

MASINA-ELEMENDID

E. SOONVALDI
TOIMETUSEL



XIII

H. KULDMA

TORUSTIK JA TORUSTIKU ARMATUUR



EESTI RIIKLIK KIRJASTUS

ÜLDTOIMETAJA
E. SOONVALD
STALINI PREEMIA LAUREAAT

MASINA-ELEMENDID

XIII

H. KULDMA

TORUSTIK ja TORUSTIKU ARMATUUR



EESTI RIIKLIK KIRJASTUS
TALLINN 1954

2
Tartu Riikliku Ohtu-
Raamatukogu
23213

Toimetaja A. Korba
Tehniline toimetaja I. Vahre
Korrektorid V. Tui ja V. Kuresson

Ladumisele antud 26. I 1954. Trükkimisele antud 12. IV 1954. Trükiarv 2000. Paber 67×95, 1/16. Trükipoog-
naid 9,25. Formaadile 60×92 kohaldatud trükipoognaid 10,64. Arvutuspoognaid 9,61. MB-08128.
Hans Heidemanni nimeline trükikoda, Tartu, Vallikraavi 4. Tellimise nr. 389.

На эстонском языке.

X. Кулдма. Детали машин XIII. Трубопроводы и трубопроводная арматура.

Hind rbl. 4,80

SISUKORD.

	lk.
I. Üldandmeid torustikust ja torustiku armatuurist	5
1. Sissejuhatus	5
2. Töörõhk. Tingrõhk. Proovirõhk. Tinglääbimõõt	7
II. Torud, liite- ja hargumisarmatuur	12
1. Torude valmistamisest	12
2. Torude standardsed tüübid	17
3. Torude ühendamine	27
a. Ääriklüüed	30
b. Ääriküühendid	58
c. Keermetatud liited	63
d. Muhvotsliited	74
e. Keevisliited	75
III. Lülitamisarmatuur	79
1. Ventüüüid	79
a. Ventüüüide konstruktüüvne küündus	79
b. Ventüüüide arvutus	94
2. Süüürid	100
3. Kraanid	106
4. Tagasilööüüklapid	108
IV. Reguleerimisarmatuur	109
V. Kaitsearmatuur	112
VI. Sooüüseisolsatsioon	116
VII. Torustiku paigaldamisest	118
1. Temperatuursete deformatsioonide kompenseerimine	118
2. Toed	123
VIII. Torustiku arvutus	128
1. Torustiku hüüüdrodüünaamiline arvutus	128
2. Torustiku tüüügevusarvutus	133
Lisa I. Torude ja liidete üüüldine tähistamine	139
Lisa II. Torustiku elementide, armatuuri, sooüüsu- ja sanitaartechniliste seadiste ja aparatuurüü ting-tähistised	139
Lisa III. Vedeliku- ja gaasitorustike tähistamine	145
Lisa IV. Väljävötüüted katlajärelevalve inspektsiooni eeskirjadest	146
Kirjandus	148

I. ÜLDANDMEID TORUSTIKUST JA TORUSTIKU ARMATUURIST.

1. Sissejuhatus.

Kõige mitmekesisemates ettevõtetes, seadmestikkudes, masinates, aparaatides jne. on ühe olulise koostisosana väga tähtis koht mitmesugustel torustikkudel.

Torustikkude ülesandeks on vedelate või gaasiliste keskkondade (vesi, aur, õhk, gaas, vedelkütus, õli jne.) vastuvõtmine, edasijuhtimine kasutamiskohale ning sealt nende ärajuhtimine.

Torustikkude kasutamisalala on väga laialdane. Torustikke kasutatakse mitte üksnes tööstuslikes ehitustes ja seadmestikkudes, vaid nendel on väga suur osatähtsus ka suurte hüdroehituste, elamuehituse jne. juures. Kaasaja tehnika suured edusammud, seoses eelkõige kõrgete rõhkude ja temperatuuride kasutamisega energeetilises masinaehituses, samuti aga ka seoses näiteks naftatööstuse kiiretempolise arenemisega, linnade gasifitseerimise ja tsentraliseeritud küttesüsteemide loomisega, seavad torustikkude kasutajate ja konstruktorite ette uued väga laialdased perspektiivid: kõik need uued seadmestikud eeldavad suure hulga kõige mitmesugusematele nõuetele vastavate torustikkude loomist.

Enamik torustiku koostisosasid on käesoleval ajal normitud. Seepärast peab torustikke projekteeriv konstruktor hästi tundma kehtivaid norme. Selle kõrval langeb aga küllaltki suur osa konstruktori tööst arvutuste läbi viimisele — tugevusarvutuste kõrval tuleb läbi viia ka hüdrodünaamiline arvutus ja arvestada torustike temperatuursete deformatsioone. Lõpptulemusena, kui on lahendatud ka torustiku toestamise, monteerimise ja soojusisulatsiooni küsimused, peab konstruktor saama skeemi ratsionaalse lahenduse tulemusena töökindla ja ökonoomse seadme.

Torustikud koosnevad põhiliselt torudest ja mitmesugustest eriülesandega lisaelementidest kas torustiku üksikute osade ühendamiseks, keskkonna ümberlülitamiseks vms. Selliseid lisaelemente nimetatakse üldiselt torustiku armatuuriks. (Kitsamas mõistes nimetatakse torustiku armatuuriks ainult neid seadmeid, kus muutub torustikku läbivale keskkonnale määratud ava ristlõike pindala.)

Torustiku peamisteks konstruktiivseteks elementideks on: 1) torud; 2) liitearmatuur, 3) hargumisarmatuur, 4) lülitamisarmatuur, 5) reguleeriv armatuur, 6) kaitsearmatuur, 7) kontroll- ja mõõtearmatuur.

Torud moodustavad torustiku põhiosa; sia kuuluvad ka mitmesugused erikujulised osad, mida kasutatakse torustiku suuna muutmiseks.

Liitearmatuur hõlmab elemente üksikute torude omavaheliseks ühendamiseks või ka torude ühendamiseks mitmesuguste seadmetega.

Hargumisarmatuuri ülesandeks on töötava keskkonna juhtimine pea- ehk magistraaljuhtimest harujuhtmetesse või ka ümberpöördult — töötava keskkonna koondamine harujuhtmetest magistraaljuhtmetesse.

Lülitamisaratuur on määratud kogu torustiku või selle osa sisse- või väljalülitamiseks.

Reguleeriva armatuuri abil reguleeritakse torustikus keskkonna rõhku, temperatuuri, kiirust või suunda.

Kaitsearmatuuri ülesandeks on vältida ülemäära kõrget rõhku torustikus, samuti aga ka kaitsta torustikku mitmesuguste mittesobivate keskkondade ja ainete sissetungimise eest.

Kontroll- ja mõõtearmatuuri hulka kuuluvad seadmed rõhu, temperatuuri jne. mõõtmiseks, vedelikulise keskkonna nivoo määramiseks ning kontrollimiseks jne.

Käesolevas vihikus on pearõhk asetatud torustikkude käsitlemisele, mis kuuluvad peamiselt nn. tööstuslike torustike hulka. Vähem tähelepanu on pööratud torustikele, mis on lähedalt seotud mitmesuguste sanitaar-tehniliste seadmetega. Kuna viimastel aastatel areneb Eesti NSV-s hoogne gasifitseerimine, on materjali esitamise käigus püütud võimalust mööda tuua ka andmeid, mis on otseselt seotud gaasitorustikkude projekteerimisega.

Torustikud kui seadmed, millede kaudu edasijuhitavaid keskkondi sageli iseloomustavad küllaltki kõrged parameetrid — rõhk ja temperatuur, vajavad eksploatatsioonis head hooldamist ja pidevat järelevalvet. Väga hoolikalt tuleb suhtuda ka torustikkude kui vastutusrikaste seadmete projekteerimise ja ehitamise küsimustesse. Suur osa torustikke on seetõttu allutatud Katlajärelevalve Inspeksioonile. Katlajärelevalve Inspeksioonile allutatud torustikud on vastava eeskirja¹ järgi jaotatud nelja kategooriasse. Nimeetatud torustikkude loetelu koos keskkonna parameetritega on toodud tabelis 1. Väljavõtteid nimeetatud eeskirjast on toodud lisas IV.

Gaasitorustikkude ehitamise, proovimise, eksploatatsiooni andmise ja eksplateerimise kohta kehtivad mitmesugused Riikliku Tehnilise Gaasiinspeksiooni eeskirjad².

¹ «Правила устройства, установки, содержания и освидетельствования паропроводов и трубопроводов горячей воды.»

² «Правила устройства и эксплуатации газовых сетей городов и населенных пунктов», Гостоптехиздат, 1952;

«Правила устройства и эксплуатации газового оборудования в жилых, общественных и коммунально-бытовых зданиях», Гостоптехиздат, 1951;

«Правила устройства и эксплуатации газовых сетей промышленных предприятий» jt.

Katlajärelevalve Inspeksiooni eeskirjadele allutatud torustikud.

Kategooria	Keskkond	Läbimõõt mm üle	Keskkonna		Torude materjal	Torude liik
			rõhk kg/cm ²	temperatuur °C		
1	a) Ülekuumendatud aur	51	Üle 40	Üle 450	Legeeritud teras 15M, 20M, 15XM	Õmbluseta
	b) Ülekuumendatud aur	51	29—40	425—450	Kvaliteetsüsinik- teras	Sama
	c) Toitevesi	51	Üle 65	Sõltumata t ⁰ -st	Sama	Sama
2	a) Ülekuumendatud aur	76	29—39	Kuni 425	Sama	Sama
	b) Küllastunud aur ja toitevesi	76	Kuni 65	Sõltumata t ⁰ -st	Sama	Sama
3	a) Ülekuumendatud aur, küllastunud aur ja toitevesi	76	8—28	Kuni 375	Süsinik- konstruktsiooni- teras	Sama
	b) Ülekuumendatud aur, küllastunud aur ja toitevesi	76	8—12	Kuni 300	Sama	Õmbluseta ja keevitatud
4	Ülekuumendatud aur, küllastunud aur ja toitevesi	76	1—7	Kuni 250	Sama	Sama

Märkused: 1. Juhul, kui puudub parameetrite kokkusobivus, tuleb kategooria määramisel lähtuda suurimast parameetrist.

2. Auru temperatuuri 450° C puhul on lubatud kasutada süsinikterasest torusid ainult GOCT 3619-47 nõuete täitmise tingimusel, s. t. temperatuuri kõikumisel $\pm 10^{\circ}$ C.

2. Töörõhk. Tingrõhk. Proovirõhk. Tingläbimõõt.

Töörõhuk s nimetatakse seda rõhku kg/cm², mida faktiliselt omab töötav keskkond töotemperatuuril.

Kuna torustik avaldab erinevatel temperatuuridel ühele ja samale rõhule erinevat vastupidavust, siis on otstarbekas taandada lubatavad töörõhud mitmesugustel kõrgematel temperatuuridel lubatavale töörõhule normaaltemperatuuril. Rõhku normaaltemperatuuril, millega on tugevuse seis-

kohalt võrreutatud keskkonna töörohk mingil kõrgendatud temperatuuril, nimetatakse tingrõhks (p_y). Normaaltemperatuuriks loetakse süsinikterastest torude ja armatuurile vahemik 0 kuni 200° C, molübdeen- ja kroommolübdeenterastele vahemik 0 kuni 350° C, malmidele, pronksile, mesingile ja vasele vahemik 0 kuni 120° C.

Seega määratakse tingrõhk sõltuvalt faktilisest töörohust ja keskkonna temperatuurist. Torude ja torustiku armatuuri arvutus viiakse läbi just tingrõhu järgi.

Torustik tuleb kontrollida tugevusele nn. proovirõhuga p_{pr} .

Tingrõhud, töörõhud ja proovirõhud keskkondadele, mille töötemperatuur on vahemikus 0 kuni 530° C, on määratud normiga GOCT 356-52 ja toodud olenevalt kasutatud materjalist tabelites 2, 3, 4 ja 5.

Torustiku armatuur tuleb proovida nii tugevusele kui ka tihedusele. Töörohu p_t puhul alla 1 kg/cm² tuleb proovirõhuks valida

$$p_{pr} = p_t + 1 \text{ kg/cm}^2.$$

Kui torustiku armatuur on ette nähtud töötamiseks vaakumi tingimustes, siis tuleb proovirõhk valida vähemalt 1,5 kg/cm², laevaehituses aga 2 kg/cm².

Teistel juhtudel tuleb elementide proov tugevusele ja tihedusele läbi viia hüdraulilise proovirõhuga p_{pr} vastavalt tabelites 2 kuni 5 toodud suurustele.

Tabel 2.

Rõhud kg/cm² GOCT 356-52 järgi süsinikterastest armatuurile.

Tingrõhk p_y	Proovirõhk (veega t ⁰ -1 alla 100° C) p_{pr}	Suurimad töörõhud keskkonna temperatuuridel °C						
		Kuni 200	250	300	350	400	425	450
		p_{20}	p_{25}	p_{30}	p_{35}	p_{40}	p_{42}	p_{45}
1	2	1	1,0	1,0	0,7	0,6	0,6	0,5
2,5	4	2,5	2,3	2,0	1,8	1,6	1,4	1,1
4	6	4	3,7	3,3	2,9	2,6	2,3	1,8
6	9	6	5,5	5,0	4,4	3,8	3,5	2,7
10	15	10	9,2	8,2	7,3	6,4	5,8	4,5
16	24	16	15	13	12	10	9	7
25	38	25	23	20	18	16	14	11
40	60	40	37	33	30	28	23	18
64	96	64	59	52	47	41	37	29
100	150	100	92	82	73	64	58	45
160	240	160	147	131	117	102	93	72
200	300	200	184	164	146	128	116	90
250	350	250	230	205	182	160	145	112
320	430	320	294	262	234	205	185	144
400	520	400	368	328	292	256	232	180
500	625	500	460	410	365	320	290	225

Tabel 3.

Rõhud kg/cm² ГОСТ 356-52 järgi molübdeen- ja kroommolübdeenterastest
(Mo ≥ 0,4%) armatuurile.

Tingrõhk p_y	Proovirõhk (veega t ⁰ -l alla 100 ⁰ C) p_{pr}	Suurimad tööõhuh keskkonna temperatuuridel °C									
		Kuni 350 p_{35}	400 p_{40}	425 p_{42}	450 p_{45}	475 p_{47}	500 p_{50}	510 p_{51}	520 p_{52}	530 p_{53}	
		1	2	1	0,9	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4
2,5	4	2,5	2,3	2,1	2,0	1,8	1,4	1,2	1,1	0,9	
4	6	4	3,6	3,4	3,2	2,8	2,2	2,0	1,7	1,4	
6	9	6	5,5	5,1	4,8	4,3	3,3	3,0	2,6	2,2	
10	15	10	9,1	8,6	8,1	7,1	5,5	5,0	4,3	3,6	
16	24	16	15	14	13	11	9	8	7	6	
25	38	25	23	21	20	18	14	12	11	9	
40	60	40	36	34	32	28	22	20	17	14	
64	96	64	58	55	52	45	35	32	28	23	
100	150	100	91	86	81	71	55	50	43	36	
160	240	160	145	137	130	114	88	80	69	57	
200	300	200	182	172	162	142	110	100	86	72	
250	350	250	227	215	202	177	137	125	108	90	
320	430	320	291	275	259	227	176	160	137	115	
400	520	400	364	344	324	284	220	200	172	144	
500	625	500	455	430	405	355	275	250	215	180	
640	800	640	580	550	518	454	352	320	275	230	

Tabel 4.

Rõhud kg/cm² ГОСТ 356-52 järgi malmarmatuurile.

Tingrõhk p_y	Proovirõhk (veega t ⁰ -l alla 100 ⁰ C) p_{pr}	Suurimad tööõhuh keskkonna temperatuuridel °C			
		Kuni 120 p_{12}	200 p_{20}	250 p_{25}	300 p_{30}
		1	2	1	1
2,5	4	2,5	2,5	2	2
4	6	4	3,8	3,6	3,2
6	9	6	5,5	5	5
10	15	10	9	8	8
16	24	16	15	14	13
25	38	25	23	21	20
40	60	40	36	34	32

Rõhud kg/cm^2 ГОСТ 356-52 järgi pronks-, messing- ja vaskarmatuurile.

Tingrõhk p_y	Proovirõhk (veega t^{0-1} alla 100^0 C) p_{pr}	Suurimad tööõhud keskkonna temperatuuridel ^0C		
		Kuni 120 p_{12}	200 p_{20}	250 p_{25}
1	2	1	1	0,7
2,5	4	2,5	2	1,7
4	6	4	3,2	2,7
6	9	6	5	4
10	15	10	8	7
16	24	16	13	11
25	38	25	20	17
40	60	40	32	27
64	96	64	—	—
100	150	100	—	—
160	240	160	—	—
200	300	200	—	—
250	350	250	—	—

Hermeetilisuse kontroll kokkumonteeritud armatuurile, et selgitada sulguri, tihendikarbi või tihendite töökindlust, viiakse läbi tingrõhule p_y vastava hüdraulilise rõhuga. Laevaehituse jaoks määratud armatuuri hermeetilisust kontrollitakse aga kõrgendatud hüdraulilise rõhuga — proovirõhk valitakse siin $1,25p_y$ (välja arvatud tihendikarbiga varustatud kraanid, kus $p_{pr} = p_y$).

Mingi kindla režiimi (keskkonna tööõhu ja temperatuuri) jaoks valmis- tatud armatuur tuleb kontrollida hermeetilisusele töötamiseks ette nähtud tingimustes 1,25-kordse tingrõhuga. Proovirõhk tugevusele valitakse vastavalt tabelitest 2 kuni 5.

Tingrõhk ja sellele vastavad töö- ja proovirõhud tähistatakse järgmiselt: kui kasutatakse süsinikterastest armatuuri, siis tingrõhu 200 kg/cm^2 puhul tähistatakse rõhke

$$p_y = 200; p_{pr} = 300; p_{20} = 200; p_{25} = 184 \text{ jne.};$$

siin numbriline tähis rõhu tähise p indeksina paremal all iseloomustab töotemperatuuri vastavalt eespool tabelites toodud tähistele;

kui kasutatakse teisi materjale (tabelitest 3, 4 või 5), siis lisatakse tingrõhu arvulise väärtuse järele materjali iseloomustav täht: M — molübdeeni ja kroommolübdeenterased, Ч — malmid, П — pronks, messing ja vask. Nii näiteks malmarmatuuri puhul tingrõhule 25 kg/cm^2 esitatakse iseloomustavad andmed järgmiselt:

$$p_y = 25\text{Ч}; p_{pr} = 38; p_{12} = 25; p_{20} = 23; p_{25} = 21; p_{30} = 20.$$

ГОСТ 356-52 järgi kindlaks määratud töörohud on ette nähtud normaalsetele eksploatatsioonitingimustele. Kui normaalne eksploatatsioonirežiim ei ole tagatud, s. o. kui esinevad hüdraulilised löögid, korduvad tõuked või kui keskkond omab spetsiifilisi füüsikalise-keemilisi omadusi (tugev korrodeeriv toime, mürgisus, plahvatusohtlikkus), on lubatud kasutada rõhkusid vastavalt spetsiaalsetele tingimustele. Spetsiaalseid tehnilisi tingimusi võib kasutada ka siis, kui armatuuri tööiga ei pea ulatuma üle 20 000 tunni.

Torude ja armatuuri normimise ja kasutamise hõlbustamiseks on võetud tarvitusele tinglääbimõõdu mõiste. Torude ja armatuuri tinglääbimõõduks nimetatakse läbimõõtu mm-tes, mis vastab teatud ligikaudsusega torude või armatuuri ühendamiseks määratud otsade siselääbimõõdule. Tinglääbimõõdud on määratud ГОСТ 355-41-ga, kus peale tinglääbimõõtude on toodud ka igale läbimõõdule vastav torukeere. Andmed on toodud tabelis 6, kusjuures sulgudes toodud tinglääbimõõtude kasutamine ei ole soovitatav. Ristlõikepindalad on arvatud tinglääbimõõtude järgi.

Terastorudel, mis valmistatakse kõikide tingrõhkude jaoks võrdse läbimõõduga, muutub siselääbimõõt sõltuvalt seina paksusest ja erineb seetõttu tinglääbimõõdust.

ГОСТ 355-41-ga antud tinglääbimõõtudele ei vasta värvilistest metallidest, keraamilistest materjalidest ja plastmassidest valmistatud torud.

Tabel 6.

Tinglääbimõõdud ГОСТ 355-41 järgi.

Tinglääbimõõt D_y mm	Ühendusotsade keere tollides	Ava ristlõike pindala cm^2	Tinglääbimõõt D_y mm	Ühendusotsade keere tollides	Ava ristlõike pindala cm^2	Tinglääbimõõt D_y mm	Ühendusotsade keere tollides	Ava ristlõike pindala cm^2
3	$\frac{1}{8}$	0,07	200	8	314,	800	—	5 027
6	$\frac{1}{4}$	0,28	(225)	(9)	397,6	900	—	6 362
(8)	—	0,50	250	10	490,9	1000	—	7 854
10	$\frac{3}{8}$	0,79	(275)	(11)	594,0	1200	—	11 310
15	$\frac{1}{2}$	1,77	300	12	706,9	1400	—	15 394
20	$\frac{3}{4}$	3,14	(325)	(13)	829,6	1600	—	20 106
25	1	4,91	350	14	962,1	1800	—	35 447
32	$1\frac{1}{4}$	8,04	(375)	(15)	1104,5	2000	—	31 416
40	$1\frac{1}{2}$	12,57	400	16	1256,6	2200	—	38 013
50	2	19,64	(425)	(17)	1418,6	2400	—	45 239
(60)	—	28,27	450	18	1590,1	2600	—	53 093
70	$2\frac{1}{2}$	38,48	(475)	—	1772,1	2800	—	61 575
80	3	50,27	500	20	1963,5	3000	—	70 686
(90)	($3\frac{1}{2}$)	63,62	(550)	22	2375,8	3200	—	80 425
100	4	78,54	600	24	2827,4	3400	—	90 792
125	5	122,72	(650)	—	3318,3	3600	—	101 788
150	6	176,72	700	—	3848,5	3800	—	113 411
(175)	(7)	240,53	(750)	—	4417,9	4000	—	125 664

II. TORUD, LIITE- JA HARGUMISARMATUUR.

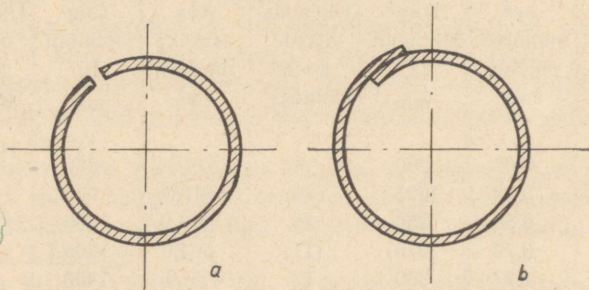
1. Torude valmistamisest.

Meie kaasaegne torutööstus toodab torusid väga mitmesugustest materjalidest, seejuures paljudes eri mõõdetes ja profiilides. Samuti on erinevad torude valmistamise tehnoloogilised protsessid.

Et kindlustada tarbijale torude saamist vastavuses kasutamistingimustele, samuti aga ka selleks, et hõlbustada samalaadiliste torude tootmist erinevates ettevõtetes, on erinevate mõõdetega, kuid samaotstarbeliste torude kohta koostatud tehnilised tingimused, mis on avaldatud üleliiduliste standarditena. Sellised tehnilised tingimused käsitlevad peamiselt torude valmistamiseks kasutatavaid materjale, määravad torude sortimendi ja mõõted, annavad eeskirju valmistoodete proovimiseks, pakkimiseks jne.

Torude valmistamiseks kasutatakse tänapäeval mitmesuguseid metalle. Peamiselt toodetakse torud kas keevitamise, valtsimise, tõmbamise, pressimise või valamise teel, kuid kasutatakse ka meetodeid, mis ühendavad mõnesid eelpoolnimetatuid.

Keevitatud torud valmistatakse peamiselt survekeevituse või elektrilise takistuskeevituse abil. Tunduvalt vähem leiavad kasutamist elektriline induktsioonkeevitus, elektriga kaarkeevitus, gaaskeevitus jt. Surve-

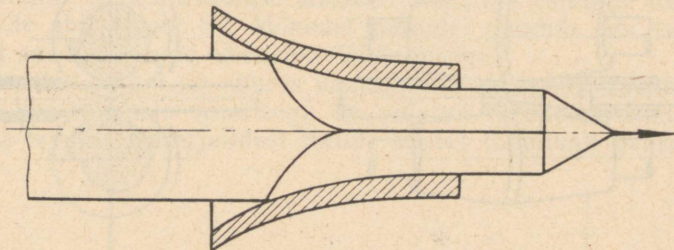


Joon. 1.

keevitamisel kujundatakse keevituskoht kas põkkliitena (joon. 1, a) või ülekatte liitena (joon. 1, b).

Põkkliidet kasutades saadakse torud suhteliselt väga lihtsal protsessil. Lähtematerjal, milleks on sobivamõõteline valtsitud lehtteras, tõmmatakse spetsiaalpingil kuumas olekus läbi erilise kalibreeritud nn. keevituslehtri (joon. 2). Vajaduse puhul vähendada toru läbimõõtu ja seinapaksust, allutatakse torud külmtõmbamisele. Keevitamisel liitekohta kokkusurumise tagajärjel tekkinud elliptilise ristlõike muutmiseks ümmarguseks juhitakse torud läbi nn. kalibreerimisvaltside, kus samaaegselt toimub ka torude õgvendamine.

Ülekatteliidet kasutades on torude valmistamisprotsess esimeses staadiumis võrdlemisi sarnane eelneva menetlusega. Toortüki hõlpsamaks ja täpsemaks edasiseks kujundamiseks kasutatakse keevituslehttris tsentraalselt



Joon. 2.

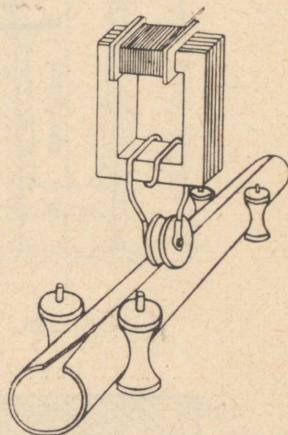
asetsevat torni, mille otseseks ülesandeks on kujunduva toru sisepinna juhtimine ja õige kokkupaindumise soodustamine. Seejärel juhitakse saadud pooltooted valtside vahelt läbi, kus keevisõmblus saab oma tugevuse ja toru ise lõplikud mõõded.

Joonisel 3 on näidatud skemaatiliselt elektrilise takistuskeevituse kasutamist torude valmistamisel.

Teistel menetlustel valmistatud torusid nimetatakse õmbluseeta torudeks.

Valtsimismenetlus võib toimuda kas kuum- või külmaltsimisena.

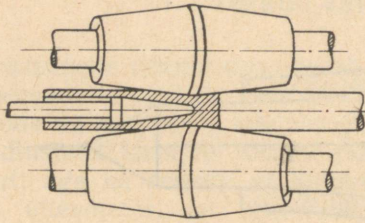
Kuumvaltsimisel lähtutakse eelneval valtsimisel või valamisel saadud ringikujulise ristlõikega toortükist. Peale kuumutamist muudetakse toortükk valtsimisagregaadis kõigepealt paksuseinaliseks toruks — hülsiks, mis agregaadi järgnevates astmetes saab juba lõplike mõõdetega toru kuju (joon. 4). Olenevalt torude ostarbest suunatakse nad kas otse kontrollimisele või veelkordsele valtsimisele — kalibreerimisele, sellele järgneva õgvendamisega. Poleeritud sileda pinna saamiseks juhitakse torud enne kalibreerimist veel läbi poleerimisvaltside.



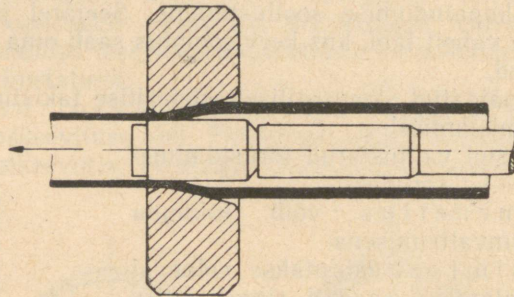
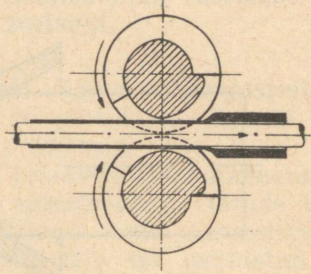
Joon. 3.

Külmaltsimisel, mida kasutatakse peamiselt väikeseläbimõõduliste ja värvilistest metallidest torude valmistamisel, lähtutakse torukujulisest toortükist.

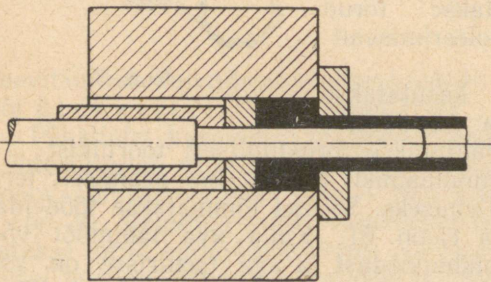
Tõmbamist, enamikus külmtõmbamist, kasutatakse peamiselt terasest valtsitud torude edasiseks töötlemiseks. Selleks tõmmatakse töödeldav toru läbi tõmbepingi matriitsi ava (joon. 5). Kuna ava läbimõõt võetakse väiksem esialgselt toru välisläbimõõdust ja ava tsesntrisse on asetatud enamikul juhtudel torn, siis tõmbamise tulemusena saadakse lähtetorst väiksema välisläbimõõduga ja seinapaksusega toru.



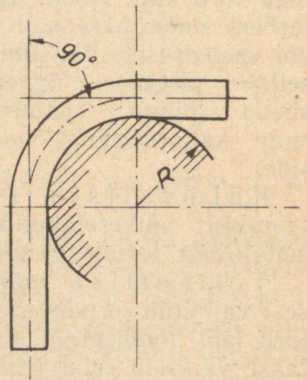
Joon. 4.



Joon. 5.



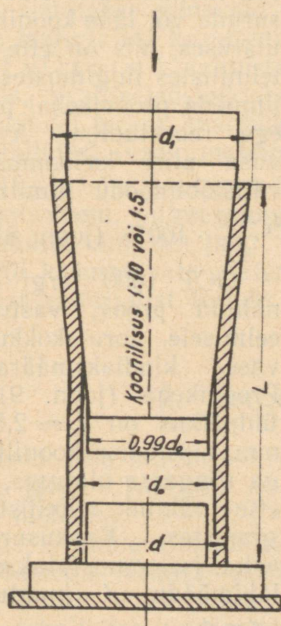
Joon. 6.



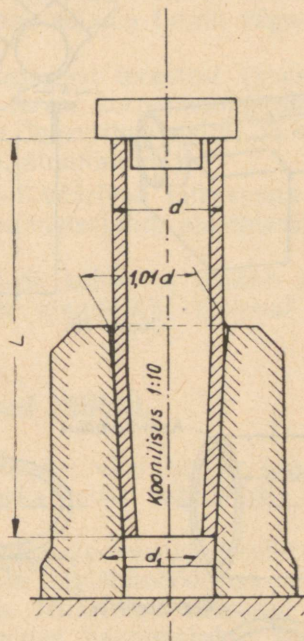
Joon. 7.

Pressimismenetlus koos sellele järgneva külmtõmbamisega on leidnud terastorude osas kasutamist just viimastel aastakümnetel; värvilistest metallidest torude valmistamiseks rakendatakse nimetatud menetlust juba ammu. Selle menetluse kohaselt saadakse esialgne toru hüdrauliliste presside abil (joon. 6). Mõnedel juhtudel puudub aga isegi vajadus pressimisel saadud torude edasiseks töötlemiseks.

Valatud torud on suures enamikus malmitorud. Tsentrifugaalvalu laialdasele kasutamisele võtmiseega on valatud torude valmistamise perspektiivid ka teistest materjalidest torude suhtes tunduvalt avardunud.



Joon. 8.

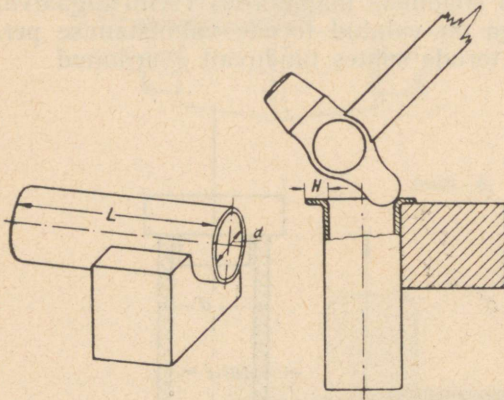


Joon. 9.

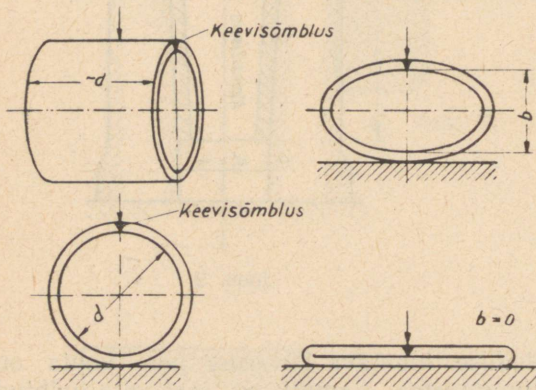
Nõuded valmistorude pinnasileduse, lubatava kõveruse jms. kohta on kindlaks määratud tehnilistes tingimustes. Samuti on seal ette nähtud mitmesugused proovid, mida peavad rahuldama turustatavad torud. Proovide hulk ja iseloom sõltub torude otstarbest. Peamiselt teostatakse: a) proovid mehaaniliste omaduste (tõmbetugevus, voolavuspiir, pikenemine jne.) määramiseks; b) proovid keemilise koosseisu kohta; c) mikro- ja makrostruktuuri analüüs, et määrata metalli kvaliteeti ja vastavust nõutud termilisele töötlemisele; d) hüdrauliline proov; e) mitmesugused tehnoloogilised proovid, et kontrollida metalli omaduste vastavust tellimuse tingimustele.

Tehnoloogilistest proovidest toimetatakse näiteks OCT 1687 kohaselt proov toru painutatavusele külmas ja kuumas olekus. Proov viiakse läbi

torudele välisläbimõõduga kuni 115 mm. Proovikehaks lõigatakse toru otsast tükk, mille pikkuseks on kümnekordne toru läbimõõt, kuid mitte alla 200 mm. Torutükk täidetakse kuiva liivaga või valatakse täis kampolit ning painutatakse siis 90°-liselt ümber tehnilistes tingimustes ettenähtud läbimõõduga torni (joon. 7). Peale painutamist ei tohi proovikehal ilmned pragusid, rebestumisi, kihitumisi ega murdumist.



Joon. 10.



Joon. 11.

nurgani teostatakse ümarpealise vasaraga (joon. 10), kusjuures tagasipööramise nõutav ulatus H on ette määratud tehnilistes tingimustes.

OCT 1692 määrab meetodi toru lamendamiseks, et selgitada toru materjali võimet deformeeruda lamendamise käigus. Proovikeha pikkus võetakse ligikaudu võrdseks toru välisläbimõõduga. Lamendamine toimub löökidega

OCT 1689 järgi määratakse toru võime deformeeruda toru avardamise (laiemaks surumise) käigus kuni määratud läbimõõduni. Kui torusse suruda või lüüa kooniline torn ulatuses, mis on ette nähtud tehnilistes tingimustes, ei tohi ilmned proovikehal pragusid ega rebestumist. Avardatavuse piiri iseloomustatakse välisläbimõõdu muutumisega $\frac{d_1 - d}{d} \cdot 100\%$ (joon. 8).

OCT 1690 järgi on ette nähtud proov, vastupidiselt eelmisele, toru kokkusurutavuse kindlaksmääramiseks. Proovikeha (joon. 9), mille üldpikkus on $L \approx 2,5d + 50$ mm, surutakse koonilise ava-ga rõngasse ulatuses, mis on ette nähtud tehnilistes tingimustes. Kokkusurutavuse astet iseloomustatakse välisläbimõõdu d muutumisega $\frac{d - d_1}{d} \cdot 100\%$. Ka siin ei

tohi peale kindla määrani kokkusurumist ilmned proovikehal pragusid ega rebestumist.

Proov toru ääre tagasipööratavusele OCT 1691 järgi on ette nähtud torudele sise-läbimõõduga 30 mm ja enam. Ääre tagasipööramine kuni 90°

või pressi all, kuni tehnilistes tingimustes mõõtega b (joon. 11) ettenähtud piirini.

Torude valik on torustiku projekteerimise käigus üks vastutusrikkamaid etappe. Torude omadused eksploatatsioonis sõltuvad väga suurel määral just torude materjalist, kuna valmistamisviis osutub sageli vähema tähtsusega komponendiks. Erineva tehnoloogiaga, kuid samast materjalist valmistatud torud kujunevad oma omadusilt alati palju lähedasemateks, kui torud erinevatest materjalidest.

Teisest küljest on aga ka täiesti arusaadav, et erinevates tööstusharudes kasutatavatele torustikkudele, eelkõige torustikkudes kasutatavatele materjalidele, esitatakse erinevaid nõudeid. Viimane asjaolu tingib väga mitmesuguste materjalide kasutamist.

Metallitorud valmistatakse mitmesugustest terastest (konstruktsiooniteras, kvaliteetsüsinikteras, legeeritud teras, korrosioonikindel teras, kuumuskindel teras), malmidest (hall malm, legeeritud malm) ja värvilistest metallidest (vask, messing, pronks, tina, alumiinium jt.).

Mittemetallsetest torumaterjalidest väärivad tähelepanu peamiselt asbotsement, mitmesugused keraamilised materjalid, plastmassid (faoliit, tekstoliit, viniplast jne.), puit jmt.

Teiste kasutatavate materjalide ja markide kohta on toodud andmeid vastavast materjalist torude kohta kehtivate standardite lähemal käsitlemisel.

2. Torude standardsed tüübid.

Torusid võib klassifitseerida nii valmistamise viisi kui ka kasutamise otstarbe järgi. Tarbijale on torude otstarbeka valiku seisukohalt oluliselt tähtsad mõlemad.

Torud, sõltumata nende kasutamisalast, on iseloomustatud eelkõige oma põhimõõdetega. Nendeks põhimõõdeteks peale tinglähimõõdu on toru välislähimõõt, toru seinapaksus ja toru pikkus. Nimetatud suurused on ettenähtud tehnilistes tingimustes. Pikkuse suhtes valmistatakse torud kas kindlamõõtelistena või jooksvamõõtelistena. Kindlamõõtelistena valmistatakse torud, millede otstarve on enam-vähem rangelt määratud (näit. suitsutorud jms.). Nende pikkuse kohta kehtestatud tolerantsid kõiguvad piirides 10 kuni 50 mm. Jooksvamõõtelistena valmistatakse torud, mis on ettenähtud väga laialdaseks rakendamiseks. Viimaste pikkused on kindlaks määratud laiades piirides, näiteks 2,5 kuni 6,0 meetrini.

NSV Liidus valmistatavate torude peamise sortimendiga tutvumiseks on toodud tabel 7, kus peale nimetuse on torude iseloomustamiseks antud tingrõhkude ja piirtemperatuuride kaudu ka vastavate torude kasutamispriirkonnad.

Allpool tutvume üksikasjalisemalt üksikute toruliikidega.

Gaasitorud (ГОСТ 3262-46) leiavad kasutamist vee- ja gaasitorustikkudes, küttesüsteemides, õlitorustikkudes, pidurisüsteemides, mitmesuguste detailide konstruktsioonides jne. Olenevalt tingrõhest on gaasitorud jaotatud harilikudeks ($p_y = 10 \text{ kg/cm}^2$) ja tugevdatud ($p_y = 16 \text{ kg/cm}^2$)

Torude peamised liigid ja nende iseloomustus.

Torude nimetus	Riiklik norm või tehniline tingimus	Materjal	Kasutamiskiirkond			Torude sortiment	
			rõhk kg/cm ²		kesk- konna t°C (mitte üle)	välis- läbi- mõõt mm	pikkus m
			p_y	p_{pr}			
1. Keevitatud torud							
a. Gaasitorud (vee- ja gaasi-), harilikud	ГОСТ 3262-46	Pehme süsinikteras	10	16	175	8—150 (tingläbimõõt)	4—7
tugevdatud	sama	sama	16	25	175	8—150 (tingläbimõõt)	4—7
b. Suurelâbimõõdulised keevitatud torud	ГОСТ 4015-48	sama	10	15	200	400— —1400 (tingläbimõõt)	5—6
2. Elektriliselt keevitatud torud	ГОСТ 1753-48	Terased 08, 10, 20 ja Ст. 1, Ст. 2, Ст. 3, Ст. 4	16	25	200	5—152	2—8
3. Ômblusteta torud mitmesuguseks otstarbeks							
a. Üldotstarbelised torud	ГОСТ 301-50	Terased 10, 20, 35, 45, 15X, 20X, 40X, 15XФ, 30XГC, 30ГCА, 38XМЮА, Ст. 2, Ст. 4, Ст. 5, Ст. 6.	Arvutuse järgi	60 (≤400)	375	4—426	1,5— —12,5
b. Nafta-, vee- ja gaasitorud	ГОСТ 3101-46	Ст. 2, Ст. 4, Ст. 5, Ст. 6	sama	sama	250	146— —426	5—19

Tabel 7 (järg).

Torude nimetus	Riiklik norm või tehniline tingimus	Materjal	Kasutamiskiirkond			Torude sortiment	
			rõhk kg/cm ²		kesk- konna t°C (mitte üle)	välis- läbi- mõõt mm	pikkus m
			p_y	p_{pr}			
c. Paksuseinalised torud	ГОСТ 1464-43	Terased 10, 20, 35, 40, 45, 15X, 40X, 15XΦ, 30XΓCA, 38XA, 40XMIOA, OXM	Arvu- tuse järgi	1,5 p_t	375	6—219	3—9
4. Katla- ja aurutorud							
a. Katlatorud, üldots- tarbelised	ГОСТ 3099-46	Terased 10 ja 20	sama	sama	450	22— —108	3—9
Katlatorud, veduri- tele	ГОСТ 3099-46	Teras 10	sama	sama	450	24— —152	3—9
Katlatorud, laeva- ehitusele	ГОСТ B-1060-41	Teras 10	sama	150 (läbi- mõõtu- dele 50— —100 mm)	450	17—60	≤10
b. Aurutorud, üldots- tarbelised	ГОСТ 301-50 ГОСТ 3100-46	Terased 10,20	sama	≤60	450	114— —426	6—9
c. Torud kõrgrõhu- seadmetele Katla ja auruüle- kuumenditorud	МПТУ 2579-50	Terased 20, 15M, 20M, 12MX, 15XM	>35	Arvu- tuse järgi	≥450	10— —108	3—11
Aurutorud, valtsitud toortükist	МПТУ 2580-50	sama	>35	sama	≥450	114— —325	5—12
Kollektoritorud, valtsitud toortükist	МПТУ 2580-50	sama	>35	sama	≥450	168— —377	4,5— —9

Tabel 7 (järg).

Torude nimetus	Riiklik norm või tehniline tingimus	Materjal	Kasutamiskiirkond			Torude sortiment	
			rõhk kg/cm ²		kesk- konna t ^o C (mitte- üle)	välis- läbi- mõõt mm	pikkus m
			p_y	p_{pr}			
5. Naftatööstuse ja puur- torud							
a. Manteltorud	ГОСТ 632-50	Eriterased A, C, Д, E, EM	Arvu- tuse järgi	Arvu- tuse järgi (≤200)	—	121— —426	6—15
b. Puurtorud	ГОСТ 631-50	Eriterased Д, E	sama	250	—	73— 168,3	6,8 ja 11,7
c. Pumba- ja komp- ressoritorud	ГОСТ 633-50	Eriterased C, Д, E	sama	180— —300	—	48,3— —114,3	6,0— —9,5
d. Krakkitorud	ГОСТ 550-41	Terased 10, 20, X5M	≤100	Arvu- tuse järgi (≤160)	600	60— —152	3—10
6. Torud masinaehitusele							
a. Kuullaagritorud	ГОСТ 800-41	Teras ШХ15	—	—	—	53,9— —141,1 ja üle	1,2— —3 ja 0,8— —1,2
b. Torud lennukitöös- tusele	ТУ 152	Terased 20A,	—	—	—	—	—
c. Konstruktsiooni- torud	ТУ 1078	25ХГСА, 30ХГСА	—	—	—	4— —150	—
d. Paksuseinalised torud	ТУ 1077	Terased 20, 30ХГСА, 38ХА	—	—	—	57— —351	—
7. Korrosioonikindlad torud	ГОСТ 5543-50	Terased Я1, Я1Т, ЭИ-257, ЭИ-448, Ж-17, Ж-27, ЭИ-439	60	Arvu- tuse järgi	≤850	6— —219	1,5— —7
8. Malmtorud							
a. Vesivarustustorud, muhvotsaga	ГОСТ 5525-50	СЧ 15-32 ja kõrgemad	10	20	100	50— —1000	2—5

Tabel 7 (järg).

