täitmine. Vähemalt 30 cm paksuses ei tohi torudele puistatav kiht sisaldada üle 3-sentimeetrise läbimõõduga kive ega külmunud pinnase tükke. Iga 15 cm kõrgune puistekiht tambitakse puust tambitsaga ettevaatlikult kinni.

Pärast seda aetakse tranšee lõplikult kinni. Kõik pinnasekihid, millede paksus ei tohi ületada 30 cm, tambitakse tihedalt rauast tambitsaga kinni. Suuri kive võib koos pinnasega asetada ainult tranšee ülemisse ossa.

Kui tranšee kinniajamisest on möödunud 48 tundi, proovitakse torustikku veesurve all lõplikult. See võimaldab avastada tranšee kinnitampimise ajal torustikus tekkinud vigastused.

Tšehhoslovakkias pööratakse suurt tähelepanu torude kaitsmisele vigastuste eest. Teiste torudega võrreldes on klaastorudel küll palju eeliseid, kuid nad nõuavad hoolikat ladustamist, transportimist ja käsitlemist. Neid võib hõlpasti kõvade või teravate esemetega vigastada.

Klaasi pinna sügavad kriimustused vähendavad või hoopiski hävitavad klaasi tugevuse.

Laos hoidmisel kaitstakse torusid mõlemast otsast kaitsemansettidega, mis asetatakse nii, et torud ei puutuks üksteisega kokku.

Mansettideta torude transportimisel pannakse torude vahele pakkematerjali (puuvill jm.).

Nagu Tšehhoslovakkias klaastorustike kasutamisel saadud kogemused näitavad, on kvaliteetsete torude ja hoolika montaaži korral klaastorustike kasutamise iga piiramatu.

V. KEEMILISE APARATUURI TOOTMINE

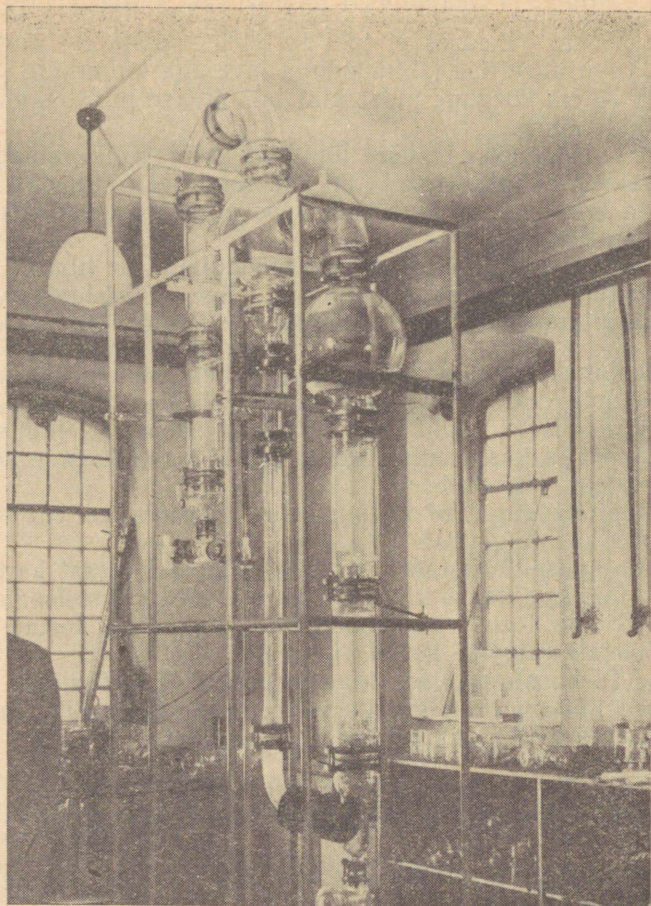
Tšehhoslovakkias toodetakse laialdaselt mitmesugust klaasaparatuuri ja -armatuuri.

Klaasdetailidest valmistatakse reaktoreid, destillaatoreid, soojusvahendajaid, kondensatsiooniseadeldisi, balloone jm.

Keemilise aparatuuri tootmine on koondatud Ruženini tehasesse. Siin valmistatakse mitmesuguste mõõtmete ja mahutavusega detaile ning aparatuuri, kaasa arvatud kuni 350-millimeetrise läbimõõdu ja kuni 100-liitrise mahutavusega anumad. Keemilist aparatuuri toodetakse termiliselt vastupidavast boorsilikaatklaasist «Simaks». Soovitavate detailide saamiseks töödeldakse väljapuhutud klaastoorikuid pärast lõõmutamist. Selliste töötlemisprotsesside hulka kuuluvad ääriste sulatamine, freesimine ja lihvimine, spiraalide sulatamine klaastorudest, pindade lihvimine jt.

Joonistel 66—87 on esitatud klaasaparatuuri tüüpdetailid.

Detailide ühendamiseks kasutatakse peamiselt sfäärilist (šarniir-) ja flantsühendust (joon. 88 ja 89).



Joon. 63. Klaasjadeldised keemiatehases.

Detailide monteerimist pikkade ühenduspoltide abil kujutab joonis 90 ja flantsühenduse abil joonis 91.

Mõningate tavalisemate klaasaparatuuride montaažiskeemid on toodud joonistel 92—96.

Kolmeliikmeline brigaad valmistab normi järgi 8 tunni jooksul «Simaks»-klaasist puhutud tooteid järgmisel hulgal:

100-liitrise mahutavusega balloone — 8.

