A. IRAK • H. VEIDE



AURU-KATLAD

A-28830 II

A. IRAK, H. VEIDE

AURUKATLAD

NELJAS, TÄIENDATUD TRÜKK

KIRJASTUS «VALGUS»
TALLINN 1967

6T2
I-66

УДК 621.18(075.4)

Kunstiliselt kujundanud G. Pant

Raamatus vaadeldakse aurukatelde ja nende abiseadmete ehitust, töötamist ja teenindamist. On toodud füüsika, keemia ja soojustehnika põhimõisteid, andmeid kütuste, toitevee ning katlaehituse materjalide kohta; käsitletakse toitevee ettevalmistust, kvaliteetse auru saamist, soojustehnilisi mõõtmisi, katelseadmete vigastusi, ohutustehnilisi nõudeid ja töö organiseerimist katlamajas.

Raamat on mõeldud kasutamiseks katlakütjate ettevalmistamisel ja nende kvalifikatsiooni tõstmisel.

УДК 621.18(075.4)
Паровые котлы
А. Ирак, Х. Вейде
1967 г.

В книге описаны устройство и работа паровых котлов малой и средней мощности и водогрейных котлов, работающих на различных видах топлива. Рассмотрены устройства водоподготовки, топливоподачи, автоматического управления, золоулавливания и шлакозолоудаления, а также вспомогательного оборудования и контрольно-измерительных приборов котельных установок.

Приведены основные сведения по физике, химии, теплотехнике и электротехнике, данные о видах топлива, питательной воде и котлостроительных материалах.

Рассмотрены вопросы организации эксплуатации и ремонта котлоагрегатов, указаны наиболее характерные случаи аварий и повреждений котельных агрегатов и меры их предупреждения, а также основные правила технического надзора и техники безопасности по эксплуатации котельных установок.

68 таблиц, 291 иллюстраций, библ. 15 назв.

2
Tartu Riikliku Ülikooli
Raamatukogu
71061

3—3—3
37—67

ARHIIVKOGU

SISSEJUHATUS

Tehnika arenemine nõuab järjest rohkem soojuse kasutamist, eriti selle muutmist elektrienergiaks. Soojuse tootmisel auruna on tähtis koht aurukateldel, mis sõltuvalt otstarbest võivad olla väga mitmesuguse konstruktsiooniga ja aurutootlikkusega. Aurukatlad on teinud läbi ligikaudu 150-aastase arengu, mis on olnud eriti kiire viimase 40 aasta jooksul. Tänapäeval valmistatakse katelagregaate, mille võimsus on üle 900 tonni auru tunnis ja kasutegur üle 90%.

Nõukogude Liit on sammunud katlaehituse moderniseerimisel ja uute katlatüüpide väljakujundamisel esirinnas. Selle tulemusena on saanud üldtuntuks Ramsini süsteemi otsevoolukatlad, loomuliku tsirkulatsiooniga kõrgrõhukatlad, šahtveskiga kolded, Šeršnevi süsteemi kolded freesturba põletamiseks, Pomerantsevi süsteemi kolded puidujäätmete ja turba põletamiseks jne. Juurutamisel rahvamajandusse on ülekriitiliste parameetritega aurukatlad, milles auru rõhk ületab 300 atmosfääri ja temperatuur 600° C. Ülikõrgete parameetritega auru kasutamine võimaldab säästa kütust ning alandada elektrienergia omahinda. Balti soojuselektrijaama on üles seatud unikaalsed põlevkiviküttel töötavad katlad tootlikkusega üle 300 tonni auru tunnis.

Eesti NSV energeetikamajandus baseerub peamiselt põlevkivi kasutamisel, mille osatähtsus kütusebilansis järjest kasvab. Selle kõrval leiavad üha laialdasemat tarbimist ka vedelkütused ja gaas. Lähtudes sellest on käesolevas teoses ulatuslikult käsitletud nimetatud kütustel töötavaid väikese ja keskmise võimsusega katelseadmeid ning nende teenindamist.

Rahvamajanduse edasiarendamiseks tuleb igal töötajal tõsta tööviljakust, hoida kokku materjale ja parandada töö kvaliteeti. Selle ülesande täitmiseks peab aga hästi tundma nii oma tööd kui ka teenindatavaid seadmeid.

Aurukatla õigeks teenindamiseks peab kütja põhjalikult tundma katla konstruktsiooni, koldes ja katlas toimuvaid protsesse, soojuse ülekannet mõjutavaid tegureid ning ökonoomse ja avariita töötamise meetodeid.

Teatavasti kehtestati NSV Liidus alates 1963. aastast mõõt-

ühikute eelissüsteemina rahvusvaheline mõõtühikute süsteem (SI). Et aga praegu katlamajades kasutatavate soojustehniliste mõõteriistade skaalad on gradueeritud põhiliselt tehnilises mõõtühikute süsteemis ning et üleminek ühtsele rahvusvahelisele süsteemile toimub järk-järgult, on käesolevas raamatus kasutatud tehnilist mõõtühikute süsteemi. Vanadelt mõõtühikutelt SI-süsteemi ühikutele üleminekuks on raamatu algul toodud eri peatükk, milles antakse uue ja vana süsteemi ühikute vahelised seosed.

Raamatu eesmärk on abistada katlamaja personali teadmiste omandamisel, mis on vajalikud neile langeva osa täitmisel rahvamajanduse edasises arengus.

I. PÕHIMÕISTEID FÜÜSIKAST JA KEEMIAST

1. RAHVUSVAHELINE MÕÕTÜHIKUTE SÜSTEEM (SI)

Loodusnähtuste kirjeldamisel, tehniliste seadmete loomisel, nende ekspluateerimisel jm. kasutatakse paljusid füüsikalisi suurusi (pikkus, mass, kiirus, aeg, jõud jne.). Mingi füüsikalise suuruse mõõtmine toimub tema võrdlemise teel *mõõtühikuga*. Mõõtühikuks on sama füüsikalise suuruse kokkuleppeline väärtus.

Enamikul juhtudel on võimalik füüsikalisi suurusi väljendada selliste suuruste kaudu, mille vahel ei valitse otsest seost. Neid suurusi nimetatakse *füüsikalisteks põhisuurusteks*. Ajaühikus läbitud tee pikkus, kiirus $v = \frac{s}{t}$, väljendub näiteks füüsikaliste põhisuuruste — pikkuse (s) ja aja (t) kaudu. Põhisuuruste mõõtühikuid nimetatakse *põhiühikuteks*, põhiühikute kaudu väljendatud füüsikaliste suuruste mõõtühikuid — *tuletatud ühikuteks*. Näiteks kiiruse ühik $\frac{m}{s}$ (meeter sekundis) on tuletatud põhiühikute m ja s kaudu jne.

Valitud põhiühikud koos nende abil saadud tuletatud ühikutega moodustavad *mõõtühikute süsteemi*.

Meetermõõdustiku süsteemis, millele pandi alus 1799. a. Prantsuse Rahvuskogu dekreediga, oli kaks põhiühikut — pikkusühik meeter ja massiühik kilogramm. Algmeetri pikkuseks valiti $\frac{1}{40\,000\,000}$ Pariisi läbiva meridiaani pikkust ning kilogrammi massiks 1 dm^3 vee mass temperatuuril 4° C. Algmeetri ja algkilogrammi etaloone säilitatakse Rahvusvahelises Mõõtude ja Kaalude Büroos.

Meetermõõdustikul põhinesid hiljem loodud teised mõõtühikute süsteemid: CGS-süsteem, põhiühikutega sentimeeter, gramm ja sekund, MTS-süsteem põhiühikutega meeter, tonn ja sekund, MKS-süsteem põhiühikutega meeter, kilogramm ja sekund, MKGS-süsteem põhiühikutega meeter, jõukilogramm ja sekund

ning MKSA-süsteem põhiühikutega meeter, kilogramm, sekund ja amper.

Teaduse ja tehnika kiire areng viimastel aastatel esitab mõõtmistele üha suuremaid nõudeid ühtsuse ja täpsuse suhtes. Need nõuded kasvavad eriti ühenduses automaatika- ning arvutus- ja juhtimistehnika vahendite laialdase juurutamisega. Nimetatud nõudeid rahuldab rahvusvaheline mõõtühikute süsteem (lühidalt SI [1]), mis võeti vastu 1960. a. Pariisis toimunud XI Rahvusvahelisel Mõõtude ja Kaalude Peakonverentsil. Nõukogude Liidus kehtestati rahvusvaheline mõõtühikute süsteem alates 1. jaanuarist 1963. a. riikliku standardiga ГОСТ 9867-61.

SI-süsteem koosneb kuuest põhiühikust, 2 täiendavast ühikust ja tuletatud ühikutest, mis on väljendatud põhiühikute kaudu.

Põhiühikuteks on:

meeter (m)	pikkusühik
kilogramm (kg)	massiühik
sekund (s)	ajaühik
amper (A)	vooluühik
Kelvini kraad (°K)	temperatuuriühik
kandela (cd)	valgustugevusühik.

Täiendavateks ühikuteks on:

radiaan (rad)	tasanurgaühik
steradiaan (sr)	ruuminurgaühik.

Rahvusvahelises mõõtühikute süsteemis on loobutud senisest meetri definitsioonist. Meetri defineerimise aluseks on võetud valguse lainepikkus. Uus definitsioon annab võimaluse meetri reprodutseerimiseks, kui meetri prototüüp ehk etaloon peaks hävima või aja jooksul muutuma.

Rahvusvahelises mõõtühikute süsteemis on kilogramm massiühikuks, mitte aga kaalu või raskuse ühikuks nagu tehnilises mõõtühikute süsteemis. Mõeldes ainehulka (näiteks metalli või muu materjali kulu mõne eseme valmistamiseks) kõneldakse massist ning seda mõõdetakse kilogrammides. Kilogramm on massiühik, mis võrdub Rahvusvahelises Mõõtude ja Kaalude Büroos hoitava plaatina-iriidiumist etalooni massiga.

SI ühikute seas ei esine kaaluühikut. Teatavasti võrdub kaal G massi m ja vaba langemise kiirenduse g korrutisega. Et vaba langemise kiirendus on Maa erinevates paikades erisuguse väärtusega, siis ei ole keha kaal konstantne suurus. Ekvaatoril on g väiksem, poolustel aga suurem kui keskmisel laiuskraadil (45°). Merepinnast kõrgemal väheneb Maa külgetõmbejõud ning seega ka keha langemise kiirendus ja keha kaal. Massi väärtus (aine-

[1] SI on algustähed prantsuskeelsetest sõnadest Système Internationale.

hulk) keha asukohast ei sõltu. Keha võib viibida ka kaaluta olekus, näiteks kosmilises ruumis, kuid tema mass jääb seejuures muutumatuks.

Seni kasutatud aatom- ja molekulkaalu asemel tuleb SI kohaselt kasutada aatommassi ja molekulmassi, erikaalu (ruumalaühiku kohta tuleva raskusjõu) asemel aga eriraskusjõudu. Erikaalu võib tavaliselt asendada ka tihedusega, mis väljendab aine ühe ruumalaühiku massi.

Aja mõõtühikut sekundit defineeriti varem kui $\frac{1}{86400}$ osa keskmisest päikeseööpäevast. Pikaajalised mõõtmised on näidanud, et keskmine päikeseööpäev muutub aastate jooksul, mistõttu sekundit ei saa määrata nii suure täpsusega, kui seda nõuab kaasaegne mõõtmistehnika. Sekundi uue definitsiooni aluseks on võetud Maa tiirlemine ümber Päikese, mis võimaldab ligikaudu 100 korda suuremat täpsust.

Amper defineeritakse elektrodünaamikas kasutatava seaduse abil, mis väljendab kahe lõpmata pika paralleelse juhtme vahel mõjuvat jõudu.

Kelvini kraad on temperatuuriühik termodünaamilise temperatuuriskaala järgi, mille kohaselt temperatuure loetakse alates absoluutsest nullist. Absoluutsele nullile vastab jää sulamistemperatuurist 273,16° C võrra madalam temperatuur. Et Kelvini kraad ja Celsiuse kraad väljendavad arvuliselt võrdset temperatuurivahet, siis üleminekuks sajakraadiliselt skaalalt (t° C) termodünaamilisele skaalale (T° K) kasutatakse seost:

$$T = t + 273{,}16 \approx t + 273.$$

Valgustugevuse mõõtühik kandela on määratud absoluutselt musta keha kiirgusega Kandela on valgustugevus, millega absoluutselt must keha plaatina tahkumistemperatuuril kiirgab $^1/_{60}$-ruutsentimeetriliselt pinnalt.

Radiaan on kesknurk, millele vastav kaarepikkus võrdub ringi raadiusega.

Steradiaan on tipuga kera tsentrisse toetuv ruuminurk, mis haarab kera pinnal raadiuse ruuduga võrdse pindala.

Kui SI-süsteemi tuletatud mõõtühiku väljendus põhiühikute kaudu kujuneb keerukaks, siis tavaliselt antakse tuletatud ühikule uus nimetus. Näiteks on jõuühikuks njuuton (N), s. o. jõud, mis annab massile 1 kg kiirenduse 1 m/s^2. Vana jõukilogramm võrdub 9,80665 njuutoniga (ümmardatult 10 N).

Rõhuühikuks on SI-süsteemis njuuton ruutmeetri kohta (N/m^2). Suurematеks ühikuteks on kilonjuuton ruutmeetri kohta (kN/m^2) ja meganjuuton ruutmeetri kohta (MN/m^2).

Vana rõhuühiku tehniline atmosfäär (at) asemel tuleb kasutada ühikut meganjuuton ruutmeetri kohta:

1 kG/cm² = 0,098066 MN/m² (ümardatult 0,1 MN/m²).

Füüsikaline atmosfäär (atm) soovitatakse väljendada kilonjuutonites ruutmeetri kohta. Rõhulangu torustikes, samuti tõmmet tuleb senise ühiku 1 millimeeter veesammast asemel mõõta ühikutes njuuton ruutmeetri kohta.

1,033 kG/cm² = 101325 N/m² ≈ 101 kN/m² = 0,101 MN/m²
1 mm vs = 9,8066 N/m² ≈ 9,81 N/m².

Iga liiki (mehaanilise, soojusliku, elektrilise, keemilise) energia, töö (endise jõukilogramm-meetri, vatt-tunni, hobujõud-tunni jne. asemel), samuti soojushulga ühikuks SI-süsteemis on d ž a u l (J). Suurematеks ühikuteks on kilodžaul (kJ) ja megadžaul (MJ).

1 kGm ≈ 9,81 J (ümmardatult 10 J)
1 kWh = 3 600 000 J = 3600 kJ = 3,6 MJ
1 kcal = 4187 J ≈ 4,19 kJ

Võimsuse, samuti soojusvoo ühikuks SI-süsteemis on v a t t (W). Suurematеks ühikuteks on k i l o v a t t (kw) ja m e g a v a t t (MW):

1 kW = 1000 W
1 MW = 1000 kW
1 kcal/h = 1,163 W.

Vastavalt eeltoodule on soojusjuhtivusteguri (soojusliku erijuhtivuse) ühikuks vatt meetri ja kraadi kohta [W/(m · deg [1])] ning soojusülekande- ja soojusläbikandeteguri ühikuks vatt ruutmeetri ja kraadi kohta [W/(m² · deg)].

SI põhi- ja täiendavad ühikud ning enamik tuletatud ühikuid on sobiva suurusega ja laialdaselt kasutusel. Suuremad või väiksemad ühikud moodustatakse eesliidete abil, mis kirjutatakse mõõtühiku ette.

tera — (T) = 10^{12} = biljon
giga — (G) = 10^{9} = miljard
mega — (M) = 10^{6} = miljon
kilo — (K) = 10^{3} = tuhat
hekto — (h) = 10^{2} = sada
deka — (da) = 10^{1} = kümme
detsi — (d) = 10^{-1} = kümnendik
senti — (c) = 10^{-2} = sajandik
milli — (m) = 10^{-3} = tuhandik
mikro — (μ) = 10^{-6} = miljondik
nano — (n) = 10^{-9} = miljardik
piko — (p) = 10^{-12} = biljondik

Järgnevalt on toodud mõned näited eesliidete kasutamise kohta.

[1] deg on lühend prantsuskeelsest sõnast *degré* — kraad.

1 Gcal (gigakalor) = 1 000 000 000 cal
1 MΩ (megaoom) = 1 000 000 Ω
1 dalm (dekaluumen) = 10 lm
1 μm (mikromeeter) = 0,000001 m
1 mN/m² (millinjuuton ruutmeetri kohta) = 0,001 N/m²

SI põhi- ja täiendavad ühikud ning mõningad tuletatud ühikud on toodud tabelis 1. Tabeli viimases lahtris on antud seosed muu või sama süsteemi ühikutega.

Tabel 1

SI põhi-, täiendavad ja tuletatud ühikud

Suuruse nimetus	Suuruse tähis	Mõõtühiku nimetus	Mõõtühiku tähis	Seos muu või sama süsteemi ühikutega
		Põhiühikud		
Pikkus	l	meeter	m	1 jard = 0,9144 m 1 jalg = 0,3048 m 1 toll = 0,0254 m
Mass	m	kilogramm	kg	1 inglise nael (lb) = = 0,454 kg 1 tonn = 10^3 kg
Aeg	t	sekund	s	1 minut (min) = 60 s 1 tund (h) = 3600 s
Elektrivool	I	amper	A	
Temperatuur	T	Kelvini kraad	°K	Temperatuur Celsiuse kraadides $\vartheta_C = T - 273{,}16 = (\vartheta_F - 32)$, kus ϑ_F on temperatuur Fahrenheiti kraadides
Valgustugevus	J	kandela	cd	1 cd = 1,11 Hefneri küünalt = 0,995 vana rahvusvahelist küünalt
		Täiendavad ühikud		
Nurk tasandil (tasanurk)	α, β, γ	radiaan	rad	$1° = \pi/180$ rad ≈ 0,017 rad
Ruuminurk	ω, Θ, Ω	steradiaan	sr	
		Tuletatud ühikud		
		Mehaanika ühikud		
Pindala	s	ruutmeeter	m^2	
Ruumala (maht)	V	kuupmeeter	m^3	1 liiter (l) = 0,001 m^3
Periood	T	sekund	s	$T = 2\pi/\omega$
Sagedus	f	herts	Hz	$f = 1/T$
Joonkiirus	v, c	meeter sekundis	m/s	1 km/h = $\frac{1}{36}$ m/s ≈ ≈ 0,278 m/s

Suuruse nimetus	Suuruse tähis	Mõõtühiku nimetus	Mõõtühiku tähis	Seos muu või sama süsteemi ühikutega
Joonkiirendus	a, g (raskusjõu kiirendus)	meeter sekundi ruudu kohta	m/s^2	
Nurkkiirus Pöörlemiskiirus ehk -sagedus	ω n	radiaan sekundis	rad/s	1 p/min = 0,105 rad/s
Nurkkiirendus	ε	radiaan sekundi ruudu kohta	rad/s^2	
Tihedus	ϱ	kilogramm kuupmeetri kohta	kg/m^3	1 g/cm^3 = 1 Mg/m^3 = $= 10^3$ kg/m^3
Erimaht	v	kuupmeeter kilogrammi kohta	m^3/kg	
Jõud (raskusjõud, kaal)	F	njuuton	N	1 kG = 9,80665 N
Eriraskusjõud (erikaal)	γ	njuuton kuupmeetri kohta	N/m^3	1 kG/dm^3 = 9806,65 N/m^3
Rõhk	p	njuuton ruutmeetri kohta	N/m^2	1 kG/mm^2 = 9,80665 $MN/m^2 \approx 1$ at = $= 1$ $kG/cm^2 = 0{,}0980665$ MN/m^2 1 atm = 760 mm · Hg = $= 101{,}325$ kN/m^2 1 mm Hg = 133.322 N/m^2 1 mm H_2O = 9,80665 N/m^2
Töö Energia	A E, W	džaul	J	1 N · m = 10^7 erg = 1 J 1 kG · m = 9,80665 J 1 hj · h = 2.6478 · 10^6 J 1 kWh = 3,6 · 10^6 J
Võimsus	P, N	vatt	W	1 erg/s = 10^{-7} W = 0,1 µW 1 hj = 735,5 W
		Soojuslikud ühikud		
Soojushulk Entalpia	Q H	džaul	J	1 cal = 4,1868 J
Massi kütteväärtus	Q_m, H_m	džaul kilogrammi kohta	J/kg	1 kcal/kg = 4186,8 J/kg
Mahu kütteväärtus	Q_v	džaul kuupmeetri kohta	J/m^3	
Soojusmahtuvus	C	džaul kraadi kohta	J/deg	1 cal/deg = 4,1868 J/deg

Suuruse nimetus	Suuruse tähis	Mõõtühiku nimetus	Mõõtühiku tähis	Seos muu või sama süsteemi ühikutega
Massi erisoojus	c	džaul kilogrammi ja kraadi kohta	J/(kg · deg)	1 cal/(g · deg) = 4186,8 J/(kg · deg)
Mahu erisoojus	C	džaul kuupmeetri ja kraadi kohta	J/(m³ · deg)	1 cal/(m³ · deg) = 4186,8 J/(m³ · deg)
Soojusvoog Soojuslik võimsus	Φ P	vatt	W	1 cal/s = 4,1868 W 1 kcal/h = 1,1630 W
Soojuslik erijuhtivus	λ	vatt meetri ja kraadi kohta	W/(m · deg)	1 kcal/(h · m · deg) = = 1,1630 W/(m · deg)
Soojusülekande- ehk siirdetegur	h	vatt ruutmeetri ja kraadi kohta	W/(m² · deg)	1 kcal/(h · m² · deg) = = 1,1630 W/(m² · deg)
Soojusläbikandetegur	k			
Gaasikonstant	R	džaul kilogrammi ja kraadi kohta	J/(kg · deg)	

Elektrilised ühikud

Elektrilaeng	Q, q	kulon	C	$Q = It$; 1C = 1A · s
Elektriline potentsiaal Pinge Elektromotoorjõud (emj.)	φ U, u E, e	volt	V	$U = A/Q = P/I$ 1 V = 1 W/A = 1 J/C
Mahtuvus	C	farad	F	$C = Q/U$; 1 F = 1 C/V
Takistus	R	oom	Ω	$R = U/I$; 1Ω = 1 V/A = = 1 W/A²
Eritakistus	ϱ	oommeeter	Ω · m	$\varrho = R \cdot s/l$; 1Ω · mm²/m = = 10^6 Ω · m 1 J = W · s
Elektrienergia, töö	W	džaul	J	1 kWh = 3,6 MJ
Võimsus	P, p	vatt	W	$P = IU \cos \varphi$ 1 W = 1 A · V = 1 J/s
Võimsustegur	$\cos \varphi$	(dimensioonita arv)		
Vahelduvvoolu sagedus	f	herts	Hz	$f = 1/T$ (T on perioodi kestus sekundites)

Suuruse nimetus	Suuruse tähis	Mõõtühiku nimetus	Mõõtühiku tähis	Seos muu või sama süsteemi ühikutega
		Valguslikud ühikud		
Valgusvoog	Φ	luumen	lm	1 lm = 1 cd · sr
Valgustus (valgustatava pinna valgustustihedus)	E	luks (luumen ruutmeetrile)	lx	$E = \Phi/s$

2. FÜÜSIKALISI ÜLDMÕISTEID

Katelde, masinate ning aparaatide ehitamisel ja nende ökonoomse töötamise organiseerimisel on aluseks füüsika seaduste tundmine.

Füüsika käsitleb füüsikalisi nähtusi, kehade omadusi ja muutumisi, mille juures keha koostis jääb endiseks. Füüsikalised nähtused on näiteks kehade paisumine soojenemisel, vee aurustumine, auru töötamine masinas jne.

Kehad jaotatakse oma oleku järgi tahketeks, vedelateks ja gaasilisteks.

Tahked kehad, nagu tellis, terasetükk jt., säilitavad oma kuju ja selle muutmiseks tuleb kasutada jõudu. Vedelikud, nagu vesi, õli, elavhõbe jt., ei säilita oma kuju, küll aga mahtu. Gaasid, nagu õhk, suitsugaas jt., ei säilita oma kuju ega mahtu ja nad püüavad täita kogu anumat või ruumi, milles nad asuvad.

Sõltuvalt välistest tingimustest võivad kehad olla kas tahkes, vedelas või gaasilises olekus, näiteks jää, vesi, veeaur.

Keha massi (ainehulka) mõõdetakse tonnides (t), kilogrammides (kg), grammides (g) või milligrammides (mg). Kui aga on vaja määrata näiteks kraana või vundamendi koormust, siis tuleb kõnelda raskusjõust ja sel puhul kasutatakse vahe tegemiseks mõõtühikuna jõukilogrammi (kG, kgf). Arvuliselt on massi- ja jõukilogramm ühe ja sama keha puhul võrdsed.

Kehade tihedus pole ühesugune. Nii võtavad erinevad kehad ühe ning sama massi, näiteks 1 kg puhul enda alla erinevad mahud ja, vastupidi, võrdse mahuga kehadel on erinev mass.

Tiheduseks nimetatakse aine mahuühiku massi. Tehnikas mõõdetakse tihedust kilogrammides kuupmeetri kohta (kg/m³).

Järgnevalt on toodud mõnede ainete tihedused (kg/m³):

elavhõbe	13600	vesi	1000
vask	8900	masinaõli	900

valgevask	8700	piiritus	800
teras	7800	lehtasbest	770
malm	7200	mänd	500
alumiinium	2700	kork	240

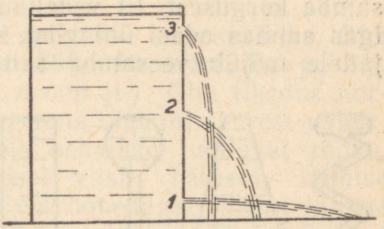
Gaaside tihedused (kg/m³) temperatuuril 0° C ja rõhul 760 mm Hg:

süsihappegaas	1,977	vingugaas	1,250
hapnik	1,429	veeaur	0,804
õhk	1,293	metaan	0,717
lämmastik	1,257	vesinik	0,089

Puistainete (liiv, põlevkivi, tuhk jne.) massi väljendatakse mahumassiga (vt. tab. 11), mille all mõistetakse 1 m³-sse mahtuva aine massi kilogrammides või tonnides (kg/m³, t/m³).

3. RÕHU MÕISTE. VEDELIKKUDE OMADUSED

Vedeliku ülemised kihid rõhuvad oma raskusega alumistele. Seejuures on vedeliku rõhk teataval kõrgusel ühesugune niihästi anuma seintele kui ka vedeliku alumistele kihtidele. Rõhk vedelikus kasvab sügavusega, s. t. mida sügavamal, seda suurema raskusega rõhuvad vedeliku ülemised kihid alumistele, samuti ka anuma seintele.



Joon. 1. Rõhu sõltuvus veesamba kõrgusest.

Veega täidetud anumast (joon. 1), mille seinasse on erinevale kõrgusele puuritud augud, purskub veejuga kõige kaugemale avast *1*, mis asub anuma põhja lähedal, avast *2* vahepealsele kaugusele ja avast *3*, mis asub veepinna lähedal, anumale kõige ligemale. Sulgedes sõrmega kordamisi avad *1*, *2* ja *3*, tunneme, et veerõhk avas *1* on suurim ja avas *3* väikseim.

Kui näiteks anuma põhja pindala on 2 m² ja veesamba kõrgus 3 m, siis vee maht anumas

$$V = 2\ \text{m}^2 \times 3\ \text{m} = 6\ \text{m}^3.$$

Vee kaal

$$G = 1\ \text{T/m}^3 \times 6\ \text{m}^3 = 6\ \text{T},$$

milline raskus rõhub ühtlaselt anuma põhjale. Anuma põhja ühele ruutmeetrile (m^2) mõjub jõud

$$p = 6 : 2 = 3 \text{ T.}$$

Jõud anuma põhja ühele ruutsentimeetrile

$$p = 6000 : 20\,000 = 0{,}3 \text{ kG.}$$

Jõudu, mis mõjub pinnaühikule, nimetatakse rõhuks. Mõõtes jõudu kilogrammides (kG) ja pinda ruutsentimeetrites (cm^2), saame rõhu kilogrammides ruutsentimeetrile. Rõhku 1 kG/cm^2 nimetatakse tehniliseks atmosfääriks (at.). Teades rõhku, võib määrata jõu, millega näiteks vesi, aur või õhk rõhub anuma seintele:

$$\text{jõud (kG)} = \text{rõhk (kG/cm}^2) \times \text{pind (cm}^2).$$

Rõhku võime mõõta ka veesamba kõrgusega. Ühele tehnilisele atmosfäärile vastab veesamba kõrgus 10 m, sest sellise kõrgusega 1 cm^2 ristlõikega veesamba maht on

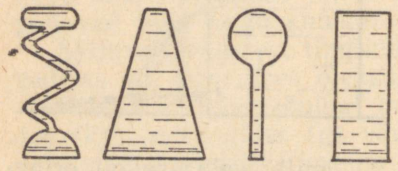
$$1 \text{ cm}^2 \times 1000 \text{ cm} = 1000 \text{ cm}^3 \text{ (1 liiter)}$$

ja veesamba kaal

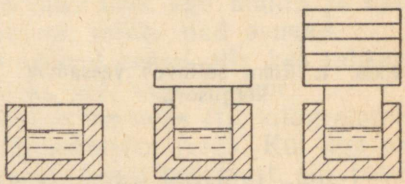
$$1 \text{ kG/l} \times 1 \text{ l} = 1 \text{ kG.}$$

Järelikult 10 m kõrguse veesamba rõhk pinnale 1 cm^2 on 1 kG/cm^2. Sama suurt rõhku avaldab 735 mm kõrgune elavhõbeda (Hg) sammas.

Vedeliku rõhk ei sõltu anuma kujust, vaid ainult vedelikusamba kõrgusest. Et vedelikud on voolavad ja rõhk neis kandub igas suunas edasi ühteviisi, siis joonisel 2 toodud anumate põhjadele mõjub veesamba sama kõrguse juures ühesugune rõhk.



Joon. 2. Vedeliku rõhk anuma põhjale ei sõltu anuma kujust.

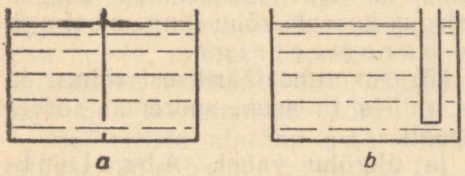


Joon. 3. Vedelikud pole kokkusurutavad.

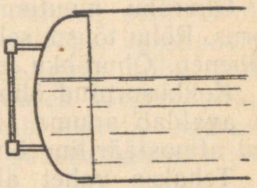
Vedelikud pole praktiliselt kokkusurutavad, s. t. vedeliku maht rõhu tõustes ei vähene. Joonisel 3 on toodud kolm ühesugust anumat, mis on täidetud veega ühe ning sama tasemeni. Neist esimeses on vesi lahtiselt, surveta, teises ja kolmandas aga surutakse kolvi ja raskustega. Seejuures vee maht kõigis anumais jääb praktiliselt muutmatuks.

Kahes omavahel ühendatud anumas asub veepind samal kõrgu-

sel. Täites paagi (joon. 4, *a*) üht poolt veega, voolab see läbi vaheseinas oleva ava paagi teise poolde. Vee juurdeandmise lõpetamisel veetase mõlemas paagipooles ühtlustub. Ühele ning samale kõrgusele tõuseb vesi ka paagis ja temaga ühendatud torus (joon. 4, *b*). Joonisel 4 toodud ja neile sarnaseis ühendatud anumais asub veepind ühel ning samal tasemel, sõltumata anuma kujust.



Joon. 4. Ühendatud anumad.



Joon. 5. Veeseisunäitaja skeem.

Ühendatud anumate seadusel põhineb katla veeseisunäitaja (joon. 5) ehitus. Üheks anumaks on siin katlatrummel, teiseks veeklaas, mis on omavahel ühendatud kahe toruga.

4. ÕHK JA SELLE OMADUSED

Maakera ümbritsevat õhukihti nimetatakse atmosfääriks. Õhk sisaldab mahuliselt 21% hapnikku, 78% lämmastikku ja 1% teisi gaase (süsihappegaas, argoon, neoon jt.). Õhu tihedus normaaltingimustes [1] on 1,29 kg/m³. Tingituna õhukihi suurest paksusest avaldab ta maapinnal olevatele kehadele tunduvat rõhku.

Õhurõhku võib määrata järgmisel viisil. Täidame kinnise otsaga umbes 1 m pikkuse klaastoru elavhõbedaga, suleme lahtise otsa sõrmega ja asetame toru otsapidi elavhõbedaga täidetud anumasse. Torus elavhõbedasammas pisut langeb ja jääb püsima teatavale kõrgusele. Samba peal torus moodustub õhutühi ruum, mistõttu samba ülemisele otsale rõhk puudub. Anumas oleva elavhõbeda pinnale ja selle kaudu torus oleva elavhõbedasamba alumisele otsale mõjub õhurõhk, mis tasakaalustab elavhõbedasamba raskuse. Elavhõbedasamba kõrgus, mis on normaaltingimustes 76 cm, näitab õhurõhumise suurust.

Võttes toru ristlõikega 1 cm², on elavhõbedasamba maht 76 cm³ ja elavhõbeda kaal erikaalu puhul 13,6 G/cm³

$$13{,}6\ \text{G/cm}^3 \times 76\ \text{cm}^3 = 1033\ \text{G} = 1{,}033\ \text{kG}.$$

[1] Temperatuuril 0° C ja rõhul 760 mm Hg.

Järelikult atmosfäärilise õhu rõhumine elavhõbeda pinnale on 1,033 kG/cm². Seda suurust nimetatakse *füüsikaliseks atmosfääriks* (atm); viimane on pisut suurem tehnilisest atmosfäärist (1 kG/cm²).

$$1 \text{ atm} = 1{,}033 \text{ kG/cm}^2.$$

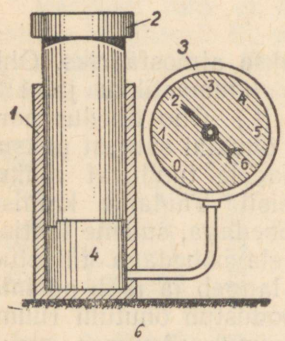
Kui täidame toru elavhõbeda asemel veega, siis tasakaalustab atmosfäärilise õhu rõhumise 10,33 m kõrgune veesammas.

Õhurõhu muutumisel muutub ka elavhõbedasamba kõrgus torus. Rõhu tõusmisel samba kõrgus kasvab, rõhu langemisel aga väheneb. Õhurõhku mõõdetakse *baromeetriga*.

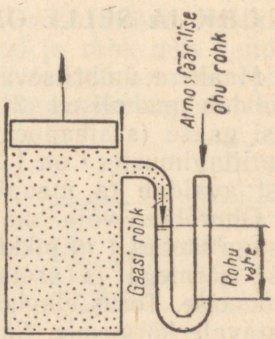
Kokkusurutud õhu rõhk on kõrgem atmosfäärilisest rõhust ja ta avaldab anuma siseseintele, milles ta asub, suuremat survet kui atmosfääriline õhk väljastpoolt.

Tehakse vahet absoluutse ja ülerõhu vahel. *Absoluutseks* rõhuks nimetatakse rõhku, mida mõõdetakse absoluutse tühjuse suhtes, *ülerõhuks* absoluutse ja atmosfäärilise rõhu vahet. Absoluutset rõhku atmosfäärides tähistatakse lühendatult ata, ülerõhku aga atü.

Olgu joonisel 6 näidatud anumas õhk surutud kokku $^1/_3$-ni oma algmahust. Seejuures absoluutne rõhk anumas on 3 korda suurem atmosfäärilisest rõhust, s. o. 3 ata. Ülerõhk anumas on (absoluutne rõhk) — (atmosfääriline rõhk), s. o. 3—1=2 atü. Ülerõhku näitab *manomeeter*.



Joon. 6. Kokkusurutud õhk omab ülerõhku:
1 — silinder; *2* — kolb; *3* — manomeeter; *4* — suruõhk.



Joon. 7. Alarõhu mõõtmine.

Suurendades atmosfäärilise rõhu all oleva gaasi mahtu kolvi ülespoole liigutamisega (joon. 7), gaas hõreneb ja gaasi rõhk muutub atmosfäärilisest rõhust väiksemaks. Vahet atmosfäärilise rõhu ja gaasirõhu vahel nimetatakse sel puhul *alarõhuks*,

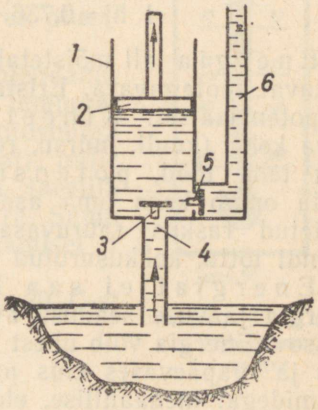
hõrenduseks ehk vaakuumiks. Alarõhk esineb näiteks katla koldes ja suitsukäikudes, turbiini jahutajas (kondensaatoris) jm.

Alarõhud katelseadmetes on harilikult väikesed ja neid mõõdetakse veesamba kõrgusega. Suuremat alarõhku mõõdetakse elavhõbedasamba kõrgusega. Alarõhu mõõtmiseks kasutatav vaakuummeeter sarnaneb ehituselt manomeetriga, mille skaala jaotused väljendavad alarõhku sentimeetrites elavhõbedasammast.

Joonisel 7 toodud U-toru parempoolse, lahtise otsa kaudu mõjub torus olevale veesambale atmosfääriline rõhk, vasakpoolse otsa kaudu, mis on ühendatud gaasianumaga, gaasi rõhk. Selle tulemusena veetase U-toru vasakus pooles tõuseb kõrgemale kui paremas. Veesammaste kõrguste vahe näitab alarõhu suurust.

Mõõteriista alarõhu määramiseks katla gaasikäikudes nimetatakse tõmbemõõtjaks (vt. p. 88).

Nähtusel, mille kohaselt atmosfääriline rõhk tõstab veesammast alarõhu all olevasse ruumi, põhineb pumpade töötamine (joon. 8).



Joon. 8. Kolbpumba skeem:
1 — silinder; *2* — kolb; *3* — imiklapp; *4* — imitoru; *5* — suruklapp; *6* — surutoru

Pumba kolvi *2* ülesliikumisel tekib silindris *1* alarõhk, mille tagajärjel atmosfääriline rõhk surub vee imitoru *4* mööda üles. Vesi, avades imiklapi *3*, voolab pumba silindrisse. Kolvi allaliikumisel asetub imiklapp pesale ja takistab vee väljavoolamist silindrist basseini tagasi. Silindris olev vesi ja õhk surutakse algul kokku atmosfäärilise rõhuni ja seejärel üle atmosfäärilise rõhu. Seejuures avaneb pumba suruklapp *5* ja vesi ning õhk voolavad pumba surutorusse *6*. Kolvi uuel ülesliikumisel sulgub suruklapp, silindris tekib alarõhk ja silinder täitub uuesti veega.

5. JÕUD, TÖÖ, VÕIMSUS, ENERGIA

Põhjust, mis viib keha välja paigalolekust või muudab keha liikumise kiirust või suunda, nimetatakse j õ u k s. Looduslikest jõududest tuntuim on raskusjõud. Jõu ühikuks on jõukilogramm (kG).

Ületades jõu abil takistusi, näiteks raskuse tõstmisel, maakera külgetõmbejõudu, teeme tööd. T ö ö d mõõdetakse jõukilogrammmeetrites (kGm). Ühe kGm all mõistetakse töö hulka, mida tuleb teha 1 kG raskuse keha tõstmiseks 1 m kõrgusele. Elektrilist tööd mõõdetakse kilovatt-tundides (kWh).

V õ i m s u s e k s nimetatakse töö hulka 1 sekundis. Võimsuse ühikuks on jõu kilogramm-meeter sekundis (kGm/s). Suurem võimsuse ühik on hobujõud (hj), mis võrdub 75 kGm/s. Elektrilist võimsust mõõdetakse kilovattides (kW).

1 kW = 102 kGm/s = 1,36 hj,
1 hj = 0,736 kW = 736 vatti (W).

E n e r g i a all mõistetakse keha võimet teha tööd, s. o. kehas peituvat töötagavara. Eristatakse kahte liiki energiat: kineetilist ja potensiaalset. K i n e e t i l i s e k s energiaks nimetatakse liikuva keha (kuuli, mürsu, rongi, turbiinis voolava auru jm.) võimet teha tööd, p o t e n s i a a l s e k s energiaks töö tagavara, mida omab keha oma asendi või oleku tõttu. Näiteks kõrgele tõstetud raskus (auruvasar) on suuteline tegema tööd oma asendi tõttu, kokkusurutud vedru ja veeaur oma oleku tõttu jne.

E n e r g i a t e i s a a h ä v i t a d a e g a l u u a. Nimetatud energia jäävuse seaduse avastas suur vene teadlane M. Lomonossov. Energia võib ühest kujust muutuda teise ja tagasi. Tehnikas ja igapäevases elus puutume kokku mitmesuguste energiavormidega: mehaanilise, elektri-, keemilise jm. energiaga.

Soojuselektrijaamas muundub kütuses peituv potensiaalne keemiline energia katla koldes soojuseks, mis kandub aurule. Auruturbiinis muundatakse soojus mehaaniliseks energiaks, mis paneb liikuma elektrigeneraatori. Viimases muundatakse mehaaniline energia elektrienergiaks, mis juhitakse juhtmeid mööda elektrimootoreisse; need panevad liikuma mitmesuguseid masinaid ja tööpinke, mis teevad mehaanilist tööd.

Energiat mõõdetakse tööühikutes.

6. SOOJUS

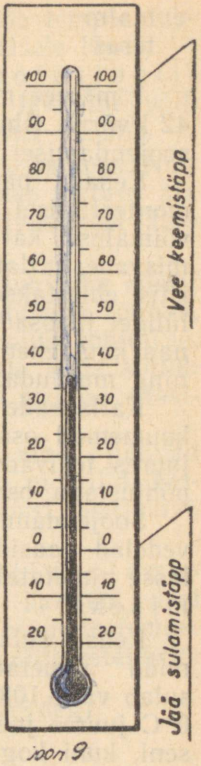
Kui mingile kehale juhtida juurde soojust, siis ta temperatuur tõuseb, ja ümberpöördult, kui kehalt juhtida soojust eemale, siis ta temperatuur langeb. T e m p e r a t u u r väljendab järelikult keha kuumuse astet. Temperatuuri mõõdetakse termomeetriga.

Elavhõbetermomeeter (joon. 9) koosneb kinnisest õhutühjast peenikesest klaastorust, mille allotsas on elavhõbedaga täidetud kerake. Soojenemisel elavhõbe paisub ja tõuseb torus üles, jahtumisel tõmbub kokku ja vajub alla. Klaastorule või sellele kinnitatud alusele on märgitud jaotused kraadides. NSV Liidus kasutatavail termomeetreil on jää sulamistemperatuuriks atmosfäärilisel rõhul võetud 0° C (null kraadi Celsiust), vee keemistemperatuuriks samal rõhul 100° C. Skaala ulatus jää sulamistäpi ja vee keemistäpi vahel on jagatud ühesuurusteks osadeks. Külma puhul langeb elavhõbedasammas alla 0° C. Temperatuuri alla 0° C loetakse negatiivseks ja tähistatakse miinusmärgiga. Näiteks 15° külma märgitakse −15° C ja loetakse: miinus 15 kraadi. Temperatuuri üle 0° C loetakse positiivseks, seejuures plussmärki (+) harilikult ei kirjutata.

Soojushulk, mis on tarvilik keha soojendamiseks, sõltub keha ainest, kaalust ja temperatuurist, milleni keha soojendatakse. Soojushulga ühikuks on tehnikas kilokalor (kcal), mille all mõistetakse soojushulka, mis on tarvilik 1 kg vee soojendamiseks 1 kraadi võrra. Sama soojushulk vabaneb 1 kg vee jahutamisel 1 kraadi võrra.

10 kg vee soojendamiseks näiteks 20° C-st kuni 40° C-ni kulub soojust

$$10 \times (40-20) = 200 \text{ kcal.}$$



Joon. 9. Elavhõbetermomeeter.

Soojushulka, mis kulub 1 kg (gaaside puhul ka 1 m³) aine soojendamiseks 1 kraadi võrra, nimetatakse selle aine erisoojuseks.

Järgnevalt on toodud mõnede ainete erisoojused:

vesi	1,0	kcal/(kg · deg)
suitsugaas	0,25	„
õhk	0,24	„
tellis	0,22	„
teras	0,12	„
vask	0,09	„

Kehad soojenemisel paisuvad, jahtumisel kahanevad. Paisumisel suurenevad keha mõõtmed, pind ja maht. Tahketest kehadest paisuvad kõige rohkem metallid. Näiteks soojendamisel 100° võrra pikeneb (1 m pikkuse kohta):

malm	1,0 mm	vask	1,7 mm
teras	1,1 mm	klaas	0,6—0,9 mm

1 m^3 vee maht soojendamisel 0° C-st kuni 100° C-ni suureneb 42 l võrra. Õhu, suitsugaasi jt. gaaside maht suureneb 1-kraadisel soojendamisel $^1/_{273}$ võrra, võrreldes gaasi mahuga 0° C juures.

Kehade paisumist tuleb arvestada ka katlaehituses. Katla monteerimisel nähakse ette tema üksikute elementide paisumise võimalust: katla metallkere ja müüritise vahele jäetakse paisumisvahe, katlatrumlid asetatakse liikuvatele tugedele, kollete müüritis ehitatakse paisumisvuukidega jne. Kui katlatrumlil, restilülidel jt. osadel puudub vaba paisumise võimalus, siis surutakse nad kuumenemisel kokku, osad kõverduvad ja võivad praguneda ning murduda.

Katlaosade ebaühtlasel soojenemisel paisuvad nad erinevalt: kuumemad osad paisuvad rohkem, jahedamad aga vähem. Seejuures tekivad materjalis termilised pinged, mis võivad samuti põhjustada osade pragunemist ja purunemist.

Soojendamisel võivad tahked kehad muutuda vedelateks ja vedelad gaasideks (aurudeks). Üleminekut tahkest olekust vedelasse nimetatakse sulamiseks, vastupidist nähtust tardumiseks.

Kehad sulavad nende ainele vastaval kindlal temperatuuril, mida nimetatakse sulamistemperatuuriks. Näiteks sulab vask 1080° C, malm 1100—1200° C, teras 1400—1500° C, jää 0° C juures jne. Sulamisel püsib keha temperatuur ühel kõrgusel seni, kuni kogu keha on sulanud. Seega kulutatakse keha sulamisel soojust, ilma et keha temperatuur tõuseks. Seda soojushulka nimetatakse sulamissoojuseks; selle suurus sõltub samuti keha ainest. Näiteks kulub 1 kg jää sulamiseks 80 kcal, 1 kg vasele 50 kcal, 1 kg malmile 23 kcal jne.

Vedelikkude üleminek gaasilisse olekusse toimub keemise (aurustamise) teel. Vastupidist nähtust nimetatakse kondenseerumiseks.

Keemine toimub samuti kindlal nn. keemistemperatuuril. Näiteks keeb atmosfäärilisel rõhul piiritus 80° C, vesi 100° C ja elavhõbe 375° C juures. Keemise perioodil jääb temperatuur samuti nagu sulamiselgi muutumatuks; soojus kulutatakse keha muutmiseks vedelast olekust gaasiliseks. Seda soojushulka nimetatakse aurumissoojuseks, viimane sõltub keha ainest ja rõhust, mille juures toimub aurustamine.

Kehade tardumisel vabaneb soojus, mis kulutati keha sulatamiseks; samuti vabaneb kondenseerumisel see soojus, mis kulutati keha aurustamiseks.

Soojusel on omadus üle minna kõrgema temperatuuriga (soojendavalt) kehalt madalama temperatuuriga (soojendatavale) kehale. Sel juhul soojust juurdesaava keha temperatuur tõuseb,

soojust äraandva keha temperatuur langeb. Kehade temperatuuride ühtlustumisel soojuse üleminek ühelt kehalt teisele lõpeb.

Eristatakse kolme soojuse levimise viisi: soojusjuhtivus, konvektsioon ja kiirgus. Soojuse levimine võib toimuda korraga kas ühel, kahel või kõigil nimetatud viisidel.

Soojusjuhtivuseks nimetatakse soojuse levimist keha sees. Näiteks metallvarda soojendamisel ühest otsast suureneb teatava aja pärast tema temperatuur ka teises otsas; soojusjuhtivuse teel läbib soojus müüritise jne.

Soojusjuhtivuse teel edasikanduv soojushulk sõltub keha ainest ja pinna suurusest, mille kaudu soojuse edasikandumine toimub, kaugusest (varda pikkus, müüri paksus), milleni soojust juhitakse, ja keha välispindade temperatuuride vahest. Peale selle sõltub edasikanduv soojushulk ajast. Mida kauem toimub soojuse edasikandumine, seda enam soojust levib.

Ainete soojusjuhtivus on mitmesugune: ühed ained juhivad soojust hästi, teised halvasti. Head soojusjuhid on metallid, halvad soojusjuhid näiteks puit, tellis, šamott, asbest, katlakivi, õli, tahm, tuhk jt.

Aine soojusjuhtivust hinnatakse soojusjuhtivustegurіga, mis näitab, missugune soojushulk (kcal) kandub edasi 1 tunni jooksul 1 m^2 pinna kohta 1 m kaugusele pindade temperatuuri vahe juures 1 kraad. Mõnede ainete soojusjuhtivustegurid:

vask	300—340	(kcal/(mh · deg)
teras	30—50	„
vesi	0,5	„
tellismüüritis	0,35	„
katlakivi	0,5—5,0	„
asbest	0,10—0,14	„
õli	0,1	„
saepuru	0,06	„
tahm	0,03—0,06	„
õhk	0,02—0,03	„

Juhitagu näiteks soojust läbi 1 m paksuse seina pinnaga 1 m^2. Seina temperatuur ühel pool olgu 100° C, teisel pool 20° C. Läbiv soojushulk 1 tunni jooksul on siis:

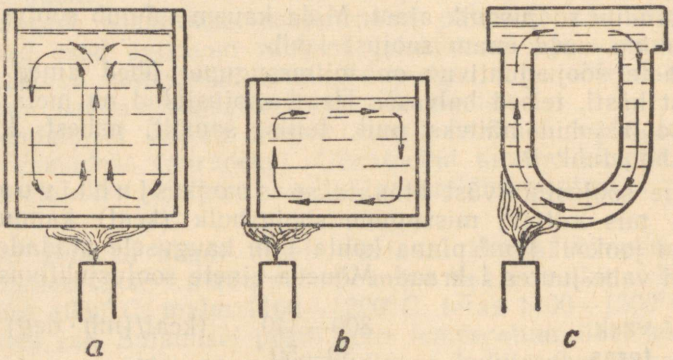
vase	puhul	$300 \times (100-20) = 24\,000$	kcal
terase	„	$50 \times (100-20) = 4000$	„
tellise	„	$0{,}35 \times (100-20) = 28$	„

Häid soojusjuhte kasutatakse seal, kus on tarvilik üle anda soojust, nagu aurukatelde ökonomaiserite, õhueelsoojendite ja teiste soojusvahendite ehitamisel. Halbu soojusjuhte kasutatakse soojuse ülemineku takistamiseks, s. o. soojusisolatsiooni-

materjalina. Siia kuuluvad asbest, diatomiit, magnesiit, klaasvill, turbapuru jt. Soojusisolatsiooni-materjalide kasutamisega on võimalik vähendada katla, aurutorustiku jt. seadmete soojuskadusid välisõhku.

Halvad soojusjuhid on kõik poorsed ained. Kuna poore täitev seisev õhk on halb soojusjuht, siis seetõttu juhivad kõik poorsed materjalid soojust halvemini kui tihedad materjalid. Keha niiskena juhib soojust paremini kui kuivana.

Soojuse üleandmiseks konvektsiooni teel nimetatakse nähtust, kus soojendav keha puutub kokku soojendatava kehaga, kusjuures soojendatavale kehale antakse pidevalt soojust juurde. Soojuse üleandmist soodustab ühe keha liikumine teise suhtes.



Joon. 10. Vee liikumine anumas soojendamisel.

Soojuse levimine konvektsiooni teel toimub ka vedelike või gaaside segunemisel, mispuhul soojus kantakse soojematelt osadelt üle külmematele. Joonisel 10 on näidatud vee soojendamine anumas gaasipõleti abil, kus kuumad gaasid kannavad pidevalt soojust anuma põhjale juurde. Soojus läbi anuma põhja antakse edasi juhtivuse teel, põhjalt veele aga konvektsiooni teel. Joonisel 10, *a* juhitakse suurem osa soojust läbi anuma põhja keskmise osa. Põhjale lähemal olevad veekihid soojenevad, paisuvad ja muutuvad kergemaks. Anuma keskel, kus soojenemine on kõige intensiivsem, tõuseb soe vesi üles, seguneb seejuures külmemate veeosakestega ja annab edasi viimastele osa oma soojusest. Anuma seinte ääres olev külmem ja raskem vesi langeb alla, voolab sealt anuma keskele, kus ta soojeneb ja tõuseb seejärel uuesti üles. Soojendamise tõttu tekib anumas pidev vee liikumine. Soe vesi seguneb külmemaga ja selle tulemusena soojeneb kogu veemass ning vee temperatuur tõuseb.

Soojendades anuma üht serva või külge (joon. 10, *b* ja 10, *c*),

tekib anumas samuti pidev vee liikumine, kusjuures soe vesi seguneb külmemaga.

Soojendatava vee vaba liikumist mis tahes kujulist kinnist ringi mööda nimetatakse tsirkulatsiooniks. Tsirkulatsioonil on katelde juures suur tähtsus. Hea tsirkulatsiooniga kateldes soojeneb ja aurustub vesi kiiresti, mistõttu katla aurustusjõudlus on suurem.

Soojuse üleandmist konvektsiooni teel kasutatakse aurukateldes ja mitmesugustes soojendusaparaatides. Katla gaasikäikudes liikuvad kuumad suitsugaasid annavad pidevalt soojust edasi küttepindadele. Mida suurem on seejuures gaaside liikumiskiirus, seda parem on soojuse edasiandmine.

Konvektsiooni teel üleantav soojushulk sõltub samuti soojust vastuvõtva keha liikumiskiirusest. Soojendades joonisel 10 toodud anumate seinu ülalt, jääb vesi liikumatuks ja soojeneb seetõttu halvasti. Anumate soojendamisel alt hakkab vesi intensiivselt liikuma (tsirkuleerima) ja soojuse üleandmine veele muutub heaks.

Soojuse üleandmist soojendavalt keskkonnalt seinale või seinalt soojendatavale keskkonnale hinnatakse soojusülekande- ehk soojussiirdeteguriga [kcal/(m²h · deg)], mis näitab, missugune hulk soojust antakse seina 1 m² pinnale või 1 m² pinnalt 1 tunni jooksul keskkonna ja seina temperatuuride vahe juures 1 kraad.

Soojuse üleandmist läbi eraldava seina soojendavalt vedelikult või gaasiliselt kehalt soojendatavale vedelikule või gaasile hinnatakse soojusläbikandeteguriga [kcal/(m²h · deg)], mis näitab, missugune hulk soojust kcal-tes läbib 1 m² pinnaga seina 1 tunni jooksul soojendava ja soojendatava keha temperatuuri vahe juures 1°.

Soojusläbikandetegur veelt veele on tunduvalt suurem kui gaasidelt veele või veelt gaasidele. Soojusläbikandetegur on väikseim soojuse edasiandmisel gaasidelt õhule või aurule ja aurult õhule. Soojusläbikandetegur suureneb soojendava ja soojendatava keha liikumiskiiruse tõusmisel ja väheneb kiiruse langemisel ning eraldavate seinte (katla, ökonomaiseri jt.) mustumisel tahma, lendtuha ja katlakiviga. Võrdsetel kiirustel ja seinte mustumisastmel on soojusläbikandetegur väikese läbimõõduga torude puhul suurem kui suurtes trumlites ja suure läbimõõduga torudes. Seetõttu on otstarbekas ehitada katla või teiste soojusvahendusaparaatide küttepinnad väikese läbimõõduga torudest.

Näide. Leegitorukatla leegitoru küttepind $H_k = 20$ m², gaaside keskmine temperatuur $t_g = 600°$ C, vee temperatuur katlas $t_v = 180°$ C, keskmine soojusläbikandetegur $k = 25$ kcal/(m²h · deg).

Gaasidelt katlaveele üleantav soojushulk 1 tunni jooksul

$$Q = 20 \cdot 25(600 - 180) = 210\,000 \text{ kcal}.$$

Konvektsiooninähtuste hulka kuulub ka soojuse edasiandmine

segunemise teel. Kuuma ja külma keha segunemisel tekivad samuti tsirkulatsioonivoolud, tekib soojuse üleandmine ning kehade temperatuuride ühtlustumine.

Näide. Paaki, mis sisaldas 1200 kg vett 0° C juures, lisati 1800 kg vett temperatuuril 80° C. Selle tagajärjel kuum vesi jahenes ja külm vesi soojenes. Määrata segu temperatuur.

Kuuma veega toodi paaki juurde soojust:

$$Q = 1 \cdot 80 \cdot 1800 = 144\,000 \text{ kcal.}$$

Kogu vee hulk paagis:

$$G = 1200 + 1800 = 3000 \text{ kg.}$$

Selle veehulga soojendamiseks 1° C võrra kulub soojust:

$$Q' = 1 \cdot 1 \cdot 3000 = 3000 \text{ kcal.}$$

Järelikult kuuma vee soojuse arvel saadakse segu lõpptemperatuuriks:

$$t° = 144\,000 : 3000 = 48° \text{ C.}$$

Kuumad kehad saadavad välja soojuslaineid, mis külmemale kehale sattudes tõstavad selle temperatuuri. Seda nähtust nimetatakse soojuse kiirgamiseks. Kiirgamise teel levib soojus ühelt kehalt teisele, ilma et kehad kokku puutuksid. Näiteks kiirgamise teel soojendab päike maakera, katla koldes antakse üle hulk soojust kiirgamise teel küttepindadele jne.

Soojuskiired võivad olla nähtavad ja nähtamatud. Nähtavaid soojuskiiri kiirgavad heledalt hõõguvad kehad (päike, leek jm.), nähtamatuid kiiri saadavad välja kõik kehad igasugusel temperatuuril. Kiiratav soojushulk sõltub kiirgava keha temperatuurist, keha suurusest ja pinna olekust. Iga keha samal ajal kiirgab ja ühtlasi neelab teistelt kehadelt kiiratud soojust. Kõrge temperatuurini kuumendatud keha kiirgab välja palju soojust, kuid neelab samal ajal vähem kuumadelt kehadelt vähe soojust. Seetõttu kõrgesti kuumendatud keha, kiirates soojust, jahtub; vähem kuum keha, neelates soojust rohkem kui ta seda kiirgab, kuumeneb. Kiiratav soojushulk on seda suurem, mida suurem on keha pind. Kareda pinnaga keha kiirgab ja neelab soojust rohkem kui sileda, näiteks poleeritud, nikeldatud või hõbetatud pinnaga keha. Musta või tumeda värvusega kehad kiirgavad ja neelavad soojust rohkem kui heledad kehad.

Katla koldes toimub soojusvahetus peamiselt kiirgamise teel. Hõõguv kiht ja leek kiirgavad soojust igasse külge. Katlaosad neelavad kiiratud soojust ja omakorda kiirgavad soojust, sõltuvalt nende temperatuurist.

Ühe m² suurune põlev kiht kiirgab ühe tunni jooksul soojust:

1400° C	kihi	temp.	puhul	370 000	kcal
1250° C	„	„	„	265 000	„
1000° C	„	„	„	120 000	„

Katla müüritis neelab leegi poolt kiiratud soojust ja kiirgab seda omakorda kütusekihile ja katlaosadele. Temperatuuri juures 1000° C kiirgab 1 m² müüritist 1 tunnis 115 000 kcal.

Katlaosad temperatuuriga 300° C kiirgavad 1 m² pinna kohta 1 tunni jooksul 5000 kcal.

Aurukatlas toimub soojuse üleandmine kuumadelt gaasidelt veele kõigil kolmel viisil: juhtivuse, konvektsiooni ja kiirgamise teel. Konvektsiooni teel antakse üle soojus kõigile küttepinna osadele, kiirgamise ja ühtlasi konvektsiooni teel neile katla osadele, mida soojendatakse hõõguva kihi, leegi või kuumade gaaside poolt. Juhtivuse teel antakse soojus edasi läbi katla küttepindade seinte.

7. VEEAUR

Vesi võib muutuda auruks kas *auramise* või *keemise* teel. Auramine toimub lahtiselt veepinnalt mis tahes temperatuuri juures. Vee auramise tõttu niisked kehad, nagu toores puit, märg turvas jm., kuivavad. Auramine kulgeb suhteliselt pikkamööda ja aur hajub ümbritsevasse atmosfääri. Auru tootmine katelseadmetes põhineb vee keemise nähtusel.

Vee soojendamisel lahtises anumas tõuseb vee temperatuur järk-järgult kuni 100° C-ni, mis on vee keemistäpiks lahtises anumas atmosfäärilisel rõhumisel. Keemisel tekivad vees aurumullid, mis veepinnale tõustes lõhkevad: aur lahkub atmosfääri. Vee temperatuur, hoolimata edasisoojendamisest, jääb püsima 100° C-le, kuna kulutatud soojus läheb vee aurustamiseks.

Tekkinud auru temperatuur on võrdne keeva vee temperatuuriga, auru rõhk võrdne atmosfäärilise rõhuga. Auru, mis tekib vee keemisel ja mille temperatuur on võrdne keemistemperatuuriga ning rõhk võrdne keeva vee pinnale mõjuva rõhuga, nimetatakse *küllastunud auruks*. Ühe kg küllastunud auru maht on atmosfäärilisel rõhumisel 1700 korda suurem 1 kg vee mahust.