Torude nimetus	Riiklik norm või tehniline tingimus	Materjal	Kasutamispirkond			Torude sortiment	
			rõhk kg/cm ²		kesk- konna t ^o C (mitte üle)	välis- läbi- mõõt mm	pikkus m
			p_y	p_{rp}			
b. Ääriktorud	ГОСТ 5525-50		15	30	300	50— —200	2—3
c. Kanalisatsioonitorud	OCT 4781 ja 4783		0	1—2	60	50— —150	2
d. Ferrosiliid- ja anti- kloortorud	ГОСТ 203-41		2,5	—	—	32— —300 (ting- läbi- mõõt)	0,15— —2
9. Alumiiniumtorud	OCT 601-40	A1, A2, A3	Arvu- tuse järgi	Arvu- tuse järgi	160	6—120	1—6
10. Messingtorud Messingtorud kon- densaatoritele ja soojusvahetajatele	ГОСТ 494-41	Л62, Л68, Л70	sama	sama	250	3— —195	1—6
11. Vasktorud	ГОСТ 617-41	M1, M2, M3	sama	sama	250	3—360	1—6
12. Seatinatorud	ГОСТ 167-41	CB, CO, C1, C2, C3, C4	2—16	—	200	8—150	2—35
13. Asbotsementtorud							
a. Kanalisatsioonitorud	ГОСТ 1839-42		—	4—8	50	50— —600	2,5— —4
b. Vesivarustustorud	ГОСТ 539-41		5—10	10—30	50	50— —600	3—4
14. Keraamilised torud							
a. Kanalisatsioonitorud	ГОСТ 286-41		—	2	60	125— —600 (sise- läbi- mõõt)	0,8—1

Tabel 7 (järg).

Torude nimetus	Riiklik norm või tehniline tingimus	Materjal	Kasutamiskiirkond			Torude sortiment	
			rõhk kg/cm ²		kesk- konna t ^o C (mitte üle)	välis- läbi- mõõt mm	pikkus m
			p_y	p_{pr}			
b. Happekindlad torud	ГОСТ 585-41		≤2,5	3-4	150	25— —300 (sise- läbi- mõõt)	1
15. Plastmassid							
a. Viniplasttorud	ВТУ ГХП 102-49	Viniplast 10	≤6	9	60	12,5— —162	2-4
b. Faoliittorud	ТУ МХП 321-51		≤3	5-6	120	32— —200 (ting- läbi- mõõt)	1-2
c. Tekstoliittorud	ТУ МХП 1471-47		≤3	6-8	80	25— —100 (ting- läbi- mõõt)	1,5-2

torudeks. Mõlemat liiki torusid valmistatakse nii mustadena (tsinkimata) kui ka tsingituina. Valmistamine toimub keevitamisel kas põkk- või ülekatteliite kasutamisel. Materjaliks peab olema hästi keevituv teras ГОСТ 380-50 järgi, kusjuures materjali margi valib valmistav tehas. Torud (välja arvatud torud tinglähimõõduga 8 ja 10 mm) on varustatud otstes silindrilise keermega ja turustatakse koos muhviga torude ühendamiseks. Gaasitorud, eriti suuremate läbimõõtudega, on halvasti painutatavad: seepärast tuleb eelistada nende kasutamist võimalikult sirgetena. Torud tinglähimõõduni kuni 50 mm (incl.), peavad proovil end külmalt laskma painutada 90° ümber torni, mille läbimõõt on kuus korda suurem toru välislähimõõdust, ja kuumalt — ümber torni, mille läbimõõt on kolm korda suurem toru välislähimõõdust.

Gaasitorud tähistatakse tavaliselt torukeerme järgi.

Suurelähimõõdulisi keevitatud torusid (ГОСТ 4015-48) kasutatakse samuti vee- ja gaasitorustikkudes, aga ka muuks otstarbeks.

Elekterkeevitusega torud (ГОСТ 1753-48) on valmistatud takistuskeevituse abil ja neid kasutatakse masinate ja katelde mitmesuguste detailide valmistamiseks, torustikkudeks ja muuks otstarbeks. Kateltele ettenähtud torud peavad vastama veel täiendavatele tehnilistele tingimustele. Torud markidest 08, 10, Ст. 1 ja Ст. 2 peavad omama tõmbetugevust vähemalt 32 kg/cm² ja torud markidest 20, Ст. 3 ja Ст. 4 — vähemalt 40 kg/cm².

Üldotstarbelised õmbluseta terastorud (ГОСТ 301-50) on kasutatavad nii torustikkudes kui ka mitmesuguste konstruktsioonielementidena. Neid torusid valmistatakse külmalt tõmmatutena ja külmalt või kuumalt valtsitutena.

Sõltuvalt torude otstarbest toodetakse nad:

- a) garanteeritud keemilise koosseisu ja mehaaniliste omadustega, markidest 10, 20, 35, 45, 15X, 20X, 40X, 15XΦ, 30XГCA, 30XГC, 38XMIOA;
- b) garanteeritud mehaaniliste omadustega, markidest Ст. 2, Ст. 4, Ст. 5, Ст. 6;
- c) normeerimata keemilise koosseisu ja mehaaniliste omadustega, kuid garantiiga hüdraulilise surve suhtes.

Kõik rõhu all töötavad üldotstarbelised õmbluseta torud peavad taluma hüdraulilist survet (proovirõhku), mis määratakse valemiga

$$p_{pr} = \frac{200sR}{D_s}, \quad (1)$$

kus s on seina minimaalne paksus mm,

D_s — toru siseläbimõõt mm,

R — lubatav pingeline kg/mm². Lubatav pingeline võetakse: süsinikterastele — $0,35\sigma_b$ (σ_b on tõmbetugevus); legeritud terastele (lõõmutatud või normaliseeritud) — $0,4\sigma_b$; normeerimata keemilise koosseisu ja mehaaniliste omaduste puhul — 10 kg/mm².

Valemi (1) abil määratud proovirõhule vastupidavuse tagab tehas. Tellija erilisel nõudmisel tuleb hüdrauliline proov teostada iga toruga rõhul 60 kg/cm² või spetsiaalselt põhjendatud nõudmise puhul kõrgemal rõhul, seejuures mitte ületades valemiga (1) saadud väärtust.

Nafta-, vee- ja gaasitorud (ГОСТ 3101-46) (lühendatult naftatorud) on kasutatavad peamiselt mitmesugustes torustikkudes (nimetus ei piira keskkonna valikut).

Nimetatud torud jaotatakse kahte klassi:

I klass — torud vastutusrikkadele magistraalitorustikkudele — materjaliks terased Ст. 2, Ст. 4, Ст. 5;

II klass — torud tavalistele torustikkudele (tehasesisesed jms.) — materjaliks on Ст. 6 või see määratakse kindlaks tarbijaga kokkuleppel või nad toodetakse normeerimata keemilise koosseisu ja mehaaniliste omadustega, kuid garanteeritud tugevusega hüdraulilise surve suhtes.

Hüdraulilise proovirõhu kohta kehtivad juhised, mis on toodud üldotstarbeliste torude kohta eespool.

Paksuseinalised torud (ГОСТ 1464-43) on ette nähtud kõrgrõhutorustikkudele, mitmesugustele konstruktsioonidele, masinate detailide valmistamiseks. Paksuseinaliste torude seinapaksus on sama välisläbimõõdu puhul suurem üldotstarbeliste torude (ГОСТ 301-50) seinapaksusest.

Üldotstarbelised katlatorud (ГОСТ 3099-46) valmistatakse nii tõmmatud kui ka valtsitud torudena. Alaliikidena üldotstarbelistest torudest nimetame ülekuumendi- ja kuumaveetorusid. Esimesed valmistatakse välisläbimõõdus 22 kuni 42 mm, teised — 51 kuni 108 mm.

Katlatorud veduritele (ГОСТ 3099-46) jaotuvad veel ülekuumendi-, suitsu-, kuumavee- ja leektorudeks. Ülekuumenditorud valmistatakse välisläbimõõdus 24 kuni 42 mm, suitsutorud välisläbimõõdus 44,5, 51 ja 57 mm, kuumaveetorud — 76 ja 89 mm, leektorud — 98 kuni 152 mm.

Hüdrauliline proovirõhk katlatorudele määratakse samuti kui üldotstarbeliste torude puhul (ГОСТ 301-50).

Katlatorud laevaehitusele (ГОСТ B-1060-41) valmistatakse külmalt tõmmatutena või külmalt valtsitutena ning lõõmutatutena ja neid kasutatakse laevaehituses katelde, ülekuumendite ja nafta-eelkuumendite valmistamiseks. Torude tõmbetugevus peab olema vähemalt 35 kg/mm². Hüdrauliline proovirõhk, mis on toodud tabelis 6, ei tohi ületada valemiga (1) määratud suurust.

Üldotstarbelised aurutorud (ГОСТ 3100-46, sortiment ГОСТ 301-50 järgi) on kasutatavad aurujuhtmeile auru temperatuuriga kuni 450° C. Hüdraulilise proovimise kohta kehtivad üldotstarbeliste katlatorude puhul toodud juhised.

Katla- ja auruülekuumenditorud (МПТУ 2579-50) on ette nähtud kõrgrõhukatelde kuumenduspindadeks ning keskrõhu-ülekuumendite temperatuuril 450° C ja enam. Kergemates tingimustes töötavais seadmes nimetatud torusid nende kõrge hinna tõttu ei tohi kasutada. Torud valmistatakse külmalt tõmmatuina või kuumalt valtsituina sellele järgneva termilise töötlemisega ja kontrolliga struktuuri suhtes. Proovirõhk (hüdrauliline) määratakse valemiga (1), kusjuures lubatav pinge valitakse $R = 0,35\sigma_b$.

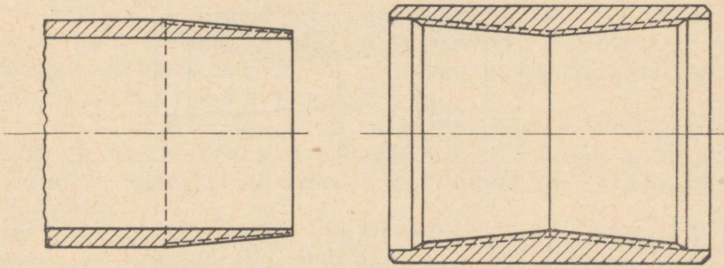
Auru- ja kollektoritorude (МПТУ 2580-50) kasutamiskiirkonnad on samad, mis eelmiselgi liigil. Nimetatud torud on paksuseinalised torud (läbimõõdudel 114 kuni 426 mm on seinapaksused 20 kuni 60 mm).

Manteltorud (ГОСТ 632-50) on ette nähtud puuraukude raketamiseks. Materjalina kasutatakse eriteraseid tabelis 8 toodud omadustega. Torude otsad on koonilised ja varustatud keermega ühendusmuhvi jaoks. Iga toru juurde kuulub üks muhv. Toru otsa kuju koos ühendusmuhviga on toodud joonisel 12. Hüdrauliline proovirõhk määratakse valemiga (1); lubatav pinge valitakse: terasele A — 11 kg/mm², terasele C — 13 kg/mm², terasele D — 17 kg/mm² ja terasele E — 22 kg/mm². Maksimaalne proovirõhk ei tohi ületada 200 kg/cm².

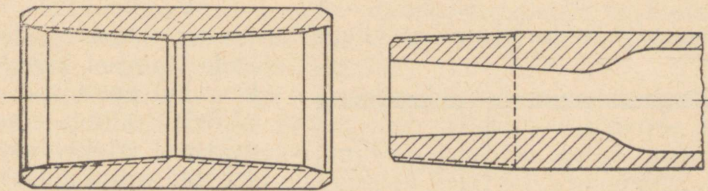
Puurtorusid (ГОСТ 631-50) kasutatakse naftatööstuses jm. puuraukude puurimiseks. Torude koonilised otsad on varustatud keermega ja siseseinast paksendatud. Selliselt kujundatud toru ots ja toru juurde kuuluv

Eriteraste mehaanilised omadused.

	Terase mark				
	A	C	Д	E	E_M
Tõmbetugevus σ_b kg/mm ² (vähemalt)	42	55	65	75	70
Voolavuspiir σ_T kg/mm ² (vähemalt)	25	32	38	55	50
Suhteline pikenemine % (vähemalt)					
δ_{10}	19	14	12	10	10
δ_5	25	18	16	12	12



Joon. 12.



Joon. 13.

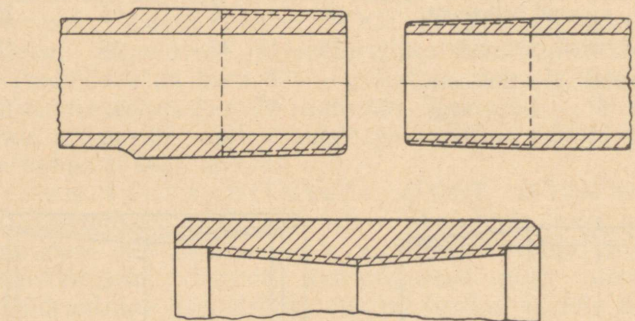
muhv on näidatud joonisel 13. Hüdraulilisele proovile 250 kg/cm² tuleb allutada iga toru.

Pumba- ja kompressoritorusid (ГОСТ 633-50) kasutatakse puuraukude ekspluaterimisel. Nimetatud torud valmistatakse kas otstest paksendatutena või mitte. Toru koonilise otsa kuju koos toru juurde kuuluva muhviga on esitatud joonisel 14.

Krakkitorud (ГОСТ 550-41) on valmistatud kuumvaltsimisel ja neid kasutatakse kuumade naftasaaduste ümberpumpamisel, nafta ümber töötlemise seadmete toruahjudes ja mitmesugustes teistes torulistes aparaatides. (Kondensaatorite ja soojusvaheldajate torud valitakse ГОСТ 301-50 järgi.)

Kuullaagritorud (ГОСТ 800-41) on ette nähtud kuul- ja rullaagrite rõngaste valmistamiseks. Torude nõutav kõvadus $H_B = 170 - 207$.

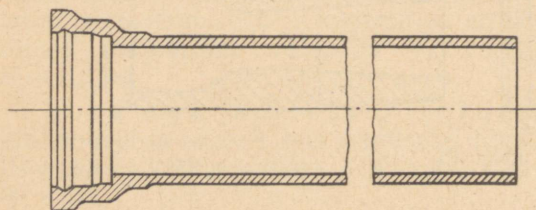
Roostekindlad torud (ГОСТ 5543-50) valmistatakse üldiselt nii tõmmatud kui ka kuumalt ja külmalt valtsitud torudena, välja arvatud margid Ж-17 ja Ж-27, mis toodetakse ainult kuumvaltsimisega. Proovirõhk (hüdrauliline) määratakse valemi (1) järgi lubatava pinge väärtuse $R = 0,4\sigma_b$ juures.



Joon. 14.

Malmist vesivarustustorud (muhvotsaga ja ääriktorud) (ГОСТ 5525-50) jaotatakse normaalarõhul (10 kg/cm^2) ja kõrgendatud (16 kg/cm^2) rõhul töötavateks torudeks. (Sama jaotus kehtib ka vastava liite- ja hargumisarmatuuri kohta.) Muhvotsaga toru on kujutatud joonisel 15.

Muhvotsaga malmitorud on hea eduga kasutatavad maa-aluste torustikkude loomisel, kuna selle tüübi puhul puuduvad osad, mis võiksid alluda korrosiooni mõjule. Muhvotsaga torud sobivad kasutamiseks ka kõikides teistes sellistes kohtades, kus torustiku pidev väline järelevalve on raskendatud.



Joon. 15.

Äärikotsaga malmitorud on kasutamisel peamiselt hoonetesisesest torustikkudes, kus on eksploatatsioonis hõlpsalt võimalik kontrollida äärikliite hermeetilisust ja liitmisel kasutatud teraspoltide korrodeerumise astet.

Malmitorude hulgas on tähtis koht kõrge ränisisaldusega malmist torudel, mis hästi sobivad kasutamiseks kõrge keemilise aktiivsusega keskkondade (lämmastik-, väävel-, sool-, fosforhape jt.) puhul. Nimetatud malmid — ferrosiliid ja antikloor sisaldavad räni 14,5—18%, mis võimaldab agressiivsete keskkondade puhul toru pinnale erilise ränihendkaitsekihi tekkimise.

Tugeva hapendava toimega keskkondade puhul kasutatakse ka kõrge kroomisisaldusega malm X-28 ja X-34 (ГОСТ 2176-43), kus kroomi leidub 26—30%.

Värvilistest metallidest torud leiavad laialdast kasutamist paljudes tööstusharudes, eriti seal, kus torustikku läbiv keskkond on tugeva korrodeeriva toimega (veeaur, happed, alused, soolad jne.).

Värvilistest metallidest torude kasutamist võivad tingida aga ka mitmed teised faktorid. Nii näiteks kujunevad alumiiniumtorud küllaldase korrosioonikindluse kõrval ka suhteliselt kergeks (sobivad kasutada näit. lennuki-ehituses jne.).

Asbotsement- (eterniit-) torud on kasutusel peamiselt veetorustikkudes. Asbotsementtorud valmistatakse kiulisest asbestist (20—25%) ja portlandtsemendist (75—80%).

Keraamilised kanalisatsioonitorud valmistatakse šamottisisaldavast tulekindlast savist põletamise teel. Väljast ja seest on nimetatud torud vee ja gaasi läbimatuse tagamiseks kaetud glasuuriga. Keraamilised happekindlad torud valmistatakse happekindlast savist mitmesuguste happekindlate lisanditega (šamott, kvartslüüv, põllupagu jms.). Keraamilised torud on kujundatud tavaliselt muhvotsaga torudena.

Viniplasttorud on hästi vastupidavad enamikele hapetele ja alustele ning on keemiatööstuses paljudel juhtudel heaks asendajaks keraamilistele torudele, torudele värvilistest metallidest kui ka korrosioonikindlatele terastorudele.

Faoliittorud on valmistatud bakeliit-fenoolformaldehüüd-resoolvaigu alusel, kasutades täitematerjalidena puhast asbesti või asbesti peenedatud grafiidi või liivaga. Faoliittorud on hästi vastupidavad paljudele hapetele.

Tekstoliittorud on samuti enamikele hapetele vastupidavad.

Võrreldes mitmesugustest materjalidest torusid nende üldise kasutatavuse seisukohalt, võime märkida järgmist.

Terastorud on malmtorudega võrreldes üldiselt tugevamad, nad võivad taluda siserõhkusid tublisti üle 100 kg/cm², väiksemate rõhkude puhul võib aga kasutada väikesi seinapaksusi, millega kaasneb metalli kulu ja torustiku kaalu vähenemine. Terastorud taluvad hästi ka dünaamilist koormust, mis torustikkudes võib tekkida hüdraulilistest löökidest jms. Keevitamise võimalikkus terastorude ühendamisel võimaldab monteerimistöodel paljudel juhtudel saavutada töökindlamat liidet ja kiiremat torustiku valmimist. Suurima puudusena terastorudel tuleb märkida nende kalduvust korrodeerumisele, nende suhteliselt kõrgemat hinda ja asjaolu, et liited torustikus kujunevad tavaliselt (äärrik-, keevis- jms.) jäigaks.

Mitmesugused mittemetalsed torud võivad sageli edukalt asendada kalteid ja defitsiitseid värvilistest metallidest torusid.

3. Torude ühendamine.

Nagu nähtub tabelist 7, on paljude tavalise kvaliteediga torude keskmi-seks pikkuseks 4 kuni 7 m, mõnedel liikidel aga veelgi vähem. See asjaolu tingib suurema pikkusega torustiku kujundamisel vajaduse torude omavahe-

Tüüp	Valatud malmäärik						Valatud terasäärik						Keermetatud kaelusäärik						Valtsitud sileäärik						Valtsitud kaelusäärik																																																																																																																																																																																																																																									
Eskiis																																																																																																																																																																																																																																																																		
	I						II						III						IV						V																																																																																																																																																																																																																																									
ГОСТ	1235-41		1236-41		1237-41		1238-41		1239-41		1240-41		1241-41		1242-41		1243-41		1244-41		1245-41		1246-41		1247-41		1248-41		1249-41		1250-41		1251-41		1252-41		1253-41		1254-41																																																																																																																																																																																																																											
Tingrõhuk R_y kg/cm ²	25	6	10	16	25	40	64	100	25	6	10	16	25	40	64	100	25	6	10	16	25	40	64	100	25	6	10	16	25	40	64	100	25	6	10	16	25	40	64	100	25	6	10	16	25	40	64	100																																																																																																																																																																																																																		
Tinglähimõõdud D_y mm	10						15						20						25						32						40						50						(60)						70						80						(90)						100						125						150						(175)						200						(225)						250						(275)						300						(325)						350						(375)						400						(425)						450						(475)						500						(550)						600						(650)						700						(750)						800						900						1000						1200						1400						1600						1800						2000						2200						2400					

Tüüp	Keevitatud sileäärik	Põkkkeevitatud äärik	Lahline äärik	Lahline äärik keevitatud tugirõngal	Lahline äärik toru tagasipööratud serval
Eskiis					
	VI	VII	VIII	IX	X
ГОСТ	1235-41 1236-41 1237-41 1238-41 1239-41	1260-41 1261-41 1262-41 1263-41 1264-41		1265-41 1266-41 1267-41 1268-41 1269-41 1270-41 1271-41	1272-41 1273-41
Tingrühud $P_g, \text{kg/cm}^2$	2,5 6 10 16 25 40 64 100	2,5 6 10 16 25 40 64 100	2,5 6 10 16 25 40 64 100	2,5 6 10 16 25 40 64 100	2,5 6 10 16 25 40 64 100
Tingläbimõõdud D_y, mm	10 15 20 25 32 40 50 (60) 70 80 (90) 100 125 150 (175) 200 (225) 250 (275) 300 (325) 350 (375) 400 (425) 450 (475) 500 (550) 600 (650) 700 (750) 800 900 1000 1200 1400 1600 1800 2000 2200 2400				

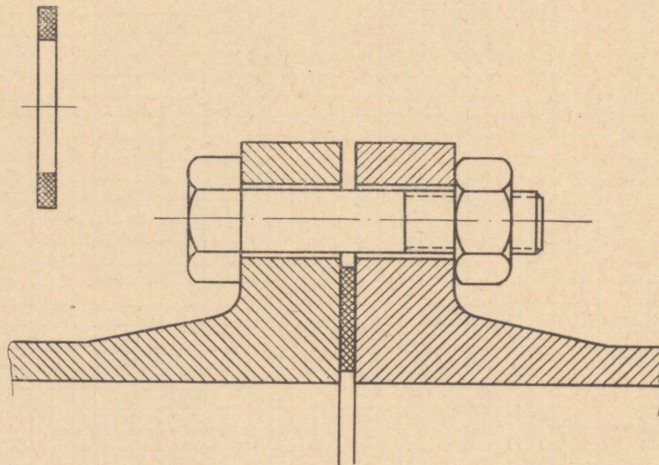
liseks ühendamiseks. Peaaegu alati on vajalik torustiku koosseisu viia mitmesuguseid torustiku armatuuri hulka kuuluvaid seadmeid (ventiilid, siibrid, kraanid jms.). Viimaste ühendamine torustikuga vajab samuti spetsiaalsete ühenduselementide rakendamist. Torude harunemisel mitmeks haruks või harutorude koondumisel ühiseks toruks, samuti aga ka torustiku suuna muutmisel, tuleb jällegi kasutada erilisi ühendusvõtteid koos vastavate detailidega. Kuna nii liite- kui ka hargumisarmatuur on oma iseloomult küllaltki lähedased ja kuna hargumisarmatuuri elemendid täidavad sageli ka liiteelementide ülesandeid, siis osutub otstarbekaks käsitleda liite- ja hargumisarmatuuri ühiselt.

Torude ühendamine võib toimuda põhiliselt neljal viisil:

- 1) äärikute abil;
- 2) keermetatud ühenduselementide abil;
- 3) toru muhvotsa kaudu;
- 4) keevitamisega.

a) Äärikliited.

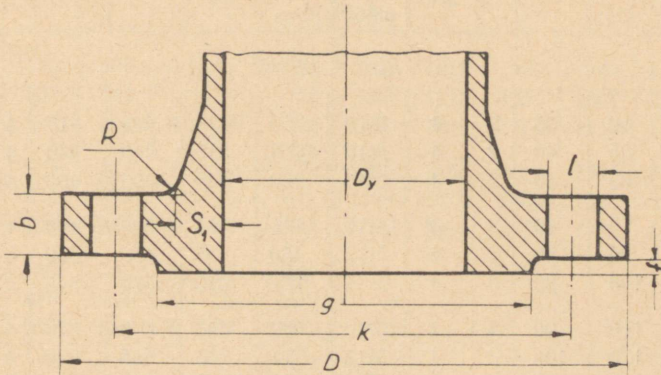
Äärikliite põhiliseks elemendiks on äärik. Äärik kujutab endast toruga (või ka mõne muu elemendiga — ventiili kerega vms.) ühel või teisel viisil ühendatud ketast. Liidetavate elementide äärikud ühendatakse omavahel poltide (joon. 16) või tikkpoltidega. Liite hermeetilisuse tagamiseks asetatakse äärikute koostöötavate pindade vahele tihendid.



Joon. 16.

ГОСТ 1233-41 annab klassifikatsiooni statsionaarsetes seadmetes kasutatavate torude, ühendusosade ja armatuuri äärikute kohta, samuti kehtib nimetatud standard masinaosade, aparaatide ja reservuaaride äärikutele, mis ühendatakse armatuuriga torustiku või mitmesuguste kujuosade kaudu.

Äärikute ühendusmööted ja tihendusvõõte mm tingrõhkudele $p_y = 2,5, 6, 10, 16$
ja 25 kg/cm² ГОСТ 1234-41 järgi.



D_y	D	k	g	f	Poltide		D_y	D	k	g	f	Poltide	
					arv	läbi- mõõt						arv	läbi- mõõt

$p_y = 2,5$ kg/cm²

10	75	50	35	2	4	M10	350	490	445	415	4	12	M20
15	80	55	40	2	4	M10	(375)	515	470	440	4	16	M20
20	90	65	50	2	4	M10	400	540	495	465	4	16	M20
25	100	75	60	2	4	M10	(425)	565	520	490	4	16	M20
32	120	90	70	2	4	M12	450	595	550	520	4	16	M20
40	130	100	80	3	4	M12	(475)	620	575	545	4	16	M20
50	140	110	90	3	4	M12	500	645	600	570	4	16	M20
(60)	150	120	100	3	4	M12	(550)	705	655	620	4	20	M22
70	160	130	110	3	4	M12	600	755	705	670	5	20	M22
80	190	150	128	3	4	M16	(650)	810	760	725	5	20	M22
(90)	200	160	138	3	4	M16	700	860	810	775	5	24	M22
100	210	170	148	3	4	M16	(750)	920	865	825	5	24	M27
125	240	200	178	3	8	M16	800	975	920	880	5	24	M27
150	265	225	202	3	8	M16	900	1075	1020	980	5	24	M27
(175)	295	255	232	3	8	M16	1000	1175	1120	1080	5	28	M27
200	320	280	258	3	8	M16	1200	1375	1320	1280	5	32	M27
(225)	345	305	282	3	8	M16	1400	1575	1520	1480	5	36	M27
250	375	335	312	3	12	M16	1600	1790	1730	1690	5	40	M27
(275)	400	360	335	4	12	M16	1800	1990	1930	1890	5	44	M27
300	440	395	365	4	12	M20	2000	2190	2130	2090	5	48	M27
(325)	465	420	390	4	12	M20	2200	2405	2340	2295	6	52	M30
							2400	2605	2540	2495	6	56	M30

Tabel 10 (järg).

D_y	D	k	g	f	Poltide		D_y	D	k	g	f	Poltide	
					arv	läbi- mõõt						arv	läbi- mõõt
$p_y = 6 \text{ kg/cm}^2$													
10	75	50	35	2	4	M10	350	490	445	415	4	12	M20
15	80	55	40	2	4	M10	(375)	515	470	440	4	16	M20
20	90	65	50	2	4	M10	400	540	495	465	4	16	M20
25	100	75	60	2	4	M10	(425)	565	520	490	4	16	M20
32	120	90	70	2	4	M12	450	595	550	520	4	16	M20
40	130	100	80	3	4	M12	(475)	620	575	545	4	16	M20
50	140	110	90	3	4	M12	500	645	600	570	4	16	M20
(60)	150	120	100	3	4	M12	(550)	705	655	620	4	20	M22
70	160	130	110	3	4	M12	600	755	705	670	5	20	M22
80	190	150	128	3	4	M16	(650)	810	760	725	5	20	M22
(90)	200	160	138	3	4	M16	700	860	810	775	5	24	M22
100	210	170	148	3	4	M16	(750)	920	865	825	5	24	M27
125	240	200	178	3	8	M16	800	975	920	880	5	24	M27
150	265	225	202	3	8	M16	900	1075	1020	980	5	24	M27
(175)	295	255	232	3	8	M16	1000	1175	1120	1080	5	28	M27
200	320	280	258	3	8	M16	1200	1405	1340	1295	5	32	M30
(225)	345	305	282	3	8	M16	1400	1630	1560	1510	5	36	M30
250	375	335	312	3	12	M16	1600	1830	1760	1710	5	40	M30
(275)	400	360	335	4	12	M16	1800	2045	1970	1910	5	44	M36
300	440	395	365	4	12	M20	2000	2265	2180	2110	5	48	M42
(325)	465	420	390	4	12	M20							

 $p_y = 10 \text{ kg/cm}^2$

10	90	60	40	2	4	M12	125	250	210	188	3	8	M16
15	95	65	45	2	4	M12	150	285	240	212	3	8	M20
20	105	75	58	2	4	M12	(175)	315	270	242	3	8	M20
25	115	85	68	2	4	M12	200	340	295	268	3	8	M20
32	140	100	78	2	4	M16	(225)	370	325	295	3	8	M20
40	150	110	88	3	4	M16	250	395	350	320	3	12	M20
50	165	125	102	3	4	M16	(275)	420	375	345	3	12	M20
(60)	175	135	112	3	4	M16	300	445	400	370	4	12	M20
70	185	145	122	3	4	M16	(325)	475	430	400	4	16	M20
80	200	160	138	3	4	M16	350	505	460	430	4	16	M20
90)	210	170	148	3	8	M16	(375)	540	490	456	4	16	M22
100	220	180	158	3	8	M16	400	565	515	482	4	16	M22

Tabel 10 (järg).

D_y	D	k	g	f	Poltide		D_y	D	k	g	f	Poltide	
					arv	läbi- mõõt						arv	läbi- mõõt
(425)	590	540	506	4	20	M22	800	1015	950	905	5	24	M30
450	615	565	532	4	20	M22	900	1115	1050	1005	5	28	M30
(475)	645	595	560	4	20	M22	1000	1230	1160	1115	5	28	M30
500	670	620	585	4	20	M22	1200	1455	1380	1325	5	32	M36
(550)	730	675	635	4	20	M27	1400	1675	1590	1525	5	36	M42
600	780	725	685	5	20	M27	1600	1915	1820	1745	5	40	M48
(650)	835	780	740	5	24	M27							
700	895	840	800	5	24	M27							
(750)	965	900	855	5	24	M30							

 $p_y = 16 \text{ kg/cm}^2$

10	90	60	40	2	4	M12	(275)	435	385	352	4	12	M22
15	95	65	45	2	4	M12	300	460	410	378	4	12	M22
20	105	75	58	2	4	M12	(325)	490	440	408	4	16	M22
25	115	85	68	2	4	M12	350	520	470	438	4	16	M22
32	140	100	78	2	4	M16	(375)	555	500	465	4	16	M27
40	150	110	88	3	4	M16	400	580	525	490	4	16	M27
50	165	125	102	3	4	M16	(425)	610	555	520	4	20	M27
60	175	135	112	3	4	M16	450	640	585	550	4	20	M27
70	185	145	122	3	4	M16	(475)	680	615	575	4	20	M30
80	200	160	138	3	8	M16	500	715	650	610	4	20	M30
(90)	210	170	148	3	8	M16	(550)	775	710	665	4	20	M30
100	220	180	158	3	8	M16	600	840	770	720	5	20	M36
125	250	210	188	3	8	M16	(650)	860	790	740	5	24	M36
150	285	240	212	3	8	M20	700	910	840	790	5	24	M36
(175)	315	270	242	3	8	M20	(750)	970	900	850	5	24	M36
200	340	295	268	3	12	M20	(800)	1025	950	900	5	24	M36
(225)	370	325	295	3	12	M20	900	1125	1050	1000	5	28	M36
250	405	355	320	3	12	M22	1000	1255	1170	1110	5	28	M42

 $p_y = 25 \text{ kg/cm}^2$

10	90	60	40	2	4	M12	50	165	125	102	3	4	M16
15	95	65	45	2	4	M12	(60)	175	135	112	3	8	M16
20	105	75	58	2	4	M12	70	185	145	122	3	8	M16
25	115	85	68	2	4	M12	80	200	160	138	3	8	M16
32	140	100	78	2	4	M16	(90)	225	180	152	3	8	M20
40	150	110	88	2	4	M16	100	235	190	162	3	8	M20

Tabel 10 (järg).

D_y	D	k	g	f	Poltide		D_y	D	k	g	f	Poltide	
					arv	läbi- mõõt						arv	läbi- mõõt
125	270	220	188	3	8	M22	(425)	645	575	530	4	20	M30
150	300	250	218	3	8	M22	450	670	600	555	4	20	M30
(175)	330	280	248	3	12	M22	(475)	700	630	580	4	20	M36
200	360	310	278	3	12	M22	500	730	660	615	4	20	M36
(225)	395	340	305	3	12	M27	(550)	785	710	660	4	20	M36
250	425	370	335	3	12	M27	600	845	770	720	5	20	M36
(275)	455	400	365	4	12	M27	(650)	895	820	770	5	24	M36
300	485	430	390	4	16	M27	700	960	875	815	5	24	M42
(325)	525	460	420	4	16	M30	(750)	1020	935	875	5	24	M42
350	555	490	450	4	16	M30	800	1085	990	930	5	24	M42
(375)	595	525	480	4	16	M30							
400	620	550	505	4	16	M30							

Standardis on esitatud kümme äärikute eri tüüpi, millele kohta on määratud kasutamispirkonnad sõltuvalt tingrõhust ja tinglääbimõõdust. Standardile vastav klassifikatsioon on toodud tabelis 9.

Kõik klassifikatsioonis toodud äärikud on normitud ja nende mõõted on antud vastavates standardites (ГОСТ 1235-41 kuni ГОСТ 1273-41). Äärikutele on kehtestatud 8-astmeline tingrõhkude skaala: 2,5, 6, 10, 16, 25, 40, 64 ja 100 kg/cm². Ühised kõikidele äärikutele on sama tingrõhu ja tinglääbimõõdu juures vastasäärikute ühendamiseks vajalikud mõõted (välislääbimõõt, aukuderinjooone läbimõõt, poltide arv ja läbimõõt jne.), samuti tihenduspindade mõõted. Nimetatud mõõted vastavalt ГОСТ 1234-41 on toodud tabelites 10 ja 11.

Kõrgematel rõhkudel töötavad äärikliited, olles vastutusrikkamad, peavad oma konstruktsioonilt tagama liite täieliku hermeetilisuse. Selle saavutamiseks on kõrgematele tingrõhkudele ette nähtud äärikud kujundatud täiendavate tihenduspindadega. Äärikutel tingrõhkudele $p_y = 40, 64$ ja 100 kg/cm² kujundatud täiendavate tihenduspindade mõõted g_1, g_2, f_1 ja f_2 (vt. joonis tabelis 11) on ühised kõikidele nimetatud tingrõhkudele. Mõõdetes suurused on toodud tabelis 12.

Tabelites (ГОСТ 1235-41 kuni ГОСТ 1273-41) toodud äärikud on ette nähtud kasutamiseks tingrõhuni kuni 100 kg/cm². Raskemates tingimustes töötavate äärikute konstrueerimisel tuleb kasutada kas tehaste normaale või viia läbi äärikute täielik arvutus.

Äärikute ühendamiseks kasutatakse nii polte kui ka tikkpolte. Tikkipolte kasutamine on otstarbekas peamiselt raskemates tingimustes (kõrgemal rõhul ja temperatuuril) töötavate äärikute puhul. Niisuguste vastutusrikkaste

Tabel 11 (järg).

D_y	D	k	g	f	Poltide		D_y	D	k	g	f	Poltide	
					arv	läbi- mõõt						arv	läbi- mõõt
(275)	480	415	375	4	12	M30	(425)	675	600	550	4	20	M36
300	515	450	410	4	16	M30	450	685	610	560	4	20	M36
(325)	550	480	435	4	16	M30	(475)	725	640	590	4	20	M36
350	580	510	465	4	16	M30	500	755	670	615	4	20	M36
(375)	625	550	500	4	16	M36							
400	660	585	535	4	16	M36							

 $p_y = 64 \text{ kg/cm}^2$

10	100	70	50	2	4	M12	125	295	240	205	3	8	M27
15	105	75	55	2	4	M12	150	345	280	240	3	8	M30
20	130	90	68	2	4	M16	(175)	375	310	270	3	12	M30
25	140	100	78	2	4	M16	200	415	345	300	3	12	M30
32	155	110	85	2	4	M20	(225)	440	370	325	3	12	M30
40	170	125	98	3	4	M20	250	470	400	355	3	12	M36
50	180	135	108	3	4	M20	(275)	500	430	385	4	12	M36
(60)	190	145	118	3	8	M20	300	530	460	415	4	16	M36
70	205	160	132	3	8	M20	(325)	565	490	442	4	16	M36
80	215	170	142	3	8	M20	350	600	525	475	4	16	M36
(90)	240	190	160	3	8	M22	(375)	645	560	500	4	16	M42
100	250	200	170	3	8	M22	400	670	585	525	4	16	M42

 $p_y = 100 \text{ kg/cm}^2$

10	100	70	50	2	4	M12	125	315	250	210	3	8	M30
15	105	75	55	2	4	M12	150	355	290	250	3	12	M30
20	130	90	68	2	4	M16	(175)	385	320	280	3	12	M30
25	140	100	78	2	4	M16	200	430	360	315	3	12	M36
32	155	110	85	2	4	M20	(225)	475	400	352	3	12	M36
40	170	125	98	3	4	M20	250	515	430	382	3	12	M36
50	195	145	115	3	4	M22	275	555	470	415	4	12	M42
(60)	210	160	130	3	8	M22	300	585	500	445	4	16	M42
70	220	170	140	3	8	M22							
80	230	180	150	3	8	M22							
(90)	255	200	165	3	8	M27							
100	265	210	175	3	8	M27							

Tabel 12.

Äärikute tihenduspindade mõõted mm tingrõhkudele $p_y = 40, 64$ ja 100 kg/cm^2
ГОСТ 1234-41 järgi.

D_y	g_1	g_2	f_1	f_2	D_y	g_1	g_2	f_1	f_2
10	34	35	4	4	200	259	260	4,5	4,5
15	39	40	4	4	(225)	286	287	4,5	4,5
20	50	51	4	4	250	312	313	4,5	4,5
25	57	58	4	4	(275)	337	338	4,5	4,5
32	65	66	4	4	300	363	364	4,5	4,5
40	75	76	4	4	(325)	389	390	4,5	4,5
50	87	88	4	4	350	421	422	5	5
(60)	99	100	4	4	(375)	447	448	5	5
70	109	110	4	4	400	473	474	5	5
80	120	121	4	4	(425)	498	499	5	5
(90)	131	132	4	4	450	523	524	5	5
100	149	150	4,5	4,5	(475)	549	550	5	5
125	175	176	4,5	4,5	500	575	576	5	5
150	203	204	4,5	4,5					
(175)	233	234	4,5	4,5					

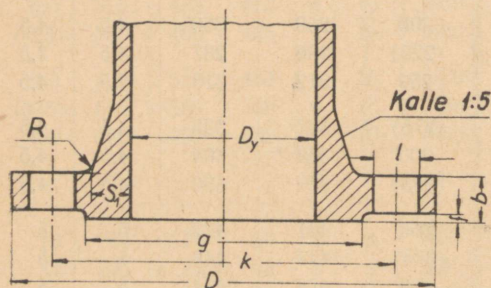
liidete puhul on eriti oluline igasuguste võimalike lisapingete tekkimise vältimine. Tavalise (peaga) poldi kasutamine võib aga pea ebatäpse asendi tõttu just põhjustada liite ebaühtlast pingestust, mille tagajärjel suureneb liites avarii oht. Paremate töötingimuste loomiseks, eriti vahelduva koormuse osas, on soovitatav kasutada tikkpolte, millede keermetamata keskosa on väiksema läbimõõduga (nn. elastsed poldid).

Poltide (tikkpoltide) materjaliks on tavaliselt süsinikkonstruktsiooniteras ГОСТ 380-50 järgi, raskemates tingimustes (kõrgem rõhk ja keskkonna temperatuur) aga ka kvaliteetsüsinikteras või vähelegeeritud terased, temperatuuridel üle 475°C — kuumuskindlad terased ЭИ10 ja ЭИ69. Mutrite materjaliks on enamikul juhtudel süsinikkonstruktsiooniteras Ст. 3, Ст. 4 või Ст. 5, harvemini (temperatuuridel $300\text{--}400^\circ \text{C}$) kvaliteetsüsinikteras 30, 35 või 40. Reeglina valitakse mutri materjal poldi (tikkpoldi) materjalist erinev. Pehmemast materjalist mutri puhul on poldi (tikkpoldi) ja ka ääriku sööbimise oht minimaalne. Valatud pinna ebatasase puhul tuleb mutrialune pind töödelda.

Poltide arv äärikliites sõltub keskkonna rõhust (tingrõhust) ja temperatuurist ning toru tinglähimõõdust. Poltide arv valitakse kordne neljaga: 4, 8, 12 jne., ulatudes normitud äärikutel kuni 56-ni ($p_y = 2,5 \text{ kg/cm}^2$ ja $D_y = 2400 \text{ mm}$). Tingrõhuni $p_y = 25 \text{ kg/cm}^2$ võib kasutada poolpuhtaid

kuuskantpeaga polte, kõrgematel tingrõhkudel tuleb aga kindlasti kasutada puhtaid polte.

Tänapäeval on peamisteks kasutatavateks äärikuliikideks valatud äärikud (tüübid I ja II tabelist 9), keevitatud äärikud (tüübid VI ja VII) ja lahtised äärikud (tüübid VIII ja IX). Ülejäänud tüüpe kasutatakse harvem, mis on tingitud kas ääriku väikesest tugevusest või suhteliselt keerukamast valmistamisest.



Joon. 17.

Valatud malmäärikute (tabel 9, tüüp I, joon. 17) materjals peab olema malm, alates margist Ч4 15-32. Valatud äärikud tuleb torulise osa äärikuks ülemineku piirkonnas jahtumistingimuste soodustamiseks, sellest tulenevalt aga ka ääriklite tugevusomaduste parendamiseks, kujundada küllaltki pika siirdeosaga — kaldega 1:5 (ka valatud terasäärikute puhul). Valatud malmäärikute kasutamiskiirkonnad on määratud järgmiste andmetega¹:

tingrõhk $p_y = 2,5$ kg/cm ² :	temperatuuril kuni 120° C	tinglääbimõõdud $D_y = 15-2400$ mm;
	„ „ 250° C	tinglääbimõõdud $D_y = 15-500$ mm;
	„ „ 300° C	tinglääbimõõdud $D_y = 15-300$ mm;
tingrõhk $p_y = 6$ kg/cm ² :	„ „ 120° C	tinglääbimõõdud $D_y = 15-2000$ mm;
	„ „ 250° C	tinglääbimõõdud $D_y = 15-500$ mm;
	„ „ 300° C	tinglääbimõõdud $D_y = 15-300$ mm;
tingrõhk $p_y = 10$ kg/cm ² :	„ „ 120° C	tinglääbimõõdud $D_y = 15-1600$ mm;
	„ „ 250° C	tinglääbimõõdud $D_y = 15-500$ mm;
	„ „ 300° C	tinglääbimõõdud $D_y = 15-300$ mm;
tingrõhk $p_y = 16$ kg/cm ² :	„ „ 120° C	tinglääbimõõdud $D_y = 15-1000$ mm;
	„ „ 300° C	tinglääbimõõdud $D_y = 15-200$ mm;
tingrõhk $p_y = 25$ kg/cm ² :	„ „ 120° C	tinglääbimõõdud $D_y = 15-500$ mm.

Valatud malmäärikute iseloomulikud konstruktiivsed mõõted on sõltuvalt tingrõhust esitatud tabelis 13 (tähsised jooniselt 17), kusjuures mõõted, mis on ühised kõikidele äärikutele, leiduvad tabelis 10.

Valatud terasäärikud (tüüp II) peavad olema valmistatud terasvaluna, mille tõmbetugevus σ_b ei tohi olla alla 40 kg/mm² ja venivus δ_5 mitte alla 22%. Poldide materjaliks t^o-l kuni 300° C võib valida kas Ст. 3 või Ст. 4, t^o-l 300—350° C — Ст. 4, Ст. 5, teras 30 või 35, ja t^o-l

¹ Kuna ГОСТ'id 1235-41 kuni 1273-41 ei ole veel viidud kooskõlla äsjakehtestatud tingrõhke käsitleva ГОСТ 356-52-ga, kus on varem kehtinud standardiga ГОСТ 356-43 võrreldes täielikult muudetud ting- ja tööõhke siduvad temperatuuri-intervallid, siis arusaadavalt esineb toodud andmetes erinevusi vastavast standardist temperatuuri-intervallides kui ka proovirõhkudes.

Tabel 13.

Valatud malmäärikute mõõteid mm (ГОСТ 1235-41 kuni 1239-41 järgi).