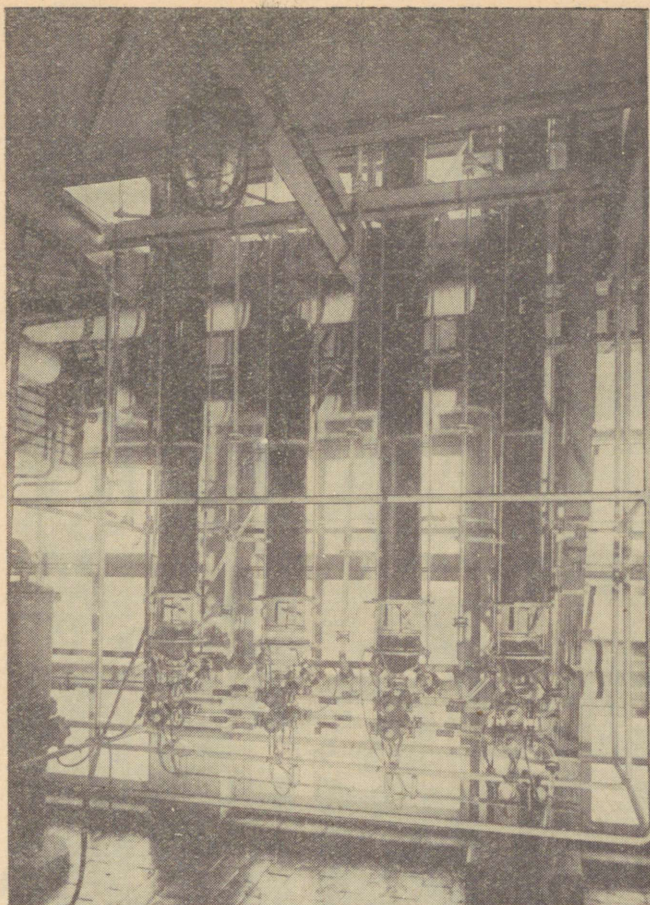
80-liitrise mahutavusega balloone — 10,

50-liitrise mahutavusega balloone — 16,

300-millimeetrise läbimõõduga ja 660 mm pikkusi torusid — 16,

150-millimeetrise läbimõõduga ja 1200 mm pikkusi torusid — 16.

Ruženini tehas valmistab klaasdetailide kõrval ka metallist sõrestikku, aluseid ja teisi klaasaparatuuri monteerimisel ja



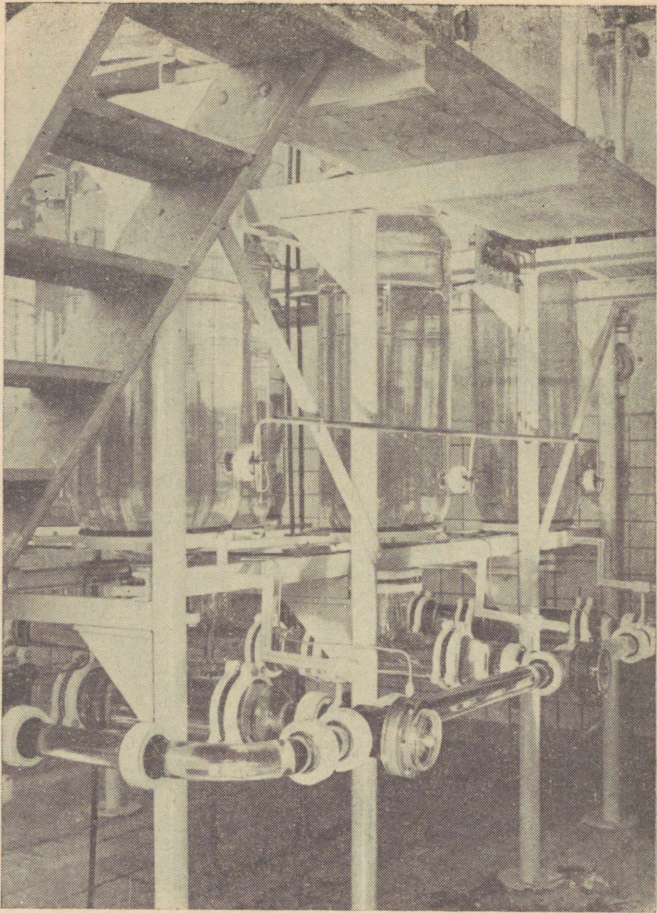
Joon. 64. Klaasseadeldised keemiatehases.

ekspluateerimisel vajalikke seadmeid. Selliste komplektidena turustatakse montaažiorganisatsioonile ka aparatuur.

Puhutud klaastoodete (kolmikud, põved, ballooned jne.) vormide valmistamiseks kasutatakse Tšehhoslovakkias segu, mis koosneb tsemendist, erilisest nn. pezol-massist ja veest. Koostisainete mahuline vahekord on järgmine: 3—4 osa tementi, 3 osa pezol-massi ja 3—3,5 liitrit vett.

Pezol-massi koostis:

kivisöetõrva	38	kaaluosa
pruunsöepulbrit	37	— „ —
grafiidipulbrit	25	— „ —
kokku	100	kaaluosa

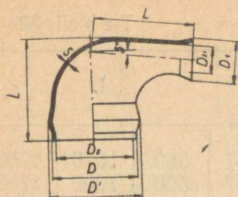


Joon. 65. Klaasitud keemiatehases.

Pezol-massi valmistamiseks need koostisained peenendatakse, kaalutakse ettenähtud vahekorras ja puistatakse siis segistissegusse, kus nad hoolikalt läbi segatakse. Saadud mass säilib praktiliselt piiramata aja jooksul.

Vormisegu valmistamisel doseeritakse 3 liitrit pezol-massi ja 3—4 liitrit tsementi. Segu sõelutakse läbi sõela nr. 3. Seejärel segatakse uuesti. Hästi läbisegatud segule lisatakse veel $3\frac{1}{4}$ liitrit vett. Seejuures tuleb segu kogu aja segada. Segamist jätkatakse seni, kuni koostisainete tükikesed täielikult kaovad ja moodustub ühtlane tangupudrutaoline segu.

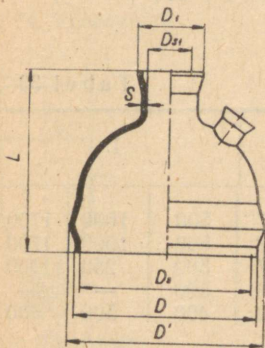
Sellest pudrutaolisest segust valatakse vajalike mõõtmetega toorikud.



Joon. 66. Kuppel

Tabel 28

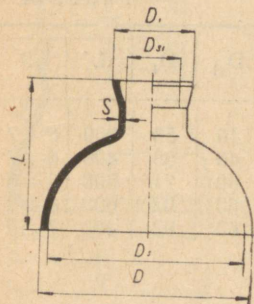
$D_{s'}$	D	D^1	$D_{s'1}$	D_1	L	S'
100	118	133	50	71	150	6÷7
170	190	209	60	92	250	6÷8



Joon. 67. Kuppel.

Tabel 29

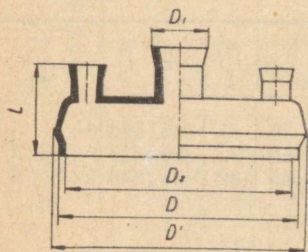
$D_{s'}$	D	D^1	$D_{s'1}$	D_1	L	S'
100	118	133	40	58	130	6÷7
125	140	158	40	58	175	6÷7
175	190	208	50	71	200	6÷8
250	266	286	60	92	250	6÷8
300	305	335	60	92	280	7÷9



Joon. 68. Anuma kaas.