Soojust, mis kulub 1 kg vee soojendamiseks 0° C-st kuni keemistemperatuurini, nimetatakse *vedelikusoojuseks*. Atmosfäärilisel rõhumisel on viimane 100 kcal. Soojust, mis kulub 1 kg keeva vee muutmiseks küllastunud auruks, nimetatakse *aurustussoojuseks*. Atmosfäärilisel rõhumisel on aurustussoojus 539 kcal/kg. Ühe kilogrammi 0° C-se vee aurustamiseks atmosfäärilisel rõhumisel kulub järelikult soojust

$$100 + 539 = 639 \text{ kcal.}$$

Seda soojushulka nimetatakse *küllastunud auru soojussisalduseks*.

Vee keemistemperatuur sõltub vee pinnale mõjuvast rõhust: mida suurem on rõhk, seda kõrgem on keemistemperatuur ja ümberpöördult. Nii keeb vesi 0,5 ata rõhul 81° C, 1,5 ata rõhul

111° C, 10 ata rõhul 179° C juures jne. Seejuures küllastunud auru temperatuur on alati võrdne vee keemistemperatuuriga.

Rõhu kasvades vedelikusoojus suureneb, kuid aurustussoojus väheneb. Küllastunud auru soojussisaldus 30 ata rõhuni kasvab, pärast seda langeb.

Küllastunud veeauru omadused on toodud tabelis 2.

Näide. Kui palju kulub soojust 100 kg küllastunud auru, rõhuga 10 ata, tootmiseks, kui katlasse antava vee temperatuur on 50° C?

Tabelist 2 leiame, et küllastunud auru soojussisalduseks rõhul 10 ata on 663 kcal/kg. Kuna 1 kg toitevett sisaldab 50° C juures soojust 50 kcal, siis kulub 100 kg sellise vee aurustamiseks soojust:

$$Q = 100(663 - 50) = 61\,300 \text{ kcal.}$$

Tabelis 2 on toodud kuiva küllastunud auru soojussisaldused. Tavaliselt sisaldab küllastunud aur mõningal määral veeosakesi, mis kistakse veepinnast auruosakeste poolt kaasa. Niisugust auru nimetatakse niiskeks küllastunud auruks. Auru niiskust määratakse aurus oleva vee ja auru kaalulise suhtega protsentides. Niiske küllastunud auru soojussisaldus ja maht on väiksemad kuiva küllastunud auru omast.

Näide. Määrata niiske auru soojussisaldus, kui auru rõhk on 15 ata ja ja niiskus 3%.

Kuiva küllastunud auru soojussisaldus rõhul 15 ata on 666,6 kcal/kg, vee

Tabel 2

Küllastunud veeauru omadusi

Absoluutne rõhk kG/cm²	Keemistemperatuur °C	Vedeliku soojus kcal/kg	Aurustussoojus kcal/kg	Auru soojussisaldus kcal/kg	1 kg auru maht (erimaht) m³/kg	1 m³ auru mass (mahumass) kg/m³
1,0	99,1	99,2	539,6	638,8	1,725	0,5797
1,5	110,8	111,0	532,1	643,1	1,180	0,8472
2,0	119,6	119,6	526,2	646,3	0,902	1,109
2,5	126,8	126,8	521,3	648,7	0,732	1,366
3,0	132,9	132,9	517,3	650,7	0,617	1,622
4,0	142,9	142,9	510,2	653,9	0,471	2,125
5,0	151,1	151,1	504,2	656,3	0,382	2,621
6,0	158,1	158,1	498,9	658,3	0,321	3,112
7,0	164,2	164,2	494,2	659,9	0,278	3,600
8,0	169,6	169,6	489,8	661,2	0,245	4,085
9,0	174,5	174,5	485,8	662,3	0,219	4,563
10,0	179,0	179,0	482,1	663,3	0,198	5,049
12,5	188,9	188,9	473,6	664,6	0,160	6,250
15,0	197,4	197,4	466,0	666,7	0,134	7,446
17,5	204,8	204,7	458,9	667,7	0,116	8,621
20,0	211,4	211,4	452,6	668,5	0,102	9,846
30,0	232,8	232,8	430,0	669,6	0,068	14.70
40,0	249,2	249,2	410,6	669,0	0,0508	19.69
100,0	309,5	309,5	317,5	651,7	0,0185	54,21

vedelikusoojus 200,6 kcal/kg. Niiske auru soojus koosneb antud juhul 0,97 kg kuiva küllastunud auru soojussisaldusest ja 0,03 kg vee vedelikusoojusest, s. o.

$$i = 666{,}6 \cdot 0{,}97 + 200{,}6 \cdot 0{,}03 = 646{,}6 + 6 = 652{,}6 \text{ kcal/kg.}$$

Küllastunud auru jahutamisel hakkab ta kondenseeruma. Seejuures suureneb auru niiskus ja väheneb erimaht (1 kg auru maht), millega kaasub auru töövõime vähenemine. Aurus sisalduv vesi kujutab ühtlasi suurt ohtu torustikule ja aurumasinatele veelöökide näol, mis võivad põhjustada torustiku ja masinate purunemisi.

Andes küllastunud aurule samal rõhul juurde soojust, aur kuiveneb ja ta temperatuur tõuseb üle küllastunud auru temperatuuri. Sel teel saadakse ülekuumendatud aur (vt. tab. 3). Ülekuumendatud auru soojussisaldus ning erimaht, võrreldes küllastunud auru omadega, on suuremad. Ülekuumendatud aur jahutamisel ei kondenseeru seni, kuni tema temperatuur pole langenud küllastunud auru temperatuurini. Kõige selle tõttu on ülekuumendatud auru töövõime suurem ja tema kasutamine jõuseadmetes palju ökonoomsem.

Tabel 3

Ülekuumendatud auru omadusi

Absoluutne rõhk kG/cm²	320° C	340° C	360° C	380° C	400° C	420° C
8	0,3429[1]	0,3552	0,3674	0,3796	0,3918	0,4039
	739,2	749 2	759,2	769.2	779,2	789,3
10	0,2731	0,2830	0,2929	0,3028	0,3126	0,3223
	738,2	748,2	758 3	768,4	778,4	788,6
12	0.2265	0,2349	0,2433	0,2515	0,2598	0,2679
	737,0	747,2	757,4	767,5	777,7	787.9
14	0,1933	0,2006	0,2078	0,2150	0,2220	0,2291
	735,9	746.2	756,4	766,7	776,9	787,2
16	0,1684	0,1748	0,1812	0,1875	0,1937	0,2000
	734,8	745,2	755,5	765,9	776,2	786.5
18	0,1490	0,1548	0,1605	0,1661	0,1717	0,1773
	733,7	744,2	754,6	765,0	775,4	785,8
20	0,1334	0,1387	0,1439	0,1491	0,1542	0,1592
	732,6	743.2	753,7	764,2	774,7	785,1
30	0,0868	0,0906	0,0942	0,0978	0,1013	0,1048
	726,8	738,0	749,1	760,0	770,8	781.6
40	0.0634	0,0664	0,0693	0,0722	0,0749	0,0776
	720.5	732,5	744,1	755,5	766,8	778,0
100	0,0199	0,0221	0,0240	0,0256	0,0271	0,0285
	666,0	689,2	708,4	725,2	740,4	754,6

[1] Esimene arv väljendab auru erimahtu m³/kg, teine arv soojussisaldust kcal/kg.

Atmosfääriline õhk sisaldab alati suuremal või väiksemal määral veeauru. Kuna viimane ei oma värvust, siis on ta silmale nähtamatu. Õhu temperatuuri langemisel kondenseerub õhus olev veeaur: tekib udu, kaste jm. Kaste võib tekkida ka soojas ruumis asuvate külmade esemete pinnale, kusjuures viimastega kokkupuutuvate õhukihtide jahutamise tagajärjel õhus olev veeaur kondenseerub ja sadestub esemetele. Nii näiteks tekib kaste soojas ruumis asuva külmaveetoru välispinnale. Veeauru leidub ka suitsugaasides. Viimaste tugeval jahutamisel toitevee-eelsoojendisse (ökonomaiserisse) antava külma vee või õhueelsoojendisse juhitava külma õhu poolt tekib küttepindade *higistamine*, mis on tingitud kaste tekkimisest küttepindadele. See põhjustab ökonomaiserite ja õhueelsoojendite sööbimist ja roostetamist. Temperatuuri, mille juures õhus või suitsugaasides olev veeaur hakkab kondenseeruma, nimetatakse *kastepunktiks* (vt. p. 43).

8. GAASI OLEKU SEADUSED

Gaasi füüsikalist olekut iseloomustab temperatuur, rõhk ja maht. Need kolm gaasi *parameetrit* on omavahel kindlas seoses. Ühe suuruse muutumisel muutuvad kas üks või mõlemad ülejäänud parameetrid.

Gaasi parameetrite vastastikune muutumine määratakse nn. *gaasi oleku seadustega*. Gaasi temperatuuri suurendamine või vähendamine muutumatul rõhul põhjustab gaasi mahu suurenemist või vähenemist. Kõikide gaaside juures toimub see praktiliselt ühesuguselt ja nagu märgitud eespool (p. 5), moodustab gaasi mahu muutus temperatuuri muutuse iga kraadi kohta suuruse, mis võrdub 1/273-ga sellest mahust, mis antud gaasil on samal rõhul 0° C juures. Suurust 1/273 ehk 0,00367 nimetatakse *gaasi paisumisteguriks*.

Matemaatiliselt väljendatakse gaasi mahu muutumist järgmise võrrandiga:

$$V_1 = V_0 + V_0 \frac{1}{273} t_1 = V_0 (1 + \frac{1}{273} t_1),$$

kus V_1 on gaasi maht temperatuuril t_1;
V_0 — gaasi maht 0° C juures;
t_1 — gaasi temperatuur.

Mingil teisel temperatuuril t_2 sama gaasihulga maht on:

$$V_2 = V_0 (1 + \frac{1}{273} t_2).$$

Jagades saadud võrrandid teineteisega, saame võrrandi:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1}, \tag{1}$$

s. o. muutumatul rõhul on teatud gaasihulga maht võrdeline gaasi absoluutse temperatuuriga.

Sõltuvus gaasi mahu ja rõhu vahel muutumatul temperatuuril määratakse Boyle-Mariotte'i seadusega, mida väljendab järgmine võrrand:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{p_2}{p_1}, \tag{2}$$

s. t. muutumatul temperatuuril on gaasi maht pöördvõrdeline rõhuga ehk gaasi rõhk muutub pöördvõrdeliselt mahuga.

Eelmise võrrandi võib kirjutada ka kujul:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 = \text{konstant},$$

s. t. muutumatul temperatuuril gaasi rõhu ja mahu korrutis on konstantne (jääv) suurus.

Mida rohkem teatud hulk gaasi muutumatul temperatuuril paisub, seda enam väheneb selle erikaal γ. Seda sõltuvust väljendatakse järgmise võrrandiga:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{\gamma_2}{\gamma_1}.$$

Asendades selles võrrandis mahtude suhte rõhkude suhtega, saame võrrandi, mis väljendab gaasi erikaalu muutust sõltuvalt rõhust:

$$\frac{\gamma_2}{\gamma_1} = \frac{p_2}{p_1},$$

s. t. muutumatul temperatuuril on gaasi erikaalud võrdelised rõhkudega. Teiste sõnadega, mida suurema rõhu all on gaas, seda suurem on gaasi erikaal.

Võrranditest (1) ja (2) võib moodustada uue võrrandi:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}.$$

Järelikult gaasi oleku muutustel gaasi parameetrid muutuvad nii, et igal olekul rõhu ja mahu korrutis jagatud absoluutse temperatuuriga on konstantne suurus. Seda sõltuvust võib väljendada võrrandiga:

$$\frac{pV}{T} = \text{konstant},$$

kus p, V ja T on gaasi mis tahes oleku parameetrid.

Eelmise võrrandi konstantset suurust nimetatakse **gaasikonstandiks** ja tähistatakse tähega R.

$$\text{Seega } \frac{pV}{T} = R$$

$$\text{ehk } pV = RT.$$

Gaasihulga G kohta see seos võtab kuju:

$$pV = GRT.$$

Seda võrrandit nimetatakse gaasi **karaktervõrrandiks** või gaasi **olekuvõrrandiks**. Võrrand võimaldab määrata, kuidas muutub antud gaasihulga maht, rõhk ja absoluutne temperatuur ühe või teise parameetri muutumisel.

Gaasikonstandi R väärtuse (arvestatud ühele kg-moolile gaasile) võib määrata avaldisest:

$$R = \frac{848}{M},$$

kus M on antud gaasi molekulkaal.

Näiteks metaani gaasikonstant, mille molekulkaal $M_{CH4} = 16$, on:

$$R = \frac{848}{M_{CH4}} = \frac{848}{16} = 53.$$

Gaasisegu konstant määratakse avaldisega:

$$R_{segu} = \frac{848}{M_{segu}} = \frac{848}{\frac{V_1}{V} M_1 + \frac{V_2}{V} M_2 + \ldots + \frac{V_n}{V} M_n},$$

kus $M_1, M_2 \ldots M_n$ on gaasisegu komponentide (segus olevate gaaside) molekulkaalud;

M_{segu} — gaasisegu keskmine molekulkaal;

$\frac{V_1}{V}, \frac{V_2}{V} \ldots \frac{V_n}{V}$ — gaasisegu komponentide suhtelised osamahud.

Erinevate gaaside võrdsed mahud sisaldavad samal rõhul ja temperatuuril võrdse arvu molekule. Selle seaduse põhjal mis tahes gaasi kg-mooli maht 0° C ja 760 mm Hg juures on alati võrdne 22,4 m³-ga.

Nimetatud seos võimaldab määrata mis tahes gaasi tihedust:

$$V = \frac{M}{22{,}4} \text{ kg/m}^3,$$

kus M on kg-mooli gaasi kaal kg-des (on arvuliselt võrdne molekulkaaluga).

9. AINE EHITUS. KEEMILISED NÄHTUSED

Kõik looduses esinevad ained koosnevad väikestest osakestest. Võtame näiteks tüki sütt ja tükeldame selle võimalikult peeneks; saadud väikestel söetükikestel on ikkagi kõik söe omadused. Kõige väiksemaid aineosakesi, mis säilitavad veel kõiki aine omadusi, nimetatakse *molekulideks*. Eri ainete (vesi, teras, süsi jm.) molekulid on oma suuruselt ja ehituselt erinevad. Molekulide mõõtmed on väga väikesed ja ainult kõige suuremad nende hulgast on nähtavad tugevate mikroskoopidega. Aines ei asu molekulid tihedasti üksteise kõrval, nagu näiteks tellised müüritises, vaid kaugused üksikute molekulide vahel ületavad paljukordselt nende mõõtmeid. Molekulid kehas on alatises liikumises ja hoiduvad koos vastastikku mõjuvate tõmbe- ja tõukejõududega. Tahkes kehas on see side kõige tugevam, vedelikkudes nõrgem ja gaasilistes kehades tähtsusetu.

Looduses esinevad ained võib jaotada lihtaineteks ja liitaineteks. *Lihtained* ehk *elemendid* on näiteks kõik puhtad metallid, nagu kuld, vask, elavhõbe jt., ja gaasid, nagu hapnik, vesinik, lämmastik jne. Lihtaineid ei saa lagundada koostisosadeks. *Liitained* koosnevad kahest, kolmest või enamast lihtainest. Näiteks koosneb vesi hapnikust ja vesinikust, keedusool naatriumist ja kloorist, kriit kaltsiumist, süsinikust ja hapnikust jne.

Liitaine molekul koosneb lihtainete molekulidest. Liitaine molekuli lagundamisel saame lihtainete molekulid.

Liitaineid on looduses lõpmata palju. Seevastu elemente, millest on ehitatud kõik liitained, on kokku 104.

Lihtaine molekul koosneb omakorda veel väiksematest osakestest — ühest, kahest või enamast *aatomist*, mis samuti nagu molekulidki ei asu tihedasti koos. Aatomi tuuma lõhkumisega on võimalik saada ühest elemendist teisi, kusjuures vabanevad suured energiahulgad. Nimetatud nähtusel põhineb *aatomienergia* tootmine.

Nähtusi, kus toimub uute ainete tekkimine, nimetatakse *keemilisteks nähtusteks* ehk *keemilisteks reaktsioonideks*. Sellisteks nähtusteks on näiteks kütuste põlemine, metalli roostetamine, paekivi lagunemine lubjapõletamisel jne. Eraldatakse kolme liiki keemilisi reaktsioone: *ühinemis-*, *lagunemis-* ja *asendusreaktsioonid*.

Ühinemisreaktsioonil moodustub mitmest ainest uus keerulisem aine. Näiteks süsiniku põlemisel ühineb süsinik õhuhapnikuga ja tekib uus aine, süsihappegaas. Lagunemisreaktsioonil moodustuvad keerulistest ainetest uued, lihtsamad ained. Näiteks kriidi kuumutamisel tekib kustutamata lubi ja süsihappegaas. Asendusreaktsioonil moodustuvad keerulistest ainetest uued keerulised

Keemiliste elementide tähiseid ja aatommassid

Elemendi nimetus	Keemiline tähis	Aatommass	Elemendi nimetus	Keemiline tähis	Aatommass
Alumiinium	Al	27	Nikkel	Ni	59
Antimon	Sb	122	Plaatina	Pt	195
Elavhõbe	Hg	201	Plii	Pb	207
Fosfor	P	31	Raadium	Ra	226
Hapnik	O	16	Raud	Fe	56
Hõbe	Ag	108	Roodium	Rh	103
Kaalium	K	39	Räni	Si	28
Kaltsium	Ca	40	Süsinik	C	12
Kloor	Cl	35	Tina	Sn	119
Kroom	Cr	52	Tsink	Zn	65
Kuld	Au	197	Uraan	U	238
Lämmastik	N	14	Vask	Cu	64
Magneesium	Mg	24	Vesinik	H	1
Mangaan	Mn	55	Vismut	Bi	209
Molübdeen	Mo	96	Volfram	W	184
Naatrium	Na	23	Väävel	S	32

ained. Näiteks seebikivi mõjutamisel soolhappega tekib keedusool ja vesi.

Keemilistel reaktsioonidel ühinevad ained üksteisega kindlas kaalulises vahekorras. Näiteks moodustub vesi 1 kaaluosa vesiniku ühinemisel 8 kaaluosa hapnikuga, süsihappegaas 1 kaaluosa süsiniku ühinemisel $2^2/_3$ kaaluosa hapnikuga jne.

Keemilistel reaktsioonidel aine ei hävi. Aine jäävuse seaduse avastas ja formuleeris esimesena M. Lomonossov.

Elemendid tähistatakse nende ladinakeelse nimetuse ühe või kahe algustähega. Elementide raskust väljendatakse aatommassiga, mis on leppeline suurus. Seejuures võetakse aluseks hapniku aatommass, mis loetakse võrdseks 16-ga. Aine molekuli moodustavate aatomite aatommasside summat nimetatakse molekulmassiks.

Asetades elemendid ritta aatommassi suuruse järjekorras, avastas suur vene keemik D. Mendelejev elementide perioodilisuse süsteemi. Selgus, et igale elemendile leidub selles reas teatava arvu teiste järel oma omadustelt analoogiline element. Perioodilisuse seadus lõi keemia arengus uue ajastu.

Elementide ühinemisel võib ühe elemendi aatom ühineda teise elemendi ühe või mitme aatomiga. Näiteks süsinikuaatom võib ühineda ühe või kahe hapnikuaatomiga, mida märgitakse järgmiselt:

$$2C + O_2 = 2CO$$
süsinik hapnik vingugaas

aatom- ja molekulmassid: $2 \cdot 12 + 2 \cdot 16 = 56$

$$C + O_2 = CO_2$$
süsinik hapnik süsihappegaas

aatom- ja molekulmassid: $12 + 2 \cdot 16 = 44$

Lagunemisreaktsiooni, näiteks kriidi lagunemist kustutamata lubjaks ja süsihappegaasiks, märgitakse:

$$CaCO_3 = CaO + CO_2$$
kriit kustutamata lubi süsihappegaas

molekulmassid: $100 = 56 + 44$

Asendusreaktsiooni märgitakse:

$$NaOH + HCl = NaCl + H_2O$$
seebikivi soolhape keedusool vesi

molekulmassid: $40 + 36 = 58 + 18$

Keemias jagatakse kõik elemendid kahte rühma: metallideks (siia kuulub ka vesinik) ja mittemetallideks ehk metalloididdeks.

Elementide ühendeid hapnikuga nimetatakse hapenditeks ehk oksiididdeks. Näiteks kustutamata lubi CaO on kaltsiumoksiid, vingugaas CO on süsinikoksiid jne.

Metalloidide hapendite ühinemine veega annab happe:

$$NO_2 + H_2O = H_2NO_3$$
lämmastikdioksiid vesi lämmastikhape

$$SO_2 + H_2O + H_2SO_3$$
vääveldioksiid vesi väävlishape

$$SO_2 + H_2O = H_2CO_3$$
süsihappegaas vesi süsihape

Happed mõjuvad sööbivalt ja kutsuvad esile ohtlikke põletusi. Happed ühinevad kergesti metallidega. Seejuures tekib asendusreaktsioon: happes olev vesinik asendub metalliga. Saadud ainet nimetatakse soolaks.

$$H_2CO_3 + Ca = CaCO_3 + H_2$$
süsihape kaltsium kaltsiumkarbonaat, kriit vesinik

H_2SO_4 + Ca = $CaSO_4$ + H_2
väävelhape kaltsium kaltsiumsulfaat, kips vesinik

Kriiti ja kipsi nimetatakse sooladeks.
Metallihapendite ühendeid veega nimetatakse alusteks.

CaO + H_2O = $Ca(OH)_2$
kaltsiumoksiid vesi kaltsiumalus, kustutatud lubi

Na_2O + H_2O = $2NaOH$
naatriumoksiid vesi naatriumalus, seebikivi

Mõnede metallide (naatriumi, kaaliumi, kaltsiumi, baariumi) aluseid nimetatakse leelisteks; neid kasutatakse katla toitevee pehmendamisel.

10. ELEKTRILISED PÕHISUURUSED

Elektrivool. Iga aine aatom sisaldab elektri algosakesi — elektrone ja prootoneid. Kokkuleppe kohaselt loetakse prootonite laengut positiivseks ja elektronide laengut negatiivseks. Kui mõnel kehal on elektrone vähem kui tavaliselt, siis on positiivsed laengud ülekaalus ja keha on positiivselt laetud. Kui aga elektrone on tavalisest rohkem, siis keha on negatiivselt laetud.

Kui ühendada positiivselt (+) ja negatiivselt (−) laetud kehad metalljuhtmega, siis tekib elektrivool — elektronide vool kehalt, kus neid oli ülemäära, kehale, kus oli elektronide puudujääk.

Alalisvool kulgeb ühes kindlas suunas — kokkuleppe kohaselt positiivselt pooluselt negatiivsele. Vahelduvvool muudab oma suunda kümneid kordi sekundis. NSV Liidus kasutatakse elektriseadmetes voolu, mis muudab oma suunda 50 korda sekundis (voolu sagedus 50 hertsi).

Üksiku elektroni laeng on väga väike. Praktilises elektrotehnikas kasutatakse laengu ühikuks kulonit, mis võrdub $6{,}25 \times 10^{18}$ elektroni laenguga. Kui juhet igas sekundis läbib üks kulon, siis on voolutugevus 1 amper (A). Voolu mõõtmiseks kasutatakse ampermeetrit.

Takistus. Pinge. Elektrilaengute liikumisele avaldavad kõik kehad teatavat takistust. Takistuse ühikuks on oom (Ω). Üks oom on takistus, mida avaldab 106,3 cm pikkune ja 1 mm^2 ristlõikega elavhõbedasammas temperatuuril 0° C. Takistust mõõdetakse oommeetriga.

1 kΩ (kilo-oom) = 1000 Ω,
1 MΩ (megaoom) = 1 000 000 Ω.

Selleks, et vooluahelas tekiks elektrivool, peavad juhtme alguse ja lõpu elektrilised potensiaalid olema erinevad (sarnaselt vee voolamisega jões, kus vesi saab liikumise jõe lätte ja suudme erinevate tasemete tõttu). Elektriliste potensiaalide vahet nimetatakse pingeks ja seda mõõdetakse voltides. Üks volt (V) on selline pinge, mis tekitab ühe-oomise takistusega vooluahelas voolu üks amper. Pinget mõõdetakse voltmeetriga.

1 V = 1000 mV (millivolti)
1 kV (kilovolt) = 1000 V.

Voolu (I), pinge (U) ja takistuse (R) vahelise seose määrab Ohmi seadus:

$$I = \frac{U}{R}; \quad U = IR; \quad R = \frac{U}{I}.$$

Olgu näiteks pinge $U = 12$V ja takistus $R = 3\Omega$, siis on vool juhtmes

$$I = \frac{U}{R} = \frac{12}{3} = 4 \text{ A}.$$

Elektriline töö ja võimsus. Elektriseadmetes muundatakse elektrienergia kas mehaaniliseks, soojus-, valgus- või mõnda muud liiki energiaks.

Elektrienergiat mõõdetakse kilovatt-tundides (kWh).

Elektrilist võimsust mõõdetakse vattides (W), kilovattides (kW) ja megavattides (MW):

1 kW = 1000 W
1 MW = 1000 kW.

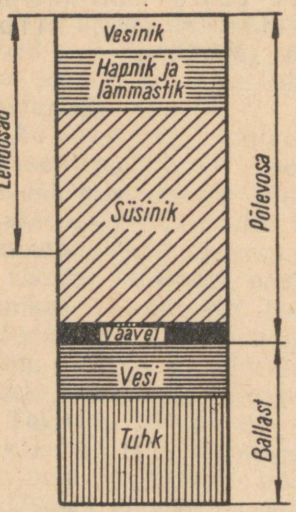
II. KÜTUSED

11. KOOSTIS JA OMADUSED. KÜTTEVÄÄRTUS

Kütusteks nimetatakse põlevaineid, mida kasutatakse soojuse tootmiseks tööstuses ja elutarbelisteks vajadusteks.

Kütused oma olekult jagunevad tahketeks, nagu põlevkivi, turvas, kivisüsi jt., vedelateks, nagu nafta, masuut, põlevkivikütteõli jt., ja gaasilisteks, nagu looduslik gaas, generaatorigaas jt. Kütustest osa on looduslikud, osa kunstlikud. Viimaste hulka kuuluvad briketid, tolmkütus, kõik vedelkütused (välja arvatud nafta) ja kõik gaasid (välja arvatud looduslik gaas).

Igasugune kütus koosneb põlevosast ja ballastist, mille moodustab tuhk (A) ja niiskus (W). Põlevosa koosneb süsinikust (C), vesinikust (H), väävlist (S), hapnikust (O), lämmastikust (N) jt. elementidest, mis moodustavad omavahel keemilisi ühendeid. Joonisel 11 on toodud kütuse koostise skeem.



Joon. 11. Kütuse koostise skeem.

Süsinik on puhtal kujul tahke aine, esineb igas orgaanilises ühendis. Kütustes moodustab ta peamise põlevelemendi. Kütustest sisaldavad kõige enam süsinikku kivisöed, koks, antratsiit, kõige vähem aga pruunsöed, turvas ja põlevkivi.

Vesinik on puhtal kujul kerge, värvitu ja lõhnata gaas. Põlemisel annab ta palju soojust. Kõige enam vesinikku sisaldavad vedel- ja gaasilised kütused.

Väävel esineb mitmesugustes ühendites teiste elementidega. Kogu kütuses esinev väävel ei põle ära, vaid osa jääb tuhasse ja räbusse. Väävel moodustab kahjuliku lisandi, kuna põlemisel tekkivad väävliühendid moodusta-

vad madalatel temperatuuridel koos niiskusega väävlishappe, mis mõjub sööbivalt katla metallosadele.

H a p n i k on värvitu ja lõhnata gaas, ei põle ise, kuid toetab põlemist. Hapniku sisaldus kütustes on 0,5—30%.

L ä m m a s t i k on värvitu ja lõhnata gaas, ei põle ega toeta põlemist. Lämmastiku sisaldus kütustes ei ületa 1,5%.

N i i s k u s t sisaldavad kütused erineval määral. Kõige enam niiskust sisaldab märg turvas, toores puit ja pruunsüsi, kõige vähem — antratsiit ja vedelkütused. Mida enam on kütuses niiskust, seda vähem ta sisaldab põlevainet ja seda vähem annab ta põledes soojust, kuna osa sellest kulub niiskuse aurustamiseks. Peale selle suurendab niiskus suitsugaaside mahtu ning soojuskadu heitgaasidega.

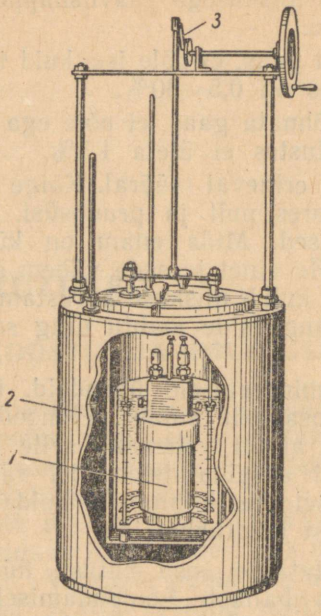
T u h k kujutab mittepõlevaid mineraalseid ühendeid. Kõrge temperatuuri puhul koldes tuhk osaliselt sulab ja moodustab räbu. Tuha sisaldus kütuses mitte ainult vähendab selle kütteväärtust, vaid põhjustab ka suuri ekspluatatsioonilisi raskusi: suurt energiakulu tuha koristamisel, restipinna ja koldeseinte räbustumist, küttepindade mustumist lendtuhast jne.

T a r b i m i s k ü t u s e k s nimetatakse seda kütust, mis antakse koldesse, kaasa arvatud ka ballast. Soojendamisel õhu juurdepääsuta laguneb kütus (toimub utmine), temast eraldub niiskus ja seejärel gaasilised l e n d o s a d, mis koosnevad peamiselt süsivesinikest, s. o. süsiniku ja vesiniku ühendeist. Tahket jääki, mis koosneb süsinikust ja tuhast, nimetatakse k o k s i k s. Mida nooremad oma tekkimiselt on kütused, seda rohkem sisaldavad nad lendosi (puit, turvas jt.) ja mida vanemad on kütused (antratsiit jt.), seda rohkem sisaldavad nad koksi ja seda vähem lendosi. Lendosade sisaldus omab suurt tähtsust kütuse põletamise viisi valikul ja koldeehitusel. Lendosaderikkad kütused süttivad kergemini ja põlevad pika leegina, mistõttu nad nõuavad suurt põlemisruumi.

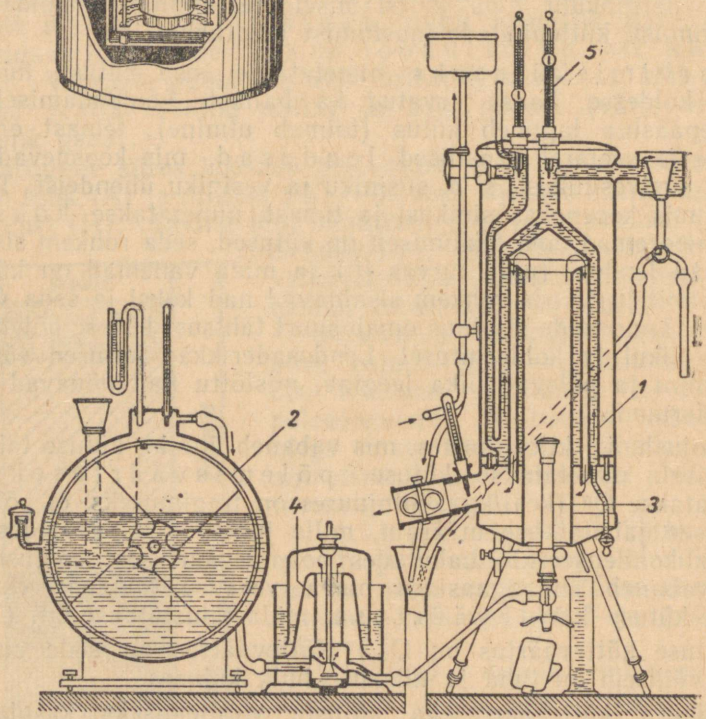
Soojushulka kilokalorites, mis vabaneb ühe kg kütuse täielikul põlemisel, nimetatakse kütuse p õ l e m i s v ä ä r t u s e k s ja tähistatakse Q^p (kcal/kg). Siinjuures on tingimuseks, et põlemissaadused jahutatakse määrani, mille juures suitsugaasides olev veeaur kondenseerub. Lahutades põlemisväärtusest soojushulga, mis vabaneb suitsugaasides oleva veeauru kondenseerumisel, saame kütuse k ü t t e v ä ä r t u s e, mida tähistatakse Q^k. (Tarbimiskütuse kütteväärtus on Q_t^k.) Kütteväärtus on seda suurem, mida väiksem on tuha ja niiskuse hulk kütuses.

Erineva kütteväärtusega kütuste võrdlemiseks kasutatakse t i n g - ehk l e p p e k ü t u s e mõistet, mille all mõistetakse kütust kütteväärtusega 7000 kcal/kg (vt. tab. 11).

Kütuse kütteväärtus määratakse kas laboratoorselt k a l o r i -



Joon. 12. Kalorimeeter tahkekütuse küttevääruse määramiseks:
1 — kalorimeetri pomm; *2* — kalorimeetri kere; *3* — segamismehhanism.



Joon. 13. Junkersi kalorimeeter:
1 — kalorimeeter; *2* — gaasimõõtja; *3* — põleti; *4* — rõhuregulaator; *5* — termomeeter.

meetriga (joon. 12) või kütuse keemilist koostist teades arvutamise teel.

Kütteväärtuse määramisel kalorimeetriga põletatakse teatav osa kütust (1—2 g) kalorimeetri pommis *1* hapniku atmosfääris kõrge rõhu all (25 atü). Kütus süüdatakse põlema elektrivoolu abil. Põlemisel vabanev soojus antakse üle kalorimeetri pommi ümbritsevale veele. Teades vee hulka ning vee temperatuuri enne ja pärast kütuse põlemist, saab määrata põlemisel vabanenud soojushulga, mis jagatuna ärapõlenud kütuse hulgaga annabki kütuse kütteväärtuse.

Arvutamise teel kütteväärtuse määramisel annab täpseima tulemuse Mendelejevi valem:

$$Q_t^k = 81C_t + 246H_t - 26(O_t - S_t) - 6W_t \frac{kcal}{kg},$$

kus Q_t^k on tarbimiskütuse kütteväärtus kcal/kg, C_t, H_t, O_t, S_t — tarbimiskütuse kaaluline elementaarkoostis %-des, W_t — niiskus %-des.

N ä i d e. Määrata põlevkivi kütteväärtus tarbimiskütuse koostise puhul: $C_t = 30\%$, $H_t = 3{,}2\%$, $O_t = 3{,}8\%$, $N_t = 0{,}2\%$, $S_t = 0{,}8\%$, $W_t = 12\%$, $A_t = 50\%$.

$$Q_t^k = 81 \cdot 30 + 246 \cdot 3{,}2 - 26(3{,}8 - 0{,}8) - 6 \cdot 12 = 3068 \frac{kcal}{kg}.$$

Gaasilise kütuse põlemis- ja kütteväärtus on samuti määratud valemiga, kui on teada gaasi mahuline koostis protsentides.

Põlevkivigaasi puhul:

$$Q_t^p = 30{,}2CO + 30{,}5H_2 + 107{,}5CH_4 + 176{,}4C_nH_m,$$

$$Q_t^k = 30{,}2CO + 25{,}7H_2 + 97{,}5CH_4 + 166{,}1C_nH_m.$$

Muude gaasiliste kütuste puhul:

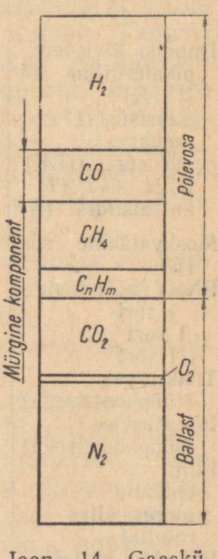
$$Q_t^p = 30{,}2CO + 30{,}5H_2 + 95{,}2CH_4 + 153{,}0C_2H_4,$$

$$Q_t^k = 30{,}2CO + 25{,}7H_2 + 85{,}5CH_4 + 143{,}5C_2H_4,$$

kusjuures rasked süsivesinikud C_nH_m loetakse samaväärseks etüleeniga C_2H_4.

Gaasilise kütuse kütteväärtuse määramisel laboratoorsel teel kasutatakse erilist nn. junkersi kalorimeetrit (joon. 13). Teades põletisse antava gaasi hulka, läbivoolava vee hulka ja vee temperatuuri kalorimeetri ees ning taga, saab nende andmete põhjal kütteväärtuse määrata arvutuse teel.

Gaasiline kütus koosneb samuti põlevosast ja ballastist nagu tahkekütuski (joon. 14).



Joon. 14. Gaaskütuse koostise skeem.

Näide. Määrata põlevkivigaasi kütteväärtus järgmise mahulise koostise puhul: $CO_2 = 15{,}4\%$; $O_2 = 0{,}5\%$; $CO = 10{,}4\%$; $H_2 = 27{,}0\%$; $CH_4 = 13{,}1\%$; $CnHm = 5{,}3\%$; $N_2 = 28{,}3\%$.

$$Q_t^k = 30{,}2 \cdot 10{,}4 + 25{,}7 \cdot 27{,}0 + 97{,}5 \cdot 13{,}1 + 166{,}1 \cdot 5{,}3 = 3170 \text{ kcal/m}^3.$$

12. KÜTUSTE PÕHILISED LIIGID

NSV Liit omab maailmas suurimaid kütuse varusid, mis asuvad erinevate kütuseliikidena mitmesugustes rajoonides. Nõukogude majanduspoliitikas on Nõukogude riigi esimestest aastatest peale pööratud suurt tähelepanu kohalike kütuste laialdasele tootmisele ja kasutamisele.

Eesti NSV-s on peamisteks kohalikeks kütusteks põlevkivi ja turvas (vt. tab. 5), mis moodustavad rikkalikud kütusevarud.

Tabel 5

Tahke- ja vedelkütuste omadusi

Nimetus	Tarbimisaine				Lendosade sisaldus põlevaines L_p%	Tuha plastinemise algtemp. °C
	Niiskus W_t%	Tuhk A_t%	CO_2%	Kütteväärtus Q_t^k kcal/kg		
1	2	3	4	5	6	7
Donetsi kivisõed:						
pikaleegiline süsi (Д)	13,0	19,6	—	4840	43,0	950—1260
gaasisüsi (Г)	7,0	15,8	—	5900	39,0	950—1200
rasvane aurusüsi (ПЖ)	6,0	18,8	—	5980	32,0	1000—1400
lahja süsi (Т)	5,0	15,2	—	6550	13,0	990—1170
antratsiidid (А)	5,0—7,0	13,3—16,9	—	6500—6010	4,0	970—1260
Moskvalähine süsi (Б)	33,0	23,5	—	2510	45,0	1090—1350
ENSV põlevkivi:						
I sort	9,0	39,0	11,0	3600	82,0	1150—1165
I sort	11,0	42,0	14,0	2700	82,0	„
III sort	13,0	42,0	14,5	2500	82,0	„
Tükkturvas (tüüpkoostisega)	35,0	7,2	—	2820	70,0	800—1400
Freesturvas (tüüpkoostisega)	45,0	6,1	—	2290	70,0	800—1400
Puit:						
õhukuiv	30,0	0,7	—	2910	85,0	1070
toores, alles raiutud	50,0	0,5	—	1900	85,0	1070
Põlevkivi-kütteõli	1,5	0,5	—	9000	—	—
Masuut	3,0	0,2	—	10000	—	—

Põlevkivi on tekkinud merepõhja settinud vetikate ja mereloomade jäänustest. Peale taimede ja loomade jäänuste on põlevkivi koostises veel saviosakesi jm. Põlevkivi asetseb lademes kihtidena, vaheldumisi lubjakivi (aheraine) kihtidega. Põlevkivikihid moodustavad ligikaudu $^2/_3$ ja aherainekihid $^1/_3$ lademe üldkõrgusest. Kihtide paksus ulatub 10 cm-st kuni 1 m-ni.

Kaevanduses toodetud põlevkivi sorteeritakse sorteerimisjaamades. Vastavalt tüki suurusele jaguneb põlevkivi esimese, teise ja kolmanda sordi ning sorteerimata põlevkiviks (vt. tab. 6).

Tabel 6

Sort	Tüki suurus mm	Küttevääртus kcal/kg	Niiskus %	Tuhasisaldus kuivaines %
I	125—400	3600—3400 [1]	9—12 [1]	55
II	25—125	2700—2500	11—12	62
III	alla 25	2500—2300	13—15	66

[1] Esimene arv tähendab keskmist, teine lubatud piirväärtust.

Põlevkivi on lendosaderikas (põlevosast 82%) ja suure tuhasisaldusega (kuivaines kuni 66%) kütus. Põlevkivi küttevääртus on kuni 3700 kcal/kg. Kaevanduskivi koguniiskus on keskmiselt 10—12% piirides. Niiskus esineb põlevkivis suurel määral välisniiskusena, mistõttu põlevkivi õhu käes kergesti kuivab. Tagasiniiskumisel sademeist ei tõuse tükispõlevkivi niiskus üle kaevandusniiskuse määra. Peenpõlevkivi on hügroskoopsem, mistõttu tema niiskusesisaldus on suurem kui tükiskivil. Kaevandusest väljatoodud põlevkivi allub ilmastiku, eriti sademete mõjule. Sademete ning vahelduva külma ja sula käes olnud tükispõlevkivi killuneb õhukesteks lehtedeks. Säilitamisel on soovitav hoida põlevkivi katusealustes ladudes.

Põlevkivi süttib kergesti (270° C) ja enamik lendosi eraldub juba madalatel temperatuuridel. Põlevkivi põleb koldes pika leegiga ja nõuab täielikuks põlemiseks avarat kollet.

Põlevkivituhk avaldab vedelas olekus kolde happelise reaktsiooniga šamottvoodrile suurt sööbivat mõju.

Põlevkivi põletatakse kihis (restil) ja ruumis (tolmuna).

Turvas on tekkinud taimsete organismide lagunemisel vee all. Tekkimisviisilt tehakse vahet kõrgsoo ja madalsoo turba vahel. Kõrgsoo tekib mineraalmaal, kus tingituna pinnareljeefist on takistatud sademete äravool ja tekkinud liigniiskes keskkonnas hakkab kasvama veenõudlik taimestik ning arenema soostumisprotsess; madalsoo tekib veekogude kinnikasvamisel taimsete ja loomsete organismide ladestumisega veekogu põhjas, kuhu uhu-

takse lisaks liiva ja savi. Turbarabade vanus on üle 8000 aasta; turvas ise on maapõue süterea kõige noorem liige.

Tootmisviisilt jaguneb turvas labida-, masina-, hüdro-, frees- ja brikett-turbaks.

Labidaturvast toodetakse käsitsi. Labidaturvas mureneb, imab niiskust ega kuiva hästi.

Masinaturba tootmisel karjäärist tulev turbamass purustatakse, segatakse veega, pressitakse ja lõigatakse pätsideks, mis kuivatatakse õhu käes. Masinaturvas on tihedam ega märgu nii kergesti.

Hüdroturba tootmisel uhutakse turbamass veejoaga lahti ja pumbatakse vee ning turba segu kuivatusväljakule kuivama 20—30 cm paksuse kihina, kus see, kuivanud 85—90% niiskuseni, lõigatakse masinatega pätsideks ja kuivatatakse edasi nagu masinaturvast.

Freesturba tootmine on odavam ja seni kõige paremini mehhaniseeritud tootmisviis. Rabapinnalt lahtifreesitud õhuke turbakiht kuivatatakse õhu käes 40—50% niiskuseni ja kogutakse vastavate masinatega. Aunas seistes freesturvas soojeneb. Mõned turbaliigid kalduvad seejuures isesüttimisele.

Brikett-turvas valmistatakse freesturbast, mis kuivatatakse kunstlikult 10%-lise niiskuseni ja pressitakse 1500-atmosfäärilisel rõhul brikettideks.

Turvas kuulub madalaväärtuslike kütuste hulka. Tuhka on turbas 5—15% (madalrabas kuni 30%), niiskust õhukuivas masinaturbas ligikaudu 35%, freesturbas keskmiselt 45%. Lendosade sisaldus põlevaines ulatub 70%-ni.

Turvast põletatakse kihis, tolmuna ja hõljuvas olekus (freesturvas).

P u i d u osatähtsus kütusena Eesti NSV-s on väike. Puitu kasutatakse kütusena peamiselt majapidamises ja väiksemates tööstustes.

Puit on suure lendosade sisaldusega (85% põlevosast) tuhavaene (1—4%) kütus. Puidu niiskus ulatub 25—30%-lt (õhukuiv — 1 aasta) 50%-ni (värskelt raiutud). Et kõigi puiduliikide põlevosa koostis on peaaegu ühesugune, siis võrdse niiskuse puhul üksikute puiduliikide küttevääртused erinevad väga vähe.

K i v i s ü s i kuulub kõrgeväärtuslike kütuste hulka ja on tehnilisest seisukohast tähtsaim kütuseliik. Kivisöed on tekkinud puude ja taimede pikaldasel lagunemisel ning söestumisel kõrge rõhu ja temperatuuri mõjutusel. Sõltuvalt lendosade sisaldusest (8—46%), utmisel saadava koksi omadustest ja paakumisest jaotatakse kivisöed liikidesse. Kivisüte tuhasisaldus on 5—20%, niiskus 3—15%, küttevääртus 4400—7400 kcal/kg.

Vastavalt tüki suurusele liigitatakse kivisöed sorteeritud ja sorteerimata süteks (vt. tab. 7).

Tabel 7

Kivisüte liigitus vastavalt tüki suurusele

Klassi nimetus	Tinglik tähistus	Tüki suurus mm
Jämesüsi	К	50—100
Pähkelsüsi	О	25—50
Peensüsi	М	13—25
Seemesüsi	С	6—13
Tolmsüsi	Ш	alla 6
Sorteerimata süsi	Р	piiramata

Katlamajade kütusena kasutatakse ENSV-s peamiselt Donetsi basseini kivisüsi — pikaleegilist (Д), gaasisütt (Г), rasvast aurusütt (ПЖ) ning lahjat sütt (Т), samuti Sileesia sütt, mis oma omadustelt vastab gaasisöele.

Kivisüte täielikuks iseloomustamiseks antakse nende margi ja klassi tähistus. Seejuures viimane täht väljendab kivisöe klassi. Näiteks ГК tähistab jämedat gaasisütt, ПЖМ — peent rasvast aurusütt, ДО — pikaleegilist pähkelsütt jne.

Pruunsüsi on kivisöega võrreldes tekkimisvanuselt noorem, lendosaderikkam (30—47%), suurema niiskuse- (20—55%) ja tuhasisaldusega (kuni 50%). Pruunsüte küttevääртus on 1400—4200 kcal/kg.

Antratsiidid on süte hulgas vanimad, enam lagunenud ja seetõttu lendosadevaesemad (3—8%). Antratsiidi küttevääртus on 5500—7100 kcal/kg. Tuha- ja niiskusesisaldus on analoogiline kivisöega.

Sõltuvalt tüki suurusest liigitatakse antratsiidid («А») samuti klassidesse nagu kivisöedki (vt. tab. 8).

Tabel 8

Donetsi basseini antratsiitide liigitus

Klassi nimetus	Tinglik tähistus	Tüki suurus mm
Antratsiit, plaat	АП	üle 100
Antratsiit, rusikas	АК	50—100
Pähkelantratsiit	АО	25—50
Peenantratsiit	АМ	13—25
Seeme-antratsiit	АС	6—13
Antratsiidi tolm	АШ	alla 6
Sorteerimata antratsiit	АРШ	alla 100

Süte vääristamisega tõstetakse nende küttevääртust. Seejuures eemaldatakse kaevanduse aheraine, rähad ja teised mehaanilised lisandid.

Kivisütt, pruunsütt ja antratsiiti põletatakse kihis ja tolmuna.

Vedelkütustest on tähtsamad masuut — nafta utmisjääk, ja Eesti NSV oludes põlevkivi-kütteõli, põlevkivi utmise saadus.

Masuudi tihedus on 0,96—1,0, veesisaldus alla 2% ja tuhasisaldus alla 0,2%. Masuudi küttevääртus on 9200—9800 kcal/kg. Masuudi põhiliseks ekspluatatsiooniliseks näitajaks on tema viskoossus (sitkus), mis iseloomustab kütuse voolavust. Sõltuvalt viskoossusest jagatakse masuut sortideks: 20, 40, 60, 80, 100 ja 200. Mida suurem on viskoossus, seda suurem on sordi number (vt. tab. 9). Temperatuuri tõusuga masuudi viskoossus väheneb. Väikese viskoossusega masuudid pihustuvad kergemini ja põlevad täielikumalt. Suure viskoossusega masuute tuleb nende ümberpumpamisel soojendada.

Tabel 9

Masuutide põhilisi omadusi

Masuudi sort	Tinglik viskoossus Engleri kraadides (°E) temperatuuril			Leektäpp, nitte alla °C	Hangumistemperatuur, nitte üle °C
	50° C	80° C	100° C		
20	alla 20	2,5—5,0	—	80	5
40	20—40	5,0—8,0	—	100	10
60	40—60	8,0—11,0	—	110	15
80	60—80	11,0—13,0	—	120	20
100	80—100	13,0—15,0	—	125	25
200	100—200	—	6,5—9,5	140	36

Parafiinirikkad masuudid hanguvad palju kõrgemal temperatuuril kui masuudid, mis ei sisalda parafiini. Seepärast nõuavad viimased kõrgemat eelsoojendamist.

Leektäpp näitab temperatuuri, mille juures kütus leegiga kokkupuutumisel süttib.

Lahtistes (mitte rõhu all olevates) mahutites oleva masuudi soojendamisel peab tuleohu vältimiseks soojendustemperatuur olema vähemalt 10° võrra madalam masuudi leektäpist.

Väävli (S) sisalduse järgi jagatakse masuudid kolme rühma: väikese väävlisisaldusega (alla 0,5%), väävlisteks (0,5—1%) ja suure väävlisisaldusega (1—3,5%) masuutideks.

Väävlirikaste masuutide põlemisel tekib vääveldioksiid (SO_2), mis niiskuse juuresolekul moodustab väävlishappe (H_2SO_3). Viimane mõjub korrodeerivalt katla küttepindade ja suitsukäikude metallile.

Põlevkivi-kütteõli erikaal on 0.99—1,01, veesisaldus alla 1,5%, tuhasisaldus alla 0,5%. Põlevkivi-kütteõli küttevääртus on 9000 kcal/kg. Hangumispunkt on ligikaudu 10° alla nulli.

Põlevkivi-kütteõli viskoossus on 6,5°E (75° C juures), leektäpp 80° C. Väävlisisaldus ei ületa 1,2%.

Gaasilised kütused on kõige väärtuslikumad kütused.

Tabel 10

Gaasiliste kütuste koostis (protsentides) ja omadusi

Koostisosade nimetus ja omadused	Keemiline tähis	Põlevkivi gaas	Koksi-gaas	Looduslik gaas (Saraatovi)	Vedel-gaas
1	2	3	4	5	6
Põlevosa:					
Vesinik	H_2	30	55	0,6	—
Metaan	CH_4	14	26	93,2	Kuni 8
Vingugaas	CO	10	7	0,7	—
Rasked süsivesinikud	C_nH_m	5,5	2	0,7	Kuni 100
Põlevgaaside % kokku		60	90	95	100
Ballast:					
Süsihappegaas	CO_2	15	2,5	—	—
Lämmastik	N_2	25	7,0	4,2	—
Hapnik	O_2	0,5	0,5	0,6	—
Ballasti % kokku		40	10	5	—
Erikaal kG/m³		0,98	0,5	0,8	2,2
Kütteväärtus kcal/m³		3350	4500	8400	26 000
Plahvatuspiirid %-des		4—45	5—30	6—15	—

Suurem tööstuslik tähtsus on järgmistel gaasidel: looduslik gaas, mida saadakse nafta puuraukudest või eri gaasipuuraukudest; kõrgahjugaas, mida saadakse malmi sulatamisel kõrgahjudes; generaatorigaas, mida saadakse kütuste gaasistamisel generaatoreis; maa-alune gaas, mida saadakse kütuste maa-alusel gaasistamisel. Eesti NSV-s omab suurt tähtsust põlevkivigaas, mida saadakse põlevkivi gaasistamisel kamberahjudes.

Gaasilised kütused (vt. tab. 10) kujutavad endast lihtsate põlev- ja mittepõlevate gaaside segu. Nii on looduslikus gaasis põlevgaase 95% ja mittepõlevaid gaase 5%, põlevkivigaasis vastavalt 60% ja 40%.

Põlevgaasideks on gaasilises kütuses metaan (CH_4), rasked süsivesinikud (C_mH_n), vesinik (H_2) ja vingugaas (CO). Mittepõlevateks gaasideks on lämmastik (N_2) ja süsihappegaas (CO_2). Peale selle sisaldavad gaasilised kütused vähesel määral hapnikku (O_2) ning veeauru ja tolmu (kunstlikud gaasid).

Suurim kütteväärtus on looduslikel gaasidel, keskmiselt 8000—9000 kcal/m³, üksikutes leiukohtades kuni 15 000 kcal/m³, kõrgahjugaasil — 950 kcal/m³.

Gaasilised kütused moodustavad teatava vahekorra juures õhuga plahvatava segu. Gaasi-õhusegu on plahvatav alu-

Tabel 11

Kütuste mahumasse, küttevääртusi ja ümberarvutus tingkütusele

Kütus	Mahumass kg/m³	Küttevääртus kcal/kg	1 tonni kütusele vastav tingkütuse hulk tonnides	1 m³ kütusele vastav tingkütuse hulk tonnides
Põlevkivi, I sort	1000	3600	0,514	0,514
Põlevkivi, II sort	1000	2700	0,385	0,385
Põlevkivi, III sort	900	2500	0,357	0,321
Brikett-turvas, laotud (10% niiskust)	100	4300	0,614	0,614
Brikett-turvas, loobitud (10% niiskust)	600	4300	0,614	0,368
Tükkturvas, loobitud (33% niiskust)	350	3000	0,428	0,149
Freesturvas (40% niiskust)	220	2750	0,393	0,086
Kivisüsi				
Kivisöekoks	850	7000	1,000	0,850
Puitkütused, laotud[1] (25% niiskust)	800	7400	1,059	0,846
Kuusk	340	3235	0,462	0,157
Mänd	330	3320	0,474	0,182
Kask	470	3230	0,461	0,218
Lepp	370	3165	0,452	0,167
Haab	360	3125	0,446	0,164
Tamm	540	3295	0,471	0,254
Saepuru (45% niiskust)	400	2245	0,321	0,127
Kännud (25% niiskust)	250	3525	0,504	0,126
Masuut	900	10 000	1,428	1,412
Põlevkivi-kütteõli	1000	9000	1,286	1,286

[1] Ruumimeetri kohta.

mise ja ülemise plahvatuspiiri vahel (vt. tab. 10). Alumine plahvatuspiir näitab antud gaasi kõige väiksemat sisaldust gaasi-õhusegus, mille juures segu võib plahvatada (süttida) lahtisest tulest või elektrisädemest. Ülemine plahvatuspiir näitab antud gaasi sisaldust segus, millest ülespoole segu ei plahvata ega sütti. Looduslike gaaside alumine plahvatuspiir on 3—6%, ülemine plahvatuspiir 12—16%; põlevkivigaasi plahvatuspiirid on 4—49%, generaatorigaasil 3—71%.

Põlevgaasid, eriti kunstlikud gaasid, mis sisaldavad suuremal hulgal vingugaasi (CO), on mürgised. Näiteks juba 0,01—0,05%-line CO sisaldus õhus tekitab 2—3 tunni pärast inimesele kerge mürgituse, 0,5—0,8%-line CO sisaldus aga võib muutuda elule ohtlikuks juba lühiajalisel mõjumisel.

13. KÜTUSE KESKMISE PROOVI VÕTMINE

Kütuse keskmise proovi võtmine jaotatakse esmase proovi ja laboratoorse proovi võtmiseks. Esmane proov võetakse sõltuvalt kütuse etteandmise viisist katlamajja kas vagonettidelt, linttransportöörilt, toitjatest või mujalt.

Esmase proovi kaaluline kogus ja üksikproovide arv sõltub peamiselt kütuse tüki suurusest ja tuhasisaldusest. Esmane proov kogutakse erikasti, edasi toimub prooviks võetud kütuse peenestamine ning segamine ja sellest laboratoorse proovi võtmine. Tahkekütuse esmase proovi normid on toodud tabelites 12, 13 ja 14.

Tabel 12

Kivisöe proovi võtmise normid

Tuhasisaldus kuivaines %	Esmaseks prooviks võetav minimaalne üksikproovide hulk tüki suurusel 0—150 mm ja vastaval proovi raskusel 1—5 kg				
	0—25 mm	0—50 mm	0—75 mm	0—100 mm	0—150 mm
	1 kg	2 kg	3 kg	4 kg	5 kg
Kuni 10			60		
10—15			90		
15—20			120		
Üle 20			180		

Tabel 13

Põlevkivi proovi võtmise normid

(esmaseks prooviks võetakse 100 üksikproovi)

Tüki suurus	0—40	0—100	0—200
Proovi raskus kg	3	5	8

Tabel 14

Turba proovi võtmise normid

(kütuse hulga puhul kuni 100 t)

Turba liik	Proovide hulk üksikproovi kaalu puhul			
	kuni 1 kg	üle 1 kg	kuni 5 kg	üle 5 kg
Freesturvas	45	30	—	—
Tükkturvas	—	—	50	16

Puidu esmane proov võetakse riitadest. Valitud kolmel riidal märgitakse ära osa pikkusega 5 m. Riida ülaservast 30—40 cm kaugusele tõmmatakse haluotstele joon ja märgitakse sellel üksteisest 1 m kaugusel olevad halud, mis võetakse prooviks. Veelgi parem on valida halgusid märgitud riidaosale tõmmatud diagonaale mööda. Esmaseks prooviks on soovitav võtta 50—100 halgu.

Vedel- või gaasikütuse esmane proov on ühtlasi ka laboratoorseks prooviks.

Kogu prooviks võetud kütus segatakse hoolikalt ja peenestatakse tükisuuruseni 25 mm. Seejärel eraldatakse prooviks võetud kütusest teatud osa, mida peenestatakse veelgi. Seda operatsiooni korratakse kütuse lõpliku peenestamiseni. Kütuse hulga vähendamine toimub vastavalt tabelis 15 toodud andmetele.

Tabel 15

Proovi kaal pärast vähendamist

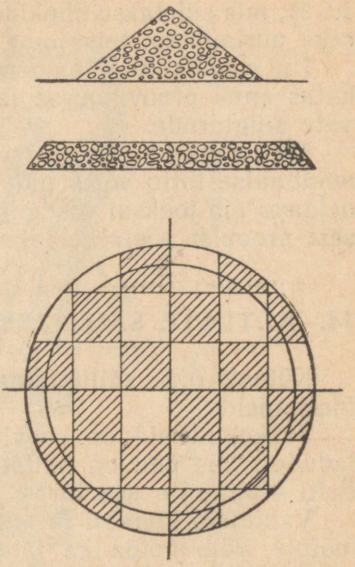
Maksimaalne tüki suurus mm	Proovi minimaalne mass pärast vähendamist kg
25	60
13	15
3	3,75
1	0,75 (laboratoorne proov)

Laboratoorseks prooviks võetakse 0,5 kg kütust, mis on peenestatud kuni 3 mm-ni, niisketel kütustel aga 13 mm-ni, sest edasisel peenestamisel kütus võib kaotada osa oma niiskusest.

Joonisel 15 on näidatud viis kütuse proovi vähendamiseks. Peenestatud kütus segatakse ja puistatakse koonusekujulisse hunnikusse. Seejärel surutakse koonus lamedaks ühtlase paksusega ringiks (või ruuduks) ja tõmmatakse sellele kaks 90° all olevat diagonaali. Kaks vastamisi asuvat sektorit visatakse kõrvale, ülejäänud kütus peenestatakse täiendavalt, segatakse ja puistatakse uuesti koonusekujulisse hunnikusse. Pärast viimast kütuse peenestamist ja segamist tõmmatakse ringile malelaua kujuliselt ristjooned. Pooltest (joonisel viirutatud) ruutudest võetakse laboratoorne proov, mis pannakse kahte õhukindlalt suletavasse purki. Ühe purgi sisu läheb uurimiseks (kütuse omaduste määramiseks), teine purk jääb varu- või kontrollpurgiks.

Turba proovi ettevalmistamisel turbatükid esimesel peenestamisel raiutakse pooleks, seejärel toimub peenestamine ja kütuse hulga vähendamine vastavalt tabelis 16 toodud andmetele.

Puidust võetakse kaks laboratoorset proovi: üks niiskuse ja teine elementaarkoostise ning kütteväärtuse määramiseks.



Joon. 15. Kütuse proovi vähendamise skeem.

Et saada proovi niiskuse määramiseks, saetakse iga halu otsast maha $^1/_4$ halu pikkusest ja seejärel värskest otsast 20 mm paksune tükk prooviks. Need tükid poolitatakse ja pooled asetatakse teine teise õhukindlalt suletavasse purki. Saagimisel tekkivast saepurust võetakse teine proov — elementaarkoostise ja küttevääruse määramiseks, mis asetatakse samuti kahte õhukindlalt suletavasse purki.