D_y	b	S_1	R	l	D_y	b	S_1	R	l
$p_y = 2,5 \text{ kg/cm}^2$									
15	12	8	3	12	(375)	28	21	8	23
20	14	9	4	12	400	28	21	8	23
25	14	11	4	12	450	28	21	8	23
32	16	12	4	14	500	30	23	8	23
40	16	12	4	14	(550)	30	23	8	25
50	16	12	4	14	600	30	23	8	25
(60)	16	12	4	14	(650)	30	23	8	25
70	16	12	4	14	700	30	23	8	25
80	18	14	5	18	(750)	30	24	8	30
(90)	18	14	5	18	800	30	24	8	30
100	18	14	5	18	900	30	24	8	30
125	20	15	5	18	1000	30	24	8	30
150	20	15	5	18	1200	30	25	8	30
(175)	22	17	6	18	1400	30	26	8	30
200	22	17	6	18	1600	32	27	10	30
(225)	22	17	6	18	1800	34	28	10	30
250	24	18	6	18	2000	34	28	10	30
(275)	24	18	6	18	2200	36	30	10	34
300	24	18	6	23	2400	38	32	10	34
(325)	26	20	8	23					
350	26	20	8	23					

$p_y = 6 \text{ kg/cm}^2$									
15	12	8	3	12	(90)	18	14	5	18
20	14	9	4	12	100	18	14	5	18
25	14	11	4	12	125	20	15	5	18
32	16	12	4	14	150	20	15	5	18
40	16	12	4	14	(175)	22	17	6	18
50	16	12	4	14	200	22	17	6	18
(60)	16	12	4	14	(225)	22	17	6	18
70	16	12	4	14	250	24	18	6	18
80	18	14	5	18	(275)	24	18	6	18

Tabel 13 (järg).

D_y	b	S_1	R	l	D_y	b	S_1	R	l
300	24	18	6	23	800	34	26	10	30
(325)	26	20	8	23	900	36	27	10	30
350	26	20	8	23	1000	36	27	10	30
(375)	28	21	8	23	1200	40	30	10	34
400	28	21	8	23	1400	44	33	12	34
450	28	21	8	23	1600	48	36	12	34
500	30	23	8	23	1800	50	38	12	41
(550)	30	23	8	25	2000	54	41	15	48
600	30	23	8	25					
(650)	32	24	10	25					
700	32	24	10	25					
(750)	34	26	10	30					

 $p_y = 10 \text{ kg/cm}^2$

15	14	11	4	14	300	28	21	8	23
20	16	11	4	14	(325)	30	23	8	23
25	16	12	4	14	350	30	23	8	23
32	18	14	5	18	(375)	32	24	10	25
40	18	14	5	18	400	32	24	10	25
50	20	15	5	18	450	32	24	10	25
(60)	20	15	5	18	500	34	26	10	25
70	20	15	5	18	(550)	36	27	10	30
80	22	17	6	18	600	36	27	10	30
(90)	22	17	6	18	(650)	38	29	10	30
100	22	17	6	18	700	40	30	10	30
125	24	18	6	18	(750)	42	32	12	34
150	24	18	6	23	800	44	33	12	34
(175)	26	20	8	23	900	46	35	12	34
200	26	20	8	23	1000	50	38	12	34
(225)	26	20	8	23	1200	56	42	15	41
250	28	21	8	23	1400	62	47	18	48
275)	28	21	8	23	1600	68	51	18	48

 $p_y = 16 \text{ kg/cm}^2$

15	14	11	4	14	32	18	14	5	18
20	16	11	4	14	40	18	14	5	18
25	16	12	4	14	50	20	15	5	18

Tabel 13 (järg).

D_y	b	S_1	R	l	D_y	b	S_1	R	l
(60)	20	15	5	18	(375)	40	30	10	30
70	20	15	5	18	400	40	30	10	30
80	22	17	6	18	450	44	33	10	30
(90)	24	18	6	18	500	46	35	12	34
100	24	18	6	18	(550)	50	38	12	34
125	26	20	8	18	600	54	41	12	41
150	28	21	8	23	(650)	54	41	12	41
(175)	28	21	8	23	700	54	41	12	41
200	30	23	8	23	(750)	54	41	12	41
(225)	30	23	8	23	800	54	41	12	41
250	32	24	10	25	900	54	41	12	41
(275)	32	24	10	25	1000	60	45	12	48
300	34	26	10	25					
(325)	36	27	10	25					
350	38	29	10	25					

$$p_y = 25 \text{ kg/cm}^2$$

15	16	11	4	14	(225)	38	29	10	30
20	18	12	4	14	250	40	30	10	30
25	18	14	5	14	(275)	42	32	10	30
32	20	15	5	18	300	44	33	10	30
40	20	15	5	18	(325)	46	35	12	34
50	22	17	6	18	350	46	35	12	34
(60)	24	18	6	18	(375)	48	36	12	41
70	24	18	6	18	400	50	38	12	41
80	26	20	8	18	450	52	39	12	41
(90)	28	21	8	23	500	56	42	15	41
100	30	23	8	23					
125	32	24	8	25					
150	32	24	8	25					
(175)	34	26	10	25					
200	36	27	10	25					

350—400° C — teras 30 või 35 (tingrõhul 100 kg/cm² — legeritud teras 30XMA või mõni teine mark spetsiaalsete tehniliste tingimuste järgi), t^o-l 400—450° C — legeritud teras 30XMA või mõni teine legeritud teras vastavalt spetsiaalsetele tehnilistele tingimustele. Tingrõhkudele 40 kg/cm² ja rohkem on ääriku kuju (ka teiste äärikutüüpide juures) parema tiheduse saamiseks täiendatud: ühte äärikusse on kujundatud süvend f_2 (vt. joonis tabelis 11), vastasäärikusse aga vastav väljaaste f_1 . Tihendamiseks asetatakse süvendisse tihendrõngas, mis ääriku poltide pingutamisel annab liitele kindla tiheduse. GOCT 1234-41 kohaselt võib äärikuid tingrõhule 40 kg/cm² valmistada ka ilma täiendava süvendi ja väljaasteta.

Valatud terasäärikute kasutamiskiirgused on järgmised:

tingrõhk $p_y = 16$ kg/cm ² :	temperatuuril kuni 120° C	tinglääbimõõdud $D_y = 15-1000$ mm;
„	„	400° C tinglääbimõõdud $D_y = 15-1000$ mm;
tingrõhk $p_y = 25$ kg/cm ² :	„	400° C tinglääbimõõdud $D_y = 15-800$ mm;
tingrõhk $p_y = 40$ kg/cm ² :	„	425° C tinglääbimõõdud $D_y = 15-500$ mm;
tingrõhk $p_y = 64$ kg/cm ² :	„	450° C tinglääbimõõdud $D_y = 15-400$ mm;
tingrõhk $p_y = 100$ kg/cm ² :	„	450° C tinglääbimõõdud $D_y = 15-300$ mm.

Valatud terasäärikute mõõted tingrõhkudele 16, 25 ja 40 kg/cm² on toodud tabelis 14, tingrõhkudele 64 ja 100 kg/cm² — tabelis 15 (tähistes ja ülejäänud mõõted tabelitest 10 ja 11).

Tabel 14.

Valatud terasäärikute mõõted mm tingrõhkudele 16, 25 ja 40 kg/cm² (GOCT 1240-41 kuni 1242-41 järgi).

D_y	b	S_1	R	l	D_y	b	S_1	R	
$p_y = 16$ kg/cm ²									
15	14	12	4	14	(225)	28	22	6	23
20	14	12	4	14	250	30	24	8	25
25	14	12	4	14	(275)	30	24	8	25
32	16	12	4	18	300	30	24	8	25
40	16	12	4	18	(325)	32	24	8	25
50	16	12	5	18	350	34	26	8	25
(60)	18	15	5	18	(375)	36	28	8	30
70	18	15	5	18	400	36	28	10	30
80	20	15	5	18	450	40	30	10	30
(90)	20	15	5	18	500	44	32	10	34
100	20	15	5	18	600	48	36	10	41
125	22	18	6	18	700	50	38	12	41
150	24	18	6	23	800	52	40	12	41
(175)	26	20	6	23	900	54	42	12	41
200	26	20	6	23	1000	56	42	12	48

Tabel 14 (järg).

D_y	b	S_1	R	l	D_y	b	S_1	R	l
$p_y = 25 \text{ kg/cm}^2$									
15	16	12	4	14	(225)	36	28	8	30
20	16	12	5	14	250	36	28	10	30
25	16	12	5	14	(275)	38	28	10	30
32	18	15	5	18	300	40	30	10	30
40	18	15	5	18	(325)	42	32	10	34
50	20	15	5	18	350	44	34	10	34
(60)	22	18	6	18	(375)	46	34	10	34
70	22	18	6	18	400	48	36	10	34
80	22	18	6	18	450	50	38	12	34
(90)	24	18	6	23	500	52	40	12	41
100	24	18	6	23	600	56	42	12	41
125	28	22	8	25	700	60	46	12	48
150	30	24	8	25	800	64	48	15	48
(175)	32	24	8	25					
200	34	26	8	25					

$p_y = 40 \text{ kg/cm}^2$

15	16	12	4	14	(225)	40	30	10	34
20	16	12	5	14	250	42	32	10	34
25	16	12	5	14	(275)	44	34	10	34
32	18	15	5	18	300	46	34	12	34
40	18	15	5	18	(325)	50	38	12	34
50	20	15	5	18	350	52	40	12	34
(60)	22	18	6	18	(375)	54	40	12	41
70	22	18	6	18	400	58	44	12	41
80	22	18	6	18	450	60	46	14	41
(90)	24	18	6	23	500	60	46	15	41
100	24	20	6	23					
125	28	22	8	25					
150	30	24	8	25					
(175)	34	28	10	30					
200	38	28	10	30					

Tabel 15.

Valatud terasäärikute mõõted mm tingrõhkudele 64 ja 100 kg/cm² (ГОСТ 1243—41 ja 1244-41 järgi).

D_y	b		S_1		R	t
	$t \leq 425^\circ \text{C}$	$t \leq 450^\circ \text{C}$	$t \leq 425^\circ \text{C}$	$t \leq 450^\circ \text{C}$		
$p_y = 64 \text{ kg/cm}^2$						
15	18	20	15	15	4	14
20	20	24	15	18	5	18
25	22	26	18	20	5	18
32	22	26	18	20	5	23
40	24	28	18	22	5	23
50	26	30	20	24	5	23
(60)	28	32	22	24	6	23
70	28	34	22	26	6	23
80	30	36	24	28	6	23
(90)	32	38	24	28	6	25
100	34	40	26	30	6	25
125	36	44	28	34	8	30
150	38	48	30	38	8	34
(175)	42	50	32	40	10	34
200	46	54	34	40	10	34
(225)	48	56	36	42	10	34
250	50	58	38	44	10	41
(275)	52	60	40	46	10	41
300	54	62	42	46	12	41
(325)	58	66	44	50	12	41
350	60	68	46	50	12	41
(375)	64	72	48	54	12	48
400	66	76	50	58	12	48

$p_y = 100 \text{ kg/cm}^2$

15	20	20	15	15	4	14
20	22	24	18	18	4	18
25	24	26	18	20	4	18
32	24	28	18	24	4	23
40	26	32	20	24	4	23
50	28	34	22	26	4	25

D_y	b		S_1		R	l
	$t \leq 425^\circ \text{ C}$	$t \leq 450^\circ \text{ C}$	$t \leq 425^\circ \text{ C}$	$t \leq 450^\circ \text{ C}$		
(60)	30	36	24	28	5	25
70	32	38	24	28	5	25
80	34	40	26	30	5	25
(90)	36	44	28	34	5	30
100	38	46	30	34	5	30
125	42	50	32	38	6	34
150	46	56	36	42	6	34
(175)	50	60	38	46	8	34
200	54	64	40	48	8	41
(225)	58	66	44	50	8	41
250	62	70	48	52	8	41
(275)	66	74	50	56	8	48
300	70	80	52	60	10	48

Keermetatud kaelusäärikute (tüüp III) kasutamiskiirkond on suhteliselt väike: tingrõhkudel 25 kuni 64 kg/cm² on kasutatavad tinglääbimõõdud vahemikus 10 kuni 100 mm, tingrõhkudel 10 ja 16 kg/cm² — vahemikus 10 kuni 125 mm, ja tingrõhkudel 2,5 ja 6 kg/cm² — vahemikus 10 kuni 150 mm. Torud, millele nimetatud ääriku võib kujundada, võivad olla nii õmbluseta kui ka gaasitorud.

Valtsitud äärikutest kasutatakse sileäärikuid (tüüp IV) tingrõhkudel 2,5 ja 6 kg/cm² (temperatuuril kuni 300° C tingmõõdud $D_y = 10-150$ mm), kaelusäärikuid (tüüp V) — kõrgematel tingrõhkudel (tingrõhkudel 10 ja 16 kg/cm² tinglääbimõõdud $D_y = 10-150$ mm, tingrõhul 25 kg/cm² tinglääbimõõdud $D_y = 10-125$ mm, tingrõhul 64 kg/cm² — tinglääbimõõdud $D_y = 10-50$ mm; keskkonna temperatuur on kõikidel juhtudel piiratud 300° C-ga). Valtsitud äärikuid kasutatakse õmblusteta terastorude puhul.

Valtsitud äärikud osutuvad teiste tüüpidega võrreldes suhteliselt keerukamaks ja nende iga lühemaks. Seepärast on selle äärikutüübi kasutamine vähe levinud. Ka kõrgetel temperatuuridel on valtsitud äärikute kasutamine ebaotstarbekohane, kuna pingete relaksatsiooni tõttu liide aja jooksul nõrgeneb.

Keevitatud sileäärikud (tüüp VI) on laialdaselt kasutusel, mida tingib eeskätt ääriku hõlpus ühendamine toruga (kas õmbluseta või keevitatud torud). Ääriku materjal peab olema hästi keevitav. GOCT 1257-41 määrab ääriku materjalidena kasutamiseks Cr. 2, Cr. 3 ja Cr. 4 (tingrõhuni kuni 25 kg/cm²). Poltide materjaliks on ette nähtud Cr. 3 või Cr. 4.

Keevitatud sileäärikute mõõteid mm (joon. 18)

(ГОСТ 1255-41 kuni 1259-41 järgi).

D_y	b	l	a	c	S	H	D_y	b	l	a	c	S	H
$p_y = 2,5 \text{ kg/cm}^2$													
10	12	12	14	3	3	4	(275)	24	18	299	9	8	10
15	12	12	17	3	3	4	300	24	23	325	9	8	10
20	14	12	25	3	3	4	(325)	26	23	351	9	8	10
25	14	12	32	4	3,5	5	350	26	23	376	9	8	10
32	16	14	38	4	3,5	5	400	28	23	427	10	9	11
40	16	14	44,5	4	3,5	5	450	28	23	476	10	9	11
50	16	14	57	4	3,5	5	500	30	23	529	10	9	11
(60)	16	14	70	5	4	6	600	30	25	631	10	9	11
70	16	14	76	5	4	6	700	32	25	720	10	9	11
80	18	18	89	5	4	6	800	34	30	820	10	9	11
(90)	18	18	102	5	3,75	6	900	36	30	920	10	9	11
100	18	18	108	5	3,75	6	1000	36	30	1020	10	9	11
125	20	18	133	5	4	6	1200	36	30	1220	11	10	12
150	20	18	159	5	4,5	6	1400	38	30	1420	11	10	12
(175)	22	18	191	6	5,5	7	1600	38	30	1620	11	10	12
200	22	18	216	7	6,5	8							
(225)	22	18	241	7	6,5	8							
250	24	18	267	8	7,5	9							

 $p_y = 6 \text{ kg/cm}^2$

10	12	12	14	3	3	4	200	22	18	216	7	6,5	8
15	12	12	17	3	3	4	(225)	22	18	241	7	6,5	8
20	14	12	25	3	3	4	250	24	18	267	8	7,5	9
25	14	12	32	4	3,5	5	(275)	24	18	299	9	8	10
32	16	14	38	4	3,5	5	300	24	23	325	9	8	10
40	16	14	44,5	4	3,5	5	(325)	26	23	351	9	8	10
50	16	14	57	4	3,5	5	350	26	23	376	9	8	10
(60)	16	14	70	5	4	6	400	28	23	427	10	9	11
70	16	14	76	5	4	6	450	28	23	476	10	9	11
80	18	18	89	5	4	6	500	30	23	529	10	9	11
(90)	18	18	102	5	3,75	6	600	30	25	631	10	9	11
100	18	18	108	5	3,75	6	700	32	25	720	10	9	11

Tabel 16 (järg).

D_y	b	l	a	c	S	H	D_y	b	l	a	c	S	H
125	20	18	133	5	4	6	800	34	30	820	10	9	11
150	20	18	159	5	4,5	6	900	36	30	920	10	9	11
(175)	22	18	191	6	5,5	7	1000	36	30	1020	10	9	11

 $p_y = 10 \text{ kg/cm}^2$

10	12	14	14	3	3	4	200	26	23	216	7	6,5	8
15	12	14	17	3	3	4	(225)	26	23	241	7	6,5	8
20	14	14	25	3	3	4	250	28	23	267	8	7,5	9
25	14	14	32	4	3,5	5	(275)	28	23	299	9	8	10
32	16	18	38	4	3,5	5	300	30	23	325	9	8	10
40	18	18	44,5	4	3,5	5	(325)	30	23	351	9	8	10
50	18	18	57	4	3,5	5	350	30	23	376	9	8	10
(60)	20	18	70	5	4	6	400	32	25	427	10	9	11
70	20	18	76	5	4	6	450	32	25	476	10	9	11
80	22	18	89	5	4	6	500	34	25	529	10	9	11
(90)	24	18	102	5	3,75	6	600	38	30	631	10	9	11
100	24	18	108	5	3,75	6							
125	26	18	133	5	4	6							
150	26	23	159	5	4,5	6							
(175)	26	23	191	6	5,5	7							

 $p_y = 16 \text{ kg/cm}^2$

10	14	14	14	3	3	4	200	32	23	216	7	6,5	8
15	14	14	17	3	3	4	(225)	32	23	241	7	6,5	8
20	16	14	25	3	3	4	250	34/32*	25	267	8	7,5	9
25	18	14	32	5	3,5	6	(275)	36/32*	25	299	9	8	10
32	20	18	38	5	3,5	6	300	36/32*	25	325	9	8	10
40	22	18	44,5	5	3,5	6	(325)	40/32*	25	351	9	8	10
50	24	18	57	5	3,5	6	350	42/34*	25	376	9	8	10
(60)	26	18	70	5	4	6	400	46/38*	30	427	10	9	11
70	26	18	76	5	4	6	450	50/44*	30	476	10	9	11
80	28	18	89	5	4	6	500	58/52*	34	529	10	9	11
(90)	28	18	102	5	3,75	6	600	66/60*	41	631	11	9	12
100	30	18	108	5	3,75	6							
125	32	18	133	6	4	7							
150	32	23	159	6	4,5	7							
(175)	32	23	191	6	5,5	7							

Tabel 16 (järg).

D_y	b	l	a	c	S	H	D_y	b	l	a	c	S	H
$p_y = 25 \text{ kg/cm}^2$													
10	16	14	14	5	3	6	200	32	25	216	8	6,5	9
15	16	14	17	5	3	6	(225)	34	30	241	8	6,5	9
20	18	14	25	5	3	7	250	34	30	267	9	7,5	10
25	18	14	32	6	3,5	7	(275)	34	30	299	10	8	11
32	18	18	38	6	3,5	7	300	36	30	325	10	8	11
40	18	18	44,5	6	3,5	7	(325)	38	34	351	10	8	11
50	18	18	57	6	3,5	7	350	42	34	376	10	8	11
(60)	18	18	70	6	4	7	400	46	34	427	11	9	12
70	22	18	76	6	4	7	450	50	34	476	11	9	12
80	24	18	89	6	4	7	500	58	41	529	11	9	12
(90)	26	23	102	6	3,75	7							
100	28	23	108	6	3,75	7							
125	30	25	133	6	4	7							
150	30	25	159	6	4,5	7							
(175)	32	25	191	7	5,5	8							

Märkus. Tingrõhul $p_y = 16 \text{ kg/cm}^2$ *-ga tähistatud mõõdet b võib kasutada ainult olukorra puhul: $p_t \leq 16 \text{ kg/cm}^2$, $t \leq 120^\circ \text{C}$.

Põkk-keevitatud äärikute kasutamiskiirkond on määratud järgmiste suurustega:

tingrõhk $p_y = 16 \text{ kg/cm}^2$: temperatuuril kuni 400°C tinglääbimõõdud $D_y = 10-1000 \text{ mm}$;
 tingrõhk $p_y = 25 \text{ kg/cm}^2$: „ „ 400°C tinglääbimõõdud $D_y = 10-800 \text{ mm}$;
 tingrõhk $p_y = 40 \text{ kg/cm}^2$: „ „ 425°C tinglääbimõõdud $D_y = 10-500 \text{ mm}$;
 tingrõhk $p_y = 64 \text{ kg/cm}^2$: „ „ 450°C tinglääbimõõdud $D_y = 10-400 \text{ mm}$;
 tingrõhk $p_y = 100 \text{ kg/cm}^2$: „ „ 450°C tinglääbimõõdud $D_y = 10-300 \text{ mm}$.

Põkk-keevitatud äärikute mõõted (joon. 19) on toodud tabelis 17. Mõõted, mis on ühised kõikidele äärikutele, leiduvad vastavalt tingrõhule tabelites 10 ja 11.

Главкотлотурбопром'is koostatud standardi projekti (1950. a.) kohaselt on põkk-keevitatud äärikutele tingrõhuga $p_y = 200 \text{ kg/cm}^2$ nähtud ette tööpiirkond temperatuurini kuni 530°C ja tinglääbimõõtudele $D_y = 15-250 \text{ mm}$. Äärikud tuleb valmistada seejuures sepistatutena. Töötemperatuuril kuni 425°C on ääriku materjaliks teras 20, temperatuurini 530° — legeritud terased 20M, 12XM, 15XMA. Tihenditena on ette nähtud terasest hammas-tihendid.

Главкотлотурбопром'i normaalide (1950. a.) kohaselt tuleb keeviseõmbluse tugevuse tõstmiseks tinglääbimõõtude puhul $D_y \geq 125 \text{ mm}$ kasu-

Põkk-keevitatud äärikute mõõted (joon. 19) mm
(ГОСТ 1260-41 kuni 1264-41 järgi).

D_y	a	b		h		m		S	R	l
		*	**	*	**	*	**			
$p_y = 16 \text{ kg/cm}^2$										
10	14	14		42		28		3	4	14
15	17	14		46		34		3	4	14
20	25	14		46		38		3	4	14
25	32	14		46		44		3,5	4	14
32	38	16		50		52		3,5	4	18
40	44,5	16		50		60		3,5	4	18
50	57	16		56		70		3,5	5	18
(60)	70	18		56		84		4	5	18
70	76	18		56		94		4	5	18
80	89	20		60		108		4	5	18
(90)	102	20		60		118		4	5	18
100	108	20		60		128		4	5	18
125	133	22		68		152		4	6	18
150	159	24		68		182		4,5	6	23
(175)	191	26		72		210		5,5	6	23
200	216	26		72		236		6,5	6	23
(225)	241	28		76		260		6,5	6	23
250	267	30		82		290		7,5	8	25
(275)	299	30		86		314		8	8	25
300	325	30		86		340		8	8	25
(325)	351	32		92		364		8	8	25
350	376	34		96		394		8	8	25
400	427	36		104		448		9	10	30
450	476	40		114		502		9	10	30
500	529	44		122		550		9	10	34
600	631	48		144		668		9	10	41
700	720	50		144		748		10	12	41
800	820	52		144		858		11	12	41
900	920	54		144		958		13	12	41
1000	1020	56		158		1066		14	12	48

Tabel 17 (järg).

D_v	a	b		h		m		S	R	l
		*	**	*	**	*	**			

 $p_y = 25 \text{ kg/cm}^2$

10	14	16	50	30	3	4	14
15	17	16	50	34	3	5	14
20	25	16	50	40	3	5	14
25	32	16	50	44	3,5	5	14
32	38	18	56	56	3,5	5	18
40	44,5	18	56	64	3,5	5	18
50	57	20	60	78	3,5	5	18
(60)	70	22	68	88	4,0	6	18
70	76	22	68	98	4,0	6	18
80	89	22	74	108	4,0	6	18
(90)	102	24	74	122	4,0	6	23
100	108	24	78	132	4,0	6	23
125	133	28	86	160	4,0	8	25
150	159	30	86	190	4,5	8	25
(175)	191	32	90	214	5,5	8	25
200	216	34	94	244	6,5	8	25
(225)	241	36	98	272	6,5	8	30
250	267	36	106	298	7,5	10	30
(275)	299	38	110	322	8	10	30
300	325	40	116	352	8	10	30
(325)	351	42	124	380	8	10	34
350	376	44	124	406	8	10	34
400	427	48	132	464	9	10	34
450	476	50	132	514	9	12	34
500	529	52	145	572	9	12	41
600	631	56	145	672	9	12	41
700	720	60	190	780	10	12	48
800	820	64	200	884	11	15	48

 $p_y = 40 \text{ kg/cm}^2$

10	14	16	50	30	3	4	14
15	17	16	50	34	3	5	14
20	25	16	50	40	3	5	14

Tabel 17 (järg).

D_y	a	b		h		m		S	R	l
		*	**	*	**	*	**			
25	32	16		50		44		3,5	5	14
32	38	18		56		56		3,5	5	18
40	44,5	18		56		64		3,5	5	18
50	57	20		60		78		3,5	5	18
70	76	22		68		98		4	6	18
80	89	24		74		112		4	6	18
(90)	102	24		74		122		4	6	23
100	108	26		78		136		4	6	23
125	133	28		96		160		4	8	25
150	159	30		96		190		4,5	8	25
(175)	191	36		96		222		5,5	10	30
200	216	38		106		248		6,5	10	30
(225)	241	40		116		276		6,5	10	34
250	267	42		116		306		7,5	10	34
(275)	299	44		122		330		8	10	34
300	325	46		126		360		9	12	34
(325)	351	50		130		388		10	12	34
350	376	52		144		418		10	12	34
400	427	58		150		470		11	12	41
450	476	60		160		530		12	14	41
500	529	64		170		580		14	15	41

$$\rho_y = 64 \text{ kg/cm}^2$$

10	14	18	18	56	56	34	34	3	4	14
15	17	18	20	56	62	38	42	3	5	14
20	25	20	24	60	68	48	52	3	5	18
25	32	22	26	68	74	52	60	3,5	5	18
32	38	24	28	74	78	64	68	3,5	5	23
40	44,5	24	28	76	82	72	76	3,5	5	23
50	57	26	30	78	86	86	90	3,5	5	23
70	76	28	34	86	94	106	114	5	6	23
80	89	30	36	90	100	120	128	5	6	23
(90)	102	32	38	96	106	130	138	5,5	6	25
100	108	32	38	100	112	140	148	6	6	25
125	133	38	46	112	120	172	184	6	8	30

Tabel 17 (järg).

D_y	a	b		h		m		S	R	l
		*	**	*	**	*	**			
150	159	42	50	128	136	206	214	6,5	8	34
(175)	191	44	52	128	144	230	242	8	10	34
200	216	46	54	140	156	260	272	9	10	34
(225)	241	48	56	150	160	288	296	10	10	34
250	267	50	58	160	164	314	326	11	10	41
(275)	299	52	60	160	170	338	334	12	10	41
300	325	54	62	162	176	372	380	13	12	41
(325)	351	58	66	168	192	410	412	14	12	41
350	376	60	68	178	204	430	438	15	12	41
400	427	66	76	192	220	488	500	17	12	48

$$\rho_y = 100 \text{ kg/cm}^2$$

10	14	18	18	64	76	34	34	3	4	14
15	17	18	20	64	76	38	42	3	5	14
20	25	22	24	64	76	48	52	3	5	18
25	32	24	26	70	78	56	60	3,5	5	18
32	38	24	30	80	80	64	72	3,5	5	23
40	44,5	26	32	82	84	76	80	3,5	5	23
50	57	28	34	90	96	86	94	4,5	5	25
70	76	32	38	104	110	110	118	6	6	25
80	89	34	40	110	116	124	132	6	6	25
(90)	102	38	44	110	120	138	146	6,5	6	30
100	108	40	46	120	130	152	160	7	6	30
125	133	42	50	134	144	180	188	9	8	34
150	159	48	56	152	164	214	222	10	8	34
(175)	191	52	60	162	178	242	254	12	10	34
200	216	56	64	174	188	272	284	13	10	41
(225)	241	58	66	190	204	300	312	15	10	41
250	267	62	70	200	216	330	342	16	10	41
(275)	299	66	74	200	228	362	370	17	10	48
300	325	70	80	220	240	392	404	18	12	48

Märkus. Mõõted *-ga märgitud lahtritest valida äärikutele tingrõhuga $p_y = 64 \text{ kg/cm}^2$ olukordade puhul

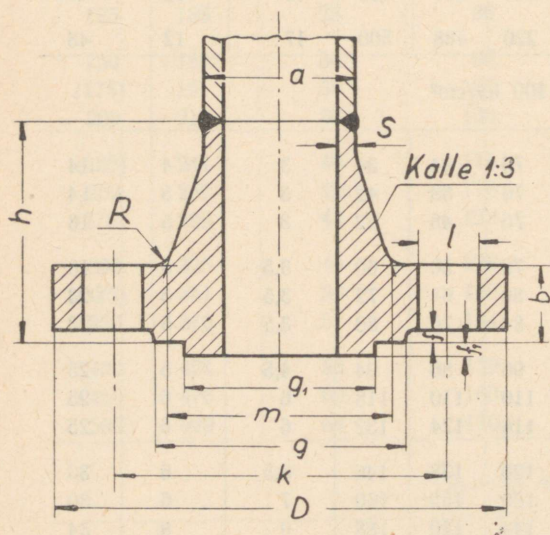
$p_t \leq 64 \text{ kg/cm}^2$	$t \leq 120^\circ \text{ C}$;
$p_t \leq 50 \text{ kg/cm}^2$	$t \leq 300^\circ \text{ C}$;
$p_t \leq 40 \text{ kg/cm}^2$	$t \leq 400^\circ \text{ C}$;
$p_t \leq 34 \text{ kg/cm}^2$	$t \leq 425^\circ \text{ C}$;

äärikutele tingrõhuga $p_y = 100 \text{ kg/cm}^2$ olukordade puhul

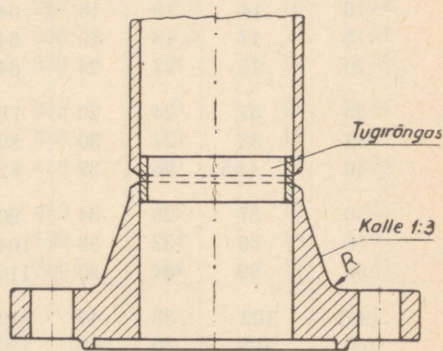
$p_t \leq 100 \text{ kg/cm}^2$	$t \leq 120^\circ \text{ C}$;
$p_t \leq 80 \text{ kg/cm}^2$	$t \leq 300^\circ \text{ C}$;
$p_t \leq 64 \text{ kg/cm}^2$	$t \leq 400^\circ \text{ C}$;
$p_t \leq 54 \text{ kg/cm}^2$	$t \leq 425^\circ \text{ C}$;

Mõõted **-ga märgitud lahtritest valida äärikutele tingrõhuga $p_y = 64 \text{ kg/cm}^2$ olukorra puhul
äärikutele tingrõhuga $p_y = 100 \text{ kg/cm}^2$ olukorra puhul

$p_t \leq 27 \text{ kg/cm}^2$	$t \leq 450^\circ \text{ C}$;
$p_t \leq 43 \text{ kg/cm}^2$	$t \leq 450^\circ \text{ C}$;



Joon. 19.



Joon. 20.

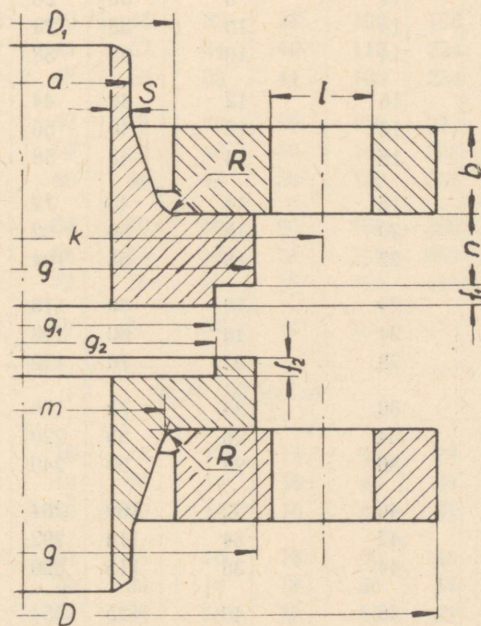
tada erilist terasest tugirõngast toru ja ääriku sisemistel liitepindadel (joon. 20).

Lahtised äärikud (tüüp VIII) kasutatakse laialdaselt just kõrgematel temperatuuridel ja rõhkudel ($p_y = 40 \text{ kg/cm}^2$ ja rohkem). Lahtiste äärikute peamine eelis seisab liite elastsuses, mistõttu temperatuuri muutumisel poltide ja äärikute täiendavad deformatsioonid ei kutsu esile üksikute detailide liigset ülekoormust (vt. ka Masina-elementid II, *Pollliites tekkivad pinged*). Ääriku kujundus on toodud joonisel 21. Lahtiste äärikute materjaliks on temperatuuridel kuni 450° C Ст. 4, Ст. 5, teras 30 või 35. Ääriku toeks toru otsa kujundatud tugirõngas valmistatakse terasest Ст. 3,

Ст. 4, 15, 20, 25. Tikkpoltide materjaliks lahtistele äärikutele temperatuuril 400—450° C on 30XMA ja teised legeeritud terased vastavate spetsiaalsete tehniliste tingimuste kohaselt, madalamatel temperatuuridel — terased Ст. 5, 30, 35, 40.

Lahtiste äärikute kasutamiskiirkond on määratud järgmiselt:

tingrõhk $p_y = 40$ kg/cm²: temperatuuril kuni 425° C tinglääbimõõdud $D_y = 10-400$ mm;
 tingrõhk $p_y = 64$ kg/cm²: „ „ 450° C tinglääbimõõdud $D_y = 10-400$ mm;
 tingrõhk $p_y = 100$ kg/cm²: „ „ 450° C tinglääbimõõdud $D_y = 10-300$ mm.



Joon. 21.

Mõõted lahtistele äärikutele on toodud tabelis 18 (tähised jooniselt 21). Ülejäänud mõõted leiduvad tabelis 11.

Lahtised äärikud keevitatud tugirõngal (tüüp IX) on oma tugirõnga kujundamiselt nõrgemad. Neid kasutatakse seepärast ainult tingrõhuni 25 kg/cm² ja temperatuurini 300° C.

Lahtised äärikud toru tagasipööratud serval (tüüp X) on nende väikese tugevuse tõttu ette nähtud kasutamiseks ainult tingrõhkudel 2,5 ja 6 kg/cm² ja, temperatuuridel kuni 300° C.

Äärikliidete üldist ja laialdast kasutamist on põhjustanud nende peamised eelised: väike teljesuunaline gabariit, lihtne kokku- ja lahtimon- teerimine ning küllaldane töökindlus ja ohutus eksploatatsioonis. Äärikliidete puudusteks on aga peamiselt: liite jäikus (ei ole võimalik ka liidetud

Tabel 18.

Lahtiste äärikute mõõteid mm (joon. 21) (ГОСТ 1265-41 kuni 1267-41 järgi).

D_y	a	D_1	b		n		h	m	S	R	l
			*	**	*	**					
$p_y = 40 \text{ kg/cm}^2$											
10	14	32	12		8		30	28	3	2	14
15	17	32	14		10		35	28	3	2	14
20	25	42	14		10		35	38	3	2	14
25	32	48	16		12		40	44	3	2	14
32	38	54	16		12		40	50	3	2	18
40	44,5	62	18		14		45	58	3	2	18
50	57	76	18		14		45	72	3,5	2	18
70	76	96	20		16		50	92	4	2	18
80	89	108	22		18		55	104	4	2	18
(90)	102	122	24		18		60	118	3,75	2	23
100	108	132	24		18		60	128	3,75	2	23
125	133	158	28		22		70	152	4	3	25
150	159	184	30		24		75	178	4,5	3	25
(175)	191	226	34		26		85	220	5,5	3	30
200	216	246	36		28		90	240	6,5	3	30
(225)	241	270	40		32		100	264	6,5	3	34
250	267	298	42		34		110	292	7,5	3	34
(275)	299	326	44		36		115	320	8	3	34
300	325	360	46		40		125	354	9	4	34
(325)	351	386	50		42		135	380	10	4	34
350	376	414	52		44		140	408	10	4	34
400	426	471	58		48		155	465	11	5	41

 $p_y = 64 \text{ kg/cm}^2$

10	14	32	14	16	10	14	35	28	3	2	14
15	17	38	16	18	12	14	40	34	3	2	14
20	25	42	16	18	12	14	40	38	3	2	18
25	32	52	18	20	14	16	45	46	3,5	3	18
32	38	60	18	20	14	16	45	54	3,5	3	18
40	44,5	72	20	24	16	18	50	62	3,5	3	18
50	57	82	20	24	16	20	50	78	3,5	3	18
70	76	104	24	28	18	22	60	100	5	3	18
80	89	114	26	30	20	24	65	110	5	3	18

Tabel 18 (järg).

D_y	a	D_1	b		n		h	m	S	R	l
			*	**	*	**					
(90)	102	130	30	34	24	28	75	124	5,5	3	23
100	108	142	32	36	24	30	80	136	6	3	23
125	133	174	36	40	28	34	90	168	6	4	25
150	159	204	40	46	32	38	100	198	6,5	4	25
(175)	191	230	44	52	34	40	110	224	8	4	30
200	216	260	48	56	38	44	120	254	9	4	30
(225)	241	286	52	58	40	46	130	280	10	4	34
250	267	314	58	64	46	50	145	308	11	4	34
(275)	299	342	60	66	48	56	150	336	12	4	34
300	325	370	64	70	50	60	160	366	13	4	34
(325)	351	400	68	74	54	64	170	394	14	5	34
350	376	432	72	78	56	68	180	424	15	5	34
400	426	486	82	80	64	74	205	478	17	5	41

$$p_y = 100 \text{ kg/cm}^2$$

10	14	32	16	18	12	14	40	28	3	2	14
15	17	38	18	20	14	16	45	34	3	2	14
20	25	42	18	20	14	16	45	38	3	2	18
25	32	52	20	24	16	18	50	46	3,5	3	18
32	38	60	20	24	16	18	50	54	3,5	3	23
40	44,5	72	22	26	18	20	55	62	3,5	3	23
50	57	82	24	28	18	22	60	78	4,5	3	25
70	76	110	32	36	24	28	80	106	6	3	25
80	89	122	36	40	28	32	90	118	6	3	25
(90)	102	134	40	44	32	36	100	130	6,5	3	30
100	108	150	42	46	32	36	105	144	7	3	30
125	133	178	48	52	38	42	120	172	9	4	33
150	159	210	54	60	42	46	135	204	10	4	33
(175)	191	240	58	64	46	50	145	234	12	4	33
200	216	272	64	70	50	54	160	266	13	4	36
(225)	241	304	70	76	56	60	175	298	15	4	39
250	267	334	76	82	60	66	195	328	16	4	39
(275)	299	364	78	84	62	68	195	358	18	4	48
300	325	396	82	88	64	70	205	388	18	4	48

M ä r k u s. Mõõted *-ga märgitud lahtritest valida äärikutele tingrõhuga $p_y = 64 \text{ kg/cm}^2$ olukordade puhul

$p_t \leq 64 \text{ kg/cm}^2$	$t \leq 120^\circ \text{C}$;
$p_t \leq 50 \text{ kg/cm}^2$	$t \leq 300^\circ \text{C}$;
$p_t \leq 40 \text{ kg/cm}^2$	$t \leq 400^\circ \text{C}$;
$p_t \leq 34 \text{ kg/cm}^2$	$t \leq 425^\circ \text{C}$;

äärikutele tingrõhuga $p_y = 100 \text{ kg/cm}^2$ olukordade puhul

$p_t \leq 100 \text{ kg/cm}^2$	$t \leq 120^\circ \text{C}$;
$p_t \leq 80 \text{ kg/cm}^2$	$t \leq 300^\circ \text{C}$;
$p_t \leq 64 \text{ kg/cm}^2$	$t \leq 400^\circ \text{C}$;
$p_t \leq 54 \text{ kg/cm}^2$	$t \leq 425^\circ \text{C}$;

Mõõted **-ga märgitud lahtritest valida äärikutele tingrõhuga $p_y = 64 \text{ kg/cm}^2$ olukorra puhul ja äärikutele tingrõhuga $p_y = 100 \text{ kg/cm}^2$ olukorra puhul

$p_t \leq 27 \text{ kg/cm}^2$	$t \leq 450^\circ \text{C}$;
$p_t \leq 43 \text{ kg/cm}^2$	$t \leq 450^\circ \text{C}$;

elementide teljesuunaline deformatsioon), suur gabariit teljega ristiolevas tasapinnas, korrodeerumise oht ja suhteline kallidus.

b. Äärikutihendid.

Ääriklite hermeetilisuse tagamiseks tuleb tihendada liite tööpinnad, s. t. äärikute vastakuti asuvad lauppinnad. Mõnedel juhtudel püütakse läbi ajada ilma erilise tihendi kasutamisetä, töödeldes lauppinnad eriti siledaks (kaabitsetud pinnad), kuid töö kallidus ja liite väike hermeetilisus nõuavad siiski enamikel juhtudel mitmesuguste äärikutihendite kasutamist. Äärikutihendid peavad liite tiheduse saavutamiseks olema pehmemast, plastilisemast materjalist kui äärikud.

Äärikutihenditena kasutatakse:

a) mitmesuguseid pehmeid, mittemetalseid materjale, mis kuuluvad kas orgaaniliste (kummi, nahk, tselluloosi produktid, kunstvaigud jms.) või anorgaaniliste ainete (asbestmaterjalid) hulka;

b) mitmesuguseid metalle (vaske, seatina, alumiinium, teras).

Pehmetest tihendimaterjalidest kasutatakse peamiselt kummit, nahka, asbestpappi, mitmesuguseid asbesti alusel loodud lehtmaterjale (paroniit jms.), fiibrit, tekstoliiti, immutatud või kummeeritud riidet jne. Parema tiheduse saamiseks tehakse mõnikord äärikute lauppinda 2—3 kontsentrilist madalat soonekest.

Kummi leiab madalate temperatuuride juures tihendimaterjalina võrdlemisi laialdast kasutamist mitmesugustes, peamiselt veele määratud torustikkudes, samuti aga ka happeliste keskkondade puhul. Eriti tuntud on kummi hea vastupanu soolhappele. Kummit toodetakse tihenditeks plaatidena, rõngastena, nõõrina jne.

Kummi on jaotatud oma omaduste järgi 14 gruppi. Nii näiteks on I grupi kummi hästi pehme, elastne, II grupi kummi — keskmise kõvaduse ja elastsusega, IV grupi kummi — pehme, kuumuskindel, IVa grupi kummi — keskmise kõvaduse ja elastsusega, kuumuskindel ($t^\circ \leq 150^\circ \text{C}$), jne.

N a h k on üks paremaid tihendimaterjale veele kõrgetel survetel ja tavalistel temperatuuridel. Keevale veele ja aurule nahk ei sobi.

A s b e s t p a p p on tuntud oma kuumusekindluse poolest. Teda kasutatakse suhteliselt madalatel rõhkudel. Vedelikuliste keskkondade kui ka kõrgemate rõhkude ($\leq 15 \text{ kg/cm}^2$) puhul tuleb asbestpappi immutada. Valmistatakse ka mitmesuguseid spetsiaalmarke, nagu happekindel asbest jms.

P a r o n i i t on laialdaselt kasutusel küllastatud ja ülekuumendatud auru torustikkudes. Samuti kasutatakse paroniiti mitmesuguste vedelikuliste ja gaasiliste (nii happeliste kui aluseliste) keskkondade puhul temperatuurini kuni 100°C .

Pappi (tavalist) võib kasutada ajutise tihendina madalatel rõhkudel ja temperatuuridel (näit. hüdraulilisel proovil). Õlis immutatud tehnilist pappi (paksusega 3—5 mm) kasutatakse edukalt madalrõhu-gaasitorustikkudes.

F i i b e r sobib kasutamiseks kõrgetel rõhkudel, kuid madalamatel temperatuuridel, peamiselt neutraalsete gaasiliste keskkondade puhul.

Tekstoliit on kasutatav samuti mitte kõrgetel temperatuuridel.

Kindlama kuju ja suurema tugevuse ning vastupanu saavutamiseks (mis on vajalik kõrgematel rõhkudel), varustatakse pehmed tihendimaterjalid sageli metalse ümbrise või tugivõrestikuga. Nimetatud kujundusest on tuntumad asbometalltihendid (ka — rõngad). Kattemetallina kasutatakse vaske, messingit, alumiiniumi vms. Asboterastihendid koosnevad kahest asbestpapplehest (paroniidi tüüpi), millede vahele on asetatud terasest perforeeritud tugistik (karkass). Kirjeldatud ümbrise või tugivõrestikuga äärikutihendite tüüpidest on enam levinud ka gofreeritud, pehmetäidisega metalltihendid (rõhkudel üle 15 kg/cm^2).



Joon. 22.

Joonisel 22 on näitena toodud äärikutihend, kus gofreeritud terasseibi soontesse on äärikliite montaažil asetatud grafiiditud nõõri.

Metalltihendeid kasutatakse peale metall-lehtede (-rõngaste) veel mitmesugustes erikujudes (hammastihendid, membraantihendid jms.)

Tavalised metalltihendid on harilikult umbes 2 mm paksused rõngad, millede ristlõike läbimõõt kõigub piirides 1,5 kuni 6 mm.