Tabel 30

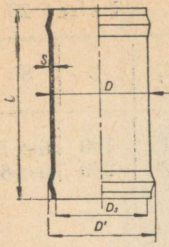
$D_{s'}$	D	$D_{s'1}$	D_1	L	S'
250	266	90	92	190	7÷9
300	305	60	92	215	7÷9
320	366	60	92	255	7÷9



Joon. 69. Kaas.

Tabel 31

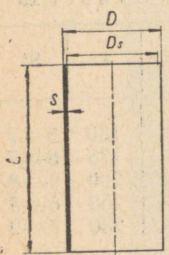
$D_{s'}$	D	$D_{s'1}$	D_1	L	S'
175	190	208	48	100	6÷7
250	266	286	71	140	6÷7
250	272	—	87	95	10
200	305	335	78	150	6÷8



Joon. 70. Silinder.

Tabel 32

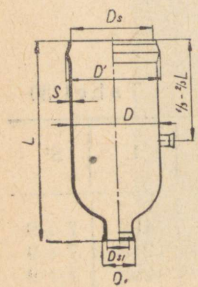
$D_{s'}$	D	D'	S'	L		
100	118	133	6÷7	500	1000	1700
125	140	158	6÷7	500	1000	1700
175	190	208	6÷7	500	850	1700
250	266	286	6÷8	500	—	—
300	305	335	7÷9	500	—	—



Joon. 71. Silinder.

Tabel 33

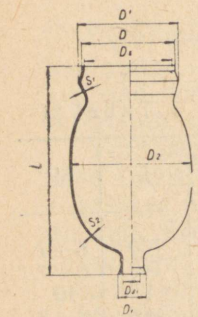
$D_{s'}$	D	S'	L		
100	118	6÷7	500	1000	1700
125	140	6÷7	500	1000	1700
175	190	6÷7	500	250	1700
250	266	6÷8	500	—	—
300	305	7÷9	400	500	600



Joon. 72. Anum.

Tabel 34

Mahrt l	$D_{s'}$	D	D'	D_{s1}	D_1	L	S
2	100	118	139	40	58	300	6÷7
5	125	140	158	40	58	400	6÷7
20	175	190	208	50	71	500	6÷8
10	250	266	286	60	92	600	6÷8
25	300	305	335	60	92	400	7÷9



Joon. 73. Anum.

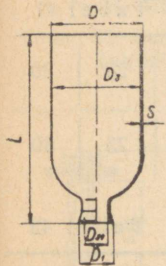
Tabel 35

Mahrt	$D_{s'}$	D	D'	$D_{s'1}$	D_1	D_2	L	S'_1	S'_2
35	250	266	286	50	71	335	590	6÷8	5
50	250	266	286	60	92	350	685	7÷8	5
80	250	266	286	60	92	455	840	9÷8	5

Tabel 36

Maht l	$D_{s'}$	D	D'	D_1	L	S'	S'_1
20	250	266	286	325	440	6-7	4
30	250	266	286	365	510	6-7	4
50	250	266	286	440	620	6-8	4
75	250	266	286	550	750	6-8	5
100	250	266	286	560	790	6-8	5

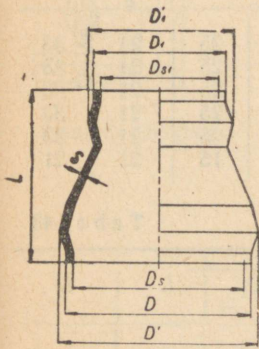
Joon. 74. Keeduanum.



Tabel 37

Maht l	$D_{s'}$	D	$D_{s'1}$	D_1	L	S'
30	250	266	60	92	725	7÷9
40	300	305	60	92	700	7÷9
60	350	366	60	92	690	7÷9

Joon. 75. Anum.



Tabel 38

D_s/D_{s1}	D	D'	D_1	D'_1	L	S'
125/100	140	158	118	133	160	6-7
175/100	190	208	118	133	180	6-7
250/100	299	286	118	133	260	6-7
300/100	305	335	118	183	250	6-8
175/125	190	208	140	158	160	6-7
250/125	266	286	140	158	190	6-7
300/125	305	335	140	158	270	6-8
250/175	266	286	190	208	250	6-8
300/175	305	335	190	208	240	6-8
300/250	305	335	266	286	200	6-8

Joon. 76. Uleminekuosa.

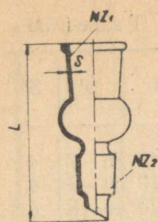


Tabel 39

D_{s_s}	D	$D_{s'1}$	D_1	L	$D_{s'1}$	D_1	L	$D_{s'1}$	D_1	L	$D_{s'i}$	D_1	L
15	27	60	92	160	50	71	120	40	58	95	32	48	80
25	41	60	92	150	50	71	110	40	58	90	32	48	70
32	48	60	92	140	50	71	100	40	58	80	—	—	—
40	58	60	92	120	50	71	80	—	—	—	—	—	—
50	71	60	92	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—

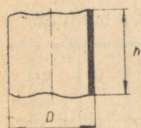
Joon. 77. Ule-
minekuosa.

Tabel 40

Joon. 78.
Uleminekuosa.

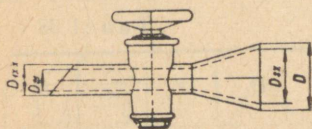
NZ ₁ /NZ ₂	L	S'
34/35/29/32	130	4
40/40/29/32	135	4
45/40/29/32	135	4
29/32/40/40	125	4
45/40/40/40	140	4

Tabel 41

Joon. 79.
Rašigrõngas.

D	7	10	15	20	25	30
h	7	10	15	20	25	30

Tabel 42



Joon 80. Veekraan.

D _{sx}	D	D _{sl}	D _{1xx}		
60	92	15	25	21	33
50	71	15	25	21	33
40	58	15	25	21	33
32	48	15	25	21	33
25	41	15	25	21	33
15	27	15	15	21	21

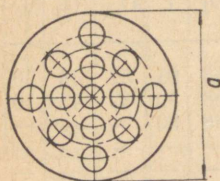
Tabel 43



Joon. 81. Vahetükk.