Tabel 16

Turba proovi mass pärast vähendamist

Maksimaalne tüki suurus ca	Proovi minimaalne mass pärast vähendamist kg
13—15	130—150
7—8	65—75
5—6	32—33
2—3	16—20
1—1,5	1—2 (laboratoorne proov)

Vedelkütuse keskmine proov võetakse järgmiselt. Kütuse torustikule pihusti ette (võimaluse korral vertikaalsele osale) asetatakse harutoru kraaniga, millest toimubki pidevalt proovi võtmine erinõusse. Viimase maht peab olema ligikaudu 1,5—2 korda suurem võetava proovi hulgast. Pärast proovi võtmise lõpetamist loksutatakse prooviks võetud vedelkütus hästi segi ja valatakse kahte pudelisse (kumbki mahuga mitte alla

1,5 l), mis suletakse õhukindlalt. Ühe pudeli sisu läheb laboratoorseks uurimiseks, teise oma jääb kontrolliks.

Kui vedelkütuse temperatuur on üle 50°, siis prooviks võetav kütus enne proovinõusse laskmist juhitakse läbi veega jahutatavate siugtorude.

Keskmist gaasiproovi on soovitav gaasi koostise muutumise tõttu võtta pidevalt nii, et võetav gaasi hulk on vaadeldava aja jooksul võrdeline gaasi kuluga. Selliselt saadud esmasest proovist võetakse laboratoorne proov.

14. KÜTUSTE SÄILITAMINE

Kütuste õige säilitamine on teenindava personali üks põhilisi ülesandeid.

Tahkekütuseid on soovitav hoida kinnistes või katusealustes ladudes, kus nad on kaitstud ilmastiku mõju (vihm, lumi) eest. Eriti oluline on see turba ja ka põlevkivi suhtes.

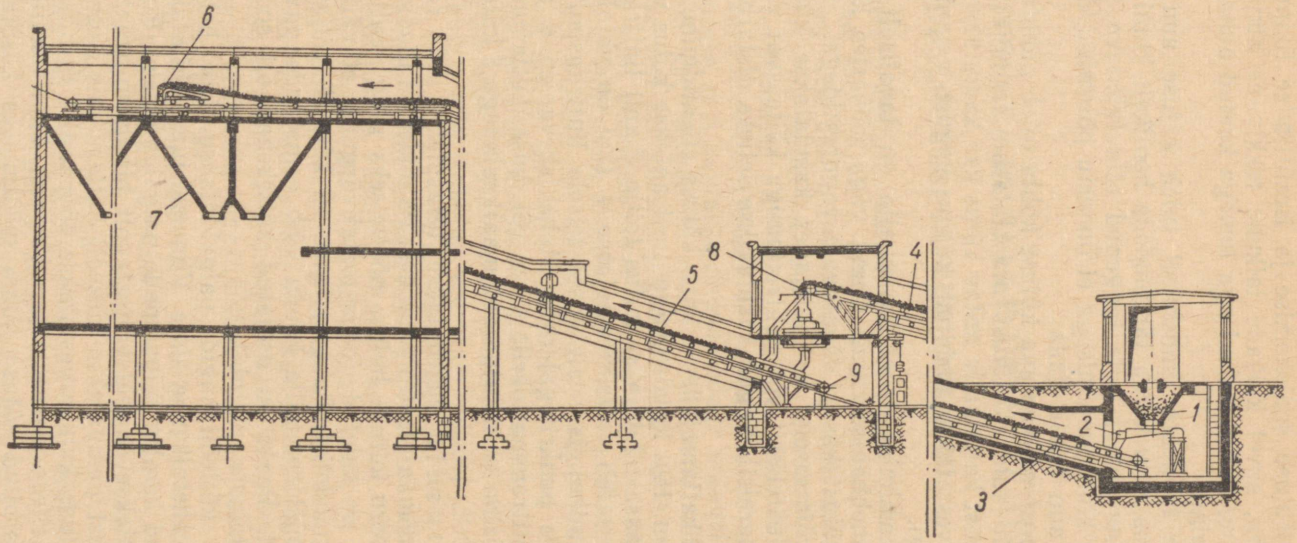
Vanimaid kivisüsi ja antratsiiti, mis ei ole tundlikud ilmastiku mõjule, võib hoida ka lahtiselt väljas.

Kütust hoitakse nii laoruumides kui ka väljas virnades. Virnade kõrgus antratsiidile ja kivisöele (mark T), mis isesüttivuse seisukohalt pole ohtlikud, mehhaniseeritud ladudes pole piiratud, käsitsi teenindavates ladudes võib aga olla kuni 3—4 m. Pruunja kivisüte puhul, mis kalduvad isesüttimisele, ei tohi virnade kõrgus ületada mehhaniseeritud ladudes 8 m ja käsitsi teenindatavates ladudes 3 m. Selliseid süsi, kui neid säilitatakse üle 60 päeva, tuleb asetada virna kihtide viisi, kusjuures üksikud kihid tulevad tihendada rulli või mingi muu mehhanismi abil. Samuti tuleb hoolikalt tihendada ka virnade küljed, kattes need peale selle veel 200—400 mm paksuse peene kütusekihiga.

Mõned süte liigid, eriti lendosaderikkad ja suure väävli-, niiskus- ning peene osa sisaldusega, kalduvad isesüttimisele, kui puudub võimalus õhuhapniku toimel oksideerimisel tekkinud soojuse ärajuhtimiseks. Isesüttimisele aitab kaasa õhu juurdepääs virna keskele. Selliste süte temperatuuri aunades tuleb perioodiliselt kontrollida neisse asetatud terastorude (üksteisest 5—6 m kaugusel) ja termomeetri abil. Aunade ventileerimiseks kasutatavad puittorud ei täida oma ülesannet, vaid võivad isesüttimist veelgi kiirendada.

Tükkturvast tuleb säilitada aunades kõrgusega kuni 4 m, freesturvast — kuni 3,5 m. Isesüttimisele kalduva freesturba puhul ei tohi aunade kõrgus ületada 2,5 m. Märgumise ning õhu sissetungimise vältimiseks tuleb freesturba aunad kinni tampida ja katta märja turbakihiga.

Kütuse isesüttimine tekib tavaliselt üksikute kolletena, süte puhul 0,5—1,25 m ja freesturba puhul 1—1,5 m sügavusel auna



TRÜ Raamatukogu

Joon. 16. Kütuse etteandmine linttransportööriga:

1 — vastuvõtupunker; *2* — toitja; *3* — linttransportöör; *4* — valtspurustaja; *5* — transportlint; *6* — mahaviskevanker; *7* — katlapunker; *8* — automaatkaal.

pealispinnast. Kütuse soojenemise ja isesüttimise tunnusteks on iseloomulik lõhn, suvel kuivade laikude tekkimine auna pinnale peale vihma ning kastet, talvel aga lumega kaetud aunal sulanud kohtade tekkimine.

Isesüttimise tunnuste ilmnemisel tuleb kütuse aun põlemiskollete ümbruses mitu korda järgemööda hoolikalt kinni tampida, kuni temperatuur aunas pole langenud alla lubatava määra — 60° C. Kui aga kinnitampimisega ei õnnestu põlemiskoldeid likvideerida, tuleb aun laiali ajada.

Lattu või laost väljaantava kütuse kohta tuleb pidada hoolikat arvestust. Lattu tulevat kütust arvestatakse vaguni- või autokaalu järgi. Laost katlamajja antav kütus kas kaalutakse või selle puudumisel arvestatakse tarbitud kütuse kogust vagoneti, kopa jne. mahu järgi.

Kütuse etteandmine laost katlamajja on tavaliselt ühel või teisel määral mehhaniseeritud. Ainult väga väikestes katlamajades veetakse kütust käsitsi lükatavate vagonettidega.

Keskmise võimsusega katlamajades kasutatakse kütuse etteandmiseks elektritelferit või elektriajamiga käitatavat vankrikest, mis liigub monorelsil. Sageli kasutatakse selleks otstarbeks kopptõstukit.

Suuremates katlamajades toimub kütuse etteandmine linttransportööriga (joon. 16). Raudteevagunitest antakse kütus vastuvõtupunkrisse. Viimasest juhitakse kütus toitja *2* abil linttransportöörile *3*, kust ta satub valtspurustajasse *4* (kui on vajalik kütuse eelnev purustamine) ja sealt edasi teisele linttransportöörile *5*, mis viib kütuse punkritegaleriile. Mahaviskevankri *6* abil juhitakse kütus linttransportöörilt ühte või teise katlapunkrisse *7*. Linttransportöör on varustatud automaatkaaludega *8* kütuse hulga mõõtmiseks.

Vedelkütuseid säilitatakse terasplekist või raudbetoonist valmistatud maa-alustes paakides. Paakidel on ülaosas pääsuava, täiteava, toru kütuse hulga mõõtmiseks ning ventilatsioonitoru, mille ava on suletud tiheda metallvõrguga, et vältida leegi võimalikku sisselöömist. Paagi allosas on kütteõli väljavoolutoru ning tühjendamistoru, mille kaudu võib eemaldada paagi põhja kogunenud vett. Paaki on asetatud küttekehad õli soojendamiseks auru või kuuma vee abil.

Maa-alused kütteõlipaagid paigaldatakse kas betoneeritud kambrisse või vahetult maa sisse. Viimasel juhul ehitatakse paagi ette betoneeritud kamber õlipumpade paigaldamiseks. Korrosiooni vältimiseks kaetakse paagid väljastpoolt bituumen-isolatsiooniga.

Varupaakidest pumbatakse kütteõli katlaruumis asuvasse tööpaaki. Vedelkütuse kulu arvestatakse tööpaagist tarbitud kütuse hulga järgi. Selleks varustatakse tööpaak õliseisunäitaja ning mõõtelatiga. Tarbitud kütuse hulga mõõtmiseks kasutatakse ka torustikule monteeritud kulumõõtjaid.

III. TOITEVESI JA SELLE ETTEVALMISTUS

15. LOODUSLIK VESI JA VEE LISANDID

Vesi esineb looduses atmosfäärilise veena (vihm, lumi), pinnaveena (ojad, jõed, järved), põhjaveena (kaevud, allikad) ja mereveena. Vesi sisaldab mitmesuguseid lisandeid, mis muudavad tema omadusi ja millel on suur tähtsus aurukatla töötamise suhtes. Vesi on looduses pidevalt ringkäigus. Igas lahtises veekogus toimub vee auramine. Ookeanide ja merede kohal koondub veeaur pilvedesse, mis kantakse õhuvooludega mandrite kohale. Kondenseeritud aur langeb maapinnale vihmana või lumena. Seal valgub osa vett järvedesse, jõgedesse jne., kuna teine osa tungib maapinda kuni veekindla savi- või kivikihini ja liigub edasi seda kihti mööda. Põhjavesi tõuseb maapinnale allikatena või koguneb kaevudesse. Allikad on sageli jõgede alguseks; jõgede kaudu valgub vesi merre, kus ta aurab ja algab sama ringkäiku uuesti.

Veel on omadus lahustada mitmesuguseid aineid. Nende olemasolu vees võib kindlaks teha maitse järgi või keemilisel teel.

Aine hulka, mis lahustub vee mahuühikus, nimetatakse *aine lahustuvuseks vees*. See oleneb vee temperatuurist. Mõnede ainete puhul lahustuvus temperatuuri tõusuga suureneb, teiste ainete juures väheneb. Ained nagu lubi, kips ja õlid lahustuvad vees väga vähe. Gaasid nagu hapnik ja süsihappegaas, lahustuvad samuti vähe, kusjuures nende lahustuvus väheneb temperatuuri tõusuga. Selles on kerge veenduda, kui valada vett klaasnõusse ja tõsta tema temperatuuri. Vee soojenemisel hakkavad temast eralduma gaasimullikesed; vee keemisel eralduvad gaasid veest täielikult.

Aineid, mis esinevad vees lahustamata olekus, nimetatakse *mehaanilisteks lisanditeks*. Nende sisaldus vees on silmaga nähtav. Savi ja liiv muudavad vee sogaseks. Teised lisandid muudavad vee värvust.

Läbides maapinna kihte, lahustab vesi seal leiduvaid mitmesuguseid aineid. Seepärast sisaldavad põhjaveed rohkem soolasid kui pinnaveed. Seevastu sisaldavad pinnaveed rohkem mehaanilisi lisandeid, mis satuvad vette maapinnalt. Põhjavete soolade

sisaldus ei olene aastaajast, vastupidi mehaaniliste lisandite sisaldusele pinnavetes.

Loodusliku vee lisandid võib jagada seega kahte ossa: mittelahustuvad ehk mehaanilised lisandid, nagu savi, liiv jne., ja lahustuvad lisandid, nagu gaasid, vedelad ja tahked ained. Seejuures tuleb silmas pidada, et väga väikesed mehaanilised osakesed (läbimõõduga millimikronist kuni 0,1 mikronini) moodustavad vees nn. kolloidlisandid, kuna mehaanilisteks lisanditeks on osakesed läbimõõduga 0,1 mikronit või enam.

Lahustunud ained esinevad vees üksikute molekulidena või molekulide elektriliselt laetud osakestena — ioonidena.

Kolloidlisandid, mis oma mõõtmete poolest on lahustunud ainete osakeste ja mehaaniliste lisandite vahepealsed, kannavad samuti kui ioonid elektrilaengut, mis takistab neid suuremateks rühmitusteks ühinemast. Kolloidosakeste elektriline laeng põhineb nende osakeste omadusel absorbeerida lahusest ioone või neid lahusesse eraldada. Ränihappe osakesed eraldavad lahusesse näiteks vesiniku ioone, mille tagajärjel nad ise laetakse negatiivselt. Ka mitmesuguste orgaaniliste ainete kolloidosakeste laeng on negatiivne. Seevastu rauа- ja alumiiniumhüdroksiidide kolloidosakeste laeng on positiivne, kuna need annavad lahusesse negatiivselt laetud ioone.

Kolloidlahuste vastavas vahekorras segunemisel vastupidise märgiga laengud neutraliseerivad ja tekib vastastikune koaguleerimine. Laengu kaotanud osakesed ühinevad, moodustades suuremaid rühmitusi ja helbeid, mis lasevad endid vedelikust settimise või filtreerimise teel eraldada.

Vett saastavate lisandite koostist näitab analüüs. Täielikul vee analüüsil määratakse aurutusjääk, kuumutusjääk ja mineraaljääk, muda-, magneesiumi-, naatriumi-, kloriidide, sulfaatide, bikarbonaatide, nitraatide ja nitriidide sisaldus, kalkus, leelisus ja happelisus.

Suur tähtsus on ka toitevees lahustunud gaasidel — hapnikul ja süsihappegaasil, mis põhjustavad metalli korrosiooni.

Mudasisaldus näitab vee saastumist jämedateralise lisandiga milligrammides liitri vee kohta, mida saab eraldada filtreerimisega. Jääk filtril koosneb põlev- ja mittepõlevast (orgaanilisest ja mineraalsest) osast. Jäägi kuumutamisest ja tuhastamisest ülejääv osa moodustab mineraalosa, jäägi ja mineraalosa vahe aga põlevosa.

Aurutusjäägiks nimetatakse vees lahustunud ainete hulka, mis jääb järele pärast filtreeritud vee täielikku aurustumist. Jääk kuivatatakse kuivatuskapis ja antakse milligrammides liitri vee kohta. Et filtreeritud vesi sisaldab kolloidosakesi, siis ei näita aurutusjääk täpselt vees lahustunud soolade hulka. Peale selle eraldub naatriumi-, naatriumsulfaadi, kipsi-, magneesium-

kloriidi, magneesiumsulfaadi ja teiste soolade kristallvesi 105—110° C temperatuuril kuumutamisel.

Aurutusjäägi kuumutamisel (tuhastamisel) põleb ära orgaaniline osa, kuid seejuures toimuvad ka mitmesugused protsessid, mis tugevasti muudavad järelejäänud mineraalosa koostist (kloornaatrium aurustub, raua ja sulfaatide hüdroksiidid taanduvad jne.). Seetõttu iseloomustab kuumutusjääk ainult umbkaudselt vee mineraalosade koostist.

Mineraaljääki saab arvutada vee mineraalsete komponentide summeerimise teel. Saadud tulemus aga ei ole kasutatav analüüsi õigsuse kontrollimisel. Selleks on otstarbekas kasutada nn. sulfaatjääki, mis saadakse pärast aurutusjäägi töötlemist väävelhappega, liigse väävelhappe äraaurutamist ja saaduse kuumutamist. Sellisel töötlemisel jäävad kõik katioonid sulfaatidena alles, kuid happed, nagu süsihape, soolhape, lämmastikhape jne. lenduvad. Et naatrium-, kaltsium- ja magneesiumsulfaat on tulekindlad (ei lendu isegi 1000° juures), ei muutu need ühendid kuumutamisel. Raud-alumiiniumsulfaadid aga muutuvad kuumutamisel oksiidideks:

$$Fe_2(SO_4)_3 = Fe_2O_3 + 3SO_3;$$
$$Al_2(SO_4)_3 = Al_2O_3 + 3SO_3.$$

Vee omadused määrab peamiselt kaltsium-, magneesium- ja naatriumsoolade sisaldus. Need soolad on vesilahuses täielikult dissotsieerunud, s. t. ei esine seal mitte molekulide, vaid ioonidena. Keedusool laguneb vees Na^+ ja Cl^- ioonideks, naatriumsulfaat Na^+ ja SO_4^{-2} ioonideks, kaltsiumsulfaat Ca^{+2} ja SO_4^{-2} ioonideks jne. Seetõttu pole alust kujutleda, et vees on näiteks palju kipsi ja keedusoola. Vee koostise järgi saab küll kindlaks teha, millised ained põhjustavad katlakivi, kuid samal ajal tuleb meeles pidada, et sool ise puudub vesilahuses — seal on ainult soola ioonid.

Kaltsiumi Ca^{+2} sisaldus vees väljendatakse tavaliselt milligrammides liitri kohta. Koos magneesiumiga annab kaltsium veele kalkuse. Kaltsiumi sisaldus vees määratakse analüüsiga. Kaltsiumi ioonid satuvad vette sel teel, et vesi lahustab mitmesuguseid kaltsiumisoolasid, nagu kipsi $CaSO_4 \cdot 2H_2O$, lubjakivi $CaCO_3$, dolomiiti $CaMg(CO_3)_2$ jne.

Magneesiumi Mg^{+2} sisaldus vees määratakse samuti analüüsiga. Magneesium satub vette serpentiini, dolomiidi, brutsiidi jne. lahustumisel.

Kaltsium ja magneesium on peamisteks katlakivi tekitajateks. Vee kuumendamisel tekivad ja sadestuvad nende metallide raskesti lahustuvad karbonaadid. Külmas vees valitseb tasakaal, mida skemaatiliselt võib väljendada järgmiselt:

$$HCO_3^- \rightleftarrows H^+ + CO_3^{-2}.$$
$$HCO_3^- + H^+ \rightleftarrows H_2CO_3 \rightleftarrows H_2O + CO_2.$$

Vee kuumenemisel eraldub aga CO_2, sest viimase lahustuvus vees temperatuuri tõusul väheneb. CO_2 eraldumine rikub tasakaalu, mille tulemusena tekib reaktsioon:

$$2HCO_3^- = CO_3^{-2} + H_2O + CO_2.$$

Tekkinud CO_3^{-2} ioon sadestub kaltsiumkarbonaadi kujul:

$$Ca^{+2} + CO_3^{-2} \rightarrow CaCO_3.$$

Vee aurustumisel langevad välja sulfaadid, kloriidid ja silikaadid, nagu kaltsiumsulfaat, magneesiumsulfaat, kaltsiumkloriid, magneesiumkloriid, kaltsiumsilikaat ja magneesiumsilikaat. Nende ühendite koostis näitab, et katlakivi moodustavate katioonide kõrval leidub vees ka katlakivi moodustavaid anioone.

N a a t r i u m i N_2^+ sisaldus vees on tingitud naatriumi sisaldavate mineraalide lahustumisest.

Ammoniaagi NH_3 ja selle ühendite sisaldust vees põhjustavad peaaegu alati bioloogilised protsessid. Looduslikus vees ammoniaak hapendub ja muutub kas vabaks lämmastikuks või lämmastiku ühenditeks.

Ammoniaak eraldub vee keemisel ja läheb üle auru. Selle kondenseerumisel ammoniaak lahustub, mis annab kondensaadile aluselise reaktsiooni. See omakorda vähendab metalli sööbimist, mis happelises keskkonnas kulgeks väga kiiresti.

K l o r i i d i d e Cl^- sisaldus vees kiirendab (kuid ei põhjusta) metalli sööbimist. Sööbimise peamisteks põhjusteks on vees lahustunud hapnik ja vaba süsihappegaas.

Katlakivi tekkimist soodustab s u l f a a t i d e, s. o. SO_4^{-2} ioonide sisaldus. Eriti kiiret $CaSO_4$ sadestumist ja katlakivi tekkimist võib põhjustada sulfaadi ja kaltsiumi ioonide ühesugune sisaldus katlasse juhitavas toitevees. Samasuguselt mõjub ka kaltsiumsilikaat. Seepärast on vee kvaliteedi hindamiseks vaja teada ka ränihappe sisaldust.

Bikarbonaatide, s. o. HCO_3 — ioonide sisaldus vees näitab, et vee kuumendamisel tekib karbonaatse koostisega katlakivi. See on aga võimalik ainult kaltsiumi ioonide sisalduse korral katlavees. Nende puudumisel bikarbonaatide ioonide lagunemine ja nende muutumine CO_3^{-2} ioonideks katlakivi ei tekita. Nii näiteks tekib naatriumkarbonaadi lahuse keemisel sooda:

$$2NaHCO_3 = Na_2CO_3 + H_2O + CO_2.$$

Bikarbonaatide ioonide sisaldust vees nimetatakse b i k a r b o n a a t s e k s l e e l i s u s e k s.

V e e k a l k u s e k s nimetatakse kaltsiumi ja magneesiumi ioonide kogu sisaldust vees. Varem mõõdeti vee kalkust kraadides.

Vee kalkuseks loeti üks kraad, kui liiter vett sisaldas 10 mg CaO või sellele ekvivalentse hulga muid kaltsiumi või magneesiumi ühendeid (näiteks 19,79 mg/l $CaCl_2$, 17,85 mg/l $CaCO_3$, 24,28 mg/l $CaSO_4$, 16,98 mg/l $MgCl_2$ või 21,47 mg/l $MgSO_4$ jne.).

Suurus 10 mg/l CaO oli võetud ilma seoseta kontsentratsiooni mõõtmise keemiliste ühikutega.

Kraadi ühik vee kalkuse mõõtmiseks asendati 1951. a. (ГОСТ 6055-51) milligramm-ekvivalendiga liitri kohta (mg-ekv/l).

Uus kalkuse mõõtühik on ratsionaalses seoses kontsentratsiooni mõõtmise keemilise ühikuga (gramm-ekvivalendiga), olles sellest 1000 korda väiksem.

Teiselt poolt moodustab uus ühik lihtsa suhte ühendi molekulmassi ja valentsiga.

Nii näiteks Ca^{+2} 1 mg-ekv/l võrdub 20,03 mg/l, Mg^{+2} 1 mg-ekv/l võrdub 12,16 mg/l, Cl^{-} 1 mg-ekv/l võrdub 35,457 mg/l, SO_4^{-2} 1 mg-ekv/l võrdub 48,03 mg/l, sooda (Na_2CO_3) 1 mg-ekv/l võrdub 53,002 mg/l jne.

Seega on uus kalkuse ühik ligikaudu 2,8 korda vanast suurem või täpsemalt:

1 mg-ekv/l = 2,804° või 1° = 0,35663 mg-ekv/l.

Vett loetakse pehmeks, kui selle kalkus on kuni 3 mg-ekv/l ja kalgiks, kui ta kalkus on üle 6 mg-ekv/l.

Vee kalkuse määramiseks võib kasutada mitmesuguseid meetodeid. Kui vesi ei sisalda vaske, tsinki ega mangaani ja arvatav kalkus on üle 0,5 mg-ekv/l, võib kalkust määrata järgmiselt:

a) 250—300 ml mahuga koonilisse kolbi mõõdetakse pipetiga selline kogus analüüsitavat läbipaistvat vett, et selle kaltsiumi ja magneesiumi ioonide summaarne sisaldus võetud proovis ületaks 0,5 mg-ekv. Proovi võtmisel juhindutakse tabeli 17 andmetest:

Tabel 17

Analüüsitava vee proovikogused vastavalt kalkusele.

Vee kalkus mg-ekv/l	Analüüsiks vajalik kogus ml
0,5— 5	100
5 —10	50
10 —20	25
20 —50	10

b) Analüüsitava proovi maht viiakse kationeeritud destilleeritud veega kuni 100 ml, lisatakse 5 ml ammoniaagi puhverlahust ja seitse-kaheksa tilka indikaatorit (musta eriokroomi T), mille järgi tiitritakse aeglaselt triloon Б 0,1 normaallahusega (kogu aeg intensiivselt segades), kuni vedeliku veinpunane värvus muutub rohekassiniseks.

c) Iga milliliiter täpselt 0,1 normaallahust sisaldab 0,1 mg-ekv.

Seega on vee kalkus väljendatav valemiga:

$$H = \frac{1000 \cdot a}{10\ V} = \frac{100\ a}{V},$$

kus V on tiitrimiseks võetud analüüsitava vee maht;
a — triloon Б 0,1 normaallahuse kulu ml.

Näide. Tiitrimiseks võeti 10 ml vett; trilooni Б 0,1 normaallahuse kulu oli 11,35 ml. Analüüsitava vee kalkus

$$H = 100\ \frac{11{,}35}{10} = 113{,}5 \text{ mg-ekv/l.}$$

Vee üldiseks leelisuseks nimetatakse kõikide komponentide sisaldust vees, mis põhjustavad leelisust (nagu bikarbonaadid, karbonaadid, humaadid, silikaadid, fosfaadid ja hüdraadid). Bikarbonaadid on süsihappe soolad, milles happe vesinik on ainult osaliselt asendunud metalliga. Looduslik vesi sisaldab tavaliselt magneesiumbikarbonaati $Mg(HCO_3)_2$, kaltsiumbikarbonaati $Ca(HCO_3)_2$ ja naatriumbikarbonaati $NaHCO_3$. Karbonaadid on süsihappe soolad, milles happe vesinik on täielikult asendunud metalliga. Nende hulka kuulub sooda Na_2CO_3, vees hästi lahustuv magneesiumkarbonaat $MgCO_3$ ja vees väga vähe lahustuv kaltsiumkarbonaat $CaCO_3$. Humaatideks nimetatakse nõrkade orgaaniliste humiinhapete soolasid, silikaatideks — ränihappe soolasid, fosfaatideks — fosforhappe soolasid ja hüdraatideks — vabu aluseid nagu $Ca(OH)_2$ ja $NaOH$.

Vee leelisust mõõdetakse samuti milligramm-ekvivalentides liitri kohta.

Leelisuse määramiseks võetakse kolbi 100 ml analüüsitavat vett, mida titritakse väävel- või soolhappe 0,1 normaallahusega metüüloranži juuresolekul. Happe 0,1 normaallahuse kulu a vastab arvuliselt otse vee leelisusele M mg-ekv/l.

$$M = a.$$

Katlavee teatav leelisus on kasulik, kuna see vähendab vees lahustunud gaaside (O_2 ja CO_2) sööbivat mõju metallile. Üleliigne leelisus aga põhjustab katlavee vahutamist ja vahu kaasaviimist auruga.

16. KATLAKIVI TEKKIMINE

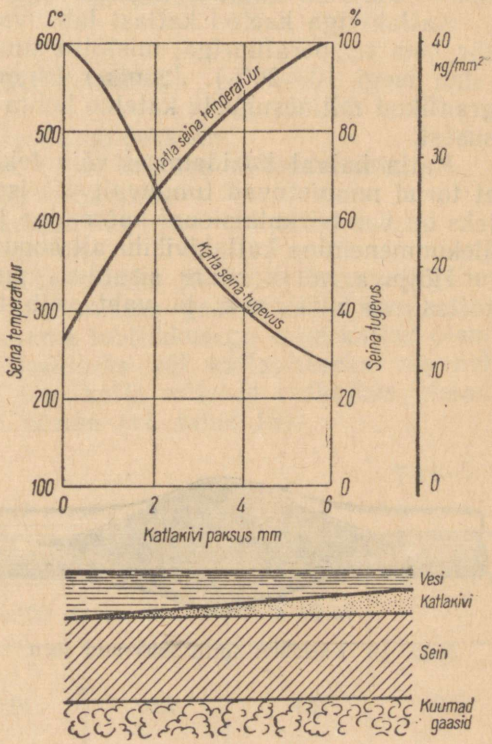
Mõned looduslikus vees sisalduvad ained moodustavad raskestilahustuvaid ühendeid juba vee soojenemisel. Näiteks HCO_3 ioonide lagunemisel tekkivad CO_3^{-2} ioonid põhjustavad raskesti lahustuva $CaCO_3$ sadestumist. See protsess kulgeb vee soojene-

misel katla veeruumis, ökonomaiseris või muudes vee-eelsoojendamise seadmetes ja põhjustab seal karbonaatse katlakivi tekkimist. Tuleb märkida, et $CaCO_3$ eraldub katlaveest mitte alati katlakivina. Kui katlavesi sisaldab küllaldaselt soodat, eraldub $CaCO_3$ katlaveest mudana, mis langeb mudatrumlitesse või nende puudumisel tsirkuleerib koos katlaveega. Sadestunud muda eemaldatakse katlast selle läbipuhumisel.

Kuigi põhjused, miks vee soojenemisel $CaCO_3$ eraldub kord katlakivina, kord mudana, pole täielikult selgitatud, tuleb siiski arvestada katlakivi tekkimise võimalusi. Sama toime on ka kaltsiumsulfaadil, kaltsiumsilikaadil, raudhüdroksiidil ja real teistel ühenditel.

Vee aurustumisel suureneb lahustunud ainete kontsentratsioon katlavees. Paljudele ainetele saabub seejuures lahustuvuse piir ja need sadestuvad veest tahkel kujul. Kui sadestunud aine kuulub katlakivi tekitajate hulka, tekib kuumadele pindadele tihe tugev kiht — katlakivi. Vastasel korral tekib katlavees kerge muda. Viimase kõrgel kontsentratsioonil katlas võib see küttepindade külge põleda ja seega omakorda põhjustada katlakivi tekkimist.

Katlakivi takistab soojuse levimist suitsugaasidelt veele. See



Joon. 17. Katlakivikihi paksuse mõju katla seina temperatuurile ja tugevusele.

põhjustab metalli ülekuumenemist ja selle tugevuse kahe- kuni kolmekordset vähenemist (joon. 17). Seejuures võivad tekkida väljapaisumised, muhud või lõhkemised (joon. 18).

Katlakivi lahtimurdumisel küttepinnalt toimub ülekuumenenud koha järsk jahtumine, mis põhjustab pragude tekkimist. Katlakiviga kaetud kohtade ebaühtlane paisumine, mis on tingitud ebaühtlasest temperatuurist, põhjustab katlaosade ühenduskohtade lekkimist.

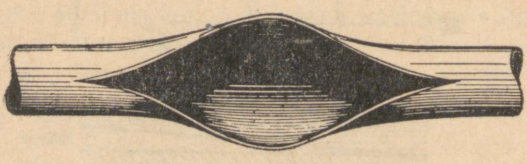
Kõige halvemini juhib soojust ja seetõttu kõige ohtlikum on silikaatne katlakivi. Üle 20% silikaate sisaldav katlakivi muudab katla töötamise ohtlikuks juba 0,2 mm paksuse juures. Tavaline kipsirikas katlakivi muutub ohtlikuks 1,5—3 mm paksuse kihi juures.

Kui katel töötab toorveega, toorvee ja kondensaadi seguga või kationeeritud veega (kehtivate eeskirjade kohaselt on see lubatud ainult alla 2 t/h tootlikkusega kateldel), soovitatakse katel katlakivist puhastamiseks seisma jätta, kui katlakivikihi paksus alla 16 atü rõhuga katelde soojuslikult kõige enam koormatud kohas on kasvanud kuni 1 mm-ni ja 16 kuni 22 atü rõhuga kateldel kuni 0,5 mm-ni. Katlakivikihi väiksema paksuse korral võib katla töötamist üldjuhul ohutuks lugeda.

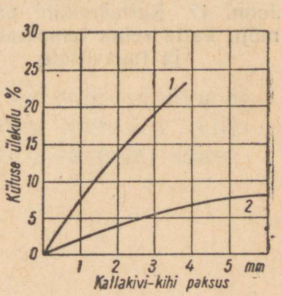
Katlakiviga kaetud katlast lahkuvad suitsugaasid normaalsest kõrgema temperatuuriga, mistõttu suurenevad soojuskaod (mõnel juhul isegi 10—20%). Joonisel 19 on kujutatud kütuse ülekulu graafikud mitmesuguste katelde kohta sõltuvalt katlakivikihi paksusest.

Katla halval hooldamisel võib tekkida nii paks katlakivikiht, et torud ummistuvad tunduvalt või isegi täielikult, mille tagajärjeks on vee tsirkulatsiooni katkemine ja torude lõhkemine. Metalli ülekuumenemine katlakivikihi all soodustab sööbimist.

Hõljuva muda suure sisalduse puhul katlavees hakkab vesi katlas *vahutama* ja vaht võib täita kogu aururuumi. Vee



Joon. 18. Katlakivi tõttu lõhkenud toru.



Joon. 19. Kütuse ülekulu sõltuvalt katlakivikihi paksusest:
1 — leegi- ja suitsutorukatlad; *2* — veetorukatlad.

vahutamise puhul suureneb oht katlavee ja temas sisalduvate soolade vahuga kaasaminekuks auruülekuumendisse ja edasi aurutorustikku ning masinatesse.

Süsihappegaas ja hapnik, mis leiduvad vees ja tekivad katlas keemiliste reaktsioonide tagajärjel, avaldavad katla seintele tugevat söövitavat mõju. Metallile tekivad sügavad sööbimislaigud ja augud. Sööbimist soodustab vee nõrk tsirkulatsioon, mis võimaldab gaasimullikeste kogunemist seintele. Sööbimist esineb nii vee kui ka aururuumi seintel. On tähele pandud, et sööbimine on suurem katla nendes kohtades, mida on valmistamisel deformeeritud, nagu põhjade ja luukide painutatud äärtel jne. Toitetorustikul ja eriti ökonomaiseri torudel esineb sööbimist tingituna vees leiduvast hapnikust. Katla tugevat sööbimist põhjustavad veel happed ja leelised, mis veega võivad katlasse sattuda.

Ülalnimetatust on näha, millist kahju teeb katlale toores, ettevalmistamata vesi. Seepärast tuleb vett ette valmistada vastavates seadmetes enne selle juhtimist katlasse või vesi keemiliste ainetega läbi töötada katlas.

Hästi ettevalmistatud toitevesi peab vastama järgmistele nõuetele: vesi ei tohi tekitada katlakivi, ummistada katelt mudaga, põhjustada katla sööbimist ega vee vahutamist.

17. TOITEVEE ETTEVALMISTAMINE

Toitevee ettevalmistamise ülesandeks on:

a) vee pehmendamine, s. o. tema kalkuse vähendamine;
b) mehaaniliste lisandite kõrvaldamine;
c) lahustunud gaaside eemaldamine;
d) soolade sisalduse vähendamine.

Kõrgekvaliteedilise auru saamiseks ja katla õige veerežiimi ning ohutu töötamise kindlustamiseks peavad kõik ekspluatatsiooni antavad 2 t/h või suurema tootlikkusega uued katlad olema varustatud seadmetega katlaeelseks või katlasiseseks vee pehmendamiseks. Seejuures ei tohi katla toitevee üldkalkus ületada alljärgnevaid kuu keskmisi norme (vt. tabel 18).

Tabel 18

Katlasse antava toitevee kvaliteedi normid

Nimetus	Veetorukatlad				Suitsutoru katlad
	Üle 100 at	31,5—100 at	16—31,5 at	Alla 16 at	
Üldkalkus mg-ekv/l	0,005	0,01	0,02	0,3	0,5

Samuti ei tohi toitevee hapnikusisaldus üle 31,5 at rõhuga kateldel olla üle 0,02 mg/l, kuni 31,5 at rõhuga ja terasökonomaiseriga kateldel üle 0,03 mg/l ning kuni 31,5 at rõhuga ökonomaiserita või malmökonomaiseriga kateldel, mille toitevee kalkus on alla 0,5 mg-ekv/l, üle 0,10 mg/l.

Nagu eeltoodust nähtub, ei olene toitevee lubatav hapnikusisaldus katla konstruktsioonist.

Kui katla sees on seade toitevee deaereerimiseks, siis toitevee hapnikusisaldust ei normita.

Katla toitevee ettevalmistamisel alustatakse sageli vees leiduvate mehaaniliste lisandite kõrvaldamisega filtrites. Vee puhastamine filtrites oleneb vee läbilaske kiirusest, filtermaterjali pealmise kihi terasuurusest ja paksusest.

Filtrid võivad olla kas lahtised või kinnised. Kinnistes filtrites on soovitav, et vee kiirus ei tõuseks üle 5 m/h.

Töötamisel filter saastub, takistus suureneb ja läbilaskevõime väheneb. Filtri puhastamiseks tuleb sellest 6—8 min. vastassuunalist vett läbi juhtida kiirusega 20—30 m/h. Seejärel vähendatakse läbipesemise kiirust 6—8 m/h ja jätkatakse vee vastassuunalist läbilaskmist 15—20 min. Järelikult kulub filtri läbipesemiseks koos selleks vajalike ümberlülitamistega 30—35 min. Lahtiste filtrite töötamise aeg on 12—16 tundi, kinnistel filtritel 18—24 tundi. Filtermaterjali maksimaalne takistus võib kinnistes filtrites tõusta kuni 5 m vs, lahtistes filtrites kuni 2,5 m vs.

Kui toitevesi sisaldab üliväikesi hõljuvaid osakesi, pole nende eemaldamine lihtsa filtrimisega võimalik. Samal ajal aga põhjustab selliste osakeste katlasse sattumine vee vahutamist ja küttepindade mustumist. Üliväikeste osakeste eemaldamine veest on raskendatud veel seetõttu, et need kannavad oma pinnal samanimelist elektrilaengut, mis vastastikuse tõukumise tõttu hoiab osakesi hõljuvas olekus. Osakeste sadestumine on võimalik ainult nende laengu hävitamisega, mis saavutatakse koaguleerimisega.

Koaguleerimisel lisatakse veele koagulante, s. o. vastasnimeliselt laetud osakesi. Selle tulemusena laengud neutraliseeruvad, osakesed kaotavad laengu, moodustavad suured helbed ja sadestuvad.

Koagulantidena võib kasutada $Al_2(SO_4)_3$, $FeSO_4$ või muid analoogilise mõjuga aineid. Näiteks $Al_2(SO_4)_3$ lisamisel veele tekib keemiline reaktsioon, mille tulemusena tekib väävelhape ja $Al(OH)_3$. Viimase osakesed kannavad positiivset laengut. Vabanenud väävelhape neutraliseeritakse vees leiduvate bikarbonaatidega:

$$Al_2(SO_4)_3 + 6H_2O = 2Al(OH)_3 + 3H_2SO_4;$$
$$H_2SO_4 + Ca(HCO_3)_2 = CaSO_4 + 2H_2O + 2CO_2.$$

Nende protsesside tulemusena väheneb vee leelisus suuruse

võrra, mis vastab juurdelisatud koagulandi hulgale (tavaliselt 0,3—0,7 mg-ekv/l võrra). Samavõrra suureneb sulfaatide hulk vees, kusjuures vee kalkus ei muutu.

Kui puhastatava vee leelisus pole küllaldane, tuleb veele eelnevalt leelist (soodat või NaOH) juurde lisada. Sel juhul neutraliseeritakse vabanenud väävelhape järgmiselt:

$$H_2SO_4 + 2NaOH = Na_2SO_4 + 2H_2O;$$
$$H_2SO_4 + Na_2CO_3 = Na_2SO_4 + H_2O + CO_2.$$

Koagulandilahused söövitavad tugevasti terast. Sellest tingituna peavad nende valmistamiseks kasutatavad anumad ja torustikud olema happekindlad.

Koaguleerimist kiirendab vee hea segamine reagendiga, mis madalal temperatuuril lühendab helveste tekkimise aega 15—25 korda. Seetõttu on otstarbekas lisada veele koagulanti enne toorveepumpa.

Vee pehmendamine põhineb veest kaltsiumi ja magneesiumi eraldamisel kas sadestumise või kationiitse asendamise teel. Esimesel juhul lisatakse veele keemilisi reagente, mis kaltsiumi ja magneesiumiga annavad raskesti lahustuva sademe. Selliste reagentidena kasutatakse tavaliselt lupja, soodat või naatriumhüdroksiidi.

Teisel juhul lastakse vesi läbi spetsiaalse materjaliga (kationiidiga) täidetud filtri, mille tagajärjel kalkusesoolad muudetakse sooladeks, mis ei tekita katlakivi.

Mõnedel juhtudel kasutatakse toitevee ettevalmistamisel toorvee destilleerimist.

Katelde toitevee ettevalmistamise kõrgemaks astmeks on soolade täielik eraldamine. Selle saavutamiseks on viimasel ajal välja töötatud mitmesuguseid meetodeid.

Ühesuguse aurutootlikkusega katelde toitevee ettevalmistus võib olla erinev. Kui aur antakse tööstusele ja kondensaat tagasi ei tule, peab ette valmistama katla aurutootlikkusele vastava koguse toorvett. Kui aga kogu kondensaat juhitakse tagasi katlasse, on vajadus ainult 3—8% lisatoorvee ettevalmistamiseks, millisel hulgal auru läheb kaduma tahmapuhumiseks, katla läbipuhumiseks jne.

Otstarbeka veepehmenduse viisi valikul tuleb arvestada toorvee omadusi, katla tüüpi, töörõhku, töörežiimi ning tagasituleva kondensaadi ja puhastatava veehulga suhet.

Kationiitfiltris toimub vee pehmendamine asendusreaktsiooniga. Paljudel looduslikel mineraalidel on nn. katioonse vahetuse omadused. Kokkupuutel mingi soola lahusega asenduvad nimetatud mineraalide katioonid lahuses oleva soola katioonidega. Asendusreaktsiooni võib kirjutada järgmiselt:

$$K_1R + K^+_2 \rightarrow K_2R + K^+_1,$$

kus K_1R on mineraali molekul enne katioonset asendust;
K_1 — mineraali asendav katioon;
K_2 — lahustunud soola katioon;
K_2R — mineraali molekul pärast iooni K_1^+ katioonset asendumist iooniga K^+_2;
R — kationiitmaterjali muutumatu rühm.

Ülalkirjeldatud protsess on pöörduv, s. t. ioonide K^+_1 kontsentratsiooni tõusul lahuses võib reaktsioon kulgeda vastassuunas.

Katioonse vahetuse omadused on glaukoniidil, paljudel orgaanilistel ainetel, nagu pruunsöel, huumusel, plastmassidel jne. Tähtsamaks tööstuslikuks kationiidiks loetakse sulfosütt, mis saadakse mõningate söesortide töötlemisel väävelhappega.

Kationiitfiltrist läbivoolamisel pehmeneb vesi seetõttu, et vee kaltsiumi ja magneesiumi ioonid asendatakse kationiitmaterjalis leiduvate naatriumi või vesiniku ioonidega.

Pärast kationiidi asendusvõime lõppemist lülitatakse filter välja kationiitmaterjali regenereerimiseks. Selleks pestakse kationiitmaterjali keedusoola lahusega, kui asendusioonina tahetakse sisse viia naatriumi, või happe lahusega, et asendusioonina sisse viia vesinikku.

Pärast sellist töötlemist on regenereeritud kationiit (Na-kationiit või H-kationiit) võimeline uuesti vett pehmendama. Filtrisse asetatud kationiitmaterjali jätkub mitmeks aastaks. Sulfosöe aastane kulu ei ületa näiteks 7%.

N a - k a t i o n i i t m e e t o d i l vee pehmendamise protsessi võib kujutada järgmiselt:

$$Na_2R + Ca^{+2} = CaR + 2Na^+,$$
$$Na_2R + Mg^{+2} = MgR + 2Na^+.$$

Kationiidi regenereerimisel keedusoola lahusega kulgevad reaktsioonid:

$$CaR + 2Na^+ = Na_2R + Ca^{+2},$$
$$MgR + 2Na^+ = Na_2R + Mg^{+2}.$$

H - k a t i o n i i t m e e t o d i l vee pehmendamisel toimub vesilahuse katiooni asendamine vesiniku iooniga:

$$H_2R + Ca^{+2} = CaR + 2H^+,$$
$$H_2R + Mg^{+2} = MgR + 2H^+.$$

Kationiidi regenereerimisel väävelhappega toimuvad reaktsioonid:

$$CaR + 2H^+ = H_2R + Ca^{+2},$$
$$MgR + 2H^+ = H_2R + Mg^{+2}.$$

Nendes skemaatiliselt kujutatud reaktsioonides tähendavad Na_2R, H_2R, CaR ja MgR vastavalt naatriumi, vesiniku (nn. H-kationiit), kaltsiumi ja magneesiumi kationiiti.

Tuleb märkida, et Na-kationeerimisel tekib pehmendatud vees naatriumbikarbonaat $NaHCO_3$ hulgal, mis on ekvivalentne vee leelisusega. H-kationeerimisel muutub pehmendatav vesi seevastu happeliseks, kusjuures happelisus on ekvivalentne kloriidide ja sulfaatide sisaldusega vees.

Asendusreaktsioonid võivad kulgeda mitmesugustel temperatuuridel. Kationiitfiltrite kiire saastumise vältimiseks tuleb toorvesi enne filtreerida.

Kationiitse vee pehmendamise eeliseks on võimalus saada väga väikese lõppkalkusega vett, kusjuures toorvee kalkuse muutus ei avalda praktiliselt mingit mõju. Kationiitseadmed on väikesed ja vajalikud reaktiivid (keedusool ja väävelhape) on odavad ning kättesaadavad.

Kationiitfiltrist saadud vee lõppkalkus ei ületa tavaliselt 0,02—0,05 mg-ekv/l, kuid on võimalik saada isegi vett kalkusega 0,02 mg-ekv/l.

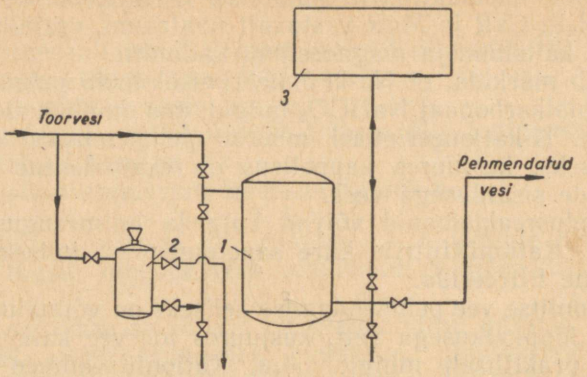
Na-kationiitfiltri regenereerimiseks kasutatakse 8—10%-list keedusoolalahu.

Tabel 19

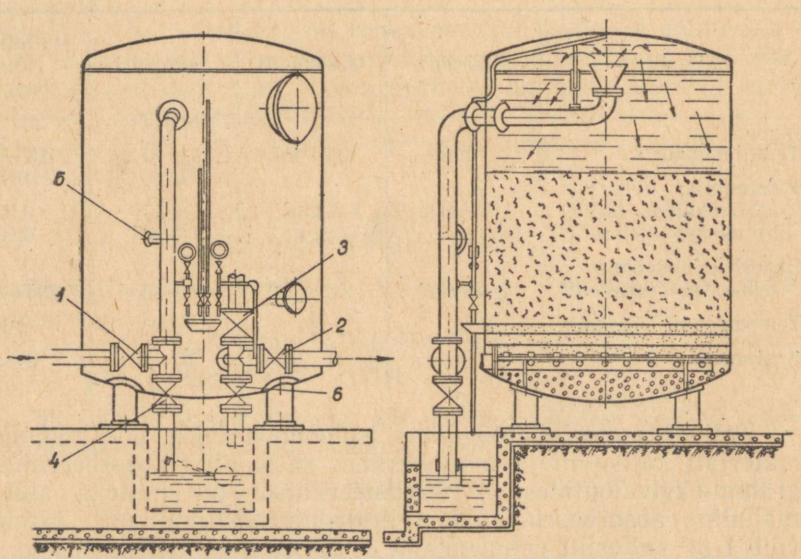
Kationiitmaterjalide tehnilised andmed

Nimetus	Mõõtühik	Glaukoniit	Sulfosüsi	Volfatiit P (tõrva baasil)
Tera läbimõõt	mm	0,2—0,7	0,3—1,2	0,3—1,0
Puistemass:				
a) õhukuivas olekus	t/m³	1,4	0,55	0,62
b) niiskes olekus	„	1,4	0,42	0,50
Absorbeerimisvõime Na-kationiitmeetodil	g-ekv/m³	107—143	285—355	285—355
Temperatuuri ülempiir	°C	35	70	70
Aastane kulu	%	5—10	10—15	2—5

Kationiitmaterjali töövõimet iseloomustatakse ühe kuupmeetri materjali kaltsiumi ja magneesiumi katioonide absorbeerimisega gramm-ekvivalentides. Na-kationeerimisel on näiteks sulfosöe mahuline absorbeerimisvõime ligikaudu 300 g-ekv/m³. Järelikult võib 1 m³ sulfosütt pehmendada 30 m³ 10 mg-ekv/l kalkusega vett või 100 m³ 3 mg-ekv/l kalkusega vett jne. Keedusoola kulu sulfosöe regenereerimiseks on ligikaudu 60 g/m³. Kaheastmelisel või võrdsete mahtude meetodil kationeerimisel saab soolakulu vähendada isegi kuni 30 g/m³.



Joon. 20. Kationiitfiltri töötamise skeem:
1 — kationiitfilter; *2* — soodalahuse paak; *3* — veepaak filtri kobestamiseks.



Joon. 21. Kationiitfilter:
1 — ventiil toorveele; *2* — ventiil pehmendatud veele; *3* — ventiil filtri kobestamiseks ja pesemiseks; *4* — ventiil vee laskmiseks kanalisatsiooni filtri kobestamisel ja pesemisel; *5* — ventiil soolalahuse juhtimiseks filtrisse kationiidi regenereerimiseks; *6* — ventiil vee väljalaskmiseks filtri tühjendamisel.

Na-kationiitfiltri skeem on väga lihtne (joon. 20). Pumbaga filtrisse antav toorvesi läbib kationiidikihi ja voolab pehmendatud vee paaki. Filtri läbilaskevõimet reguleeritakse rõhuga. Vajaliku koguse keedusoola lahustamiseks ja lahuse juhtimiseks filtrisse selle regenereerimisel kasutatakse vastavat paaki. Peale selle on tarvilik veel regeneratsioonivee kogumispaak, mida saab kasutada filtri kobestamiseks.

Kationiitfiltri konstruktsioon on näidatud joonisel 21. Kuni 3 m läbimõõduga silinderpaak on arvestatud rõhule kuni 6 atü. Filtri keres on ava materjali sisseasetamiseks, seadme ülevaatusteks ja remontimiseks. Filtriga ühendatakse toorvee, pehmendatud vee, soolalahuse, töötanud soolalahuse väljalaske- (regenereerimiseks) ja drenaažitorustik. Põhjast vähe kõrgemale asetatakse võre, millele raputatakse 300—400 mm paksuselt kvartsliiva kationiidi väljauhtumise takistamiseks. Liivakihi peal asub kationiidikiht paksusega 1,5—3 m ja terasuurusega 0,2—1 mm. Kationiidikihi peale jäetakse vaba ruum kõrgusega 0,8—1 m. Toorvesi, mis juhitakse filtri ülemisse ossa, läbib kationiidi- ja liivakihi ülevalt alla ja väljub drenaažitoru kaudu toiteveepaakidesse. Vee maksimaalne liikumiskiirus filtris on 15 meetrit tunnis (m/h). Regenereerimiste arv ööpäevas ei tohi olla üle 3.

Nendel juhtudel, kui katla toitmisel pehmendatud veega katlavee soolade kontsentratsiooni ja leelisuse hoidmine ekspluatatsiooninormide piirides tingib pidevat tugevat läbipuhumist, mis on seotud kütuse märgatava ülekuluga, kasutatakse soolade sisalduse kunstlikku vähendamist keemilisel või termilisel teel. Sõltuvalt katelde poolt toitevee kvaliteedile esitatavaist nõudeist kasutatakse kas vee osalist või täielikku vabastamist sooladest.

Kationiitfiltrite ekspluateerimine koosneb viiest üksteisele järgnevast operatsioonist: pehmendamisest, kobestamisest, regenereerimisest, läbipesemisest (drenaaži) ja vee juhtimisest kobestuspaaki.

Vee pehmendamisel filtrisse kogunev õhk tuleb vastavast kraanist perioodiliselt välja lasta.

Filter tuleb regenereerimiseks seisma jätta, kui vee kalkus on saavutanud väärtuse 0,05 mg-ekv/l.

Kobestamise kestus on tavaliselt 15 min. Kui aga selle aja jooksul vesi ei muutu selgeks, tuleb kobestamist jätkata.

Ekspluatatsioonis tuleb vältida õhu sattumist kationiidikihti.

Pärast regenereerimise lõppemist tuleb filtri töökorda viimiseks sellest vett läbi lasta, et eemaldada materjalilt regenereerimisproduktid ($CaCl_2$, $MgCl_2$) ja keedusoola (NaCl) jääk. Pesuvesi juhitakse algul drenaaži, hiljem aga vastavasse paaki vee teistkordseks kasutamiseks. Läbipesemise kiirus on 4—5 m/h ja kestus tavaliselt 25 min. Kiirust tuleb kontrollida diferentsiaalmanomeetri või toorvee üldveemõõtja järgi.

Veekulu filtri regenereerimiseks (omatarbeks) on piirides

7—15% pehmendatud vee hulgast. Soolakulu 1 g-ekv kohta on 200 g. Regenereerimiseks kasutatav keedusool peab olema võimalikult puhas (ГОСТ 753-41).

Kationiitfiltri valikul tuleb lähtuda seadme tootlikkusest ja toorvee keemilisest koostisest. Kationiidi filterkihi kõrgus h võetakse piirides 1,5—3 m.

Filtri ristlõikepinna suurus on määratav valemiga

$$F = \frac{QH(T+t)}{fh},$$

kus F on filtri ristlõikepind m²;
Q — seadme tootlikkus t/h;
H — toorvee kalkus mg-ekv/l;
T — tööperioodi pikkus h;
t — regenereerimiseks vajalik seisuaeg h;
f — kationiitmaterjali mahuline töövõime g-ekv/m³;
h — filtris asuva kationiidikihi kõrgus m.

Soolakulu filtri üheks regenereerimiseks avaldub valemiga

$$B = \frac{El}{1000},$$

kus E on kogu filtri kationiitmaterjali mahuline töövõime g-ekv;
l — keedusoola erikulu regenereerimiseks. Üheastmelisel kationeerimisel valitakse l=200 g l g-ekv väljatõrjutud Ca- ja Mg-soolade kohta.

Näide. Määrata kationiitfiltri peamõõtmed, kui seadme tootlikkus on Q=2 t/h ja toorvee kalkus H=5,4 mg-ekv/l.

Materjaliks on valitud sulfosüsi, mille absorbeerimisvõime f=300 g-ekv/m³ ja puistekaal l=0,6 t/m³. Kihi kõrguseks on valitud h=1,5 m ja tööperioodi pikkuseks $T+t$=8 tundi.

$$F = \frac{2 \cdot 5{,}4 \cdot 8}{300 \cdot 1{,}5} = 0{,}19 \text{ m}^2.$$

Filtreerimise kiirus töötamisel $v = \frac{2}{0{,}19} = 10{,}5$ m/h.

Kationiitmaterjali maht filtris $V = 0{,}19 \cdot 1{,}5 = 0{,}285$ m³.

Kationiitmaterjali kaal filtris $G = 0{,}285 \cdot 0{,}6 = 0{,}17$ t.

Filtri absorbeerimisvõime $E = 0{,}285 \cdot 300 = 85$ g-ekv/m³.

Soolakulu filtri üheks regenereerimiseks $B = \frac{85 \cdot 200}{1000} = 17{,}0$ kg

Pehmendatud vee ja järelikult ka toorvee leelisus piirab Na-kationeerimise kasutamist. See meetod pole kasutatav ka siis, kui toorvesi sisaldab palju hõljuvaid osakesi. Sel juhul tuleb vett eelnevalt koaguleerida.

Kui katla toitmine leelist sisaldava pehmendatud veega pole soovitav, vähendatakse toitevee leelisust lisavee H-kationeerimisega. Seejuures asendatakse vees sisalduvad kaltsiumi, magneesiumi ja naatriumi katioonid vesiniku katiooniga. Selle tulemu-

sena laguneb vee leelisust põhjustav HCO_3 anioon ja tekivad vabad happed HCl, H_2SO_4 jne. Seega saadakse puhtal H-kationeerimisel happeline vesi, mis ei kõlba katelde toiteveeks. Kui aga kasutada Na- ja H-kationeerimist soovitud vahekorras, võib saavutada pehmendatud vee igasugust leelisust alates nullist kuni toorvee leelisuseni.

H-kationeerimisel saadud vee happelisus võrdub toorvee sulfaatide ja kloriidide sisaldusega. H-kationiitfiltreid reguleeritakse 1,0—2,0% väävelhappelahusega, kusjuures happekulu arvestatuna 100% väävelhappele on 55—60 g absorbeeritud katioonide grammekvivalendi kohta. Vee pehmendamisel tekkiva CO_2 eemaldamiseks puhutakse veest läbi õhku. Kõik happelise veega kokkupuutuvad seadmed tuleb valmistada happekindlast materjalist või katta happekindla kihiga (seatina, kummi, polükloorvinüül).

Ammoonium-kationiitfiltri töötamine põhineb vees leiduvate kõikide aluste ja soolade katioonide asendamisel ammooniumi NH_4 + katiooniga. Katioonide asendamist teralises ammoonium-kationiitmaterjali kihis iseloomustavad järgmised reaktsioonid:

$$Ca^{+2} + 2NH_4R = CaR_2 + 2NH^+_4,$$
$$Mg^{+2} + 2NH_4R = MgR_2 + 2NH^+_4,$$
$$Fe^{+2} + 2NH_4R = FeR_2 + 2NH^+_4,$$
$$Na^+ + NH_4R = NaR + NH^+_4.$$

Katlas valitseva kõrge temperatuuri mõjul ammooniumisoolad lagunevad, kusjuures bikarbonaatsed soolad annavad auruga kaasaviidava ammoniaagi ja süsihappegaasi, mittekarbonaatsed soolad aga ekvivalentse koguse happeid.

Et vältida katlavee happeliseks muutumist, kasutatakse ammooniumkationeerimist koos naatriumkationeerimisega. Viimase protsessi tagajärjel saadakse naatriumbikarbonaadist sooda ja naatriumhüdroksiid, mis neutraliseerivad ülalnimetatud happed nende tekkimise momendil.

$$H^+ + OH = H_2O,$$
$$2H^+ + CO_3^{-2} = H_2O + CO_2.$$

Ammoonium-naatriumkationeerimist võib läbi viia kas eraldi filtrites või ühes ühises aparaadis.

Filtri töövõime taastamiseks regenereeritakse kationiitmaterjali 2—3% ammooniumsulfaadi lahusega.

Ammoonium-naatriumkationeerimist kasutatakse katlavee leelisuse ja soolade sisalduse vähendamiseks, millega väheneb ka katla läbipuhumise vajadus. Ühtlasi langeb selle meetodi kasutamisel ära happekindla armatuuri, happekindlate materjalide ja happekindlate pinnakatete vajadus. Seadme ekspluatatsioon muutub tunduvalt lihtsamaks. Ei esine toiteliini ega kondensatsiooni-

liini sööbimist CO_2 mõjul ja sellest tingitud katla saastumist raudhüdroksiididega.

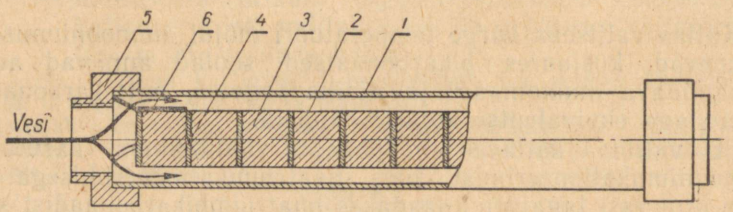
Ammoonium- ja naatriumkationeerimist on soovitav kasutada koos, kui toorvesi sisaldab naatriumi ioone alla 25% katioonide kogusest ja kui ammooniumi katioonidega tahetakse asendada 40—90% katioone, milline vajadus esineb enamikul praktilistest juhtudest.

Ammoonium-kationiitfiltri regenereerimiseks kasutatakse ammooniumsulfaati (põllumajandusele määratud sort).

Naatrium-ammooniumkationeerimiseks kasutatakse standardseid naatrium-kationiitfiltreid ilma mingisuguste konstruktsiooni muudatusteta.

Toitevee elektromagnetiline töötlemine. Kui juhtida läbi magnetvälja toitevett, milles on lahustunud kaltsiumi ja magneesiumi soolasid, siis kaotavad viimased osaliselt võime moodustada kuumadel küttepindadel kõva katlakivi ja langevad välja mudana, mida on hõlbus läbipuhumise teel katlast eemaldada. Tekkiv katlakivi on poorsem, kinnitub küttepindadele nõrgemini ja on kergemini eemaldatav kas mahakraapimise või veejoaga uhtumise teel.