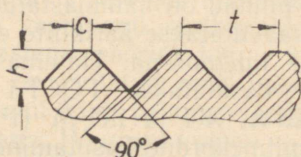
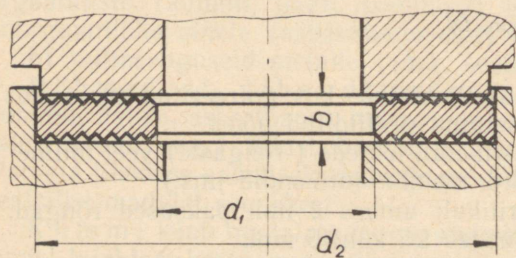
Hammastihendeid kasutatakse peamiselt kõrgetel rõhkudel. Hammastihend kujutab endast metallrõngast, mille pinnad on hammastatud (sageli ka rihveldatud) (joon. 23). Hermeetilisus saavutatakse äärikliite eelpingestamisel hammaste tippude deformeerumise tulemusena. Hammastihendite materjalina tingrõhule $p_g = 200 \text{ kg/cm}^2$ kasutatakse ГОСТ-i projekti (1950. a.) kohaselt teraseid 08, 10, Armko-A, Ж1 ja Ж1-М ($t^\circ \leq 450^\circ$), Я0 ja Я1Т ($t^\circ \leq 530^\circ$). Hammastihendite mitmekordne kasutamine on tülikas, kuna uuel kasutamisel tuleb tihendi hambad uuesti töödelda.

Hamastihendite kujundamisel tingrõhule $p_y = 200 \text{ kg/cm}^2$ võib lähtuda tabelis 19 toodud andmeist, mis on võetud ülalnimetatud ГОСТ-i projektist.

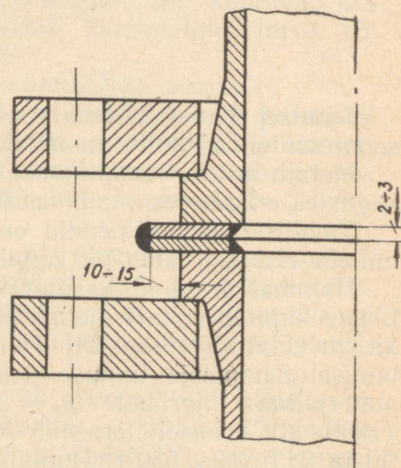
Tabel 19.

Hamastihendite mõõted mm (joon. 23).

D_y	d_2	d_1	b	h	t	c	Hamaste arv n
15	28	16	3	0,65	1,5	0,2	4
20	35	23	3	0,65	1,5	0,2	4
25	42	27	3	0,65	1,5	0,2	5
32	50	35	3	0,65	1,5	0,2	5
40	56	38	3	0,65	1,5	0,2	6
50	70	49	3	0,65	1,5	0,2	7
60	86	62	3	0,65	1,5	0,2	8
70	97	73	3	0,65	1,5	0,2	8
80	116	89	3	0,65	1,5	0,2	9
100	138	106	4	0,85	2,0	0,3	8
125	170	134	4	0,85	2,0	0,3	9
150	190	154	4	0,85	2,0	0,3	9
175	214	174	4	0,85	2,0	0,3	10
200	245	197	4	0,85	2,0	0,3	12
225	268	220	4	0,85	2,0	0,3	12
250	319	263	4	0,85	2,0	0,3	14



Joon. 23.



Joon. 24.

Membrantihendid (joon. 24) on oma konstruktsioonilt kui ka valmistamise ja monteerimise seisukohalt suhteliselt lihtsad ja hoolika keevitamise puhul ka küllalt töökindlad. Tihend kujundatakse 2—3 mm paksustest toru tugiäärise siseservadele keevitatud rõngastest, millede tihendipindade vahelt välja ulatuv osa (10—15 mm) keevitatakse kokku liite montaažil.

Äärikliidetes sobivate tihendimaterjalide valiku hõlbustamiseks on esitatud andmed tabelis 20. Toodud piirid töörohkuude ja -temperatuuride osas on orienteeruvad, milledest võib teatud konkretiseeritud töötingimuste juures kõrvale kalduda küllaltki suurtes piirides.

Äärikutihendite kasutamisel tuleb meeles pidada, et normidega ГOCT 1235-41 kuni 1273-41 ettenähtud äärikute mõõted on määratud, lähtudes pehmete tihendimaterjalide ja gofreeritud pehmetäidisega tihendite kasutamisest. Juhul, kui kasutatakse metalltihendeid, tuleb teostada äärikutele kontroll-tugevusarvutus, võttes konkreetselt arvesse metalltihendite tunduvalt erinevaid elastseid omadusi, võrreldes pehmete tihendimaterjalidega (vt. Masina-elementid II, *Poltliite arvutuse alused*).

Tabel 20.

Tihendimaterjalide kasutamine äärikliidetes.

Keskkond	Maksimaalne töörohkk kg/cm ²	Maksimaalne töötemperatuur °C	Soovitav tihendimaterjal
Vesi, mitmesugused neutraalsete soolade lahused	2	120	Papp, harilik
	6	60	Kummi (II gr.)
	10	150	Kummi (IVa gr.)
	40	50	Paroniit
	50	450	Paroniit Y (unifitseeritud)
	100	250	Asbometalltihendid vaskümbrisega
	160	30	Nahk
	160	30	Kummeeritud riie (rõngastena, mansettidenä)
Vesi, ülekuumendatud	30	300	Vask
	40	300	Paroniit
	100	275	Vähese süsinikusisaldusega teras (Armko)
	25	300	Asbometallrõngad

Tabel 20 (järg).

Keskkond	Maksimaalne töö rõhk kg/cm ²	Maksimaalne töötemperatuur °C	Soovitav tihendimaterjal
Veeaur	1,5	110	Asbestpapp, grafiiditud
	2	120	Tihendipapp (tselluloos-)
	15	200	Asbestpapp, immutatud
	40	300	Paroniit, asbometallrõngad, kummeeritud riie
	45	350	Vask
	60	450	Vähese süsinikusaldusega teras (Armko)
Inertsed gaasid ja aurud (lämmastik, vesinik, õhk jt.)	6	60	Kummi (II gr.)
	10	150	Kummi, mitteelastne
	15	100	Alumiinium
	40	300	Paroniit
	40	30	Nahk
	—	400	Asbestpapp, immutatud
Hapendava mõjuga gaasid ja aurud	6	300	Asbest, immutatud
	6	50	Kloorvinüülplastikaat
	40	300	Paroniit, asboterasrõngad
	150	30	Fiiber (hapnikule)
	200	500	Teras Я1
Kontsentreeritud mineraalhapped (lämmastik-, väävel-, soolhape jt.) ja tugeva hapendava mõjuga soolade lahused	6	300	Happekindel asbest
	200	500	Kroomnikkelterased
Ölid	6—40	80—30	Tihendipapp
	40	50	Kloorvinüülplastikaat
	80	30	Fiiber
	75	100	Paroniit
	—	80	Tekstoliit

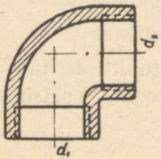
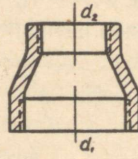
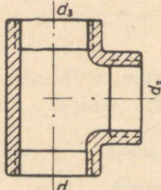
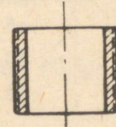
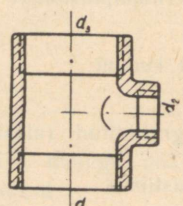
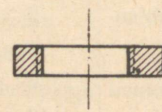
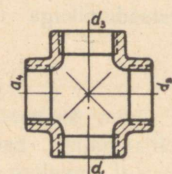
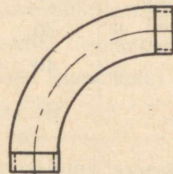
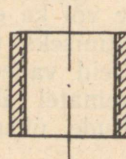
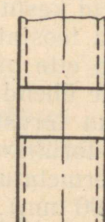
Keskkond	Maksimaalne töörõhk kg/cm ²	Maksimaalne töötempera- tuur °C	Soovitav tihendmaterjal
Kerged naftasaadused (bensiin, petrooleum jms.)	6	85	Tihendipapp, immutatud
	40	60	Kloorvinüülplastikaat
	75	100	Paroniit YB, (unifitseeritud ja vulkaniseeritud paroniit, spetsiaalselt immutatud)
	80	30	Fiiber
	75	—	Ferroniit
Rasked naftasaadused (masuut jms.)	6	85	Tihendipapp
	80	30	Fiiber
	75	250	Paroniit YB
Orgaanilised lahustajad ja süsivesinikud	20	300	Happekindel asbest
	200	500	Kroomnikkelterased
Hapete ja aluste lahendatud lahused	6	50	Seatina, kloorvinüülplastikaat
	6	100	Kummi
	6	150	Kuumuskindel kummi
	40	300	Paroniit
	—	400	Asbestpapp, grafiiditud (alustele)
Aluste (sööbenaatrium, -kaalium jt.) lahused ja ammoniaak	—	50	Kloorvinüülplastikaat
	30	200	Asbestpapp
	40	300	Paroniit, asbestsüdamikuga terasrõngad.

c. Keermetatud liited.

Keermetatud liiteid kasutatakse peamiselt väiksemaläbimõõduliste torustikkude puhul. Liited teostatakse mitmesuguste keermetatud erikujuga elementide abil, mis on ette nähtud kas samaläbimõõduliste või ka erinevate läbimõõtudega torude ühendamiseks, torustiku suuna muutmiseks, torustiku harustamiseks või ka torustiku otste sulgemiseks. Selliseid vaheelemente nimetatakse üldiselt toruliitmikkudeks (fitinguteks). Suurematel läbimõõtuudel kasutatakse keermetatud liitmikke ainult manteltorude ühendamisel (läbimõõduni kuni 600 mm).

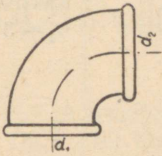
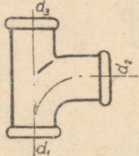
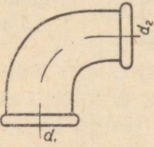
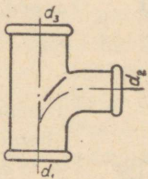
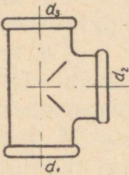
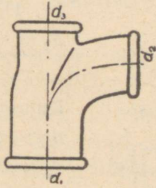
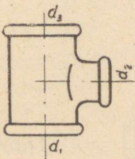
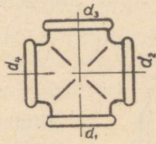
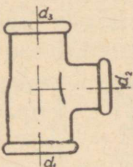
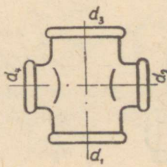
Toruliitmikud üldotstarbelistele torustikkudele valmistatakse tavaliselt kas terasvalust või tempermalmist. Nii on normidega OCT 3357 kuni 3368

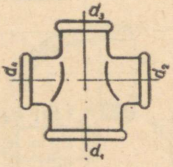
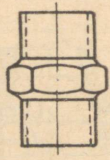
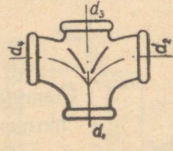
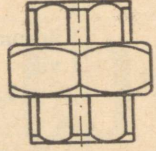
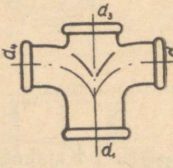
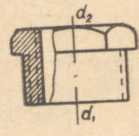
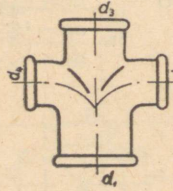
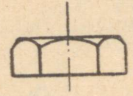
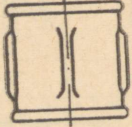
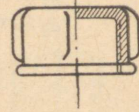
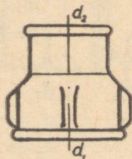
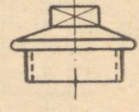
Teras-torulitmiikkude sortiment tingrõhule $p_y = 16 \text{ kg/cm}^2$ (OCT 3357 järgi).


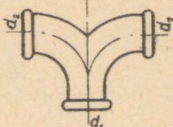
OCT-i nr.	Eskiis	Nimetus ja iseloomustus	OCT-i nr.	Eskiis	Nimetus ja iseloomustus
3359		Lihtpõlvik $d_1 = d_2$ $1/4 - 8''$	3364		Üleminekuühv $d_1 > d_2$ $d_1 = 1/2 - 8''$ $d_2 = 3/8 - 6''$
3360		Lihtkolmik $d_1 = d_2 = d_3$ $1/4 - 8''$	3365		Nippel $1/4 - 6''$
3361		Ülemineku kolmik $d_1 = d_3 > d_2$ $d_1 = 1/2 - 8''$ $d_2 = 1/2 - 6''$	3366		Vastumutter $1/4 - 4''$
3362		Lihtristmik $d_1 = d_2 = d_3 = d_4$ $1/2 - 4''$	3367		Kaarpõlvik $1/2 - 8''$
3363		Lihthühv $1/4 - 8''$	3368		Vahetükk $1/2 - 3''$

Tabel 22.

Temperalm-toruliitmikkude sortiment (OCT 752 järgi).

OCT-i nr.	Eskiis	Nimetus ja iseloomustus	OCT-i nr.	Eskiis	Nimetus ja iseloomustus
755		Lihtpõlvik $d_1 = d_2$ $1/4 - 4''$	760		Liht-harukolmik $d_1 = d_2 = d_3$ $1/2'', 3/4'', 1''$
756		Üleminekupõlvik $d_1 > d_2$ $d_1 = 3/4, 1$ ja $1 1/2''$ $d_2 = 1/2, 3/4$ ja $1''$	761		Üleminekuharukolmik $d_1 = d_3 > d_2$ $d_1 = 3/4 - 2 1/2''$; $d_2 = 1/2 - 1 1/4''$
757		Lihtkolmik $d_1 = d_2 = d_3$ $1/4 - 4''$	762		Kujukolmik $d_1 > d_3 \geq d_2$ $d_1 = 3/4 - 2 1/2''$; $d_2 = 1/2 - 1''$; $d_3 = 1/2 - 2''$;
758		Üleminekekolmik $d_1 = d_3 > d_2$ $d_1 = 1/2 - 4''$; $d_2 = 3/8 - 3''$	763		Lihtristik $d_1 = d_2 = d_3 = d_4$ $1/4 - 4''$
759		Kahe üleminekuuga kolmik $d_1 > d_3 \geq d_2$ $d_1 = 3/4 - 2''$; $d_2 = 1/2 - 1''$ $d_3 = 1/2 - 1 1/2''$	764		Üleminekuristik mik $d_1 = d_3$; $d_2 = d_4$; $d_1 > d_2$ $d_1 = 3/4 - 4''$; $d_2 = 1/2 - 3''$

OCT-i nr.	Eskiis	Nimetus ja iseloomustus	OCT-i nr.	Eskiis	Nimetus ja iseloomustus
765		Kahe ülemine- kuga ristmik $d_1 > d_3 \geq d_2$; $d_4 = d_2$ $d_1 = 3/4 - 2''$; $d_2 = 1/2 - 1''$; $d_3 = 1/2 - 1 1/2''$	771		Kaksiknippel $1/4 - 3''$
766		Liht-haruristik mik $d_1 = d_2 = d_3 = d_4$ $1/2''$, $3/4''$, $1''$	772		Ühendusmutter $1/4 - 4''$
767		Ülemineku- haruristik $d_1 = d_3$; $d_2 = d_4$; $d_1 > d_2$ $d_1 = 3/4''$; $1''$, $1 1/4''$; $d_2 = 1/2''$, $3/4''$	773		Ülemineku- nippel $d_1 = 3/8 - 4''$; $d_2 = 1/4 - 3''$
768		Kujuristik $d_1 > d_3 \geq d_2$; $d_4 = d_2$ $d_1 = 3/4 - 2''$; $d_2 = 1/2 - 1''$; $d_3 = 1/2 - 1 1/2''$	774		Vastumutter $1/4 - 4''$
769		Lihtmuhv $1/4 - 4''$	775		Torukübar $1/2 - 2''$
770		Ülemineku- muhv $d_1 > d_2$ $d_1 = 1/2 - 4''$; $d_2 = 3/8 - 3''$	776		Torukork $1/4 - 4''$

OCT-i nr.	Eskiis	Nimetus ja iseloomustus	OCT-i nr.	Eskiis	Nimetus ja iseloomustus
777		Torusadul $d_1 = 1/2 - 2''$; $d_2 = 1/2 - 1''$	3369		Kahe haruga kolmik $d_1 = 1/2 - 2''$; $d_2 = 1/2 - 1 1/2''$

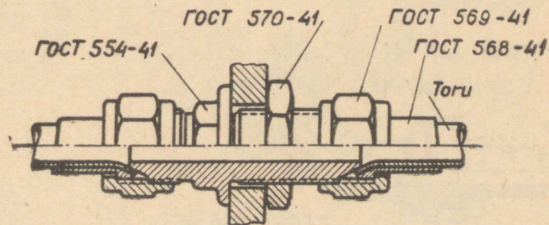
antud kuju ja mõõted terasliitmikkudele tingrõhuga $p_y = 16 \text{ kg/cm}^2$ ja normidega OCT 752 kuni 777 ning OCT 3369 tempermalmlitmikkudele tingrõhuga 16 kg/cm^2 (läbimõõt $1/4'' - 1 1/2''$) ja 10 kg/cm^2 (läbimõõt $2'' - 4''$). Liitmikkude nimiläbimõõdud on määratud tollides liitmikkudel oleva torukeerme (OCT HKTP 266) järgi. Liitmikkude tüübid on toodud tabelis 21 (OCT 3357 järgi) ja 22 (OCT 752 järgi), kust selgub ka iga üksiku erikuju kasutamise otstarve. Tabelites on antud samuti nimipiirmõõded, millede vahel sortimendis ette nähtud liitmikke valmistatakse. Liitmikkude konkreetse valiku puhul tuleb aga kasutada tabelites nimetatud norme.

Peale eespoolnimetatud materjalide kasutatakse keermetatud liitelementide valmistamiseks ka värvilisi metalle, plastmasse jt.

Kõrgematele tingrõhkudele ettenähtud torustikkude puhul on paremaks hermeetilisuse tagamiseks otstarbekas kasutada koonilise keermega toruliitmikke.

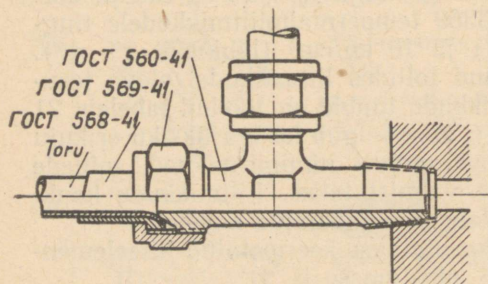
Kõrgetel rõhkudel töötavate kütuse-, õli-, jahutus-, suruõhu jt. torustikkude kujundamiseks on soovitatav kasutada toruliitmikke ГOCT 551-41 kuni 570-41 järgi. Nimetatud liitmikud on normides ette nähtud küll kasutamiseks lennukitööstuses, kuid nad on väga hästi sobivad ka paljudes teistes tööstusharudes (auto-traktoritööstus jms.). Materjalidena kasutatakse siin terast ($\sigma_b \geq 40 \text{ kg/mm}^2$, $\delta_5 \geq 6\%$), alumiiniumsulamit ($\sigma_b \geq 40 \text{ kg/mm}^2$, $\delta_5 \geq 6\%$), alumiiniumsulamit ($\sigma_b \geq 18 \text{ kg/mm}^2$, $\delta_5 \geq 1\%$), pronksi ($\sigma_b \geq 40 \text{ kg/mm}^2$, $\delta_5 \geq 6\%$). Seejuures niplid valmistatakse ainult terasest, pingutusmutrid ja vastumutrid — alumiiniumsulamist või terasest, teised elemendid — kõikidest ülalnimetatud materjalidest. Ülevaade normidega ГOCT 552-41 kuni 570-41 antud liitmikkudest on toodud tabelis 23. Esitatud liitmikud on iseloomustatud eelkõige siseläbimõõduga d .

Tutsid, põlvikud, kolmikud ja ristmikud allutatakse järgmistele proovirõhkudele: läbimõõdudel $d = 2 - 6 \text{ mm}$ — 120 at, $d = 8 - 10 \text{ mm}$ — 100 at, $d = 13 - 20 \text{ mm}$ — 50 at, $d = 25 - 50 \text{ mm}$ — 25 at.

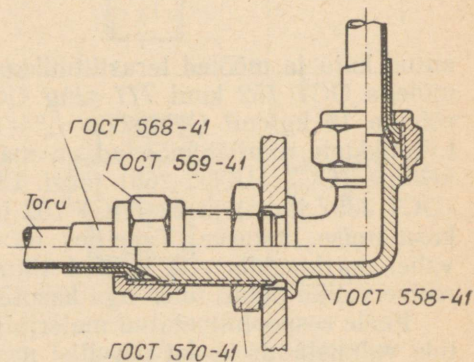


Joon. 25.

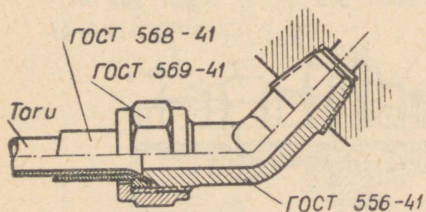
Tabelis 23 toodud toruliitmikkude kasutamine võimaldab koostada väga erineva kujundusega liideteid. Näiteid võimalikkudest kujundustest on toodud joonistel 25—29. Kõikide liidete puhul kasutatud terasnippel, omades ühes otsas koonilist sisepinda, valtsib liite kujundamisel toru otsa laiali, hoides seega toru otsa väändumisest ja rebenemisest.



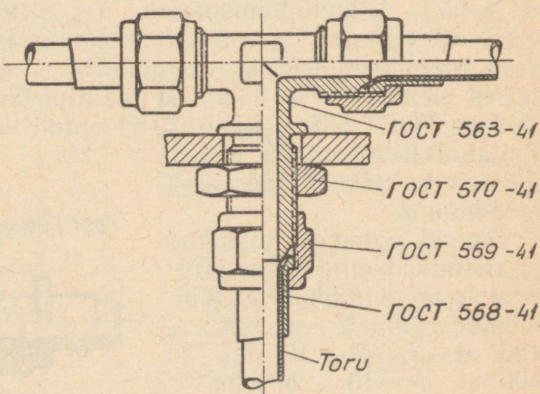
Joon. 26.



Joon. 27.

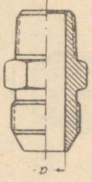
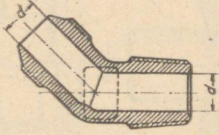
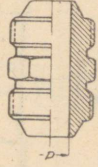
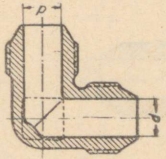
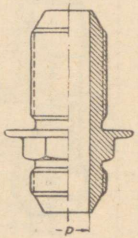
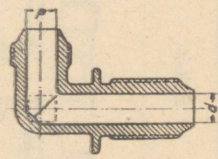
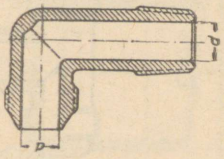


Joon. 28.

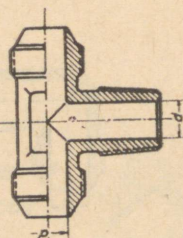
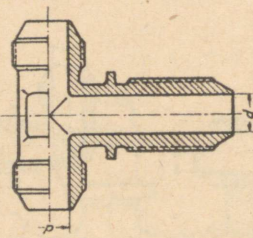
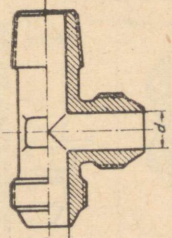
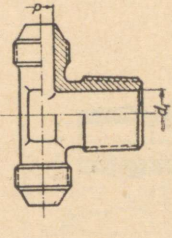
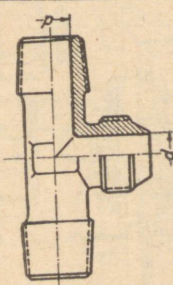
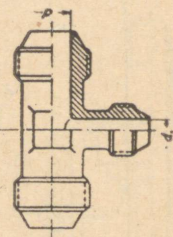
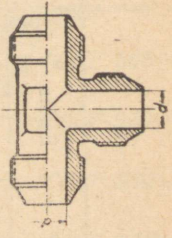


Joon. 29.

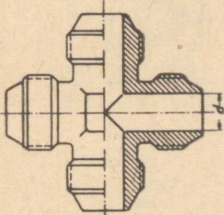
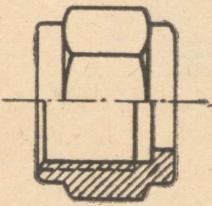
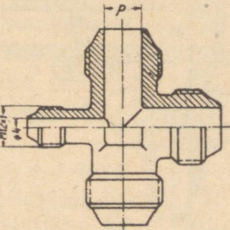
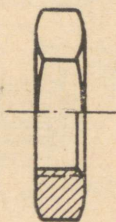
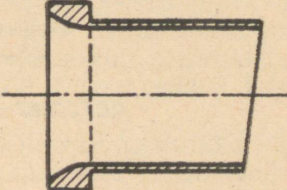
Toru liitmikud lennukitööstusele (ГОСТ 552-41 kuni 570-41).

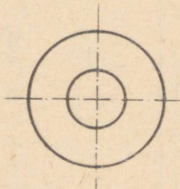
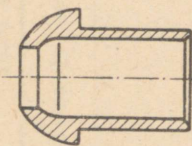
ГОСТ-и nr.	Eskiis	Nimetus ja iseloomustus	ГОСТ-и nr.	Eskiis	Nimetus ja iseloomustus
552-41		Tuts, sissekeeratav $d = 2 - 50$ mm	556-41		Põlvik, sissekeeratav, tüüp B $d = 2 - 50$ mm
553 41		Vahetuts $d = 2 - 50$ mm	557-41		Vahepõlvik $d = 2 - 50$ mm
554-41		Ääriktuts $d = 2 - 50$ mm	558-41		Ääripõlvik $d = 2 - 50$ mm
555-41		Põlvik, sissekeeratav, tüüp A $d = 2 - 50$ mm			

Tabel 23 (järg).

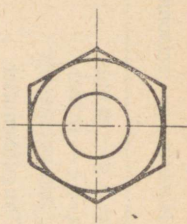
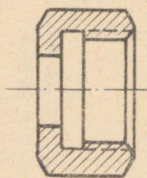
ГОСТ-и nr.	Eskiis	Nimetus ja iseloomustus	ГОСТ-и nr.	Eskiis	Nimetus ja iseloomustus
559-41		Kolmik, sissekeeratav, tüüp A $d = 2 - 50$ mm	563-41		Aärikkolmik $d = 2 - 50$ mm
560-41		Kolmik, sissekeeratav, tüüp B $d = 2 - 50$ mm	564-41		Üleminekukolmik, sissekeeratav $d = 6 - 16$ mm $d_1 = 8 - 25$ mm
561-41		Kolmik, sissekeeratav, tüüp B $d = 6 - 50$ mm	565-41		Üleminekukolmik $d = 4 - 16$ mm $d_1 = 2 - 25$ mm
562-41		Vahekolmik $d = 2 - 50$ mm			

Tabel 23 (järg).

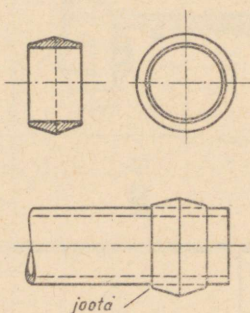
ГОСТ-и nr.	Eskiis	Nimetus ja iseloomustus	ГОСТ-и nr.	Eskiis	Nimetus ja iseloomustus
566-41		<p>Vaheristmik $d = 2 - 50$ mm</p>	569-41		<p>Pingutusmutter $d = 2 - 50$ mm $M8 \times 1 - M68 \times 2$</p>
567-41		<p>Üleminekuristmik $d = 6 - 50$ mm</p>	570-41		<p>Vastumutter $d = 2 - 50$ mm $M8 \times 1 - M68 \times 2$</p>
568-41		<p>Nippel $d = 2 - 50$ mm</p>			



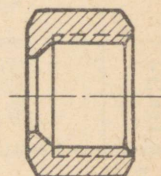
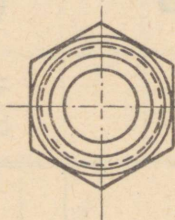
Joon. 30.



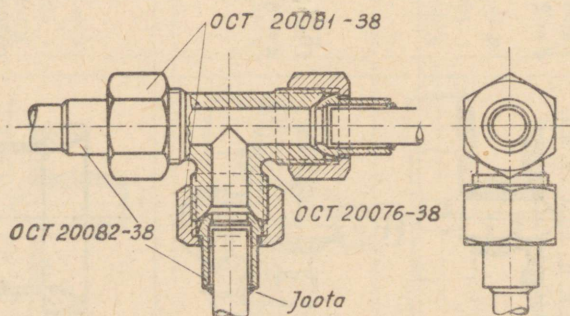
Joon. 31.



Joon. 32.

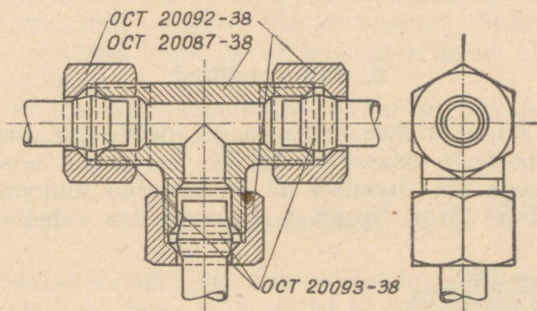


Joon. 33.

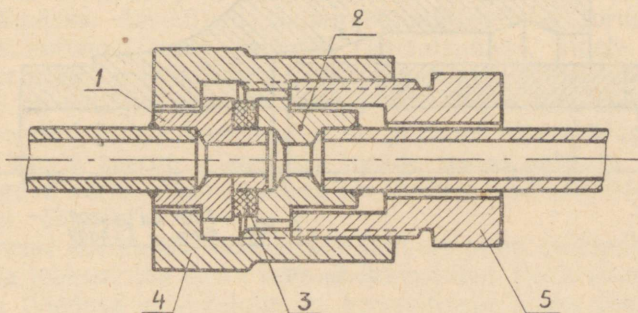


Joon. 34.

OCT 20061-38 esitab keermetatud liiteid auto-traktoriehtusele. Nime-
tatud normis on ette nähtud liidete kolm põhikuju: a) vask- ja messing-
torude liitmine valtsimisega (analoogiliselt ГOCT 550-41-ga, vt. joon. 25—
29), b) liited keramuhviga, c) liited koonusmuhviga. Üksikud elemen-
did ja ühendusviisid on esitatud OCT 20062-38 kuni 20097-38. Joonisel
30 on toodud terasest keramuhv (OCT 20082-38) (tsingitud) ja joonisel 31
sellega koos kasutatav terasest ühendusmutter (OCT 20081-38) (kadmieeri-
tud), joonistel 32 ja 33 aga messingkoonusmuhv (OCT 20093-38) ja viima-



Joon. 35.



Joon. 36

sega koos kasutatav terasest ühendusmutter (OCT 20092-38) (kadmieeritud).
Liidete teostamisel kera- või koonusmuhviga joodetakse vastav muhv toru
külge, mis tagab liitele vajaliku tiheduse. Näited liidete kujundamisest on
esitatud joonistel 34 (keramuhvi kasutamine) ja 35 (koonusmuhvi kasu-
tamine).

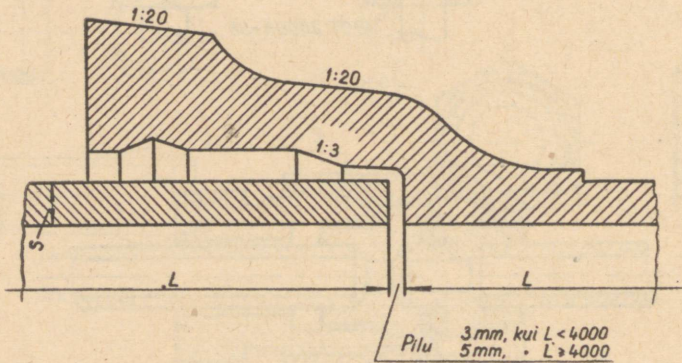
Keermetatud liidete tihendamine toimub sõltuvalt torustikku läbi-
vast keskkonnast väga mitmesuguste materjalidega. Nii kasutatakse madal-
rõhu-veetorustikes ja gaasitorustikes tihendina seatinamennikuga immuta-
tud linaööri, mitmesugustes auru- ja ülekuumendatud vee torustikes pee-
nikest grafiidiga immutatud asbestnööri jms. Kõrgetel rõhkudel ja tempera-
tuuridel kasutatakse mitmesuguseid metalltihendusseibe, ja nagu varem
nägime, ka jootmist.

Joonisel 36 on toodud näitena keermetatud liide kõrgrõhutorustikus, kus tihendina on kasutatud punasest vasest seibi 3, mis on paigutatud niplite 1 ja 2 vahele. Niplid on keevitatud või joodetud torude külge ja surutakse kokku tutsi 5 ja ühendusmutri 4 abil.

Keermetatud liidete tihendamisel suuremate läbimõõtude puhul on raske saavutada küllaldast hermeetilisust. Viimane asjaolu ongi üheks peamiseks põhjuseks, mis piirab keermetatud liidete kasutamist läbimõõdul üle 50 mm.

d. Muhvotsliited.

Muhvotsliited kujundatakse muhvotsaga torude (vt. joon. 15) liitmisel. Toru muhvotsa-poolsesse osasse asetatakse sel puhul teise liidetava toru normaal-kujundusega ots. Joonisel 37 on esitatud muhvotsliide malmveetorule ГOCT 5525-50 järgi. Normaali- ja muhvotsa vaheline radiaalne lõtk



Joon. 37.

on ette nähtud liite tihendamiseks. Mõnel juhul on muhvotsa sisse asetatav toru ots kujundatud eriprofiiliga. Tihendimaterjalidena kasutatakse tõrvanööri, kummit, seatina, tsementi, asbotsementi, väävlisulameid jms. Seatina kui defitsiitse materjali tarvitamine on põhjendatud ja lubatav ainult erijuhtudel (näit. torustiku kujundamisel seismilistes rajoonides, pinnasesse happeliste vete imbumisel jms.). Tavaliselt saavutatakse küllaldane tihedus tsemendi, asbotsemendi, väävlisulamite jms. kasutamisel. Liitesse tuleb jätta torude teljesuunalise paisumise võimaldamiseks küllaldane pilu: toru pikkuse puhul kuni 4 m — 3 mm ja toru pikkuse puhul üle 4 m — 5 mm (vt. joon. 37).

Ülalnimetatud suhteliselt pehmete tihendimaterjalide kasutamine võimaldab liites nii aksiaalseid kui ka radiaalseid nihkumisi, mis teiste liitetüüpide juures ei ole võimalik.

ГОСТ 5525-50 kohaselt on ette nähtud veetorustikkude kujundamiseks ka vastavad ühendusosad (toruliitmikud), mis samuti on varustatud muhv-

otstega. Analoogilisi toruliitmikke valmistatakse ka teistest materjalidest muhvotsaga torudele.

Muhvotsliidete kasutamine on piiratud muhvotstorude nomenklatuuriga: muhvotstorusid valmistatakse peamiselt malmist, asbotsemendist, keraamilistest materjalidest ja nad on ette nähtud kasutamiseks mitmesuguste vesi-varustus- ja kanalisatsioonitorustikkudes. Ülal kirjeldatud tihendamise moodus ei võimalda muhvotsliiteid kasutada ka kõrgematel rõhkudel. Malmstorude puhul GOCT 5525-50 kohaselt on lubatud tingrõhk 10 kg/cm^2 (kõrgendatud rõhule valmistatuil — mitte üle 16 kg/cm^2). Muhvotsliidete kasutamine torustiku sagedasel lahti- ja kokkumonteerimisel on tülikas, monteerimine aga aeganõudev.

Kokkuvõttes kujunevad muhvotsliited antud tingimustes siiski konstruktsioonilt lihtsaks ja maksumuselt odavaks.

e. Keevisliited.

Eespool kirjeldatud torude ühendamise moodustel, eriti keskkonna kõrgemate rõhkude puhul, on terve rida olulisi puudusi. Ühiseks puuduseks kõikidele moodustele on nende halb tihendamise võimalus — tihendamiseks tuleb kasutada eri materjali, kusjuures liide kõrgematel rõhkudel kujuneb sageli ebatihedaks. Äärikliited suuremaläbimõõdulistes torustikes kujunevad raskeks, omavad suurt gabariiti radiaalsuunas, liidete monteerimine ja demonteerimine on raskendatud, liite tugevuse küsimus kõrgematel temperatuuridel on küllaltki komplitseeritud. See kõik kokku muudab liite kalliks. Keermetatud liidete kasutamine on piiratud läbimõõduga ca 50 mm. Peale selle tingib keerme olemasolu torude seina paksuse suurendamise keerme kõrguse võrra. Muhvotsliited on kasutatavad tavaliselt aga ainult madalamatel rõhkudel.

Nii tugevuse kui ka tiheduse seisukohalt on palju töökindlamad viimase 10—15 aasta jooksul üha enam levivad keevisliited. Peale suure töökindluse, tugevuse ja tiheduse seisukohalt on keevisliidete üheks tähtsaks eeliseks tunduvalt väiksem metallikulu. Töö õige organiseerimise puhul on ka ajakulu keevisliidete kujundamisel väiksem kui näiteks äärikliidete puhul. Viimane asjaolu teeb keevisliidete kasutamise igakülgsest otstarbekaks ka isegi niisuguste torustikkude juures, kus tuleb suhteliselt sageli teostada torustikuosade demonteerimist, remonti või vahetust. Eriti otstarbekaks tuleb pidada keevisliidete kasutamist kõrgrõhutorustikkude juures, kus liidetes hermeetilisuse saavutamine on eriti oluline ja teiste liitetüüpide juures võrdlemisi raskendatud.

Praegusel ajal kasutatakse liidete kujundamisel nii elekter- kui ka gaaskeevitust. Elekterkeevitust osutub käepärasemaks mitmesugustes erinevates montaažitingimustes, gaaskeevitust sellevastu on aga sobiv mitmesuguste õhukeseseinaliste torustikuelementide valmistamisel.

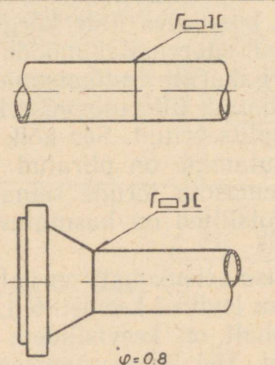
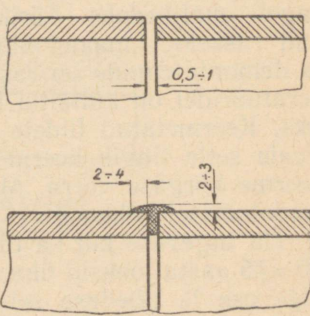
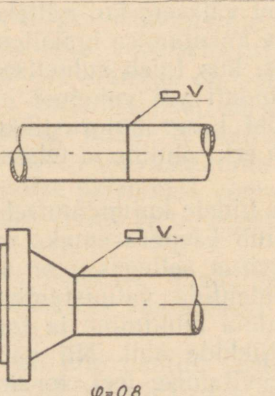
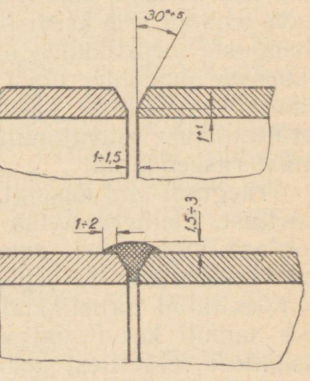
Keevitatud torustikkude suuna muutmine ja torustiku harustamine toimub samuti keevitatud vahetükkide abil. Nii valmistatakse torupõlvikud üksikutest sektoritest kokkukeevitamise teel, toruhargmikud kujundatakse aga otseselt põhitorule külgekeevitatud harude abil. Torustiku läbimõõdu

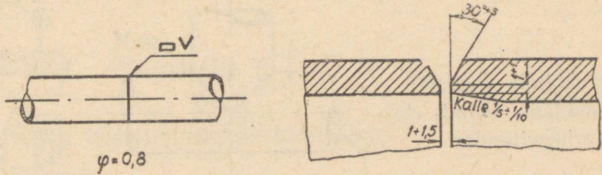
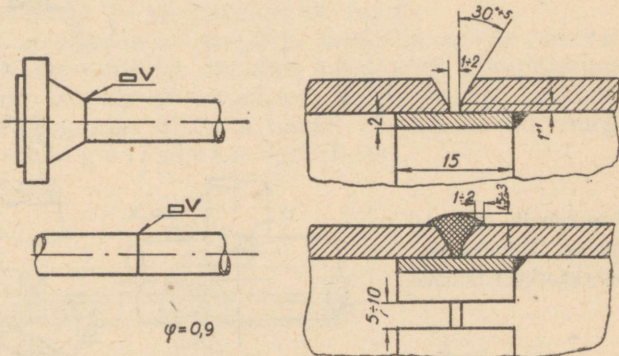
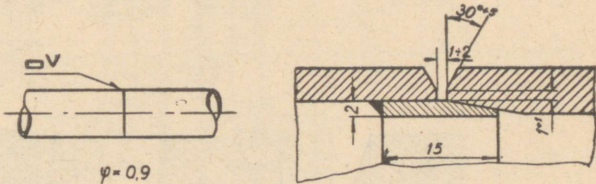
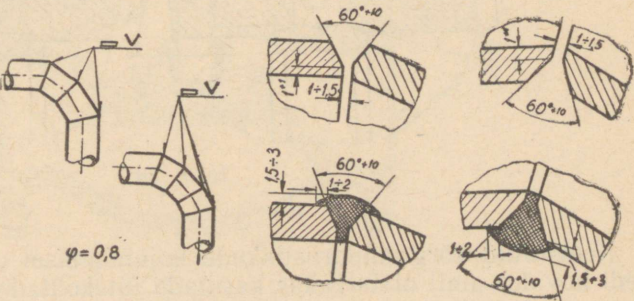
muutumisel on võimalik väiksema läbimõõduga toru sissekeevitamine suurema läbimõõduga torusse.

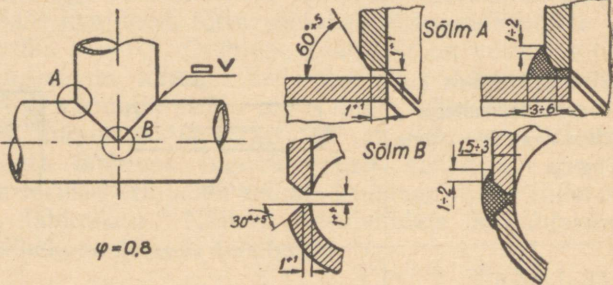
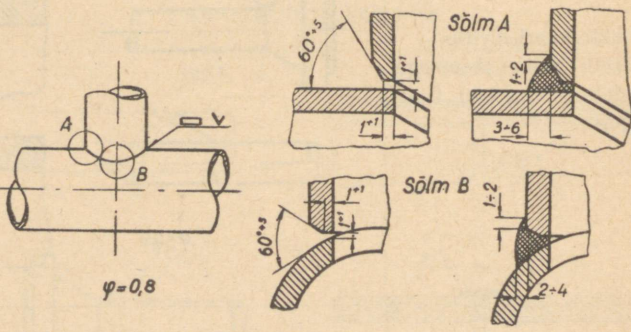
Madal- ja keskrõhutorustikkude keevitamiseks valmistatakse keevitavad elemendid ette sarnaselt tavaliste keevitatavate detailidega. Nii jääb kuni 4 mm seinapaksusega torudel liiteserv eriliselt ette valmistamata, suuremate seinapaksuste puhul aga kasutatakse V-õmblust. Keevisõmbluse pea-aegu paratamatu ebaühtlase kvaliteedi tõttu võetakse niisuguste liidete juures õmbluse tugevusteguriks $\varphi = 0,8$. Õmbluse kvaliteeti on võimalik tõsta soodsamate keevitamistingimuste loomise teel. Asetades liitekohale toru sisse rõnga (tugirõnga), on võimalik saada tugevamat ja ühtlasemate omadustega õmblust, kus ka pingete kontsentratsioon on väiksem. Nimetatud abinõud võimaldavad tõsta õmbluse tugevustegurit väärtuseni $\varphi = 0,9$. Juhul, kui on vajalik liita torusid erinevate seinapaksustega, tuleb liidetavad otsad töödelda samasse läbimõõtu. Näiteid keevisliidete kujundamisest madal- ja keskrõhutorustikele on toodud tabelis 24.

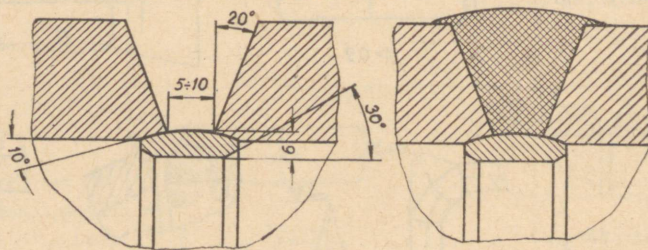
Tabel 24.

Keevisliited madal- ja keskrõhutorustikkudele.

Nimetus	Konstruktiivne kujundus	
Gaaskeevitus torudele seinapaksusega kuni 4 mm		
Elekterkaarkeevitus torudele seinapaksusega üle 4 mm (V-õmblus), ilma tugirõngata		

Nimetus	Konstruktiivne kujundus
<p>Elekterkaarkeevitus erinevate seinapaksustega torudele (V-õmblus), ilma tugirõngata</p>	 <p style="text-align: center;">$\varphi = 0,8$</p>
<p>Elekterkaarkeevitus võrdsete seinapaksustega torudele (V-õmblus), tugirõngaga</p>	 <p style="text-align: center;">$\varphi = 0,9$</p>
<p>Elekterkaarkeevitus erinevate seinapaksustega torudele (V-õmblus), tugirõngaga</p>	 <p style="text-align: center;">$\varphi = 0,9$</p>
<p>Põlvikud elekterkaarkeevitamisel</p>	 <p style="text-align: center;">$\varphi = 0,8$</p>

Nimetus	Konstruktiivne kujundus
<p>Torukolmik (harudel võrdsed läbimõõdud) elekterkaarkeevitamisel</p>	 <p>$\varphi=0,8$</p>
<p>Torukolmik (harudel erinevad läbimõõdud) elekterkaarkeevitamisel</p>	 <p>$\varphi=0,8$</p>



Joon. 38.