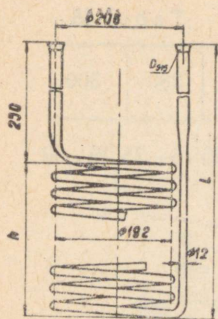
D _{sl}	D	D ₁	L	S'
100	118	90	60	6÷7
125	140	112	60	6÷7
175	190	162	60	6÷7
250	266	238	65	6÷8
300	305	275	65	6÷8

Tabel 44



Joon. 82. Aukudega plaat.

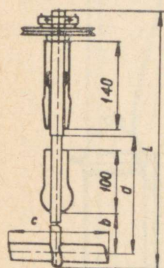
D	Aukude arv	Aukude ristlõige cm ²
98	7	26
122	14	35
171	19	55
243	31	112
285	37	130



Joon. 83. Soojendus-spiraal.

Tabel 45

Maht l	20	30	50	75	80	100
h	280	350	460	570	610	630
L	530	600	710	820	860	880
Pind m^3	0,22	0,28	0,38	—	—	—



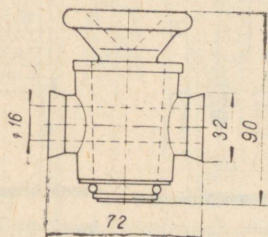
Joon. 84. Segisti.

Tabel 46

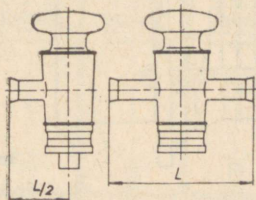
Maht l	L	a	b	c
35	770	500	360	80
50	920	650	510	100
80	1130	860	720	100
20	630	360	220	80
30	710	440	300	100
50	800	530	390	120
75	920	650	510	130
100	970	700	550	140

Tabel 47

D_s	15	25	32	40
L	140	160	180	220

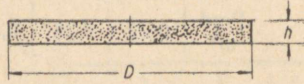


Joon. 85. Pressitud kraan.

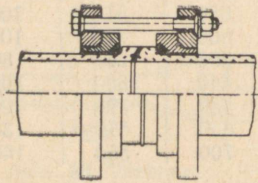


Joon. 86. Kraanid.

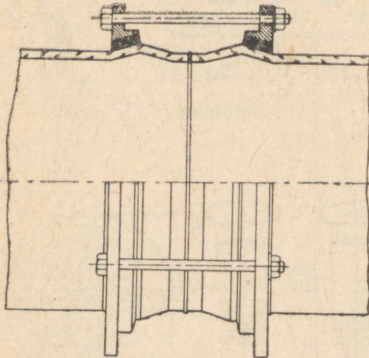
Läbimõõt D_{mm}	100	125	145	175	195	250	280	300
Kõrgus h_{mm}	6-8	8-19	8-10	10-20	10-20	15-25	15-25	20-30



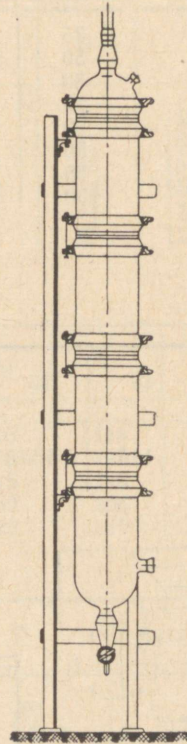
Joon. 87. Klaasist filter-
plaat.



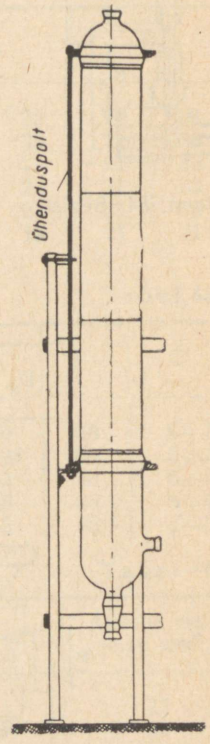
Joon. 88. Aparatuuri
sfääriline (šarniir-)
ühendus.



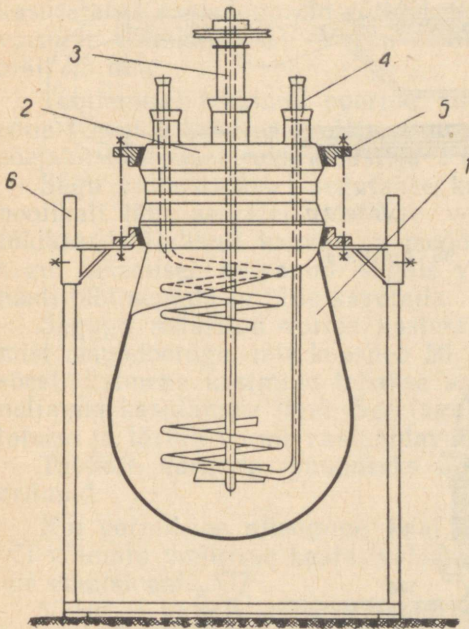
Joon. 89. Aparatuuri
flantsühendus.



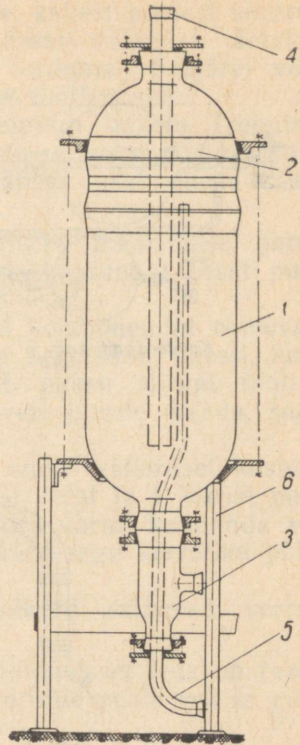
Joon. 90. Aparatuuri
ühendamine pikkade
ühenduspoltide abil.



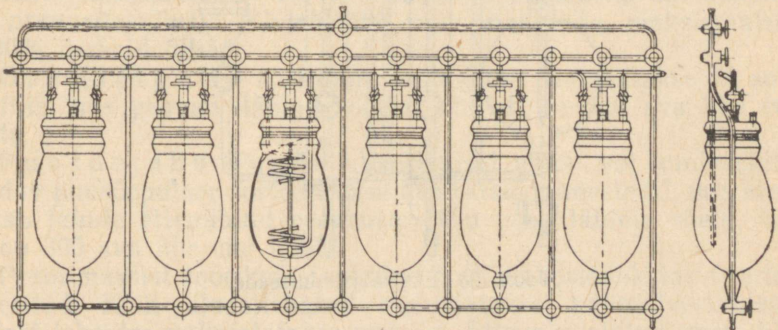
Joon. 91. Aparatuuri
ühendamine flants-
ühenduse abil.