Kõige lihtsamaks toitevee magnetilise töötlemise seadmeks on püsivmagnetitega seade (joon. 22). Viimane koosneb



Joon. 22. Püsivmagnetitega veetöötlemisseade:
1 — välistoru; *2* — magneteid ümbritsev kest; *3* — püsivmagneti element; *4* — vaheseib; *5* — ühendusmuhv; *6* — tsentreeriv tihvt.

järjestikku asetatud püsivmagnetitest, kusjuures esimese magneti põhjapooluse vastu on asetatud teise magneti põhjapoolus, teise magneti lõunapooluse vastu kolmanda magneti lõunapoolus jne. Üksikud magnetid on eraldatud mittemagnetilisest ainest ketastega. Püsivmagnetid on ümbritsetud valgevasest kestaga ning paigutatud terastorusse. Et magnetpulga telgjoon langeks täpselt kokku toru telgjoonega, on magnetpulga mõlemasse otsa joodetud 3 tsentreerivat tihvti.

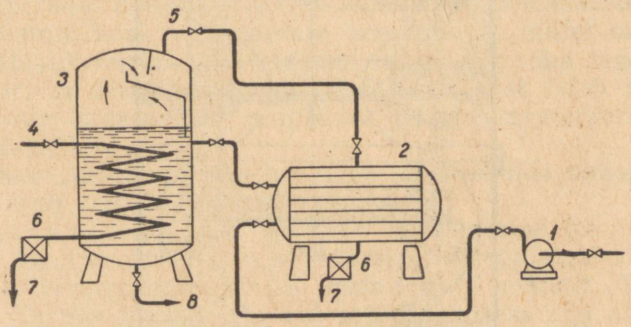
Terasest toru ja püsivmagneteid ümbritseva kesta vahel on ligikaudu 10 mm laiune õhupilu (tööpilu). Töödeldav vesi juhitakse tööpilusse, kus teda mõjutab magnetväli.

Seadme ühendamiseks katla toitetorustikuga on terastorul otstes ühendusmuhvid.

ENSV-s kasutusel olevate magnetiliste veetöötlemisseadmete läbilaskevõime on 5 m³ vett tunnis, kusjuures vee liikumiskiirus seadmetes ulatub kuni 1 m/s.

Toitevee magnetilist töötlemist kasutatakse väikese võimsusega katelde puhul töörõhuga kuni 14 atü ning vee puhul, mille mineraalsoolade sisaldus ei ületa 300 mg/l ja üldkalkus 5 mg-ekv/l. Seejuures tuleb katelt läbi puhuda sagedamini ja iga 500—1000 töötunni järgi kontrollida katla sisemiste küttepindade seisukorda. Ekraneeritud kolletega katelde puhul pole lubatud vee pehmendamiseks kasutada ainult magnetilisi töötlemisseadmeid, kuna muda sadenemine ekraanitorudes ja kollektorites võib põhjustada torude ummistumist ja selle tagajärjel tsirkulatsioonihäireid, mis toob kaasa torude ülekuumenemise ja isegi läbipõlemise.

Termiline vee pehmendamine. Kõige täiuslikumaks termilise pehmendamise mooduseks on vee destilleerimine, mis seisneb vee aurustamises ja saadud auru kondenseerimises. Destilleerimisel saadakse vesi kalkusega kuni 0,017 mg-ekv/l ja vähem, sõltuvalt aurusti separatsiooniseadme täiuslikkusest.



Joon. 23. Destilleerimisseadme skeem:
1 — toorveepump; *2* — eelsoojendi; *3* — aurusti; *4* — primaaraur; *5* — sekundaaraur; *6* — kondenspott; *7* — destillaadikogujasse; *8* — kanal.satsiooni.

Destilleerimisseadme skeem on toodud joonisel 23. Aurustisse *3* juhitav toorvesi aurustatakse soojendava auru *4* toimel, mis ise kondenseerub, ja juhitakse kondenspotist *6* destillaadi toru *7* kaudu kogumispaaki. Silindris tekkiv sekundaaraur juhitakse toru *5* kaudu pehmendatava vee eelsoojendisse *2*.

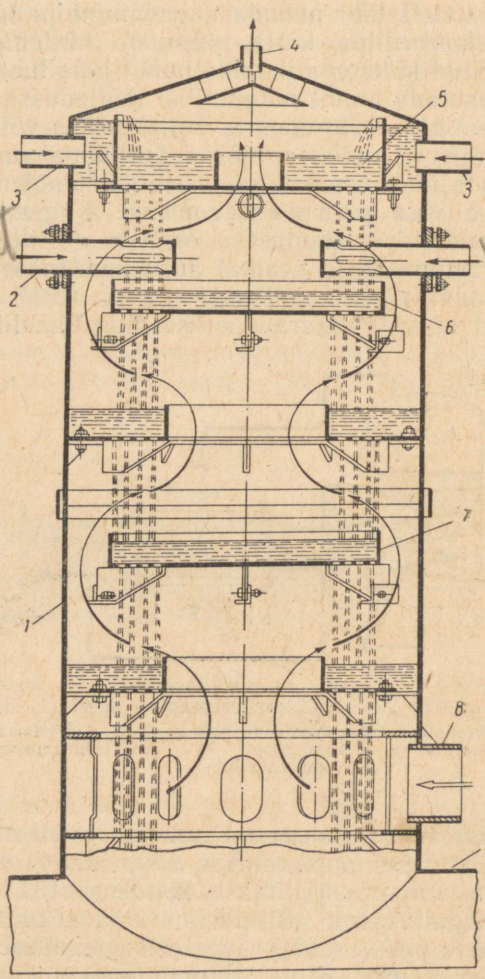
Destilleerimisseadmed ei ole leidnud laiemat kasutamist ebaökonoomsuse tõttu (nõuavad suurt soojuse kulu).

Et vältida hapniku ja süsihappegaasi sööbivat mõju katlaseintele, tuleb need gaasid toiteveest eemaldada.

Ekspluatatsioonikogemustest on teada, et sööbimist ei teki,

kui hapnikusisaldus keskrõhukatelde toitevees ei ületa 0,05 mg/l. Hapnik eraldatakse toiteveest termiliselt või keemiliselt.

Termiline viis põhineb gaaside omadusel eralduda lahusest, kui nende partsiaalrõhk väljaspool lahust on väiksem kui lahuses. Vees lahustunud gaaside hulka võib soovikohaselt vähendada vee temperatuuri tõstmisega ja vee keemisel teoreetiliselt muuta isegi nulliks. Selline gaasidest vabastatud vesi tuleb juhtida katlasse



Joon. 24. Atmosfääriline deaeraator:

1 — deaeraatori kolonn; *2* — kondensaadi juurdevool; *3* — keemiliselt puhastatud vee juurdevool; *4* — signaaltoru; *5* — ülemine jaotustaldrik; *6* — teine jaotustaldrik; *7* — vahepealne taldrik; *8* — auru juurdevool; *9* — paak.

nii, et tal poleks võimalust õhuga uuesti kokku puutuda. Selleks peavad toiteliini ühenduskohad olema täiesti õhutihedad. Seadmeid, kus toimub vee vabanemine gaasidest, nimetatakse deaeraatoreiks.

Joonisel 24 kujutatud segamistüüpi atmosfääriline deaeraator koosneb kahest põhiosast — paagist *9* ja kolonnist *1*, millesse on asetatud rida jaotustaldrikuid.

Põhiline osa toiteveest (kondensaadist) juhitakse pumba abil deaeraatori ülemisele jaotustaldrikule *5*. Samasse antakse läbi teise torustiku keemiliselt puhastatud lisavett.

Taldriku aukudest voolab vesi peente jugadena allolevatele vahetaldrikutele. Kolonni alumisse ossa juhitakse auru, mis ülespoole liikudes soojendab allalangevat vett kuni keemistemperatuurini. Rõhul 1,15—1,20 atü on temperatuur deaeraatoris 104—106° C. Selle tagajärjel eraldub õhk veest ja väljub koos mittekondenseerunud auruga signaaltoru *4* kaudu atmosfääri.

Õhust vabanenud kuum vesi koguneb paaki *9*, kust see juhitakse katlasse.

Deaeraator varustatakse kaitseklappidega, et vältida rõhu tõusmist deaeraatoris üle lubatava määra ning kaitsta hüdraulilise lukuga deaeraatorit vigastuste eest selles alarõhu tekkimise korral.

Deaeraatori paak varustatakse veeklaasiga, millel on auru-, vee- ja läbipuhumiskraan, veetaseme ning auru rõhu regulaatori, manomeetri ja termomeetritega. Töötamise ajal tuleb hoolikalt jälgida rõhku deaeraatoris ning auru ja veetemperatuuride vastavust ettenähtule.

Hapnikust vabastamiseks juhitakse toitevesi läbi teraslaastude kihi, mis seob vees lahustunud hapniku.

Teraslaast-filter koosneb teraslaastudega täidetud mahutist. Oksideerimise kiirendamiseks soojendatakse vett kuni 70—80° C. Deaereerimisprotsess kestab 3—5 minutit. Toitevesi juhitakse filtrisse ülevalt, aur vee soojendamiseks aga alt.

Teraslaast-filtrit kasutatakse tavaliselt täiendava seadmena pärast termilist deaeraatorit allesjäänud hapniku sidumiseks.

18. VEE PEHMENDAMINE KATLAS

Väikeste tööstuslike aurukatelde puhul, kus pole otstarbekohane üles seada võrdlemisi keerukaid veepuhastusseadmeid, kasutatakse edukalt katlavee pehmendamist katlas. Seejuures on peamiseks ülesandeks muuta katlavees sisalduvad kalkussoolad kergesti väljapuhutavaks mudaks, mis saavutatakse paraja hulga leelise lisamisega katlasse. Selline moodus on laialt levinud ekraneerimata katelde puhul rõhuga kuni 15 atü ja küttepinna erikoormusega kuni 30 kg/m²h. Kemikaalidena kasutatakse Na_2CO_3, NaOH, Na_3PO_4, tamme-ekstrakti jne. Kalkussoolad langevad kat-

las leelise mõjul mudana põhja katlakivi tekitamata. Bikarbonaatide lagunemisel eraldub katlas palju süsihappegaasi. Katlavee kõrge leelisesisaldus on tarvilik metalli kaitsmiseks CO_2 sööbiva toime eest.

Katlasiseseks vee pehmendamiseks vajalikud doseerimispaagid ja torustikud on katlaruumi kergesti paigutatavad. Nende valmistamine on enamikel juhtudel võimalik oma jõududega. Et leelise sisseandmine ja muda perioodiline väljapuhumine kuulub kütja ülesannete hulka, siis ei teki katlas vee pehmendamisel vajadust lisapersonali järele.

Kõige lihtsam on katlasisest vee pehmendust kasutada kateldel, millel on tsirkulatsioonikontuurist väljalülitatavad mudatrumlid. Tihenenud muda kontsentratsioon selliste katelde mudatrumlites tõuseb pärast 8—12-tunnilist töötamist kuni 20—30 kg/m³. Võttes läbipuhumisvee arvutuslikuks mudasisalduseks 20 kg/m³, näeme, et juba 3% läbipuhumine kindlustab muda küllaldase eemaldamise katlast toorvee kalkuse puhul 10—15 mg-ekv/l. Seevastu kombineeritud ja leegitorukateldel, kus mudasisaldus läbipuhumisvees tõuseb kuni 6—7 kg/m³, ei kindlusta 10 mg-ekv/l kalkusega toorvee puhul isegi 8% läbipuhumine muda täielikku eemaldamist katlast.

Veetorukateldel, kus puuduvad mudatrumlid, tsirkuleerib muda kogu aeg koos katlaveega. Katlakivi tekkimise võimaluste vähendamiseks peab selliste katelde katlavee mudasisaldus olema väike (2,3—3 kg/m³). Kuna puudub võimalus läbipuhumisega muda katlast välja juhtida, siis seda tüüpi kateldele ei saa katlasisest veepehmendust soovitada.

Katlakivi tekitavate katioonide väljasadestumiseks peab katlavees olema kindel sooda ja naatriumhüdroksiidi kontsentratsioon. Sooda on vajalik kaltsiumi ja naatriumhüdroksiidmagneesiumi ioonide sadestamiseks. Et looduslik vesi sisaldab alati teatud hulgal HCO_3 ioone, mis vee kuumenemisel muutuvad CO_3^{-2} ioonideks, süsihappegaasiks ja veeks, tuleb vajaliku soodahulga määramisel arvestada HCO_3 ioonide kontsentratsiooni toorvees.

Soodast tingitud katlavee karbonaatleelisus väheneb tugevasti rõhu tõusuga. Seetõttu võib katlasisest veepehmendust lugeda ratsionaalseks ainult piirides 2—15 at, kusjuures tuleb silmas pidada, et mida madalam on rõhk, seda efektiivsem on katlasisene veepehmendus soodaga.

Lähtudes ekspluatatsioonikindlusest ja leelisreagentide kokkuhoiust soovitatakse katlavee üldise leelisuse normina 3—10 mg-ekv/l. Seejuures peab katlavee kalkus olema piirides 0,2—0,1 mg-ekv/l.

Vähese hulga trinaatriumfosfaadi sisseviimisel (5—10 g/m³) väheneb katlavee kalkus 0,1—0,03 mg-ekv/l.

Katlavee leelisuse tõstmine üle 10 mg-ekv/l on küll lubatav, kuid pole millegagi õigustatud, sest katlavee kalkus väheneb seejuures vähe, kuid auru kvaliteet võib märgatavalt halveneda.

Toitevee, katlavee ja läbipuhumisvee normid

Katla tüüp	Toitevee lubatav kalkus mg-ekv/l	Mudasisaldus katlavees (tsirkulatsioonivoolus) mg/l	Mudasisaldus läbipuhumisvees mg/l	Soolade sisaldus katla- ja läbipuhumisvees mg/l	Katla- ja läbipuhumisvee leelisuse piirid mg-ekv/l
Veetorukatlad ilma muda- ja alumiste trumliteta	Kuni 0,70	Kuni 2500	Kuni 2500	Kuni 3000	8,9—12,5
Veetorukatlad alumiste trumlitega	„ 5,35	„ 3000	„ 15000	„ 6000	8,9—21,4
Veetorukatlad mudatrumlitega	„ 7,13	„ 3000	„ 25000	„ 6000	8,9—21,4
Suitsutorukatlad (veduri- ja lokomobiilikatlad)	„ 5,35	„ 3000	„ 6000	„ 5000	8,9—12,5
Leegitorukatlad	„ 21,4	„ 3000	„ 8000	„ 20000	8,9—35,66

Soovitatavad arvutuslikud toitevee, katlavee ja läbipuhumisvee normid on toodud tabelis 20.

Nendest normidest ja õigeaegsest läbipuhumisest kinnipidamisel on madalrõhukatelde peaaegu katlakivivaba töötamine kindlustatud toitevee kalkusel 9—12 mg-ekv/l.

Töötamist katlasisese veepehmendamisega tuleb alustada pärast katla mehaanilist puhastamist katlakivist.

Enne sissekütmist veega täidetud katlasse sisseantav vajalik leelise hulk G_o on arvestatav järgmise valemiga:

$$G_o = \frac{k(A+H_m)V}{1000} \text{ kg},$$

kus k on reaktiivi ekvivalent;
kaltsineeritud soodal Na_2CO_3 (ГОСТ 5100-49) $k=53$,
seebikivil NaOH (ГОСТ 2263-43) $k=40$,
trinaatriumfosfaadil $Na_3PO_4 \cdot 12\,H_2O$ (ГОСТ 201-41) $k=126{,}73$;
A — katlavee üldine leelisus mg-ekv/l;
H_m — toitevee kalkuse ja leelisuse vahe mg/ekv/l;
V — katla üldine veemaht m³.

Arvutatud hulk leelist antakse katlasse osade kaupa 4—6 tunni jooksul, arvates katla sissekütmisest pärast puhastamist.

Näide. Määrata kaltsineeritud sooda hulk, mis on vaja lisada katlaveele 80 m² küttepinnaga üheleegitorulise katla sissekütmisel, kui $H_m=1{,}5$ mg-ekv/l, $A=10$ mg-ekv/l ja katla veemaht $v=207$ l/m².

$$V = \frac{80 \cdot 207}{1000} = 16{,}5 \text{ m}^3; \quad G_o = \frac{53(10+1{,}5) \cdot 16{,}5}{1000} = 10 \text{ kg}.$$

Katlavee normaalse leelisuse hoidmiseks tuleb töötamise ajal anda katlasse vähemalt kaks korda ööpäevas (igakord pärast läbipuhumist) lisakogus leelist, mis on määratav valemiga:

$$G = \frac{D[H_m + p(A + H_m) + a]k}{1000} \text{ kg/h},$$

kus D on katla keskmine aurutootlikkus t/h;

p — katla läbipuhumise aste (keskmine läbipuhutava vee hulk jagatuna katla aurutootlikkusega);

a — auru leelisesisaldus mg-ekv/l.

Kui auruga ja läbipuhumisega kaasaviidava leelise hulk jätta arvestamata, võib vajaliku leelise hulga ligikaudselt määrata lihtsustatud valemiga:

$$G = \frac{DH_m k}{1000} \text{ kg/h}.$$

Näide. Katla aurutootlikkus $D = 2{,}5$ t/h; toitevee kalkus $H = 8$ mg-ekv/l; leelisus $M = 6$ mg-ekv/l; läbipuhumise aste $p = 0{,}05$; katlavee leelisus $A = 11$ mg-ekv/l; auru leelisus $a = 0{.}05$ mg-ekv/l. Määrata ööpäevane seebikivi kulu, kui kondensaat ei tule katlasse tagasi.

$$G = \frac{2{,}5[2 + 0{,}05(11+2) + 0{,}05] \cdot 40}{1000} = 0{,}27 \text{ kg/h}.$$

Ööpäevane seebikivi kulu on seega $0{,}27 \cdot 24 = 6{,}5$ kg.

Muda kiiremaks sadestumiseks ja muda parema voolavuse saavutamiseks soovitatakse koos sooda või seebikiviga anda katlasse iga kuupmeetri toorvee kohta 5—10 g trinaatriumfosfaati. Sellist vee pehmendamist nimetatakse fosfateerimiseks.

Paremaks sadestumiseks soovitatakse anda katlasse ka orgaanilisi kolloidaineid, nagu tamme-ekstrakti, sulfiittselluloosi leelisvett jne. arvestusega 5—7 g toorvee ühe kuupmeetri kohta.

Veduritel, kus kogukate seadmete ärapaigutamine on võimatu, kasutatakse vee pehmendamiseks vedelaid või briketeeritud kemikaale, mis antakse tendrisse. Need kemikaalid koosnevad trinaatriumfosfaadist, seebikivist, soodast ja orgaanilistest ainetest.

Katlasisest veepehmendust võib kasutada kas iseseisvalt või koos osalise välise veepehmendamisega naatrium-kationiitfiltrites.

Nagu eespool märgitud, muutub vesi naatrium-kationiitfiltrist läbilaskmisel leeliseliseks (vastavalt toorvee leelisusele). Seepärast koguneb naatrium-kationiitfiltrist toidetavasse katlasse hulgaliselt leelist, mille kontsentratsiooni vähendamiseks tuleb katelt tugevasti läbi puhuda.

Kui aga kasutada toitevee osalist naatrium-kationeerimist, võib leelise ülejäägi kasutada pehmendamata vee mittekarbonaatsete katlakivitekitajate sadestamiseks. Toorvee ja pehmendatud

vee suhe määratakse selliselt, et katlakivi tekitav kalk osa sadestuks pehmendatud vee leelisuse mõjul.

Järelikult võib kalgi ja pehme vee õige vahekorra puhul vältida mitte ainult leelise kogunemist katlasse, vaid vähendada ka katlakivi tekkimist. Sellisel juhul tuleb läbi kationiitfiltri juhtida osa vett y, mis on ligikaudu määratav valemiga:

$$y = \frac{H - M}{H},$$

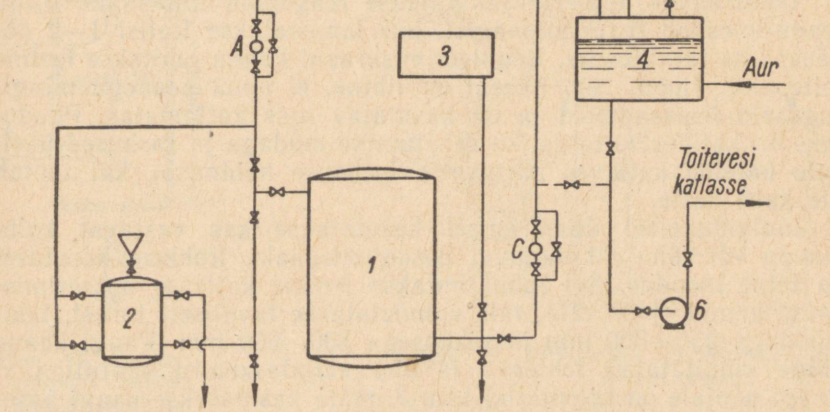
kus H on kalkus,
M — leelisus.

Täpsemalt saab naatrium-kationiitfiltrist läbilastava osa vett (arvestatuna kogu toitevee hulgast) määrata järgmise valemiga:

$$y = \frac{H_m + a(1-p) + pA}{H},$$

kus H_m on vee kalkuse ja leelisuse vahe mg-ekv/l;
a — auru üldine leelisus mg-ekv/l;
p — katla läbipuhumise aste;
A — katlavee üldine leelisus mg-ekv/l;
H — toitevee kalkus mg-ekv/l.

Neil juhtudel kui suurus $a(1-p)+pA$ on võrreldes suurusega



Joon. 25. Naatrium-kationeerimise kasutamise skeem toitevee osaliseks pehmendamiseks·

1 — naatrium-kationiitfilter; *2* — soolalahuse paak; *3* — paak kationiidi kobestamiseks; *4* — toitepaak; *5* — paak leelisreagendi lahustamiseks; *6* — toitepump; *A*, *B*, *C* — veemõõtjad.

H väga väike, võib suuruse y arvutamiseks kasutada eespool toodud lihtsustatud valemit.

Näide. 5 t/h aurutootlikkusega katelt toidetakse veega, mille kalkus $H=5{,}5$ mg-ekv/l ja leelisus $M=4$ mg-ekv/l, läbipuhumise aste $p=0{,}06$. Auru leelisus $a=0{,}25$ mg-ekv/l. Katlavee leelisus $A=11$ mg-ekv/l. Sel juhul kationiitfiltrist läbilastav osa üldisest veehulgast

$$y=\frac{1{,}5+0{,}25(1-0{,}06)+0{,}06\cdot 11}{5{,}5}=0{,}435.$$

Naatrium-kationiitfiltri vajalik tootlikkus oleks seega

$$5\cdot 0{,}435=2{,}15 \text{ t/h}.$$

Osalist naatrium-kationeerimist kasutatakse neil juhtudel, kui toorvee kalkus on suur ja leelisreagentide saamine on raskendatud.

Seega töötab kationiitfilter just nagu aparaat, mis muudab odava keedusoola leeliseks.

Osalise veepehmenduse puuduseks on seadme teenindamise teatav komplitseeritus, võrreldes lihtsa reagentide andmisega katlasse, ja personali vastava väljaõppe vajadus. Kui aga seda moodust kasutada, tuleks katelde toitmine korraldada joonisel 25 näidatud skeemi järgi.

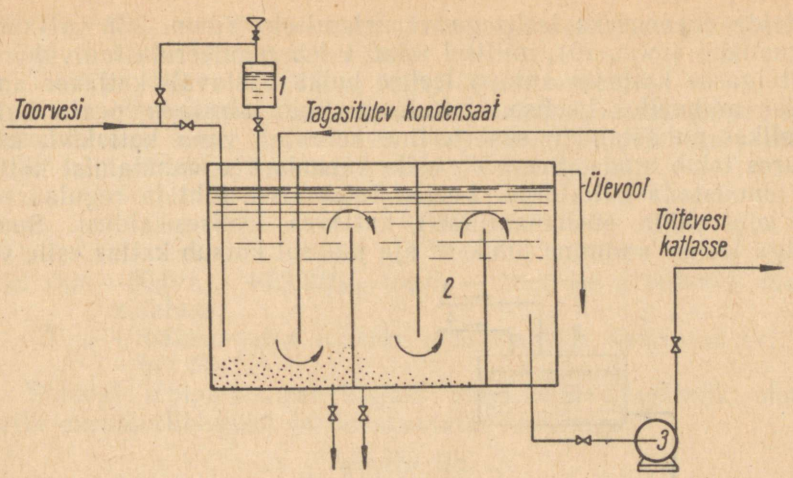
19. REAGENTIDE SISSEVIIMINE KATLASSE

Leelisreagentide sisseviimisel katlasse doseeritakse nende hulka kas tsentraalselt või individuaalselt.

Tsentraalsel doseerimisel antakse reagendid toitepaaki. Kogu seade koosneb reagendipaagist, kus lahustatakse leelisi 1—2 ööpäevaseks tarviduseks. Reguleerimiskraani kaudu juhitakse leeline toitepaaki (joon. 26). Skeem on lihtne, ei nõua peaaegu mingisuguseid lisaseadmeid ja on kasutatav igas katlamajas. Puuduseks on katlaeelse torustiku saastumine mudaga ja raskused üksikute katelde katlavee normaalse leelisuse hoidmisel, kui töötab üle kahe katla.

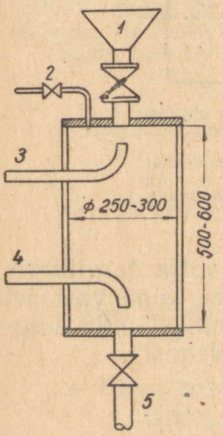
Individuaalsel doseerimisel kasutatakse kas vastavat kolbpumpa või rõhu all töötavat doseerimispaaki. Rohkem kasutusel on teine moodus. Sel juhul antakse leeline katlasse doseerimispaagi kaudu (joon. 27), mis valmistatakse tavaliselt torust, läbimõõduga 250—300 mm ja pikkusega 500—600 mm. Paagi kaane külge kinnitatakse lehter *1* ja õhu väljalasketoru ventiiliga *2*. Paagi põhjale on keevitatud toru *5*, mida kasutatakse paagi pesemiseks. Küljelt on paagiga ühendatud torud *3* ja *4*. Toru *3* kaudu juhitakse paaki vett, toru *4* kaudu aga vee ja leelise segu paagist välja. Paagi maht (tavaliselt 10—40 l) valitakse arvestusega, et ta mahutaks katla ööpäevase lahusetarviduse.

Dosaatori võib ühendada toitepumba imitorustikku kõikide



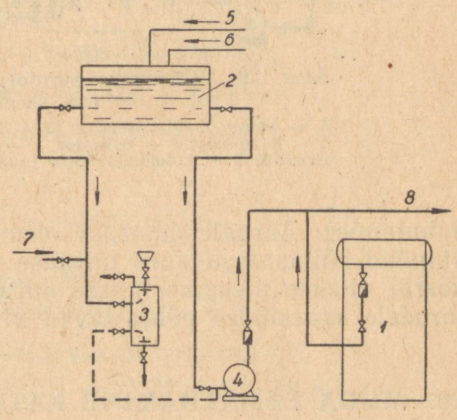
Joon. 26. Leelisreagentide juhtimine toitepumba imitorusse läbi toitepaagi:

1 — reagendi paak; *2* — toitepaak; *3* — toitepump.



Joon. 27. Doseerimispaak leelise juhtimiseks katlasse:

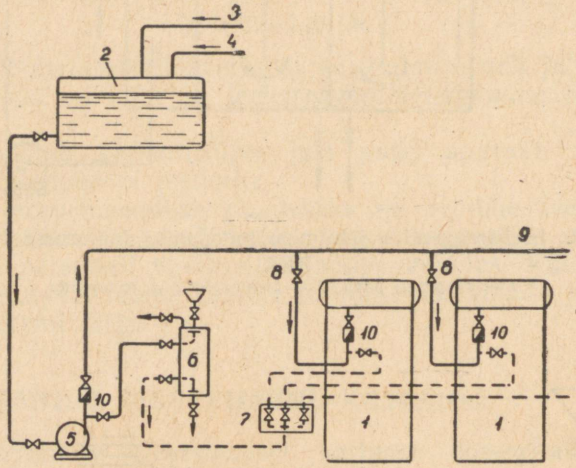
1 — lehter leelise juhtimiseks paaki; *2* — õhukraan; *3* — toitevee sissevool; *4* — leeliselahuse väljavool; *5* — kanalisatsiooni.



Joon. 28. Toitepumba imitorustikku asetatud dosaatori skeem:

1 — katel; *2* — toitepaak; *3* — dosaator; *4* — toitepump; *5* — toorvesi; *6* — kondensaat; *7* — vesi veetorustikust; *8* — vesi teise katlasse.

katelde üheaegseks leelisega varustamiseks (joon. 28) või surutorustikku (joon. 29), millisel juhul tuleb reguleerida individuaalselt igasse katlasse antava leelise hulka vastavalt katlavee analüüsi andmeile. Leelise andmisega võib alustada peale katla hoolikat puhastamist, sest leeline kobestab vana katlakivi, kusjuures tekib muda. See võib esile kutsuda vee vahutamist katlas ja ummistada katlatorud. Leelist tuleb sisse juhtida regulaarselt ja kontrollida süstemaatiliselt katlavee leelisesisaldust. Suure hulga leelise andmine lühikese aja jooksul kutsub katlas esile vee



Joon. 29. Toitepumba surutorustikku asetatud dosaatori skeem:

1 — katel; *2* — toitepaak; *3* — toorvesi; *4* — kondensaat; *5* — toitepump; *6* — dosaator; *7* — leelise jaotamine; *8* — toiteventiil; *9* — kolmanda katla juurde; *10* — tagasilöögiklapp.

vahutamise. Auruülekuumendi olemasolul tuleb võtta tarvitusele abinõud küllastunud auru niiskuse vähendamiseks, kuna vastasel korral viiakse ülekuumendisse auruga kaasa soolasid, mis siugtorudele sadestudes põhjustavad viimaste läbipõlemist.

20. MUDA EEMALDAMINE KATLAST

Vee pehmendamisel katlas tekib katlavees hulgaliselt muda, mis eemaldatakse katla perioodilise või pideva läbipuhumisega.

Tekkiva muda hulk S ümberarvutatult $CaCO_3$ ja $Mg(OH)_2$ kuivainele on arvutatav järgmise valemiga:

$$S = D(50{,}0H_{Ca} = 29{,}2H_{Mg})\ (1-p)\ \text{g/h},$$

kus D on katla keskmine aurutootlikkus t/h;

H_{Ca}, H_{Mg} — toitevee kaltsium- ja magneesiumkalkus mg-ekv/l;
p — katla läbipuhumise aste;
50,0 ja 29,2 — $CaCO_3$ ja $Mg(OH)_2$ ekvivalendid.

Katla läbipuhumise arvutamisel eeldatakse, et läbipuhumisega eemaldatakse kogu katlasisesel veepehmendamisel tekkiv muda hulk. Läbipuhumise aste määratakse valemiga

$$p = \frac{S_{tv} - S_{tv}}{S_{kv}},$$

kus $S_{tv} = 50{,}0H_{Ca} + 29{,}2H_{Mg}$ mg/l — toitevee arvutuslik mudasisaldus;
S — maksimaalne lubatav mudasisaldus katlavees (vt. tabel 20).

Pideval läbipuhumisel katlast välja viidav veehulk oleneb katla aurutootlikkusest ja on arvutatav valemiga:

$$q = Dp \text{ t/h.}$$

Perioodilisel läbipuhumisel väljaviidav veehulk

$$G = Dpt \text{ t,}$$

kus t on ajavahemik tundides katla läbipuhumiste vahel.

Näide. Määrata 100 m² küttepinnaga ja 2 t/h aurutootlikkusega leegitorukatlas tekkiv mudahulk, vajalik läbipuhumise aste pideval läbipuhumisel, veehulk pideval ja 24-tunnise vaheajaga läbipuhumisel ning katlavee mudasisaldus, kui toitevee kalkus $H_{Ca} = 4{,}0$ mg-ekv/l ja $H_{Mg} = 1{,}3$ mg-ekv·l.

Muda hulk ühe liitri toitevee kohta

$$S_{tv} = 50{,}0 \cdot 4{,}0 + 29{,}2 \cdot 1{,}3 = 200 + 38 = 238 \text{ mg/h.}$$

Katlasse kogunev mudahulk, kui katelt läbi ei puhutaks

$$S = 2000 \cdot 238 = 476\,000 \text{ mg/h} = 476 \text{ g/h.}$$

Katla läbipuhumise aste

$$p = \frac{238}{8000 - 238} = 0{,}0307 \approx 3{,}1\,\%.$$

Katlast väljaviidav veehulk pideval läbipuhumisel

$$q = 2 \cdot 0{,}0307 = 0{,}0614 \text{ t/h} = 61{,}4 \text{ l/h}$$

Toiteveega katlasse viidav mudahulk pideval läbipuhumisel

$$S = DS_{tv}(1 + p) = 2000 \cdot 238 \cdot 1{,}031 = 480\,756 \text{ mg/h} \approx 480 \text{ g/h.}$$

Katlast väljaviidav veehulk 24-tunnise vaheajaga läbipuhumisel

$$G = 2 \cdot 0{,}0307 \cdot 24 \approx 1{,}47 \text{ tonni.}$$

Katlavee mudasisaldus katla töötamisel läbipuhumisega

$$x = \frac{(D + q)S_{tv}}{q} = \frac{2061{,}4 \cdot 238}{61{,}4} = 8000 \text{ mg/l.}$$

Katla läbipuhumise režiim ja katlavee muda- ning soolade sisalduse ekspluatatsioonilised normid määratakse tavaliselt katla

perioodiliste järelevaatuste ja katlavee analüüsi põhjal. Leelisrežiimi õigsust kontrollitakse peamiselt kloriidide sisaldusega katlavees.

Kui toitevees on kloriide 15 g/m³, siis katla normaalsel 2—3%-lisel läbipuhumisel ei tohi katlavees olla kloriide üle 450—550 g/m³. Katlavee kloriidide sisalduse langus ja leelisuse tõus näitab, et leelist on üle doseeritud ja läbipuhumine on liiga tugev. Kloriidide normaalne sisaldus ja leelisuse tõus näitab, et läbipuhumine on õige, kuid leelist on üle doseeritud. Kloriidide sisalduse tõus normaalse leelisuse juures näitab, et leelist on alla doseeritud ja läbipuhumine pole küllaldane.

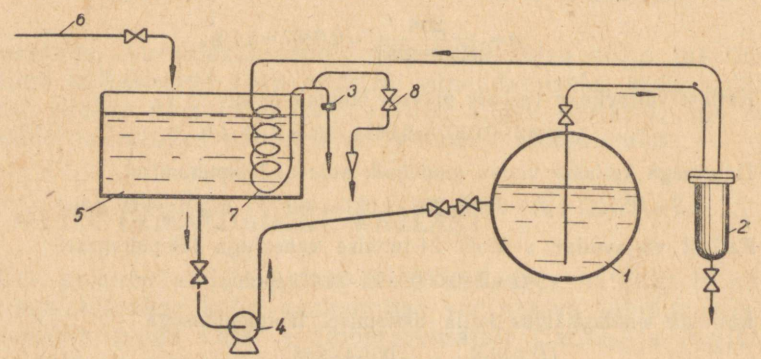
Nagu eespool märgitud, eemaldatakse muda katlast kas perioodilise või pideva läbipuhumisega. Mudatrumlitega kateldel kasutatakse perioodilist läbipuhumist suurusega 3—5%.

Leegitoru- ja kombineeritud kateldes sadestub muda kogu trumli alaosale. Perioodilisel läbipuhumisel kasutatakse nendes kateldes piki trumlit asetatud toru, millesse on puuritud augud. Pideva läbipuhumise kasutamisel kõrvaldatakse muda *termosifoonide* abil.

Muda- või alumise trumlita veetorukatlad pole kohased perioodiliseks läbipuhumiseks, kuna sel puhul läheks kaduma palju katlavett, sellega koos aga ka palju soojust ja keemilisi reagente. Neil kateldel on kõige otstarbekam kasutada lisamudatrumlit.

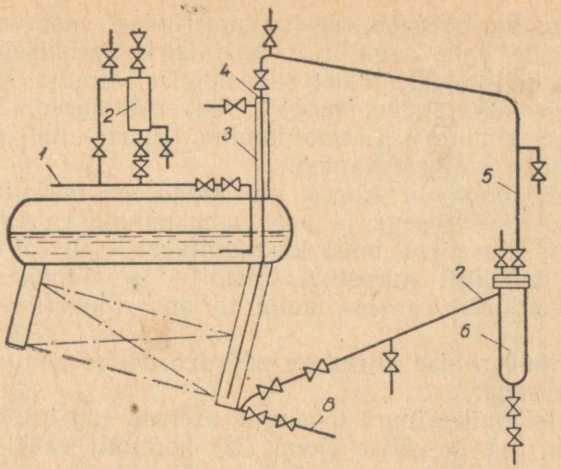
Pidevat läbipuhumist on mõnikord otstarbekas kasutada ka mitte katla konstruktsioonist, vaid toitevee suurest soolade sisaldusest (üle 1000 mg/l) tingituna. Joonisel 30 on näidatud katla pideva läbipuhumise skeem, kusjuures läbipuhumisvee soojust kasutatakse toitevee eelsoojendamiseks. Sellist muda eemaldamise moodust võib kasutada igasuguse rõhuga kateldes.

Termosifoonseadmeid seevastu kasutatakse rõhkudel kuni 12 at.



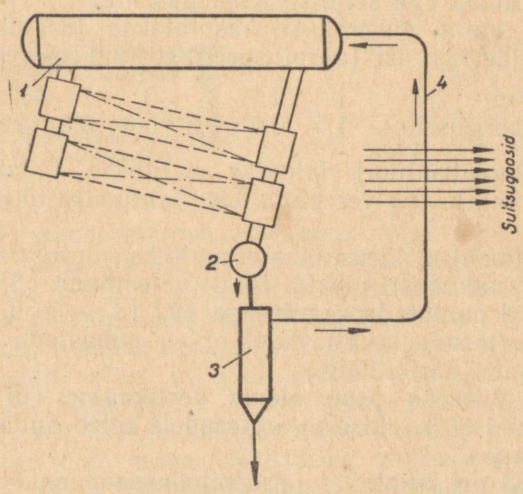
Joon. 30. Termosifoonseadme skeem katla läbipuhumisvee soojuse kasutamisega:

1 — katel; *2* — mudaseparaator; *3* — drosselseib; *4* — toitepump; *5* — toitepaak; *6* — toorvesi; *7* — soojusvahendaja; *8* — ventiil soojusvahendaja läbipuhumiseks.



Joon. 31. Sisese kontuuriga termosifoonseadme skeem muda eemaldamiseks:

1 — katla toitmine; *2* — leelise dosaator; *3* — aurusärk; *4* — tsirkulatsioonikontuuri tõusuosa; *5* — tsirkulatsioonikontuuri langeosa; *6* — mudaseparaator; *7* — tagasivoolutoru; *8* — läbipuhumistoru.



Joon. 32. Välise kontuuriga termosifoonseadme skeem muda eemaldamiseks:

1 — katel; *2* — mudatrummel; *3* — mudaseparaator; *4* — tsirkulatsioonikontuuri tõusuosa.

Nende töötamine põhineb vee tsirkuleerimisel vastavas kontuuris temperatuuride vahe tagajärjel. Vee tsirkuleerimisega imetakse kaasa muda selle maksimaalse sadestumise tsoonist. Edasi voolab muda koos tsirkulatsiooniveega mudaeraldajasse, kus toimub muda separeerimine ja eemaldamine. Puhastatud vesi voolab mudaeraldajast katlasse tagasi.

Tsirkulatsioonivoolu kiirus on võrdeline tsirkulatsioonikontuuri tõusuosa kõrgusega ja vee mahukaalude vahega tõusu- ja langeosades. Tõusuosas, mida kuumutatakse auru või suitsugaasidega, vesi osaliselt aurustub, mistõttu ta mahukaal väheneb. Langeosas on vesi raskem, kuna ta on vahepealses torustikus jahtunud.

Vee tsirkuleerimise kiirus on pöördvõrdeline kontuuri hüdraulilise takistusega.

Tsirkulatsioonikontuuri tõusuosa asetuse järgi tehakse vahet sisese (joon. 31) ja välise (joon. 32) kontuuri vahel, mida kuumutatakse vastavalt kas aurusärgiga või suitsugaasidega.

Aurusärk valmistatakse torust, mille läbimõõt on 2—3 korda tsirkulatsioonikontuuri toru läbimõõdust suurem. Aurusärgis kondenseeruv vesi kogutakse kondenspotti.

Välises kontuuris vee ülekuumenemise vältimiseks kontuuri tõusuosa isoleeritakse.

Tsirkulatsioonikontuuri imitoru ots peab olema suunatud allapoole ja asuma katla põhjast 40—70 mm kaugusel. Seejuures ei tohi toru otsa ristlõikepind ega kuju muutuda ning toru otsa ei tohi asetada düüsi ega sellesse auke puurida.

Olenevalt katla aururõhust kasutatakse järgmisi tsirkulatsioonikontuuride kõrgusi (aurutuspeeglist kuni kõrgema punktini:

Aururõhk at	1	2	3	5	7	11	12
Kontuuri kõrgus m	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	3,8	4,0

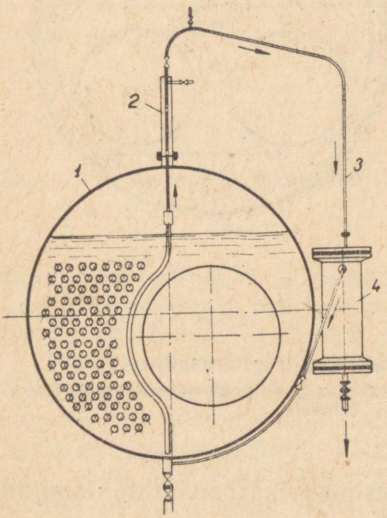
Tsirkulatsioonikontuuri laiuseks valitakse tavaliselt 1,4—2 kõrgust, mis kindlustab vee küllaldase jahtumise tõusu- ja langeosade vahel.

Vee maksimaalse kiiruse saavutamiseks kontuuris tuleb montaažil torude takistust püüda igati vähendada. Selleks soovitatakse torusid painutada raadiusega $10d$ (d — toru siseläbimõõt paindekohas), torude keevitamisel otsad puhastada ja kasutada võimalikult vähe äärikliiteid.

Kontuuri tõusuosa peab olema vertikaalne või minimaalse kallakuga (kuni 30°). Horisontaaltorudele tuleb anda 2—5% kallak voolu suunas.

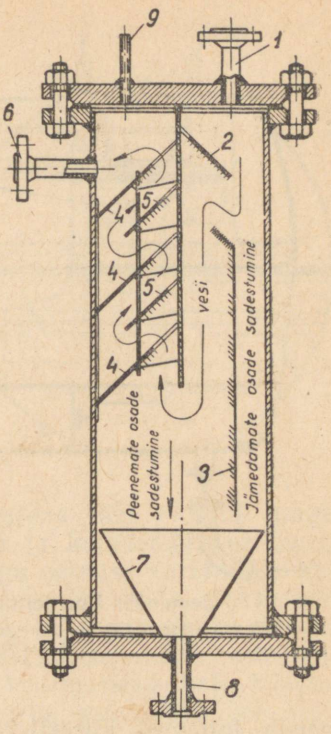
Joonisel 33 on kujutatud termosifoonseade muda eemaldamiseks leegitorukatlast.

Tsirkulatsioonikontuurides kasutatakse sageli ВТИ-süsteemi mudaseparaatorit (otsevooluga), mis koosneb kaantega silindrist (joon. 34). Viimases asuvad vaheseinad *2*, *3*, *4* ja *5*.



Joon. 33. Termosifoonseadme skeem muda eemaldamiseks leegitorukatlast:

1 — katel; *2* — tsirkulatsioonikontuuri tõusuosa; *3* — tsirkulatsioonikontuuri langeosa; *4* — mudaseparaator.



Joon. 34. BTИ-süsteemi mudaseparaator:

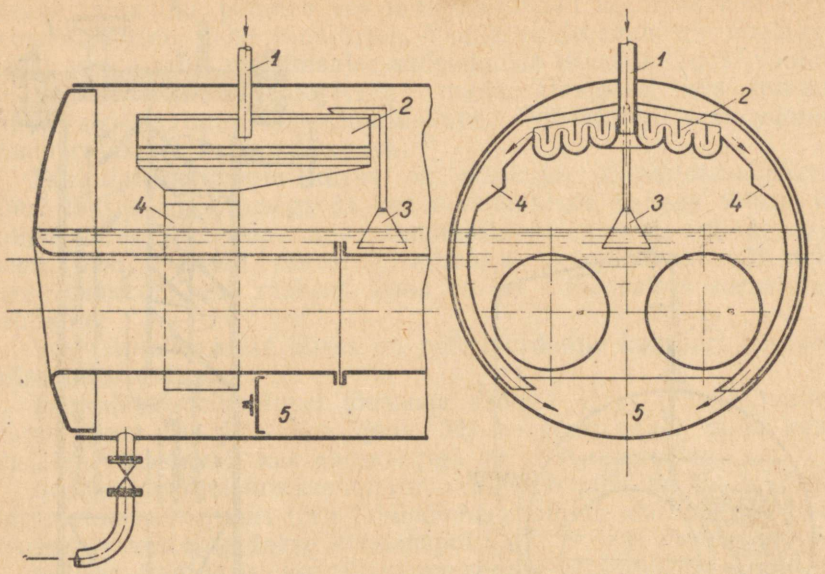
1 — vee sissevoolututs; *2, 3, 4* ja *5* — vaheseinad; *6* — puhastatud vee väljavoolututs; *7* — mudalehter; *8* — läbipuhumistuts; *9* — õhutoru.

Vesi liigub mudaeraldajas vaheseinte vahel nooltega näidatud teed mööda. Seejuures eraldub muda, mis koguneb lehtrisse *7*. Puhastatud vesi juhitakse tutsi *6* kaudu katlasse. Lehtrist *7* eemaldatakse muda perioodiliselt tutsi *8* kaudu.

Mudaeraldajas saavutatakse kuni 100%-line veepuhastus. Raskus seisab ainult selles, et anda mudaeraldajasse suure mudasisaldusega vett. Kui katlas muda hästi ei seti (kui puuduvad mudatrumlid), siis töötab selline seade halvasti.

Termosifooni abil muda eraldamine võimaldab kuni 12 atü rõhuga ja 300 m² küttepinnaga katelde läbipuhumist vähendada 0,5—1%-ni.

Vaadeldes keemilisi protsesse, mis tekivad katlasse toitevee sisseandmisel, tuleb märkida, et suurem osa neist toimub vee sisseandmiskoha vahetus läheduses. Segunedes katlaveega kuu-



Joon. 35. Vee termiline pehmendamine leegitorukatlas:
1 — toitevee sissejuhtimine; *2* — reaktor; *3* — seade katlavee pumpamiseks reaktorisse; *4* — mudakanal; *5* — vahesein.

meneb toitevesi kiiresti, mis põhjustab bikarbonaatide ioonide lagunemist ja muda tekkimist.

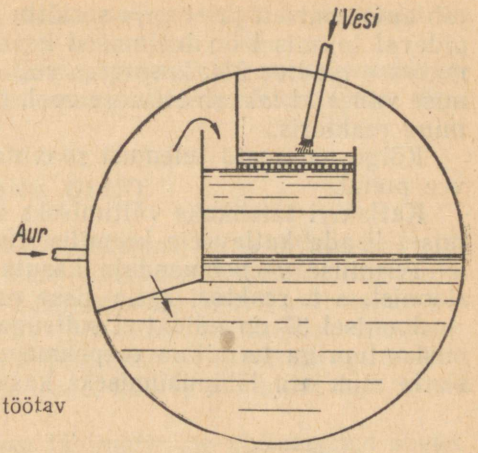
Seetõttu on osutunud otstarbekaks kuumutada toitevett kuni katlavee temperatuurini vastavates reaktorites, ilma et toitevesi enne muda tekkimist katlaveega kokku puutuks. Alles pärast seda lastakse termiliselt pehmendatud veel seguneda katlaveega.

Selline vee pehmendamise seade (joonis 35) koosneb katla aururuumi paigutatud reaktorist *2*, pumpamisseadmest *3*, millega reaktorisse antakse 20—30% katlavett, ja juhtkanalist *4*, mille kaudu muda juhitakse tsirkulatsioonivoolust vaheseinaga *5* eraldatud ruumi katla põhjas.

Kasutatakse kahte tüüpi reaktoreid: kaskaadseid ja barbotaaži põhimõttel töötavaid.

Kaskaadreaktor (joon. 35, pos. *2*) koosneb mitmest künast, mis on üksteisest vaheseintega eraldatud. Ülemisse künasse juhitud vesi voolab alumistesse künadesse õhukese laia joana. Reaktori mõõtmed valitakse selliselt, et vesi viibiks neis ligikaudu 5—8 minutit. Selle ajaga kuumeneb vesi, lõpevad termokeemilised reaktsioonid ja gaaside eraldumine ning tekib suurehelbeline muda.

Barbotaaži põhimõttel töötaval reaktoril (joon. 36) on horisontaalne aukudega vahesein. Toitevesi antakse peale ülevalt-



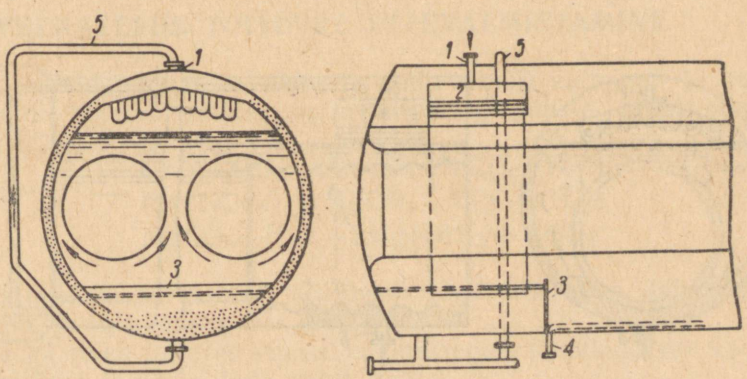
Joon. 36. Barbotaaži põhimõttel töötav reaktor.

poolt, aur altpoolt vaheseina. Mullikestena läbi veekihi tungiv aur kondenseerub osaliselt ning segab ja kuumendab seejuures hästi vett. Edasi liigub vesi samuti nagu eelmise variandi puhul.

Pumpamisseadme ülesandeks on anda katlavett reaktorisse, kusjuures selle töölerakendamiseks võib kasutada gaase, termosifooni või lehtrit. Viimasel juhul asetatakse lehter allapoole katla veetaset küttepinna kõige rohkem koormatud kohale. Väljaspool toru asuva katlavee samba ja torus asuva auruvee segu samba raskuste vahe tõttu tungib vesi koos auruga reaktorisse.

Muda kogumiseks valitakse koht katla põhjas, mis ei kuumene intensiivselt. Siin sadestub ja koguneb muda lõplikult. Pehmendatud vesi segatakse katlaveega ja muda puhutakse katlast välja.

Ülalkirjeldatud termiline katlasisene veepehmendusseade töö-



Joon. 37. Gaasidega kuumutatava pumpamisseadmega termiline veepehmendaja leegitorukatlale.

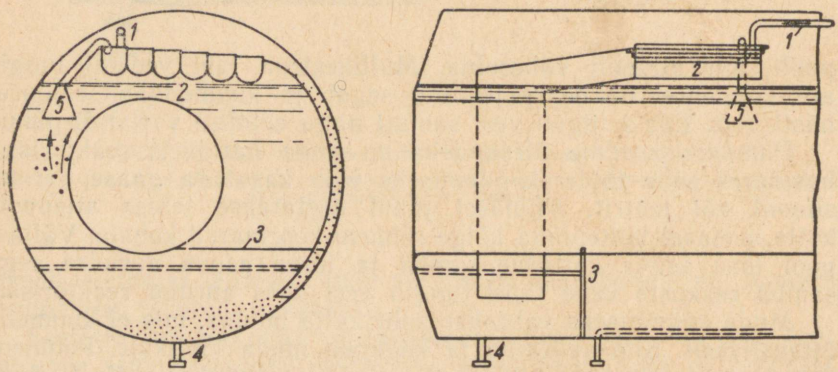
tab automaatselt ja ei vaja seetõttu igapäevast järelevalvet. Katla pideval toitmisel on tulemused head. Perioodilisel toitmisel koormatakse reaktor üle, kusjuures vesi ei pehmene küllaldaselt. Toitmise vaheajal lakkab toitevee vool, millega kaasub katlakivi tekkimine reaktoris.

Kõige paremaid tulemusi saavutatakse suure leelisusega toitevee puhul.

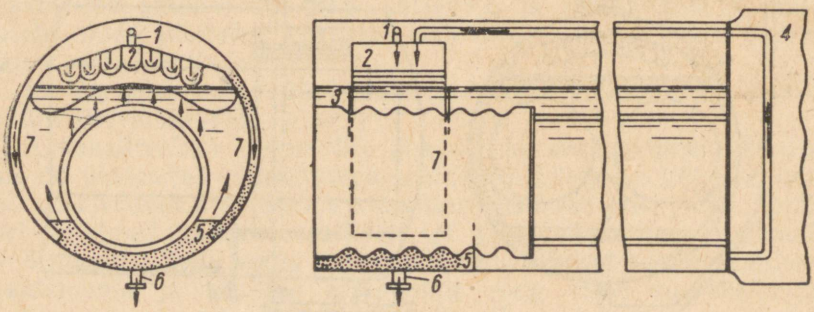
Katlakivi täielikuks vältimiseks võib vee termilisel pehmendamisel lisada katlaveele keemilisi reagente.

Termilise veepehmendaja kasutamine oleneb katla konstruktsioonist, s t. reaktori katla sisse paigutamise võimalustest.

Joonisel 37 on näidatud suitsugaasidega kuumutatava pumpamiskontuuriga termiline veepehmendaja kahe leegitoruga katlale. Katla muu osa läbipuhumiseks kasutatakse lisatoru.



Joon. 38. Ühe leegitoruga katla termilise veepehmenduse skeem:
1 — toitetoru; *2* — reaktor; *3* — vahesein; *4* — läbipuhumistoru; *5* — pumpamislehter.



Joon. 39. Vee termiline pehmendamine lokomobiilikatlas:
1 — toitetoru; *2* — reaktor; *3* — reaktori kinnitus; *4* — suitsugaasidega kuumutatav pumpamiskontuur; *5* — vahesein; *6* — väljalasketoru; *7* — muda juhttaskud.

Ühe leegitoruga katlal asetatakse pumpamislehter leegitoru ja katla trumli vahelisse kitsamasse ossa (joon. 38).

Lokomobiilikateldel kasutatakse peamiselt suitsugaasidega kuumutatavat katlavee reaktorisse pumpamise kontuuri (joon. 39).

21. TOITEVEE PUHASTAMINE ÕLIST

Õli võib sattuda auru või kondensaati auru-kolbmasinatest. Õline kondensaat ohustab katelde töötamist ja tuleb tingimata puhastada. Kõige lihtsamat vee puhastamist õlist kasutatakse liikuvatel lokomobiilidel, kus katla lähedusse asetatakse vahepaak mahuga ligikaudu 0,5 m^3, kuhu juhitakse vesi toitepaagist. Õli, mis on veest kergem, tõuseb pinnale, kus ta eemaldatakse vahepaagi ületäitmisega.

Häid tulemusi annab toitevee läbijuhtimine aktiveeritud söega (peeneteraline süsi, mis on töödeldud kange väävelhappega) täidetud filtrist. Söekihi paksus peab olema vähemalt 1000 mm. Filtri läbimõõt valitakse vastavalt toitevee kulule. Suurema puhtuse saamiseks tuleb vett ette soojendada peaaegu 100° C-ni. Filtrit läbinud toitevee õlisisaldus väheneb kuni 1 mg/l.

Filtri teenindamisel tuleb jälgida vee rõhku filtri ees ja taga, hoida vee temperatuur võimalikult kõrge ja perioodiliselt vahetada aktiveeritud sütt.

Kui toitevesi sisaldab õli, tuleb katelt aurutuspeegli ligidalt läbi puhuda (ülemine läbipuhumine). Sèlleks asetatakse katla veeruumi normaalse veeseisu kõrgusele toru, mille ots on umbne, kuid mille külgedesse on puuritud augud, või toru, mis on varustatud horisontaalsete harutorudega.

22. VEEKATELDE TOITEVEE ETTEVALMISTAMINE

Veekateldes tekib katlakivi ja muda ainult kaltsiumi ja magneesiumi bikarbonaatide lagunemisest järgmiste reaktsioonide kohaselt:

$$Ca(HCO_3)_2 = \downarrow CaCO_3 + \uparrow CO_2 + H_2O$$
$$Mg(HCO_3)_2 = MgCO_3 + \uparrow CO_2 + H_2O$$
$$MgCO_3 + H_2O = \downarrow Mg(OH)_2 + \uparrow CO_2.$$

Katlad ja torustikud sööbivad tugevasti vees lahustunud hapniku ja süsihappegaasi mõjul.

Seega tuleb toitevee ettevalmistamisega vähendada vee karbonaatkalkust ja eemaldada veest gaase.

Erinevalt aurukateldest ei tule veekatelde juures püüda liigselt vähendada vee kalkust, eriti sel juhul, kui vett kasutatakse

pesemiseks. Soovitav on, et karbonaatkalkus oleks piirides 1,5—2,5 mg-ekv/l.

Katla metalli sööbimise vältimiseks ei tohi vees lahustunud hapniku hulk ületada 0,1 mg/l.

Katlakivi tekkimise vältimiseks veekateldes ja torustikes soovitatakse kasutada toorvee nn. mikrofosfateerimist, s. o. veele trinaatrium- või dinaatriumfosfaadi lahuse lisamist. Kemikaali hulk grammides 1 tonni toorvee kohta, olenevalt vee kalkusest kraadides, võetakse:

vee	kalkusel	8—15°	— 10	g/t
„	„	15—20°	— 15	„
„	„	20—30°	— 20	„
„	„	30—35°	— 25	„

IV. KÜTUSTE PÕLEMINE

23. PÕLEMISPROTSESSI FÜÜSIKALIS-KEEMILISI NÄHTUSI

Põlemiseks nimetatakse kütuse põlevelementide intensiivset ühinemist õhuhapnikuga, kusjuures vabaneb teatav hulk soojust ja ilmub harilikult leek.

Süsiniku põlemisel ühineb üks aatom süsinikku kahe aatomi hapnikuga, mille tulemusena saadakse üks molekul *süsihappegaasi*. Iga kg süsiniku põlemisel vabaneb 7850 kcal soojust:

$$\underset{12\ kg}{C} + \underset{32\ kg}{O_2} = \underset{44\ kg}{CO_2} + 94\,250\ kcal.$$

Õhu puudusel ühineb 1 aatom süsinikku 1 aatomi hapnikuga ja tekib üks molekul *vingugaasi*, kusjuures 1 kg põleva süsiniku kohta vabaneb ainult 2180 kcal soojust:

$$\underset{24\ kg}{2C} + \underset{32\ kg}{O_2} = \underset{56\ kg}{2CO} + 52\,300\ kcal.$$

Vingugaas võib põleda edasi süsihappegaasiks, kui juhtida talle juurde õhku küllalt kõrgel temperatuuril (ligikaudu 650° C); seejuures vabaneb täiendavalt 5670 kcal soojust 1 kg põleva süsiniku kohta:

$$2CO + O_2 = 2CO_2.$$

Vesinik, ühinedes hapnikuga, moodustab *veeauru*, kusjuures 1 kg põleva vesiniku kohta vabaneb 28 900 kcal soojust:

$$\underset{4\ kg}{2H_2} + \underset{32\ kg}{O_2} = \underset{36\ kg}{2H_2O} + 115\,600\ kcal.$$

Väävel, ühinedes hapnikuga, põleb *vääveldioksiidiks*, kusjuures 1 kg väävli kohta vabaneb 2180 kcal soojust:

$$\underset{32\ kg}{S} + \underset{32\ kg}{O_2} = \underset{64\ kg}{SO_2} + 69\,760\ kcal.$$

Põlemine on *täielik*, kui kogu kütuse põlevaine lõplikult

ära põleb, s. o., kui kogu süsinik põleb süsihappegaasiks, kogu vesinik veeauruks ja kogu väävel vääveldioksiidiks.

Mittetäielikul põlemisel sisaldavad põlemissaadused veel põlemisvõimelisi gaase, nagu vingugaasi, vesinikku, metaani jm. Sel juhul ei saa kütuses peituvat soojust kasutada täielikult ja põlemisel tekib keemiline kadu.

Põlemine algab igale ainele vastava temperatuuri, nn. süttimistemperatuuri juures, milleni tuleb ainet ette soojendada. Mõnede ainete süttimistemperatuurid:

vesinik	600° C	puit, turvas	250° C
vingugaas	650° C	põlevkivi	270° C
metaan	650—750° C	kivisüsi	300—350° C
süsinik	700° C	antratsiit	650—700° C.

Suurt tähtsust täielikuks põletamiseks omab põlemistemperatuur koldes. Temperatuuril alla 1000° C ei kulge põlemisreaktsioonid intensiivselt. Põlemistemperatuur koldes sõltub kütuse liigist ja kolde soojuslikust erikoormusest. Temperatuur kihis on ligikaudu 1000—1100° C, kolderuumis 1200—1400° C.

Lendosaderikaste kütuste puhul on suur tähtsus lendosade täielikul põlemisel. Küllaldase õhuhulga juures põleb lendosades, näiteks metaanis (CH_4) olev süsinik süsihappegaasiks ja vesinik veeauruks:

$$CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O.$$

Et niihästi süsihappegaas kui ka veeaur on värvuseta, siis täielikul põlemisel suitsu ei esine.