Keevitatud kõrgrõhutorustikkude kujundamisel on keevisõmbluse kvaliteedi huvides alati otstarbekas kasutada liitekohtades tugirõngaid. Õmbluse konstruktiivne kujundus on näidatud joonisel 38.

III. LÜLITAMISARMATUUR.

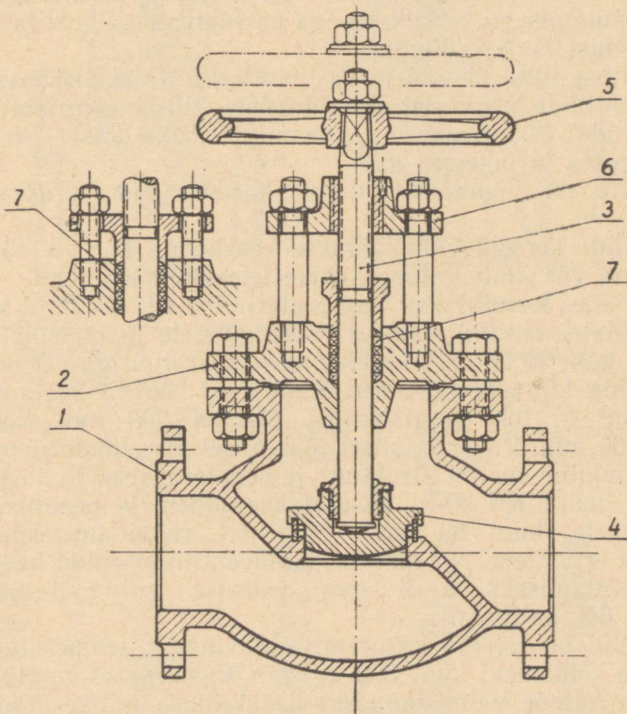
Lülitamisaratuuri hulka kuuluvad kõik niisugused seadmed, mille ülesandeks on torustiku või selle osa ühendamine või hermeetiline eraldamine teisest. Konstruktiivse kujunduse järgi jaotatakse lülitamisaratuuri seadmed kolme eri gruppi: ventiilid, siibrid ja kraanid.

1. Ventiilid.

a. Ventiilide konstruktiivne kujundus.

Ventiilid on torustikkudes lülitamisaratuurina kõige enam kasutatavad. Ventiilide laia leviku on kindlustanud nende sobivus tööks kõige mitmekesisemate keskkondade, rõhkude ja temperatuuride puhul.

Ventiili läbiva keskkonna edasise suuna järgi eristame otsevoolu- ja nurkventiile. Nurkventiilides muutub keskkonna liikumissuund tavaliselt 90° võrra. Ventiile, kus ühe sissevooluava kaudu sisenev keskkond võib väljuda kahes erinevas suunas (üks tavaliselt otse, teine 90° nurga all), nimetatakse kolmekäigulisteks ventiilideks.



Joon. 39.

Ventiil (joon. 39) koosneb põhiliselt kerest 1, kaanest 2, spindlist 3 koos sulguriga (ventiili klapiga) 4 ja käsirattaga 5. Ventii li hermeetiline sulgemine torustikku läbivale keskkonnale toimub sulguri juhtimisega istmele, mis on kujundatud ventiili kereesse. Sulguri juhtimine istmele ja ka sealt eemaldamine toimub spindli abil, kusjuures keermetatud spindel moodustab silda 6 kujundatud keermega keermepaari. Spindli käitamine toimub kas käsitsi käsiratta abil (nagu joonisel 39 kujutatud ventiilil) või ajami abil (suuremate ventiilide puhul). Sageli on sild koos spindli vastaskeermega kujundatud ventiili kaane osana. Valmistatakse ka ventiile, kus spindli vastaskeere asetseb ventiili kaane alumises osas. Viimane tüüp on eespool kirjeldatud halvem, kuna siin on keere ventiili läbiva keskkonna otseses läheduses ja sellega kokkupuutes, mis võib kergesti tekitada keermee korrodeerumist, mustumist jms. Ka ei ole keermee määrimine viimase tüübi puhul lubatav, sest määrdeaine võib sattuda ventiili sisemusse ja sealt koos ventiili läbiva keskkonnaga edasi.

Spindli kui pöörleva elemendi läbiviimisel ventiili kaanest on ühelt poolt vajalik võimaldada spindli pöörlemist kaanes, s. t. spindli ja kaanesse kujundatud ava vahele peab jääma teatud lõtk, ja teiselt poolt kindlustada ka läbiviimiskoha küllaldane tihedus. Tihedus saavutatakse tihendikarbi (salniku) 7 (joon. 39) kujundamisega.

Sulguri ja istme vaheline tihedus saavutatakse mitmesuguste tihendimaterjalide kasutamise, mõnikord aga ka sobivate sulguri ja istme materjalide ja töötlemisviiside valikuga.

Ventiili ehituse tõttu ei sobi ta kasutamiseks kõrge viskoossusega vedelike puhul. Ventiilide peamised eelised teiste lülitamisarmatuuri seadmete (siibrite, kraanide) ees seisnevad nende suures töökindluses, hermeetilisuses, juhtimise kerguses ja pikemas eas.

Ventiili kere on tavaliselt valatud kas malmist, terasest või pronksist.

Terasventiilide keresid valmistatakse keskkonna kõrgete rõhkude puhul ka sepistatutena või stantsitutena (väikestele läbimõõtudele).

Malmventiilides kasutatakse kere materjalina CЧ 15-32 ja sellest kõrgemaid marke. Malmventiilid sobivad vedelikulistele ja gaasilistele keskkondadele rõhuga kuni 25 kg/cm², keskkonna temperatuuriga vedelikkude puhul kuni 100° C ning külastunud auru puhul kuni 300° C. Seejuures rõhkudel kuni 13 kg/cm² ei tohi tinglähimõõt ületada 200 mm, rõhkudel kuni 8 kg/cm² — 300 mm. Pikemaajalisel töötamisel kõrgematel temperatuuridel (üle 300° C) muutub malmi struktuur jämedateraliseks ja tugevus langeb. Temperalmi (mark KЧ 30-6) kasutatakse vähem ja peamiselt väiksematele läbimõõtudele (kuni 80 mm). Erinõuete rahuldamiseks kasutatakse mitmesuguseid erivõtteid. Nii näiteks malmventiili sisepind kaetakse happekindluse saavutamiseks 5—6 mm paksuse antimoni-seatina kihiga (94% seatina, 6% antimoni).

Terasventiilid on laiema kasutamispirkonnaga: temperatuurideni kuni 400—425° C ja rõhkudeneni kuni 300 kg/cm². Raskemates tingimustes töötavate ventiilide kerede valmistamiseks kasutatakse mitmesuguseid legeritud (kroomiga, molübdeeniga, nikliga) teraseid.

Pronks ja messingventiilid leiavad kasutamist peamiselt vee- ja auru-

torustikkudes (rõhk kuni 16 kg/cm^2) temperatuurini $200\text{--}250^\circ \text{C}$. Pronks on hästi vastupidav ka mereveele.

Terasemarkidest kasutatakse ventiilikerede valmistamiseks peamiselt süsinikterast 25-4522 ja legeritud teraseid 20M, X5M, X25, 1X18H9, 1X18H9T.

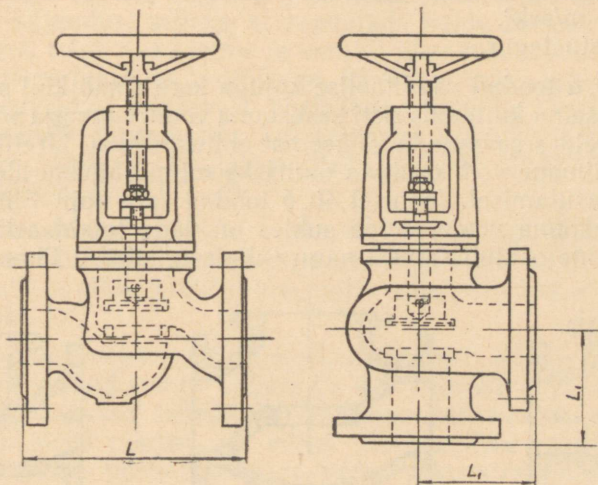
Faaliidist valmistatavad ventiilid on happekindlad.

Ventiile tinglähimõõduga üle 300 mm tavaliselt ei kasutata, kuna suured ventiilid muutuvad siibrite ja kraanidega võrreldes suhteliselt raskeks ja kohmakaks, samuti kujuneb nende valmistamine kallimaks.

Ventiilide ehituspikkused on normitud, mis võimaldab kergemat torustikude koostamist ja ventiilide vahetamist. Normitud ehituspikkused poltidega kinnitatud kaanega ventiilidele on ГOCT 3326-46 järgi toodud tabelis 25.

Tabel 25.

Ehituspikkused poltidega kinnitatud kaanega ventiilidele ГOCT 3326-46 järgi mm.



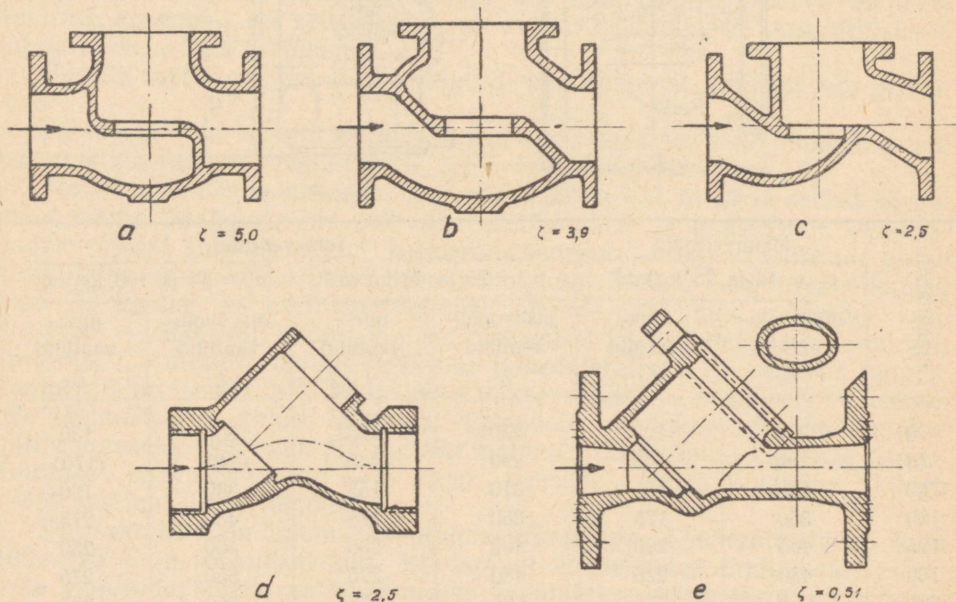
Tinglähimõõt D_y	Malmventiilid		Terasventiilid			
	$p_y = 16 \text{ ja } 25 \text{ kg/cm}^2$		$p_y = 25 \text{ ja } 40 \text{ kg/cm}^2$		$p_y = 64 \text{ ja } 100 \text{ kg/cm}^2$	
	otsevoolu- ventiilid L	nurk- ventiilid L_1	otsevoolu- ventiilid L	nurk- ventiilid L_1	otsevoolu- ventiilid L	nurk- ventiilid L_1
50	230	125	230	125	300	150
70	290	145	290	145	(340)	(170)
80	310	155	310	155	380	190
100	350	175	350	175	430	215
125	400	200	400	200	500	250
150	480	225	480	225	550	275
200	600	275	600	275	650	325
250	730	—	—	—	—	—
300	850	—	—	—	—	—

Väga oluline on ventiili kuju, kuna ventiili hüdrauliline takistus, millest omakorda sõltub rõhukadu ventiilis, oleneb just peamiselt kere sisekujust. Seetõttu peab avatud ventiil võimaldama keskkonnale niisuguse läbipääsu, kus keskkonna voolamisel tekiks võimalikult vähe keeriseid, kus keskkonna voolamise suund ja ristlõige võimalikult vähe muutuksid. Joonisel 40 on toodud praktikas levinud ventiilikerede kujud koos vastavale kujule iseloomuliku ventiili takistusteguriga. Takistustegurid on antud siin ventiilidele tinglähimõduga 100 mm. Rõhukadu Δp ventiilis on aga proportsionaalne takistusteguriga:

$$\Delta p = \zeta \frac{v^2 \gamma}{2g} \cdot 10^{-4} \text{ kg/cm}^2 \quad (2)$$

kus v on keskkonna liikumise kiirus m/sek,
 γ — keskkonna erikaal kg/m^3 ,
 $g = 9,81 \text{ m/sek}^2$.
 ζ — takistustegur.

Joonisel 40, *a* toodud vaaditaolise kujuga kere omab küll suurimat takistust, kuid vaheseina kujundus risti keskkonna voolu suunaga võimaldab teiste tüüpidega võrreldes saavutada väiksemat ehituspikkust, järelkult ka metalli kokkuhoidu. Viimane võib osutuda oluliseks mitmesuguste hinnaliste legeritud teraste kasutamisel. Joonisel 40, *b* toodud kere kuju vaheseinte kaldse asetusega keskkonna voolu suuna suhtes on väga laialdaselt levinud, sest kere kujundamine osutub samuti nagu eelmiselgi tüübil lihtsaks, kuid hüd-



Joon. 40.

rauliline takistus keskkonna läbivoolamisel on tunduvalt väiksem. Joonisel 40, *c* esitatud kuju on enam voolujooneline, takistustegur eelmistest veelgi väiksem, kuna läbivoolava keskkonna ristlõige jääb kogu ventiilis peaaegu ringiliseks. Kere kujundamine, võrreldes vaaditaoliste kerede kujundamisega, osutub aga keerukamaks. Joonistel 40, *d* ja 40, *e* kujutatud kered erinevad eelmistest eelkõige selle poolest, et spindli ja sulguri liikumise suund on kaldne (tavaliselt 45° sissevoolu suunast). Läbivoolava keskkonna suund selletõttu muutub kas vähe (joon. 40, *d*) või ei muutu peaaegu üldse (joon. 40, *e*). Joonisel 40, *d* toodud tüüpi kerega ventiil on tuntud ka kosva-ventiili nime all. Suuremate läbimõõtude puhul kujuneb ristlõige istme kohal väiksemaks tinglähimõodule vastavast ristlõikest, mis võimaldab kujundada ventiili elemendid suhteliselt väiksematena. Kosva-ventiilis osutub läbivoolava keskkonna ristlõige alati ringiliseks. Joonisel 40, *e* toodud kere, kus keskkonna liikumise suund peaaegu üldse ei muutu, võimaldab saavutada takistusteguri väga väikesi väärtusi. Puuduseks nimetatud tüübi juures on tema keerukam kujundus: selleks, et saavutada kaldu asetseva istme kohal ringilist ristlõiget, tuleb avad istme ja ventiili ühendusäärikute vahel kujundada elliptilisena ja muutuva ristlõikega. Ristlõige istme kohal tuleb valida suurem tinglähimõodule vastavast ristlõikest, mistõttu ventiili elemendid kujunevad suhteliselt suuremateks kui eelmistel tüüpidel. Valides ristlõike istme kohal aga võrdseks tinglähimõodule vastava ristlõikega, suureneb hüdrauliline takistus ($\zeta = 1,5-2$).

Kui juhtida keskkond ventiilis vastupidi joonisel 40 näidatud suunale, siis saavutatakse küll suletud ventiili suurem tihedus, kuid hüdrauliline takistus suureneb ca 30%. Ventiili avamine (sulguri tõstmine) muutub tunduvalt raskemaks.

Kõige olulisemaks momendiks ventiili töökindluse seisukohalt on ventiili sulguri ja istme kujundamine. Sulgur ja iste tulevad kujundada eelkõige selliselt, et oleks tagatud ventiili läbivooluava hermeetiline sulgumine ja hermeetilisuse püsivus pikema aja vältel. Hermeetilisus saavutatakse sulguri (klapi) ja istme tihenduspindade vastava konstruktsiooniga. Selleks varustatakse nii sulgur kui ka iste tihendrõngastega, millede deformeerumine ventiili sulgemisel (sulguri surumisel istmele) tagabki hermeetilisuse. Pronksventiilide puhul sulgurile ega istmele eri tihendrõngaste kujundamine ei ole vajalik, kuna pronks on hästi kohanduv materjal ja kindlustab kergesti tiheduse kokkupuutuvate pindade vahel.

Tihendrõngaste materjalid jaotuvad pehmeteks (nahk, kummi, asbest, fiiber, eboniit) ja kõvadeks (mitmesugused metallisulamid). Pehmetest tihendimaterjalidest kasutatakse nahka, kummit, asbesti, fiibrit peamiselt madala temperatuuriga vedelike ja õhu puhul, eboniiti ja asbesti (õhukese metallümbrisega) ka kõrgematel temperatuuridel. Pehmete tihendimaterjalide kasutamisel varustatakse pehmet materjalist tihendrõngaga ainult sulgur, kuna vastas-tihenduspind istmel peab olema kõvast materjalist. Sel puhul võib istmel eri tihendrõngas ka puududa. Kõvu tihendimaterjale kasutatakse kõrgematel temperatuuridel ja rõhkudel. Tihendrõngaste materjalide valikul tuleb muidugi silmas pidada keskkonna spetsiifilisi omadusi (korrodeeruv toime, erosioonioht suurtel kiirustel jms.).

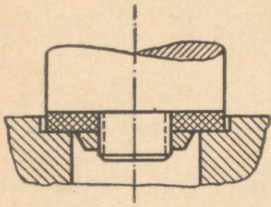
Ülevaade tihendimaterjalide kohta koos orienteerivate kasutamispirkondadega on toodud tabelis 26.

Tabel 26.

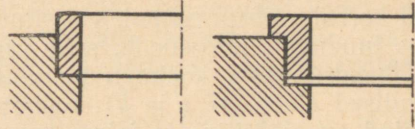
Tihendrõngaste materjalid ja kasutamine.

Materjal	Keskkond	Keskkonna maksimaalne	
		temperatuur °C	töörõhk kg cm ²
Nahk (ГОСТ 1898-48)	Vesi, õhk	70	10
Kummi	Sama	60	10
Fiiber	Bensiin, petrooleum	80	10
Eboniit (rõngad БГ-15)	Kuum vesi, küllastunud aur	50–200	13
Mangaan-messing ЖМц 58-2 (ГОСТ 1019-47)	Bensiin	120	25
Tinapronks ОЦС 8-4-3	Vesi, aur	225	25
	Bensiin	120	25
	Vesi, aur	250	25
Korrosioonikindel teras 2X13, 3X13	Ülekuumendatud aur	400	—
	Naftasaadused	550–600	—
Vase ja nikli sulam (Ni = 33,15%; Cu = 56,1%; Sn = 6,45%; Fe = 3,6%; Mn = 0,36%; Si = 0,1%; Pb = 0,17%)	Ülekuumendatud aur	400	30–40
Vase ja nikli sulam НЖМц 28-2,5-1,5 (ГОСТ 492-41)	Sama	400–500	40
Nitreeritud teras 35XMIOA (OCT 7124)	Sama	600	140
Nikli sulam (Ni = 99,19%; Cu = 0,28%; Fe = 0,44%; Al = 0,05%; Sn = 0,02%)	Sama	800	70
Stelliit (pealesulatatult)	Ülekuumendatud aur, naftasaadused, tahkeid osi sisaldavad keskkonnad	Kõrged temperatuurid ja rõhud	

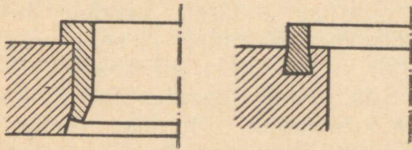
Pehmest materjalist tihendrõngad kinnitatakse sulgurile tavaliselt mutri abil, milleks ka sulguri vastav osa peab olema keermetatud (joon. 41). Kõvast materjalist tihendrõngad kas pressitakse või valtsitakse istme vastavalt kujundatud soontesse, või kui see materjali suure kõvaduse tõttu ei ole võimalik, kinnitatakse keerme abil või istme valtsimisega. Joonistel 42–44 on järjekorras toodud tihendrõnga kinnitusi pressimise (joon. 42),



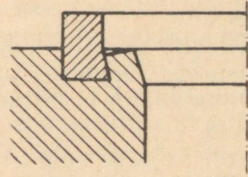
Joon. 41.



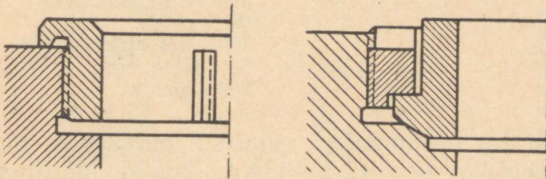
Joon. 42.



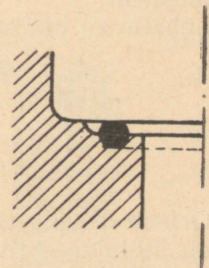
Joon. 43.



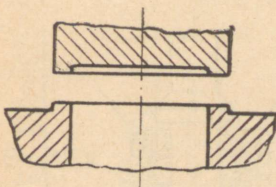
Joon. 45.



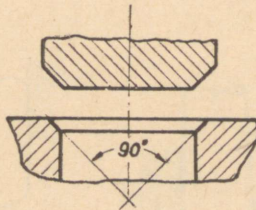
Joon. 44.



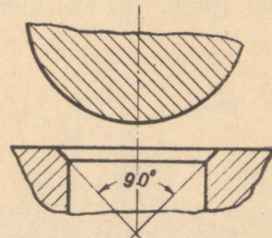
Joon. 46.



a



b



c

Joon. 47.

valtsimise (joon. 43) ja keermega ühendamise (joon. 44) teel. Joonisel 45 on näidatud tihendrõnga ja istme vastastikune asetus peale istme valtsimist. Stelliidist tihenduspinnd moodustatakse tavaliselt stelliidi pealesulatamisega istmele (joon. 46). Kõvade tihendimaterjalide kasutamisel tuleb valida tihendi- ja alusmaterjal võimalikult võrdsete paisumisteguritega. Vastasel korral võib pressitud, valtsitud või pealesulatatud tihendpindade kinnitus tunduvalt nõrgeneda, selle tagajärjel aga tagatav tihedus väheneda.

Tihendrõngaste kokkupuutepinnad võivad olla kas tasapinnalised või koonilised (joon. 47, *a* ja *b*). Esineb ka konstruktsioone, kus sulguri tihenduspinnd on sfääriline ja istme oma kooniline (joon. 47, *c*). Tasapinnaliste kokkupuutepindade korral on tihenduspinndade kokkujuhitmisel lubatav mõningane ebatäpsus. Koonilised kokkupuutepinnad tagavad küll suurema tiheduse kui tasapinnalised, kuid seejuures on nõutav pindade täpne kokkulangemine.

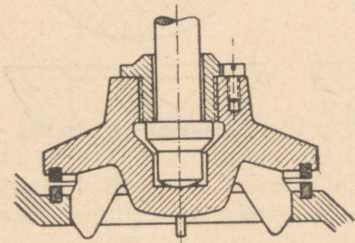
Tihendrõngaste kokkupuutepindade suuruse määrab nendele lubatav pindsurve. Seejuures tuleb tekkiva pindsurve määramisel ja selle võrdlemisel lubatavaga arvestada ka olukorda, mis võib tekkida, kui keskkonna rõhk suletud ventiili puhul sulgurile kaob. Siis mõjub tihenduspinndadele jõud, mis oli vajalik sulguri pinnale mõjuva keskkonna rõhumise ületamiseks (ventiili sulgemisel) ja vajaliku tiheduse saavutamiseks. Lubatav pindsurve sõltub kasutatud tihendimaterjalidest, nende elastsetest omadustest, pinnasileduse astmest, kuid ka edasijuhitava keskkonna rõhust ja spetsiifilistest omadustest.

Lubatavad pindsurved tihenduspinndadel on:

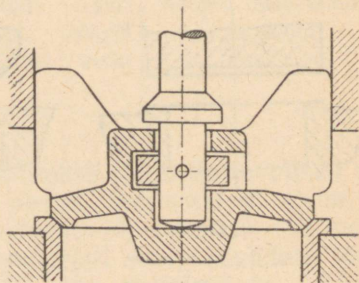
kummil, nahal	15—30 kg/cm ² ;
malmil	80 kg/cm ² ;
terasel	100—150 kg/cm ² ;
pronksil	50—80 kg/cm ² ;
roostekindlal terasel	250 kg/cm ² .

Orienteeruvalt võib määrata minimaalse vajaliku pindsurve p_f , mis tagab küllaldase tiheduse, seosega $p_f \approx (1,5—3,0)p_y$, kus p_y on tingrõhk.

Ventiili sulgur, mis on ühendatud spindliga, on parema juhitavuse, järelikult ka tihenduspinndade täpsema kokkulangemise saavutamiseks tavaliselt varustatud juhtribidega. Viimased võivad asetseda kas sulguri alumisel (joon. 48) või ülemisel poolel (joon. 49). Esimesel juhul on juhtribid



Joon. 48.

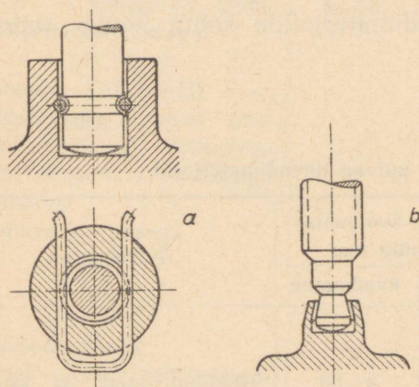


Joon. 49.

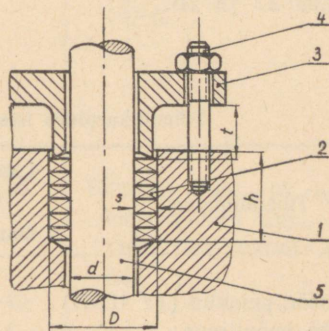
pidevalt keskkonna voolu mõjupiirkonnas ja kuluvad kiirelt, teisel juhul on aga sulguri kuju tehnoloogiliselt vähem sobiv. Juhul, kui sulgur on varustatud all-asuvate juhtribidega, tuleb sulgurit ventiili avamisel keskkonnale vaba läbipääsu kindlustamiseks tõsta ca 70% kõrgemale kui juhtribide puudumisel.

Sulgur tehakse tavaliselt samast materjalist, mis ventiili keregi. Juhtudel, kui keskkonna suure voolamiskiiruse tõttu toimub sulguri juhtribide kiire kulumine, on otstarbekas sulgur valmistada kulumiskindlamatest (kõvematest) materjalidest.

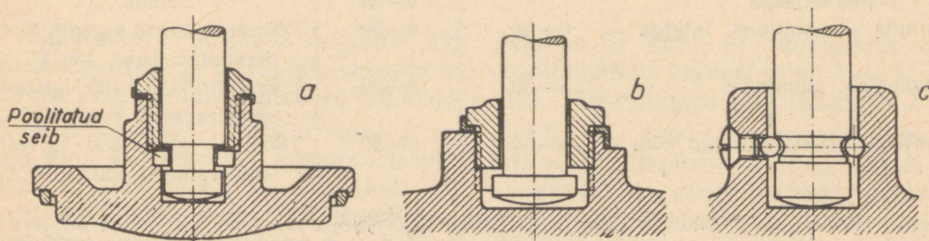
Sulguri ja spindli omavaheline kinnitus tuleb teostada nii, et ventiili sulgemisel ei tekiks tihenduspindadel hõõrdumist, kuna viimane põhjustaks tihenduspindade kulumist ja seoses sellega ka ebatiheduse esinemist. Konstruktiiivseid näiteid spindli ja sulguri ühendamiseks on toodud joonistel 50 ja 52, neist esimesel variante ühendamiseks, ilma keermetatud elementide kasutamiseta, teisel — variante keermetatud elementide kasutamisega. Esimesed kinnitusviisid on nõrgemad, kuid lihtsamad ja nad sobivad väikeseläbimõõdulistele ($d \leq 50$ mm) ventiilidele. Joonisel 52, *c* toodud kinnitus ringkanalisse asetatud kuulikeste abil on sobiv temperatuurideni kuni 300° C ja sulgurile mõjuvate väikeste jõudude puhul. Kõikides konstruktsioonides esineb spindli otsa ja sulguri vastava pesa pindade vahel hõõrdumine, mida tuleb spindli arvutamisel arvesse võtta.



Joon. 50.



Joon. 51.



Joon. 52.

Tihendikarbi ülesandeks on tagada tihedus spindli läbiviimisel kere kaanest. Tiheduse kõrval peab tihendikarbi konstruktsioon võimaldama spindli vaba pöölemist minimaalsete hõõrdekadudega. Niisugune tihendamine saavutatakse tihendikarbis pehmete tihendimaterjalide kasutamisega.

Ventiilide juures kasutatava tihendikarbi tavalisemaid konstruktsioone on esitatud joonisel 51. Ventiili kaanes 1 on ette nähtud tihendimaterjalile ava, mille põhi on kujundatud koonilisena, horisontaali suhtes 30° all kaldu. Peale nõõritaolise või rõngastena valmistatud tihendimaterjali 2 asetamist avasse, surutakse tihendimaterjal tihendipuksi 3 poolt tikkpoltidele 4 keeratavate mutrite abil kokku ja seejuures tihedalt ka vastu spindlit 5. Parema tihendamise huvides on puksi alumine otspind kujundatud samuti koonilisena, 30°-lise kalde all. Tihendimaterjalina kasutatakse mitmesuguseid ümmarguse või kvadraatse ristlõikega punutud nõõre (asbest-, kanep-, puuvill-), mis ristlõike kuju kindlustamiseks on varustatud mõnel juhul vask- või seatinasüdamikuga. Hõõrdumise vähendamiseks toodetakse nimetatud tihendimaterjale isemäärivatena, s. t. immutatutena näit. grafiidi ja tehnilise rasva seguga, kuid kasutatakse ka talki. Võimalik on ka määrdeaine juurdejuhtimine tihenduspindele väljastpoolt. Kvadraatse ristlõikega tihendimaterjale tuleb eelistada ümmarguse ristlõikega materjalidele, kuna nad täidavad tihendikarbi täielikumalt. Otstarbekas ja hõlpus on täita ava üksteise peale asetatud rõngastega, kusjuures rõngaste liitekohad tuleb üksteise suhtes asetada nihutatult.

Tihendikarpides kasutatavate tihendimaterjalide kohta leidub andmeid tabelites 27 ja 28.

T a b e l 27.

Tihendikarpides kasutatavad kuivad tihendimaterjalid.

Tihendimaterjal	Läbimõõt või kvadraatse ristlõike külg mm		Kasutamine
	ümmargune	kvadraatne	
Asbestnõõr, punutud (TY 412-H)			
a) ühe punutisega	5—50	5—50	Töörõhul kuni 26 kg/cm ² , temperatuuril kuni 400° C.
b) mitme punutisega	8—50	8—50	Sama.
c) täispunutisega	—	4—25	Sama.
Punutis asbestniidist, talgiga	6—50	6—50	Töörõhul kuni 3 kg/cm ² , temperatuuril kuni 130° C.
Kanepnõõr, punutud	6—50	6—50	Töörõhul kuni 160 kg/cm ² , temperatuuril kuni 100° C.
Puuvillkdrusest punutud nõõr	6—50	6—50	Töörõhul kuni 200 kg/cm ² , temperatuuril kuni 100° C.

M ä r k u s: Kõikidele kuivadele tihendimaterjalidele on kindlaks määratud järgmine ristlõiget iseloomustavate mõõdete rida: 4, 5, 6, 8, 10, 13, 16, 19, 22, 25, 28, 32, 35, 38, 42, 45 ja 50 mm.

Tihendikarpides kasutatavad isemäärivad tihendimaterjalid.

Tihendimaterjal	Läbimõõt või kvadraatse ristlõike külg mm		Kasutamine
	ümmargune	kvadraatne	
„Специаль” (ТУ 407-Н) — asbestkdrusest punutud nõör, immutatud antifriksioonilise massiga			
a) ühe punutisega	5 ja 6	—	Töörõhul kuni 25 kg/cm ² , temperatuuril kuni 300° C.
b) mitme punutisega	8—50	8—50	Sama.
c) täispunutisega	—	4—25	Sama.
„Универсал” — grafiiditud talknõör, immutatud tehnilise rasvaga	6—35	6—35	Töörõhul kuni 3 kg/cm ² , temperatuuril kuni 130° C.
„Нептун” — канерпõör, immutatud tehnilise rasvaga	6—50	6—50	Veele töörõhul kuni 160 kg/cm ² , temperatuuril kuni 120° C.
„Рационал” (ТУ 416-Н) — asbestkdrusest punutud nõör, vasksüdamikuga, immutatud antifriksioonilise massiga, grafiiditud			
a) mitme punutisega	—	13—50	Töörõhul kuni 45 kg/cm ² , temperatuuril kuni 400° C (sobiv ka suurtel kiirustel).
b) täispunutisega	—	5—10	Sama.
„Выгода” — puuvillnõör, immutatud tehnilise rasvaga	6—50	6—50	Töörõhul kuni 200 kg/cm ² , temperatuuril kuni 100° C.

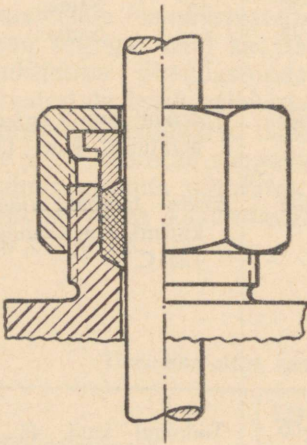
Tihendikarbi sügavus h (joon. 51) võetakse 5s kuni 8s, kusjuures h valitakse aurule ja gaasidele suurem kui vedelikkudele; samuti tuleb h valida suurem keskkonna kõrgemate rõhkude puhul. Tihendikarbi ava läbimõõt D valitakse $D = d + 2,8 \sqrt{d}$ kuni $D = d + 4,0 \sqrt{d}$, kus d on spindli läbimõõt mm. Tihendipuksi kõrgus t tuleb valida sellise kaalutlusega, et tihendimaterjali kõrgus h_{min} ka sel juhul, kui tihendipuksi on surutud täiesti vastu kaant, oleks tiheduse tagamiseks küllaldane. Minimaalseks kokkusurutud tihendimaterjali kõrguseks h_{min} võib keskmistel töötingimustel lugeda 3s. Siit järgneb, et $t \geq h - 3s$.

Selleks, et vältida võimalikku sööbimist spindli ja kere kaane vahel, on soovitatav kaane osa, mis töötab spindli juhtpinnana, teha võimalikult lühike.

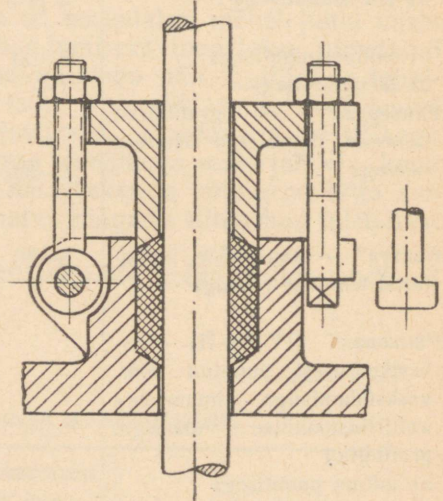
Joonistel 53 ja 54 on toodud veel kaks tihendikarbi konstruktsiooni, millest esimesel on tihendipuks kinnitatud pingutusmutriga (kasutatav väiksemates seadmetes), teisel aga kasutatud T- või aaspeaga polte. Nimetatud poltide kasutamine võimaldab, võrreldes tavalise peaga poltide kasutamisega (joon. 55), vähendada tihendikarbi välisgabariite.

Tabelis 29 on toodud keskmised suurused tihendikarpidele sõltuvalt spindli läbimõõdust (andmed sobivad konstruktsioonile tihendipuksiga).

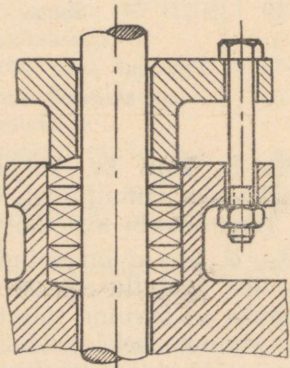
Spindel valmistatakse malm- ja terasventiilidele tavaliselt terasest Cr. 5. Juhtudel, kui spindlile mõjuvad aga suuremad jõud, kõrgem temperatuur või keskkonna erilised omadused, ka terasest 35XMIOA, 2X13, 3X13 jms. Vee-



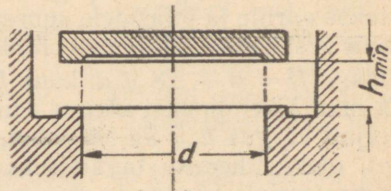
Joon. 53.



Joon. 54.



Joon. 55.



Joon. 56.

Tihendikarpide mõõted (joon. 51).

Spindli läbimõõt d mm	s mm	h mm		
		$p_y \leq 16 \text{ kg/cm}^2$	$p_y = 25 - 40 \text{ kg/cm}^2$	$p_y = 100 \text{ kg/cm}^2$
12	5	25	30	35
14-16	5	25	30	35
18	6	30	36	42
20	6	30	36	42
22-28	8	40	48	56
30	8	40	48	56
32	10	50	60	70
36	10	50	60	70
40	10	50	60	70
44	13	65	78	90
48	13	65	78	90
50-55	13	65	78	90
60	16	80	96	110
65	16,5	80	96	110
70-100	17,5	88	105	120

ja aurutorustike jaoks määratud ventiilides sobib korrosioonikindluse seisukohalt hästi ka pronks.

Spindli keere on tavaliselt kujundatud ühekäigulise trapetskeermena. Vastaskeere asetseb kas sillas (vt. joon. 39) või ventiili kere kaanes. Kuna keermega varustatud detailidele kehtivad kõrgemad nõuded kui näit. silla või kaane materjalide kohta, siis kasutatakse sageli moodust, kus spindli vastaskeere kujundatakse eraldi puksisse, puks aga pressitakse ja kinnitatakse ülalnimetatud detailidesse. Kirjeldatud moodus võimaldab kokku hoida defitsiitseid materjale.

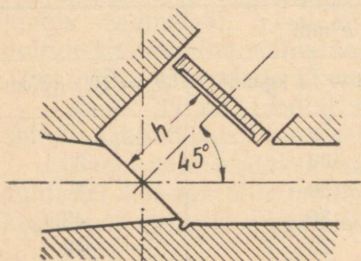
Spindli keermetatud osa pikkuse määrab keskkonnale vaba läbipääsu tagav sulguri tõus. Selleks, et ventiili kere antud kujunduse juures ei tekiks ventiili avatud oleku puhul takistuse suurenemist läbivoolava keskkonna ristlõike vähenemise tõttu, peab sulguri ja istme vahele tekkiva läbipääsu silindrilise pinna suurus (silindri läbimõõt d ja kõrgus h) olema võrdne istme ava pindalaga, s. t. (joon. 56)

$$\pi d h_{\min} = \frac{\pi d^2}{4},$$

millest teoreetiline minimaalne sulguri tõus

$$h_{\min} = 0,25d. \quad (3)$$

Keskkonna sujuvama liikumise tagamiseks ja arvesse võttes sulguri ribide poolt läbipääsupinna vähendamist, tuleb sulguri tõus valida siiski umbes 70% suurem, s. t. $h = 0,425d$.



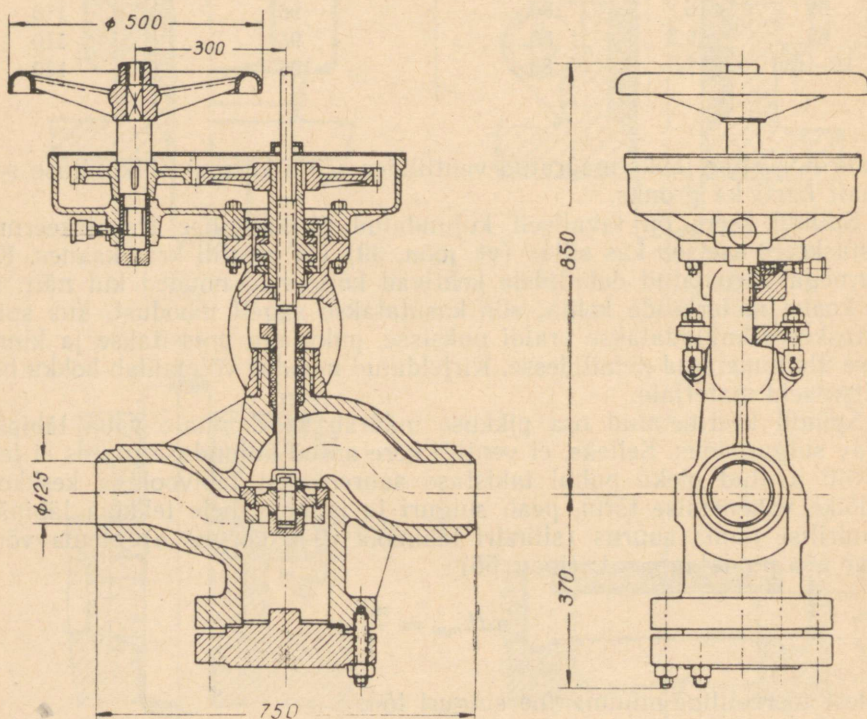
Joon. 57.

Kaldse asendiga spindliga ventiilides (joon. 57) tuleb valida $h = 1,43d$.

Käsiratta ühendamiseks spindliga valmistatakse spindli ots kas risttahukana või neljatahulise tüvipüramiidina. Kinnitus toimub mutri abil. Spindli ümmarguse otsa puhul sobib kinnitus liistu, tihvti või kruvi abil.

Suurte ventiilide puhul kasutatakse ventiili sulgemiseks-avamiseks hammasülekanne. Käitamine toimub kas elektrimootoriga või käsitsi.

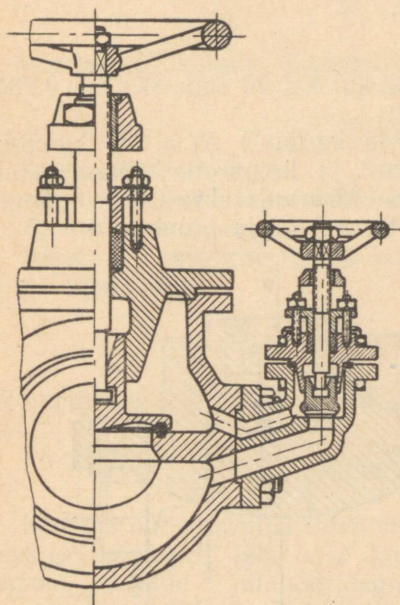
Näitena suurematest ventiilidest on toodud joonis 58. Ventiil on määratud ülekuumendatud aurule tööõhuga 100 kg/cm^2 temperatuuril 510°C , läbilaskevõimega 60 tonni auru tunnis. Ventiili ühendamine torustikku



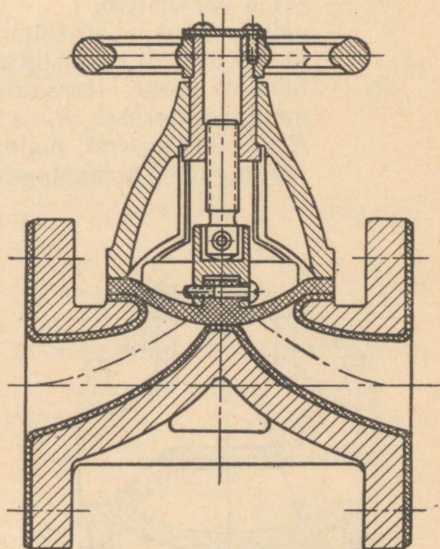
Joon. 58.

toimub keevitamisega. Sulguri sulgemine-avamine toimub silindrilise hammasajami kaudu. Seejuures spindel, erinevalt joonisel 39 toodud ventiilist, ei pöörle, vaid liigub ainult translatoorselt. Et vähendada jõude ventiili avamisel, on põhissulgurisse kujundatud veel väike lisasulgur. Spindli langetamisel avaneb algul lisasulgur (väikese läbimõõduga), mistõttu keskkond, tungides põhissulguri taha, tekitab seal vasturõhu. Sellise seadme tõttu toimub ventiili avamisel ka torustiku soojenemine ühtlasemalt ning on välditud suurte temperatuuripingete tekkimine.

Analoogiline tasakaalustav seade võib olla kujundatud ka väikese lisaventiilina väljaspool põhiventiili (joon. 59).



Joon. 59.



Joon. 60.

Joonisel 60 näitena toodud ventiili (nn. diafragmaventiili) omapära seisab selles, et ventiili sulgur on kujundatud diafragmana. Diafragma, kinnitatuna kere ja kaane äärikute vahele, isoleerib ventiili liikuvad osad täielikult ventiili läbivast keskkonnast, mistõttu nimetatud tüüp sobib kasutamiseks agressiivsete keskkondade puhul (mitmesugused happed, alused jms.). Samuti sobib esitatud ventiil heljuvaid osi sisaldavatele vedelikulistele keskkondadele, mispuhul tavaline konstruktsioon istme ja sulguriga ei kujune töökindlaks — heljuvad osad takistavad sulguri tihedat istumist. Kuna ventiili läbiv keskkond ei pääse spindli piirkonda, puudub nimetatud konstruktsiooni juures ka vajadus tihendikarbi järgi.

b. Ventiilide arvutus.