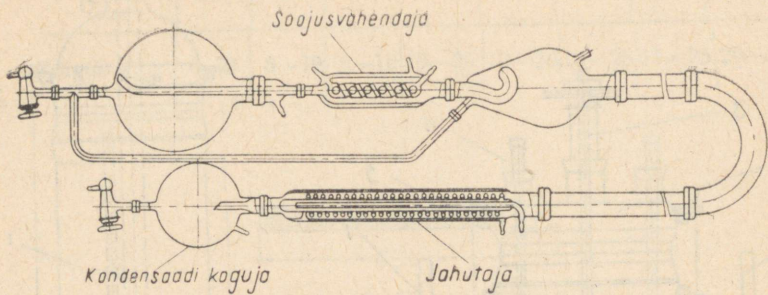
Joon. 92. Reaktsioonianum koos segisti ja soojendusspiraaliga. 1 — keeduanum; 2 — kauss; 3 — segisti; 4 — soojendusspiraal; 5 — ühendus; 6 — statiiv.



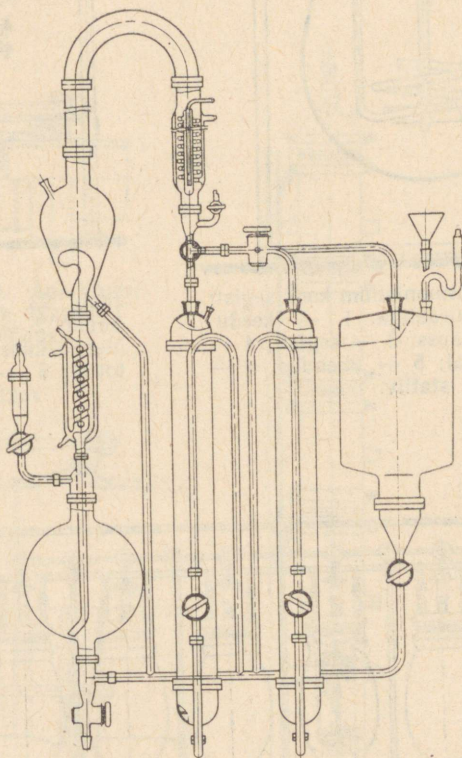
Joon. 93. Jaotaja. 1 — anum; 2 — kuppel; 3 — üleminekuosa; 4 ja 5 — torud; 6 — kandekonstruksioon.



Joon. 94. Difusioonipatarei.



Joon. 95. Aurutaja.



Joon. 96. Ekstraktsiooniseade.

Tooriku valu teostatakse lahtikäivasse, kahest poolest koosnemasse lehtterasest vormi. Pärast vormidesse valamist jäetakse segu 12—24 tunniks toatemperatuuril tarduma. Seejärel võib tooriku vormist välja võtta ja asuda selle töötlemisele.

Toorik kinnitatakse ettevaatlikult treipingi vahele. Treimisel kasutatakse samasuguseid võtteid, tööriistu ja treiterasid kui puitvormide valmistamisel. Vormi seinte paksus peab olema vähemalt 25 mm.

Töötlemisel tekkinud pooride sulgemiseks määratakse pindu enne vormide kasutuselevõttu seguga, mis koosneb 1 osast puusööejahust, 1 osast rukkijahust ja 2 osast veest.

Segu valmistamisel segatakse kuivad komponendid eelnevalt hoolikalt läbi, seejärel lisatakse vett ja segatakse uuesti, kuni tükikesed täielikult kaovad ja moodustub paksu siirupi taoline segu. Seismisel kuivanud segule võib vett juurde lisada, segu hästi läbi segada ja jälle kasutada.

Seguga määratud vorme kastetakse enne igakordset kasutamist emulsiooniga, mis koosneb 50 liitrist veest ja 1 liitrist puusöest. Esimene kastmine tehakse aga alles vormi kolmanda või neljanda kasutamise järel. See tagab määrdesegu korraliku põletamise ja tõstab vormi vastupidavust.

Taoliste vormide puuduseks on mõnikord esinevad vormikriimud.

Kui vormil on niisugune kaal ja mõõtmed, et teda on raske või võimatu ämbrisse kasta, valatakse vormile peale vee ja puusöe emulsiooni.

Vormide valmistamiseks, määrimiseks ja kastmiseks kasutatavad ained peavad vastama ettenähtud nõuetele.

T s e m e n t. Põhiliselt kasutatakse portlandtsementi.

P r u u n s ö e p u l b e r. Pulbrina kasutatakse mis tahes pruunsööejääkidest saadavat tolmu. Tähtsaimaks nõudeks on kasutatava pulbri terasus. Fraktsioon on pulbriks kohane, kui ta läbib sõela, millel on 40 ava ühe cm^2 kohta.

K i v i s ö e t ö r v. Kasutatakse ainult gaasitehastes jäägina saadavat kivisöetõrva. Tõrva terasus peab olema samasugune kui pruunsöepulbril. Kivisöetõrv võib sisaldada maksimaalselt 55,96% raskeid õlisid.

G r a f i i d i p u l b e r. Pulbri saamiseks kasutatakse II sorti grafiite, mis peavad läbima sõela, millel on 300 ava ühe cm^2 kohta.

P u u s ö e j a h u. Puusöe jahvatamisel valts- või kuulveskites saadav puusöepulber sorteeritakse aspiratsioonimeetodil, mis kindlustab jahule ettenähtud peensuse: jahu peab läbima sõela, millel on 300 ava ühe cm^2 kohta.

Pezol-massist toorikute tootmine on Tšehhoslovakkias tsentraliseeritud. Kõik klaasitehased varustatakse valmistoorikutega, millest tehastes valmistatakse vormid. Ettevalmistatud vorm kinnitatakse metallisõrestiku külge. Pezol-massist vormides puhutud

klaastoodetel on kõrge läige ja sile pind. Toodete mõõtmed jäävad ka vormide korduval kasutamisel muutumatuks, sest pezol-massist vormid ei põle ega söestu nagu puitvormid. Pezol-massist vormid on puitvormidest 100 korda vastupidavamad. Vastandina puitvormidele ei vaja nad remonti. Puitvormid teatavasti aja jooksul deformeeruvad ja pragunevad, pezol-massist vormid aga säilitamisel ei rikne.