Õhu puudusel põleb esmajärjekorras lendosades olev vesinik, omades hapnikuga suuremat sugulust; süsinik aga eraldub tahmana ja värvib põlemissaadused mustaks, tekib tume suits:

$$CH_4 + O_2 = 2H_2O + C.$$

Sama nähtus esineb juhul, kui üldine õhuhulk on küllaldane, kuid halva segunemise tõttu lendosadega tekib üksikutes koldeosades õhu puudus. Puudulik põlemine esineb samuti juhul, kui õhuhulk on küllaldane, kuid kolde temperatuur pole piisav lendosade lagunemisel eralduva süsiniku põlemiseks:

$$CH_4 + 2O_2 = 2H_2O + O_2 + C.$$

Väga madalatel temperatuuridel koldes süsivesinikud ei põle üldse ja väljuvad korstnasse pruuni suitsuna.

Ülaltoodust selgub, et tume suits tekib lendosade mittetäielikust põlemisest. Seetõttu kütused, mis sisaldavad vähe lendosi, näiteks koks ja antratsiit, põlevad suitsuta ka sel juhul, kui põlemine on mittetäielik.

Täielikuks põlemiseks on tarvilik:

a) küllalt kõrge temperatuur koldes (mitte alla 1000° C);

b) küllaldane põlemisõhu hulk;

c) lendosade ja põlemisõhu hea segunemine;

d) küllaldane koldemaht, eriti kolde kõrgus, lendosade läbipõlemiseks.

Täieliku põlemise tunnuseks on tumeda suitsu puudumine ja puhas leek.

Gaasilise kütuse koostisosade täielik põlemine väljendub tabelis 21 toodud keemiliste valemitega.

Tabel 21

Gaaside põlemisreaktsioonid ja soojusväärtused

Gaasi nimetus	Põlemisreaktsioon	Soojusväärtus kcal/m³	
		Põlemis-väärtus	Kütte-väärtus
Vesinik	$H_2+0{,}5O_2=H_2O$	3048	2566
Vingugaas	$CO+0{,}5O_2=CO_2$	3018	3018
Metaan	$CH_4+2O_2=CO_2+2H_2O$	9520	8550
Atsetüleen	$C_2H_2+2{,}5O_2=2CO_2+H_2O$	13964	13483
Etüleen	$C_2H_4+3O_2=2CO_2+2H_2O$	15169	14203
Etaan	$C_2H_6+3{,}5O_2=2CO_2+3H_2O$	16633	15185
Propüleen	$C_3H_6+4{,}5O_2=3CO_2+3H_2O$	22084	20638
Propaan	$C_3H_8+5O_2=3CO_2+4H_2O$	23671	21742
Butüleen	$C_4H_8+6O_2=4CO_2+4H_2O$	29089	27160
Butaan	$C_4H_{10}+6{,}5O_2=4CO_2+5H_2O$	30692	28281
Tsüklopentaan	$C_5H_{10}+7{,}5O_2=5CO_2+5H_2O$	35465	33050
Pentaan	$C_5H_{12}+8O_2=5CO_2+6H_2O$	37712	34818
Bensool	$C_6H_6+7{,}5O_2=6CO_2+3H_2O$	36330	34870
Väävelvesinik	$H_2S+1{,}5O_2=SO_2+H_2O$	6068	5585

Mis tahes C_nH_m tüüpi süsivesiniku põlemisreaktsiooni võib kujutada üldvalemiga:

$$C_nH_m+(n+{}^1/_4m)O_2=nCO_2+{}^1/_2mH_2O.$$

Valemitest on näha, et vesiniku, süsiniku ja hapniku aatomite arv on mõlemal pool võrdusmärki ühesugune.

Kui põlemisvõrrandisse asetada vastavate ainete aatom- ja molekulkaalud, saadakse:

$$CH_4+2O_2=CO_2+2H_2O$$
$$(12+4)+2\cdot 32=(12+32)+2(2+16)$$
$$16+64=44+36.$$

Viimane avaldis näitab, et 1 mool, s. o. gaasi hulk, mille kaal võrdub sama gaasi molekulkaaluga kilogrammides, reageerib 2 mooli (64 kg) O_2-ga, mille tulemusel tekib 1 mool (44 kg) CO_2 ja 2 mooli (36 kg) H_2O.

Seega saab põlemisvõrrandite abil kergesti määrata reageerivate ja põlemisel tekkivate ainete kaalulisi ja mahulisi vahekordi.

Füüsikast on teada, et mis tahes gaasi ühe mooli maht normaaltingimustel on 22,4 m^3. Selle alusel saab põlemisvõrrandite abil määrata põlemiseks vajaliku hapniku ja põlemisproduktide mahtu. Kui eelmine põlemisvõrrand väljendada moolides, saadakse:

$$CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$$
$$22{,}4\ m^3 + 2 \cdot 22{,}4\ m^3 = 22{,}4\ m^3 + 2 \cdot 22{,}4\ m^3.$$

Kui viimase võrrandi iga liige jagada 22,4-ga, saadakse:

$$1\ m^3 + 2\ m^3 = 1\ m^3 + 2\ m^3,$$

mis tähendab, et 1 m^3 metaani põlemiseks on vajalik 2 m^3 hapnikku. Põlemise tulemusena saadakse 3 m^3 põlemisprodukte. Kuna õhk sisaldab mahuliselt ligikaudu $^1/_5$ (täpsemalt 20,9%) hapnikku, siis 1 m^3 metaani põlemiseks on vaja ligikaudu 5 korda rohkem õhku kui hapnikku, s. o. 10 m^3.

Vingugaasi põlemisvõrrandist $2CO + O_2 = 2CO_2$ nähtub, et kahe mahuühiku vingugaasi põlemiseks on vaja üks mahuühik hapnikku või ühele mahuühikule vingugaasile 0,5 mahuühikut hapnikku, s. o. ligikaudu 2,5 mahuühikut õhku.

Põlemisvõrrandite abil on samuti võimalik määrata põlemisproduktides sisalduva niiskuse hulka. See on tähtis seetõttu, et mõnede gaasiseadmete põlemisprodukte ei juhita otse korstnasse, vaid ruumi. Halva ventilatsiooni korral muutub ruum sel juhul kiiresti niiskeks, sest põlemisel tekkiva veeauru hulk on küllaltki suur.

Metaani põlemisvõrrandist on näha, et ühe mooli (22,4 m^3) metaani põlemisel tekib 2 mooli ($2 \cdot 18 = 36$ kg) veeauru. Järelikult annab 1 m^3 metaani põlemisel $\frac{2 \cdot 18}{22{,}4} = 1{,}6$ kg vett auru näol.

24. PÕLEMISEKS VAJALIKU ÕHU JA PÕLEMISPRODUKTIDE HULK

Kõige väiksemat õhuhulka, mis on tarvilik 1 kg kütuse täielikuks põlemiseks, nimetatakse teoreetiliseks õhuhulgaks. Viimase suurus sõltub kütuse keemilisest koostisest.

Teades kütuse küttevääртust ja niiskust, võib määrata ligikaudse teoreetilise õhuhulga järgmise avaldisega:

$$V_0 = k \frac{Q_t^k + 6W_t}{1000}\ m^3/kg,$$

kus Q_t^k on tarbimiskütuse küttevääртus kcal/kg;

W_t — kütuse niiskuse %;
k — tegur, mille väärtused on järgmised:

puit	1,05
turvas	1,08
põlevkivi	1,08
pruun- ja kivisöed	1,09
lahjad söed, antratsiidid, masuut ja põlevkivi-kütteõli	1,10

Gaasilise kütuse puhul määratakse teoreetiline õhuhulk avaldisega:

$$L_0 = \frac{O_{min}}{0{,}21},$$

kus O_{min} on põlemiseks vajalik minimaalne hapniku hulk m^3/m^3. $O_{min} = 0{,}01\ (0{,}5CO + 0{,}5\,H_2 + 2\,CH_4 + 3{,}45\,C_n\,H_m - O_2)$, kus CO, H_2, CH_4, $C_n\,H_m$ ja O_2 on vastavate komponentide mahud gaasisegus protsentides.

Gaasidele, mis koosnevad süsinikust ja vesinikust (nn. süsivesinikud), määratakse teguri k suurus avaldisega:

$$k = n + {}^1/_4 m.$$

Metaani (CH_4) puhul

$$k = n + {}^1/_4 m = 1 + {}^1/_4 \cdot 4 = 2.$$

Põlevkivigaasis esinevate raskete süsivesinikkude (C_nH_m) puhul on teguri k suurus 3,45, sest võib arvestada, et põlevkivigaas C_nH_m sisaldab keskmiselt 68% C_2H_4 ja 32% C_3H_6. Taolise segu põlemisel vabaneb 17 600 kcal/m^3 soojust, mis vastab põlevkivigaasis sisalduva C_nH_m põlemisel vabanevale soojushulgale.

Näide. Määrata teoreetiliselt vajalik õhuhulk põlevkivile küttevääruse $Q_t^k = 3068$ kcal/kg, niiskusega $W_t = 12\%$.

$$V_0 = 1{,}08\,\frac{3068 + 6 \cdot 12}{1000} = 3{,}4\ m^3/kg.$$

Näide. Määrata teoreetiline õhuhulk põlevkivigaasile, mille mahuline koostis on järgmine: 15,4% CO_2; 0,5% O_2; 10,4% CO; 27,0% H_2; 13,1% CH_4; 5,3% $C_n\,H_m$; 28,3% N_2.

$$O_{min} = 0{,}01\,(0{,}5CO + 0{,}5H_2 + 2CH_4 + 3{,}45C_nH_m - O_2) =$$
$$= 0{,}01\,(0{,}5 \cdot 10{,}4 + 0{,}5 \cdot 27{,}0 + ? \cdot 13{,}1 + 3{,}45 \cdot 5{,}3 - 0{,}5) = 0{,}627\ m^3/m^3.$$

$$L_0 = \frac{O_{min}}{0{,}21} = \frac{0\,627}{0{,}21} = 2{,}99\ m^3/m^3.$$

Et kogu koldesse juhitav õhk ei segune lendosadega ega võta seetõttu põlemisest osa, tuleb anda koldesse õhku rohkem, kui on teoreetiliselt vajalik. Tegeliku ja teoreetilise õhuhulga suhet nimetatakse liigõhuteguriks ja tähistatakse tähega α (alfa). Liigõhutegur, olenevalt kütuse liigist ja põletamise vii-

sist, on 1,05—1,7. Tegelik liigõhutegur katlal määratakse suitsugaasi koostise põhjal.

Teoreetiline võimalik süsihappegaasi hulk puhta süsiniku põletamisel liigõhuta on 21%. Suurim teoreetiliselt võimalik süsihappegaasi hulk — $(CO_2)_{max}$ üksikute keskmiste kütuste puhul on järgmine:

koks, puidusüsi	21 %	kivisüsi	18,7%
antratsiit	20,5%	põlevkivi	18,6%
puit	20,3%	masuut	15,9%
turvas	19,5%	põlevkivi-kütteõli	15,3%

Teades antud kütuse $(CO_2)_{max}$ ja määrates gaasianalüsaatoriga tegeliku CO_2 hulga põlemisproduktides, võib leida liigõhuteguri avaldisega:

$$\alpha = \frac{(CO_2)_{max}}{CO_2}.$$

Liiga väikese liigõhuteguri puhul võib põlemine olla mittetäielik ja tekkida vingugaas (CO), mille iga protsent suitsugaasis põhjustab kadu 3—7% kütuse soojusest.

Liiga kõrge liigõhutegur põhjustab suurt soojuskadu, sest koldesse juhitud õhk kuumeneb kõrge temperatuurini ja koos suitsugaasidega korstnasse väljudes viib endaga kaasa palju soojust. Samuti jahutab liigne õhk asjatult kollet ja halvendab seega põlemistingimusi.

Gaaskütuse põletamisel saab määrata põlemisproduktide hulka ja $(CO_2)_{max}$ arvutuse teel, kui on teada gaasi koostis.

Põlevkivigaasi põletamisel on põlemisproduktide hulk määratav järgmise valemiga:

$$V = \underbrace{0{,}01\ (CO_2 + CO + CH_4 + 2{,}3\ C_n H_m)}_{CO_2\ hulk} + \underbrace{3{,}76\alpha O_{min} + 0{,}01 N_2}_{N_2\ hulk} +$$

$$+ \underbrace{(\alpha - 1)\, O_{min}}_{liigne\ O_2\ hulk} + \underbrace{0{,}01\,(H_2 + 2CH_4 + 2{,}3 C_n H_m)}_{H_2O\ hulk},$$

kus V on ühe m³ gaasi põlemisel tekkiv põlemisproduktide hulk nm³; CO_2, CO, CH_4, $C_n H_m$, N_2, H_2 — vastava gaasi sisaldus põletatavas gaasisegus %;

α — liigõhutegur;

O_{min} — ühe m³ gaasi täielikuks põlemiseks vajalik minimaalne hapniku hulk nm³.

Koksigaasi puhul, kus rasked süsivesinikud loetakse võrdseks etüleeniga, tuleb valemis $C_n H_m$ ees kasutada tegurit 2 (2,3 asemel).

Näide. Määrata põlemisproduktide hulk, $(CO_2)_{max}$, korstnagaasides esineva CO_2 % ja ruumi tungiva niiskuse hulk tunnis, kui põletatakse järgmise koostisega põlevkivigaasi: 15,4% CO_2; 0,5% O_2; 10,4% CO; 27,0% H_2; 13,1%

CH_4; 5,3% $C_n H_m$; 28,3% N_2. Gaasiseadme võimsus $Q=2{,}5$ m³ tunnis ja liigõhutegur $\alpha=1{,}1$, veeauru erikaal $\gamma=0{,}804$ kg/nm³. $O_{min}=0{,}627$ m³/m³ (vt. eelmine näide lk. 95).

$$V=0{,}01\,(CO_2+CO+CH_4+2{,}3C_n H_m)+3{,}76\alpha O_{min}+0{,}01N_2+(\alpha-1)O_{min}+$$
$$+0{,}01(H_2+2CH_4+2{,}3C_n H_m)=0{,}01\,(15{,}4+10{,}4+13{,}1+12{,}2)+3{,}76\cdot 1{,}1\cdot$$
$$\cdot 0{,}627+0{,}283+0{,}1\cdot 0{,}627+0{,}01\,(27{,}0+26{,}2+12{,}2)=\underbrace{0{,}511}_{CO_2}+\underbrace{2{,}877}_{N_2}+\underbrace{0{,}063}_{O_2}+$$
$$+\underbrace{0{,}654}_{HO_2}=4{,}11\ \text{m}^3/\text{m}^3.$$

Põlemisproduktide hulk põletamisel teoreetilise õhuhulgaga ($\alpha=1{,}0$):

$$V_0=0{,}511+2{,}358+0{,}283+0{,}000+0{,}654=3{,}81\ \text{m}^3/\text{m}^3.$$

$$(CO_2)_{max}=\frac{V_{CO_2}}{V_0}\,100=\frac{0{,}511}{3{,}81}\,100=13{,}4\%.$$

$$CO_2=\frac{(CO_2)_{max}}{\alpha}=\frac{13{,}4}{1{,}1}=12{,}2\%.$$

Ruumi tungiv niiskuse hulk tunnis:

$$V_n=V_{H_2O}\,Q\gamma=0{,}654\cdot 2{,}5\cdot 0{,}804=1{,}32\ \text{kg}.$$

25. PÕLEMISPROTSESS TAHKE- JA VEDELKÜTUSTE PÕLEMISEL

Tahkekütuse põlemist restil võib rühmitada nelja üksteisele järgnevasse järku: kütuse ettevalmistus, lendosade eraldumine ning põlemine, koksi põlemine ja räbu põlemine.

Ettevalmistusjärgus toimub kütuse soojenemine ja niiskuse aurumine. Protsessi selles järgus neelab kütus soojust, mida tuuakse juurde kas kuuma põlemisõhuga või osaliselt koldesse tagasijuhitavate retsirkuleeritavate suitsugaasidega. Ühtlasi neelab värske kütus soojust kolderuumist. Ettevalmistusjärk lõpeb kütuse süttimispiiri saavutamisega. Eriti oluline on see järk suure niiskusega kütuste, nagu märja turba jm. kasutamisel, kuna need eelneva soojenemiseta pole võimelised põlemisest osa võtma.

Põlemise teises järgus toimub kütuse lagunemine lendosadeks ja koksiks, kaasa arvatud lendosade põlemine. Intensiivne lendosade eraldumine algab temperatuuril 300—400° C. Eraldunud gaaside koostis on järgmine: SO_2, CO_2, H_2O, CO, CH_4, C_2H_2 ja rasked süsivesinikud. Lendosade põlemine ja raskete süsivesinike lagunemine algosadeks (krakkimine) toimub kihispõlemisega kolletes peamiselt kolderuumis.

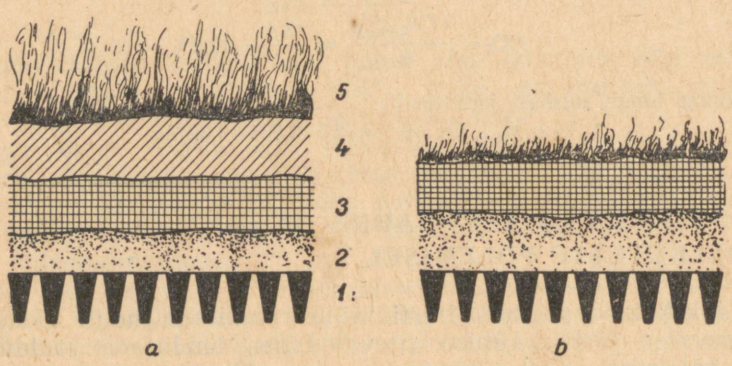
Põlemise kolmandas järgus toimub tahke süsiniku, s. o. koksi põlemine restil. Selles järgus on kütusekihil kõrgeim temperatuur (900—1100° C). Mida kõrgem on selles järgus tempera-

tuur, seda kiiremini ja täielikumalt põleb kütus läbi. Kihi temperatuuri tõstmist üle eelnimetatud määra piirab tuha plastinemise ja sulamise algus, misjuures kütusekiht paakub ega lase õhku restist läbi.

Põlemise neljandas järgus, r ä b u p õ l e m i s e l, toimub põlevosade lõplik põlemine tuhas, mis põlemise kolmandas järgus pole jõudnud põleda.

Kõigi nimetatud põlemisjärkude vahele pole võimalik tõmmata kindlaid piire, sest need järgud katavad osaliselt üksteist. Nii algab ettevalmistusjärgus juba osaliselt lendosade eraldumine, põlemise teises järgus osaliselt koksi põlemine, koksi põlemise järgus jätkub veel ka lendosade eraldumine ja põlemine jne.

L i i k u m a t u s k ü t u s e k i h i s (käsitsi teenindataval restil) paiknevad põlemisjärgud ruumiliselt üksteise peal (joon. 40).



Joon. 40. Kütuse põlemine liikumatus kihis:
a — põlev kiht; *b* — põlenud kiht.

Vahetult resti pinnal *1* asetseb räbuvööde *2*. Selles toimub põlemisõhu eelsoojenemine ning väheste räbukihis leiduvate põlevosade järelpõlemine. Jahutamine hoiab räbukihti poorsena. Vastasel korral on õhu läbivoolamine takistatud, põlemine lakkab ning resti metallosad kuumenevad kinnipõlenud räbukihiga kohtades üle.

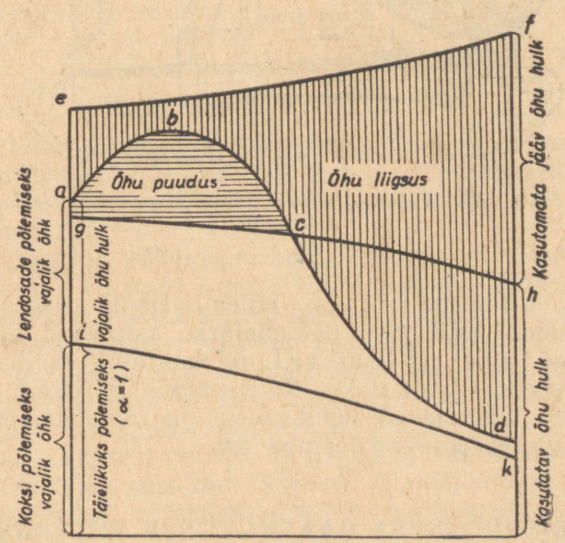
Räbuvöötme peal asetseb koksi põlemise vööde *3*. Koksi põlemissoojuse arvel toimub värske kütuse eelsoojenemine ja lendosade eraldumine.

Koksikihi peal asetseb värske kütuse vööde *4*. Selles toimub kütuse ettevalmistamine põlemiseks, lendosade eraldumine ja süttimine.

Värske kütuse pealeviskamisel tulisele kihile algab pärast kütuse soojenemist ja kuivenemist intensiivne, pikkamööda vähenev lendosade eraldumine; viimased süttivad ja põlevad kihi

peal olevas kolderuumis *5*. Protsess lõpeb koksi põlemisega restil. Seega kõik põlemisjärgud toimuvad üksteise järel, ajaliselt nihutatult.

Joonisel 41 toodud kõver *abcd* näitab, kuidas peaks muutuma põlemisõhu juurdevool sõltuvalt lendosade eraldumisest: algul, pärast värske kütuse pealeviskamist, tuleb anda õhku palju, edaspidi selle hulka aga järk-järgult vähendada. Praktiliselt antakse õhku koldesse rohkem kui seda vajatakse (kõver *ef*). Et aga kogu õhk ei segune põlemisgaasidega ja ainult osa kasutatakse põlemiseks (kõver *gh*), siis hoolimata üldisest õhuliiast, esineb põlemise algul õhu puudus (kõvera osa *abc*), lendosad ei põle täielikult ning korstnast väljub tume suits. Punktis *c* vastab õhu juurdevool tegelikule vajadusele, tume suits kaob ja edasi toimub põlemine suitsuta liigõhuteguri pideval suurenemisel.

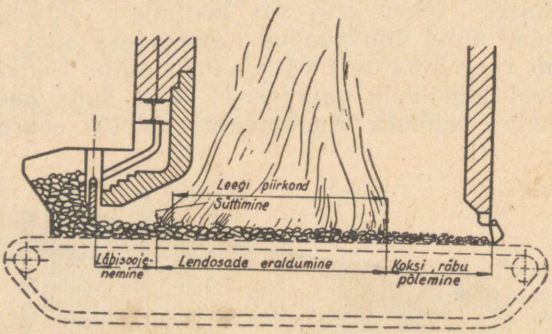


Joon. 41. Vajalik ja tegelik õhuhulk kütuse perioodilisel pealeandmisel.

Selleks et vähendada liigõhust tingitud soojuskadusid, tuleb vähendada õhu juurdevoolu resti alla määrani, mis on tarvilik koksi põlemiseks kihis kõvera *ik* järgi, lendosade põlemiseks (peamiselt põlemise algul) vajalik õhk aga anda koldesse läbi ukse roseti või läbi vastavate avade kolde esiseinas või laes. Seda õhku nimetatakse p e a l t õ h u k s ehk s e k u n d a a r õ h u k s vahetegemiseks a l t õ h u ehk p r i m a a r õ h u vahel, mida juhitakse resti alla. Suuremates katelagregaatides juhitakse pealtõhku

koldesse teravate jugadena, mis tagab õhu ja põlemisgaaside paremat segunemist.

Põlemisprotsess liikuvas kihis jaguneb samuti järkudesse, kusjuures põlemisjärgud paiknevad piki resti, arvates resti esiosast (joon. 42). Suuremates katelagregaatides juhitakse altõhk restialustesse üksteisest eraldatud tsoonidesse, mis võimaldab põlemisõhu hulka reguleerida vastavalt põlemisõhu tarvidusele üksikutes põlemisjärkudes.



Joon. 42. Põlemistsoonid tahkekütuse põlemisel kettrestil.

Tolmu põlemisel on põlemisjärgud needsamad mis kihispõlemiselgi. Kõik neli põlemisjärku toimuvad kolderuumis.

Vedelkütuse põlemisel pihustatakse kütus põlemise eel tolmpeenteks tilgakesteks. Kolderuumis õlitilgad soojenevad ja aurustuvad, lagunevad lendosadeks ja tahmaks, mis segunedes põlemisõhuga põlevad leegiga ära.

26. PÕLEMISPROTSESS GAASKÜTUSTE PÕLEMISEL

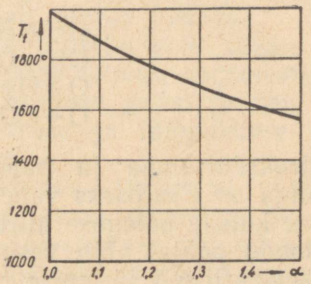
Gaasilises kütuses sisalduv vesinik, vingugaas, mitmesugused süsivesinikud ja väävelvesinik ühinevad teatavatel tingimustel hapnikuga, kusjuures vabaneb märgataval hulgal soojust.

Ühinemisreaktsiooni tekkimiseks peavad gaasi põlevosad olema segatud hapnikuga kindlas vahekorras.

Momenti, mil gaasi põlevosade ja hapniku aeglane ühinemine läheb üle tormilisse faasi, nimetatakse süttimiseks, ja temperatuuri, mille juures see toimub — süttimistemperatuuriks.

Gaasi teoreetiliseks põlemistemperatuuriks nimetatakse temperatuuri, mille omandaksid põlemisproduktid, kui gaasi põlemisel vabanev soojus läheks üle põlemisproduktide füüsikaliseks

soojuseks, s. t. põlemisproduktidelt ei toimuks soojuse ärajuhtimist. Kuna antud gaasi küttevääртus on püsiv suurus, põlemisproduktide hulk aga sõltub liigõhutegurist, siis on selge, et ka gaasi teoreetiline põlemistemperatuur peab sõltuma liigõhutegurist. Põlevkivigaasi teoreetiline põlemistemperatuur liigõhuteguri $\alpha = 1{,}10$ juures on keskmiselt 1900° C. Teoreetilise põlemistemperatuuri sõltuvust liigõhutegurist näitab joonis 43.



Joon. 43. Põlevkivigaasi teoreetilise põlemistemperatuuri sõltuvus liigõhutegurist.

Et mis tahes energeetilise seadme töötamisel esineb alati soojuse ärajuhtimine põlemisproduktidelt küttepindadele, siis on gaasi tegelik põlemistemperatuur alati madalam teoreetilisest põlemistemperatuurist.

Gaasidel, mille põlemisproduktid sisaldavad veeauru, ei lähe kogu põlemisel vabanev soojus üle põlemisproduktide füüsikaliseks soojuseks, vaid osa sellest kulub vee aurustamiseks.

Tööstuslikes tingimustes saab kasutada tavaliselt ainult põlemisproduktide füüsikalist soojust, kuna vee aurustamiseks kulunud soojust kasutada ei saa. Seda osa on võimalik kasutada ainult juhul, kui põlemisproduktid jahutatakse alla *kastepunkti*, s. t. temperatuurini, mille juures hakkab kondenseeruma põlemisproduktides sisalduv veeaur. Atmosfäärilise rõhu puhul on põlevkivigaasi põlemisproduktide kastepunkt piirides 55—60° C.

Tabelis 21 toodud põlemisvõrrandites kujutab võrdusmärgist paremal seisev osa põlemise lõpptulemust, kuid ei näita põlemise käiku. Põlemisprotsessi kulgemine nende võrrandite kohaselt on küll võimalik, kuid siiski väga vähe tõenäoline. Põlemisteooria kohaselt kulgeb põlemisprotsess tõenäoliselt rea lihtsamate vahereaktsioonide kaudu.

Põlemisprotsessi kulgemise selgitamisel on suured teened nõukogude teadlastel N. Semjonovil, J. Zeldovitšil, D. Frank-Kamenetskil, K. Štšelkinil ja paljudel teistel, kes on tõestanud, et põlemisel esinevad aktiivsete vahepealsete ainetena vesiniku ja hapniku aatomid ning hüdroksüülrühm OH. Põlemise kõrge temperatuuri juures laguneb vesiniku molekul aatomiteks:

$$H_2 \rightarrow H + H.$$

Vesiniku aatom reageerib hapniku molekuliga, mille tulemusena tekib hüdroksüülrühm ja hapniku aatom:

$$H + O_2 \rightarrow OH + O.$$

Viimased reageerivad gaasi molekulidega, annavad põlemise lõpp-produkti ja taastavad vesiniku aatomi reaktsioonide kohaselt:

$$OH + H_2 \rightarrow H_2O + H$$
$$OH + CO \rightarrow CO_2 + H$$
$$O + H_2 \rightarrow H_2O$$
$$O + CO \rightarrow CO_2.$$

Hüdroksüülrühma ja hapniku aatomi reageerimine kütuse molekuliga on põhiliseks vaheprotsessiks, mis määrab igasuguse gaasilise kütuse põlemise kiiruse.

Eeltoodu põhjal võib vesiniku ja vingugaasi põlemist kujutada skemaatiliselt järgmiselt:

$$H + O_2 \begin{cases} \nearrow OH + H_2 \rightarrow H \\ & \rightarrow H_2O \\ \searrow O + H_2 \rightarrow H_2O \end{cases}$$

$$H + O_2 \begin{cases} \nearrow OH + CO \rightarrow H \\ & \rightarrow CO_2 \\ \searrow O + CO \rightarrow CO_2 \end{cases}$$

Süsivesinikud põlevad analoogiliselt, kuid tunduvalt keerulisema skeemi järgi. Hüdroksüülrühma ja hapniku aatomi reageerimisel kütuse molekuliga tekivad põlemisproduktid ja vaheproduktid (radikaalid):

$$OH + CH_4 \rightarrow H_2O + CH_3$$
$$OH + C_nH_m \rightarrow H_2O + C_nH_{m-1}$$
$$O + CH_4 \rightarrow OH + CH_3$$
$$O + C_nH_m \rightarrow OH + C_nH_{m-1}$$

Tekkivad radikaalid reageerivad hapniku molekuliga ja taastavad hapniku aatomi:

$$O_2 + CH_3 \rightarrow O + CH_3O$$
$$O_2 + C_nH_{m-1} \rightarrow O + C_nH_{m-1}O.$$

Kõrgetel temperatuuridel esineb reaktsioon, mis kergesti kulgeb mõlemas suunas ja seega hoiab leegis alal kindla tasakaaluseisundi vee ja vesiniku molekulide vahel:

$$H + H_2O \rightleftarrows OH + H_2.$$

See reaktsioon koos reaktsiooniga

$$O+H_2 \rightarrow OH+H$$

kindlustab põlemisprotsessis veeauru lagunemise:

$$H_2O \rightleftarrows OH+H.$$

Toodud võrranditest selgub, milline suur tähtsus on veeaurul põlemisprotsessile. Süsivesinikkude põlemisel tekib veeaur põlemisprotsessi enda tulemusena. Vingugaasi põletamisel tuleb põlemiseks vajalikku veeauru väljastpoolt juurde juhtida.

Nagu eespool märgitud, peab põlemiseks gaas olema segunenud õhuga. Gaasi ja õhu segunemine toimub aeglasemalt kui põlemisprotsess ise. Seepärast on koldesse gaasi ja õhu eraldi juhtimise puhul gaasi põlemise kiiruse ja täiuslikkuse suhtes oluline gaasi ja õhu segamise kiirus.

Gaasi ja õhu segamine enne koldesse juhtimist võimaldab tunduvalt kiirendada ja parandada gaasi põlemist. Sel juhul määrab gaasi põlemise kiiruse ja täiuslikkuse põlemisprotsessi kiirus. Olgu märgitud, et näiteks metaani leegis viibimise aeg on 0,004 s, mis iseloomustab põlemisprotsessi suurt kiirust.

Põletite valikul tuleb arvestada gaasi põlemisel leegi levimise kiirust, mis sõltub paljudest teguritest.

Kui gaasi põletatakse torus, siis oleneb leegi levimise (tagasilevimise) kiirus toru läbimõõdust, gaasisegu joa seisukorrast, segu temperatuurist, seinte seisukorrast ja materjalist, gaasi ning segu koostisest.

Seinte kaudu leegi frondist ärajuhitava soojuse tõttu väheneb leegi levimise kiirus.

Mida väiksem on toru läbimõõt, seda suurem on seinte mõju leegi levimise kiirusele. Teatava küllalt väikese, nn. kriitilise läbimõõdu puhul muutub soojuse ärajuhtimine seinte kaudu sedavõrd suureks, et segu põlemine torus osutub võimatuks.

Gaasisegu voolus keeriste tekkimisel suureneb leegi levimise kiirus tunduvalt. Selle tagajärjel võib liiga lühikese segamiskambri puhul, samuti aga ka siis, kui segu põletisse juhtiva toru põlv asub põletile liiga ligidal, esineda leegi sisselöök põletisse.

Toruseinte karedus soodustab kiiremat leegi levimist. Sama mõju avaldab toruseinte kuumenemine.

Leegi sisselöögi ohtu põletisse vähendab põleti suudme jahutamine (veega).

Leegi levimise kiirusega on määratud põlemise intensiivsus, mille all mõistetakse ajaühikus (tunnis) põletatud gaasihulka kolderuumi kuupmeetri või põletisuudme elavristlõike kohta.

Eeltoodu põhjal võib teha kokkuvõtte, et gaasikütuse ökonoomse ja intensiivse põletamise eelduseks on:

1) gaasi ja õhu segunemine enne põletist väljumist;
2) põlemisprotsessis maksimaalse temperatuuri hoidmine, mis

saavutatakse minimaalse liigõhuteguri ja gaasi ning õhu maksimaalse eelsoojendusega;

3) tingimuste loomine leegi levimise maksimaalse kiiruse saavutamiseks;

4) maksimaalse põlemisfrondi kindlustamine, milleks tuleb leek jagada reaks väikesteks leekideks ja kasutada keeriseid;

5) leegi algusesse kõrge temperatuuriga põlemisproduktide juurdeimemine.

V. KOLDED

27. KOLLETE JAOTUS JA TÜÜBID

Koldes toimub kütuse põlemise teel tema keemilise energia muutumine soojuseks.

Koldeprotsessi all mõistetakse põlemist koldes ja põlemisel tekkinud soojuse üleandmist soojust vastuvõtvatele küttepindadele. Kolle moodustab katelseadme ühe tähtsama osa ja tema ehitusest sõltub suurel määral katelseadme ökonoomne töötamine. Kolde ehitust määravateks teguriteks on põletatava kütuse liik (tahke-, tolm-, vedel- või gaaskütus) ning omadused (lendosade sisaldus, niiskus, tuhasisaldus, tuha sulamistemperatuur jm.) ja katla aurutootlikkus.

Erinevad kütused nõuavad nende ökonoomseks põletamiseks erineva kujuga koldeid ja seadmeid. Näiteks tükkantratsiit, mis kujutab tihedat ja kõva, lendosadevaest raskesti süttivat kütust, nõuab teistsuguse ehitusega kollet kui põlevkivi, mis on lendosaderikas, suure tuhasisaldusega ja kergesti süttiv kütus. Katla aurutootlikkus määrab kolde mõõtmed, kütuse pealeandmise ja tuha koristamise ning kolde teenindamise viisid.

Suured ja võimsad katelagregaadid varustatakse *mehaaniliste kolletega* (s. t. kolletega, milles kütuse juurdeandmine, resti liigutamine, tuha eemaldamine jne. toimub mehaaniliselt), väiksemad kolded ehitatakse *poolmehaanilistena* ja väikesed kolded, kateldele küttepinnaga kuni 100 m², *käsitsi teenindatavatena*.

Vastavalt kolde asendile katla suhtes jaotatakse kolded sise-, ees- ja allkolleteks.

Sisekolle asub katla sees, näiteks leegitorukatla puhul leegitorus (joon. 45) või veduritüüpi lokomobiilikatla puhul tulepesas. Sisekollet kasutatakse kõrgeväärtuslike kütuste (nagu kivisüsi, antratsiit ja kütteõli) põletamiseks. Madalaväärtuslike, suure niiskusega ja tuharikaste kütuste kasutamine sisekoldes on raskendatud. Samuti on raskendatud lendosaderikaste kütuste, näiteks põlevkivi kasutamine, kuna väikese ja küttepindade poolt intensiivselt jahutatud põlemisruumi tõttu on lendosade põlemine

puudulik, millega kaasub suur tahma eraldumine ja küttepindade mustumine. Tahkekütuste puhul varustatakse kolle tavaliselt plaanrestiga või käsitsi liigutatava restiga.

Eeskolle ehitatakse katla ette (joon. 53), näiteks leegitoruja lokomobiilikatlale. Eeskoldes on võimalik põletada otstarbekamalt madalaväärtuslikke, samuti ka suure lendosade sisaldusega kütuseid, kuna kolderuumi võib ehitada avaramana ja kollet on võimalik varustada kütuse liigile sobiva restiga; ühtlasi on paremini lahendatav koldest tuha eemaldamine. Küttepindade jahutava mõju puudumise tõttu on kolde temperatuur kõrgem ja lendosade läbipõlemine täielikum.

Allkolle ehitatakse katla alla (joon. 55), näiteks suitsutoru-, püst-, veduri- ja veetorukateldele. Siin on samuti võimalik kujundada kolderuumi vastavalt kütuse liigile ja valida kohane restitüüp, mis võimaldab madalaväärtuslike kütuste otstarbekamat kasutamist.

Sõltuvalt sellest, kas kütus põletatakse restil või täielikult kolderuumis, tehakse vahet kihispõlemisega ja kamberpõlemisega kollete vahel. Restil põletatakse tahkekütuseid, kamberpõlemisega kolletes vedel- ja gaaskütuseid ning tahkekütuseid tolmuna ja hõljuvas olekus. Rest sel puhul puudub ja kütuse põlemine toimub kolderuumis lennus.

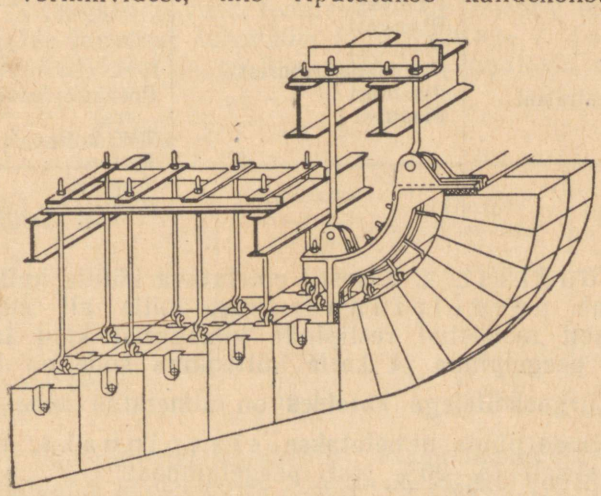
28. KOLDE PÕHIOSAD

Põlemisruum. Iga kolle kujutab põlemisruumi, mida piiravad soojust vastuvõtvad küttepinnad ja müüritis ning kihispõlemisega kolde puhul veel rest. Olulist tähtsust omab põlemisruumi suurus ning kuju. Kihispõlemisega kolletel kujundatakse põlemisruum vastavalt kütuse lendosade sisaldusele ja nende põlemise iseloomule, tolmupõlemisel, vedel- ja gaaskütuste puhul sobitatakse põlemisruum leegi kujule ja muudele põlemistehnilistele nõuetele. Kolde kõrgus (pikkus) tuleb valida selline, et lendosadel oleks küllaldaselt aega (1—2 s) kolderuumis viibimiseks. Madalast (lühikesest) põlemisruumist ei piisa leegi põlemisteekonnaks. Lendosade põlemine peab olema lõppenud enne nende kokkupuutumist katla küttepindadega, sest suhteliselt jahedate küttepindade vahel põlemine praktiliselt lõpeb ja põlemata jäänud gaasid põhjustavad suurt keemilist kadu; madal (lühike) kolderuum põhjustab tuharikaste kütuste puhul küttepindade räbustumist. Lendosaderikkad kütused nõuavad kõrgemat (pikemat) põlemisruumi kui lendosadevaesed kütused.

Põlemisruumi kõrgus peab käsitsi teenindatavates kolletes põlevkivi- ja turbaküttе korral olema vähemalt 2 m, mehaanilistes kolletes turbaküttе korral vähemalt 4,5 m ja põlevkiviküttel 6—7 m (horisontaal-veetorukatel).

Kollet iseloomustab veel soojuslik erikoormus, s. o. kütuse põlemisel vabanenud kilokalorite hulk tunnis kolderuumi ühe kuupmeetri kohta (kcal/m³h). Kolde lubatud soojuslik erikoormus sõltub kütuse liigist ja põlemisseadme tüübist (vt. tab. 27). Liiga suurel kolderuumi koormamisel tekib puudulik põlemine ja suur tahmumine, sest põlevgaasid ei jõua täielikult põleda. Sellele lisandub kolde müüritise kiirem läbipõlemine. Liiga väikesel koormusel on põlemine nõrk ja hõre ning temperatuur koldes langeb, mis põhjustab samuti puudulikku põlemist.

Kolde müüritis. Kolde müüritis ehitatakse tellistest (1—2 kivi paksuses) ja vooderdatakse tulekindlate kividega (1—1½ kivi paksuses). Kivid tuleb laduda võimalikult väikeste vahedega, vuugiga mitte üle 2—2,5 mm. Harilikke telliseid on lubatud kasutada seal, kus temperatuur ei ületa 600° C. Kolde müüritise ehitamisel tuleb ette näha paisumisvuugid laiusega kuni 20—25 mm, mis täidetakse asbestnööriga või elastse asbesttihendiga. Müüritis ja tema metall-sideosad ei tohi olla ühendatud katla sõrestiku osadega selliselt, et see takistaks viimaste vaba paisumist. Ühe m³ müüritise ehitamiseks vajatakse kive 400—500 tk., savi 10—20% kivide kaalust. Kolde esi- ja tagaosa kujundatakse lagedena. Seejuures esilage, mis kiirgab soojust resti esiosale ja soodustab värske kütuse ettevalmistust ning süttimist, nimetatakse süütelaeks (süütevõlviks), tagalage, mis kiirgab soojust resti lõpposale ja soodustab räbu läbipõlemist, järelpõlemislaeks. Väikestes kolletes esi- ja tagalagi võlvitakse, laiemate kollete puhul ehitatakse ripplagedena (joon. 44) erilistest vormkividest, mis riputatakse kandekonstruktsiooni



Joon. 44. Ripplae konstruktsioon.

külge. Ripplaed on ehituselt kallimad, kuid nende eeliseks on osalise asendamise võimalus. Paraboolsed (piki resti kumerad) laed võivad olla lühemad kui sirged laed, sest esimeste soojuse tagasikiirgamise toime on suurem. Raskesti süttivate ja lendosadevaeste kütuste puhul, nagu antratsiit jt., ehitatakse koldelaed pikemad kui kergesti süttivate ja lendosaderikaste kütuste puhul.

Rest. Resti tüüp valitakse vastavalt kasutatavale kütuse liigile ja kolde teenindamise viisile (vt. tab. 22).

Tabel 22

Resti tüüpe sõltuvalt kütuse liigist

Kütuse liik	Resti tüüp	
	Käsitsi teenindatav	Mehaaniline
Põlevkivi I sort	Käpprest	—
	Liigutatav treppprest	—
Põlevkivi II sort	Liigutatav treppprest	TS-rest
Põlevkivi III sort	—	Lomšakovi rest
		Ilmarise rest
		Põletatakse tolmuna
Tükkturvas	Kaldrest	Kettrest (rändrest)
	Liikumatu treppprest	
	Plaanrest	
Freesturvas	—	Lomšakovi rest
		Kettrest (lisandina tükkturbale)
		Põletatakse tolmuna ja hõljuvas olekus
Puit	Kaldrest	—
	Plaanrest	
Saepuru	Plaanrest	—
	Liikumatu treppprest	
Kivisüsi ja antratsiit	Plaanrest	Roopimisplaadiga plaanrest
	Plaatrest	TM3-kolle
		Kettrest
		Treppprest
		Põletatakse tolmuna

Resti jõudlust, s. o. restil põletatava kütuse hulka tunnis iseloomustab peegelpinna suurus, mille all mõistetakse sirgjooneliselt mõõdetud restipinda kihisiibrist kuni tuhapunkrini. Resti peegelpinna ja katla küttepinna suhe on ligikaudu $\frac{1}{20} - \frac{1}{40}$. Kiirguskolletega kateldes on nimetatud suhe $\frac{1}{10} - \frac{1}{15}$. Resti õhupilude pinda nimetatakse elavpinnaks, mis moodustab tavaliselt 15—20% resti peegelpinnast.

Resti pikkust mõõdetakse sirgjoont mööda, arvestamata lülide pealispinna kuju. Käsitsi teenindatava resti pikkus ulatub 2,5 m-ni,

mehaanilistel restidel 8 m-ni. Iga restitüübi kohta on kujunenud praktiliselt kindlad suurused, mis näitavad, kui palju võib restil põletada kütust (kg) ühe ruutmeetri kohta tunnis ja kui palju teda soojuslikult koormata (vt. tab. 31, 27). Restipinna näiv soojuslik erikoormus väljendab kilokalorite hulka tunnis restipinna 1 m² kohta.

Kihisiiber. Kihisiibri abil reguleeritakse kütusekihi paksust restil. Kihisiiber valmistatakse tulekindlast malmist ja on veega jahutatav. Mõnikord kaetakse kihisiiber ka šamottvoodriga. Väiksema koldelaiuse puhul kasutatakse üht kihisiibrit, suurema laiusega kolletes 2—3 siibrit.

Kihi paksuse reguleerimiseks kasutatakse ka reguleerpalki (turbaküttel), mis kujutab üles-alla nihutatavat õõnsat metalltala.

Tuhapunker. Väikestel kolletel puuduvad tuhapunkrid. Tuhk ja räbu eemaldatakse restilt kas käsitsi (plaanrest), tuhk variseb läbi resti tuharuumi või lastakse üle restiotsa kärusse või vagonetti. Suuremad kolded ehitatakse tuhapunkritega (üks või enam), mis vooderdatakse seestpoolt šamottkividega.

Punkrid suletakse alt sulguritega. Viimaste avamine peab toimuma eemalt ja pikkamööda. Vastasel korral võib tuhas olevate põlemata jäänud kütuseosakeste põlemaplahvatamine tekitada töötajale põletushaavu.

29. KÄSITSI TEENINDATAVAD KOLDED

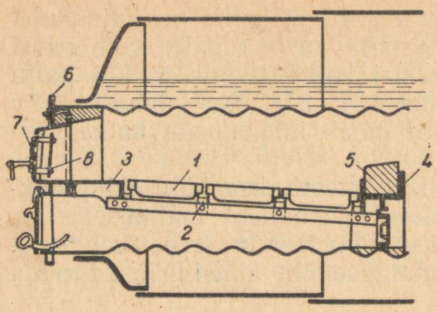
Plaanrest. Joonisel 45 on kujutatud plaanrestiga leegitorukatla sisekolle. Rest koosneb malmvarbadest *1*, mis toetuvad põikkandjatele *2*. Otsmised varvad toetuvad kolde esiosas roopimisplaadile *3*, kolde tagaosas tulemüüri *5* malmalusele *4*. Tulemüür laotakse šamottkividest ja ta ülesandeks on kindlustada põlevgaa-

Tabel 23

Andmeid plaanresti kohta

Kütuse liik	Restivarva paksus ülaosas mm	Õhupilu laius mm	Elavpind %
Puit	25	10	30
Tükkturvas	10—20	10	40—50
Saepuru	12	4	25
Kivisüsi, mittepaakuv	10—15	10—15	40—50
Kivisüsi, paakuv	10—20	15—20	50—60

side ning õhu paremat segunemist. Roopimisplaadiga *3* külgneb kolde esiplaat *6* koldeuksega *7*. Viimase siseküljele kinnitub ukse kaitseplaat *8*, mis kaitseb ust koldest kiirguva soojuse eest. Õhu-

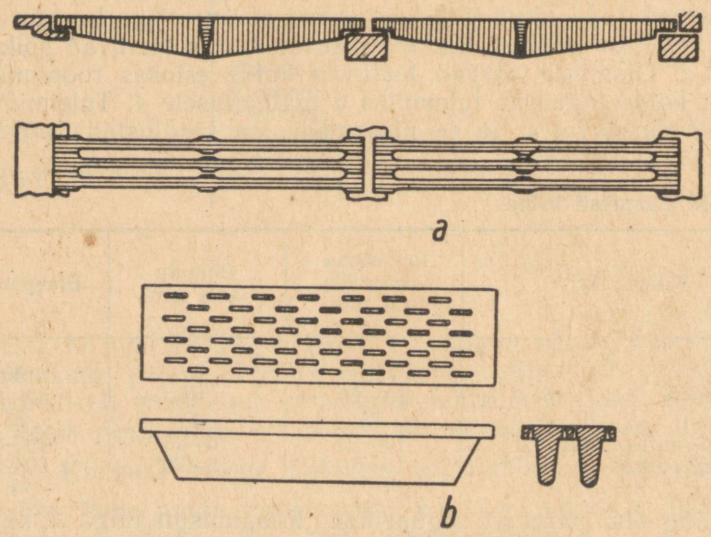


Joon. 45. Leegitorukatla plaanrestiga kolle:
1 — restivarb; *2* — põikkandja; *3* — roopimisplaat; *4* — tulemüüri alus; *5* — tulemüür; *6* — kolde esiplaat; *7* — koldeuks; *8* — ukse kaitseplaat.

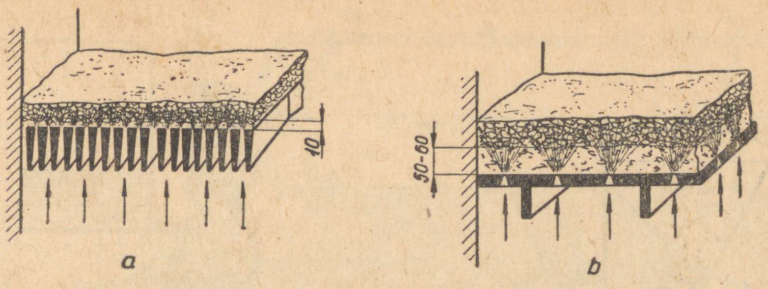
vool resti alla, samuti tuha eemaldamine resti alt toimub tuharuumi ukse kaudu. Restivarvad tuleb asetada koldesse vahedega, mis võimaldab varbade paisumist soojenemisel.

Restivarbade vaheliste õhupilude laius ja varbade paksus sõltub kütuse liigist ning tüki suurusest ja valitakse vastavalt tabelis 23 toodud suurustele.

Tabeli 23 kohaselt valmistatud plaanrest (joon. 46, *a* ja 47, *a*) on suure elavpinnaga ja ühtlase õhujaotusega. Nimetatud rest on kohane lendosaderikaste kütuste põletamiseks. Maksimaalse temperatuuri vööde kihis asub resti lähedal, ligikaudu kõrgusel, kus lõikuvad õhupilusid läbivad õhujoad. Põlemisõhk kasutatakse osaliselt kihi sees, osaliselt kolderuumis lendosade põlemisel. Sel-



Joon. 46. Käsitsi teenindatavate kollete reste:
a — plaanrest; *b* — plaatrest.



Joon 47. Õhujaotuse skeem suure ja väikese elavpinnaga restil:
a — plaanrestil; *b* — plaatrestil.

lisel restil võib põletada kütust tuha sulamistemperatuuriga 1000—1100° C, ilma et oleks karta õhupilude ummistumist räbustumisest.

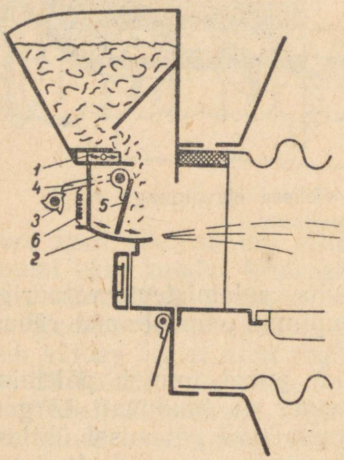
Lendosadevaeste süte ja antratsiidi puhul toimub põlemine peamiselt kihis, mistõttu kihi temperatuur on tunduvalt kõrgem kui lendosaderikaste kütuste puhul. Antratsiidi põlemisel ühtlase õhujaotusega plaanrestil ummistab pehmenenud ja osaliselt vedeldunud räbu, mis tekib resti pinna vahetus läheduses maksimaalse temperatuuri vöötmes, kiiresti õhupilud ja takistab õhu juurdevoolu. Selle vältimiseks kasutatakse antratsiidi ja kergesti sulava tuhaga kivisöe põletamiseks väiksema elavpinnaga ja keskendatud õhujaotusega **plaatresti.** Harilikult kujutab selline rest (joon. 46, *b* ja 47, *b*) kooniliselt allapoole laienevate aukudega malmplaati paksusega ligikaudu 20 mm. Sellisel restil lõikuvad õhujoad 50—60 mm kõrgusel resti pinnast, mistõttu maksimaalse temperatuuri vöötmes tekkinud räbu, vajudes allapoole, jahtub ning moodustab poorse, õhku läbilaskva padja, resti ummistamata.

Plaanrestiga kolde töö mehhaniseerimiseks kasutatakse kütuse toitjat ja roopimisplaati. Töötamispõhimõttelt liigitatakse toitjad mehaanilisteks, pneumaatilisteks ja pneumomehaanilisteks.

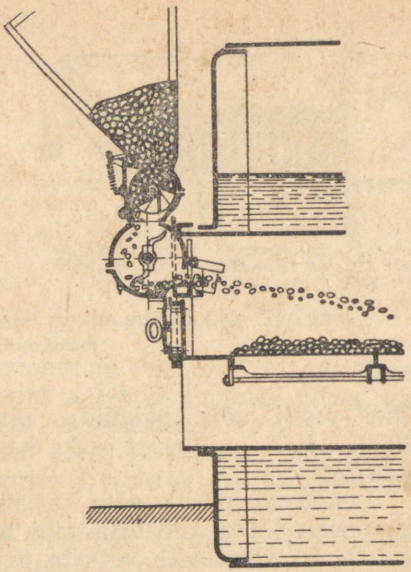
M e h a a n i l i n e t o i t j a viskab kütuse koldesse tõukava või pöörleva mehhanismi löökidega. Joonisel 48 näidatud skeemi kohaselt antakse punkrist varisev kütus lameda kolvi *1* poolt plaadile *2*, millelt ta visatakse labida *5* löökide abil koldesse. Labidas pannakse liikuma elektrimootori, nukk-ketta *3*, hoova *4* ja vedru *6* abil. Mehaaniline toitja nõuab sorteeritud kütust, sest peened osakesed, olles kergemad, langevad ligemale kui jämedamad.

Pöörleva mehhanismiga mehaaniline toitja on näidatud joonisel 49.

P n e u m a a t i l i s t e t o i t j a t e puhul paisatakse kütus koldesse suruõhu-(auru-)jugade poolt.



Joon. 48. Mehaanilise toitja skeem:
1 — kolb; *2* — plaat; *3* — nukk-ketas; *4* — hoob; *5* — labidas; *6* — vedru.



Joon. 49. Pöörleva mehhanismiga mehaaniline toitja.

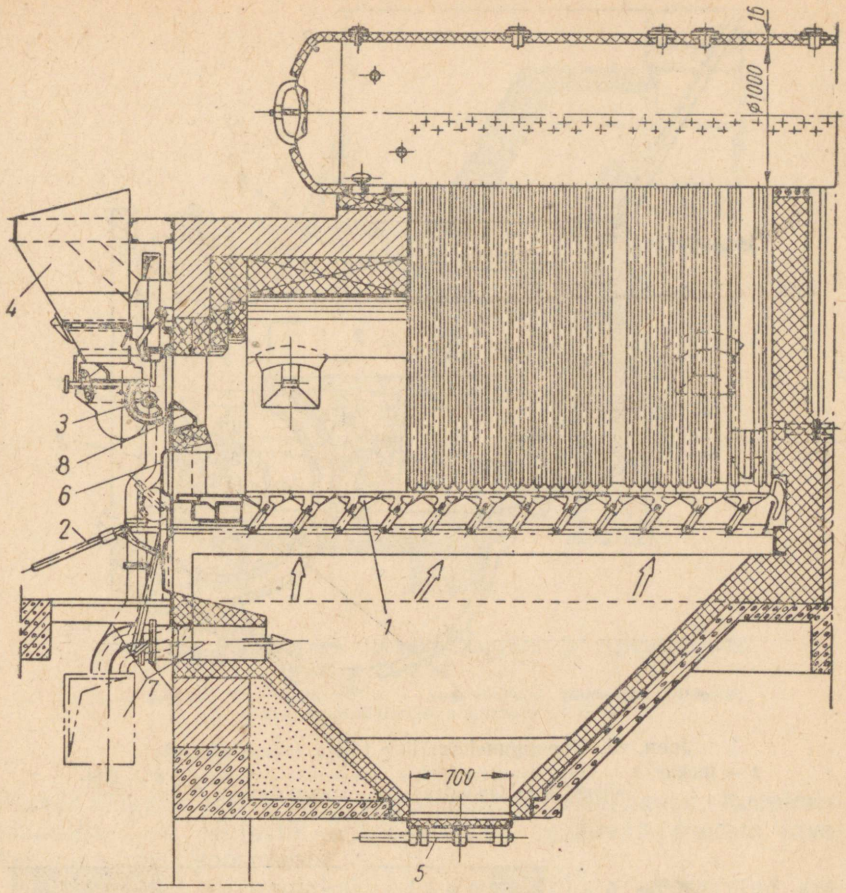
Joonisel 50 on kujutatud pneumomehaanilise toitjaga (sisseviskajaga) ПМЗ — kolle pruunsöe ja väikesetükilise (kuni 30—40 mm) kivisöe põletamiseks. Kolle on varustatud restiga, mille kallutatavad lülid võimaldavad tuha ja räbu hõlpsat eemaldamist. Peened kütuse osakesed põlevad ПМЗ-koldes hõljuvas olekus, jämedamad osakesed restil.

Pneumomehaanilise toitja ehitus selgub jooniselt 51. Kütus langeb punkrist *8* jaotuslauale *7*, kust ta tõukuri *1* poolt lükatakse pöörlevale trumlile *3* kinnitatud labadele *2*, mis viskavad kütuse koldesse. Tõukur pannakse liikuma kulissmehhanismiga reduktori abil ning trummel elektrimootorilt kiilrihmajamiga.

Mööda kanaleid *5* juhitakse läbi düüside õhku, mille toimel kütuse peen osa paisatakse kolderuumi, kus ta põleb lennul. Kütuse tuulamiseks kasutatav õhuhulk moodustab ligikaudu 15—20% üldisest põlemisõhu hulgast. Ülejäänud põlemisõhk juhitakse resti alla. Õhurõhk hoitakse 10—80 mm vs.

Koldesse antava kütuse hulka reguleeritakse tõukuri käigu pikkuse ja sageduse muutmisega. Kuivade süte puhul võib siibri *6* abil reguleerida ka jaotuslauale langeva kütuse kihi paksust.

Roopimisplaadiga koldes (joon. 52) pannakse kahe pooljäiga keti *3* abil restil edasi-tagasi liikuma kolmnurkne malmplaat *2*. Kett jookseb üle ketiratta *4*, mis saab liikumise

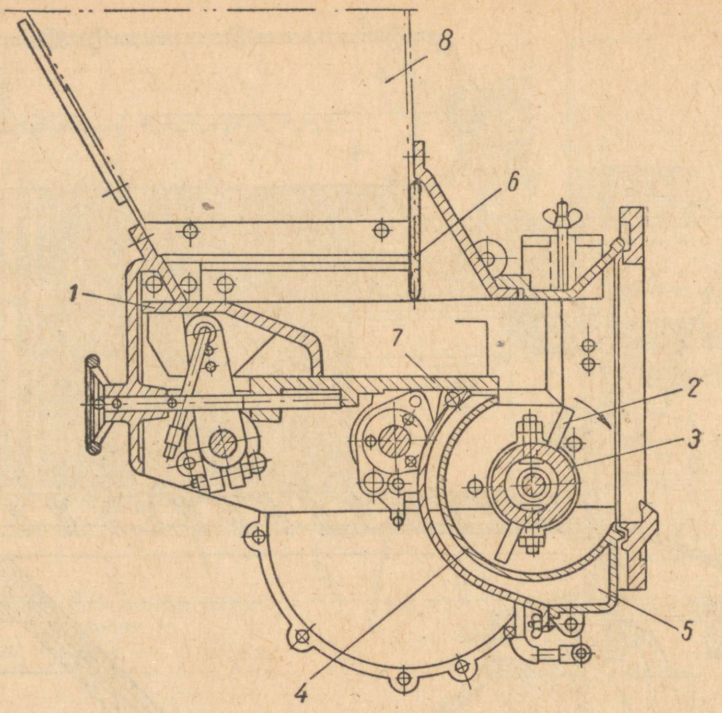


Joon. 50. Pneumomehaanilise toitjaga ПМ3-kolle:

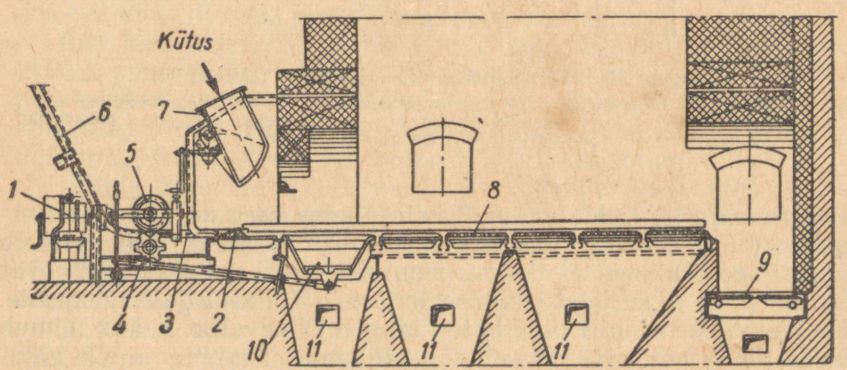
1 — liigutatavate lülidega rest; *2* — resti liigutamishoob; *3* — pneumomehaaniline toitja; *4* — kütusepunker; *5* — tuhapunkri sulgur; *6* — roobitsemise uks; *7* — põlemisõhu juurdevool; *8* — sekundaarõhu avad.

elektrimootorilt *1*. Malmplaadi koldepoolne serv on suurema nurgaga (40—60°) kui vastasserv (15—20°). Selle tõttu viiakse plaadi edasiliikumisel kaasa punkrist resti esiosale langevat kütust ning nihutatakse kütusekihti restil järk-järgult tahapoole. Seejuures resti lõpus olev kütus langeb räburestile *9*, kus toimub koksi lõplik põlemine. Plaadi tagasiliikumisel toimub ainult kütusekihi roobitsemine. Räbu lastakse restilt maha selle pööramise teel. Kütuse põlemist sooduṣtab süütešaht *10*, kus moodustuvad alalised põlemispesad.