Alljärgnevas on toodud NSV Liidus levinud ventiilide arvutuse metoodika, mis on kohane armatuurile töötetemperatuuriga kuni 300° C, pehmete tihendimaterjalide kasutamisel.

Ventiili kere seinapaksus tuleb määrata arvutusega tõmbele nii sfäärilises kui ka silindrilises osas (joon. 61). Sfäärilises osas tõmbepinge

$$\sigma_t = \frac{p_y d}{4(\delta - c)} \leq R_t \text{ kg/cm}^2, \quad (4)$$

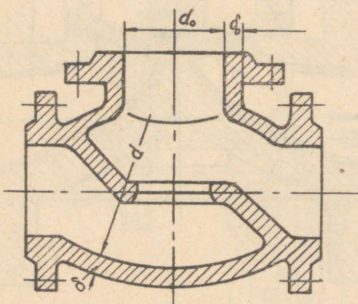
kus p_y on tingrõhk kg/cm²;

d — sfäärilise osa siseläbimõõt cm;

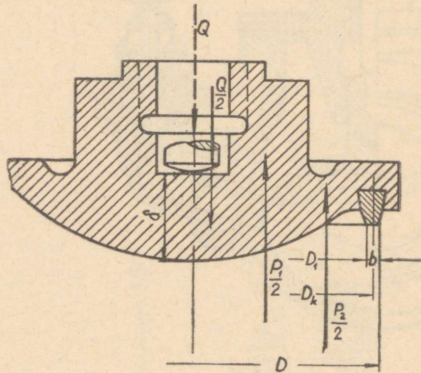
δ — seina paksus cm,

c — valu ebatäpsusi arvestav tegur cm: kui $\delta \leq 20$ mm, siis $c = 0,28\delta$ ja kui $\delta > 20$ mm, siis $c = 0,15\delta$;

R_t — lubatav pinge; terasvalul ($\sigma_b \geq 45$ kg/mm²) $R_t = 800$ kg/cm²; molübdeenterasel $R_t = 900$ kg/cm² ja kroom-molübdeenterasel $R_t = 1000$ kg/cm²; malmil CЧ 15—32 arvutatakse lubatav pinge varuteguriga tõmbetugevuse suhtes $n_t = 8$ ja pronksil $n_t = 5,5$.



Joon. 61.



Joon. 62.

Silindrilises osas tõmbepinge

$$\sigma_t = \frac{p_y d_0}{2(\delta_0 - c)} \leq R_t \text{ kg/cm}^2. \quad (5)$$

Kui tingrõhk ületab 50 kg/cm², siis on õigem kasutada paksuseinaliste silindrite arvutamise täpsemaid valemeid.

Sulguri arvutus toimub paindele (joon. 62). Kõige ohtlikum on olukord, kus sulguri suletud asendi korral on keskkonna rõhk sulgurile kadunud. Spindlis esinev jõud Q koosneb sulgurile mõjuva keskkonna rõhust tingitud jõust ja jõust, mis on vajalik hermeetilisuse saavutamiseks tihendus-pindadel. Neist esimene

$$P_1 = \frac{\pi}{4} p \left(D_1 + \frac{2}{3} b \right)^2 \text{ kg}, \quad (6)$$

kus p on rõhk sulgurile kg/cm^2 ,
ja teine

$$P_2 = \frac{\pi}{4} p_f (D^2 - D_1^2) \text{ kg}, \quad (7)$$

kus p_f on tihendamiseks vajalik pindsurve tihenduspindadel, mis arvutustes võetakse $50\text{--}80 \text{ kg/cm}^2$.

Paindemoment

$$M_p = \frac{Q D_k}{2\pi} \text{ kgcm} \quad (8)$$

ja paindepinge sulguri diametraallõikes

$$\sigma_p = \mu \cdot \frac{Q D_k}{2\pi W} \leq R_p \text{ kg/cm}^2, \quad (9)$$

kus $Q = P_1 + P_2 \text{ kg}$,

W — ristlõike vastupidavusmoment,

μ — parandustegur; terastele $\mu = 1$, malmil aga $\mu = 1,2$.

Juhul, kui sulgurile mõjub keskkonna rõhumine, suunatud sulguri alla, on paindemoment

$$M'_p = \frac{P_1}{\sqrt{3}} \left(D_1 + \frac{2}{3} b \right) + \frac{P_2}{2\pi} D_k \text{ kgcm} \quad (10)$$

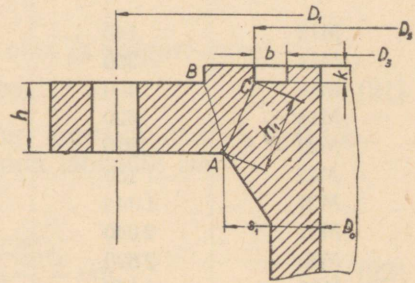
(moment jõust $\frac{Q}{2}$ on tema väiksuse tõttu arvesse võtmata) ja paindepinge

$$\sigma'_p = \frac{M'_p}{W} \leq R_p \text{ kg/cm}^2. \quad (11)$$

Kere äärikute arvutus tuleb vastustusrikastes äärikutes läbi viia kooskõlas eespool toodud juhtnõõridega (vt. Masina-elementid II, *Põllüited*). Tavalistes äärikliidetes võib eelpingestuse mõju hinnata ka ligikaudselt, võttes tema suuruseks $\frac{1}{3}$ jõust, mis tekib keskkonna rõhust. Keskkonna rõhust tingitud jõud ühendusäärikutes on (joon. 63).

$$P_0 = p_y \cdot \frac{\pi}{4} \left(D_3 + \frac{2}{3} b \right)^2 \text{ kg}. \quad (12)$$

Kaaneäärikuis lisandub sellele veel spindlile mõjuv jõud Q . Ohtlikem on ristlõige AC , kus paindepinge



Joon. 63.

$$\sigma_p = \frac{3P [2D_1 - (D_0 + 2s_1 + D_2)]}{\pi h_1^2 (D_0 + 2s_1 + D_2)} \text{ kg/cm}^2. \quad (13)$$

Ühendusäärikute puhul painet tekitav jõud

$$P = \frac{\pi}{3} p_y \left(D_3 + \frac{2}{3} b \right)^2 \text{ kg} \quad (14)$$

ja kaaneäärikute puhul

$$P = \frac{\pi}{3} p_y \left(D_3 + \frac{2}{3} b \right)^2 + \frac{\pi}{4} p \left(D_1 + \frac{2}{3} b \right)^2 + \frac{\pi}{4} p_f (D^2 - D_1^2) \text{ kg} \quad (15)$$

[vt. seosed (6) ja (7)].

Juhul, kui äärikus puudub tihendisoon, osutub ohtlikuks lõige AB , kus paindepinge

$$\sigma_p = \frac{3P[D_1 - (D_1 + 2s_1)]}{\pi(D_0 + 2s_1)h^2} \text{ kg/cm}^2. \quad (16)$$

Teades kaanele mõjuvaid jõude P ja Q , võib kontrollida poltidele mõjuvat jõudu. Kui poltide arv liites on n , siis ühele poldile mõjub jõud

$$S_1 = \frac{P + Q}{n} \text{ kg}. \quad (17)$$

Lubatavad koormused poltidele armatuuriehituses on toodud tabelis 30.

Spindlile mõjub survejõud keskkonna rõhust (või tõmbejõud, kui keskkonna rõhk mõjub spindli poolt) ja väändemoment, mis on rakendatud käsirattale. Survejõud $Q = P_1 + P_2$ määratakse valemite (6) ja (7) abil.

Kui jõud spindlile Q ületab 5000—6000 kg, siis on vajalik ventiili konstruksioonis ette näha lisaventiil (vt. joon. 59 ja 60), mille kasutamine,

T a b e l 30.

Poltidele armatuuriehituses lubatavad koormused.

Polt	Lubatav koormus kg			Kroom-molübdeenteras
	Ст. 3	Ст. 4	Ст. 5	
M12	140	150	190	280
M14	300	330	390	590
M16	400	450	540	800
M18	620	660	800	1 200
M20	920	1 020	1 220	1 830
M22	1 150	1 280	1 530	2 300
M24	1 440	1 600	1 920	2 900
M27	2 040	2 260	2 720	4 080
M30	2 620	2 920	3 500	5 250
M36	4 150	4 620	5 550	8 320
M42	6 020	6 690	8 030	12 050
M48	8 260	9 170	11 000	16 520

juhul, kui keskkond juhtida ventiili sulgurile pealtpoolt, võimaldab ventiili avamise kergendamiseks juhtida keskkonda ka teiselepoole sulgurit ja seega vähendada sulgurile mõjuvat jõudu.

Käsirattale rakendatav moment koosneb kolmest osast

$$M_v = M_1 + M_2 + M_3, \quad (18)$$

kus M_1 on moment keermel (spindlisuunalise jõu tekitamiseks);

M_2 — moment tihendikarbis, tihendimaterjali ja spindli vahelistest hõõrdejõududest;

M_3 — moment spindli otsa ja sulguri vahelistest hõõrdejõududest.

Vajalik moment jõu Q tekitamiseks spindlis

$$M_1 = Q \cdot \frac{d_k}{2} \operatorname{tg}(\psi + \varrho) \text{ kgcm}, \quad (19)$$

kus d_k on spindli keeme keskmise läbimõõt cm,

ψ — keeme tõusunurk,

ϱ — hõõrdenurk, võetakse tavaliselt 6° ($\operatorname{tg} \varrho = f_1 = 0,1$).

Hõõrdemoment tihendikarbis

$$M_2 = 0,63hf_2p_t d^2 \text{ kgcm}; \quad (20)$$

siin h on tihendi kõrgus tihendikarbis cm;

f_2 — spindli ja tihendi vaheline hõõrdetegur ($f_2 = 0,06 - 0,1$);

p_t — spindlile mõjuv tihendi surve kg/cm^2 , mis määratakse sõltuvalt tingrõhust järgmiselt:

$P_y \text{ kg/cm}^2$	6	10	16	25	40	65	100
$p_t \text{ kg/cm}^2$	18	25	30	50	75	100	125

d — spindli läbimõõt cm.

Hõõrdemoment hõõrdejõududest spindli otsa ja sulguri vahel

$$M_3 = 0,33Qf_3d_n \text{ kgcm}, \quad (21)$$

kus f_3 on hõõrdetegur spindli otsa ja sulguri kontaktpinnal, $f_3 \approx 0,15$;

d_n — spindli otsa ja sulguri kontaktpinna läbimõõt cm;

viimane määratakse seosega

$$d_n = 1,75 \sqrt[3]{\frac{2Q(E_1 + E_2)r_{sf}}{E_1E_2}} \text{ cm}, \quad (22)$$

milles E_1 ja E_2 on vastavalt spindli ja sulguri elastsusmoodulid kg/cm^2 ;

r_{sf} — spindli sfäärilise otsa raadius cm.

Ligikaudsel arvutusel võib momente M_2 ja M_3 avaldada osana momen-dist M_1 , s. t. kogumomendi M_v võib määrata seosest

$$M_v = \beta M_1, \quad (23)$$

kus β valitakse sõltuvalt tingrõhust P_y :

p_y kg/cm ²	6	10	16	25	40	65 ja 100
β	1,00	1,03	1,05	1,11	1,17	1,25

Seostest (22) ja (23) võib nüüd käsirattale rakendatud momendi järgi määrata spindlis esineva jõu Q :

$$Q = \frac{2(M_v - M_2 - M_3)}{d_k \operatorname{tg}(\psi + \varrho)} \text{ kg} \quad (24)$$

või

$$Q = \frac{2M_v}{\beta d_k \operatorname{tg}(\psi + \varrho)} \text{ kg.} \quad (25)$$

Teades spindlile mõjuva väändemomendi M_v ja jõu Q suurust, võib määrata liitpinge spindlis:
väändepinge

$$\tau = \frac{M_v}{0,2d_1^3} \text{ kg/cm}^2, \quad (26)$$

kus d_1 on spindli keermes siseläbimõõt cm;
survepinge

$$\sigma_s = \frac{4Q}{\pi d_1^2} \text{ kg/cm}^2, \quad (27)$$

ja liitpinge

$$\sigma = \sqrt{\sigma_s^2 + 3\tau^2} \leq R \text{ kg/cm}^2. \quad (28)$$

Terasele Ст. 5 lubatav pinge on kuni 900 kg/cm².

Spindli alaosas, kus on teostatud sulguri ühendamine spindliga, on spindel teatud ulatuses kujundatud väiksema läbimõõduga. Selles osas tuleb spindel kontrollida survele.

Spindel tuleb kontrollida ka nõtketele. Kuna tihendikarp ei suuda spindlit toetada, siis võetakse spindli nõtketele töötavaks pikkuseks l pikkus spindli alumisest otsast kuni keermega koos töötava mutri (silla) poole kõrguseni.

Lubatav maksimaalne jõud spindlile saledusega $\frac{l}{i} \geq 100 \sqrt{\frac{2000}{\sigma_{pr}}}$ (i on rist-

löike inertsraadius, $i = \frac{d_1}{4}$, σ_{pr} — spindli materjali proportsionaalsuse piir kg/cm²) määratakse Euleri valemiga mõlemast otsast šarniirselt kinnitatud tala jaoks:

$$Q_{lub} = \frac{\pi^2 E I_1}{l^2 n_{st}} \text{ kg}, \quad (29)$$

kus E on spindli materjali elastsusmoodul kg/cm²;

I_1 — spindli keerme siseläbimõõduga d_1 määratud ristlõike inerts-
moment cm^4 ;

l — spindli nõtkele töötav pikkus cm ;

n_{st} — stabiilsuse varutegur; $n_{st} \geq 3,5$ spindlitele läbimõõduga 12 ja
14 mm , $n_{st} \geq 4,5$ — suurematele läbimõõtudele.

Kui saledus $\frac{l}{i} < 100 \sqrt{\frac{2000}{\sigma_{pr}}}$, siis kriitiline pinge arvutatakse valemiga

$$\sigma_{kr} = \sigma_0 \left(1 - b \cdot \frac{l}{i}\right) \text{ kg/cm}^2, \quad (30)$$

kus σ_0 ja b on tegurid, mille suurus sõltub spindli materjalist ja mis on toodud tabelis 31.

Tabel 31.

Tegurid σ_0 ja b nõtkele arvutusel.

Materjal	σ_0	b	$\frac{l}{i}$
Süsinikteras ($\sigma_b < 50 \text{ kg/mm}^2$)	3100	0,00368	10—105
Süsinikteras ($\sigma_b \geq 50 \text{ kg/mm}^2$)	3350	0,00185	≤ 90
Nikkelteras (5% Ni)	4700	0,00490	≤ 86

Sild kontrollitakse paindele löigetes AB ja CD , väikese seinapaksuse puhul ka lõikes CE (joon. 64). Mõjuvaks jõuks on piki spindlit mõjuv jõud Q , mis on rakendatud keerme keskmisele läbimõõdule d_k . Paindepinge lõikes AB

$$\sigma_{p, AB} = \frac{Q \left(\frac{l}{2} - \frac{d_k}{\pi} \right)}{2W_{AB}} \leq R_p \text{ kg/cm}^2, \quad (31)$$

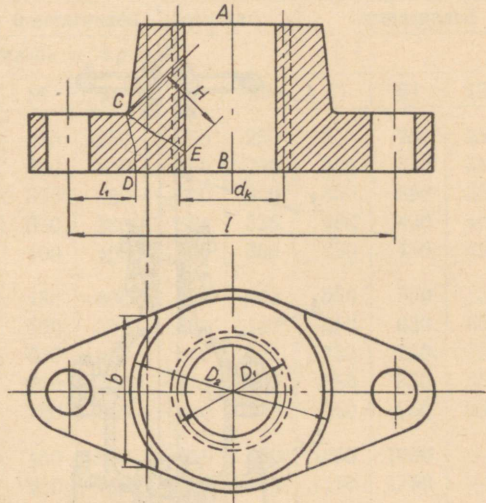
kus W_{AB} on vastupidavusmoment lõikes AB .

Lõikes CD

$$\sigma_{p, CD} = \frac{Q(l - D_2)}{4W_{CD}} \text{ kg/cm}^2; \quad (32)$$

siin W_{CD} on vastupidavusmoment lõikes CD .

Analoogilistes kriitilistes löigetes teostatakse ka kontrollarvutus tihendi püksile, kusjuures mõjuv jõud arvutatakse tihendi kokkusurumisel tekkiva tihendi surve p_t kaudu (p_t mõjub tihendi puksi otspinnale).



Joon. 64.

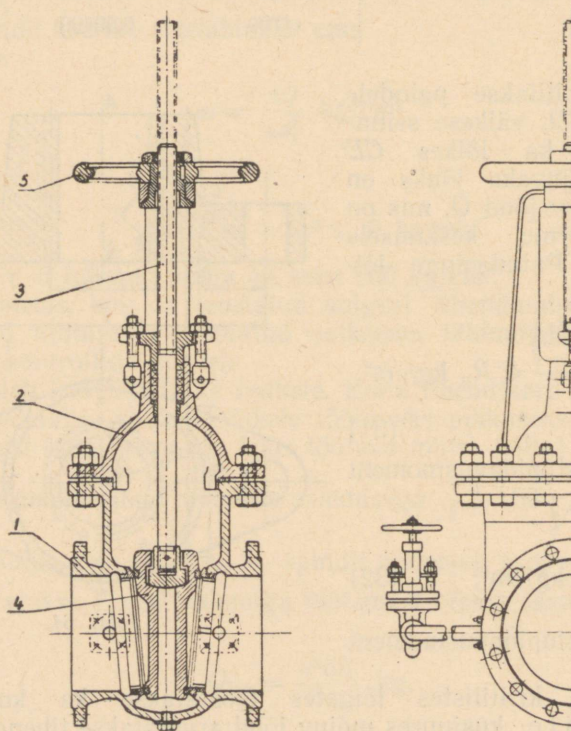
Ülejäänud vajalikud tugevusarvutused, nagu näit. spindli ja sulguri ühenduselementide, käsiratta, spindli ja käsiratta ühendamise jms. arvutused teostatakse tavalises korras ja nende läbiviimine ei tohiks tekitada raskusi.

2. Siibrid.

Siibrit iseloomustab tema sulguri liikumine, mis toimub risti keskkonna liikumise suunaga. Siibrid leiavad väga laialdast kasutamist peale vee-, auru-, gaasi- ja õhutorustike ka niisuguste suurema viskoossusega vedelike jaoks määratud torustikkudes, nagu mitmesugused õlid ja nafta. Siibreid kasutatakse peamiselt suurte tinglähimõõtude puhul — kuni 1500 mm ja rohkem (3000 mm), kuid leiavad rakendamist ka väiksematel läbimõõtetel (15 mm).

Siibrite suuremateks eelisteks ventiilide ees on nende üldiselt väike hüdrauliline takistus, ja asjaolu, et hüdrauliline takistus ei sõltu keskkonna voolu suunast.

Joonisel 65 esitatud siiber koosneb põhiliselt siibri kerest 1, kaanest 2, millega koos on kujundatud tihendikarp ja spindli vastaskeere, spindliga 3 seostatud sulgurist 4 ja käsirattast 5. Sulgur on toodud konstruktsioonis kujundatud kiilutaolisena, kusjuures siibri hermeetilise sulgemise tagami-



Joon. 65.

seks on nii sulgur kui ka sulguri vastaspind keres varustatud tihendrõn-gastega.

Antud konstruktsioonis jääb käsiratta pöörämisel käsiratas endisele kõrgusele, tõuseb spindel koos sulguriga.

Spindli liikumise suhtes teise põhitüübi kujundavad siibrid, kus spindli pöörämisel selle asend kõrguses ei muutu. Sel juhul on spindli vastaskeere moodustatud siibri sulguri ülaossa lahtiselt kinnitatud mutrisse. Viimane, liikudes spindli pöörämisel translatoorselt, võtab kaasa ka sulguri (joon. 66).

Siibri tüüp, kus spindli asend kõrguses muutub, on küll kõrgem, kuid on üldiselt siiski rohkem kasutatav tema peamiste eeliste — keermepaari eral-datus läbijuhitavast keskkonnast (määrimise võimalus) ja hõlpsam võima-lus kujundada spindli teljesuunaliste jõudude vastuvõtmiseks kuullaagri-sõlme — tõttu. Tüüpi, kus spindli asend kõrguses ei muutu, kasutatakse tavaliselt ainult kõrguse suhtes äärmiselt piiratud gabariitide puhul.

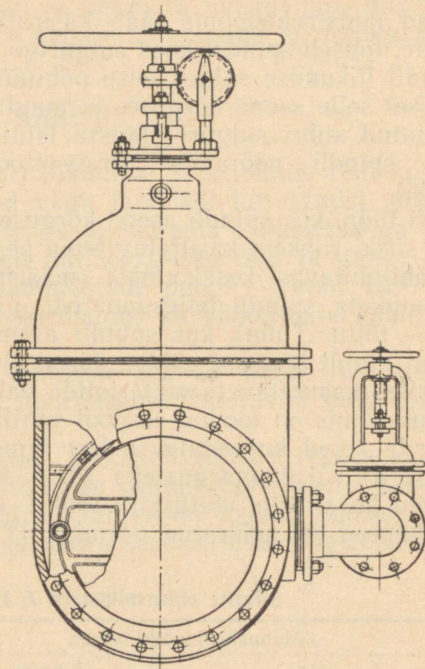
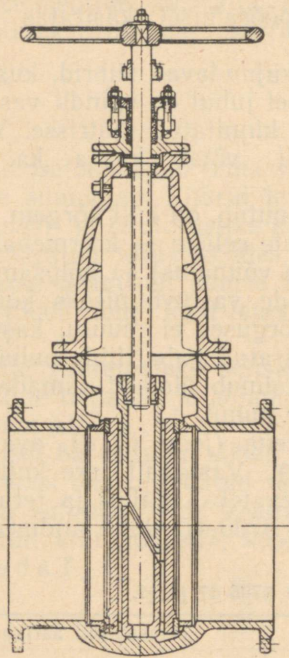
Siibrites kasutatavate materjalide valik toimub üldiselt samade kaalu-luste alusel, mis on toodud eespool ventiilide puhul.

Siibrite kered kujundatakse kas lamedatena (joon. 67, a), ovaalsetena (joon. 67, b) või ümmargustena (joon. 67, c). Vastavalt kere kujundusele kujunevad ka siibrite ehituspikkused L erinevateks. Malm- ja terassiibrite ehituspikkused on määratud normiga ГOCT 3706-47, mille andmed vasta-

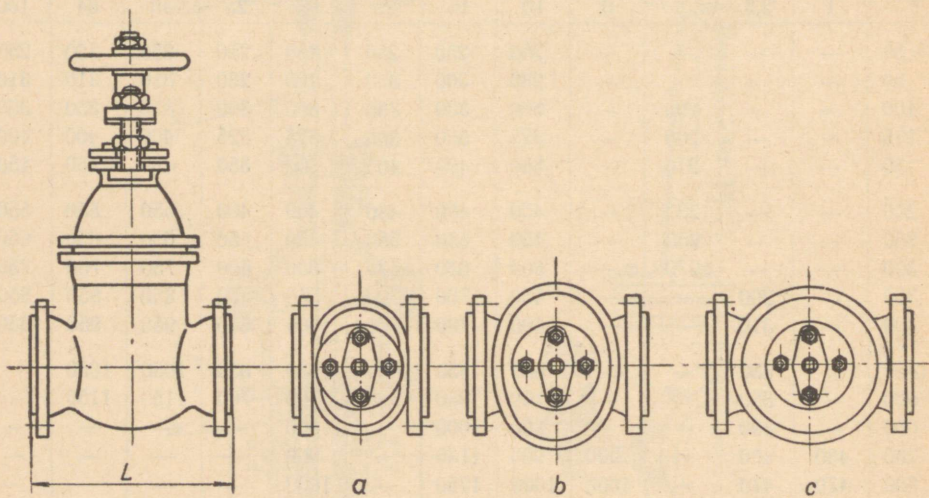
Tabel 32.

Siibrite ehituspikkused L ГOCT 3706-47 järgi.

Ting-läbi-mõõt D_y mm	Malmsiibrid äärikutega						Terassiibrid äärikutega					
	lamedad		ovaalsed		ümmargused		ovaalsed		ümmargused			
	Tingrõhk p_y kg/cm ²											
	1	2,5	4	6	10	16	25	16	25	40	64	100
50	—	—	—	—	250	250	250	250	250	250	250	250
80	—	—	—	—	280	300	300	280	280	310	310	310
100	—	—	190	—	300	330	330	300	300	350	350	350
125	—	—	200	—	325	360	360	325	325	400	400	400
150	—	—	210	—	350	400	400	350	350	450	450	450
200	—	—	230	—	400	480	480	400	400	550	550	550
250	—	—	250	—	450	550	550	450	450	650	650	650
300	—	—	270	—	500	630	630	500	500	750	750	750
350	—	290	—	—	550	700	700	550	550	850	850	850
400	—	310	—	—	600	780	780	600	600	950	950	950
(450)	—	330	—	—	650	850	850	650	650	1050	1050	—
500	—	350	—	—	700	930	930	700	700	1150	1150	—
600	—	390	—	—	800	1000	—	800	—	—	—	—
700	430	430	—	900	900	1130	—	900	—	—	—	—
800	470	470	—	1000	1000	1250	—	1000	—	—	—	—
900	510	510	—	1100	1100	1380	—	—	—	—	—	—
1000	550	550	—	1200	1200	1500	—	—	—	—	—	—



Joon. 66.



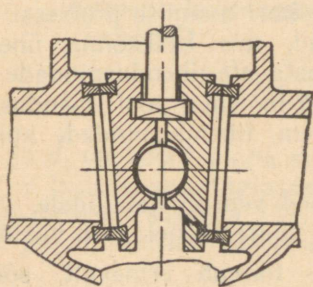
Joon. 67.

valt siibri kere kujundusele on toodud tabelis 32. Samast selguvad ka kere erinevate kujude kasutamise piirkonnad.

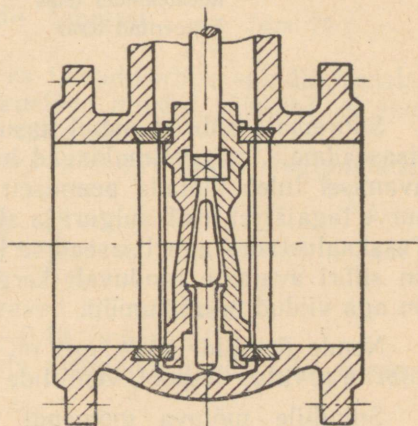
Sulgurid on siibrites kujundatud kas kiilutaolistena (kiilsulgurid) või paralleelpinnalistena (paralleelsulgurid) (vt. joon. 65 ja 66). Kiilsulgurite puhul nõuab tihenduspindade kujundamine suuremat täpsust, töötamisel kuluvad tihenduspinnad kiiremini, esineb sööbimine, millega kaasneb ka suurema jõu rakendamise vajadus siibri avamiseks. Samuti võib kõrgetel temperatuuridel sulguri ja kere erinev temperatuurne deformeerumine põhjustada ebatiheidust. Nende peamiseks eeliseks on aga hoolika valmistamise ja hooldamise puhul saavutatav suurem tihedus. Tihenduspindade kalle on tavaliselt 1 : 20, mis vastab kiilsulguri nurgale $5^{\circ}44'$, kõrgematel temperatuuridel töötavatel sulguritel on vastav nurk 10° .

Kiilsulgurid valmistatakse kas ühes tükis (vt. joon. 65) või kahest poolst, mis omavahel ühendatakse liikuvalt (šarniirsed kiilsulgurid) (joon. 68). Viimaste valmistamine on küll tunduvalt keerukam, kuid nimetatud konstruktsioon tagab alati hermeetilisuse saavutamise.

Lihtsaim paralleelsulguri konstruktsioon kujutab enesest paralleelsete külgedega ketast, mis keskkonna mõjul surutakse vastu kere tihenduspindu. Siibri hermeetilisus on tagatud ainult sel juhul, kui sulguri ees ja taga keskkonna voolu suunas on olemas küllaldane rõhkude vahe. Samuti esineb nimetatud konstruktsioonis puudusena tihenduspindade pidev kontakt, järelikult ka hõõrdumine ja kulumine sulguri kogu avamise või sulgemise vältel. Joonisel 69 toodud „Ludlo“-tüüpi sulguri tihenduspinnad surutakse kere vastavatele pindadele sulgurisse kujundatud kiilu abil. „Ludlo“-tüüpi siibreid valmistatakse tinglähimõõtudega 50—400 mm tingrõhule 10—16 kg/cm².



Joon. 68.



Joon. 69.

Joonisel 66 esitatud siibri (tüüp „Moskva“) puhul tekitatakse tihendamine paralleelsete ketassulgurite laialilükkamisega kahe kaldsete otpindadega puksi abil. Ülemine puks on varustatud mutriga, mis on ühenduses spindli keermetatud otsaga. Alumine puks toetub kere astmele. Siibri sul-

gemisel tekib pukside kaldpindade vahel libisemine ja kettaid surutakse tihenduspiindadele. „Moskva”-tüüpi siibreid valmistatakse tinglääbimõõtu- dega kuni 1000 mm tingrõhule 6—10 kg/cm².

Tihendamist toimetatakse mõnedes konstruktsioonides ka otseselt kang- süsteemi kaudu. Niisuguste mehaaniliselt juhitavate paralleelsulgurite puhul, kus tihendamine toimub alles pärast sulguri jõudmist oma alumisse asendisse, on võimalik edukalt kasutada ka pehmeid tihendimaterjale. Kir- jeldatud tüüpi siibrid osutuvad väga töökindlaks ja neid kasutatakse eriti neis torustikkudes, kus valitsevad kõrged rõhud ja kus hermeetilisuse taga- mine on vajalik pikemaks ajavahemikuks.

Tihendikarbi kujundus, spindli pööramine jms. teostatakse siibrite puhul samadel alustel, mis on kirjeldatud eespool ventiilide käsitlemisel. Lubata- vad pindsurved tihendrõngastele on toodud tabelis 33.

T a b e l 33.

Siibrite tihendrõngastele lubatav pindsurve.

Tihendrõngaste materjal	Lubatav pindsurve kg/cm ²
Pronks OII 10-2	125
Pronks OΦ 10-1	160
Pronks OIIH 10-3-4	220
Roostekindel teras	400—600
Nitreeritud teras	600

Suuremate siibrite puhul kasutatakse ka siin, nagu ventiilidegi juures, lisaseadmeid, mis võimaldavad kergendada siibri avamise protsessi. Siibri avamisel tuleb ületada peamiselt hõõrdejõud, mis keskkonna ühepoolse surve tagajärjel tekib sulguri ja siibri kere vastavate tihenduspiindade vahel. Tasakaalustades aga lisaseadme kaudu rõhud mõlemal pool tihenduspiindu, on siibri avamine tunduvalt kergem ja kiirem, tihenduspiindade kulumine on aga viidud miinimumini.

Nende detailide osas, mis on analoogilised ventiili detailidele, toimub siibrite arvutus eespool, ventiilide käsitlemise juures kirjeldatud viisidel.

Spindlile mõjuva momendi arvutamine toimub erinevalt, sõltuvalt sellest, kas spindel siibri avamisel-sulgemisel liigub translatoorselt või pöörleb.

Pöörleva spindliga konstruktsiooni puhul peab tiheda sulgemise saa- vutamiseks ületatama momendi

$$M_v = M_1 + M_2 + M_3, \quad (33)$$

kus M_1 on moment keermepaaris spindli teljesuunalise jõu Q puhul [vt. seos (19)];

M_2 — hõõrdemoment tihendikarbis [vt. seos (20)];

M_3 — hõõrdemoment spindli tugiosas (joon. 70 ja 66):

$$M_3 = \frac{1}{3} Q f_3 \cdot \frac{d_v^3 - d_s^3}{d_v^2 - d_s^2}, \quad (34)$$

kus d_v ja d_s on hõõrdepinna suurust määravad läbimõõdud;

f_3 — hõõrdetegur tugiosas, $f_3 \approx 0,15$.

Spindli telje suunas mõjuva jõu Q suurima väärtuse võib leida seosest

$$Q = \frac{M_k - M_2}{\frac{d_k}{2} \operatorname{tg}(\psi + \varrho) + \frac{1}{3} \cdot \frac{d_v^3 - d_s^3}{d_v^2 - d_s^2} f_3}, \quad (35)$$

kus M_k on spindlile rakendatud väändemoment.

Translaatorseelt liikuva spindliga konstruktsiooni korral tuleb siibris tiheda sulgemise saavutamiseks rakendada moment

$$M_v = M_1 + M_2 + M_4, \quad (36)$$

kus M_1 on moment keermepaaris spindli teljesuunalise jõu Q puhul [vt. seos (19)];

M_2 — moment hõõrdumise ületamiseks tihendikarbis; spindli translaatorse liikumise puhul on hõõrdejõud niivõrd väikesed, et suuruse M_2 võib võrrandist (36) välja jätta;

M_4 — moment hõõrdumise ületamiseks pöörleva puksi tugipindadel (joon. 65):

$$M_4 = \frac{1}{3} Q f_4 \cdot \frac{d_v^3 - d_s^3}{d_v^2 - d_s^2}, \quad (37)$$

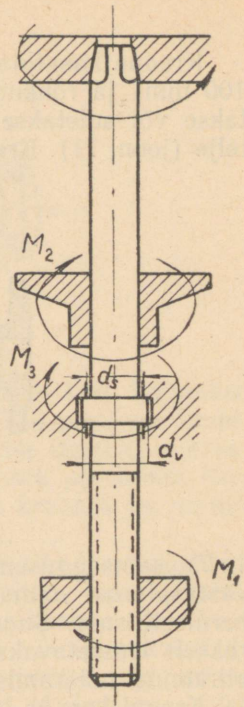
kus d_v ja d_s on hõõrdepinna suurust määravad läbimõõdud;

f_4 — hõõrdetegur tugiosas, $f_4 = 0,05-0,10$ (määritult).

Analoogiliselt seosega (35) võib ka siin avaldada spindli telje suunas mõjuva jõu Q suurima väärtuse:

$$Q = \frac{M_k}{\frac{d_k}{2} \operatorname{tg}(\psi + \varrho) + \frac{1}{3} \cdot \frac{d_v^3 - d_s^3}{d_v^2 - d_s^2} f_4}. \quad (38)$$

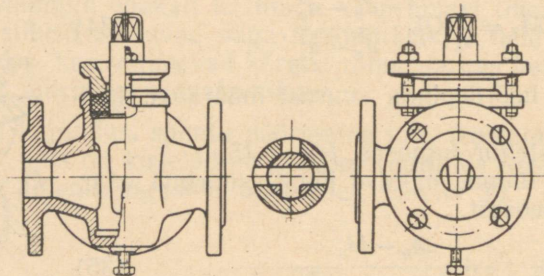
Spindli teljesuunalise jõu Q vajaliku suuruse määramisel tuleb arvesse võtta sulguri kuju (kiil- või paralleelsulgur) ja vajalikku tihendussurvet tihenduspindele. Hõõrdetegur tihenduspindele võetakse tavaliselt 0,15—0,25.



Joon. 70.

3. Kraanid.

Kraane kasutatakse torustikkudes peamiselt väikeste läbimõõtude (kuni 100 mm) ja rõhkude (kuni 10 kg/cm^2) puhul. Läbipääs keskkonnale avatakse või suletakse kraani sulguri — korgi — pööramisega ümber tema telje (joon. 71). Kraani kork kujundatakse koonilisena (koonilisus tavaliselt



Joon. 71.

1 : 7), samasugusena on kujundatud ka korgi pesa kraani keres. Koonilised vastaspinnad võimaldavad korraliku sobitamise puhul saavutada küllaldase hermeetilisuse. Suuremate kooniliste tööpindade puhul muutub sobitamine raskelt teostatavaks, mis ongi peamiseks kriteeriumiks kraanide kasutuspiirkonna määramisel.

Kraani kere ja korgi materjalide valik tuleb teostada selliselt, et valitud materjalipaar oleks hästi kohanduv. Sobivateks materjalipaarideks oleksid näit. hall malm (kere) — pronks (kork), pronks—pronks, messing—pronks. Laevatorustikkudes ei ole aga näit. malmvalu armatuuriehituses lubatud. Peamiseks materjalideks on seal kraanidele pronks.

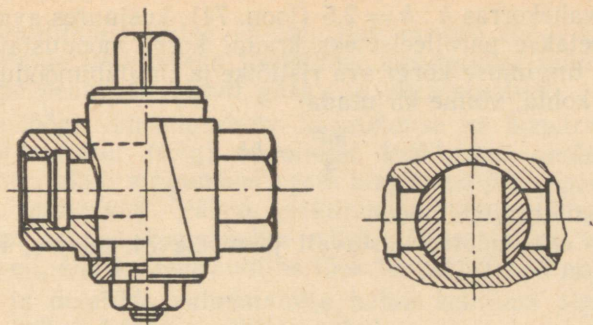
Kraanid võivad olla ehitatud kahe-, kolme- või neljakäigulistena. Kahekäigulised kraanid kujundatakse kas otsevoolu- või nurkkraanidena.

Oma ehitusviisilt on kraanid, võrreldes ventiilide ja siibritega lihtsamad, kompaktsemad, nende tööpinnad on kergemini remonditavad. Peamisteks puudusteks on tööpindade kiire kulumine ja korgi raske keeratavus kõrgematel rõhkudel (suurtel kraanidel).

Võttes aluseks kere ja korgi vahelise tiheduse saavutamise mooduse, võib jaotada kraanid oma konstruktsioonilt nelja erinevasse rühma: 1) pingutatavad kraanid; 2) tihendikarbiga kraanid; 3) isetihendavad kraanid; 4) määrdeainetega tihendatavad kraanid.

Pingutatavate kraanide puhul saavutatakse hermeetilisus, tõmmates kraani korgi keermetatud alaosa asetatud mutri abil korgi tugevalt vastu kere tihenduspinna (joon. 72). Kere kooniline osa on sel puhul kujundatud alt lahtisena. Pingutatavaid kraane kasutatakse suhteliselt vähe, seejuures keskkonna madalamatel rõhkudel (kuni 6 kg/cm^2).

Tihendikarbiga kraanid (vt. joon. 71) on kõige levinumad. Alt kinnine kere ehitusviis ja tihendikarbi olemasolu tagavad kraanile suurema töökindluse ja annavad seega võimaluse kasutada kraane ka kõrge-



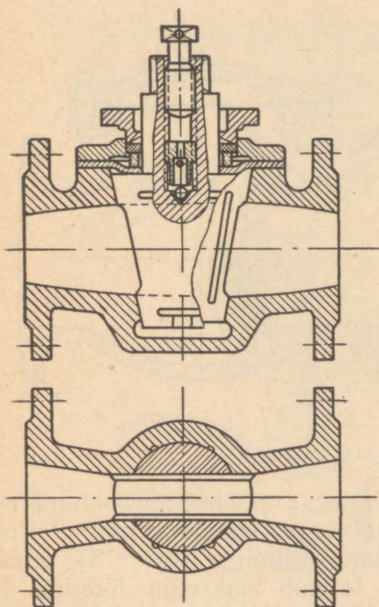
Joon. 72.

matel rõhkudel. Hermeetilisus saavutatakse siin sel teel, et kork surutakse tihendikarbi kaane ja tihendimaterjali abil oma koonilisse pesasse. Joonisel 71 esitatud kraani kere alaosas olevat kruvi kasutatakse suuremate kraanide puhul ja tema ülesandeks on võimaldada suruda kork pööramise kerendamiseks enne pööramist veidi üles. Tihendikarbiga kraanid on normitud (ГОСТ 2422-44, 2423-44, 2844-45, 2998-45, 2704-44).

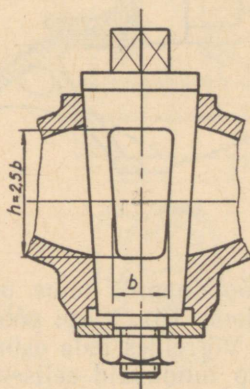
Isetihendavates kraanides saavutatakse tihedus torustikku läbiva keskkonna surve abil. Nimetatud tüübi töökindlus on väiksem, kuna tiheduse saavutamiseks on tarvis teatud kindlat keskkonna survet.

Määrdeainega tihendatud kraane on võimalik kasutada kõrgematel rõhkudel ja ka suurematel läbimõõtetel, mistõttu nad mõnel juhul võivad edukalt võistelda ventiilide ja siibritega. Määrdeaine tuleb valida niisugune, mis antud läbivoolavas keskkonnas ei lahustu. Määrdeaine juhitakse korgis olevate kanalite kaudu korgialusesse kere osasse, sealt edasi tööpinnaile (joon. 73).

Kraanide projekteerimisel kujundatakse korgi ava ristlõige trapetsina, mille mõõ-



Joon. 73.



Joon. 74.

ted valitakse vahekorras $h : b = 2,5$ (joon. 74), kusjuures ava mitteparalleelsed küljed võetakse paralleelseteks kraani korgi moodustajatega. Seades üles võrdsuse tingimuse korgi ava ristlõike ja tinglõikmõõdule vastava ristlõike pindala kohta, võime kirjutada

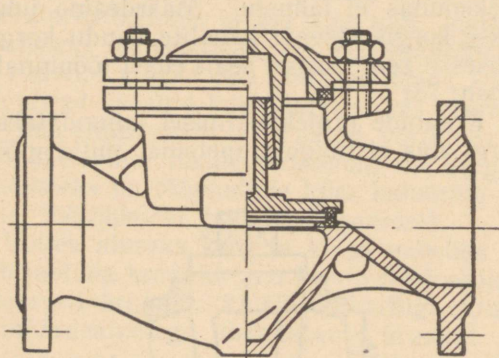
$$\frac{\pi d^2}{4} = bh, \quad (39)$$

kus d on kraani tinglõikmõõt,
 b ja h — ava mõõted vastavalt joonisele 74, saame, kasutades seost
 $h = 2,5b$, et $b = 0,55d$.

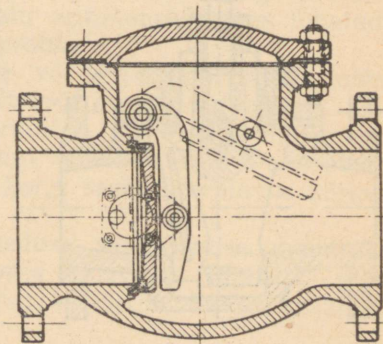
4. Tagasilöögiklapid.

Tagasilöögiklappe kasutatakse keskkonna ühesuunalise liikumise tagamiseks. Tagasilöögiklapid võimaldavad kiirelt katkestada keskkonna liikumise torustikus.

Joonisel 75 toodud tagasilöögiklapil on suur sarnasus ventiiliga. Põhiline erinevus töötamises seisab selles, et sulgur võib tagasilöögiklapi keres vabalt üles-alla liikuda, kusjuures liikumise määrab torustikus voolav keskkond. Sulguri alla juhitud keskkond tõstab sulguri ja voolab läbi tagasilöögiklapi. Kui keskkonna juurdevool lakkab või toimub voolamise suuna muutus, siis sulgur keskkonna mõjul sulgub. Niisuguseid klappe kasutatakse laialdaselt katelde toititorustikkudes, mistõttu neid sageli nimetatakse ka toiteklappideks.



Joon. 75.



Joon. 76.

Tagasilöögiklappide teine põhitüüp on ehitatud pöördklapi põhimõttel töötavana (joon. 76). Klapi pöördumine toimub kere sisemusse monteeritud telje ümber. Võrreldes teda esimesena kirjeldatud tüübiga (joon. 75), omab esimene tüüp tunduvald eeliseid: sulgumine toimub väiksema löögiga ja suletud olekus on saavutatav suurem hermeetilisus. Teisena nimetatud tüü-

bil on aga hüdrauliline takistus väiksem kui ventiili tüüpi klapil. Suurte hüdrauliliste löökide vältimiseks torustikus kasutatakse pöördklapi tüüpi tagasilöögiklappe peamiselt ainult gaasi- ja aurutorustikes.

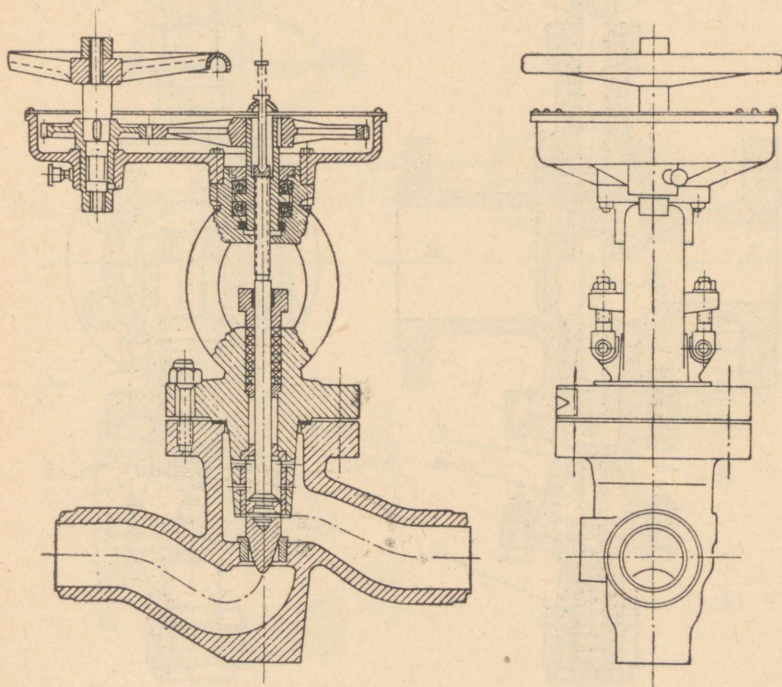
Hüdraulilise löögi vähendamiseks kasutatakse ka konstruktsioone, kus pöördklapi pöördetsenter (telg) on viidud keskkonna voolu keskjoonele lähemale, mistõttu klapi sulgumisel osale klapist mõjub tagasivoolav kesk-kond sulgemist takistavalt. Vähem efektiivne on konstruktsioon, kus ühe suure pöördklapi asemel kasutatakse mitut väikest: kuna kõik klapid ei sulgu samaaegselt, siis ka hüdrauliline löök teatud määral väheneb.