Tšehhoslovakkias on kõik eespool mainitud materjalid vormide valmistamiseks kergesti kättesaadavad. Eesti NSV-s tuleks katsetada pruunsöe asendamist põlevkivi või turbabriketiga. Vormide valmistamine on tehnoloogiliselt lihtne ja kiire.

Pezol-massist vormides jahtub klaas rutemini kui puitvormides. See võimaldab tööjõudlust märgatavalt suurendada.

Puitvormidega võrreldes esineb pezol-massist vormides praaki 10% vähem.

Pezol-massi üks kuupmeeter maksab 2040 Tšehhoslovakkia krooni, puidu kuupmeeter aga 3840 krooni. Kui veel arvestada, et puidu kadu on umbes 33%, siis ulatub puidu maksumus 5067 kroonini. Et vormide valmistamisel on aja kulu peaaegu ühesugune, on pezol-vormide majanduslikud eelised väljaspool kahtlust.

Ühe pezol-massist vormiga võib välja puhuda 10 000—15 000 toodet.

Pezol-vormide kasutuselevõtt peaks ka meie vabariigi klaasitehastes olema tehniliselt ja majanduslikult otstarbekohane.

VI. KLAASBETOONTORUDE TOOTMINE

Klaasbetoontoru koosneb klaastorust ja selle ümber valatud raudbetoonkestast. Toru läbilõige on kujutatud joonisel 97.

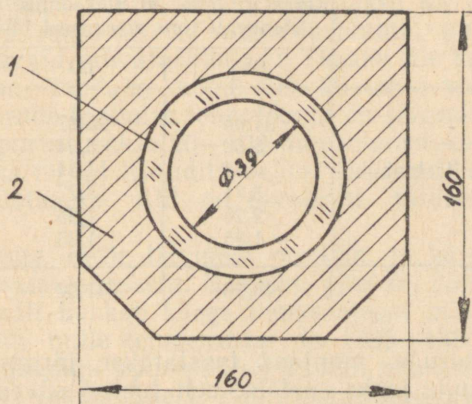
Raudbetooniga kaetakse väikesi (40—80-millimeetrise läbimõõduga) klaastorusid, sest niisugused torud taluvad ainult väikesi paindekoormusi. Klaastoruga monoliidi moodustav raudbetoonkest aga aitab torule mõjuvat paindekoormust vastu võtta, s. o. tugevdab klaastoru. Suuremad, 100—150-millimeetrise läbimõõduga torud, suudavad juba iseseisvalt maa-aluseie torustikule mõjuvaid paindekoormusi vastu võtta, mistõttu neid torusid raudbetoonkestaga ei tugevdata.

Klaasbetoontorusid toodetakse Tšehhoslovakkias Iindrichv-Hradecis, mis asub Prahast 148 km lõuna pool. Torude valmistamisega tegeleb siin 1956. aastast alates väike tööstuslik artell, kus töötab 15 töölit.

Klaasbetoontorusid kasutatakse Tšehhoslovakkias surve all töötavate maa-aluste veevarustusmagistraalide ehitamisel.

Klaasbetoontorude valmistamise tehnoloogiline protsess on järgmine. Klaastoru otsad mähitakse 50—60 mm pikkuselt pabe-

risse ja asetatakse seejärel vibratsioonilauale paigutatud puitvormi. Paberisse mähitud toruotsad toetuvad vormis spetsiaalsele tugele, mis fikseerivad täpselt toru asetuse. Vormi sisepinnad määratakse üle mineraalõliga. Pärast torude kinnitamist



Joon. 97. Klaasbetoonтору läbilõige. 1 — klaas; 2 — betoon.

tugele valatakse vormi betoon, mis koosneb 50 kilogrammist tsemendist (mark «350») ja 80 kilogrammist liivast. Betooni konsistents peab olema keskmine. Vormi asetatakse neljast 5—6-millimeetrise läbimõõduga eraldi seisvast vardast koosnev terasarmatuur. Kui vormid on betooniga täidetud, lülitatakse 1,5—2 minutiks sisse vibraator, mis tihendab betooni. Pärast seda, kui betoon on 1—2 päeva tardunud, vabastatakse klaasbetoonтору vormist.

Tšehhoslovakkias toodetavate klaasbetoonitorude mõõtmed ja kaal on esitatud tabelis 48.

Tabel 48

Toru sisemine läbimõõt mm	Toru pikkus mm	Betoonkattest vaba toruotsa pikkus mm	Toru kaal kg
40	2 700	30	—
50	5 700	45	66
65	2 200	50	75
80	2 800	50	74

Klaasbetoonitorude valmistamiseks kasutatakse nii naatronkui ka «Sial»-klaasist torusid, kuigi viimaste termilise joonpaisumise koefitsient on $47 \cdot 10^{-7}$, betoonil aga umbes 100 kuni $120 \cdot 10^{-7}$.

Termiliselt vastupidavast «Sial»-klaasist klaasbetoonitorude väljalaskehinnad on toodud tabelis 49.

Tabel 49

Kulu liik	Klaasitoru ühe jm maksumus Tšehhi kroonides, olenevalt toru sisemisest läbimõõdust mm		
	65	50	40
Materjalid	31,05	25,87	20,38
Tööjõud	5,50	5,34	5,32
Amortisatsiooni- ja tsehhikulud	4,68	4,54	4,52
Ületehaselised kulud	3,71	3,22	2,72
Tehase kasum 5%	2,25	1,95	1,65
Tootmiskaod	1,85	1,05	1,34
K o k k u	49,06	41,97	35,93

Klaasbetoonitorude montaaž teostatakse järgmiselt. Tranšee põhja, toru jätkude jaoks spetsiaalselt tehtud süvendisse, paigaldatakse 2 betoondetaili tihedalt teineteise vastu, mis moodustavad küna. Pärast seda, kui betoonkattest vabale toruotsale on tõmmatud kummimuhv, asetatakse toru betoonkünnasse. Seejärel lükkatakse kummimuhvi vabasse otsa teise toru ots. Ühendatavate toruotste vaheline pilu peab olema 10—15 mm. Kummimuhvile keritakse spiraalina mõned keermed 1,5-millimeetrise läbimõõduga traati. Järgnevalt täidetakse küna tihedalt betooniga, mille koostises on 50% tsementi, 25% liiva ja 25% killustikku (tera suurus 3—5 mm).

Maa-aluseid klaasbetoonitorustikke monterivad samad tööliised, kes torusid valmistavad.