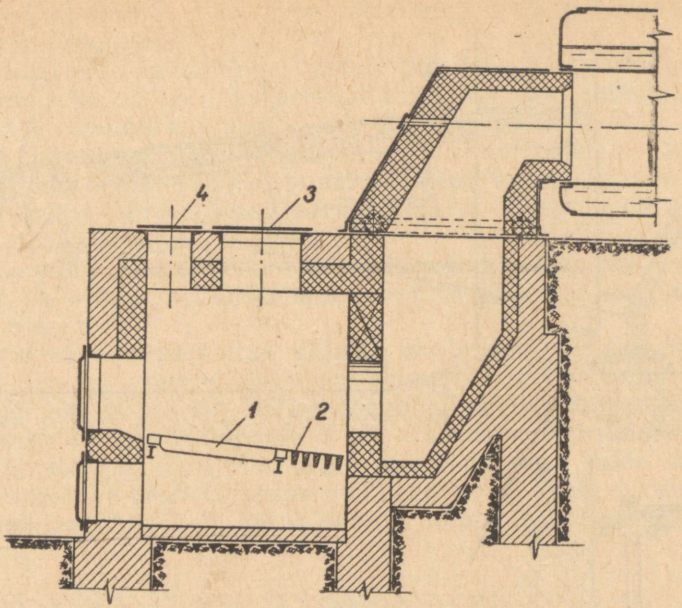
Roopimisplaadi käikude arv on tavaliselt 5—8 käiku minutis.



Joon. 51. Pneumomehaaniline toitja (sisseviskaja):
1 — tõukur; *2* — laba; *3* — trummel; *4* — kere; *5* — õhukanal; *6* — kihi-siiber; *7* — jaotuslaud; *8* — kütusepunker.



Joon. 52. Roopimisplaadiga kolle:
1 — elektrimootor; *2* — roopimisplaat; *3* — kett; *4* — ketiratas; *5* — pingutusrull; *6* — toru keti mahutamiseks; *7* — kütusepunkri toru; *8* — rest; *9* — räburest; *10* — süütešaht; *11* — õhuavad.



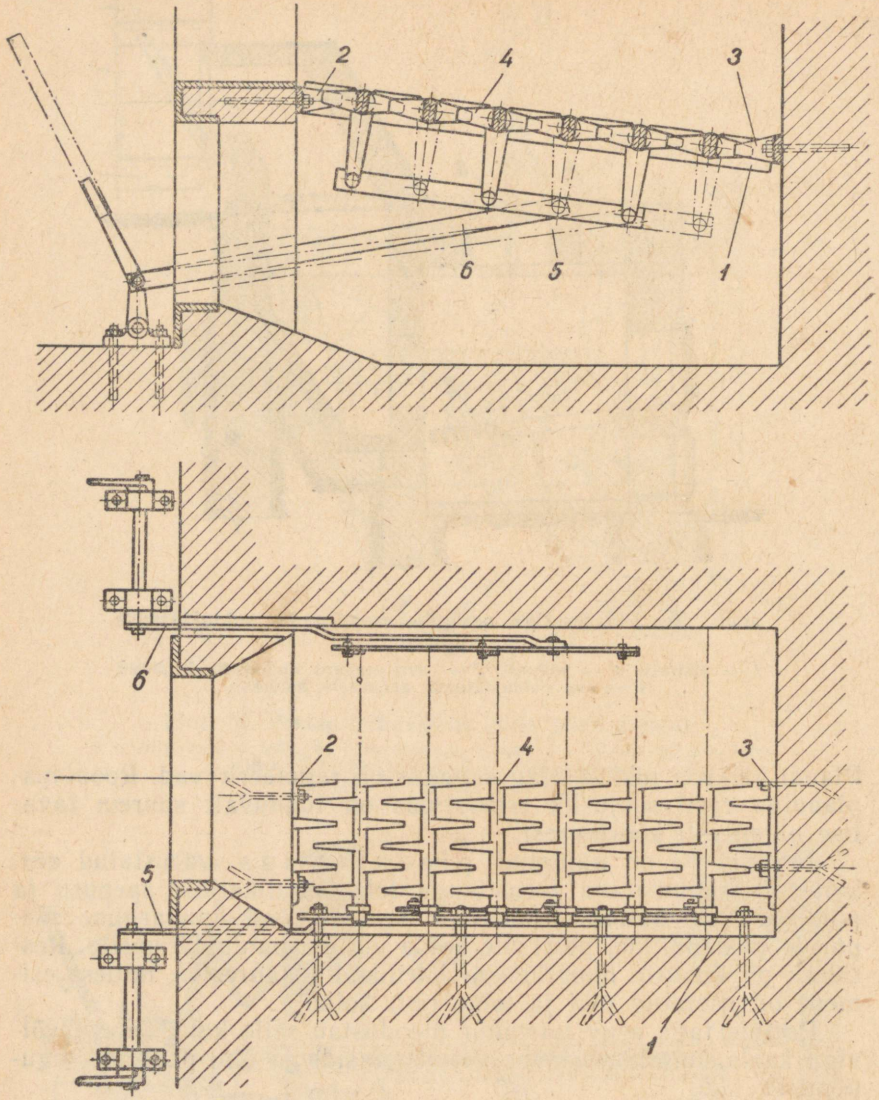
Joon. 53. Plaanrestiga eeskolle saepuru ja puidujäätmete kütteks:
1 — pikirest; *2* — põikrest; *3* — ava saepuru andmiseks koldesse; *4* — ava puidujäätmete andmiseks koldesse.

Plaadi käikude pikkus ning sagedus on reguleeritavad. Roopimisplaadiga resti soojuslik erikoormus on tunduvalt suurem tavalise plaanresti koormusest.

Joonisel 53 on näidatud plaanrestiga varustatud eeskolle väljatõmmatava torustikuga lokomobiilikatlale saepuru ja puidujäätmete kütteks. Koldelaes on kaks ava, ümmargune saepurule ja kandiline, põiki üle kolde ulatuv, puidujäätmetele. Restideks on kitsaste õhupiludega harilikud plaanrestid, millest esimene on asetatud piki ja teine risti kollet.

Restide taga asuv tulemüür moodustab selle kohal asuva võlviga kaela, mis kindlustab põlemisgaaside ja õhu paremat segunemist.

Käppresti kasutatakse suuretükilise põlevkivi põletamiseks. Kolde mõlemale külgseinale (joon. 54) on ankurpoltidega kinnitatud malmist külgkandjad *1*, mille õnarustesse toetuvad tappidel kahele poole suunatud käppadega varustatud malmist restilülid *4*. Viimaseid on võimalik pöörata liigutamisseadmetega *5* ja *6*, milleks lülid on vaheldumisi ühendatud sidelattidega; liigutamisel liiguvad ühe restilüli käpad teise lüli käppade vahelt läbi.



Joon. 54. Käpprest:

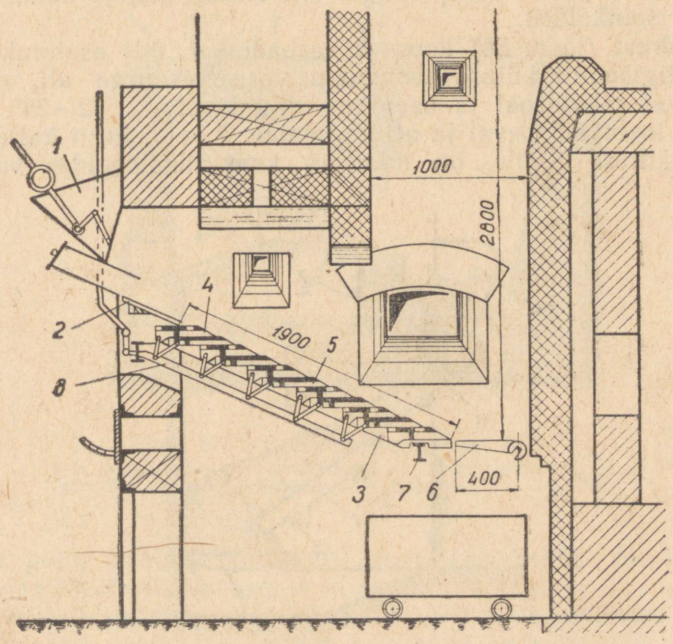
1 — külgkandja; *2* — eesmine kinnislüli; *3* — tagumine kinnislüli; *4* — liikuv lüli; *5* — parempoolne liigutamisseade; *6* — vasakpoolne liigutamisseade.

Otsmised restilülid *2* ja *3* on kinnitatud ankurpoltidega liikumatult koldeseintele.

Restilülide liigutamine toimub käsitsi. Liigutamishoobade pikendamiseks on need varustatud torujätkudega. Restilülide liigutamisel raputatakse tuhk põlevalt põlevkivitükilt lahti ja see variseb tuharuumi. Tulemusena võib põlevkivi põlemine pealmistes kihtides areneda katkestamatult. Restilülide käppade vahed tuleb valida vastavalt kasutatava põlevkivi tükisuurusele ja need ulatuvad 20—30 mm.

Käpprestid paigutatakse koldesse horisontaalselt või enamasti väikese kallakuga, et kütjal oleks kergem põlevkivi ühepaksuselt restile visata.

Liigutatava treppprestiga allkolle on toodud joonisel 55. Rest kujutab üle rea asetatud liikuvate astmetega treppi, mille peegelpind paikneb koldes 20—25°-se nurga all. Seisvad astmed *4* toetuvad malmist külgkandjatele *3*, liikuvad astmed *5* libisevad aga seisvatel. Külgkandjad kinnituvad ankurpoltidega kolde siseseintele ja toetuvad resti lõpposas põikkandjale *7*. Resti esiosas asub roopimisplaat *2*, millele kütus variseb täitekolust. Resti lõppu on



Joon. 55. Käsitsi teenindatav ülerealine treppprest:
1 — täitekolu; *2* — roopimisplaat; *3* — külgkandja; *4* — seisev aste; *5* — liikuv aste; *6* — räburest; *7* — põiktala; *8* — liigutamismehhanism.

asetatud pööratav räburest *6*, millel põlevad lõplikult tuhasse jäänud kütuseosakesed. Räburesti pööramine tuha mahalaskmiseks toimub kolde külg- või esiseinale väljaulatuva hoova abil. Kütusekihi pidev varisemine resti lõpu suunas saadakse liikuvate restiastmete tõuke toimel. Resti elavpinna moodustavad seisvate ja liikuvate astmete pealis- ja otspindades olevad pilud. Elavpind moodustab ligikaudu 15—25% resti peegelpinnast.

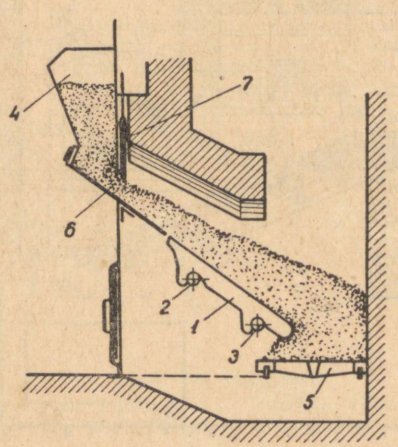
Resti liigutatakse kangistiku kaudu kolde esi-, mõnikord ka külgseinale väljaulatuvate liigutamishoobade abil. Liikuvate restiastmete käik on ligikaudu 60 mm.

Liigutatavaid treppreste kasutatakse väiksetükilise põlevkivi ja tükkturba põletamiseks.

30. POOLMEHAANILISED KOLDED

Poolmehaanilistes kolletes liigub kütusekiht raskusjõu mõjul. Kolde puhastamine tuhast ja räbust on seejuures mõningal määral kergendatud, kuid mitte täielikult mehhaniseeritud. Kihi käsitsi kohendamine pole tavaliselt tarvilik. Kolded varustatakse kas kald- või liikumatu treppresti ga. Nimetatud kollete hulka kuuluvad ka šahtkolded.

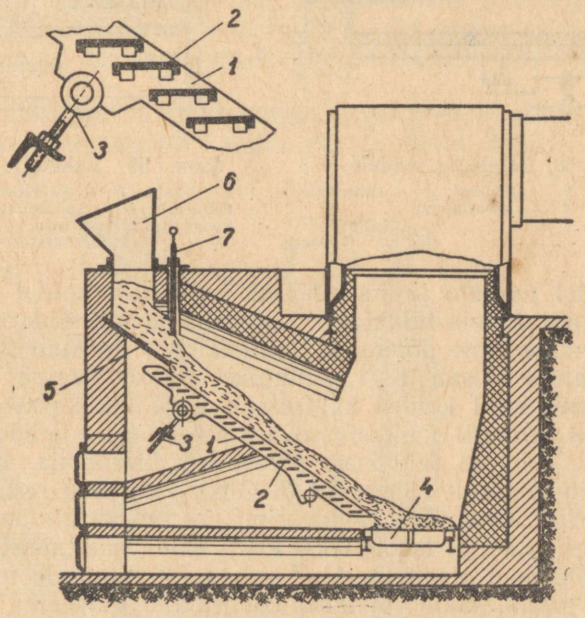
Kaldrest (joon. 56) koosneb varbadest *1*, mis asetatakse koldesse ligikaudu kütuse loomuliku varisemisnurga all, mis on õhukuival tükkturbal ja saepurul ning laastudel 32—36°. Restivarvad toetuvad üleval ja all kandjatele *2* ja *3*. Resti kallet, vastavalt kütuse liigile, on mõnedes konstruktsioonides võimalik



Joon. 56. Kaldrestiga kolde skeem:
1 — restivarb; *2* — ülemine kandja; *3* — alumine kandja; *4* — täitekolu; *5* — räburest; *6* — roopimisplaat; *7* — kihisiiber.

reguleerida. Joonisel kujutatud kolle on varustatud täitekoluga *4*, mis võimaldab kütuse ühtlasemat pealeandmist ja väldib kolde jahutamist külma õhu poolt. Suuremate kollete puhul jaotatakse tuharuum tsoonidesse, mis võimaldab põlemisõhu otstarbekamat reguleerimist. Kaldresti alumise osa jätkuna kasutatakse tavaliselt horisontaalset räburesti *5*. Viimase ja kaldresti otsa vahele jäetakse umbes 100 mm-ne vahe tuha ja räbu maharoobitsemiseks. Kaldresti teenindamine on kergem kütmisest plaanrestil, sest kütus langeb restile loomuliku pealevarisemise teel.

Liikumatu treppрest (joon. 57) koosneb kahest külgkandjast *1*, mille väljaulatuvatele astmetele toetuvad restiplaadid *2*. Resti kalle valitakse kütuse loomulikust varisemisnurgast väiksem ja ulatub saepurul 40°-ni, tükkturbal 30°-ni. Resti kallet võib regu-

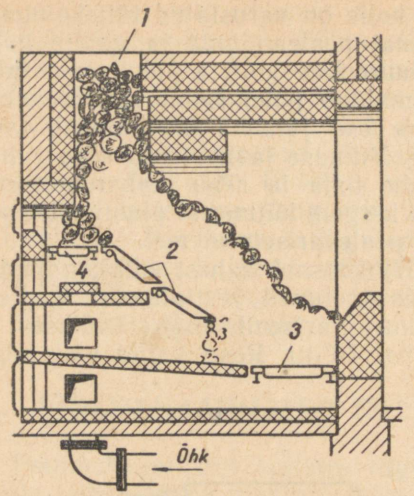


Joon. 57. Liikumatu treppрestiga kolle:
1 — külgkandja; *2* — restiplaat; *3* — reguleerimispolt; *4* — räburest; *5* — roopimisplaat; *6* — täitekolu; *7* — kihisiiber.

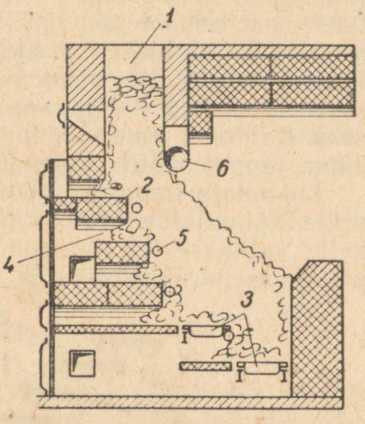
leerida poldi *3* abil. Treppрestil nagu kaldrestilgi on alumises osas plaatidest või varbadest koosnev räburest *4*.

Et kütus treppresti astmetel peatub, siis tekib igal astmel põlemispesa, mis soodustab kütuse kuivamist ja süttimist. Seetõttu osutub treppрest kõlblikuks ka niiskete kütuste põletamisel.

Šahtkolded on eriti kohased suure niiskusesisaldusega (kuni 50%) puidu ja (kuni 60%) turba põletamiseks. Joonisel 58 kuju-



Joon. 58. Sahtkolle puidule:
1 — šaht; *2* — kaldrest; *3* — räburest, *4* — kuivatusrest.



Joon. 59. Šahtkolle turbale:
1 — šaht; *2* — müüritud aste; *3* — räburest; *4* — põlemispesad; *5* — veega jahutatav toru; *6* — kihi reguleerimistoru.

tatud koldel puidule ja joonisel 59 kujutatud koldel turbale on mõlemal šaht *1*, mis täidetakse kütusega ja milles toimub kütuse eelkuivenemine enne põlemist. Šahti kõrgus on kuni 2 m, kütuse hulgast šahtis piisab 1—1,5 tunniks. Šahtist vajub kütus joonisel 58 kujutatud koldes kaldrestile *2*. Kütus kuivab peamiselt lühikesel plaanrestil *4* moodustuvate põlemispesade soojuse arvel. Kütusest eraldunud lendosad põlevad kolderuumis, koksistunud kütus põleb lõplikult räburestil *3*. Õhku juhitakse resti alla õhuventilaatoriga. Õhuhulga reguleerimiseks on restialune ruum jaotatud vaheseinte abil tsoonideks. Resti kalde muutmiseks on restivarbade alumised otsad toetatud veega jahutatavale torule, mida võib lasta madalamale või tõsta kõrgemale. Väiksema niiskusega (umbes 30%) puidu puhul on ülemine horisontaalne rest ülearune ja see kaetakse tellistega.

Joonisel 59 kujutatud koldes puudub kaldrest ja seda asendavad müüritud astmed *2*, millel kütus põleb. Kütust valmistavad põlemiseks ette (kuivatavad) ülemistel astmetel tekkivad põlemispesad. Müüritud astmete lõpus on kaheastmeline räburest *3*.

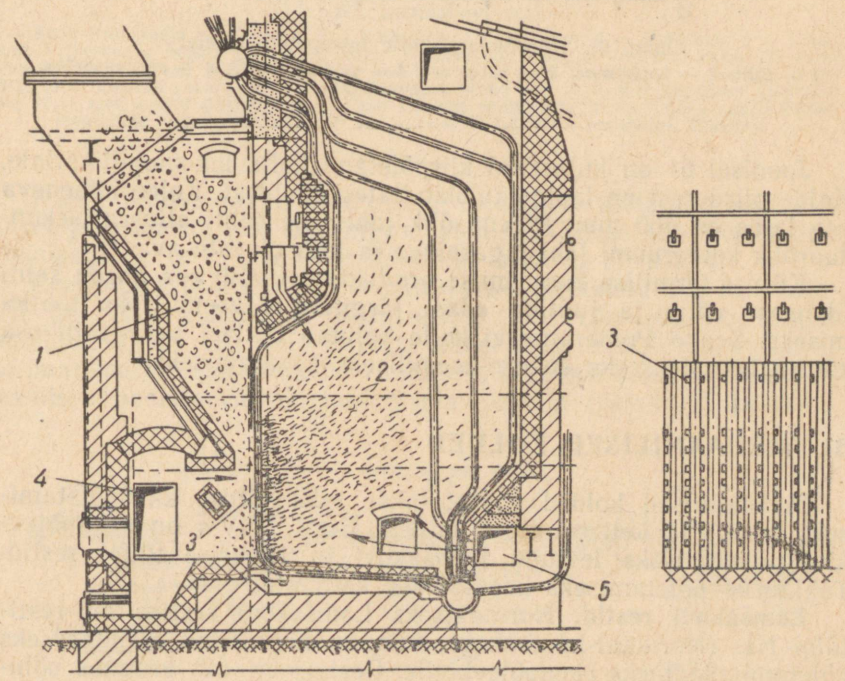
Astmete otstesse on asetatud viimaste läbipõlemise vältimiseks veega jahutatavad torud *5*. Kütusekihti reguleeritakse üles-alla liigutatava toru *6* abil, mida samuti veega jahutatakse.

Šahtkoldes on võimalik lisandina põletada ka freesturvast kuni 10% tükkturba hulgast.

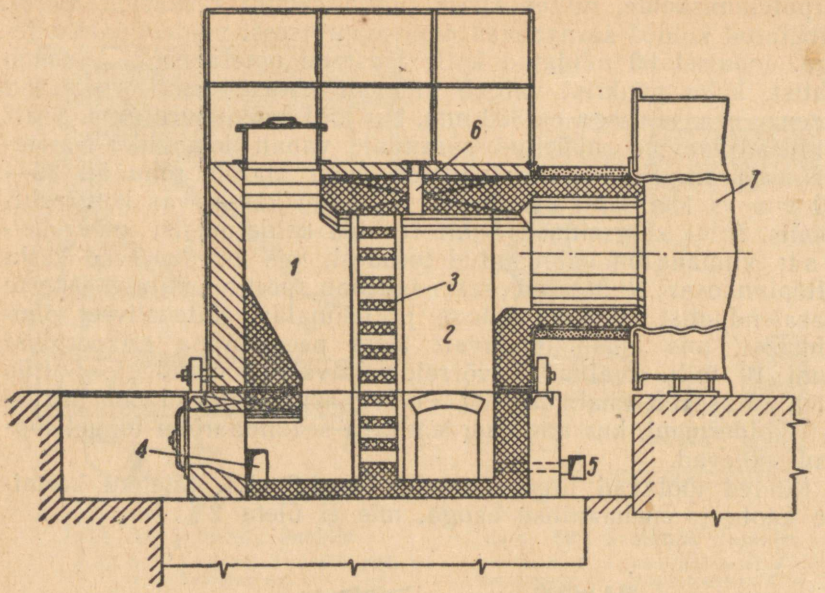
Poolmehaaniliste kollete hulka võib lugeda ka Pomerantsevi

kiirpõletamiskolde, milles kütus liigub samuti raskusjõu mõjul. Nimetatud kolded sarnanevad oma tööprotsessi poolest šahtkolletega. Joonisel 60 näidatud kolle laastude põletamiseks koosneb šahtist, kuhu punkrist valgub pidevalt kütust. Šahti keskel on kitsenev osa, laiusega ca 300 mm, kus kiht kokku surutakse. Sealt langevad laastud müüritud põrandale vabalt loomuliku varisemisnurga all. Põlemisõhk juhitakse šahti allossa rõhu all 30—150 mm vs kas šahti esiseinast, või nagu käesolevas konstruktsioonis, šahti külgseinast. Šahti eraldab kolderuumist p i i r d e r e s t; viimane on valmistatud torudest, mis moodustavad katla küttepinnaosa. Nimetatud rest takistab peente kütuseosakeste kaasalendamist suitsugaasidega ja võimaldab intensiivset õhupuhumist, mis lubab tunduvalt tõsta peegelpinna erikoormust (kuni 10 milj. kcal/m²h), võrreldes tavaliste restidega. Šahtis põleb kütusekiht täielikult läbi. Põlevgaasid voolavad läbi piirderesti kolderuumi, kus nad juurdeantava sekundaarõhu toimel lõplikult põlevad.

Kolded töötavad liigõhuteguriga $\alpha = 1{,}2—1{,}4$, täieliku keemilise kaota ja mehaanilise kaoga, mis ei ületa 2%.



Joon. 60. Pomerantsevi kiirpõletamiskolle laastudele:
1 — šaht; *2* — kolderuum; *3* — piirderest; *4* — primaarõhk; *5* — sekundaarõhk.



Joon. 61. Kiirpõletamiskolle lokomobiilikatlale:
1 — šaht; *2* — kolderuum; *3* — piirderest; *4* — primaarõhk; *5, 6* — sekundaarõhk; *7* — leegitoru.

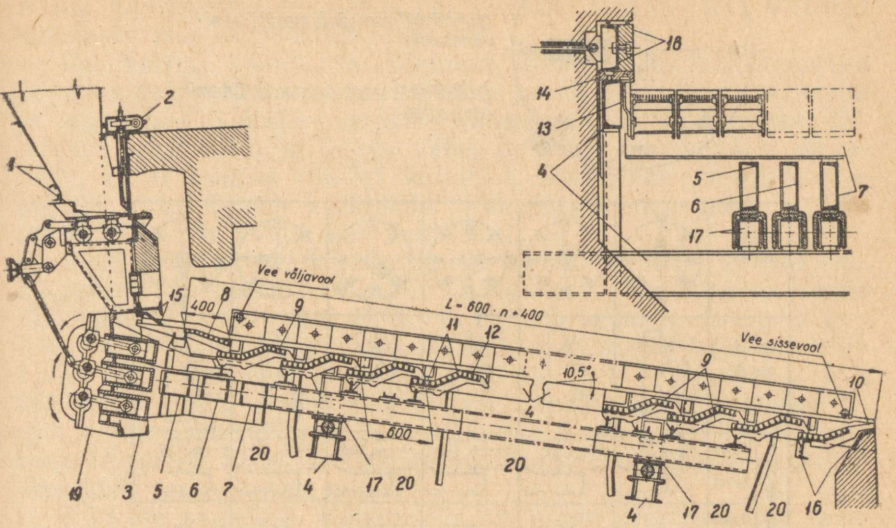
Joonisel 61 on kujutatud kiirpõletamiskolle lokomobiilikatlale. Kolde piirderest on laotud tulekindlatest kividest. Kolde kitseneva osa laius on 400 mm. Põlemisõhk juhitakse šahti allossa, sekundaarõhk kolderuumi läbi tagaseinas ja laes olevate avade.

Kütuse termilise lagunemise produktidest võib osa imeda šahti ülaosast välja ja juhtida edasi järgnevaks keemiliseks töötlemiseks. Seega Pomerantsevi kolle kujutab ühtlasi agregaadi osa kütuse kompleksseks energo-keemiliseks kasutamiseks.

31. MEHAANILISED KOLDED

Mehaanilised kolded varustatakse tahkekütuse kihispõletamiseks trepp- ja kettrestidega, millest Eesti NSV-s on peenpõlevkivi põletamiseks levinud Lomšakovi ja Ilmarise tüüpi restid. Tükkturba põletamiseks kasutatakse kettreste.

Lomšakovi restid. Normaalseks Lomšakovi restiks on restitüüp NL (Normaal-Lomšakov), mis on kujunenud standardseks põletamisseadmeks peenpõlevkivile. Rest (joon. 62) koosneb põhiraamist *4*, millele toetuvad rullide kaudu kolm üksteisest sõltumatult liikuvat raami *5*, *6* ja *7*. Resti normaalsel töökäigul liiguvad raamid vastassuunaliselt.

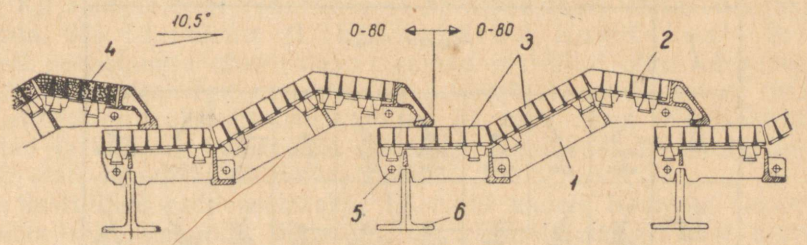


Joon. 62. Lomšakovi rest:

1 — kütuse etteandja täitekoluga; *2* — kihisiiber; *3* — esiraam; *4* — põhiraam; *5* — liikuv raam I (keskmine keps); *6* — liikuv raam II (ülemine keps); *7* — liikuv raam III (alumine keps); *8* — resti esilüli; *9* — resti kesklüli; *10* — resti lõpplüli; *11* — restilüli seljakärg; *12* — restilüli ninakärg; *13* — külgtihenduse liikuv osa; *14* — külgtihenduse liikumatu osa; *15* — resti esilüli tihendus; *16* — resti lõpplüli põikkandja; *17* — liikuva raami kandelaager; *18* — külgjahutusseade; *19* — resti ajam; *20* — restialune õhutsoon.

Kolme liikuva raami kasutamine võimaldab töötamist resti ülemisel ja alumisel poolel erineva raamidevahelise suhtelise käigu pikkusega, s. o. kütuse edasiliikumise erineva kiirusega.

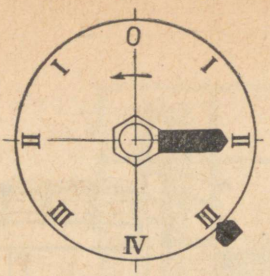
Restipinna (kalle 10,5°) moodustavad ligikaudu 200 mm laiused ja resti põiksuunas kruvipoltide abil ribadeks ühendatud restilülid (joon. 63) neid katvate kärgedega. Restilülide ridadest on paarituarvulised asetatud välimisele liikuvale raamile (raam I), eesmised paarisarvulised keskmisele raamile (raam II) ja tagu-



Joon. 63. NL-resti keskmised lülid:

1 — restilüli; *2* — lüli ninakärg; *3* — lüli seljakärg; *4* — kärgede täidis; *5* — ühenduspolt; *6* — restilüli kandja.

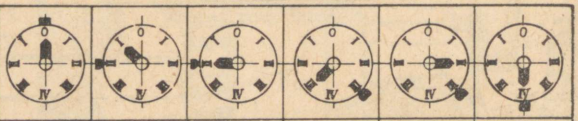
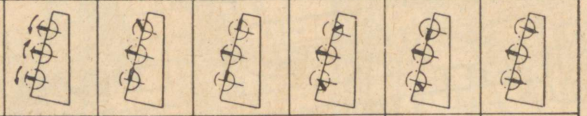
Käiguvaliku Ketas



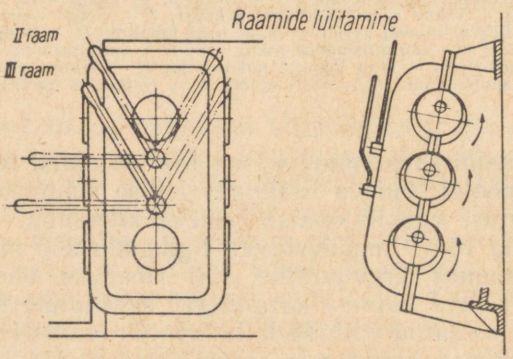
Ketas näitab I raami liikumist

Osuti näitab II raami vända asendit I raami vända suhtes

Osuti näitab III raami vända asendit I raami vända suhtes

Osutite asendid						
Väntade asendid						
Suhtelise käigu pikkus: II raam I-se suhtes	 0	60	110	145	110	160
Suhtelise käigu pikkus: III raam I-se suhtes	0	110	110	145	145	160

Raamide lülitamine



Ülemine vänt - II raam esimesed paarisread

Keskmine vänt - I raam paaritud restiread

Alumine vänt - III raam tagumised paarisread

Raamid	Lülitushoobade võimalikud asendid								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
I	Püsivalt liikuv								
II	Käik väljas	Püsiv käik	Käik väljas	Püsiv käik	Püsiv käik	Muutlik käik	Muutlik käik	Käik väljas	Muutlik käik
III	Käik väljas	Käik väljas	Püsiv käik	Püsiv käik	Muutlik käik	Püsiv käik	Käik väljas	Muutlik käik	Muutlik käik

Joon. 64. NL-resti lülitusskeem.

mised paarisarvulised sisemisele raamile (raam III). Viimane liikumatu rida moodustab räburesti.

Restikärjed täidetakse sõelutud sõmera raudkivi-kruusaga (terasuurus 8—12 mm), mis takistab peene kütuse läbivarisemist ja tagab altõhu ühtlast jaotust. Kärgede täidis peab olema küllaldase vaba ruumiga terade vahel ja kruus ümmarguste servadega, et ei esineks tihedat kiilumist. Restipinna murdjoonelise profiili tõttu toimub kütusekihi liikumisega üheaegselt ka kihi murdumine, mis väldib kihi paakumist.

Resti raamid pannakse liikuma elektrimootorilt kiilrihmade, käigukasti ja väntajami kaudu. Käigukast võimaldab kasutada viit *töökäiku* — 0, I, II, III ja IV käik ja nelja *roopimiskäiku*. Töökäigus on raamidevaheline suhteline käik püsiv ja käigu pikkus umbes järgmine: nullkäik 0, I — 60, II — 110, III — 145 ja IV — 160 mm. II ja III raami väljalülitamisel liigub ainult esimene raam ja rest töötab nagu ülerealise liikumisega trepprest. Roopimiskäikude puhul on raamidevaheline suhteline käik perioodiliselt muutuv.

Käikude sageduse muutmiseks on ajami elektrimootor tavaliselt kolme kiirusastmega, s. o. kolme pöörlemiskiirusega: 750/1000/1500 p/min.

NL-resti lülitusskeem on toodud joonisel 64.

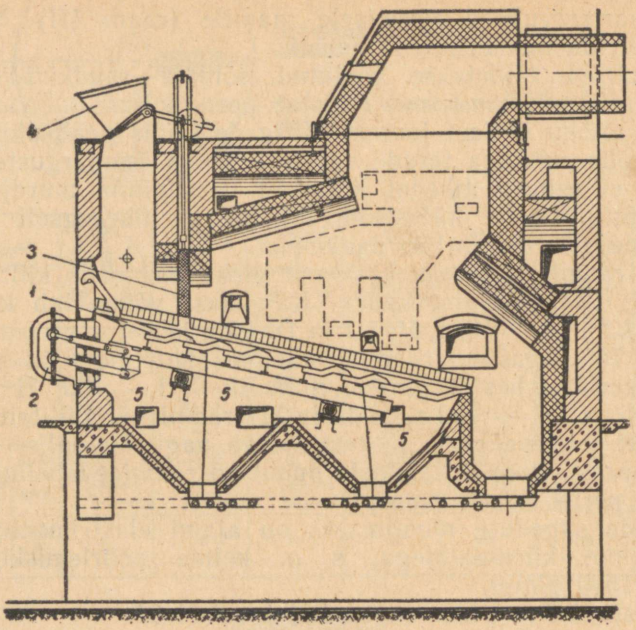
Põlemisõhk juhitakse resti alla üksikult reguleeritavate tsoonide kaudu vastavalt kütuse põlemisjärkudele. Osa õhku juhitakse koldesse pealtõhuna.

Altõhu läbipuhumist resti külgedelt väldivad labürinttihendid (vt. joon. 62), mis koosnevad liikumatutest ja restile kinnitatud liikuvatest plaatidest. Põhiraamil asuvate liikumatute tihendusplaatidega on seotud tulekindlate kividega kuumuse mõju vastu kaitstud külgjahutustalad, mille ülesandeks on vältida kütusekihi paakumist resti äärtel. Jahutustalasid peab kolde töötamisel pidevalt läbima jahutusvesi, mille hulka reguleeritakse selliselt, et väljavoolu vee temperatuur ei ületaks 80°.

Kütuse pealeandmist restile reguleeritakse etteandeplaadi käigu pikkuse muutmisega ja kihisiibri asetusega.

Kirjeldatud resti valmistatakse ka lihtsustatud ehitusviisi järgi (joon. 65) LL-tüübina (*Lihtsustatud Lomšakov*). Selle resti peegelpinna moodustavad samad restilülid ühes kärgedega mis normaalrestilgi; erinevus on liikuvate raamide arvus, mida LL-restil on kaks. Lihtsustatud on ka resti ajam. Külgjahutustalad ja kütuse mehaaniline etteandja puuduvad. Täitekolu asetseb resti esiosa kohal oleval šahtil.

Restilülide read asetatakse LL-restil kahele liikuvale raamile ülerealiselt. Raamide liikumine on vastassuunaline; ühe raami väljalülitamisel liigub sisselülitatud raam edasi-tagasi ja rest töötab üherealise treppprestina. Raamidevahelist suhtelist käiku võib muuta 1—120 mm piirides.



Joon. 65. Lihtsustatud Lomšakovi restiga eeskolle:
1 — rest; *2* — resti ajam; *3* — kihisiiber; *4* — kütusekolu; *5* — restialune õhutsoon.

Kütusekihi juhtimiseks restipinnale on resti esiosas kaldplaatidest juhtpind. Kihi paksust reguleeritakse veega jahutatava kihisiibri abil.

Samalaadse konstruktsiooniga kui eespool toodud tüüp on ka VL-rest (Väike Lomšakov), mida kasutatakse väiksemate mehaaniliste kollete puhul. Erinevus seisab restilülides, mis sellel tüübil on väiksemate mõõtmetega (laius 150 mm) ja raamlülidega ühtevalatud kärgedega.

Ilmarise restid (I-restid) on vaheldumisi asetatud liikuvate ja liikumatute astmetega trepprestid peenpõlevkivi põletamiseks. Resti kandekonstruktsiooni moodustavad ühe ehitusviisi juures malmist pikitalad, mis toetuvad põikkandjaile. Liikumatud restiastmed *1* (joon. 66) toetatakse pikitaladele asetatud torukandjatele *2*. Liikuvaid astmeid *3* kannavad liikumatud restiastmed.

Teise ehitusviisi puhul laotakse restiastmed profiiltaladest moodustatud raamkonstruktsioonile, kusjuures üks raamidest on liikumatu, teine aga toetub kanderullidele ning on resti liigutamisseadme abil liigutatav.

Äärmised külgtalad on mõlema ehitusviisi puhul malmist ja moodustavad ühtlasi külgtihenduse.

Restiastmed koostatakse üksikutest ühesuguse kujuga malmpiidest, mis liidetakse poltide abil 500—1000 mm laiusteks gruppideks. Esimese ehitusviisi juures on liikuva ja liikumatu restiastme piid erinevad.

Õhupilud asetsevad astmete pealispindades kui ka esikülgedes; pilu laius on pealispinnas ligikaudu 1,5 mm, liikuva astme esiküljes 10 mm ja liikumatu astme esiküljes 4 mm. Kitsaste pilude tõttu pealispinnas on kütuse läbivarisemine restist väike.

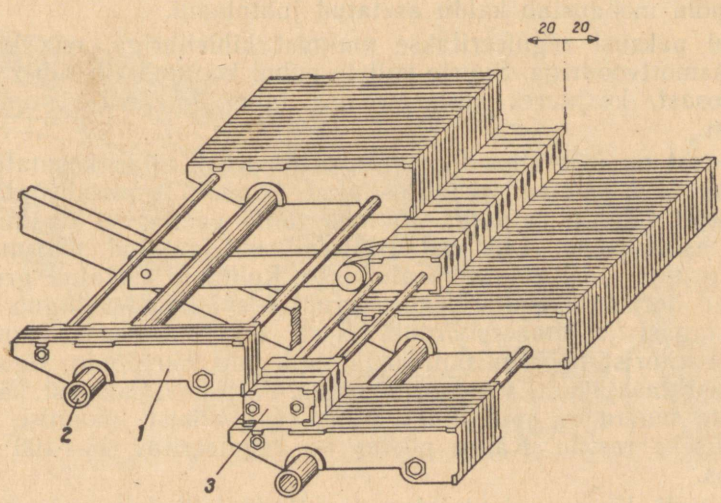
Rest asetub koldes kaldega 20° või 25°. Liikuvate restiastmete roopimise toimel antakse kütusekihile pidev liikumine varisemise näol resti lõppsuunas. Roopimiskäik on reguleeritav kulissi abil 10—45 mm piirides.

Väiksemate restide liikuvad astmed liiguvad kogu restipinnas ühtlaselt ja käitamine toimub ühe ekstsentriku abil. Suuremail restidel on restipind jagatud kaheks kuni kolmeks sektsiooniks, kusjuures iga sektsiooni liigutatakse eri ekstsentriku abil.

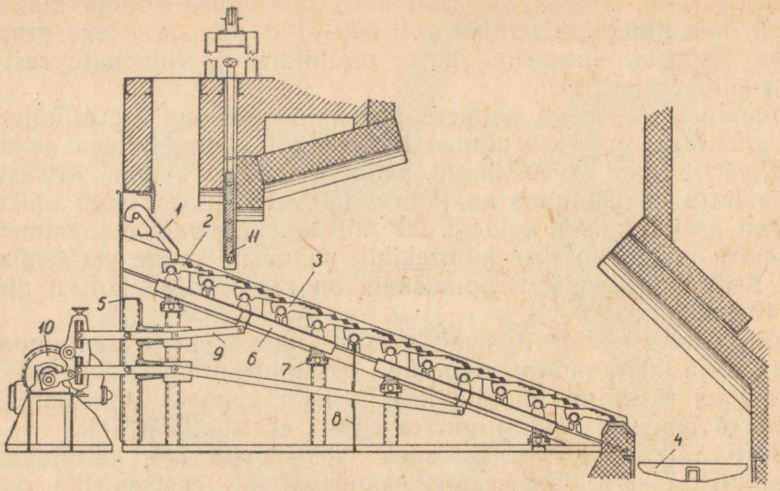
Resti liigutamisseade koosneb elektrimootoriga käitatavast tiguajamist ühes hammasratasülekandega, mis ekstsentriku (või ekstsentrikute) kaudu annab liikumise kulissile ja sellelt läbi koldemüüritise ulatuva võlli kaudu resti liigutamishoobadele.

Restipind jagatakse alt, restialuse ruumi poolt, plekist vaheseintega kolmeks kuni seitsmeks põhitsooniks, mis võimaldab põlemisõhu reguleerimist.

Resti äärte räbustumise vältimiseks on ehitatud jahutuskastid, mis paigutatakse 150 mm võrra kõigemale resti pikikandjaist ja



Joon. 66. I-resti astmed:
1 — liikumatud restiastmed; *2* — torukandja; *3* — liikuvad restiastmed.



Joon. 67. TS-resti üldvaade:
1 — juhtplaadid; *2* — liikuv lüli; *3* — liikumatu lüli; *4* — räburest; *5* — põhiraam; *6* — liikuv raam; *7* — liikuva raami kandelaager; *8* — altõhutsoonide vahesein; *9* — resti liigutamisseade; *10* — resti ajam; *11* — kihisiiber.

kaitstakse $^1/_2$ kivi paksuse šamottvoodriga. Jahutuskaste läbib kolde töötamisel pidevalt jahutusvesi.

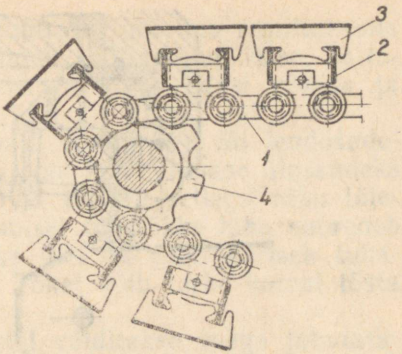
Kütus valgub restile kolde esiosale monteeritud kütusekolust, mille põhi moodustab kaldu asetatud juhtplaadi.

Kihi paksust reguleeritakse malmist kihisiibriga, mis kaitstakse šamottvoodriga. Suurte kollete puhul koosneb kihisiiber kolmest osast, kusjuures keskmise osa laius on pool restipinna laiusest.

TS-rest on ülerealise liikumisega trepprest, mida kasutatakse peenpõlevkivi põletamiseks. Restipind (joon. 67) moodustatakse üksikutest lülidest laiusega 45 mm, mille pealispind on kujundatud astmelisena. Liikuvad restiread on jaotatud pikisuunas kahte gruppi — ülemisse ja alumisse. Rullidele asetatud grupid liiguvad horisontaalselt: ülemise grupi edasi liikudes liigub alumine tagasi ja ümberpöördult. Resti liigutamisseade koosneb elektrimootorist pöörlemiskiirusega ligikaudu 950 p/min, tigu- ja hammasratasajamist, vändast kepsuga, õõtsuvast hoovast käigupikkuste muutmise spindlitega ning kangistikust liikumise ülekandmiseks restile. Käigu pikkus on reguleeritav 25—100 mm piirides.

TS-resti lõppu paigutatakse tavaliselt kallutatav plaanrest-räburest.

Kihi paksust reguleeritakse veega jahutatava malmsiibri abil,

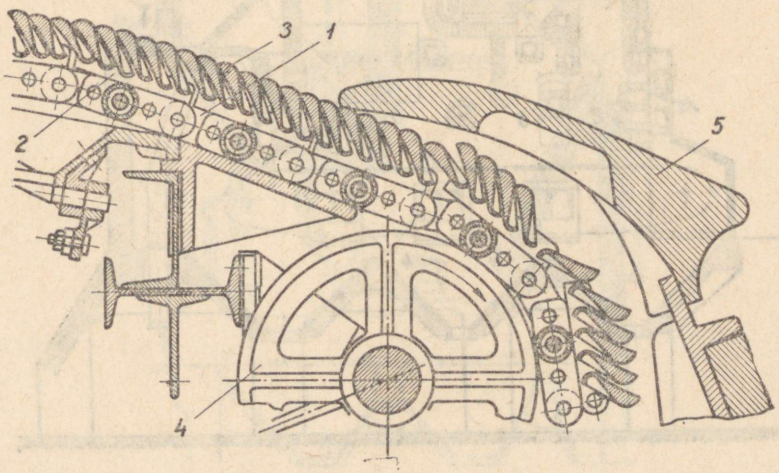


Joon. 68. Kettresti pinnakatte skeem:
1 — ketilüli; *2* — põiktala; *3* — restilüli; *4* — ketiratas.

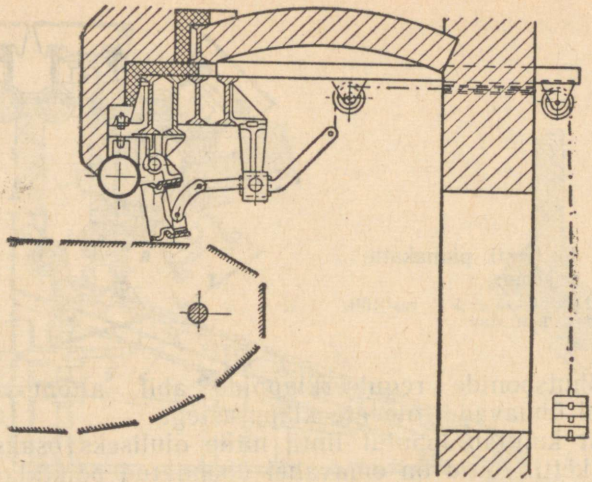
altõhku õhutsoonide reguleerklappide abil, altõhu-ventilaatori puudumisel õhuavadel olevate klapp-ustega.

Kettrest kujutab lõputut linti, mille oluliseks osaks on kaks või enam ketti. Ketid on omavahel ühendatud põiktaladega, millele toetuvad restilülid (joon. 68). Restikette veavad ketirattad. Jõuülekanne elektrimootorilt ketirattale toimub tiguajami ja hammasratasülekande kaudu, mis võimaldab muuta resti kiirust. Vedajarattana kasutatakse tavaliselt esimest ketiratast, tagumine ratas on ainult juhtijaks.

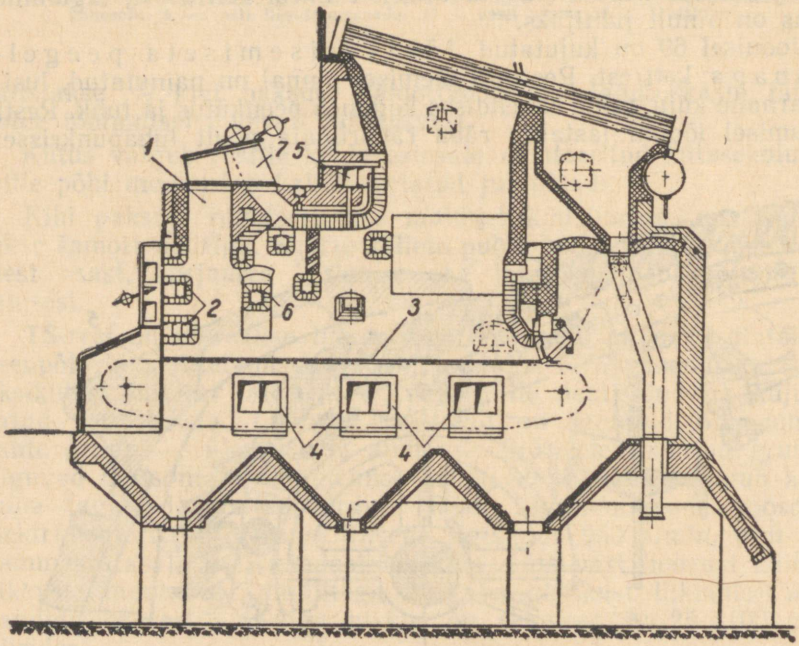
Joonisel 69 on kujutatud läbivarisemiseta peegelpinnaga kettrest. Restilüli ülemisel pinnal on painutatud, lusikasarnane kuju, mille süvendisse koguneb peenkütus ja tuhk. Resti liikumisel lõpuni lastakse räbu räburiibaja poolt tuhapunkrisse;



Joon. 69. Läbivarisemiseta peegelpinna ja räburiibajaga kettrest:
1 — ketilüli; *2* — restilülihoidja; *3* — restilüli; *4* — tagumine juhtratas; *5* — räburiibaja.



Joon. 70. Räbutõke.



Joon. 71. Makarjevi kolle tükkturbale (freesturba lisandiga).
1 — šaht; *2* — šahtiastmed; *3* — kettrest; *4* — altõhutsoonid; *5* — peatõhukanal; *6* — kihi reguleerpalk; *7* — freesturba pealeandetoru.

resti edasiliikumisel üle tagumise juhtratta pöördub restilüli oma telje ümber ja põlemata kütus langeb erilisse punkrisse, sattumata restialustesse tsoonidesse, kus ta võiks edasi põleda ja restiosi asjatult kuumutada.

Resti lõppu asetatakse räburiibaja (joon. 69) või lendosaderikka kütuse põletamisel räbutõke (joon. 70). Viimase ülesandeks on hoida räbu pikemat aega restil ja tagada sellega räbu täielikumat läbipõlemist. Räbu kogunemisel räbutõkke taha suureneb rõhumine viimasele, tõke tõstetakse üles ja räbu variseb tuhapunkrisse, mille järel tõke sulgub. Tõket võib tarbe korral tõsta ka käsitsi.

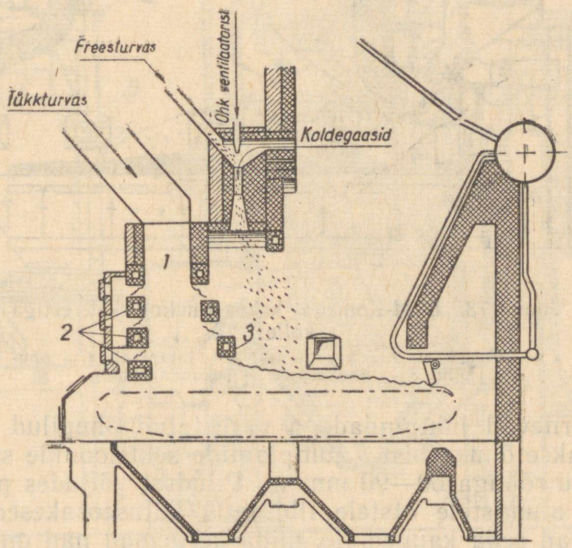
Müüritise räbustumist resti äärtel välditakse veega jahutatavate jahutuspalkidega.

Kuna kütusekiht liikuval restil lamab liikumatult, siis on võimalik tema paakumine. Kihi kohendamiseks on kolde külgseintes ette nähtud luugid.

Kettresti kasutatakse kivisöe, tükkturba jm. põletamiseks.

Märja kütuse (turvas, laastud) põletamiseks kasutatakse **Makarjevi kollet** (joon. 71), mis on varustatud šahtiga *1* ja selle allosas astmetega *2*, kus moodustuvad põlemispesad, mille soojuse arvel kuiveneb ja soojeneb šahtist restile varisev kütus.

Trepiastmetele ja restialustesse tsoonidesse juhitakse kuni 250° C-ni soojendatud põlemisõhku, rõhuga 65—80 mm vs.



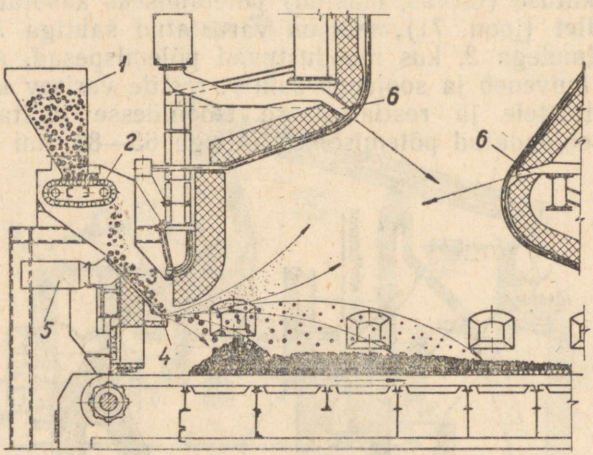
Joon. 72. Täiendatud Makarjevi kolle tükkturbale (freesturba lisandiga):
1 — šaht; *2* — šahtiastmed; *3* — kihiregulaator.

Kihi paksust reguleeritakse üles-alla tõstetava reguleerpalgiga *6*, mis on kaitstud tulekindla materjaliga ja omab vesijahutust.

Kirjeldatud koldes on võimalik põletada lisandina tükkturbale ka freesturvast, mille väiksemad osad põlevad ära lennul, raskemad osad aga langevad kihile. Prof. Tatištševi ja Petrovi täiendus koldele freesturba kuivatamiseks põlemisgaasidega (joon. 72), mis imetakse koldest kaasa freesturba pealeandmise torusse juhitava õhujoa poolt, võimaldab põletada lisandina tükkturbale kuni 40% freesturvast.

ВТИ-Komega kaheastmeline kettrestiga kolle. NSV Liidu teadlaste poolt väljatöötatud pneumo-toitjaga varustatud kaheastmelise põlemisega kolle võimaldab kasutada sorteerimata kütust ja saavutada seejuures tunduvalt kõrgemat restipinna koormust, võrreldes tavalise kihispõletamisega.

Kütus antakse kolust *1* (joon. 73) elektrimootoriga töötava kraaptoitja *2* abil kaldu asetatud juhtplaatidele *3*, mille alumiste



Joon. 73. ВТИ-Komega kaheastmeline kettrestiga kolle:

1 — kütusekolu; *2* — kraaptoitja; *3* — juhtplaat; *4* — õhupilu; *5* — õhukarp; *6* — sekundaarõhk.

otstega piirnevad juhtpindadega varustatud õhupilud *4*. Viimastesse juhitakse õhukarbist *5* juhtplaatide sektsioonide sisekanaleid mööda õhku rõhuga 60—90 mm vs. Piludest väljudes paiskab õhk juhtplaadi alumistele otstele libisenud kütuseosakesed koldesse, mis langevad seda kaugemale, mida kergemad nad on. Seejuures põlevad peened kütuseosakesed kolderuumis hõljuvas olekus, jämedamad osakesed langevad aga põlevale kihile ning süttivad sellel.

Pealtõhk rõhuga kuni 70 mm vs juhitakse koldesse tangent-

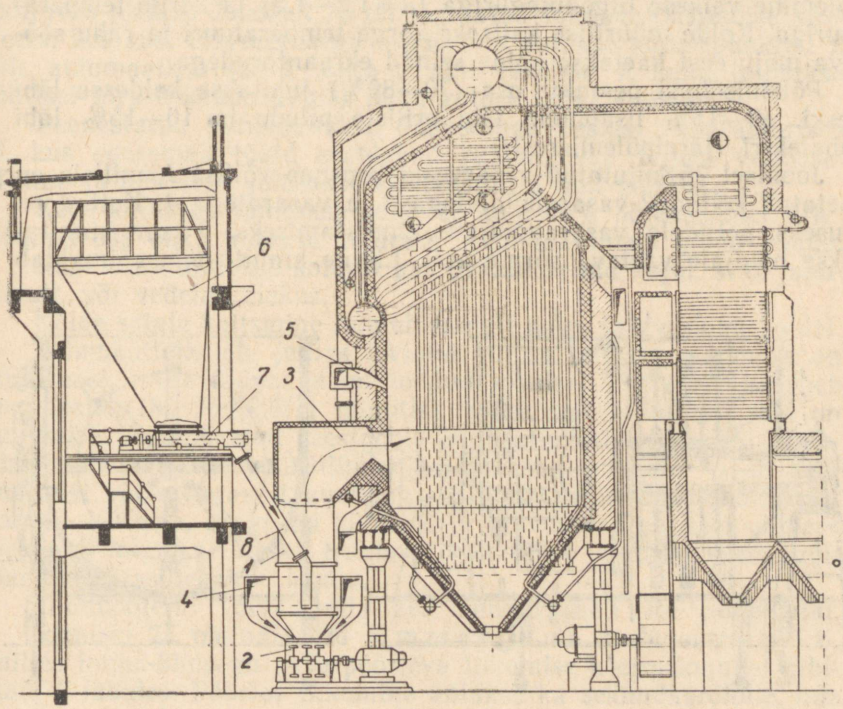
siaalselt (vt. joon. 212), mis põhjustab seal keeriste tekkimist ja selle tulemusena põlemisgaaside head segunemist õhuga. Õhu kiirus düüsist väljumisel on ligikaudu 30 m/s.

Restipinna soojuslik erikoormus kirjeldatud pneumo-toitjaga varustatud kolletes tõuseb kivisöe puhul kuni 2 200 000 kcal/m²h. Katsed on näidanud selle menetluse kasutatavust ka põlevkivi kihispõletamisel.

32. ŠAHTVESKIGA KOLDED

Šahtveskiga kolletes toimub tahkekütuse põletamine tolmu kujul kolderuumis. Võrreldes teiste tolmuküttekolletega on šahtveskiga kolletes tolmu valmistamine lihtsam ja selleks kulub vähem energiat. Kolded on kohased lendosaderikaste (üle 30%), seejuures ka madalaväärtuslike, suure niiskuse- ja tuhasisaldusega kütuste põletamiseks (põlevkivi, freesturvas, pruunsüsi jt.).

Šahtveskiga kolde (joon. 74) šaht *1* on ülaosas ühendatud



Joon. 74. Šahtveskiga kolle püstveetorukatlale:

1 — šaht; *2* — vasarveski; *3* — ambrasuur; *4* — primaarõhukanal; *5* — sekundaarõhukanal; *6* — kütusepunker; *7* — tigutoitja; *8* — kütuse pealeandetoru.

kolderuumiga. Šahti alumisse ossa on paigutatud veski *2*, kuna ülemine osa täidab separaatori ja kuivati ülesannet. Šahti kõrgus veski teljest kuni väljumisava tsentrini peab olema vähemalt 4 m.

Kütus antakse punkrist *6* toitjaga *7* veskisse, kus ta peenestatakse ja samaaegselt kuivatatakse veskisse juhitud kuuma õhuga või õhu ja põlemisgaaside seguga. Veskist paisatakse peeneksjahvatatud kütus õhuvooluga läbi neljakandilise akna (ambrasuuri) *3* kolderuumi, kus ta põleb lennul. Veski rootori pöörlemise suund on valitud selline, et veskisse tulev kütus paisatakse allapoole ja peenestatud kütus ülespoole. Suuremad kütuseosakesed, mida õhuvool ei suuda kaasa viia, langevad šahtist tagasi veskisse, kus nad täiendavalt peenestatakse.

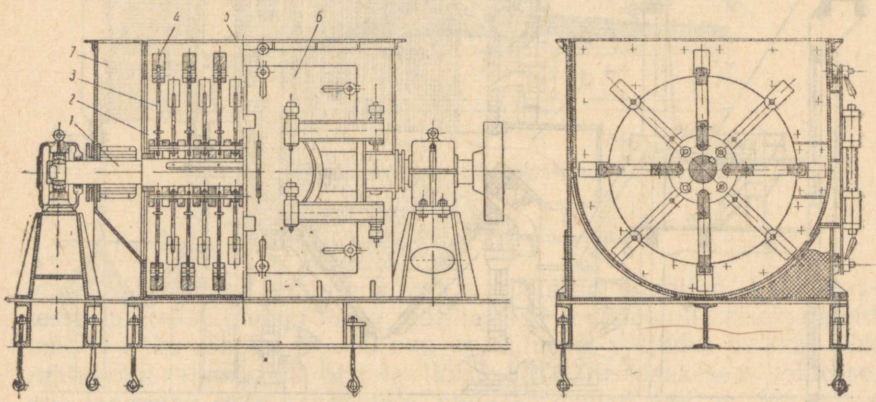
Kolde allosa varustatakse sageli järelpõlemisrestiga, millel põlevad lõplikult allalangeva kütuse suuremad osakesed (0,5—1 mm ja enam).

Sissekütmiseks varustatakse kolle kas muhvelpõletiga või õlipihustitega.