Materjalide ja detailide valmistamise kohta kehtivad põhiliselt samad nõuded, mis on esitatud juba ventiilide puhul.

IV. REGULEERIMISARMATUUR.

Reguleerimisarmatuuri abil reguleeritakse torustikku läbiva keskkonna rõhku, temperatuuri või ka suunda.

Drosselklapid (joon. 77) võimaldavad läbivooluava ristlõike muutmise abil kutsuda esile keskkonna voolamistakistuse muutumise, kusjuures keskkonna voolamistakistusest sõltub rõhk drosselklapi taga. Ventiili tüüpi



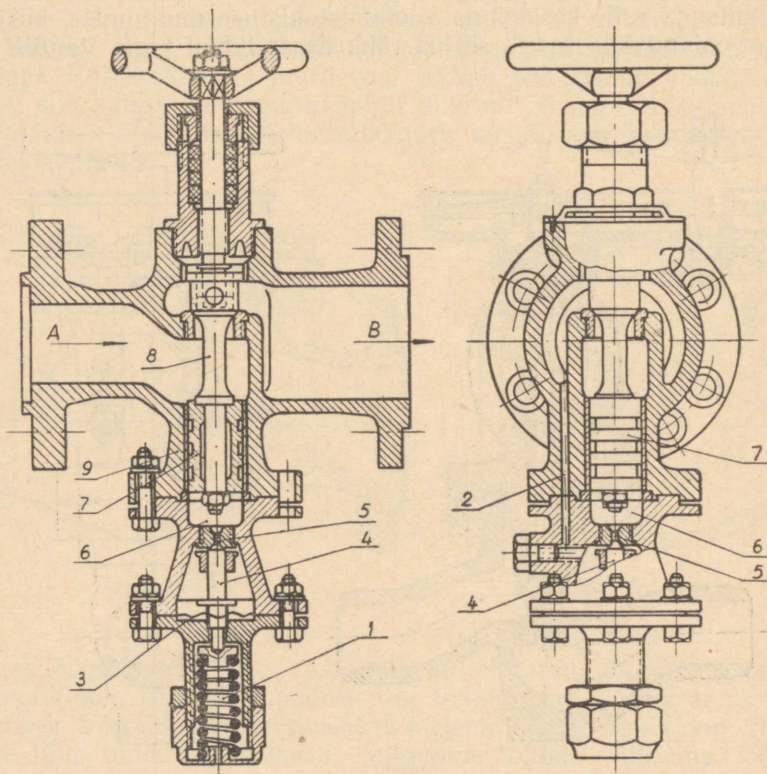
Joon. 77.

drosselklapp erineb konstruktiivselt tavalisest ventiilist oma sulguri kuju tõttu, mis on valitud vastavalt läbivooluava ristlõike nõutava muutmise suurusele. Sulguriks võib olla ka kooniline nõel.

Drosselklappe ehitatakse ka kraani ja pöördklapi tüüpi. Need leiavad kasutamist aga siiski harvemini.

Reduktsiooniventüilid on ette nähtud torustikus voolava keskkonna rõhu hoidmiseks etteantud kõrguses või keskkonna rõhu alandamiseks. Reduktsiooniventüilid töötavad aurutorustikes rahuldavalt rõhuvahe puhul veel kuni 15 kg/cm^2 .

Joonisel 78 toodud reduktsiooniventüil aurutorustikule töötab järgmiselt. Vedru 1 survega määratud keskkonna rõhu ületamisel alas B, surub aurukanali 2 kaudu membraani 3 abil kokku vedru 1, mistõttu nõel 4 avab läbipääsu 5. Sellega on võimaldatud väljapääs alas 6 leiduvale aurule (või ka kondensaadile). Rõhu alanemise tõttu alas 6 surutakse kolb 7 koos vardaga 8 alas A valitseva ülerõhu tõttu allapoole. Viimane liikumine kutsub esile klapi ja istme vahelise pilu vähenemise, mille tagajärjel rõhk alas B väheneb. Kuna membraanile mõjub nüüd väiksem rõhk, siis membraan vedru mõjul jälle tõuseb ja suletakse ka ava 5. Kolvi 7 ja silindri 9 vahelisest pilust tungib aur alasse 6 ja rõhud kolvi kummalegi otsale tasakaalustuvad.



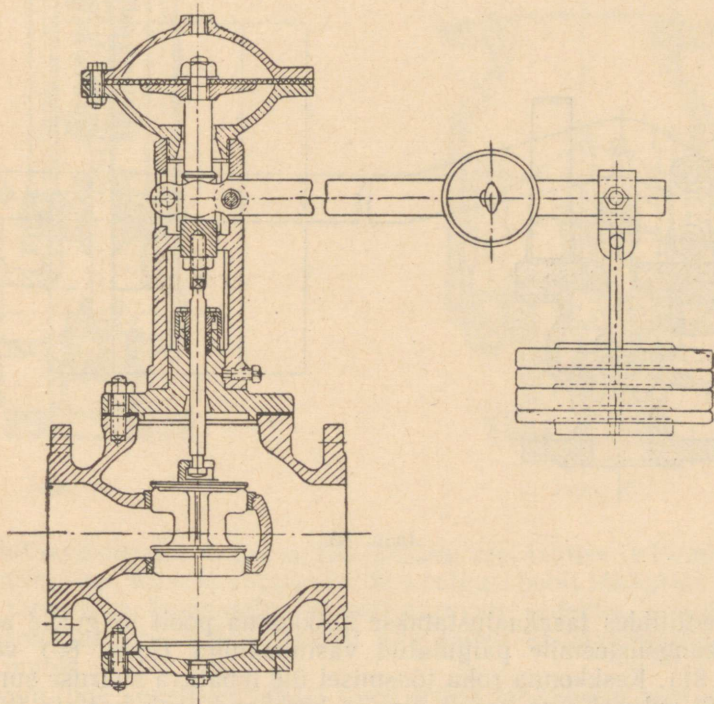
Joon. 78.

Rõhk alas *A* tõstab jälle varrast δ , pilu istme ja klapi vahel suureneb ja rõhk alas *B* tõuseb. Kirjeldatud viisil toimub reduktsiooniklapi edasine avamine ja sulgemine, kuni saavutatakse sobiv tasakaaluvahekord ala *B* rõhu ja ava *5* suuruse vahel.

Joonisel 79 esitatud reduktsiooniventiil erineb eelkirjeldatust põhiliselt sellega, et ventiili taga asuv torustiku osa ühendatakse membraanikambriga eri ühendustoru kaudu ja nõutava rõhu suurus on määratav riputatava vastukaalu abil. Sulgur on kahekettaline.

Reduktsiooniventiile kujundatakse ka sellistena, kus on võimalik hoida rõhku soovitavas kõrguses reduktsiooniventiili ees. Selle saavutamiseks peaks sulguri liikumine toimuma mitte istmete kohal, nagu on näidatud joonisel 79, vaid istmed peaksid olema kujundatud tihenduspiindadega allapoole, mis puhul sulgurite liikumine toimuks ventiili avanemisel allapoole, sulgumisel ülespoole.

Võrreldes mitmesuguse konstruktsiooniga reduktsiooniventiile, võib märkida, et vastukaaluga konstruktsioonid on suurema inertsusega, vähem tundlikud, vedruga tasakaalustatavad konstruktsioonid on aga vedru karakteristikust tingituna suurema ebaühtluse astmega, s. t. hälve etteantud redutseeritud rõhust selleks, et sulgur liiguks oma ühest piirasendist teise, on suurem kui vastukaaluga süsteemidel.



Joon. 79.

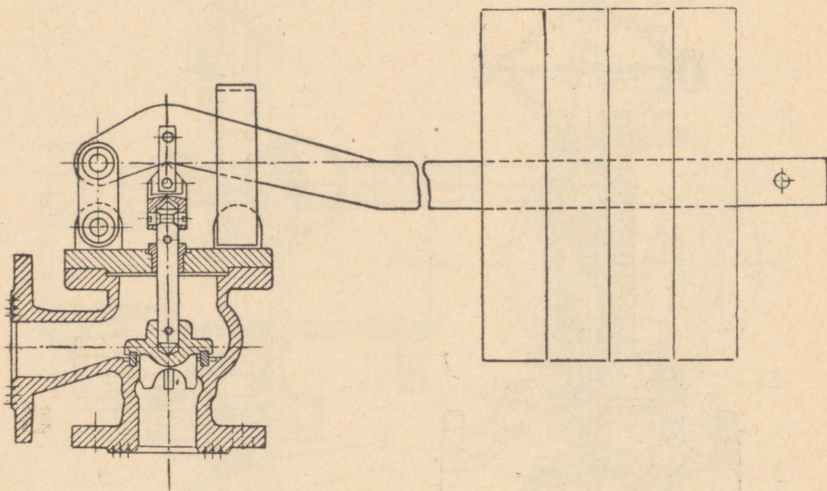
Kasutatakse ka reduktsiooniventile, kus keskkonna rõhu reguleerimist toimetatakse mingi abivedeliku (näit. vesi) abil. Nimetatud tüüp on suurema tundlikkusega, kuna režiimi muudatused suurendatakse abikeskkonna kaudu. Konstruksioonilt kujunevad aga nimetatud reduktsiooniventiid teistest keerukamateks ja kallimateks.

Seadmeid, millede abil toimub keskkonna juhtimine torustiku erinevatesse osadesse, nimetatakse *m a n i p u l a a t o r i t e k s*. Nii näiteks on võimalik automaatselt töötava manipulaatori abil anda keskkonnale suund torustiku eri osadesse sõltuvalt keskkonna temperatuurist. Käsitsi käitavatest manipulaatoreist on lihtsaim kraanitüüpi seade, mis võimaldab keskkondi juhtida ja suunata erinevates kombinatsioonides.

V. KAITSEARMATUUR.

Kaitsearmatuuri ülesandeks on vältida keskkonna ülerõhku torustikus, samuti aga ka kaitsta torustikku sinna sattuda võivate kõrvaliste ainete eest.

Kaitseventiilide ülesandeks on juhul, kui keskkonna rõhk torustikus ületab etteantud piirsuuruse, juhtida osa keskkonda torustikust, katlast, masinast vms. välja. Normaalses olukorras on kaitseventiili sulgur, mis eraldab keskkonda atmosfäärist, suletud olekus.



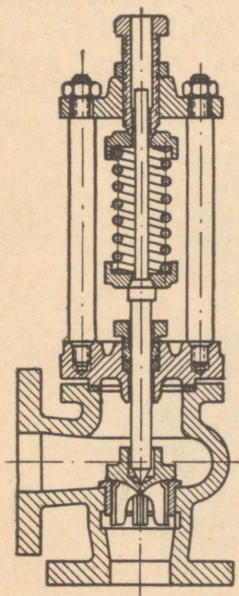
Joon. 80.

Kaitseventiilides tasakaalustatakse keskkonna poolt sulgurile avaldatav rõhk kas kangüsteemile paigutatud vastukaaluga (joon. 80) või vedru jõul (joon. 81). Keskkonna rõhu tõusmisel üle lubatava suuruse surub keskkond ventiili sulguri oma pesalt üles ja keskkond saab voolata torustikust välja.

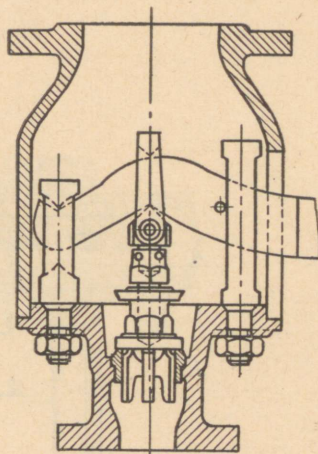
Vedru jõul tasakaalustatud kaitseventiilide peamiseks puuduseks on asjaolu, et koos klapi tõusuga muutub ka vedru poolt arendatav jõud. Kangsüsteemiga kaitseventiilides jääb aga tasakaalustav koormus samaks klapi iga asendi juures. Viimase tüüpi puuduseks on nende kasutamatus mittestatsionaarseis seadmeis, nad tuleb monterida nii, et kang vastukaaluks asetseks horisontaalselt. Seetõttu tuleb mittestatsionaarseis seadmeis alati kasutada vedru tüüpi kaitseventiile. Vedru tüüpi ventiilid võivad töötada hästi ka keskkonna pulseeriva koormuse puhul. Vedru tüüpi kaitseventiilid on väiksema gabariidiga ja neid võib monterida igasse asendisse.

Sulguri tõusu kõrguse järgi eristatakse kahte põhitüüpi kaitseventiile: mittetäiskäigulised (tavalised) ja täiskäigulised. Mittetäiskäigulistel ventiilidel moodustab sulguri tõus 0,10—0,025 sulguri istme ava läbimõõtu, täiskäigulistel aga 0,25 ava läbimõõtu või rohkem.

Täiskäigulistel kaitseventiilidel saavutatakse sulguri suurem tõus, kasutades sulguri esialgsel tõusul läbi kitsa ava tungiva keskkonna energiat. Selleks on sulguri spindlile kinnitatud lisaseib (joon. 82).



Joon. 81.



Joon. 82.

Oma ehitusviisilt võib kaitseventiile jagada veel lahtise ja kinnise ehitusviisiga ventiilideks. Kinnist ehitusviisi, kus sulguri poolt läbilastav keskkond väljub eri torustikku, kasutatakse kergelt auruvate vedelike, kahjulike mõjudega keskkondade jms. puhul, samuti aga sageli ka täiskäiguliste kaitseventiilide juures.

Kaitseventiilide konstrueerimisel tuleb erilist tähelepanu pöörata sulguri ja istme tihendrõngaste kujundamisele. Kuna koos tihendrõngaste laiuse

suurenemisega suureneb vajalik jõud ventiili hermeetiliseks sulgemiseks, raskeneb tihendrõngaste lõplik töötlemine ja esineb suurem oht võõrkehaste sattumiseks tihenduspindadele, tuleb kaitseventiilide tihendrõngaste laius valida minimaalne. Viimane asjaolu tingib kvaliteetsete materjalide kasutamist, samuti ka sulguri juhtelementide head kujundamist. Tihendrõnga laiuseks võetaksegi mitte üle 1—2,5 mm.

Katlajärelevalve Inspektsiooni poolt on kehtestatud eeskirjad, mis näevad ette kaitseventiilide kasutamist aurukatudel, aurülekuumendeil ja ökonomaisereil. Kaitseventiili istme läbimõõt d tuleb määrata sõltuvalt töörõhust ja katla tootlikkusest. Kateltele aurutusvõimega kuni 50 kg/m²h

$$d = \frac{0,38 F}{h(p_t + 1)} \text{ cm}, \quad (40)$$

kus F on katla küttepind m²,

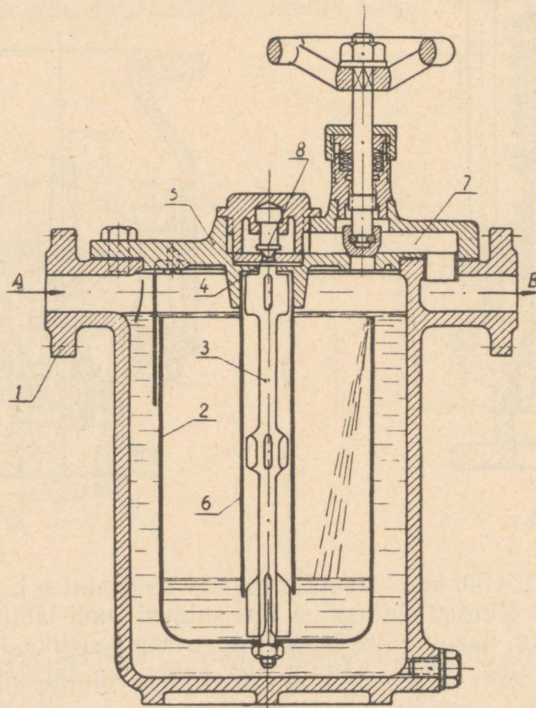
h — sulguri tõusukõrgus cm,

p_t — katla töörõhk kg/cm²;

ja kateltele aurutusvõimega üle 50 kg/m²h

$$d = \frac{0,0075 G_a}{h(p_t + 1)}; \quad (41)$$

siin G_a on katla maksimaalne aurutootlikkus kg/h.



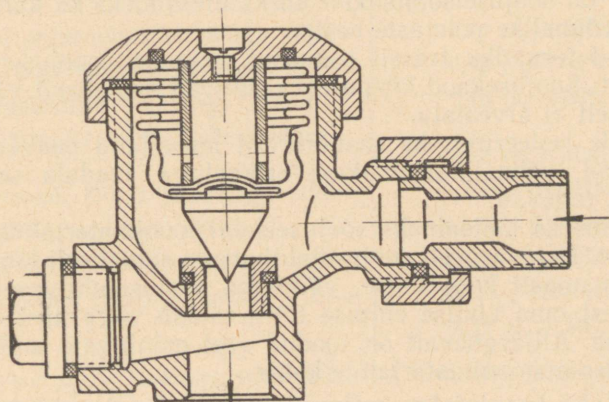
Joon. 83.

Samade eeskirjade kohaselt peab katelde kaitseventiilide läbimõõt olema vähemalt 38 mm. Ei ole soovitatav seada üles mittetäiskäigulisi kaitseventiile, mille sulgurile mõjuv jõud on suurem kui 600 kg. Juhul, kui sulgurile mõjuv jõud on suurem kui 600 kg, tuleb kasutada kahte või enam kaitseventiili.

Kondenspottide ülesandeks on aurutorustikest jms. kondensvee automaatne kõrvaldamine. Kondenspotid monteeritakse torustiku madalamatesse osadesse.

Joonisel 83 on kujutatud nn. lahtise ujukiga kondenspott. Kondensaad, kogunedes läbi sissevooluava *A* poti keresse *1*, tõstab kõrgemale ujuki *2*, sulgedes teatud kõrgusele jõudes ka ujukiga seotud varda *3* abil ava *4*. Kui vedeliku tase kondenspotis edasi tõuseb, voolab osa vedelikku juba üle ujuki ääre ujukisse, mille tagajärjel ujuk, vastavalt täitumisele, vajub sügavamale. Koos ujuki vajumisega avaneb varda *3* allaliikumise tõttu ava *4* kaanes *5*. Auru surve tõttu tõuseb vesi ujukist toru *6* pidi üles, lükkab oma teel lahti tagasilöögiklapi *8* ja tungib läbi kanali *7* edasi väljavoolutorusse *B*. Vedeliku vähenemisel ujukis ujuk tõuseb ja sulgeb varda *3* kaudu ava *4*, misjärel kirjeldatud protsess algab uuesti.

Avatud ujukiga kondenspote kasutatakse madalamatel rõhkudel ($\leq 20 \text{ kg/cm}^2$). Kõrgematel rõhkudel leiavad laiemat rakendamist suletud ujukiga kondenspotid.



Joon. 84.

Suletud ujukiga kondenspottides tõuseb ujuk koguneva vedeliku mõjul üles ja avab väljavooluava. Vedeliku väljumise lõppedes langeb ujuk oma kaalu mõjul alla ja sulgeb väljavooluava. Siin kondensaadi väljajuhtimine toimub pidevalt. Lahtise ujuki puhul aga toimub, nagu nägime, kondensaadi eraldamine perioodiliselt, mis kondensaadi aeglase tekkimise puhul (ülekuumendatud kõrgerõhuline aur) võib häirida kondenspoti tööd, tekitada väljalaskeava ebatiheda sulgumise olukorra ja seoses sellega võimaldada aarulise keskkonna väljavoolamist süsteemist.

Ujukiga kondenspotid kujunevad gabariidilt võrdlemisi suureks ja raskeks ja nende ülesseadmiseks on vajalik kujundada küllaltki tugev alus.

Peale ujukiga kondenspottide leiavad kasutamist veel kondensaadieraldajad, kus kondensaat juhitakse läbi labürintkanalite süsteemi, aur samal teekonnal drosseldub ja kaotab oma energia. Samuti kasutatakse kondensaadieraldajaid, kus läbipääs kondensaadile avatakse või suletakse sõltuvalt kergestiauruvat vedelikku sisaldava lainestatud torumembraani kokkutõmbumisest või paisumisest. Viimane tüüp (joon. 84) sobib kasutamiseks peamiselt madalate rõhkude puhul, küttesüsteemides jne. labürintkanalitega kondensaadieraldajad aga ka kõrgematel rõhkudel.

Kaitsearmatuuri hulka kuuluvad ka mitmesugused filtrid ja sõelad, mille ülesandeks on hoida sattumast torustikku kahjulikke kõrvalaineid, või ka juba torustikus leiduvate kõrvalainete eraldamine.

VI. SOOJUSEISOLATSIOON.

Soojusekadude vähendamiseks torustikkudes, kus keskkonna temperatuur ületab märgatavalt ümbruse temperatuuri, on vajalik torustikkude isoleerimine. Torustikkude isoleerimine võib olla vajalik olenevalt olukorrast, ka selleks, et hoida torustikku külmumise eest. Kõrge temperatuuriga keskkondade puhul on soojuseisolatsiooni üheks ülesandeks ka kaitsta teenindavat personali võimalike põletuste eest.

Soojusekaod torustiku trassil esinevad peamiselt soojusejuhtivusest ja konvektsioonist. Soojusekaod kiirgusest osutuvad suhteliselt väga väikeseks ja neid tavaliselt ei arvestata.

Torustikkude isoleerimiseks kasutatavad materjalid peavad olema temperatuuripüsivad, võimalikult väikese erikaaluga, madala soojusejuhtivusega ja küllalt tugevad.

Üheks peamiseks lähteaineks soojuseisolatsioonimaterjalide valmistamisel on asbest. Kuna asbesti soojusejuhtivus on suhteliselt kõrge, siis kasutatakse teda enamasti koos teiste, väiksema soojusejuhtivusega materjalidega, kus asbest oma kiulise ehituse tõttu täidab väga hästi ka sidestava komponendi osa. Alljärgnevalt on toodud veel mõningaid andmeid kasutatavate soojuseisolatsioonimaterjalide kohta.

Diatomiiti kasutatakse mitmesuguste isolatsioonisegude valmistamisel ja ka otseselt (pulbrina).

Asbotermiit on helehall pulbriline mass, mis koosneb kiltkivitootmise jääkidest (70%), diatomiidist (15%) ja asbestist (15%).

Asbosuriit on hallikas mass kaoliinist (30%) ja asbestist (70%).

Novoasburiit koosneb diatomiidipulbrist (70%), kiltkivijääkidest (15%) ja asbestist (15%).

Nüveel on valkjas pulbriline mass kergest magneesiumist (85%) ja asbestist (15%).

Soveliit on valkjas pulbriline mass, mis koosneb magneesiumi ja kaltsiumi kergetest sooladest (85%) ja asbestist (15%).

Isolatsioonimaterjalidena kasutatakse edukalt veel räbuvatti, klaasvilla, klaasvatti, vahtbetooni, turbapuru, plaadilist turvast jms.

Tabelis 34 on toodud mõnede soojuseisolatsioonimaterjalide soojusejuhtivuse tegurid ja mahukaalud.

Isolatsiooni kujundamine oleneb suurel määral nii torustiku otstarbest ja mõõdetest kui ka torustiku ja selle armatuuri konfiguratsioonist. Väikese läbimõõduga torude isoleerimiseks kasutatakse sageli asbestnööri, mis keritakse spiraalselt torule, asbestlehti ühes või mitmes kihis vms. Suuremate läbimõõtude puhul kasutatakse aga juba paksemaid ja suuremamõõtelisi isolatsioonimaterjali paane, samuti aga ka kohapeal valmistatavaid isolatsioonisegusid. Äärikud, armatuur jms. isoleeritakse eraldi. Keeruka konfiguratsiooniga armatuurile sobivad isolatsioonimaterjaliks hästi nüveel, soveliid jms. Isolatsioonimaterjal kaetakse hiljem kattekihiga ja värvitakse torustiku keskkonnale vastavalt.

Torustiku konstrueerimisel on vajalik määrata soojuseisolatsiooni pak-

Tabel 34.

Soojuseisolatsioonimaterjalide omadusi (ГОСТ В-1844-42 järgi).

Materjal (koostis %-des kaalu järgi)	Soojusejuhtivuse tegur λ kcal/°Cm	Mahukaal kg/m ³
Diatomiit (75%) orgaaniliste lisanditega (25%)	0,10 ($t_k = 50^\circ$)	550
Treepel (75%) orgaaniliste lisanditega (25%)	0,12 ($t_k = 50^\circ$)	600
Savi (75%) orgaaniliste lisanditega (25%)	0,15 ($t_k = 50^\circ$)	700
Diatomiit (või treepel) (40%) põlevkivituhaga (60%)	0,15 ($t_k = 100^\circ$)	800
Asbest (20%) treepeli (70%) ja lubjaga (10%)	0,105 + 0,00015 t_k	600
Magneesium (85%) asbestiga (15%)	0,105 + 0,00009 t_k	500
Asbest (15%) diatomiidi (35%) ja tuhaga (50%)	0,125 + 0,00015 t_k	700
Asbest (15%) treepeli (35%) ja tuhaga (50%)	0,160 + 0,00015 t_k	800
Treepel tuhaga	0,12 ($t_k = 50^\circ$)	600

Märkus: t_k on keskmine temperatuur °C torusisese ja isolatsioonivälise keskkonna vahel.

sus, lähtudes sellest, et soojusekaod torustiku trassil ei ületaks lubatavaid suurusi või et temperatuur torustiku välispinnal ei ületaks lubatavat.

Soojusehulk, mis kandub torus asuvalt keskkonnalt toru ümbritsevasse keskkonda, avaldub toru jooksva meetri kohta järgmiselt:

$$q = \frac{\pi(t_1 - t_2)}{\frac{1}{\alpha_1 d} + \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{D}{d} + \frac{1}{\alpha_2 D}} \text{ kcal/mh;} \quad (42)$$

siin α_1 ja α_2 on soojuseülekandeegurid vastavalt esimese keskkonna ja isolatsiooni sisepinna ning isolatsiooni välispinna ja teise keskkonna vahel kcal/m²h°C;

t_1 ja t_2 — vastavate keskkondade temperatuurid °C (siin temperatuurid isolatsiooni sise- ja toru välispinnal on loetud võrdseks);

D ja d — isolatsiooni välis- ja siseläbimõõt m;

λ — isolatsioonimaterjali soojusejuhtivuse tegur kcal/mh°C.

Suuruse $\frac{1}{\alpha_1}$ võib tema väiksuse tõttu jätta arvestamata, mispuhul võrrand (42) avaldub lihtsamalt:

$$q = \frac{\pi(t_1 - t_2)}{\frac{1}{2\lambda} \ln \frac{D}{d} + \frac{1}{\alpha D}} \quad (43)$$

Mitmekihilise isolatsiooni jaoks

$$q = \frac{\pi(t_1 - t_2)}{\frac{1}{2\lambda_1} \ln \frac{d_1}{d} + \frac{1}{2\lambda_2} \ln \frac{d_2}{d_1} + \dots + \frac{1}{2\lambda_n} \ln \frac{D}{d_{n-1}} + \frac{1}{\alpha D}}, \quad (44)$$

kus $d_1, d_2, \dots, d_{n-1}, D$ on üksikute isolatsioonikihtide läbimõõdud m;

$\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ — nendele kihtidele vastavad soojusejuhtivuse tegurid kcal/mh°C.

Soojuseülekande teguri võib toodud valemities võtta 10.

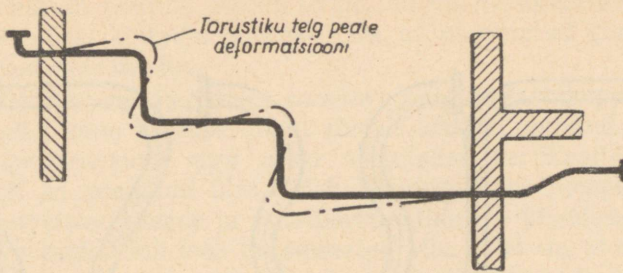
Toodud valemities, andes ette q suuruse, võib leida suhte $\frac{D}{d}$, mis võimaldab toru välisläbimõõdu (isolatsiooni siseläbimõõdu) järgi määrata isolatsiooni vajaliku paksuse.

VII. TORUSTIKU PAIGALDAMISEST.

1. Temperatuursete deformatsioonide kompenseerimine.

Torustiku temperatuuri muutus iga 100° võrra kutsub esile torustiku sirces osas pikenemise või lühenemise ligikaudu 1,2 mm jooksva meetri kohta. Kui torustikul puudub võimalus vabaks pikkuse muutuseks, tekivad torustikus temperatuursete lisapinged, mis võivad ohustada kogu torustikku. Seetõttu on vajalik juba torustiku projekteerimisel ühest küljest ette näha torustikule niisugused toetuselemendid, mis võimaldavad torustiku küllaltki vaba liikumist ja teisest küljest kujundada torustik nii, et temperatuursete deformatsioonid oleksid kompenseeritavad kas torustikku asetata- vate lisaelementide — kompensatsioonide arvel või selliselt, et torustik ise oma trassi konfiguratsiooni tõttu osutub temperatuursete deformatsioonide suhtes vähetundlikuks. Torustiku niisuguse konfiguratsiooni puhul toimub torustiku omakompensatsioon.

Omakompensatsiooni korral torustiku mingi osa temperatuursete deformatsioonid tasakaalustatakse torustiku antud osale nurgi asetseva naaber- osa painde- ja väändedeformatsioonidega (joon. 85). Siit järeldub, et omakompensatsiooni kasutamine tingib paratamatult torustiku üldpikkuse suure- nemise ja ka torustiku alla kuuluva ala laienemise. Nimetatud puudused ei ole igakord aga määrava tähtsusega, arvestades seda, et spetsiaalse ehitus-



Joon. 85.

viisiga kompensatorite kasutamine muudab torustiku sageli suhteliselt kallimaks ja ei taga kõrgematel rõhkudel ka küllaldast töökindlust.

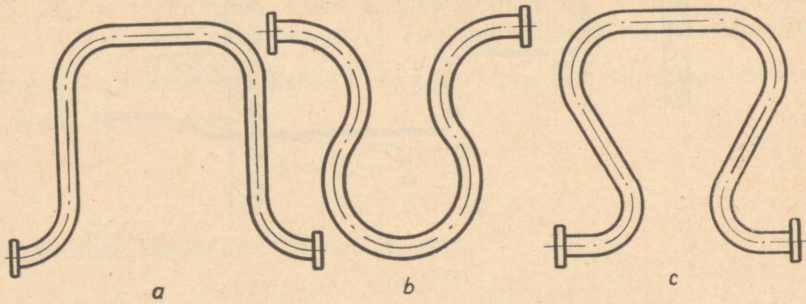
Omakompensatsiooni arvutamisel tuleb määrata torustiku üksikutes lõikudes temperatuuri muutumisest tekkivad pinged, s. t. tuleb lahendada staatiliselt määramatu ülesanne pingete leidmiseks etteantud deformatsioonide järgi.

Sageli ei ole aga üldse võimalik kujundada torustikku omakompensatsiooniks vajaliku kujuga. Kõigil neil juhtudel tuleb paratamatult kasutada spetsiaalseid kompensatoreid. Kompensatorite olemasolu torustikus võimaldab vajaduse korral tekitada ka liiteäärikute vahele vajaliku lõtku nii tihendite vahetamiseks kui ka armatuuri eemaldamiseks või paigaldamiseks.

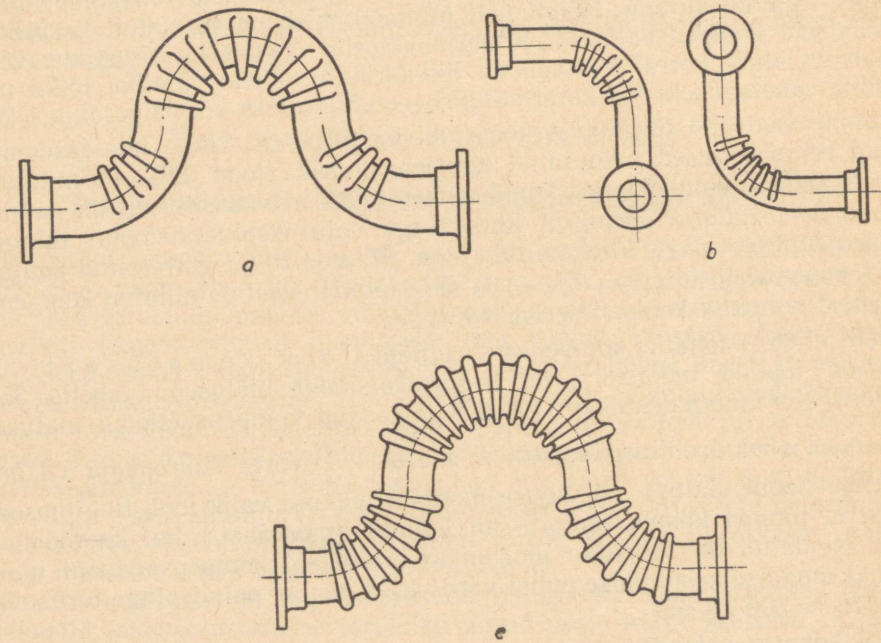
Kompensatorite üksikutest konstruktsioonidest on kõige laialdasemalt levinud mitmesugused painutatud kompensatorid (joon. 86). Painutatud kompensatorid valmistatakse õmbluseta torudest. Oma ehituselt on painutatud kompensatorid äärmiselt lihtsad ega vaja eksploatatsioonis mingit täiendavat järelevalvet. Voldistatud (joon. 87, *a* ja *b*) ja gofreeritud painutatud kompensatorid (joon. 87, *c*) on siledapinnalistest painutatud kompensatoritest suurema kompenseeriva võimega.

Joonisel 86, *a* esitatud kompensatori tüübi (l o o k - k o m p e n s a a t o r) kohta on toodud mõõtteid koos kompensatsiooni ulatusega tabelis 35. Kompensatori montaažipikkus on tabelis toodud kompensatsiooni ulatuse määramisel võetud ehituspikkusest L suuruse $\frac{\Delta}{2}$ võrra suuremana (Δ on kompensatsiooni ulatus). Niisuguse montaažipikkuse valik loob tingimused selleks, et pinged kompensatoris nii külmas (montaaži-) kui ka tööolukorras (eeldatud on torustiku paisumist) osutuksid kompensatsiooni ulatuse maksimaalse kasutamise puhul võrdseks. Lubatav paindepinge torus on võetud $R_p \approx 800 \text{ kg/cm}^2$.

Look-kompensatori enampingestatud osaks on külge *b*, mistõttu torude jätkamine *b* ulatuses ei ole otstarbekohane. Vajaduse puhul kujundada kompensator mitmest osast, tuleb liitekohad luua külgedes *a* keskkohas, kuna seal pinged osutuvad minimaalseiks. Kompensatori liitmist ülejäänud torustiku osaga on soovitatav teostada keevitamise teel.



Joon. 86.



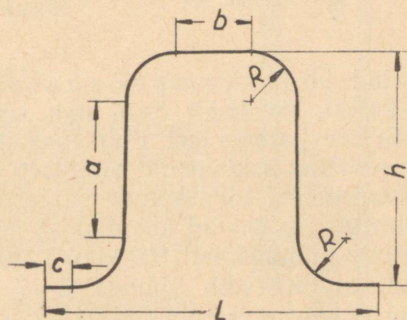
Joon. 87.

Nagu tabelist 35 nähtub, osutub looga kõrgus h mõõdukate kompensatsioonipikkuste juures küllaltki suureks. See on painutatud kompensatorite üheks suuremaks puuduseks.

Kompensatorite montaažil on soovitatav paigutada kompensator horisontaaltasapinda, kuna vastasel juhul võivad tekkida ohtlikud hüdraulilised löögid. Kui kompensator aga siiski asetatakse vertikaaltasapinda, siis juhul, kui look on suunatud üles, tuleb aurutorustikes kompensatori ette asetada kondensatsiooniseade ja vedelikutorustikes — ülemises harus aeratsiooniseade. Vastupidi, kui look on suunatud alla, tuleb aurutorustikes kompensatori alumises punktis ette näha kondensatsiooniseade ja vedelikkude puhul — kompensatori ees aeratsiooniseade.

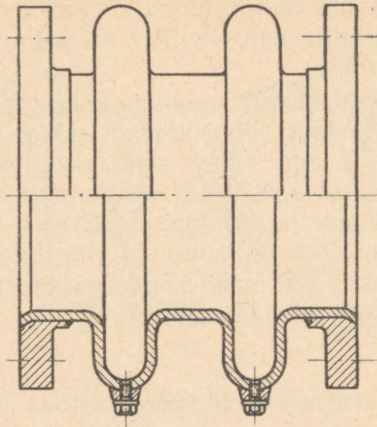
Tabel 35.

Look-kompensatori mõõted ja kompensatsiooni ulatused mm.



$$R \approx 4d_v; \quad h = 2R + a; \quad b = \frac{2}{3}a; \quad c = 2d_v;$$

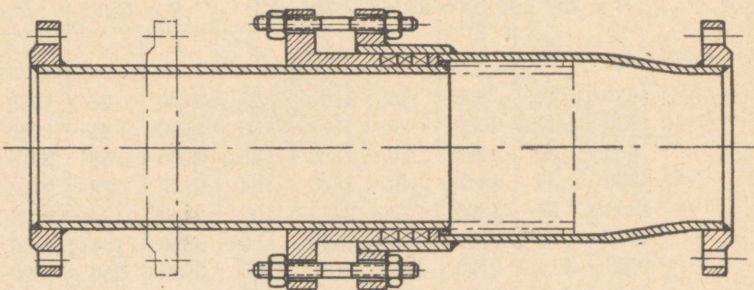
Looga kõrgus h toru välisläbi- mõõtudes d_v	Looga ulatus ja kompensatsiooni ulatus A , kui									
	$d_s = 50$ $R = 250$		$d_s = 76$ $R = 330$		$d_s = 100$ $R = 450$		$d_s = 125$ $R = 550$		$d_s = 150$ $R = 650$	
	h	A	h	A	h	A	h	A	h	A
10	600	11	900	16	1140	21	1400	26	1650	32
12	720	17	1080	26	1370	33	1680	41	1980	49
14	840	25	1260	36	1600	48	1960	58	2310	70
16	960	34	1440	49	1830	64	2240	78	2640	94
20	1200	53	1800	78	2280	102	2800	125	3000	150
24	1440	79	2160	114	2740	150	3360	184	3960	220
28	1680	110	2520	158	3100	206	3920	250	4620	305
32	1920	143	2880	207	3650	270	4480	333	5280	400
36	2160	183	3240	274	4100	356	5040	440	5940	—



Joon. 88.

Joonisel 88 on esitatud lõõtskompensaator. Lõõtskompensaatorid kujundatakse üksikutest, tavaliselt 3—4 mm seinapaksusega teras-sektsioonidest (kuni 4—5) keevitamise teel. Kondensaadi eraldamiseks üksikutest sektsioonidest on soovitatav sektsioonid alumises osas varustada korgiga suletavate väljalaskeavadega. Lõõtskompensaatorid on suhteliselt väikese kompensatsioonivõimega ja leiavad kasutamist peamiselt madalrõhuseadmes (kuni 6 kg/cm²) tinglääbimõõdul 100 kuni 1200 mm. Lõõtskompensaatorite kompensatsiooni ulatust võib hinnata 5—7 mm iga sektsiooni kohta. Lõõtskompensaatorite suurimaks puuduseks on nende läbimõõdu ruuduga võrdeliselt kasvav torustiku teljesuunaline jõud.

Tihendikarbiga kompensaatoreid (joon. 89) kasutatakse samuti suhteliselt madalatel rõhkudel (tinglääbimõõtudele kuni 200 mm tingrõhud kuni 16 kg/cm² ning tinglääbimõõtudele 200—300 mm tingrõhud kuni 10 kg/cm²). Tihendikarbiga kompensaatorite kompensatsioonivõime on kompensaatori suhteliselt väikeste gabariitide juures küllaltki



Joon. 89.

suur (kuni 200 mm). Nimetatud kompensatorid valmistatakse tavaliselt malm- või terasvaluna. Eri- list järelevalvet vajab eksploatatsioonis tihendikarbi osa, et alati oleks tagatud küllaldane tihedus ja õige- aegne töökõlbmatute tihendite vaheta- mine. Torustiku kinnituspunktidel on mõjuvat suurt teljesuunalist jõudu on võimalik vältida, kasutades tihendi- karbiga kompensatoreid, kus konst- ruktsiooni komplitseerimise arvel on tekitatud vastassuunaline jõud (joon. 90). Viimane kujundus kaotab ka ohu torude väljalibisemiseks tihendikar- bist. Tihendikarbiga kompensatorid vajavad täpset torustiku ja kompen- saatorielementide montaaži.

2. Toed.

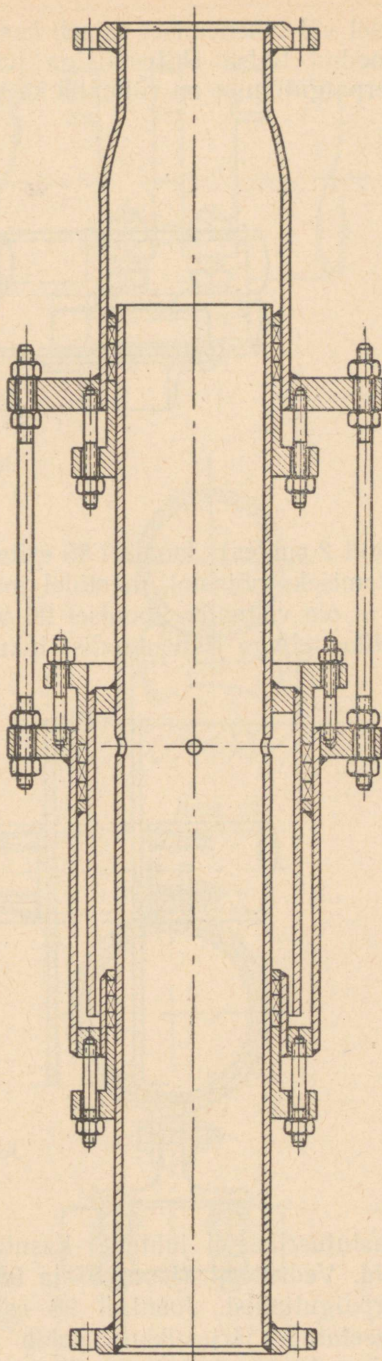
Torustiku töökindlaks paigaldami- seks ja ka selleks, et jaotada torustik üksikuteks, kasutatavate kompen- saatorite kompensatsioonivõimega mää- ratud pikkusega lõikudeks, tuleb torustik toestada.

Torustiku toestamisel kasutatakse kinnis- ja juhtugesid.

Kinnistugede ülesandeks on torustiku jäik kinnitamine antud kohal (nn. „surnudpunktid”) ja vastu võtta torustiku telje sihis tekkivaid jõude. Juhtugede ülesandeks on ainult torustiku toestamine, kusjuu- res juhttoed peavad võimaldama lii- kumatute tugede vaheliste torustiku osade ümberpaigutumisi, mis teki- vad temperatuursete deformatsioonide tõttu.

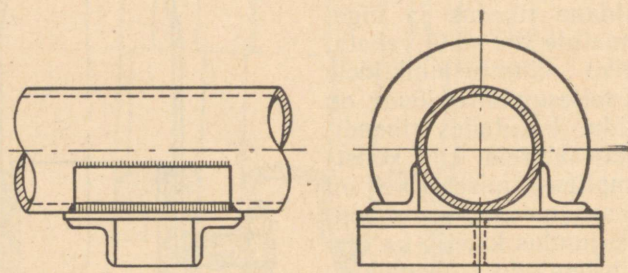
Joonistel 91—93 on toodud kinnis- tugede konstruktsioone, mis oma ku- junduselt on äärmiselt lihtsad ja mis võimaldavad vastu võtta võrdlemisi suuri torustiku telje sihilisi jõude (10—30 t).

Juhttoed on kujundatud kas liige- või veeretugeдена, s. t. torustiku pike-



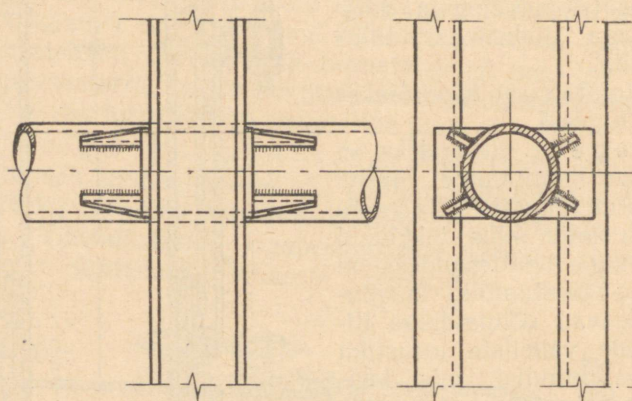
Joon. 90.

nemisel või lühenemisel esineb kas liuge- või veerehõõrdumine. Joonisel 94 on toodud lihtsa ehitusviisiga juhttugi, kus peale torustiku teljesihilise ümberpaigutumise on võimalik ka viimasega ristisuunaline liikumine (detail



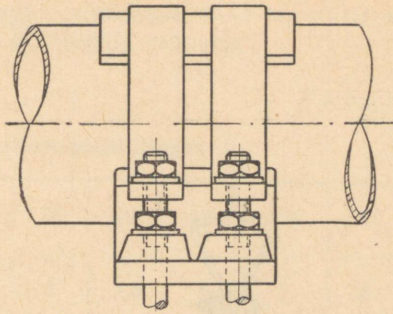
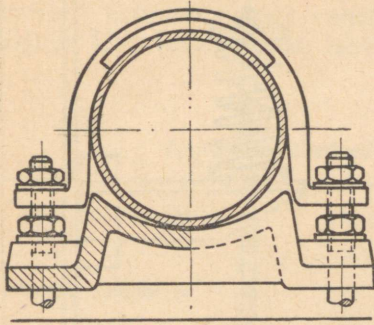
Joon. 91.