Pärast montaaži ja jätkukohtade tardumist proovitakse torustiku vastupidavust 9-atmosfäärisele hüdraulilisele rõhule, mis vastab 1,5-kordsele eksploatatsioonirõhule. Proovimine vältab 15 min. Selle aja jooksul ei tohi rõhk torustikus langeda üle 0,5 atm.

1957. aastal võeti Tšehhoslovakkias kasutusele 10 km pikkune klaasbetoonitorudest veevärgimagistraal. Seni on see torustik töötanud häireteta.

Maa-aluse klaasbetoonitorudest veetorustiku ühe jooksva meetri montaaži maksumus (ilma mullatöödeta) on 40-millimeetrise läbimõõduga torude kasutamisel 80,76, 50-millimeetrise läbimõõduga torude puhul 88,75 ja 65-millimeetrise läbimõõduga torude juures 96,85 Tšehhi krooni.

VII. BASALTTORUDE TOOTMINE

Basalttorusid toodetakse looduslikust sulatatud basaldist. Vastav tehas asub Stara-Voda asulas, Prahast 150 km lääne pool. Tehas valmistab 50—500-millimeetrise läbimõõduga ja 400—500 mm pikkusi torusid. Torude kõrval toodetakse ka fassongosi ja teisi basalttooteid, nagu renne, vooderdusplaate, pumbadetaile, veskite kasutatavaid jahvatuskuule jt. (kokku üle saja nimetuse).

Ööpäevane toodang moodustab 20 tonni valmistooteid.

Basalttorude tootmise tehnoloogia on järgmine. Karjääris murdud basalt purustatakse 20—100 mm suurusteks tükkideks ja suunatakse ilma mingi lisandita šahtahju. Basalditükid toimetatakse ahju kaldtõstukiga. Ahi on tavaliselt täidetud šahti ülemise ääreni.

Šahtahjuga, mille läbimõõt on 1000 ja kõrgus 2500 mm, on ühendatud sulatusbassein. Basseini pind on 2500×2300 mm. Šahtis olev basalt hakkab kõrge temperatuuri mõjul sulama ja valgub basseini, mille temperatuur on 1320—1350°. Ahju köetakse generaatorigaasiga kolme põleti kaudu, mis asuvad basseini ühes seinas (šahti vastasküljel). Põletitesse suunatavat õhku soojendatakse eelnevalt rekuperaatoris 300—400 kraadini.

Basseinist juhitakse sulam renni kaudu kogujasse, mille temperatuur on 1200—1220° piires. Kogujast kallutatakse sulam spetsiaalse mehhanismi abil valukoppa, mis torude valmistamise korral transporditakse tsentrifugaalvalumasina juurde, muude toodete valmistamisel aga vormide ja kokillide juurde. Tsentrifugaalmenetlusel vormitakse 150—500-millimeetrise läbimõõduga ja 400—500 mm pikkusi torusid. Kuni 100-millimeetrised torud, samuti ka teised tooted valatakse muldvormidesse ja kokillidesse.

Tsentrifugaalmenetlusel valmistatud torude seinte paksus on 20—23 mm, vormi valatud torudel kuni 30 mm.

Sulami valamisel tsentrifugaalvalumasinasse vorm pidevalt pöörleb. 150-millimeetrise läbimõõduga torude vormimisel teeb tsentrifugaalmasin 900 pööret minutis. Teistsuguse läbimõõduga torude valmistamisel valitakse tsentrifugaalmasina pöörlemise kiirus nii, et säiliks vormi pöörlemise joonkiirus.

Toru vormimine kestab tsentrifugaalmasinas umbes 2,5—3 min. Seejärel tõstetakse silindriline metallvorm koos valatud toruga sildkraana abil seadme juurde, mis lükkab basalttoru pneumaatiliselt metallvormist välja. Järgnevalt suunatakse basalttoru lõõri, kus toimub basaldi kristallisatsioon ja lõõmutamine. Lõõri pikkus on 40, laius 1,8 ja kõrgus 1 m. Lõõri köetakse gaasiga.

Basaldi rekristalliseerumine toimub suurel määral juba toru vormimise ajal. Rekristallisatsiooni jätkamiseks hoitakse lõõris temperatuur 800—820°, mille tulemusena basalt rekristalliseerub täielikult 3—6 tunni jooksul. Rekristallisatsiooni, lõõmutuse ja jahtumise tsükkel lõõris kestab 24 tundi.

Basalttorude ja muude looduslikust ning rekristalliseerunud

basaldist toodete füüsikalisi-mehaanilised omadused on toodud tabelis 50.

Tabel 50

Omadused	Mõõtühik	Vormidesse valamisel	Tsentrifugaalmenetlusel	Looduslik basalt
Erikaal	g/cm ³	2,90	3,00	2,91
Survetugevus	k/cm ²	2900±35 %	3030±40 %	2000
Tõmbetugevus	k/cm ²	250	290	100
Paindetugevus	k/cm ²	450±25 %	530±25 %	190±30 %
Kõvadus Moosi skaala järgi	—	7—8	7—8	6—7
Hõõrdetugevus	cm ² /cm ³	1820	2080	7090
Joonpaisumise koefitsient vahemikus 0—100°	1/°C	79.10 ₋₇	78.10 ₋₇	62.10 ₋₇
Termineline vastupidavus (üleminekul kuumast keskkonnast külma)	°C	150	150	—

Basalttorude keemilist vastupidavust mitmesuguses kontsentratsioonis hapetele (toatemperatuuril) näitab tabel 51.

Tabel 51

Hape	Kontsentratsioon %	Kaalude kadu grammides pinnalahe m ² kohta (ööpäevas)	
		vormidesse valamisel	tsentrifugaalmenetlusel
Soolhape	37	1,56	0,52
	25	1,68	0,52
	15	2,35	0,64
	3	1,88	0,38
Lämmastikhape	69	0,42	0,08
	50	0,55	0,13
	35	1,15	0,28
	10	2,50	0,39
Väävelhape	75	0,18	0,08
	50	0,60	0,13
	30	1,29	0,47
	10	2,54	0,55

Basalttorusid ja -renne kasutatakse nende kõrge kulumiskindluse tõttu peamiselt suure abrasiivsusega materjalide transporti-

miseks määratud metalltorude ja -rennide vooderdamiseks (näiteks elektrijaamades räbu hüdrotranspordil, kaevandustes kivisöe transportimiseks jne.).