Tingituna tolmu ja põlemisõhu heast segunemisest toimub põlemine väikese liigõhuteguriga ($\alpha = 1{,}2—1{,}3$) ja kõrge temperatuuriga. Kolde müüritise kaitseks kõrge temperatuuri ja räbu söövbiva mõju eest kaetakse kolde seinad ekraantorudega.

Põlemisõhust peamine osa (70—80%) juhitakse koldesse läbi veski, 10—15% lisaõhuna läbi eriliste pilude ja 10—15% läbi tuhalehtri (järelpõlemisresti).

Joonisel 75 kujutatud vasarveski koosneb võllist *1*, millele on asetatud kettad *2* vasarahoidjatega *3* ja vasaratega *4*. Kettad on aluseks poltidele vasarahoidjate kinnistamiseks. Vasar kinnitatakse hoidjale vastava sõrme abil. Lihtne kinnitusviis võimaldab



Joon. 75. Vasarveski üldvaade:
1 — võll; *2* — ketas, *3* — vasarhoidja; *4* — vasar; *5* — kere; *6* — uks; *7* — taskud.

vasarate vahetamist kohapeal. Veski esiküljel on uksed *6*, mis võimaldavad juurdepääsu rootorile tema kontrollimiseks ja kulunud vasarate asendamiseks. Kere *5* on kulumise vastu kaetud seestpoolt soomuslehtedega. Veski koos käitamisseadmega (elektrimootor) asetatakse ühisele alusraamile. Veski ja mootori võllid ühendatakse elastse siduriga.

Kuum õhk ja suitsugaasid juhitakse taskutest *7* veskisse läbi kahe ringikujulise akna kere mõlemas otsseinas. Võlli osa, mis ulatub taskutesse, on kaitstud otsese kokkupuutumise eest kuuma õhuga ja suitsugaasidega ning seda jahutatakse uuemates konstruktsioonides veega.

33. TOLMUKÜTTEKOLDED

Peamiselt vähese lendosade sisaldusega tahkekütuste põletamiseks kasutatakse koldeid eelneva kütuse jahvatamisega peeneks pulbriks, mis segatuna õhuga puhutakse kolderuumi, kus ta põleb hõljuvas olekus. Joonisel 76 on kujutatud tolmuvalmistamise süsteem, kus süsi tükisuurusega 5—30 mm antakse kütusepunkrist *1* üle automaatkaalude *2* toitja *3* abil veskisse *4*, kuhu juhitakse ühtlasi toru *8* kaudu kuuma õhku kütuse kuivatamiseks.

Peenestatud kütus viiakse õhuvooluga veskist separaatorisse *5*, kus suuremad tükid eralduvad ja langevad tagasi veskisse. Tolmu ja õhu segu juhitakse ekshaustori *6* abil põletisse *7*.

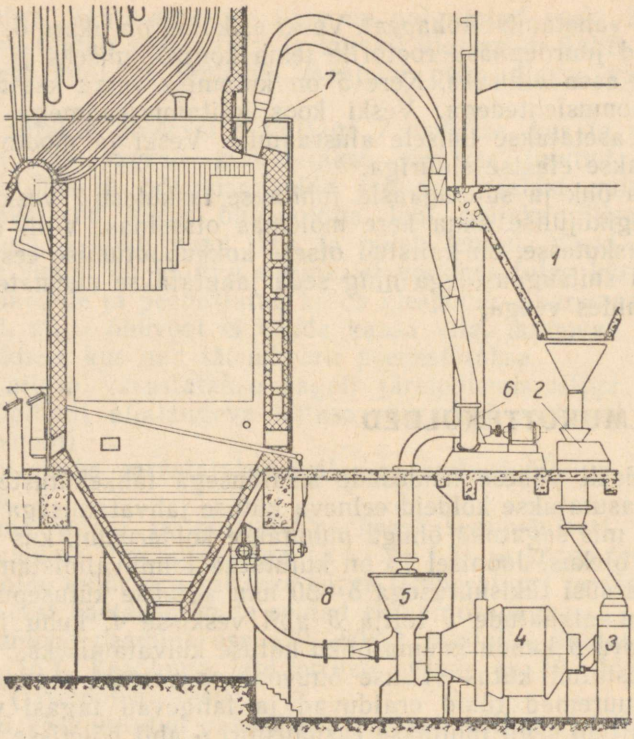
Koos kütusega juhitakse koldesse kuni 40% põlemisõhku. Ülejäänud osa õhku antakse koldesse sekundaarõhuna põleti kaudu.

Räbu eemaldatakse koldest kas granuleeritud kujul, s. o. jahutatult, või vedelas olekus.

Kolde seinte kaitsmine toimub samuti nagu šahtveskiga koldel.

Tolmuküttekollete juures levinud kütuse jahvatusseadmeks on kuulveski, mille üldvaade on toodud joonisel 78. Veski koosneb aeglaselt (18—25 pööret minutis) pöörlevast silindrist, mis on kulumise vastu kaetud seestpoolt lamedate, astmeliste või laineliste soomuslehtedega. Silinder täidetakse ligikaudu $^1/_3$ mahuni malmist või eriterasest kuulidega. Silindri pöörlemisel hakkavad kuulid veerema, langevad kütusele ja jahvatavad sel teel viimase peeneks tolmuks. Veski trummel käitatakse elektrimootori abil hammasratasülekande kaudu.

Tolmupõletid võivad olla kas ümmargused või pilupõletid. Joonisel 77 on näidatud ümmargune turbulentne põleti, milles tolmu-õhusegu saab pöörleva liikumise keermekujulisi labidaid *3* läbides. Pöörlev liikumine antakse ka sekundaarõhule, mis juhitakse koldesse õhuregistri pööratavate labidate *6* vahelt. Mõlemad voolused segunevad põletist väljumisel, kusjuures nende kiirus on 15—30 m/s.



Joon. 76. Tolmuvalmistamise süsteem:
1 — kütusepunker; *2* — automaatkaalud; *3* — toitja; *4* — kuulveski; *5* — separaator; *6* — ekshaustor; *7* — põleti; *8* — kuumaõhutoru.

Tolmupõletid on varustatud masuudipihustiga *2* kolde sissekütmiseks ning leegi alalhoidmiseks koldes tolmujoa võimalikul kustumisel.

Pilupõletites väljuvad tolmu-õhusegu ning õhk pilukujulistest avadest.

Tolmukütte eelisteks on:

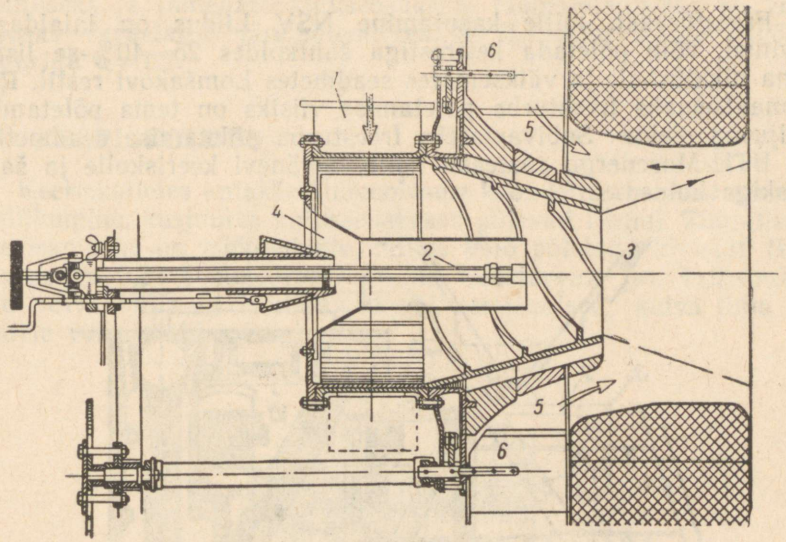
1) võimalus põletada iga liiki kütust, isegi kõige madalama väärtusega; mõningaid kütuseid, näiteks antratsiiti, võib ökonoomselt põletada ainult tolmu kujul;

2) kamberpõletamise kõrge ökonoomsus: liigõhutegur koldes ulatub 1,2—1,25-ni, kusjuures keemiline kadu ei ole üle 0,5—1%;

3) võimalus sobitada kollet mis tahes tüüpi kaasaegsele katlale;

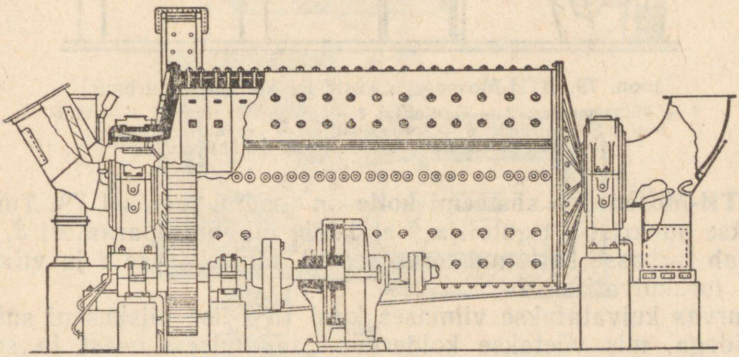
4) katla ja kolde töö hea reguleerimine;

5) tolmu põletamise kõrge mehhaniseerimise võimalus.



Joon. 77. Turbulentne põleti:

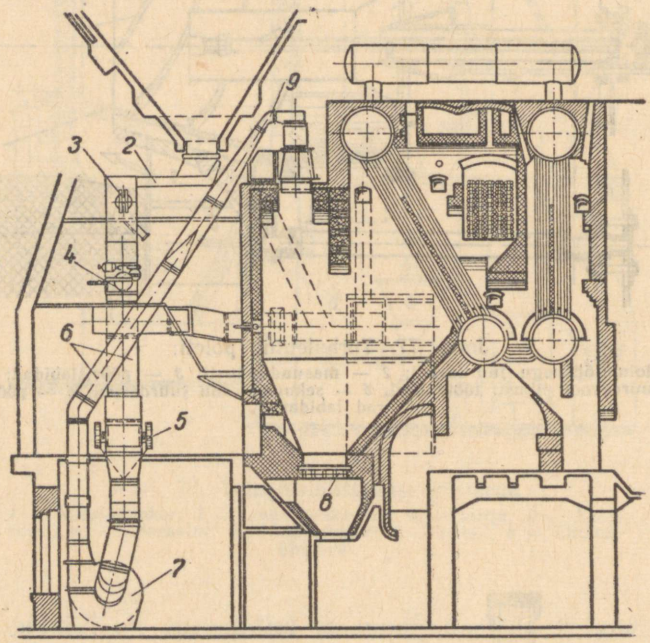
1 — tolmu-õhusegu juurdevool; *2* — masuudipihusti; *3* — pöörislabidad; *4* — õhu juurdevool pihusti töötamisel; *5* — sekundaarõhu juurdevool; *6* — pöörata-vad labidad.



Joon. 78. Kuulveski üldvaade.

34. FREESTURBAKOLDED

Freesturvast, mille kasutamine NSV Liidus on laialdaselt levinud, võib põletada kettrestiga šahtkoldes 25—40%-se lisandina tükkturbale ja väiksemates seadmetes Lomšakovi restil. Ratsionaalsemaks freesturba põletamise viisiks on tema põletamine hõljuvas olekus. Sobivamateks freesturba põletamise seadmeteks on ВТИ-Mosenergo süsteemi kolle, Šeršnevi keeriskolle ja šahtveskiga kolded.



Joon. 79. ВТИ-Mosenergo süsteemi kolle freesturbale:
1 — kütusepunker; *2* — tigutoitja; *3* — magnetseparaator; *4* — tähttoitja; *5* — purusti, *6* — torukuivati; *7* — jahvatusventilaator; *8* — järelpõlemisrest; *9* — toru tolmu-õhusegule.

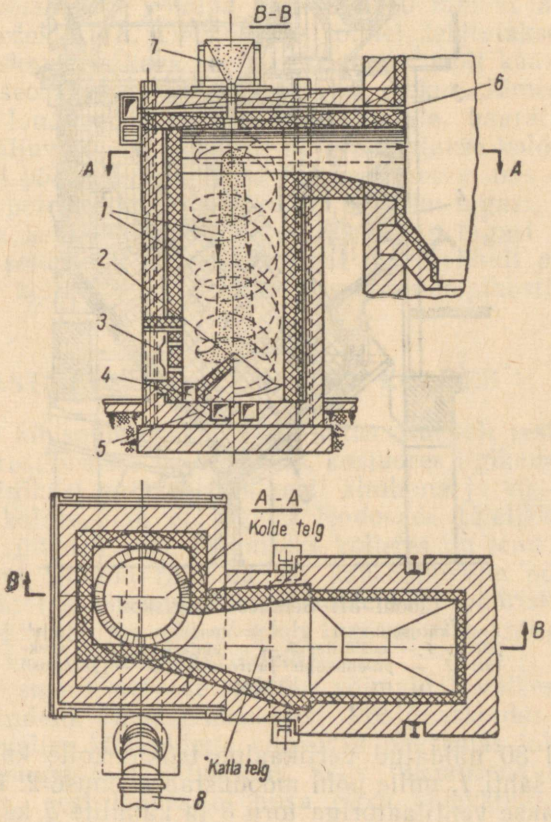
ВТИ-Mosenergo süsteemi kolle on toodud joonisel 79. Turvas antakse punkrist *1* tigutoitja *2* abil läbi magnetseparaatori *3*, mis eraldab turbasse sattunud terasesemed, tähttoitjasse *4* ja viimase poolt torukuivatisse *6*.

Turvas kuivatatakse viimases kuni 10%-lise niiskuseni suitsugaasidega, mis võetakse kolderuumi tagumisest osast ja segatakse kuuma ning külma õhuga segamiskambris. Seejärel satub turvas purustisse *5*, kus peenestatakse turbas olevad puujuured, ja sealt jahvatusventilaatorisse *7*, millel on tugevad labidad (paksus kuni 20 mm) ja seestpoolt soomustatud kere. Tolmu ja õhu

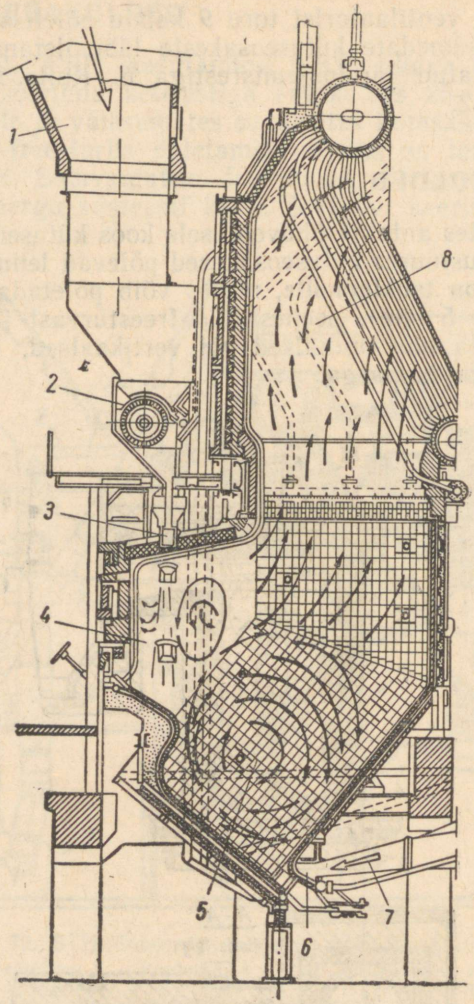
segu juhitakse ventilaatorist toru *9* kaudu põletisse. Kolde sissekütmiseks ja jämedate kütuseosakeste läbipõletamiseks on kolle allosas varustatud järelpõlemisrestiga *8*. Kolle töötab liigõhuteguriga $\alpha = 1{,}2$.

35. KEERISKOLDED

Keeriskolletes antakse õhuvoolusele koos kütuseosakestega keerisliikumine, kusjuures kütuseosakesed põlevad lennul. Tüüpiliseks keeriskoldeks on **tsüklonkolle**, milles võib põletada kivisütt (tüki suurusega 0,5—5 mm), peenestatud freesturvast jm. Tsüklonkolded võivad olla horisontaalsed või vertikaalsed, kuiva tuha või vedela räbu eraldamisega.



Joon. 80. Vertikaalne tsüklonkolle:
1 — šaht; *2* — sisemine koonus; *3* — vooderdisega uks; *4* — tangentsiaalsed kanalid; *5* — rõngaskanal; *6* — sekundaarõhu kanal; *7* — kütuselehter; *8* — õhutoru.



Joon. 81. Seršnevi keeriskolle:
1 — kütusepunker; *2* — trummeltoitja; *3* — piluрõleti; *4* — eeskolle; *5* — põlemisruum; *6* — ežektor; *7* — põlemisõhu juurdevool; *8* — jahutus kamber.

Joonisel 80 näidatud vertikaalne tsüklonkolle kujutab endast silindrilist šahti *1*, mille põhi moodustab koonuse *2*. Põhiline õhuvoolus antakse ventilaatoriga toru *8* ja kanalite *5* kaudu tangentsiaalsetesse kanalitesse *4*, millest suure kiirusega väljumisel õhk saab keerleva liikumise. Õhurõhu ning koldes valitseva alarõhu toimel liigub õhuvoolus ülespoole, viies endaga kaasa kütuse-

osakesed. Värsket kütust antakse juurde tsükloni laes olevast avast. Tsüklonkoldes põleb kütus ainult osaliselt. Tekkiv poolgaas ning koksiosakesed juhitakse järelpõlemiskambrisse (katla koldesse), kus nad juurdeantava sekundaarõhu toimel põlevad lõplikult. Sekundaarõhk väljub tangentsiaalsetest kanalitest *6* kiirusega 50—60 m/s ning saab keerisliikumise, mis soodustab poolgaasi ning tahkete kütuseosakeste head segunemist õhuga. Tsüklonkolded töötavad kõrge soojusliku erikoormusega, ligikaudu 3—6 milj. kcal/m³h.

Seršnevi keeriskoldes (joon. 81) põletatakse freesturvast selle eelneva kuivatamiseta. Kolderuum koosneb eeskoldest *4*, põlemiskambrist *5* ja jahutus- (järelpõlemis-) kambrist *8*. Freesturvast antakse punkrist *1* trummeltoitja *2* abil koldesse kogu selle laiuses. Koos kütusega juhitakse läbi pilupõleti *3* koldesse ligikaudu 15% põlemisõhust, mis on kuni 300° C ette soojendatud. Ülejäänud põlemisõhk rõhuga ligikaudu 50 mm vs antakse koldesse läbi ežektori *6*. Õhuvoolude toimel tekitatakse eeskoldes ning põlemiskambris kaks keerist. Viimaste poolt kaasa haaratud peened kütuseosakesed põlevad hõljuvas olekus. Jämedamad osakesed, mis langevad eeskolde kallakpõhjale, haaratakse kaasa ežektorist väljuva õhuvoolu poolt ning paisatakse kolderuumi, kus nad osaliselt põlevad. Suuremad kütuseosakesed, mis ei jõua seejuures ära põleda, langevad kolde põhjale tagasi, haaratakse uuesti kaasa keerisvooludest ning paisatakse tagasi kolderuumi. See kordub seni, kuni kütuse osakesed on täielikult põlenud.

Seršnevi kolle köetakse sisse kas masuudipihustite abil või puiduga.

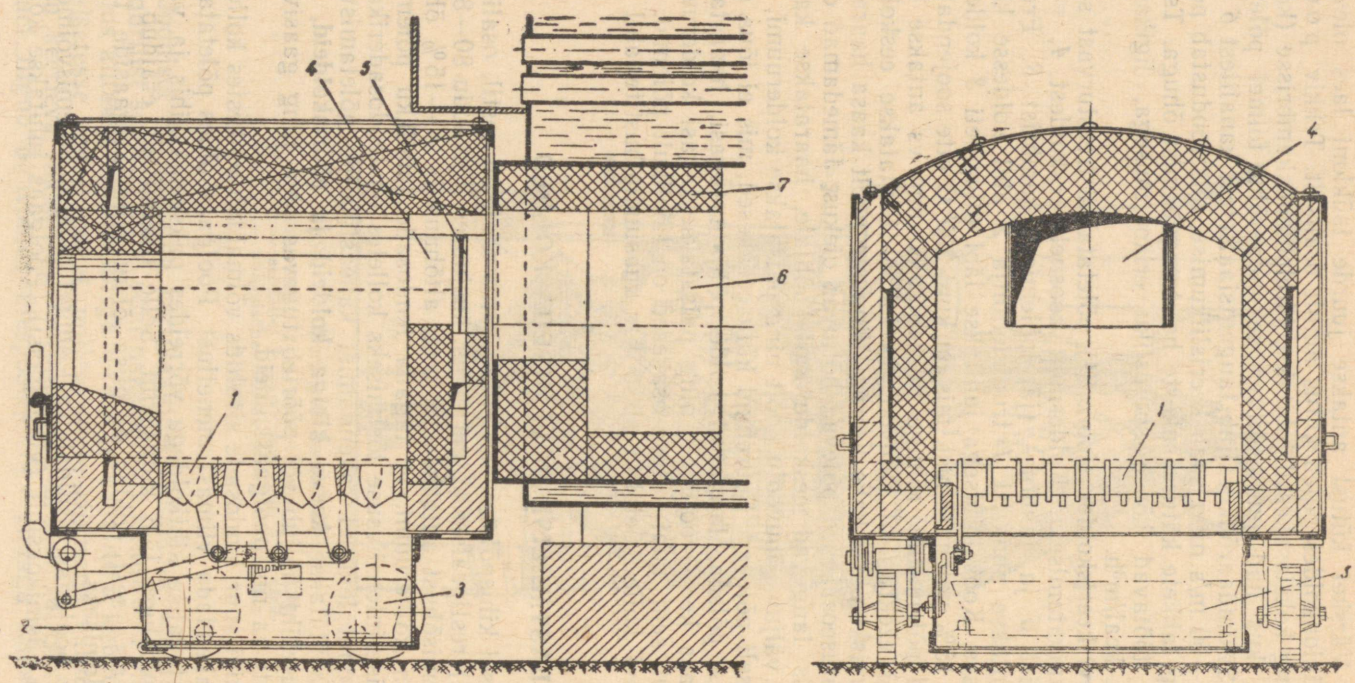
36. KAHEASTMELISE PÕLEMISEGA KOLDED

Tavalisel kihispõletamisel põleb kütus osaliselt restil, osaliselt (lendosad) restipealses kolderuumis, kusjuures ligikaudu 80—85% kogu põlemisõhust antakse läbi resti altõhuna ja 20—15% õhust pealtõhuna kolderuumi, et tagada lendosade täielikku põlemist.

Põlemise intensiivsuse tõstmiseks kolletes on lendosaderikaste kütuste puhul leidnud rakendamist kaheastmeline põletamisviis. Selleks kasutatakse **keeva kihiga koldeid ja pööriskoldeid,** kus kogu kütusekiht hõljub või pöörleb tugevas õhu- ning gaasivoolus, samuti ka nn. **poolgaaskoldeid.**

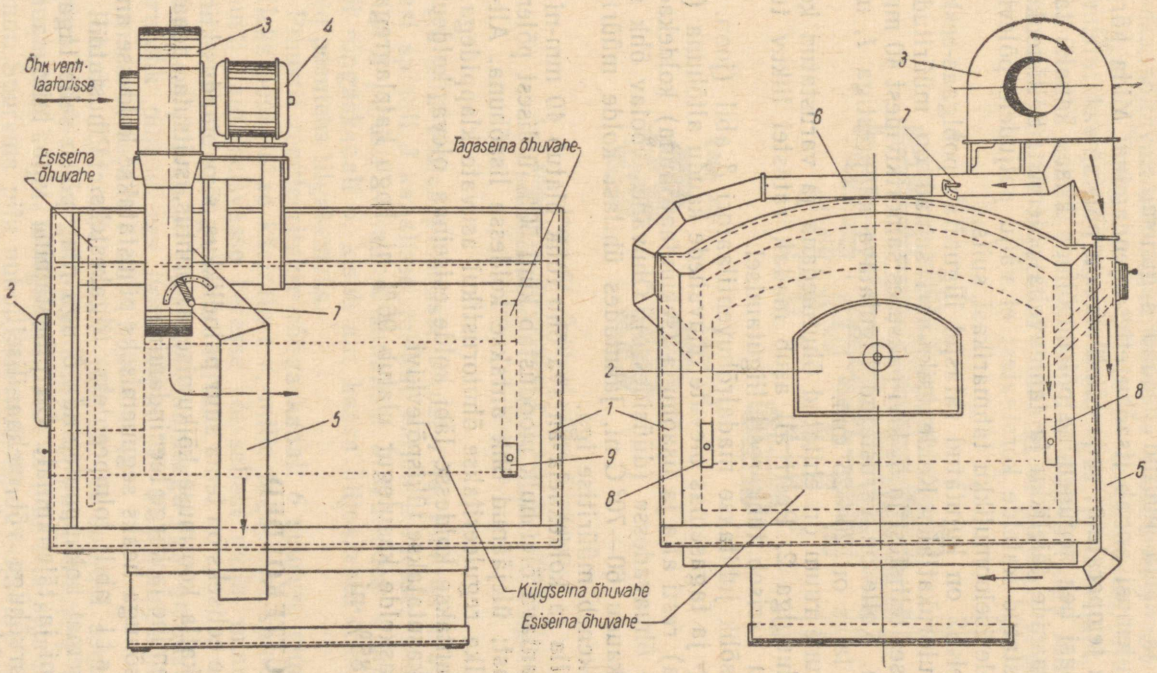
Põlevkivi suur lendosade sisaldus võimaldab väikestes kolletes edukalt rakendada viimast menetlust. Poolgaaskoldes põletatakse põlevkivi tavalise kihtkoldega võrreldes paksemas kihis ja väiksema õhuvooluga läbi kütusekihi. Selle tulemusena eraldub nn. poolgaas, sest koldes ei piisa õhku põlevkivigaaside täielikuks põlemiseks.

Tekkiv poolgaas sisaldab veel suurel määral põlemisvõimelisi lendosi ja süsinikoksiidi (vingugaasi). Poolgaas juhitakse kolde-



Joon. 82. Poolgaas-eeskolle leegi-suitsutorukatlale:

1 — käppresi; *2* — luuk; *3* — tuhakäru; *4* — koldekael; *5* — õhudüüs; *6* — põlemisruum; *7* — šamottvooder.



Joon. 83. Poolgaaskoldesse õhu juhtimise skeem:

1 — kolle; *2* — koldeuks; *3* — ventilaator; *4* — elektrimootor; *5* — altõhutorustik; *6* — sekundaarõhutorustik; *7* — õhuklapp; *8* — sekundaarõhuava (avatakse, kui kolle töötab ventilaatorita); *9* — kolde tagaseina õhuvahe puhastusluuk.

kaela kaudu kolde esimesest osast vaheseinaga eraldatud teise ossa või kambrisse, kus see põleb lõplikult. Koldekaelas toimub poolgaasi ja kaela juhitud lisaõhu segunemine.

Häid tulemusi annab lisaõhu ettesoojendamine. Mida kõrgem on lisaõhu temperatuur, seda täielikum on põlemine.

Poolgaasi hea segunemine põlemisõhuga kitsas kanalis tagab põlevkivigaaside täielikku ja tahmavaba põlemist. Selliste kolletega varustatud katelde korstnatest ei välju paljudele põlevkivikihtkolletele iseloomulikku tahmarikast suitsu.

Joonisel 82 on kujutatud ratastel liigutatav poolgaas-eeskolle leegi-suitsutorukatlale. Kolde esikambri seinad on müüritud 1/4 kivi paksuses tellistest ja 1/2 kivi paksuses šamottkividest 40 mm-se õhuvahega. Kolle on varustatud liigutatava käpprestiga *1*, mille õhupilude laius on 20—25 mm.

Restialune ruum on ehitatud õhutihedana ja varustatud kolde esiküljes luugiga 2. Resti all asub madal, ratastel liikuv tuhakäru, kuhu variseb tuhk resti liigutamisel.

Põlemisõhk juhitakse madalrõhuventilaatori *3* abil (joon. 83) kolde külg- ja tagaseinas olevate õhuvahede kaudu altõhuna (primaarõhuna) resti alla ja lisaõhuna (sekundaarõhuna) koldekaelas asuvatesse õhuavadesse (düüsidesse). Õhuvahes voolav õhk soojeneb ligikaudu 60—70° C-ni, jahutades ühtlasi kolde müüritist, millega pikeneb müüritise iga.

Resti alla ja koldekaela antava õhu rõhk ulatub 40 mm-ni vs; resti alla antava õhu hulk moodustab kuni 50% üldisest põlemisõhu hulgast; ülejäänud õhk antakse koldesse lisaõhuna. Alt- ja lisaõhu hulka reguleeritakse õhutorustikul asuvate klappidega.

Kütus antakse koldesse läbi kolde esiseinas oleva koldeukse. Kütusena kasutatakse tükispõlevkivi.

Poolgaaskolde kasutegur ulatub 96%-ni, kogu katelagregaadi kasutegur 85%-ni.

37. ÕLIKÜTTEKOLDED

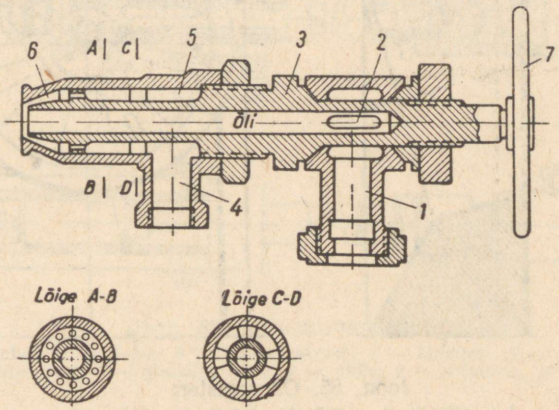
Õlikütte eeliseks on tema suur paindlikkus, s. o. omadus kiiresti kohaneda katla koormuse kõikumisega, puhtus, suitsuta, peaaegu täielik põlemine ja kerge teenindamine.

Põlemisõhuga heaks segunemiseks pihustatakse koldesse antav õli pihusti abil tolmpeenteks tilgakesteks. Pihustatud õli omab suuremat kokkupuutepinda õhuga ning põleb selle tagajärjel kiiremini ja täielikumalt. Õli pihustamine võib toimuda kas auruga, suruõhuga või mehaaniliselt.

Aurupihusteid kasutatakse väiksemate seadmete puhul. Pihustid on ehituselt lihtsad, ei nõua erilist hooldamist ja tagavad head pihustamist, kuid tekitavad töötamisel suurt ja ebameeldivat müra ning põhjustavad suuremat korstnakadu ja tõmbe-

ventilaatori koormamist pihustusauru arvel. Pihusti leek on suhteliselt pikk, mis nõuab pikka kollet. Aurukulu 1 kg õli pihustamiseks, sõltuvalt pihusti ehitusest ja koormusest, moodustab 0,3—0,6 kg, s. o. ligikaudu 3—5% katla tootlikkusest. Aurupihusteid valmistatakse kahte tüüpi — ümmargusi ja lamedaid. Ümmargused pihustid annavad pika, lamedad pihustid aga lühikese leegi.

Joonisel 84 on kujutatud ümmargune Šuhhovi õlipihusti.



Joon. 84. Šuhhovi tüüpi õlipihusti:
1 — kütteõli juurdevoolutoru; *2* — ava; *3* — spindel; *4* — auru juurdevoolutoru; *5* — välimine kanal; *6* — rõngaskanal; *7* — käsiratas.

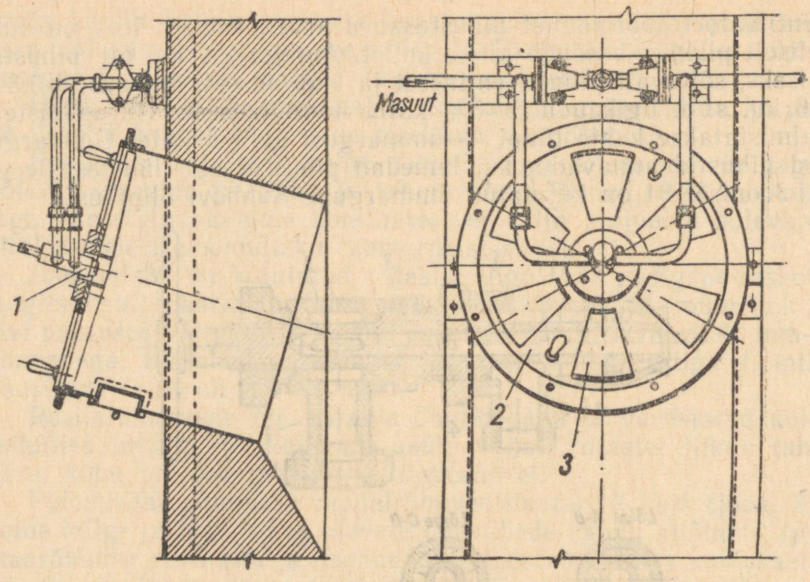
Kütteõli voolab pihustisse torust *1* ja, läbinud avad *2*, liigub edasi spindli *3* kanalisse, millest väljub koldesse. Aur juhitakse torust *4* pihusti välimisse kanalisse *5*. Väljudes suure kiirusega läbi rõngaskanali *6*, kisub aur kaasa õlijoakesed ning pihustab need peenteks tilgakesteks.

Pihustit reguleeritakse rõngaskanali *6* suuruse muutmise teel. Selleks pööratakse käsiratast *7*, mille tagajärjel spindel *3* liigub pihusti paigalseisvasse keresse või sellest välja, muutes spindli ja kere vahelise rõngaskanali laiust.

Šuhhovi pihusti on suure töökindlusega ega ummistu kergesti. Aururõhk pihusti ees peab olema 2—6 kG/cm², sõltuvalt katla koormusest, vajalik õlirõhk kuni 4 m vs.

Pihusti töötamisel tuleb jälgida, et spindel asetseks täiesti keskel. Vastasel korral pihustamine on puudulik ning leek asetseb pihusti ühel küljel. Rõngaspilu laius ei tohi olla suurem kui 0,5—1 mm. Suurema pilu puhul suureneb tunduvalt auru kulu.

Põlemisõhk juhitakse koldesse kas koldes valitseva alarõhu toimel või ventilaatoriga. Kolle varustatakse pihustit ümbritseva õhuregistriga (joon. 85), mis võimaldab õhuhulga paremat reguleerimist ning õhu ühtlasemat jaotamist koldes. Õhuregister



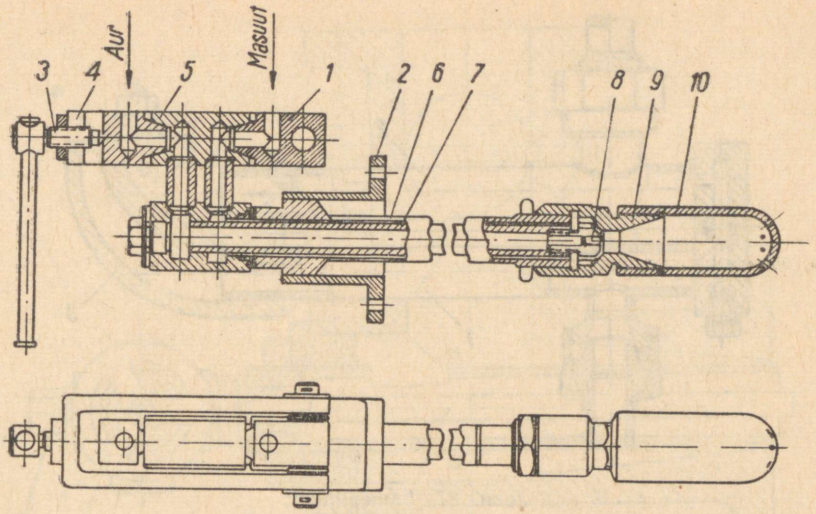
Joon. 85. Õhuregister:
1 — pihusti; *2* — pööratav ketas; *3* — õhuavad.

varustatakse tavaliselt viltu asetsevate labidatega, mille vahelt läbivoolav õhk saab pöörisliikumise ning seguneb selle tõttu paremini pihustatud õliosakestega.

Joonisel 86 on kujutatud «Ilmarise» tehase poolt toodetav auru-masuudipihusti. Aur juhitakse pihustisse aurututsist *5* sisemist terastoru *7* mööda, mille otsa on asetatud kitsenev düüs *8*. Masuut voolab pihustisse kütusetutsist *1* rõngaskanalit mööda, mis moodustub sisemise *7* ja välimise toru *6* vahel. Aurujuga, väljudes suure kiirusega (kuni 600—1000 m/s) düüsist *8*, kisub kaasa rõngaskanalist väljuvad masuudijoakesed. Auru-masuudisegu voolab edasi laienevasse koonusesse — difuusori *9* ning sealt läbi võre *10* augukeste koldesse. Võre vähendab tunduvalt leegi pikkust koldes. Pikema leegi saamiseks paigaldatakse pihustid ilma võreta. Aurukulu 1 kg masuudi pihustamiseks on 0,3—0,5 kg.

Kirjeldatud pihusteid valmistatakse mitmes tüüpsuuruses. Väikese võimsusega pihustite (vt. tabel 24) tootlikkus on 80—550 kg/h, aururõhk 5—26 kG/cm², keskmise võimsusega pihustitel 275—1800 kg/h ja 8—26 kG/cm². Sama tüüpi pööratavaid pihusteid valmistatakse tootlikkusega 60—550 kg/h ja aururõhuga 5—26 kG/cm².

Joonisel 87 on kujutatud lamepihusti (pilupihusti). Viimane koosneb kahest kohakuti asetsevast torust, millest üht mööda (*1*) juhitakse masuuti, teist mööda (*2*) — auru (suruõhupihustites



Joon. 86. Auru-masuudipihusti:
1 — kütusetuts; *2* — äärik; *3* — pingutuskruvi; *4* — klamber; *5* — aurututs; *6* — välimine toru; *7* — sisemine toru; *8* — düüs; *9* — diffuusor; *10* — võre.

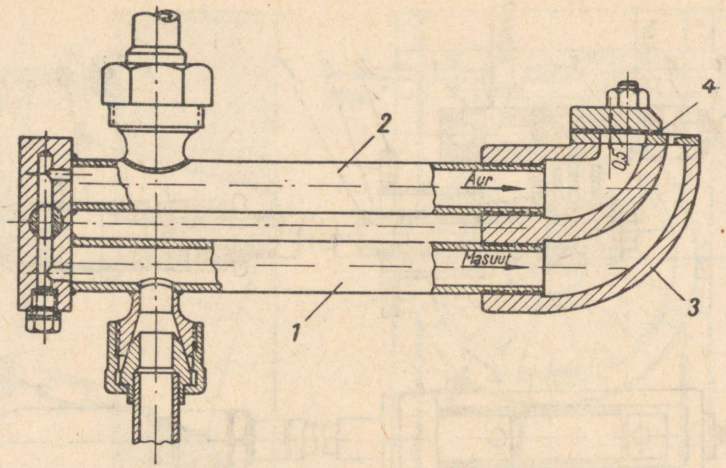
Tabel 24

«Ilmarise» väikese võimsusega auru-masuudipihustite tehnilisi andmeid

Pihusti tüüp		Tootlikkus kg/h aururõhul kG/cm²						
Pika leegiga	Lühikese leegiga	5	8	11	14	17	21	26
OH—549—01	OH—549—08	80	100	125				
OH—549—02	OH—549—09				175	200	250	300
OH—549—03	OH—549—10	115	175	240				
OH—549—04	OH—549—11				300	365	440	540
OH—549—05	OH—549—12	175	275	370	470	550		
OH—549—06	OH—549—13	240	390	535				
OH—549—07	OH—549—14	325	500					

õhku). Masuut suunatakse pihusti suudmetükis *3* alt ülespoole. Aur väljub suure kiirusega kitsast pilust *4* risti masuudi vooluga. Masuut voolab pihustisse väikese rõhu all (1,5—4 m vs), tavaliselt isevoolu teel kõrgemale asetatud tööpaagist. Aururõhk ülekuumendatud auru puhul on 4—5 atü, väljumiskiirus pihustist 600—800 m/s, küllastunud auru puhul vastavalt 2—3 atü ja 400 m/s. Aurukulu ulatub 0,4—0,5 kg ühe kg masuudi kohta.

Pihusti leek on võrdlemisi lühike, mis võimaldab pihustit kasutada väikese pikkusega kolletes.



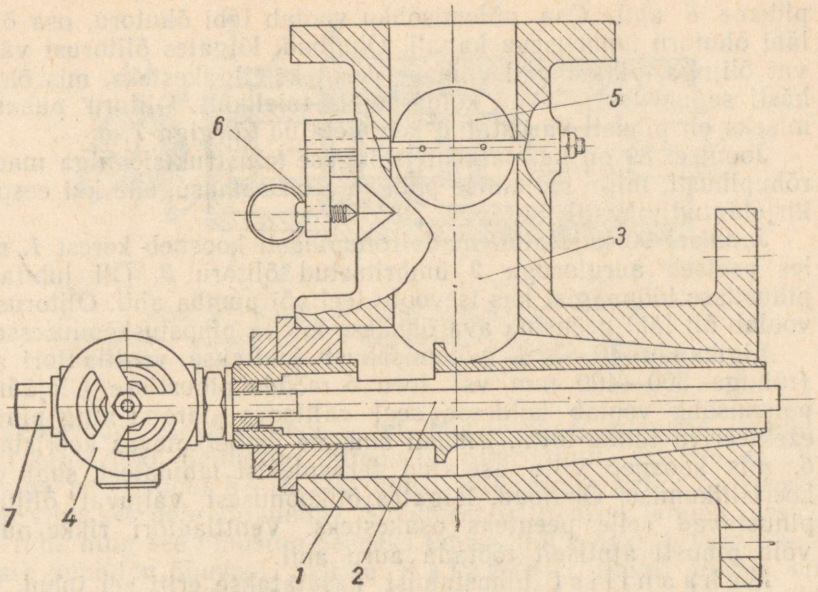
Joon. 87. Lamepihusti:
1 — masuuditoru; *2* — aurutoru; *3* — suudmetükk; *4* — pilu.

Pihustamine suruõhu abil ei erine konstruktiivselt ja põhimõttelt palju eelkirjeldatust. Need pihustid võimaldavad head põlemist ja kõrget kolde temperatuuri, sest puudub auru jahutav mõju. Suruõhu hulk moodustab 5—25% kogu põlemisõhu hulgast. Ülejäänud, põlemiseks vajalik õhk juhitakse koldesse niisamuti nagu aurupihusti puhul. Olenevalt kasutatava õhu rõhust jagunevad suruõhupihustid kõrgrõhupihustiteks ja madalrõhupihustiteks. Kõrgrõhupihustid annavad pika ja terava leegi, mistõttu nõuavad pikka kollet. Suruõhku toodetakse kompressoritega; õhu rõhk ei tohi olla 4 atü. Pihustite ehitus sarnaneb üldjoontes aurupihustite ehitusega.

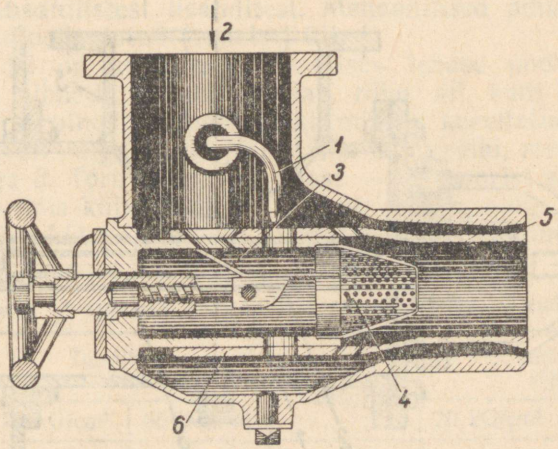
Madalrõhupihustites kasutatakse õli pihustamiseks õhku rõhuga 300—400 mm vs. Neis pihusteis juhitakse 60—75% üldisest põlemisõhu hulgast koldesse läbi pihusti, puudu jääv osa aga läbi õhuavade. Õhujoale antakse pihustis pöörlev liikumine. Vajalik suruõhk toodetakse ventilaatoritega.

Võrreldes kõrgrõhupihustitega on madalrõhupihustite leek lühem ja ühtlasi laiem. Tingituna lisaseadmete, kompressorite ja ventilaatorite vajadusest on pihustamine suruõhu abil vähem levinud.

Joonisel 88 kujutatud madalrõhupihusti koosneb valatud kerest *1*, milles on õhutoruga ümbritsetud õlitoru *2*. Pihustit läbivat õlihulka reguleeritakse reguleerventiiliga *4*. Pihustusõhk rõhuga ligikaudu 250 mm vs antakse pihustisse ventilaatori abil. Õhu hulka, vastavalt katla koormusele, reguleeritakse pööratava õhuklapiga *5*, mida on võimalik asetada soovitavasse asendisse käe-



Joon. 88. Madalrõhupihusti:
1 — kere; *2* — õlitoru; *3* — õhukanal; *4* — reguleerimisventiil; *5* — õhuklapp; *6* — käepide; *7* — kork.



Joon. 89. Madalrõhupihusti:
1 — õli juurdevool; *2* — õhu juurdevool; *3* — taldrik; *4* — segamissõel; *5* — ringpilu; *6* — kolbsiiber.

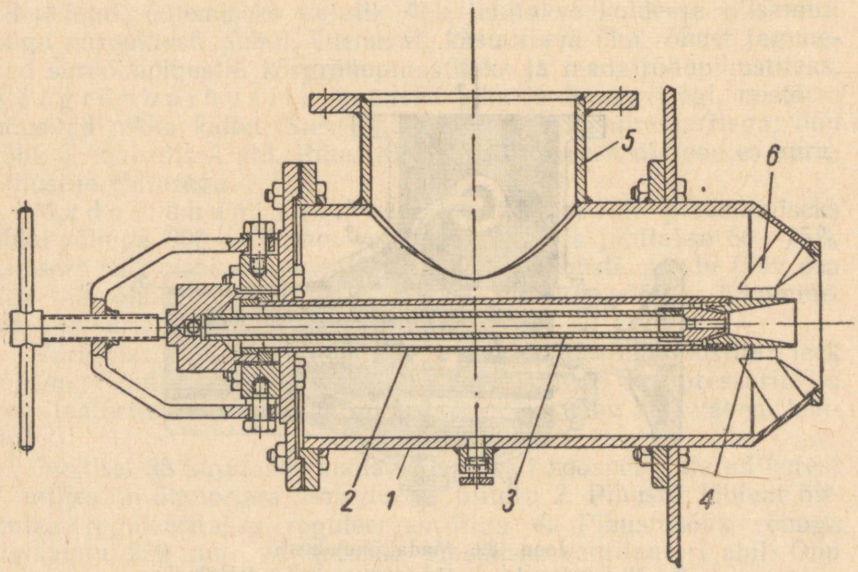
pideme *6* abil. Osa põlemisõhku voolab läbi õhutoru, osa õhku läbi õhutoru ümbritseva kanali. Õhujoad, lõigates õlitorust väljuvat õlijuga, pihustavad viimase peenteks tilgakesteks, mis õhuga hästi segunedes põlevad kolderuumis täielikult. Õlitoru puhastamiseks on pihusti varustatud keermetatud korgiga *7*.

Joonisel 89 on kujutatud teistsuguse konstruktsiooniga madalrõhupihusti, mille töötamise põhimõte on samasugune kui eespool kirjeldatud pihustil.

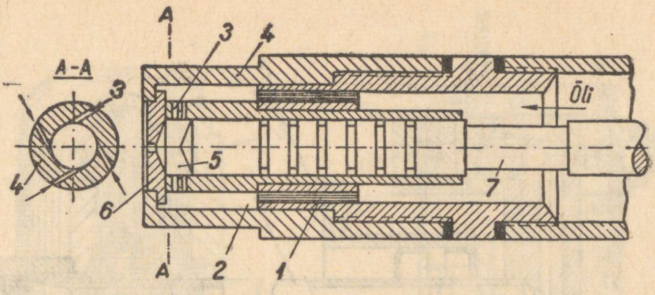
Joonisel 90 kujutatud madalrõhupihusti koosneb kerest *1*, milles asetseb aurutoruga *2* ümbritsetud õlitoru *3*. Õli juhitakse pihustisse tööpaagist kas isevoolu teel või pumba abil. Õlitorust *3* voolab õli läbi peenema ava õhukese kilena pihustuskoonusesse *4*.

Ligikaudu 40—70% põlemisõhust juhitakse ventilaatori abil (rõhuga 300—400 mm vs) toru *5* mööda pihustisse. Ülejäänud põlemisõhk voolab koldesse seal valitseva alarõhu ning pihusti ežekteeriva toime tõttu. Pihusti suudme ümber olevas keeristajas *6*, mis koosneb viltu asetatud terasplekist labidatest, saab õhk keerisliikumise. Õhujoad, lõigates õlikoonusest väljuvat õlijuga, pihustavad selle peenteks osakesteks. Ventilaatori rikke puhul võib pihusti ajutiselt töötada auru abil.

M e h a a n i l i s t pihustamist kasutatakse eriti sel juhul, kui on vaja vähendada aurukulu ja koguda kondensaati, näiteks



Joon. 90. Madalrõhupihusti:
1 — kere; *2* — aurutoru; *3* — õlitoru; *4* — pihustuskoonus; *5* — õhutoru; *6* — keeristaja.



Joon. 91. Kalatševi tüüpi mehaaniline pihusti:
1 — avad pihustipeas; *2* — rõngaskamber; *3* — kaldaugud; *4* — pihustipea; *5* — kamber; *6* — pihustusseib; *7* — reguleerimisvarras.

merelaevadel, elektrijaamades jm. Mehaanilised pihustid jagunevad kahte liiki. Esimestes toimub õli pihustamine sel teel, et õlipumba poolt rõhul 5—15 atü pihusti suudmesse antav õli omandab viimases pöörisliikumise. Suudmest väljumisel langeb järsult õli rõhk ning see pihustub peeneks uduks, mille haarab kaasa koldesse suunduv õhuvool. Selline Kalatševi tüüpi pihusti on näidatud joonisel 91. Õli satub pihusti peas olevate avade *1* kaudu rõngaskambrisse *2* ja sealt läbi kaldaukude *3* kambrisse *5*. Õliosakesed väljuvad pihustusseibi *6* tsentraalse ava kaudu, säilitades seejuures oma pöörlevat liikumist. Õlihulka reguleeritakse varda *7* keeramisega, millega suletakse või avatakse kaldaugud *3*.

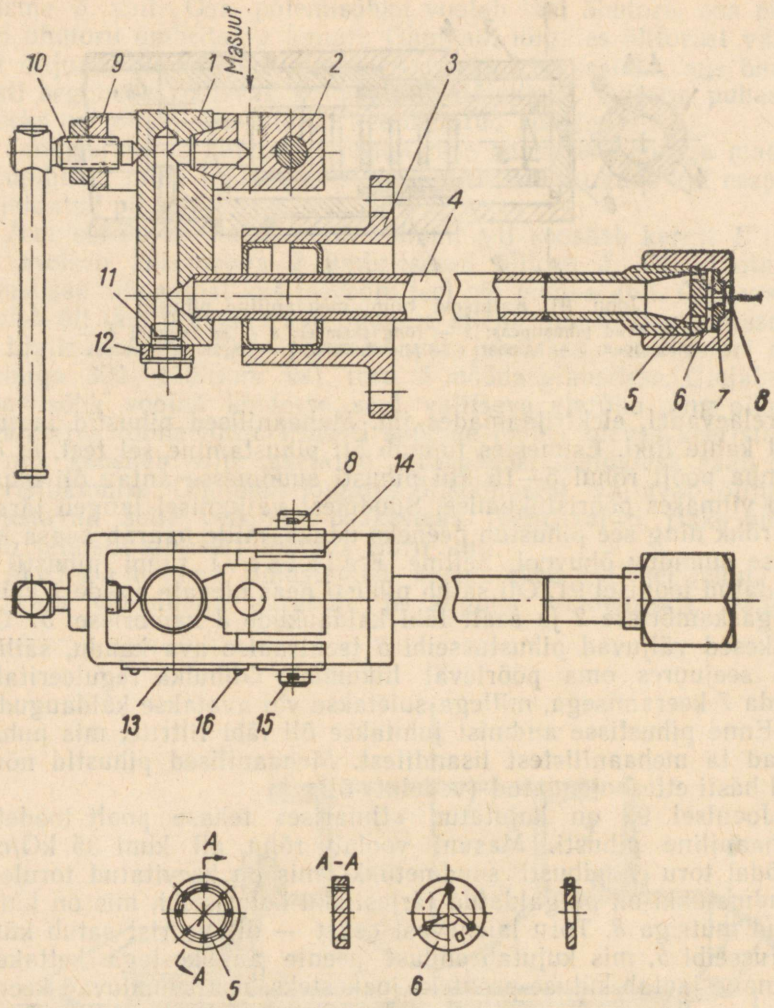
Enne pihustisse andmist juhitakse õli läbi filtrite, mis puhastavad ta mehaanilistest lisanditest. Mehaanilised pihustid nõuavad hästi ettesoojendatud (vedelat) õli.

Joonisel 92 on kujutatud «Ilmarise» tehase poolt toodetav mehaaniline pihusti. Masuut voolab rõhu all kuni 35 kG/cm² mööda toru *4* pihusti suudmetükki, mis on keevitatud torule *4*. Suudmetükki on paigaldatud järjestikku kolm seibi, mis on kinnitatud mutriga *8*. Toru laienevast osast — difuusorist satub kütus jaotusseibi *5*, mis kujutab endast peente augukestega kettakest. Viimane jaotab kütuse peenteks joakesteks, mis suunduvad keeris-

Tabel 25

«Ilmarise» väikese võimsusega mehaaniliste pihustite tehnilisi andmeid

Pihusti tüüp	Tootlikkus rõhul		Pihusti tüüp	Tootlikkus rõhul	
	20 kG/cm²	35 kG/cm²		20 kG/cm²	35 kG/cm²
OH—521—01	80	110	OH—521—06	250	330
OH—521—02	120	160	OH—521—07	280	360
OH—521—03	160	220	OH—521—08	400	520
OH—521—04	180	230	OH—521—09	520	690
OH—521—05	210	270	OH—521—10	660	860

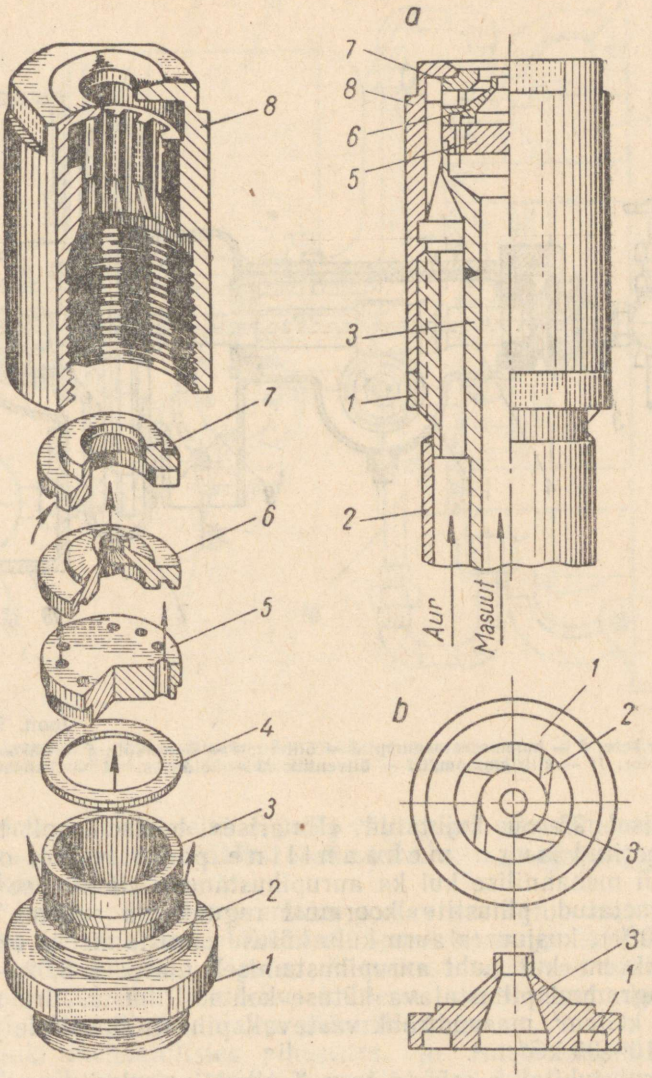


Joon. 92. Mehaaniline pihusti.

1 — otstükk; *2* — kütusetuts; *3* — äärik; *4* — masuuditoru; *5* — jaotusseib; *6* — keeristaja; *7* — düüs; *8* — mutter; *9* — klamber; *10* — pingutuskruvi.

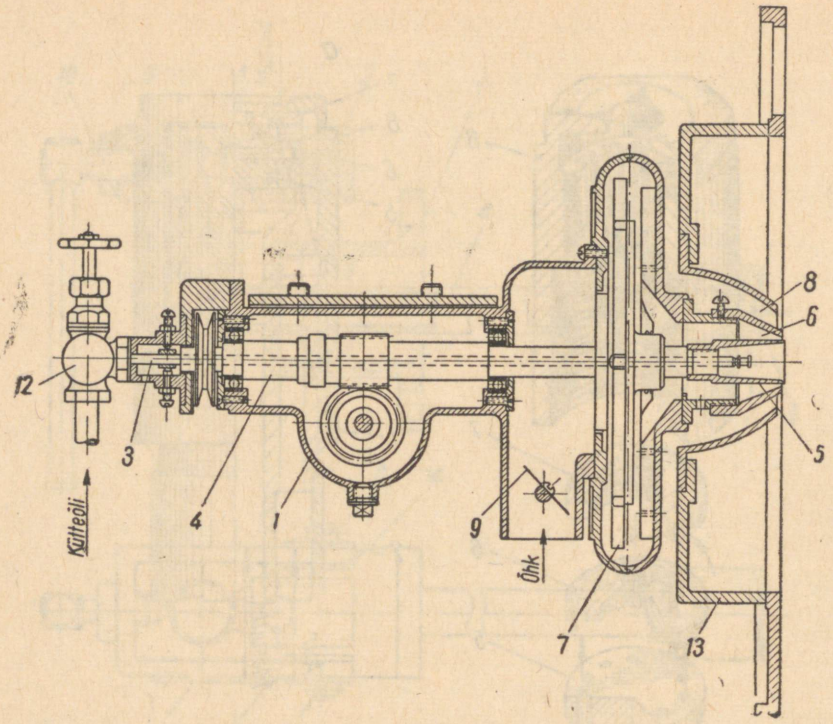
taja *6* tangentsiaalsete kanalite kaudu edasi selle laienevasse ossa — keeriskambrisse, kus nad saavad keerisliikumise. Keerlevad kütusejoakesed väljuvad läbi düüsi *7* ava koldesse, mille juures nad pihustatakse ning segatakse hästi õhuga.

Kirjeldatud pihusteid valmistatakse mitmes tüüpsuuruses. Väikese võimsusega pihustite (vt. tabel 25) tootlikkus on 80—860 kg/h, keskmise võimsusega pihustitel 400—2600 kg/h.



Joon. 93. Auru-mehaaniline pihusti:

a — suudmeosa: *1* — kontramutter; *2* — aurutoru; *3* — masuuditoru; *4* — punasest vasest tihendusseib; *5* — jaotusseib; *6* — pihustusseib; *7* — auru keeristaja; *8* — mutter. *b* — pihustusseib: *1* — rõngaskanal; *2* — tangentsiaalkanal; *3* — keeriskamber.



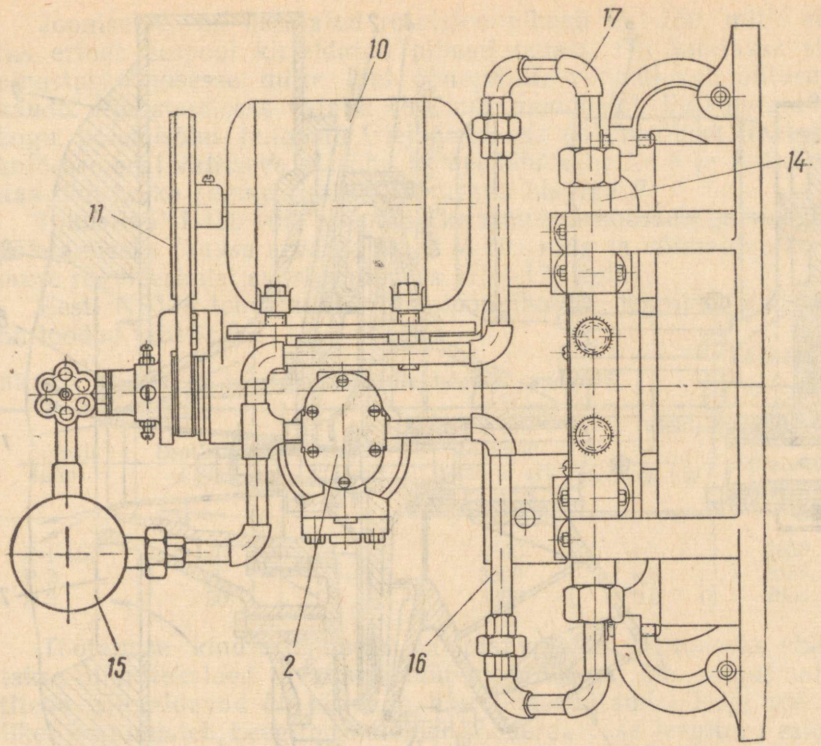
Joon. 94. Rotat-

1 — kere; *2* — hammasrataspump; *3* — õlitoru; *4* — õõnesvõll; *5* — õlikoonus; mootor; *11* — kiilrihmajam; *12* — õliventiil; *13* — koldeuks; *14* — kandetelg;

Joonisel 93 on kujutatud «Ilmarise» tehase poolt toodetav kombineeritud auru-mehaaniline pihusti, milles on ühendatud nii mehaanilise kui ka aurupihustamise viisid. See võimaldab nimetatud pihustite koormust reguleerida suurtes piirides (20—100%), kusjuures auru kulu kütuse pihustamiseks on tunduvalt väiksem kui puht aurupihustamisel, ulatudes 0,02—0,03 kg ühe kilogrammi pihustatava kütuse kohta. Pihustusauru rõhk on 0,7—1,5 kG/cm², masuudirõhk vastavalt pihusti suurusele ja koormusele 10—35 kG/cm².