1 detaili 2 suhtes). Joonisel 95 esitatud rulli abil kujundatud veeretugi sobib kasutamiseks nõjastel, mastidel jms., teljega ristisuunaline ümberpaigutamine ei ole võimalik. Joonisel 96 toodud konstruktsioon võimaldab aga ka torustiku teljega ristisuunalist liikumist.

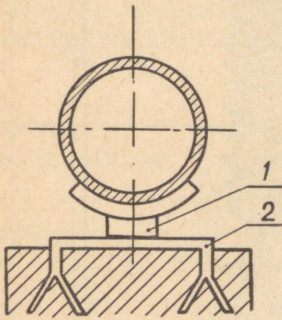


Joon. 92.

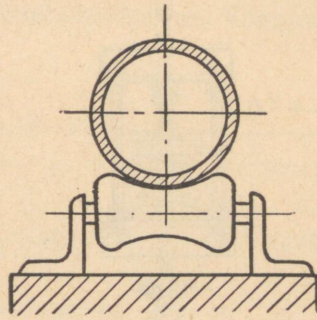
Vastutusrikastel juhtudel kasutatakse sageli ka mitmesuguseid vedrutugesid. Vedrutoed (joon. 97 ja 98) võimaldavad tugipunkti igasuunalist ümberpaigutumist. Joonisel 98 esitatud konstruktsioon, kus kaks vedru on asetatud järjestikku, sobib suurte vertikaalsete ümberpaigutuste (100 ja rohkem mm) jaoks. Ühe vedru kasutamisel sama ümberpaigutuse



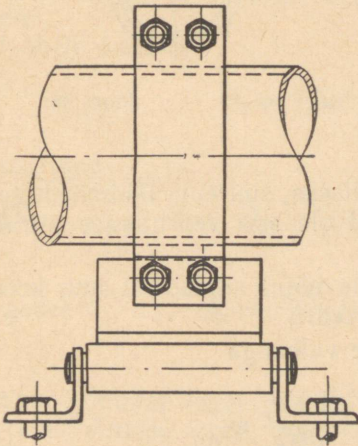
Joon. 93.



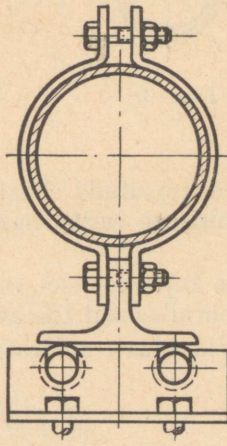
Joon. 94.

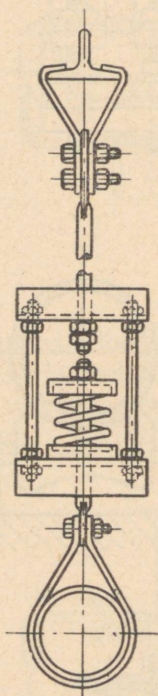


Joon. 95.

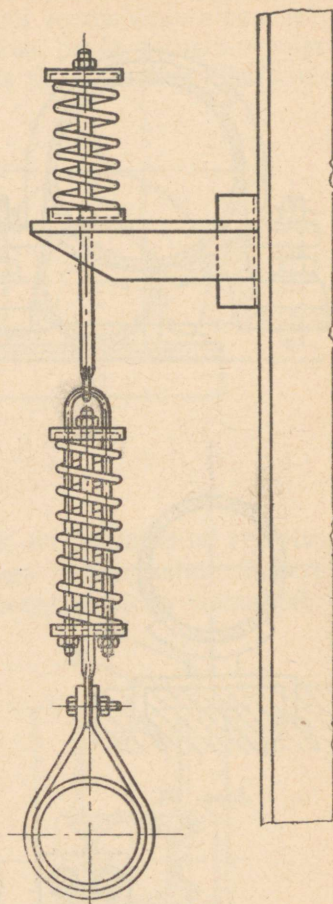


Joon. 96.





Joon. 97.



Joon. 98.

puhul võiks vedru osutada ebastabiilseks, suurema läbimõõduga vedru valmistamine stabiilsuse tagamiseks ei ole aga vedruteraise piiratud pikkuse tõttu võimalik.

Vedrutegade kujundamisel, millele mõjub suhteliselt suur koormus, kasutatakse kahte paralleelselt töötavat vedru.

Tugede vahekaugus l määratakse valemiga

$$l = \sqrt{\frac{12 WR_p}{100 q}} \text{ m,} \quad (45)$$

kus W on toru vastupidavusmoment cm^3 ;

R_p — lubatav paindepinge torus kg cm^2 ; $R_p \leq 250 \text{ kg/cm}^2$;

q — isoleeritud ja veega täidetud toru kaal kg/m .

Tavaliselt kujuneb tugede vahekaugus piiridesse 4—7 m sõltuvalt toru läbimõõdust. Kasutada võib ka tabelis 36 toodud suurusi.

Tabel 36.

Juhttugedevahelised maksimaalsed kaugused.

Toru siseläbimõõt mm	50	76	100	125	200	250	300
Tugedevaheline kaugus m	3	4	4,5	5	7	8	9

Torustiku (telje) kaugus seinast tuleb valida nii, ei oleks küllaldane ligipääs torustiku järelvalveks, äärikupoltide kinnitamiseks jne. Kaugused seinast võib valida tabeli 37 andmete kohaselt.

Tabel 37.

Torustiku läbimõõt mm	25	40	50	60	70	80	90	100	125	150	200	250	300
Aurutorustikud	80	90	150	160	170	180	190	200	220	230	260	290	325
Teised torustikud	80	90	110	120	120	130	140	150	160	180	210	240	270

Tugede konstruktsioonielementide arvutamisel võib mõjuvad jõud määrata järgmiselt:

Vertikaaljõud ühele toele

$$Q_v = 1,5ql \text{ kg.} \quad (46)$$

Horisontaaljõud ühele toele:

liugetugedel $Q_h = fql \text{ kg} \quad (47)$

ja veeretugedel $Q_h = \frac{(f' + fr)ql}{R} \text{ kg.} \quad (48)$

kus f on liugehõõrdumise tegur; $f \approx 0,4—0,6$;

f' — veerehõõrdumise tegur; terasele $f' \approx 0,05$;

r — rulli tapi raadius cm ;

R — rulli raadius cm .

$$Q_h = p d_s^2 \text{ kg}, \quad (49)$$

kus p on maksimaalne töörohk kg/cm^2 ;
 d_s — toru siseläbimõõt cm .

VIII. TORUSTIKU ARVUTUS.

1. Torustiku hüdrodünaamiline arvutus.

Hüdrodünaamilise arvutusega määratakse torustiku konstrueerimisel selle läbimõõt ja rõhulang torustikus. Kuna sageli on rõhk ühest küljest torustiku toiteseadmes oleva seadise või torude tüübiga ette määratud ja teisest küljest pole vabalt valitav ka tarvitajale antava keskkonna rõhk, tuleb rõhulangu määramisele torustikus pühendada tõsist tähelepanu. Kuna rõhulang torustikus sõltub keskkonna kiirusest, mis keskkonna antud hulka juures ajaühikus sõltub omakorda torustiku läbimõödust, tuleb nimetatud küsimus lahendada komplekselt. Kui arvesse võtta veel seda, et ka soojusekaod torustikus on tihedalt seotud nimetatud suurustega, kujuneb torustiku ühe põhilise suuruse — läbimõõdu — määramine torustiku konstrueerimisel küllaltki keerukaks ja vastutusrikkaks etapiks.

Tavaliselt keskkonna voolamise kiirus valitakse arvutuse alguses, lähtudes praktikas väljakujunenud optimaalsetest suurustest. Arvutus viiakse läbi, kasutades torustikus esinevaid keskmisi kiirusi. Juhul kui torustikku läbiva keskkonna erikaal ja kiirus torustiku ulatuses tunduvalt muutuvad, tuleb arvutus teostada torustiku üksikute osade kohta, kasutades iga osa kohta erinevaid keskmisi suurusid.

Torustiku läbimõõt d , läbivoolava keskkonna hulk G , keskkonna kiirus v ja keskkonna erikaal γ on seotud avaldisega

$$d = \sqrt{\frac{4G}{\pi v \gamma}} = \sqrt{\frac{1,27G}{v \gamma}}, \quad (50)$$

kus d on avaldatud meetrites, G — kg/h , v — m/h ja γ — kg/m^3 . Kui avaldada kiirus m/sek , siis

$$d = 0,0188 \sqrt{\frac{G}{v \gamma}}. \quad (51)$$

Kiiruste valikul võib kasutada tabelis 38 toodud andmeid.

Rõhukadu torustikus sõltub antud keskkonna puhul peamiselt keskkonna voolamise viisist, voolu kiirusest, torustiku läbimõödust, pikkusest ja kujust, samuti torude siseseinte olukorrast. Rõhukaod torustikus on erinevad, olenevalt sellest, kas voolamine on laminaarne või turbulentsne (keeriseline).

Keskkondade kiirusi torustikes.

Torustiku liik	Kiirus m/sek
Ülekuumendatud auru magistraalid, $p = 12-35 \text{ kg/cm}^2$	40-80
Ülekuumendatud auru magistraalid, $p = 90-120 \text{ kg/cm}^2$	40-60
Küllastunud auru magistraalid, ülekuumendatud auru torustiku harud	35-40
Avarii-kaitseklappide väljalaske-torustikud	200-400
Soojavee-võrgud, tsirkulatsioonitorustikud	3-4

Piirkiiruse, mille ületamisel laminaarne voolamine läheb üle turbulentseks voolamiseks, võib määrata Reynoldsi arvu abil. Reynoldsi arv

$$Re = \frac{vd}{\nu} = 0,000036 \frac{G}{d\mu}, \quad (52)$$

kus v on läbivoolava keskkonna kiirus m/sek;
 ν — keskkonna kinemaatiline viskoossus m^2/sek ;
 G — läbivoolava keskkonna hulk kg/h ;
 d — toru siseläbimõõt m ;
 μ — keskkonna absoluutne viskoossus kg sek/m^2 .

Reynoldsi arvu kriitiliseks väärtuseks, mille ületamisel tekib turbulentsne voolamine, on $Re = 2320$.

Rõhulang turbulentsel voolamisel

$$\Delta p = \lambda \cdot \frac{638 \cdot 10^{-11} G^2 l}{d^5 \gamma}, \quad (53)$$

kus λ on hõõrdetegur toru ja keskkonna vahel;
 l ja d on avaldatud meetrites, G — kg/h , γ — kg/m^3 .

Nagu valemist (53) nähtub, suurendab torustiku läbimõõdu d vähendamine rõhulangu tunduvalt.

Turbulentsel voolamisel sõltub hõõrdetegur toru karedusest. Siledete torude puhul

$$\lambda = 0,3164 \sqrt[4]{\frac{1}{Re}}. \quad (54)$$

Karedate torude puhul, kui $d \geq 100$ ja $Re < 30\,000$, arvutatakse hõõrdetegur valemiga

$$\lambda = \lambda_0 \xi, \quad (55)$$

kus ξ on karedust iseloomustav tegur, mis sõltub pinna kujust; $\xi \approx 1,2-1,5$; kui $Re > 30\,000$, siis hõõrdetegur sõltub nn. kareduse suhtelisest astmest

$\frac{k}{d}$:

$$\lambda = \frac{1}{100} \left(\frac{k}{d} \right) 0,314. \quad (56)$$

Suurus k määratakse erinevatele keskkondadele erinevate valemite abil. Laminaarsel voolamisel hõõrdetegur toru ja keskkonna vahel

$$\lambda = \frac{64}{\text{Re}}. \quad (57)$$

Kasutades seoseid (57) ja

$$\text{Re} = \frac{vd\gamma}{\mu g},$$

saame laminaarse voolamise puhuks seose

$$\Delta p = \frac{0,0089 \mu l v}{d^2}. \quad (58)$$

Rõhulangu veidi kõrgendatud väärtuse annab ligikaudne valem

$$\Delta p = \left(\alpha + 16 \sqrt{\frac{\alpha}{\text{Re}}} \right) \frac{\gamma l v^2}{2gd}; \quad (59)$$

siin v on avaldatud m/h,

α — karedustegur, mille väärtusi on toodud tabelis 39.

Tabel 39.

Karedusteguri α väärtusi.

Torude liik	α
Uued siledad torud, ilma õmbluse jälgedeta — tinast, seatinast, tsingist, vasest, messingist, klaasist	0,011—0,012
Uued malmtorud	0,013—0,014
Malmtorud puhastatud pinnaga	0,023—0,030
Malmtorud, mustunud	0,038—0,042

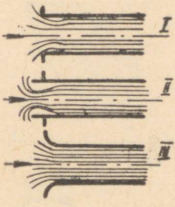
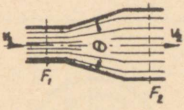
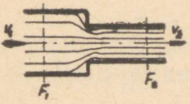
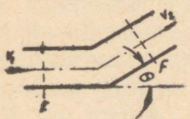
Peale rõhulangu toru sirges osas tuleb üldise rõhulangu leidmiseks arvestada ka nn. kohalikke rõhulange, mis esinevad mitmesugustes armatuurielementides ja torustiku suuna muutumisel. Armatuuri ja mitmesuguste põlvikute takistust iseloomustatakse hüdraulilise takistuse teguriga ζ , mis puhul rõhulang



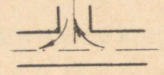



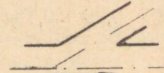
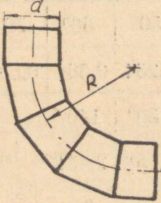
$$\Delta p = \zeta \frac{\gamma v^2}{2g} \text{ kg/m}^2.$$

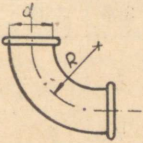
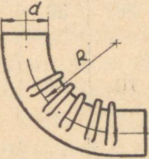
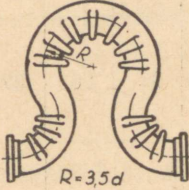
Andmeid ζ väärtuste kohta leidub tabelis 40 (ventiilide takistustegurite suurus on toodud p-s „Ventiilide konstruktiivne kujundus”).

Arvutuste hõlbustamiseks on otstarbekas kohalikke takistusi avaldada sirge toru niisuguste pikkuste kaudu, millele ulatuses rõhulang oleks võrdne kohaliku takistuse poolt esile kutsutava rõhulanguga. Arvutustes asenda-

Hüdraulilise takistuse teguri ζ väärtusi.

Kohalik takistus	Takistuse kuju	ζ																																				
Torusse sissevool		$\zeta_I = 0,5$ $\zeta_{II} = 0,56$ $\zeta_{III} = 0,06 - 0,005$																																				
Toru pidev laienemine		$\zeta = k \left(1 - \frac{F_1^2}{F_2^2}\right)$ Nurkade $\theta < 12^\circ$ puhul $0,12 \leq k \leq 0,2$ Kui $\theta = 63^\circ$, $k = 1,2$ $\Delta p = \zeta \frac{\gamma v_1^2}{2g}$																																				
Toru järsk kitsenemine		<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>$\frac{F_2}{F_1}$</th> <th>0,01</th> <th>0,1</th> <th>0,2</th> <th>0,4</th> <th>0,6</th> <th>0,8</th> <th>1,0</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ζ</td> <td>0,44</td> <td>0,41</td> <td>0,38</td> <td>0,29</td> <td>0,184</td> <td>0,089</td> <td>0,0</td> </tr> </tbody> </table> $\Delta p = \zeta \frac{\gamma v_2^2}{2g}$	$\frac{F_2}{F_1}$	0,01	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	ζ	0,44	0,41	0,38	0,29	0,184	0,089	0,0																				
$\frac{F_2}{F_1}$	0,01	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0																															
ζ	0,44	0,41	0,38	0,29	0,184	0,089	0,0																															
Toru järsk käänak		<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>θ</th> <th>20°</th> <th>30°</th> <th>40°</th> <th>50°</th> <th>60°</th> <th>70°</th> <th>80°</th> <th>90°</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ζ</td> <td>0,030</td> <td>0,073</td> <td>0,139</td> <td>0,234</td> <td>0,364</td> <td>0,533</td> <td>0,740</td> <td>0,984</td> </tr> <tr> <td>θ</td> <td>100°</td> <td>110°</td> <td>120°</td> <td>130°</td> <td>140°</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>ζ</td> <td>1,260</td> <td>1,556</td> <td>1,861</td> <td>2,158</td> <td>2,431</td> <td colspan="3"></td> </tr> </tbody> </table> $\Delta p = \zeta \frac{\gamma v_2^2}{2g}$	θ	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	ζ	0,030	0,073	0,139	0,234	0,364	0,533	0,740	0,984	θ	100°	110°	120°	130°	140°				ζ	1,260	1,556	1,861	2,158	2,431			
θ	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°																														
ζ	0,030	0,073	0,139	0,234	0,364	0,533	0,740	0,984																														
θ	100°	110°	120°	130°	140°																																	
ζ	1,260	1,556	1,861	2,158	2,431																																	

Kohalik takistus	Takistuse kuju	ζ
Harune- mine		$\zeta = 0,5$
		$\zeta = 1,0$
		$\zeta = 1,5$
		$\zeta = 3,0$
		$\zeta = 0,05$
		$\zeta = 0,1$
		$\zeta = 0,15$
Põlvik, keevita- tud		<p>Kui $R = d$, siis $\zeta = 3,0$ Kui $R = 3d$, siis $\zeta = 2,0$</p>

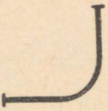





Kohalik takistus	Takistuse kuju	ζ								
Põlvik, valatud		Kui $R = d$, siis $\zeta = 1,0$								
Põlvik, volditud		<table border="1"> <thead> <tr> <th>R</th> <th>$2d$</th> <th>$3d$</th> <th>$4d$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ζ</td> <td>1,1</td> <td>0,8</td> <td>0,5</td> </tr> </tbody> </table>	R	$2d$	$3d$	$4d$	ζ	1,1	0,8	0,5
R	$2d$	$3d$	$4d$							
ζ	1,1	0,8	0,5							
Kompensaator		Siledatel kompensaatoritel $\zeta = 1,8$ Volditud kompensaatoritel $\zeta = 2,1$								

takse siis armatuurilemendid jms. sirgete torudega nn. ekvivalentses pikkuses. Ekvivalentseid pikkusi mitmete elementide kohta on toodud tabelis 41.

2. Torustiku tugevusarvutus.

Torustiku eksploatatsioonis on torustiku osad (torud, armatuur) allutatud hulgalistele välisjõududega iseloomustatud mõjudele. Torustiku seintes tekivad pinged keskkonna hüdrostaatilisest rõhumisest, torustiku omakaalust (koos isolatsiooniga), temperatuursetest deformatsioonidest. Arvesse tuleb võtta ka alppingeid, mis tekitatakse torustiku montaažil kompensaatorite paigaldamisel, pingeid keevisõmbluste teostamise tagajärjel jne. Pingete korrapärase jaotus muutub torude seinte paksuse ebahühtluse tagajärjel, samuti ka torude ristlõike ovaalsuse tagajärjel (kõrvalekaldumised nimimõõdetest normidega lubatavates piirides võivad tunduvalt mõjutada pingete suurust). Välistingimustes töötavate torustike juures tuleb arvestada ka ilmastiku mõju — tuule ja lume mõju, suurem korrosiooni oht jms.

Kohalike takistuste ekvivalentseid pikkusi m.

Kohalik takistus	Skeem	Tinglääbimõõt mm									
		50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
Põlvik 90°, painutatud $R = 4d$		1	1,7	2,5	3,2	4	5	6	7	8	9
Sama, $R = 3d$		1,5	2,5	4	5	6	7,5	9	11	12,5	14
Põlvik 90°, valatud		3,2	7,5	12,5	18	24	30	38	44	50	55
Põlvik 90°, keevitatud		7,5	17,5	29	42	56	70	87	102	115	137
Kompensaator, sile		4	9,5	14,5	20	27	33	41	48	54	64
Sama, volditud		5	12	18,5	26	34	42	52	61	69	82
Kolmik		3,6	5,5	8	11	15,5	21	26	32	36	43
Kolmik		4,5	7	9,5	14	19	25	31	38	43	51
Kolmik		5	11,5	17,5	26	36	47	65	74	84	100
Kolmik		4,5	9	14,5	20	26	30	41	47	54	63
Otsevooluventiil		13	31	50	73	100	130	160	200	230	270
Nurkventiil		10	20	32	45	61	77	95	115	130	150
Kosva-ventiil		2,1	5	8,5	12	16	20	25	30	38	39
Tagasilöögiklapp		3,2	7,5	12,5	18	24	30	38	44	50	59
Siiber		0,6	1,5	2	3	4	5	6,5	7,5	8,5	10

Kui veel märkida, et torude seintes esineb ruumiline pingeolukord ja et olenedes töörežiimist ja materjalist võib torustiku töökõlbmatuks muutumine toimuda katketugevuse, voolavuspiiri, roomavuspiiri või väsimuspiiri ületamisel, siis on selge, et torustiku täpne ja põhjalik tugevusarvutus kujuneb küllaltki keerukaks operatsiooniks. Seejuures tuleb meeles pidada, et torustikud kujutavad endast tavaliselt staatiliselt määramatuid süsteeme, millede arvutus paljude tugede korral on seotud võrdlemisi suure töömahuga. Olukorda komplitseerib veel asjaolu, et omakompensatsiooni põhimõttel töötavas torustikus tekkivate pingete arvutamiseks, eriti ruumiliste torustike osas, ei ole seni lihtsat ja seejuures usaldusväärset arvutusmetoodikat. Seetõttu piirdume alljärgnevas ainult andmete toomisega, mis on vajalikud lihtsamate kontrollarvutuste teostamiseks. Komplitseeritumate arvutuste teostamiseks (näit. torustiku omakompensatsiooni arvutusel) tuleb kasutada juba vastavatele küsimustele pühendatud spetsiaal-literatuuri¹.

Torustiku siseläbimõõt arvutatakse lähtudes torustikku läbiva keskkonna hulgest ja kiirusest seose (50) järgi. Normides leiduvad välisläbimõõdud ja seinapaksused määravad kasutamiseks sobivate torude mõõded.

Rõhkudel kuni 5 kg/cm² töötavaid riiklikest normidest valitud torusid ei ole vajalik tugevusele kontrollida, kuna siserõhust tekkivad pinged osutuvad suhteliselt väikeseks. Seejuures juhuslikkudest välismõjudest (löögid jms.) tekkivad pinged võivad viimastest olla tunduvalt suuremad.

Kõrgematel rõhkudel töötavate torude kohta tuleb peale valikut teostada tugevusarvutus, kontrollides toru paksust tõmbele. Seinapaksus peab olema

$$s = \frac{pD_s}{2\varphi R_t} + c \text{ mm}, \quad (60)$$

kus p on ülerõhk torus kg/cm²;

D_s — toru siseläbimõõt mm;

φ — toru õmbluse tugevustegur, mis valitakse järgmiselt:

õmbluseta torudele $\varphi = 1$,

keevitatud ja joodetud torudele $\varphi = 0,8$,

üherealise neetõmblusega torudele $\varphi = 0,6$,

kaherealise neetõmblusega torudele $\varphi = 0,7$;

R_t — lubatav tõmbepinge torus kg/cm²;

c — seinapaksus, mis kompenseerib korrosiooni mõju, tehniliste tingimustega lubatud võimalikke negatiivseid tolerantse seinapaksuses, samuti ka seinapaksu õhenemist raadiusega $R \leq 5D_s$ painutatud toruelementides; c valitakse piirides 1—2 mm.

Lubatava pinge R_t valikul lähtutakse torustiku töötamistingimustest olenevalt kas voolavus-, roomavus- või väsimuspiirist.

¹ Omakompensatsiooni kohta vt. näit. Л. А. Кузнецов, Б. В. Рудомино: Конструирование и расчет трубопроводов теплосиловых установок, Машгиз, 1949.

Terastorude puhul, mis töötavad temperatuuril $t \leq 350^\circ \text{C}$, võetakse aluseks materjali voolavuspiir antud temperatuuril, varutegur $n = 3$;

$$R_t = \frac{\sigma_T^t}{3}. \quad (61)$$

Temperatuuridel üle 350°C määratakse terastorudes lubatav tõmbepinge lähtudes nii voolavuspiirist antud temperatuuril σ_T^t kui ka roomavuspiirist σ_c^t . Arvutustel kasutatakse väiksemat saadud väärtustest:

$$\left. \begin{aligned} R_t &= \frac{\sigma_T^t}{3}, \\ R_t &= \frac{\sigma_c^t}{1,5}. \end{aligned} \right\} \quad (62)$$

Täpsustatum ja tegelikkusele vastavam arvutusmetoodika on esitatud ЦКТИ¹ poolt avaldatud katelagregaatide tugevusarvutuseks ettenähtud normides. Nimetatud metoodika on välja töötatud, toetudes staatiliste koormuste ja madalate temperatuuride juures energeetilisele tugevusteoriale (IV tugevusteorია), kõrgematel temperatuuridel aga roomavuse teooriale, lähtudes roomavuse deformatsiooni sõltuvusest tangentsiaalpingete intensiivsusest. Ömbluseta torude arvutuse ЦКТИ metoodika esitamegi alljärgnevas.

Seina paksus s millimeetrites määratakse ühega alltoodud valemitest:

$$s = \frac{pD_s}{230 R_t - p} + c, \quad (63)$$

$$s = \frac{pD_v}{230 R_t + p} + c, \quad (64)$$

kus p on keskkonna arvutusrõhk (ülerõhk) kg/cm^2 ;

D_s ja D_v — toru sise- ja välisläbimõõt mm ;

R_t — lubatav tõmbepinge torus kg/mm^2 ;

c — seinavaajalik lisapaksus [vt. seos (60)].

Saadud seinapaksus ümardatakse järgmise suurema sortimendis leiduva mõõteni, kusjuures allapoole ümardamine on lubatud kuni $0,1 \text{ mm}$.

Liitpinge toru seinas kg/mm^2

$$\sigma = \frac{p}{230} \left(\frac{D_s}{s - c} - 1 \right). \quad (65)$$

Varutegurid lubatavate pingete määramisel valitakse järgmiselt:

varutegur tõmbetugevuse suhtes $n_b = 4,0$;

„ voolavuspiiri „ $n_T = 1,8$;

„ roomavuspiiri „ $n_c = 1,0$.

Toodud suurused on määratud väljast mittekuumendatavatele torudele.

¹ ЦКТИ — Центральный научно-исследовательский котлотурбинный институт им. И. И. Ползунова.

Välisküljelt kuumentatavatele torudele on varutegurid vastavalt 4,25, 1,9 ja 1,0.

Seina vajalik lisapaksus c valitakse torudele seinapaksusega $s \leq 6$ mm võrdseks 1 mm. Suurema seinapaksusega torudele valitakse c

0,18($s - c$) — juhul, kui seinapaksuse lubatav hälve on 15%;

0,11($s - c$) — „ „ „ „ „ „ „ 10%;

0,05($s - c$) — „ „ „ „ „ „ „ 5%;

($s - c$) on seinapaksus.

Kui torudele mõjub peale siserõhu veel suur väliskoormus (omakaal vms.), tuleb kontrollida tekkinud liitpinget:

$$\left(\sigma_1 - \frac{\sigma_2}{\varphi_1} - \sigma_p^k\right)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + \left(\frac{\sigma_2}{\varphi_1} + \sigma_p^k - \sigma_3\right)^2 + 6\tau^2 \leq 2R^2, \quad (66)$$

kus $\sigma_1 = \frac{pD_s}{200s}$ kg/mm²;

$$\sigma_2 = \frac{pD_s^2}{400s(D_s + s)} \text{ kg/mm}^2;$$

$$\sigma_3 = \frac{p}{200} \text{ kg/mm}^2;$$

$$\sigma_p^k = \frac{M}{W} \text{ kg/mm}^2 \text{ — paindepinge väliskoormusest;}$$

τ — väändepinge kg/mm² väändemomendi esinemisel;

φ_1 — toru teljega ristsuunalise keevisõmbluse tugevustegur.

Lubatav pinge R valitakse

$$R = \frac{\sigma_T^t}{1,4} \quad (67)$$

juhul, kui toru seinapaksus määrati voolavuspiiri või katketugevuse järgi, ja

$$R = \frac{\sigma_c^t}{0,9}, \quad (68)$$

kui toru seinapaksus määrati roomavuspiiri järgi.

Kui toru allub väliskoormuse mõjul piki toru telge suunatud tõmbele, siis liitpinge

$$\left(\sigma_1 - \frac{\sigma_2}{\varphi_1} - \sigma_2^k\right)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + \left(\frac{\sigma_2}{\varphi_1} + \sigma_2^k - \sigma_3\right)^2 \leq 2R^2, \quad (69)$$

kus σ_1 , σ_2 , σ_3 ja φ_1 vastavad seoses (66) toodutele;

σ_2^k — väliskoormuse mõjul ristlõikes esinev tõmbepinge kg/mm².

Lubatav pinge valitakse seose (69) jaoks, kasutades seose (65) järel toodud varutegurite väärtusi.

Lubatavate pingete määramiseks vajalikud voolavus- ja roomavuspiirid mõnede katlaehituses kasutatavate teraste kohta on toodud tabelites 42 ja 43.

Tabel 42.

Katlaehituses kasutatavate torude materjalide voolavuspiirid.

Mark	Tõmbetugevus σ_b kg/mm ² 20° C juures	Voolavuspiir σ_T^t kg/mm ² temperatuuril °C								
		20	200	250	300	350	400	450	500	550
10	32	18	16,0	14,5	13,5	11,5	10,0	8,0	6,0	—
15	35	20	17,5	16,0	14,5	12,5	11,0	9,0	7,0	—
15K	36	20	17,5	16,0	14,5	12,5	11,0	9,0	7,0	—
MСт. 3	38	21	18,0	17,0	15,0	13,0	—	—	—	—
20	40	22	19,0	17,5	15,5	13,5	12,0	10,0	8,0	—
20K	41	22	19,0	17,5	15,5	13,5	12,0	10,0	8,0	—
MСт. 4	42	23	19,5	18,0	16,0	14,0	—	—	—	—
25	43	24	20,5	18,5	16,5	14,5	13,0	11,0	9,0	—
25K	45	25	21,0	19,0	17,0	15,0	13,0	11,0	9,0	—
30	48	26	22,0	20,0	17,5	15,5	13,5	11,5	9,5	—
35	52	28	24,0	21,5	19,0	17,0	14,5	12,5	10,5	—
15M	38	26	24,0	22,5	21,0	19,0	17,0	15,0	13,0	11,0
20M	45	29	26,0	24,5	23,0	21,0	19,0	17,0	15,0	13,0
12MX	42	28	25,0	24,0	22,5	21,0	19,0	17,0	15,0	13,0
15XM	45	30	26,0	24,5	23,0	21,5	20,0	19,0	18,0	16,0

Tabel 43.

Katlaehituses kasutatavate torude materjalide roomavuspiirid.

Mark	Roomavuspiir σ_c^t kg/mm ² temperatuuril °C									
	400	425	450	475	500	510	530	540	550	560
10	8,5	6,3	4,4	3,1	2,2	—	—	—	—	—
15	9,5	7,0	4,8	3,6	2,5	—	—	—	—	—
20	10,0	7,5	5,0	3,6	2,5	—	—	—	—	—
25	10,5	8,0	5,3	3,7	2,5	—	—	—	—	—
15M	—	—	10	8,0	6,1	5,5	4,1	—	—	—
20M	—	—	11	8,5	6,1	5,5	4,1	—	—	—
15XM	—	—	12	9,0	6,5	5,8	4,5	4,0	3,5	2,7

LISA I.




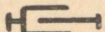















TORUDE JA LIIDETE ÜLDINE TÄHISTAMINE.
(ГОСТ 3463-46 järgi).





















Jrk. nr.	Nimetus	Tingtähis
1	Toru, isoleerimata	
2	Toru, isoleeritud	
3	Äärikliide	
4	Muhvotsliide	
5	Keermetatud liide	
6	Keevisliide	















LISA II.

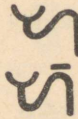













**TORUSTIKU ELEMENTIDE, ARMATUURI, SOOJUS- JA SANITAARTEHNILISTE
SEADISTE JA APARATUURI TING-TÄHISEID**
(ГОСТ 3463-46 järgi).














Jrk. nr.	Nimetus	Tingtähis		
		äärik-	muhvotsaga liite puhul	keermetatud
1	Toru, muhvotsaga			
2	Toru, äärikutega			
3	Toru, keerme ja muhviga			






Jrk. nr.	Nimetus	Tingtähis		
		äärik-	muhvotsaga liite puhul	keermetatud
4	Toru, kinnitatud punktiga („sur- nudpunktiga”)			
5	Toru, liikuval toel			
6	Toru, juhttoel			
7	Kompensaator, tihendikarbiga			
8	Kompensaator, kohtkindel			
9	Löötskompensaator			
10	Kompensaator, lüürakujuline			
11	Look-kompensaator			
12	Põlvikkompensaator, gofreeritud			
13	Põlvik			
14	Torukaar (nurk märgitakse kraadides)			
15	Põlvik, toega			

Jrk. nr.	Nimetus	Tingtähis		
		äärik-	muhvotsaga liite puhul	keermetatud
16	Ristkolmik		 	
17	Kaldkolmik (nurk märgitakse kraadides)			
18	Kaarkolmik			
19	Kaksik-kaarkolmik			
20	Ristmik		  	
21	Kaarristmik			
22	Tuts, kõrvalühenduse ja keermega		  	
23	Tuts, kahe kõrvalühenduse ja keermega			
24	Kaksikkaar			

Jrk. nr.	Nimetus	Tingtähis		
		äärik-	muhvotsaga liite puhul	keermetatud
25	Kaksikpõlvik			
26	Üleminekutükk			
27	Üleminekutükk, ekstsentriline			
28	Üleminekupõlvik			
29	Kahe üleminekuga kolmik			
30	Ühendusmutter			
31	Nippel			
32	Umbäärik			
33	Kape			
34	Kübarsulgur			
35	Üleminekuäärik			
36	Keermetatud äärik			

Jrk. nr.	Nimetus	Tingtähis		
		äärik-	muhvotsaga liite puhul	keermetatud
37	Haisulukk			
38	Haisulukk, horisontaalne			
39	Otseventiil			
40	Nurkventiil			
41	Otsevoolukraan			
42	Otsevoolukraan veetorustikule			
43	Kolmikkraan			
44	Veekraan, harilik			
45	Siiber			
		Ääriklite puhul		Keermetatud liite puhul
46	Siiber, elekterajamiga			
47	Siiber, hüdraulilise ajamiga			


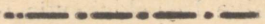
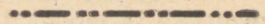

Jrk. nr.	Nimetus	Tingtähis	
		äärik-	keermetatud
		liite puhul	
48	Tagasilöögiklapp (ventiili tüüpi)		
49	Tagasilöögiklapp (klapi tüüpi)		
50	Tagasilöögiklapp, nurk-		
51	Reduktsiooniventiiil		
52	Drosselklapp		
53	Kaitseventiil, vedruga		
54	Kaitseventiil, vastukaaluga		
55	Vee-eraldaja (separaator)		
56	Vee-eraldaja (kondenspott)		
57	Olieraldaja		
58	Filter, mudaeraldaja		
59	Tsentrifugaalpump		
60	Käsipump		

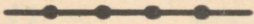





Jrk. nr.	Nimetus	Tingtähis	
		äärik-	keermetatud
		liite puhul	
61	Termomeeter		
62	Manomeeter		
63	Manomeeter, isekirjutav		
64	Hulgamõõtja		
65	Hulgamõõtja, lugejaga, isekirjutav		

LISA III.

VEDELIKU- JA GAASITORUSTIKE TÄHISTAMINE

(ГОСТ 3464-46 järgi).

Jrk. nr.	Juhitav keskkond	Tingtähis	Värviline tähistamine	
			Värvus	Värv
1	Antud seadmes või projektis enamesinev keskkond		Must	Must tušš
2	Vesi		Roheline	Gummigut lasuuri või mingi rohelisega
3	Aur		Roosa	Kinaver, suurik või karmiin, nõrga lahuse
4	Õhk		Helesinine	Lasuur või koobalt

Jrk. nr.	Juhitav keskkond	Tingtähis	Värviline tähistamine	
			Värvus	Värv
5	Gaas		Violett	Karmiin lasuuriga või mingi violett
6	Vedelkütus		Kollane	Gummigut, ooker või mingi kollane
7	Öli		Pruun	Põletatud sienna
8	Hape		Oliiv	Sinine ookriga
9	Leelis		Hallikas-pruun	Seepia
10	Vaakum		Helehall	Must tušš nõrga lahuse

Märkused:

1. Igal joonisel tuleb anda kasutatud tingtähiste selgitus.
2. Detailsemaks torustike iseloomustamiseks neid läbiva keskkonna järgi (näit. puhas vesi, soe vesi jne.) märgitakse üksikud torustikud eri numbrite või tähtedega, andes joonisel ka vastava selgituse.

LISA IV.

VÄLJAVÖTTEID KATLAJÄRELEVALVE INSPEKTSIOONI EESKIRJADEST.

122. Nii ekspluatatsioonis olevad kui ka värskest monteeritavad 1., 2. ja 3-nda kategooria torustikud kuuluvad registreerimisele Katlajärelevalve Inspeksioonile ja järelevalvetele Katlajärelevalve inspektori poolt.

123. 4-nda kategooria torustikud, samuti ajutised torustikud töö-eaga kuni 8 kuud, ei kuulu Katlajärelevalve Inspeksioonile registreerimisele ega Inspeksiooni järelevalvetele. Torude materjalid, keevitamine ja elektroodid, armatuur, montaaž ja järelevalvete peavad rahuldama käesolevate „Eeskirjade” nõudeid torustikkude antud kategooria jaoks. Vastutust torude materjali kvaliteedi, valmistamise, montaaži ja järelevalve eest kannab ettevõtte administratsioon.

Märkus. Katlajärelevalve Inspeksioonile antakse õigus teostada kontrolli käesolevate „Eeskirjade” nõuete täitmise üle 4-nda kategooria torustikkude juures.

124. Torustiku registreerimisel Katlajärelevalve Inspeksioonis peab ettevõtte administratsioon esitama torustikkude kohta Katlajärelevalve Inspeksioonile täidetud nõor-raamatu koos torustiku skeemiga ja andmetega, mis kinnitavad torustiku valmistamise kvaliteeti (vastavalt lisale 2), samuti raamatus olevate dokumentide tõestatud koopiad ja torustiku kirjelduse (vt. torustiku nõor-raamatu lk. 1).

Torustiku skeemil peab olema näidatud:

- a) toru läbimõõt ja seina paksus;
- b) tugede ja keevitatud liitekohtade asukoht;
- c) siibrite, ventiilide, väljalaske-, läbipuhumis- ja dreanažseadmete asukoht.

125. Torustiku nõor-raamat sinna nõoritud 1 eksemplari dokumentidega tagastatakse peale registreerimist omanikule. Kirjeldus ja dokumentide koopiad hoitakse alal Inspeksioonis.

129. Kõik käesolevatele „Eeskirjadele” allutatud torustikud kuuluvad enne ekspluatatsiooni andmist ja ekspluatatsiooni-protsessis järelevaatu- sele — välisele ülevaatu- sele ja hüdraulilisele proovile vastavalt alamal kindlaksmääratud normidele.

M ä r k u s. 4-nda kategooria torustikkudele ei ole perioodilistel järelevaatu- stel hüdrauliline proov kohustuslik.

130. Hüdraulilise proovirõhu suurus määratakse:

- a) katlaga otseselt seotud torustikkudele (katla ja magistraali vahel puuduvad väljalülitamisseadmed) — vastavalt katla proovirõhule;
- b) kõikidele teistele torustikkudele — 1,25-kordse töö- rõhuga vastavalt projektile.

131. Proovirõhk säilitatakse 5 min., selle järel rõhk alandatakse töö- rõhuni, mille juures viiakse läbi torustiku ülevaatus ja keevisõmbluste läbi- koputamine vasaraga, mille kaal ei ületa 1,5 kg. Hüdraulilise proovi tulemu- sed loetakse rahuldavaks, kui proovimise ajal ei toimunud rõhu langu manomeetri järgi ning keevisõmblustes, torudes, armatuuri keredes jne. ei esinenud lekkimist ega „higistamist”.

132. Värskest monteritud torustikud allutatakse hüdraulilisele proovile ilma isolatsiooni peale asetamata.

M ä r k u s. Omb- luseta torudele on lubatud teostada proov pealease- tatud isolatsiooniga, kuid keevitatud liitekohad peavad olema isoleeri- mata ja vaatluseks ligipääsetavad.

133. Torustiku üksikud keevitatud osad (kompensaatorid, põlvikud ja teised toruliitmikud) kuuluvad hüdraulilisele proovimisele kahekordse töö- rõhuga, ja 1,25-kordse töö- rõhuga, kui montaažitingimustes ei ole võimalik tekitada kahekordset rõhku.

134. Ümbritseva õhu temperatuuri puhul alla 0° C lubatakse hüdrauli- line proov asendada pneumaatilise- ga rõhul, mis on kindlaks määratud hü- draulilise proovi jaoks (1,25-kordne töö- rõhk). Eriabinõude kasutamisel vee külmumise vastu torustikkudes on lubatud hüdraulilise proovi teostamine veega.

135. Hüdraulilise proovi või välise ülevaatu- se läbiviimise päev määrak- se Katlajärelevalve Inspeksioonis registreeritud torustikule kindlaks kooskõlastatult Katlajärelevalve Inspeksiooniga. Inspektori mitteilmumisel

järelevaatuse läbiviimiseks kooskõlastatud ajaks võivad järelevaatuse läbi viia ettevõtte tehnilise administratsiooni esindajad, olles vastutavad.

Järelevaatuse tulemused kantakse torustiku nõrg-raamatusse kõikide kohalviibinud isikute allkirjadega, sissekirjutise koopia saadetakse kohalikele Katlajärelevalve Inspektsioonile.

M ä r k u s. Katlajärelevalve Inspektsioonis registreerimisele mittekuuluvate torustikkude järelevaatus ja proovimine viiakse läbi ettevõtte administratsiooni poolt ilma Katlajärelevalve Inspektsiooniga kooskõlastamata.

135. Kõik käesolevatele „Eeskirjadele” alluvad torustikud kuuluvad järelevaatusele kas Katlajärelevalve Inspektsiooni inspektori või ettevõtte tehnilise administratsiooni poolt (vt. p. 122, 123) järgmistel tähtaegadel:

a) välisele ülevaatusel ilma isolatsiooni eemaldamata — mitte harvemini kui üks kord kolme aasta kohta;

b) hüdraulilisele proovile ja välisele ülevaatusel — enne torustiku esmakordset eksploatatsiooni andmist, peale liitekohtade keevitamisega seotud remontide teostamist (vastavates piirkondades) ja ka torustiku käiklaskmisel peale tema enam kui kaheaastast seisakut.

KIRJANDUS.

1. Главкотлотурбопром, Проект ГОСТ'а «Прокладки стальные зубчатые $P_u = 200 \text{ кг/см}^2$ », 3-я редакция, 1950.
2. Главкотлотурбопром, Отраслевые нормалы на фланцевые соединения, 1950.
3. Б. И. Динабург и Г. И. Шохор, Трубопроводная арматура теплосиловых установок, 1950.
4. Б. А. Журавлев и С. Н. Лисицын, Индустриализация работ по монтажу стальных трубопроводов промышленного назначения, 1950.
5. Л. А. Кузнецов, Б. В. Рудомино, Конструирование и расчет трубопроводов теплосиловых установок, 1949.
6. А. Н. Лейбо, Трубопроводы и арматура нефтеперерабатывающих заводов, 1947.
7. П. Г. Львовский, Справочное руководство механикам металлургических заводов, 1949.
8. Машиностроение. Энциклопедический справочник, т. 2, т. 3.
9. Министерство электростанций СССР, Руководящие указания по монтажу станционных трубопроводов, 1947.
10. А. С. Москвитин, Механическое оборудование и арматура водопроводов, 1949.
11. Б. А. Наумов, Судовые трубопроводы, 1950.
12. Г. Н. Никитин, Монтаж трубопроводов, 1945.
13. А. Ф. Притула и В. А. Притула, Транспорт нефти, нефтяных продуктов и газа, 1938.
14. А. Ф. Ряполов, Монтаж производственных трубопроводов из нержавеющей стали, 1950.
15. М. С. Слободкин, Трубопроводная арматура, 1948.
16. Справочник машиностроителя в трех томах, т. III, 1951.
17. Справочник механика химического завода, 1950.
18. Справочник сантехники, 1948.
19. Справочник строителя-монтажника нефтяной промышленности, 1946.
20. Р. С. Флятау, Гидравлические расчеты трубопроводов, 1949.
21. ЦКТИ, Нормы расчета на прочность котельных агрегатов, 1950.

Rbl. 4.80

A-18534

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00454223 1