Basalttorude ühe kilogrammi väljalaskehind on Tšehhoslovakkias järgmine: 150—300-millimeetrise läbimõõduga torudel 1,69 ja 400—500-millimeetrise läbimõõduga torudel 2,20 Tšehhi krooni.

Basalttorusid on viimasel ajal hakatud tootma ka NSV Liidus.

KIRJANDUS

1. Колобанов, С. К. Наружные водопроводы из стеклянных труб. Новое в строительной технике. «Санитарная техника». Киев, 1954.
2. Португалов, Д. И. Тыкачинский, И. Д. О развитии производства и применении толстостенных стеклянных труб. «Стекло и керамика», № 2, 1952.
3. Потанин, Д. Н. Владимирский, В. М. Стекло в жилищном и промышленном строительстве. «Стекло и керамика», № 5, 1958.
4. Сапожников, М. М. Неметаллические напорные трубопроводы. Ленинград, 1957.
5. Сапожников, М. М. О применении стеклянных труб в санитарной технике. «Гигиена и санитария», № 7, 1954.
6. Сапожников, М. М. Применение труб из неметаллических материалов в Чехословакии. Москва, 1958.
7. Семенюк, И. М. Кобак, Н. Д. Каленов, Е. М. Троцко, Т. Т. Газовая сварка стеклянных труб. «Стекло и керамика», № 2, 1952.
8. Шапиро, И. Е. Производство и применение стеклянных труб. Констатиновский завод «Автостекло». «Бюллетень технической информации». № 2—3, 1958.
9. Временное руководство для бригадиров по производству монтажных работ и приемке в эксплуатацию стеклянных трубопроводов. МПСМ СССР. Главстрой. Специальное монтажное управление треста Союзстеклострой. Москва, 1956.
10. Временное руководство по монтажу и прокладке стеклянных трубопроводов. Руководящие указания МПСМ СССР. Технический совет и техническое управление. Москва, 1952.
11. Временные технические условия на прокладку опытных участков водопроводных линий из стеклянных труб в совхозах. Министерства сельского хозяйства (проект).
12. Гидравлические и монтажные характеристики стеклянных трубопроводов. Академия коммунального хозяйства им. К. Д. Памфилова, Информационное письмо, № 21 (110), 1956.
13. Новое применение стекла в строительстве. «Строительство и архитектура за рубежом», № 1, 1958.
14. Опыт применения стеклянных трубопроводов в народном хозяйстве. Информационные сообщения МПСМ СССР. Технический совет и техническое управление. Москва, 1956.
15. Прочностные характеристики стеклянных труб. Информационные сообщения МПСМ СССР. Технический совет и техническое управление. Москва, 1955.
16. Стеклянные трубопроводы. «Строительство и архитектура за рубежом», № 1, 1957.
17. «Стекло и керамика», № 4, 1960.

SISUKORD

Eessõna	3
I OSA. KLAASTORUDE TOOTMINE, ÜHENDAMINE JA KASUTAMINE NING NENDE TEHNILIS-MAJANDUSLIKUD NAITAJAD	
I. Üldandmed	5
1. Klaastorude omadused ja kasutamisalad	5
2. Klaastorude valmistamiseks kasutatavad toorained ja nende saamine	7
II. Klaastorude tootmine	13
1. Klaasivann	13
2. Valtsimismeetod	16
3. Horisontaaltõmbamine	17
4. Vertikaaltõmbamine	20
5. Vello-meetod	24
6. Fassongosad	24
III. Klaastorude ühendamine	25
Elastsed ühendused	25
1. Flantsühendus kummirõngaste abil	25
2. Ühendus plekist stantsitud flantside abil	29
3. Ühendus kummimuhvi ja rangide abil	30
4. Ühendus asbesttsementmuhvi abil	31
5. Ühendus kummirõngaste, muhvi ja pealetõmmatavate flant- side abil	33
6. Mansettühendus	34
7. Ühendus pingemutri abil	36
8. Ühendus klaasmuhvi ja kummirõngaste abil	37
9. Tšehhoslovakkias kasutatavad elastsed ühendused	38
10. Sfäärilised ühendused	38
Jäigad ühendused	40
11. Tekstoliitäärisega ühendus	40
12. Vinüplastäärisega ühendus	41
13. Gabrieljani ühendus	42
14. Ühendus topitud muhvi abil	43
15. Klaastorude keevitamine	44
IV. Klaastorude kasutamine ehitustegevuses	45
1. Süvistatud elektrijuhtmetiku paigaldamisel	45
2. Veevarustuses ja kanalisatsioonis	46
3. Keskküttesüsteemides	48

4. Teistel ehitusaladel	49
V. Klaastorude kasutamine tööstuses	50
VI. Klaastorude kasutamine dreanaažkuivenduses	54
VII. Klaastorustiku montaaž	55
1. Maapealsete klaastorustike montaaž	55
2. Maa-aluste klaastorustike montaaž	57
3. Klaastorude lõikamine	58
VIII. Klaastorude hoidmine ja transportimine	60
IX. Klaastorude tehnilis-majanduslikud näitajad	61
X. Klaastorude hüdraulilisest arvutusest	62

II OSA. KLAASTORUDE TOOTMINE JA KASUTAMINE TSEHHOSLOVAKKIAS

I. Klaastorude tootmine	65
1. Klaastorude tootmiseks kasutatavad klaasid ja nende omadused	65
2. Klaastorude nomenklatuur ja torudele esitatavad nõuded	66
3. Klaastorude tootmise tehnoloogia	72
4. Fassongosade ja armatuuri tootmine	75
II. Klaastorude ühendused	79
1) Černjaki ühendus	79
2) Vymeri ühendus	80
3) Nogodilo ühendus	83
4) Muud ühendused	84
III. Klaastorude kasutamine	85
IV. Maa-aluste klaastorustike montaaž	93
V. Keemilise aparatuuri tootmine	97
VI. Klaasbetoontorude tootmine	110
VII. Basalttorude tootmine	113

Ladumisele antud 28. VII 1960. Trükkimisele
antud 17. XI 1960. Paber 60×92, ¹/₁₆. Trükipoog-
naid 7,5. Arvutuspoognaid 7,13. Tiraaž 400.
MB-08810. Tellimuse nr. 7200. H. Heidemanni
nim. trükikoda, Tartu, Ülikooli 17/19. I.

Toimetaja K. N õ m m e
Tehniline toimetaja A. S e p p
Korrektor A. V i i l

Rbl. 3.60
1961. a. — 36 kop.

Rbl. 3.60
1961. a. — 36 kop.

A-23536

II

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00367650 1