Masuut juhitakse mööda toru *3* pihusti suudmikusse, mis on keevitatud toru *3* külge. Samasse juhitakse toru *2* kaudu auru.

Pihusti suudmikku on asetatud järjestikku kolm seibi, mis kinnitatakse mutriga *8*. Jaotusseibis *5* on hulk väikese läbimõõduga auke, mis jaotavad kütuse peenteks jaokesteks. Kütusejoakesed juhitakse edasi pihustusseibi *6* rõngaskanalisse ning sealt tangentsiaalseid kanaleid mööda edasi selle keeriskambrisse (joon. 93, *b*), kus nad tsentrifugaaljõu toimel surutakse vastu



sioonipihusti:

6 — õhukoonus; *7* — õhuventilaator; *8* — õhukanal; *9* — õhuklapp; *10* — elektri-
15 — õlieelsoojendi; *16* — õli juurdevoolutoru; *17* — ülevoolutoru.

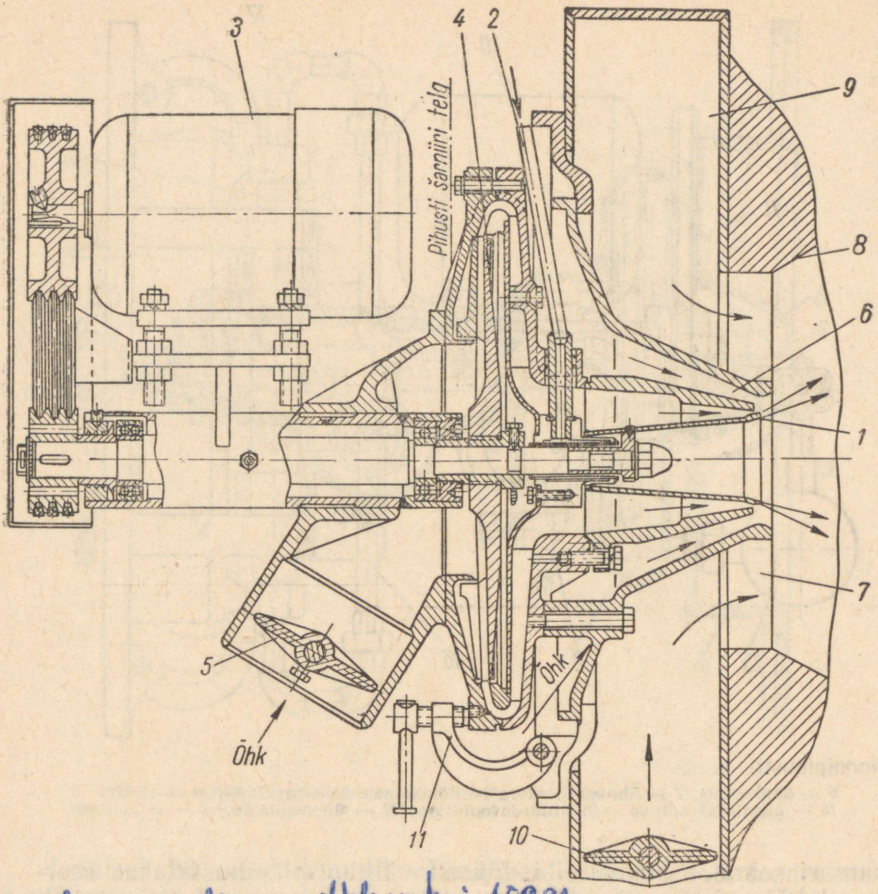
kambri seinu. Pihustusseibi düüsist väljumisel pihustatakse keerlevad kütusejoakesed peenteks osakesteks, mis moodustavad koldes õõneskoonuse kujulise joa.

Toru *2* kaudu pihusti suudmikku voolav aur satub aurukeeristajasse, kus ta saab keerisliikumise. Suure kiirusega keeristajast väljuvad auruosakesed, lõigates õliosakesi, tekitavad täiendava pihustamisefekti. Õhk juhitakse koldesse ventilaatori abil läbi õhuregistri, milles õhule antakse pöörisliikumine.

Teist liiki mehaanilistes pihustites, nn. rotatsioonpihustites, toimub õli pihustamine tsentrifugaaljõu mõjul, mis tekitatakse pihusti suudme pöörlemisega.

Rotatsioonpihustis (joon. 94) surutakse õli väikese hammasrataspumba *2* abil 1,5—2,5 atü rõhu all läbi õlitoru *3* pihusti pöörlevasse õlikoonusesse *5*.

Õlitorust *3* väljudes langevad õliosakesed pöörleva õlikoonuse sisepinnale, kus neile antakse keerisliikumine. Sattudes õlikoonuse otsast väljumisel madalrõhuventilaatorist *7* tulevasse õhuvoolu,



Pundu on aimlt magnetklapp kui AEB 90

Joon. 95. Rotatsioonpihusti P-1-150:

1 — koonus; *2* — õlitoru; *3* — elektrimootor; *4* — ventilaator; *5* — pööratav õhuklapp; *6, 7* — sekundaarõhukanalid; *8* — ambrasuur; *9* — õhukarp; *10* — pööratav sekundaarõhuklapp; *11* — kinnitis.

pihustatakse õliosakesed peeneks uduks ja kistakse õhuvooluga kaasa. Osa õhku imetakse koldesse seal valitseva alarõhu tõttu pihustit ümbritseva välimise kanali *8* kaudu. Peale selle juhitakse põlemisõhku koldesse veel esiseinas oleva õhuava kaudu, mis on varustatud luugiga.

Ventilaator ja pihusti koonus asuvad õõnesvõllil *4*, mille paneb pöörlema elektrimootor *10* kiilrihmajami *11* abil. Sama võll käitab ka õli etteandepumpa. Õlihulka reguleeritakse ventiiliga *12*, õhuhulka — klapiga *9*. Kogu pihusti on kolde esiseinast hõlpsasti eemale keeratav. Pihusti leek on lühike ja lai.

Kütteõli juhitakse enne pihustisse andmist läbi õlifiltri.

Joonisel 95 on kujutatud rotatsioonpihusti P-1-150, mille ehitus erineb eespool kirjeldatud pihusti omast. Õli juhitakse siin pihustuskoonusesse mitte läbi õõnesvõlli, vaid ülevalt õlitoru *2* kaudu. Pihustamiseks vajalik õhu hulk moodustab ligikaudu 10% kogu põlemisõhu hulgast. Ülejäänud osa põlemisõhust imetakse koldesse seal valitseva alarõhu toimel läbi kanalite *6* ja *7*. Sekundaarõhu hulka reguleeritakse pööratava klapiga *9*.

Pihustit P-1-150 võib kasutada ka suure viskoossusega masuudi põletamiseks (kaasa arvatud mark M-80) ning ta võimaldab koormuse reguleerimist suurtes piirides (15—170 kg/h).

Eesti NSV-s toodetavate rotatsioonpihustite tehnilisi andmeid on toodud tabelis 26.

Tabel 26.

ENSV-s toodetavate rotatsioonpihustite tehnilisi andmeid

Pihusti tüüp	Tootlikkus kg/h	Õlirõhk kG/cm²	Pihusti koonuse pöörete arv minutis	Elektrimootori	
				võimsus kW	pöörete arv minutis
P-1-150	150	1,5—2,5	4600	1,7	2850
P-2	40	1,5—2,5	3300	0,6	2830
P-3	50	1,5—2,5	3300	0,6	2830

Töötamise kindlustamiseks ja plahvatuste vältimiseks ehitatakse õliküttekolded tavaliselt süütemüüritisega, mis soojusmahutitena võimaldavad õli kiiret ja häireteta süütamist leegi võimalikel kustumistel. Leegitorukateldel vooderdatakse leegitoru esiosa tulekindlate kividega, sest vastasel korral jääb kolde temperatuur intensiivse soojusülekande (kiirguse) tõttu liiga madalaks.

Õliküttekolle annab täieliku põlemise liigõhuteguriga $\alpha = 1{,}20—1{,}25$.

38. GAASIKÜTTEKOLDED

Põlemiseks on vaja koos gaasiga anda koldesse ka vastav hulk õhku. Põlemiseks vajalik õhuhulk oleneb gaasi koostisest. Praktiliselt on gaasi iga 900—1000 kcal kohta vaja koldesse anda 1 m³ õhku.

Gaasi täielikuks põlemiseks vajalik liigõhutegur oleneb põletite ja kolde konstruktsioonist. Paremates konstruktsioonides on liigõhutegur piirides 1,05—1,2. Põlemisõhk võib olla kas primaarne või sekundaarne.

Primaarne on õhk, mis suundub põletisse, et seal gaasiga seguneda. Sekundaarõhk juhitakse koldesse (põlemiskambrisse) mitte segatult gaasiga, vaid eraldi. Olenevalt põletite konstruktsioonist võib primaarõhk moodustada kogu põlemisõhust 0—100%. Esimesel juhul on kogu põlemisõhk sekundaarne, viimasel juhul aga primaarne.

Käesoleval ajal kasutatakse palju mitmesuguseid põleteid, mis erinevad gaasi juurdeandmise või põletamise viisi poolest. See tingib vajaduse põletite klassifitseerimiseks, mille aluseks võib olla primaarõhu hulk, gaasi segunemise koht õhuga või gaasi põletisse juhtimise viis.

Käesolevas raamatus kasutatakse põletite klassifikatsiooni, mis arvestab primaarõhu andmise moodust ja gaasi rõhku. Selle järgi võib põleteid jaotada nelja põhigruppi:

1. Difusioonpõletid:
a) madalrõhulised;
b) keskrõhulised.

Tunnus: primaarõhk puudub.

2. Inžektsioonpõletid:
a) madalrõhulised;
b) keskrõhulised.

Primaarõhu liigõhutegur $\alpha \geqslant 1$.

3. Sundõhupõletid (segamispõletid):
a) madalrõhulised;
b) keskrõhulised.

Primaarõhu liigõhutegur $\alpha > 1$.

4. Kombineeritud põletid:
a) madalrõhulised;
b) keskrõhulised.

Primaarõhu liigõhutegur $\alpha \geqslant 1$.

Põletite jaotamine madal- ja keskrõhulisteks on tingitud gaasirõhust torustikus. Madalrõhutorustikes lubatakse gaasi rõhku kuni 500 mm vs, keskrõhutorustikes 500 mm vs kuni 3 at.

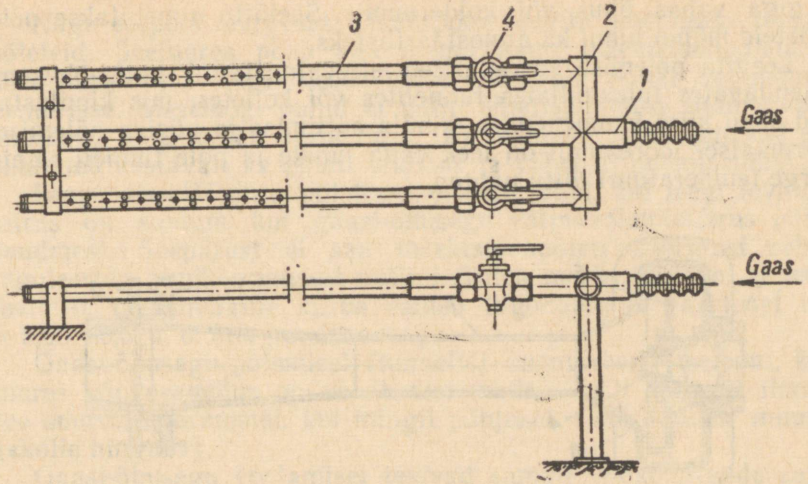
Eesti NSV-s on peamiseks küttegaasiks põlevkivigaas, NSV Liidu muudes osades aga looduslik gaas.

Difusioonpõletite kasutamisel suundub kogu põlemisõhk gaasileeki ümbritsevast atmosfäärist difusiooni teel. Kuna difusiooniprotsess on aeglane, siis muutub leek pikaks. Seetõttu on difusioonpõletite kasutamine raskendatud, kui gaasi küttevääртus on kõrge ja põlemiskambri (kolde) maht väike.

Difusioonpõletid (joon. 96) leiavad tavaliselt kasutamist väikese võimsusega katelde kolletes. Vajalik minimaalne gaasi rõhk on sel juhul 10—20 mm vs. Difusioonpõletite eeliseks on lihtne konstruktsioon, püsiv leek, suur koormuse reguleerimise piirkond ja leegi tugev kiirgamine.

Teist liiki difusioonpõleteid (atmosfäärilisi) (joon. 97) kasutatakse sageli sisekoldega malmkatelde juures gaasi rõhu puhul 50—60 mm vs.

Nendes põletites imetakse osa põlemiseks vajalikku õhku põletitorusse läbi õhukoonuse. Õhu hulk on reguleeritav seibiga.



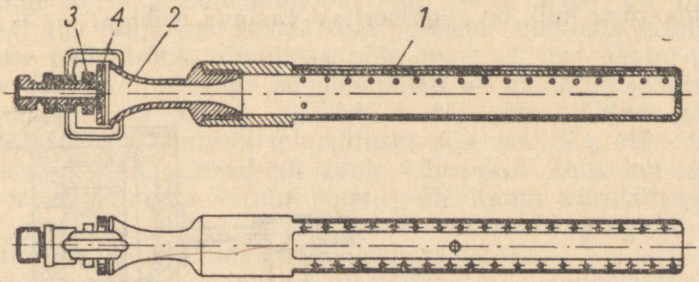
Joon. 96. Difusioonpõleti:
1 — gaasitoru; *2* — kollektor; *3* — aukudega põletitoru; *4* — gaasikraan.

Inžektsioonpõletites (madal- ja keskrõhulistes) imetakse osa või kogu põlemisõhk põletisse gaasijoa kineetilise energia arvel. Seega pole vaja põlemisõhu andmiseks ventilaatoreid, mis säästab elektrienergiat ja muudab montaaži odavaks.

Inžektsioonpõleti hinnatavaks omaduseks on inžektsioonivõime püsivus gaasi rõhu võimalikul muutumisel põleti ees. Seetõttu säilib gaasi rõhu, seega ka gaasi kulu muutumisel koldesse antav gaasisegu koostis endisena, mis kindlustab põlemisproduktide püsiva koostise.

Olenevalt põlemise korraldamise moodusest võib inžektsioonpõletitega saada leegiga või leegita (lühikese leegiga) põlemise.

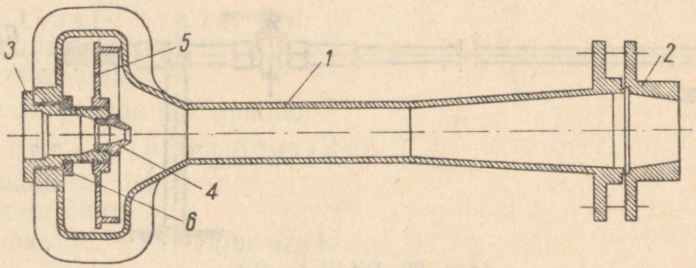
Leegiga inžektsioonpõleti puhul põleb gaasi-õhusegu nähtava



Joon. 97. Atmosfääriline põleti:
1 — aukudega põletitoru; *2* — õhukoonus; *3* — gaasidüüs; *4* — reguleerimisseib.

leegiga vabas õhus või kolderuumis. Seetõttu nimetatakse neid põleteid mõnel juhul ka atmosfäärilisteks.

Leegita põlemise korral põleb ettevalmistatud gaasi-õhusegu helendavates tulekindlates tunnelites või kolletes, mis kindlustavad segu kiire kuumenemise, kindla süttimise ja püsiva põlemise. Normaalsel töörežiimil on leek väga lühike ja pole tunneli seinte kõrge temperatuuri tõttu nähtav.

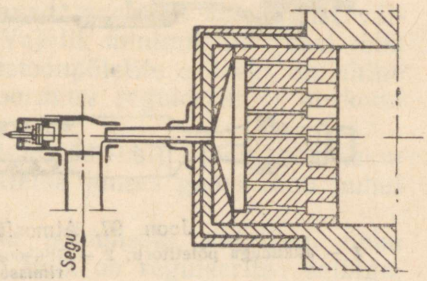


Joon. 98. Inžektsioonpõleti (150 m³/h):
1 — kere; *2* — suudmetükk; *3* — ühenduspuks; *4* — düüs; *5* — reguleerimisseib; *6* — kontramutter.

Joonisel 98 on toodud «Eesti Projekti» poolt projekteeritud inžektsioonpõleti võimsusega 150 m³ gaasi tunnis, mis töötab gaasirõhul 700—1000 mm vs. On projekteeritud ka võimsamaid põleteid — kuni 1500 m³ gaasi tunnis, mis töötavad gaasirõhul 400—1500 mm vs.

Suudmetüki täitmine metall-laastudega kindlustab põleti rahuliku töötamise ja väldib suudmetüki kuumenemist, kuid vajab laastude takistuse tõttu pisut kõrgemat rõhku. Tolmuse õhu korral kipuvad aga põletid sel juhul ummistuma.

Paljude väljavooluavadega inžektsioonpõletit (joon. 99) kasutatakse sageli sisekoldega malmkateldes gaasirõhul 50—60 mm vs. Primaarõhu hulk on reguleeritav vastava seibiga.



Joon. 99. Paljude väljavooluavadega inžektsioonpõleti.

Nagu eespool märgitud, kasutatakse leegita põlemiseks tunnelpõleteid. Seejuures peab aga olema nagu inžektsioonpõletitegi korral välditud leegi sisselöömise võimalus põleti segunemiskambrisse. Sisselöögi puhul ei välju põletisuudmest enam gaasiõhusegu, vaid põlemisproduktid. Et viimaste maht on suurem, suureneb vastavalt ka põleti takistus ja väheneb imemisvõime.

Leegi sisselöömine põletisse esineb juhul, kui leegi levimise kiirus on suurem kui gaasi-õhusegu väljavoolamiskiirus põleti suudmest. Seepärast ei saa inžektsioonpõleti koormust vabalt reguleerida nimikoormusest nullini. Tuleb meeles pidada, et leegi levimise maksimaalne kiirus esineb liigõhuteguri väärtusel $\alpha = 0{,}05—0{,}5$, s. o. õhu puudusel.

Gaasi-õhusegu põlemisel (tunnelis) on pulseeriv iseloom, kusjuures võnkesagedus on võrdlemisi madal. Eriti selgesti ilmneb see suurtel koormustel, kui mingil põhjusel rõhk koldes muutub («kolle hingab»).

Gaasi-õhusegu voolamisel tekivad samuti võnked. Nende sageduste kokkusattumisel võnkumisega tunnelis tekib resonants ja esineb leegi sisselöömine põletisse.

Mõnedel juhtudel esineb koldes võnkumine helisageduse piirides, mille tulemusel hakavad põletid tugevasti «vilistama». Selle kõrvaldamiseks piisab sageli liigõhuteguri muutmisest.

Leegita põletamise mitmesugused moodused on näidatud joonisel 99. Seejuures võivad tunnelid (kanalid) olla metalsed või keraamilised. Keraamilised kanalid kaetakse tulekindla massiga vastavate šabloonide abil. Massi soovitavaks koostiseks on 45% kroomrauamaaki, 45% põletatud magnesiiti ja 10% tulekindlat savi. Mass segatakse veega taignataoliseks, millele lisatakse 2% vesiklaasi.

Sundõhupõleteid nimetatakse sageli ka segamispõletiteks. Neisse põletitesse antakse kogu põlemisõhk primaarõhuna ventilaatorite abil. Põletite eeliseks on gaasi-õhu suhte hea reguleerimine.

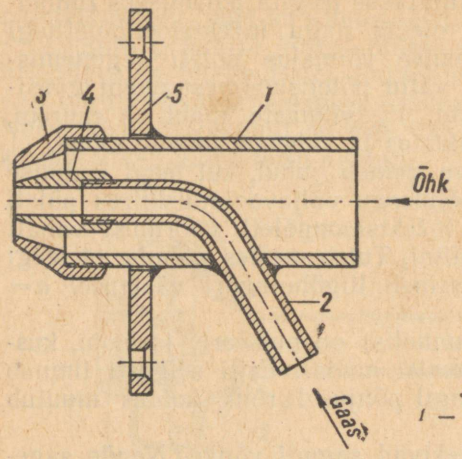
Kõige lihtsama sundõhupõleti tüüp (toru torus) on näidatud joonisel 100. Vajaduse korral võib põleteid koondada gruppidesse ja anda põlemisõhk kõikidesse põletitesse ühisest õhutorustikust.

Keraamilise tunneliga sundõhupõleti on näidatud joonisel 101.

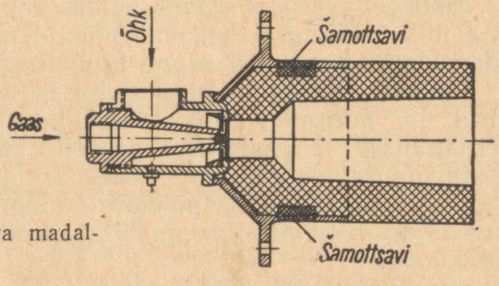
Kombineeritud põletid on ette nähtud gaasi ja varukütuse (masuudi või tolmkütuse) põletamiseks. Mõned konstruktsioonid võimaldavad nii kahte kütuseliiki koos kui ka kumbagi eraldi põletada. Nende põletite üleviimine varukütusele (kui gaasi saamine millegipärast katkeb) toimub agregaati seisma jätmata, mis on töökindluse seisukohast vajalik.

Teistel põletitüüpidel on varukütusele üleminekuks vajalik lühiajaline seisak mõningate sõlmede vahetamiseks.

Kombineeritud põletite gaasiosa valmistatakse tavaliselt nagu sundõhupõletitel. Põletisse juhitav gaasi põlemisõhk kasutatakse



Joon. 100. Lihtne sundõhupõleti:
1 — õhutoru; *2* — gaasitoru; *3* — õhukoonus; *4* — gaasidüüs; *5* — kinnitusäärik.



Joon. 101. Keraamilise tunneliga madalrõhuline sundpõleti.

varukütusele üleminekul viimase süütamiseks. Agregaadi soojusliku koormuse säilitamiseks on soovitav, et kombineeritud põleti gaasiosa ja varukütuseosa oleksid ligikaudu ühesuguse võimsusega.

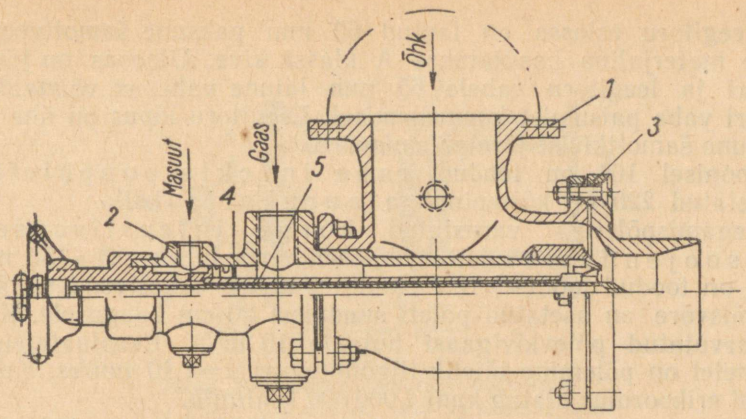
Joonisel 102 on toodud «Mosgaasprojekti» poolt välja töötatud kombineeritud põleti tootlikkusega 15 ja 35 m^3/h. Põletid on analoogilised ja erinevad ainult mõõtmetelt.

Selle põleti peamiseks iseärasuseks on muudetava suurusega õhu väljavoolu ava, mis võimaldab reguleerida õhu andmist, säilitades masuudi korralikuks pihustamiseks vajalikku rõhku.

Õhuava suurus on muudetav käsirattaga, mis liigutab vastavat kolbi piki põleti telge.

Põleti võib töötada gaasi, masuudi või mõlema kütusega korraga.

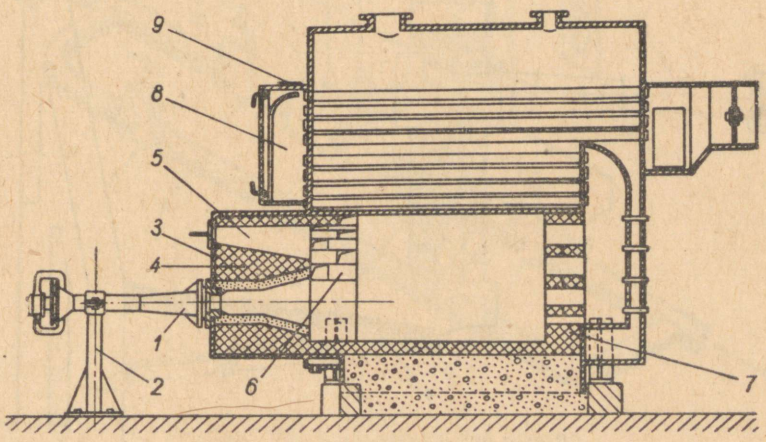
Olemasolevate katelde üleviimisel gaasiküttele võib edukalt kasutada ükskõik millist tüüpi põleteid, sest kolderuumid on küllalt suured katla nimivõimsuseks vajaliku gaasihulga läbipõleta-



Joon. 102. Gaasi-masuudipõleti:
1 — korpus; *2* — alus; *3* — otsmik; *4* — gaasitoru.

miseks. Uute gaasiküttel töötavate katelde projekteerimisel lähtutakse enamikul juhtudel inžektsioonpõletitest, mis võimaldavad kolderuumi erikoormust tõsta kuni 1 500 000 kcal/m³h. Seejuures olgu tähendatud, et ka segamispõletitega on võimalik saavutada selliseid ja isegi suuremaid kolderuumi soojuslikke koormusi, kui kolle on õigesti konstrueeritud.

Joonisel 103 on kujutatud põlevkivigaasiga töötav s i s e k o l d e g a s o o j a v e e k a t e l küttepinnaga 50 m².



Joon. 103. Sisekoldega soojaveekatel gaasiküttel:
1 — põleti; *2* — tugi; *3* — kolde esiplaat; *4* — müüritis; *5* — vaateava; *6* — leegitoru vooder; *7* — järelpõlemisvõre; *8* — suitsukamber; *9* — plahvatusklapp.

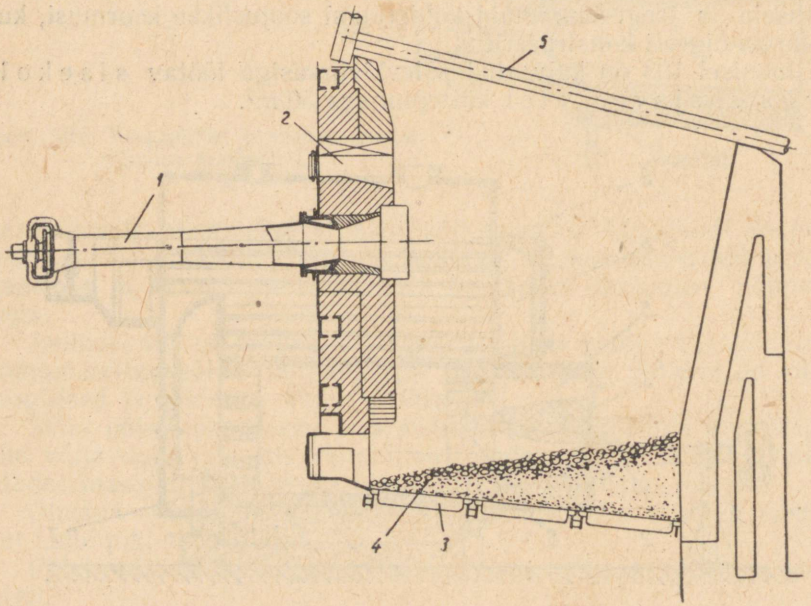
Leegitoru esiossa on laotud 60 mm paksune šamottvooder, mille materjalina kasutatakse A klassi kive. Ülaosas on jäetud voodri ja leegitoru vahele 65 mm laiune vahe, et võimaldada voodri vaba paisumist kuumenemisel. Leegitoru lõpus on ühe kivi paksune šamottkivist järelpõlemisvõre.

Joonisel 104 on toodud kahe inžektsioonpõletiga varustatud 220 m² küttepinnaga aurukatla kolle.

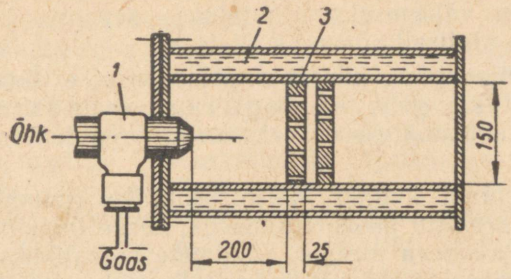
Segamispõletiga varustatud kõrge intensiivsusega veesoojendusseadme väikeseläbimõõduline (Ø=150 mm) kolle on toodud joonisel 105. Kolde s puudub šamottvooder. Järelpõlemisvõre on asetatud põleti suudmest 20 cm kaugusele. Kolle on arvutatud põlevkivigaasi hulgale 10 m³/h. Ekspluatatsiooni andmetel on põlemine täielik liigõhuteguri $\alpha = 1{,}10$ juures. Kolderuumi erikoormus ulatub kuni 1 000 000 kcal/m³h.

Ühe suure põleti asendamisel rea väikeste nn. multipõletitega on võimalik kolderuumi erikoormust tõsta kuni 10 000 000 kcal/m³h.

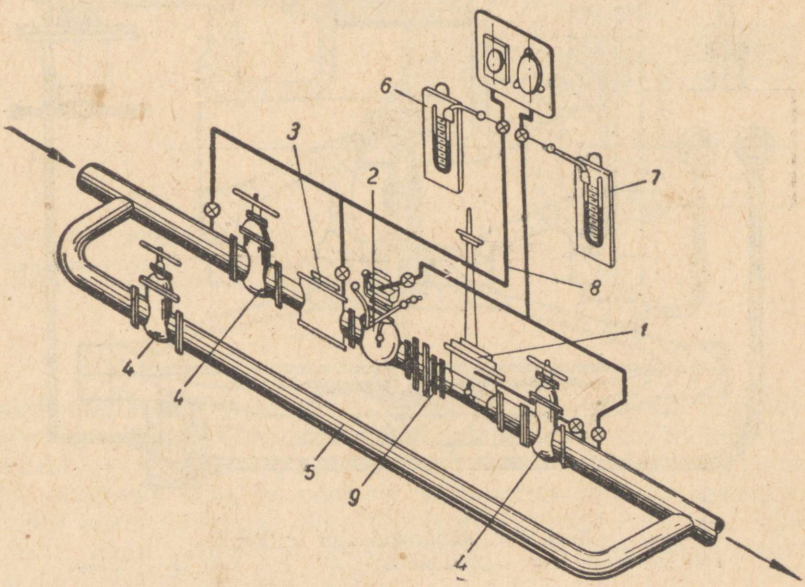
Gaasi ja õhu hea segamise saavutamiseks kasutatakse madalrõhulise gaasi puhul ka pilupõleteid, milles gaas ja õhk juhitakse põlemiskambrisse eraldi piludest. Nendes põletites



Joon. 104. Veetorukatel gaasiküttel:
1 — inžektsioonpõleti; *2* — vaateava; *3* — kolderest; *4* — purustatud šamottkivi kiht; *5* — veetorud.



Joon. 105. Segamispõletiga väikekolle:
1 — põleti; *2* — veesärk; *3* — keraamiline järelpõlemisvõre.



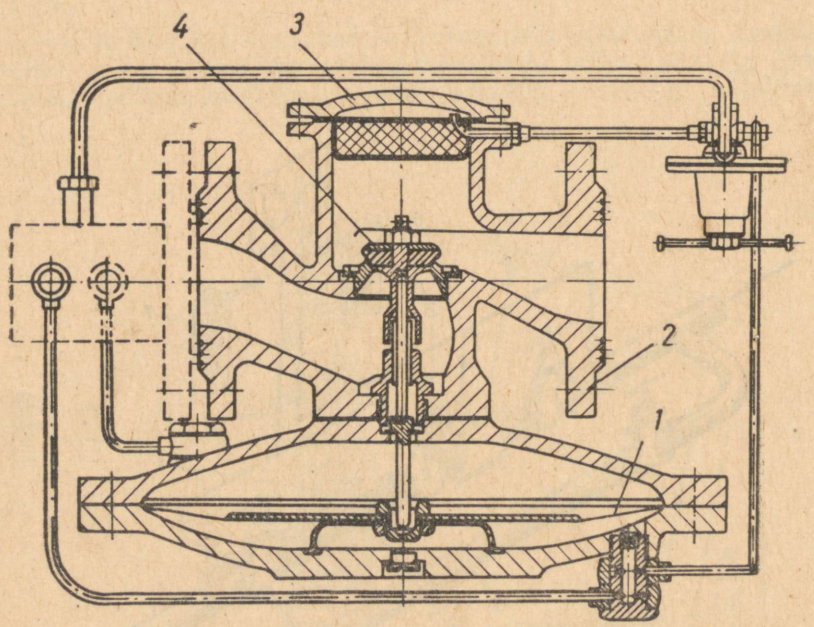
Joon. 106. Regulaatorjaama skeem:
1 — regulaator; *2* — kaitseklapp; *3* — filter; *4* — siiber; *5* — baipass; *6* — elavhõbemanomeeter; *7* — vesimanomeeter; *8* — impulsstorustik; *9* — kompensaator.

antakse õhule pilust väljumisel suurem kiirus kui gaasile, milleks õhu rõhk peab olema küllalt kõrge (150—200 mm vs.).

Plahvatuste vältimiseks kasutatakse segamis- ja ežektsioonpõletite juures alatiselt põlevat süüteleeki.

Madalrõhuline gaas juhitakse põletisse otse linna gaasivõrgust, keskrõhuline gaas — *regulaatorjaama* (joon. 106) kaudu, mille tähtsamateks osadeks on rõhuregulaator, kaitseklapp ja filter.

Regulaatorjaam kuulub plahvatusohtlike ruumide hulka ja kujundatakse seetõttu ühekorruselisena, kerge tulekindla katusega ja väljapoole avaneva uksega. Seadmete korralikuks töötamiseks ei tohi temperatuur regulaatorjaamas langeda alla +5° C. Aknad ja tõmbekanalid peavad kindlustama regulaatorjaamale vähemalt kolmekordse õhuvahetuse tunnis. Valgustusseadmed (samuti lüli-



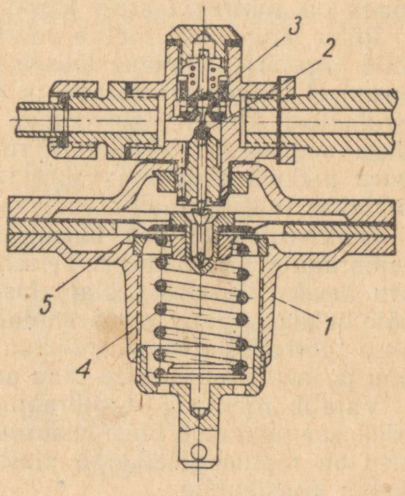
Joon. 107. Rõhuregulaator РДУК-2:
1 — membraan; *2* — regulaatori kere; *3* — kere kaas; *4* — klapp.

tid) peavad olema plahvatuskindlat tüüpi või asuma hoonest väljas.

Regulaatorjaama tähtsamaks osaks on *rõhuregulaator*,

mille ülesandeks on rõhu alandamine ja alandatud rõhu automaatne hoidmine ettenähtud tasemel. Joonisel 107 on näidatud viimasel ajal rohkesti kasutatav РДУК-2 tüüpi rõhuregulaator, mis on ette nähtud rõhu alandamiseks nii ring- ja tupiktorustikus kui ka gaasitarbija juures. Regulaator on universaalne, s. t. võimaldab rõhku alandada kõrgrõhult kas kõrg-, kesk- või madalrõhule, samuti ka keskrõhult kesk- või madalrõhule.

Regulaator kuulub juhtaparaadiga (piloodiga) varustatud otsese toimega pneumaatiliste regulaatorite hulka ja koosneb juhtregulaatorist, rõhuregulaatorist, ühendustorudest ja drosselitest. Juhtregulaatori ehk piloodi (joon. 108) ja rõhuregulaatori membraanipealsed ruumid ühendatakse impulsstorude abil gaasitorustikuga regulaatori taga (lõpprõhuga). Regulaatoreid valmis-



Joon. 108. Pilootregulaator:
1 — regulaatori kere; *2* — klapi varras; *3* — klapp; *4* — vedru; *5* — membraan.

tatakse tingläbimõõdule 50, 100 ja 200 mm. Regulaatori väljatöötamisel on silmas peetud universaalsust (et kõlbaks kõikidele võimalikele gaasi rõhu reguleerimise või stabiliseerimise vajadustele), mugavat ning ökonoomset ekspluateerimist ja igasuguse remondi kiiret võimalust ilma reguleerimisklappi korpusest välja võtmata. Seda võimaldab konstruktsioon, kus reguleeriv membraan on asetatud korpuse alla.

Joonisel 107 näidatud asendis on klapp suletud ja toetub oma tiheduspinnaga klapipesa servadele. Membraanile mõjuv jõud antakse üle klapile tõukuri ja klapivarda abil. Viimane võib klapi sisemuses vabalt liikuda. Membraani kaane avamisel takistab vastav seib tõukurit ja varrast alla kukkumast.

Reguleerimisklapi peal asuva luugi kaudu on võimalik klappi kiirelt üle vaadata ja remontida. Luugi kaanes asub filter juhtregulaatorile mõjuva gaasi puhastamiseks.

Juhtaparaadina kasutatakse juhtregulaatorit KH 2 või KB 2, mis oma ehitusviisi poolest kuuluvad tundlikkude otsese mõjuga membraani-tüüpi regulaatorite hulka. Rõhu pneumaatilise reguleerimise skeemis kujutab juhtregulaator väikese läbilaskevõimega tavalist regulaatorit, mis hoiab gaasirõhu enda taga konstantsena.

Juhtregulaatori membraanipealne ruum on impulsstoru kaudu ühendatud regulaatoritaguse gaasitoruga. See kindlustab, et juhtregulaatori membraani peal valitseb alati sama rõhk, mis on gaasitorustikus regulaatori taga. Membraani all valitseb atmosfäärirõhk. Kui rõhk gaasitorustikus on võrdne ettenähtuga, siis gaasi surve juhtregulaatori membraanile võrdub vedru jõuga. Seejuures on juhtregulaatori klapp pisut avatud.

Rõhu langemisel ületab vedru jõud gaasi surve membraanile, mille tagajärjel viimane tõuseb rohkem üles ja avab klapi. Rõhu tõusmisel langeb membraan ja sellega ka klapp allapoole. Juhtregulaatori klapist läbivoolava gaasi hulk on võrdeline selle käigu suurusega. Vajalikule rõhule seadistamiseks muudetakse vedru pikkust reguleerimiskruviga. Reguleerimisklapi külge kinnitatakse juhtregulaator vastava tutsiga.

Juhtregulaatori pea ühendatakse toru abil reguleerimisklapi membraanialuse ruumiga. Teiselt poolt on membraanialune ruum toru kaudu ühenduses klapialuse ruumiga. Et reguleerimisklapp tööle hakkaks, peab membraanialune rõhk, mille suurust reguleeritakse juhtregulaatoriga, mõjuma suurema jõuga kui klapi sisendrõhu ja membraanipealse rõhu poolt tekitatud jõudude summa.

Vajalik rõhulang membraanialuse ja membraanipealse ruumi vahel saavutatakse ühendustorude drosselite abil. Selle rõhuvahe tõttu on reguleerimisklapp alati avatud ja klapi lahtioleku aste vastab gaasikulule.

Rõhu langemisel regulaatori taga (gaasikulu suurenemisel) tõstab juhtregulaator rõhku reguleerimisklapi membraanialuses ruumis, mille tagajärjel membraan üles liigub ja klapp rohkem avaneb. Kui gaasirõhk tõuseb ettenähtud rõhuni, katkestab juhtregulaator rõhu edasise tõusu membraani all ja reguleerimissüsteem saavutab tasakaalu. Rõhu tõusmisel vähendab juhtregulaator rõhku membraani all, kuni rõhk gaasitorustikus langeb ettenähtud rõhuni.

Piloot KH võimaldab hoida gaasi lõpprõhku piirides 0,005—0,6 kG/cm², KB piirides 0,6—6 kG/cm².

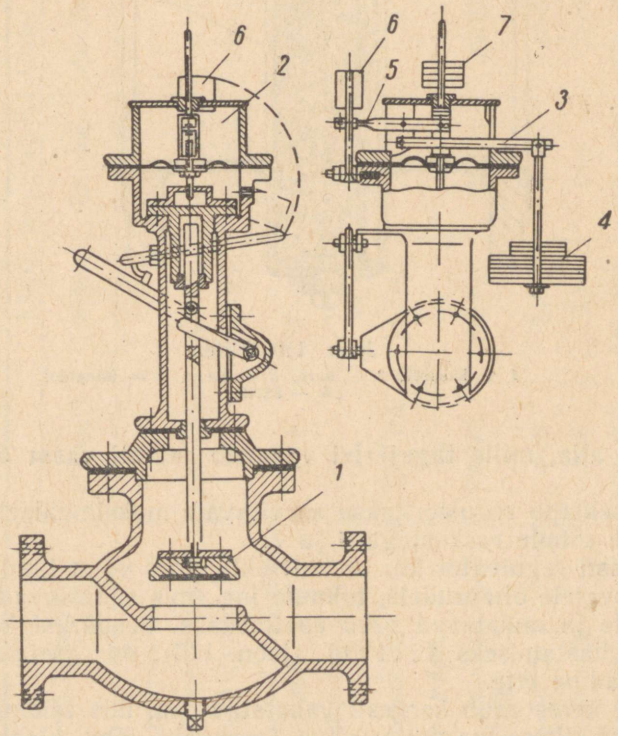
Impulss on piloodile soovitav võtta baipassilt, kus puudub gaasi liikumine, või torustiku sirgelt osalt, mille pikkus on 5—10 torustiku siseläbimõõtu. Impulsstorude läbimõõt on $^1/_2$″ ja pikkus kuni 6 m.

Gaasiseadme ohutuks töötamiseks kasutatakse kaitseklappi (joon. 109), mis suleb gaasivoolu gaasirõhu tõusmisel või langemisel üle ettenähtud piiri.

Gaasirõhk mõjub impulsstoru kaudu kaitseklapi membraani alla. Membraani vardaga on ühenduses katkestusvarb *5*, millele on kinnitatud pidurseade vasara *6* hoidmiseks ülestõstetud asendis. Klapitaldrik *1* hoitakse ülestõstetud asendis nurkhoovaga, mis toetub hambasse ja on selle kaudu ühenduses vahehoovaga.

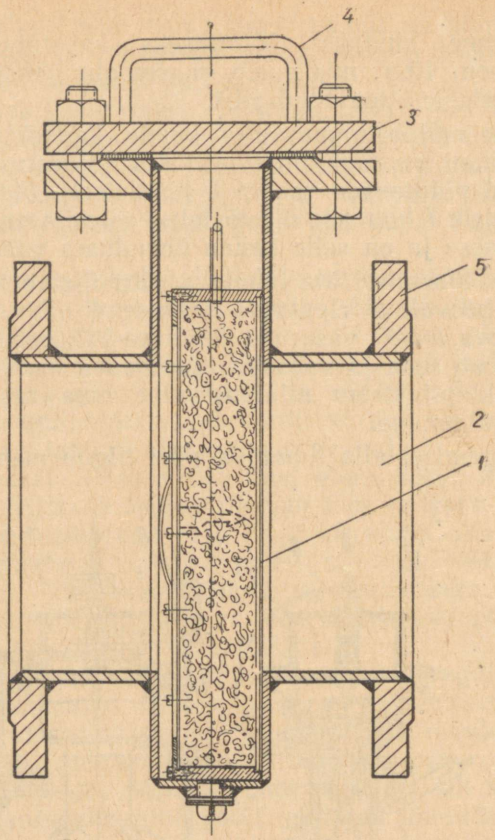
Gaasirõhu tõusmisel üle lubatava piiri ületab membraani alla mõjuv jõud hoovale *3* riputatud raskuse *4* mõju, liigub üles ja vabastab hoova *5* abil vasara *6*. Viimase löökraskus mõjub vahehoovale, pöörab seda ja vabastab nurkhoova hambast, mille tulemuseks on klapitaldriku allalangemine oma raskuse mõjul ja gaasivoolu sulgemine.

Rõhu langemisel alla lubatava piiri liigub membraan raskuse



Joon. 109. Kaitseklapp:

1 — klapi taldrik; *2* — membraanikarp; *3* — hoob; *4* — maksimumrõhu raskus; *5* — katkestusvarb; *6* — vasar; *7* — miinimumrõhu raskus.



Joon. 110. Filter:
1 — kassett; *2* — kere; *3* — kaas; *4* — käepide; *5* — äärik.

7 mõjul alla, mille tagajärjel vabaneb samuti vasar *6* ja klapp sulgub.

Kaitseklapp reguleeritakse soovitavale maksimaalsele ja minimaalsele rõhule raskustega *4* ja *7*.

Niihästi regulaator kui ka kaitseklapp on väga tundlikud gaasis leiduvatele õliaurudele, tolmule jne., mis sadestuvad tihenduspindadele ja muudavad need ebatihedaks. Seepärast kasutatakse gaasi puhastamiseks filtrit (joon. 110), mis asetatakse regulaatorseadme ette.

Filtri keres asub kergesti vahetatav osa, mis täidetakse õliga niisutatud filtreeriva materjaliga (mererohi, jõhv, klaasvatt).

Regulaatorjaama ekspluatatsiooni käigus tuleb pidevalt jälgida filtri takistust ja selle liigsel suurenemisel filtreeriv materjal vahetada.

Kollete iseloomustavaid näitarve

Kolde töö näitajad	Käsitsi teenindatavad kolded					Šahtkolded	
	Põlevkivi	Turvas	Kivisüsi	Antratsiit	Puit	Turvas	Puit
Restipinna koormus:							
loomulikul tõmbel kg/m²h	140—160	150—200	50—100	80—100	150—200	150—250	150—250
õhupuhumisel kg/m²h	—	300—500	150—200	100—180	600—800	200—500	350—800
Alarõhk koldes loomulikul tõmbel mm vs	1—4	3—10	4—7	10—15	2—4	6—12	4—7
Õhurõhk puhumisel resti all mm vs	—	40	50	80—100	4—15	40	40
Õhu temperatuur °C	20—150	20—150	20	20	20	20	20
Liigõhutegur koldes	1,6	1,4	1,4	1,4—1,5	1,25—1,3	1,25—1,3	1,25
Kolderuumi soojuslik erikoormus kcal/m³h	220 000	250 000	250 000	300 000	300 000	300 000	300 000
Keemiline kadu %	4—6	2—3	4—6	5—6	1—3	1	1
Mehaaniline kadu %	4—6	2,5	2—4	2—4	1,5—2	4	4
Kütja koormus kg/h	500—600	500—600	500—600	500—600	600	900—1100	1000—1200

Kolde töö näitajad	Lomšakovi rest	Ilmarise rest	Kettrest		Šahtveskiga kolle		Šeršnevi kolle	Tolmuküttekolle	Õliküttekolle	Gaasiküttekolle
	Peenpõlevkivi	Peenpõlevkivi	Turvas	Kivisüsi	Põlevkivi	Freesturvas	Freesturvas	Kivisüsi		
Resti pinna koormus kg/m²h	240—280	200—240	550—700	170—200						
Peegelpinna lubatud soojuslik erikoormus kcal/m²h	700 000	550 000	2 100 000	1 100 000—1 300 000						
Alarõhk kolde ülaosas mm vs	0—1,5	0—1,5	0—1,5	0—1,5	0—1,5	0—1,5	0—1,5	0—1,5	0—1,5	0—1,5
Õhurõhk puhumisel resti all mm vs	40—80	10—20	60	60						
Õhu temperatuur °C	200	150	150—250	200	250—350	250—350	300	300—400	150	150
Liigõhutegur koldes	1,5	1,5	1,3	1,25—1,3	1,25	1,3	1,25	1,2	1,15	1,15
Kolderuumi lubatud soojuslik erikoormus kcal/m³h	180 000	180 000	300 000	300 000	250 000	250 000	130 000	150 000	350 000	350 000
Keemiline kadu %	2—3	2—3	0,5—2,5	2	} 2—3	} 2—3	0,5—2	0,5—1	0,5—2	0,5—2
Mehaaniline kadu %	0,51	1,5—2,5	1—1,5	4,5—5,5			1—2	0,5—1	—	—

VI. AURUKATLAD

39. AURUKATELDE ISELOOMUSTUS

Seadmete kompleksi, mis on vajalik auru tootmiseks, nimetatakse katelseadmeks. Seadet, kus toimub kütuses sisalduva keemilise energia muundumine soojuseks ning selle edasiandmine veele, aurule ja põlemisõhule, nimetatakse katelagregaadiks. Aurukatla mõiste kitsamas mõttes kuulub ainult sellele osale katelagregaadist, kus toimub vee aurustamine ja tekib küllastunud aur. Laiemas mõttes tarvitatakse sageli aurukatla nimetust kogu katelagregaadi kohta. Kasutame edaspidi aurukatla nimetust tema laiemas mõttes.

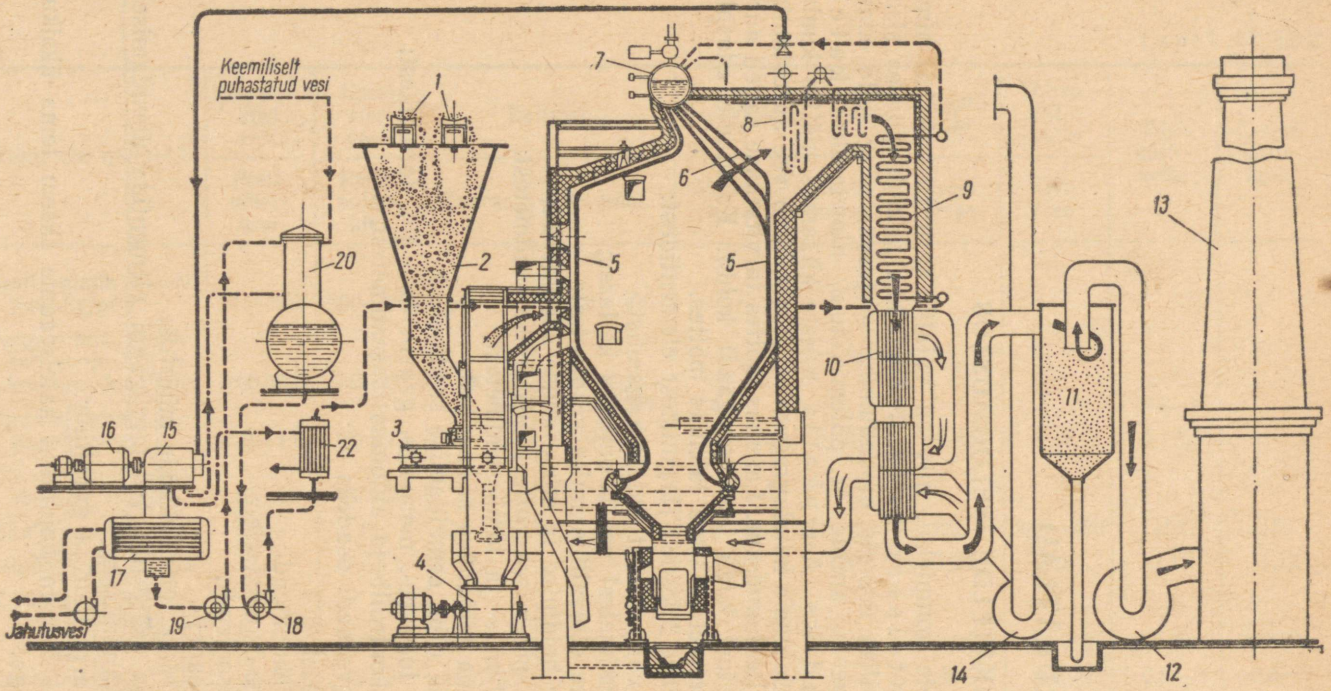
Katelseade koosneb järgmistest elementidest:

1) ühest või mitmest katelagregaadist;
2) toiteseadmetest vee andmiseks katlasse;
3) toitevee ettevalmistamise seadmetest;
4) kütuse hoidmise ja etteandmise seadmetest;
5) kütuse põlemiseks ettevalmistamise seadmetest;
6) õhupuhumis- ja tõmbeseadmetest;
7) lendtuha püüdmise seadmetest;
8) tuha ja räbu eemaldamise seadmetest;
9) auru-, toitevee-, masuudi-, gaasi-, õhu- jm. torustikest;
10) soojuskontrolli- ja automaatikaseadmetest.

Katelagregaadi osadeks on:

1) aurukatel;
2) auruülekuumendi;
3) toitevee-ökonomaiser;
4) õhueelsoojendi;
5) koldeseade;
6) kolde ning suitsukäikude müüritis;
7) karkass (sõrestik) katelagregaadi elementide ühendamiseks ning kandmiseks;
8) katla armatuur ja garnituur.

Joonisel 111 on kujutatud katelseadme skeem tema üksikute elementidega.



Joon. 111 Katelseadme skeem:

1 — linttransportöör; *2* — kütusepunker; *3* — toitja; *4* — šahtveski; *5* — koldeekraan; *6* — festoon; *7* — katlatrummel; *8* — auruülekuumendi; *9* — toitevee ökonomaiser; *10* — õhueelsoojendi; *11* — lendtuhapüüdja; *12* — tõmbeventilaator; *13* — korsten; *14* — õhuventilaator; *15* — auruturbiin; *16* — elektrigeneraator; *17* — kondensaator; *18* — jahutusveepump; *19* — kondensaadipump; *20* — deaeraator; *21* — toitepump; *22* — kõrgrõhu-eelsoojendi.

Linttransportööridega *1* juhitakse kütus kütusepunkrisse *2*. Viimasest antakse kütus toitja *3* abil šahtveskisse *4*, kus ta peenestatakse ja kuivatatakse veskisse juhitud kuuma õhu poolt. Veskist paisatakse jahvatatud kütus õhuvooluga koldesse, kus ta põleb.

Põlemiseks vajalik õhk võetakse katlamajast ja õhuventilaatori *14* abil juhitakse õhueelsoojendisse *10*, kus ta soojeneb. Sealt voolab õhk edasi šahtveskisse ja lisaõhuna koldesse.

Põlemisgaasid annavad osa oma soojusest koldes katla küttepindadele — koldeekraanidele *5* ja festoonile *6*. Koldest väljuvad suitsugaasid ümbritsevad auruülekuumendit *8* ja seejärel toiteveeökonomaiseri siugtorusid *9*. Sealt voolavad suitsugaasid edasi läbi õhueelsoojendi torude, kus nad jahtuvad temperatuurini 140—160° C. Tõmbeventilaatori (suitsuimeja) *12* abil juhitakse suitsugaasid korstna *13* kaudu atmosfääri.

Tuharikaste kütuste kasutamisel viiakse suitsugaasidega kaasa palju lendtuhka, mis põhjustab tõmbeventilaatori osade kulumist ning atmosfääri saastamist. Selle vältimiseks asetatakse tõmbeventilaatori ette lendtuhapüüdja *11*. Katla koldes, suitsukäikudes ja lendtuhapüüdjas suitsugaasidest väljasadenenud tuhk juhitakse eemale kas veejoa või õhuvooluga.

Ülekuumendatud aur juhitakse auruturbiini *15*, kus auru soojusenergia muudetakse mehaaniliseks energiaks. Auruturbiin paneb pöörlema elektrigeneraatori *16*.

Töötanud aur läheb turbiinist kondensaatorisse *17*, kus aur annab oma soojuse ära jahutusveele ning kondenseerub. Jahutusvesi juhitakse kondensaatorisse jahutusvee- (tsirkulatsiooni-) pumba *18* abil. Kondensaat viiakse kondensaadipumbaga *19* deaeraatorisse *20*, kus ta vabaneb vees lahustunud õhust. Deaeraatorist juhitakse toitevesi toitepumbaga *21* kõrgrõhu-eelsoojendisse *22* ja sealt toitevee-ökonomaiserisse.

Kaasaegset katlaehituse tehnikat iseloomustavad kõrge soojusliku koormusega ja väikese akumulatsiooniga võimsad katlad, mis töötavad hästi ettevalmistatud veega ning mille teenindamine on automatiseeritud. Neid nõudeid rahuldavad kõige paremini v e e t o r u k a t l a d.

Kõikidest ehitatavatest katlatüüpidest on suuremat levikut leidnud need, kus toimub vee ja auru-vee segu l o o m u l i k tsirkulatsioon.

On hakatud kasutama ka katlatüüpe, milles veel ja auru-vee-segul on s u n d t s i r k u l a t s i o o n. Vastavalt otstarbele on ehitatud väga mitmesuguse konstruktsiooniga katlaid.

Kehtivate normide kohaselt ehitatakse käesoleval ajal aurukatlaid tabelis 28 toodud näitajatega.

Võimsuse ja veemahu järgi liigitatakse katlad järgmiselt:

1. Võimsuse järgi:
   a) väikese võimsusega katlad — tootlikkusega alla 10 t/h;

Tabel 28

Aurukatelde parameetrid ja aurutootlikkus (ГОСТ 3619-59)

Aururõhk ata	Auru temperatuur °	Toitevee temperatuur °	Normaalne aurutootlikkus t/h
9	Küllastunud	50	0,2; 0,4; 0,7; 1,0; (2,5)
14	Küllastunud	50	2,5; 4; 6,5; 10;
	Ülekuumendatud 250	50	4; 6,5; 10
		100	15; 20
24	Küllastunud või ülekuumendatud	100—145	4; 6,5; 10; 15; 20
40	Ülekuumendatud 440	145	6,5; 10; 15; 20; 25; 35; 50; 75
100	Ülekuumendatud 540	215	60; 90; 120; 160; 220; (430)
140	Ülekuumendatud 570	230	160; 210; 320; 420; 480
140	Ülekuumendatud 570/570 (vahelülekuumendus)	230	(250); 320; 500; 640

Märkus. Sulgudes olevaid suurusi võib uute katelde juures kasutada ainult juhul, kui selleks on äärmine vajadus.

b) keskmise võimsusega katlad — tootlikusega 10—75 t/h;
c) suure võimsusega katlad — tootlikkusega üle 75 t/h.

2. Veemahu järgi:

a) väikese veemahuga katlad — veemahuga alla 80 l/m²;
b) keskmise veemahuga katlad — veemahuga 80—150 l/m²;
c) suure veemahuga katlad — veemahuga üle 150 l/m².

Veemahtu arvestatakse liitrites katla küttepinna ühe ruutmeetri kohta.

40. ÜLDMÕISTEID AURUKATLAST JA SELLE TÖÖTAMISEST

Lihtne aurukatel kujutab tugevat kinnist metallanumat, mida soojendatakse kuumade gaasidega ja mis on määratud ülerõhuga auru tootmiseks.

Aurukatel koosneb tavaliselt kumerate põhjadega t r u m l i s t ja aurukogujast, kust auru välja võetakse. Katla juurde kuuluvad veel pääsuluugid ja aurutorustik. Trumlis on rida avasid armatuuri ühendamiseks. Esipõhja külge seatakse üles manomeeter ja veeklaas, aurukogujale kaitseklapp ja pea-auruventiil. Toiteliinis asuvad toiteventiil ja tagasilöögiklapp. Trumli alumine osa varustatakse väljalaskeventiiliga.

Katla koldes toimub kütuse põlemine, mille tulemusena vaba-

neb soojus ja tekivad kuumad suitsugaasid, mis soojendavad katelt. Kütus asub kolde allosas oleval restil. Põlemiseks vajalik õhk juhitakse kütuse juurde restipilude vahelt. Resti all asuv tuharuum on vajalik põlemisõhu jaotamiseks resti ulatuses ja tuha väljavõtmiseks. Kolderuumis toimub kütusest eraldunud lendosade põlemine leegina.

Et kindlustada küttepindade head kokkupuutumist suitsugaasidega ja vältida soojuse hajumise võimalust ümbritsevasse ruumi, varustatakse katel müüritisega. Viimane moodustab kolderuumi ja suitsukäigud. Kolde müüritise sisemine osa ehk vooder ehitatakse tulekindlatest kividest. Müüritise väline osa ehitatakse tavalistest punastest tellistest. Müüritis ei tohi takistada katla töötamisel tema soojenemisest tingitud paisumist. Selleks jäetakse müüritisse vahed, mis tihendatakse asbestnööriga. Müüritises on avad, mille kaudu on võimalik juurdepääs gaasikäikudele nende puhastamiseks tuhast, ja suletavad vaateavad kolde töö jälgimiseks. Katel koos tema kandesõrestikuga toetub vundamendile.

Suitsugaasid juhitakse atmosfääri suitsukäikude ja korstna kaudu. Korstna tõmbe reguleerimiseks asetatakse viimasesse suitsukäiku siiber.

Katla töötamine koosneb järgmistest omavahel seotud protsessidest:

a) kütuse põlemine, milleks on vajalikud kütus ja õhk. Seejuures tekivad kuumad gaasid, räbu ja tuhk;

b) soojuse üleandmine kuumadelt gaasidelt katlaseintele ja sealt veele;

c) katlasse juhitava vee soojendamine kuni keemistemperatuurini ja vee muutmine auruks, mis juhitakse katlast välja;

d) suitsugaaside väljajuhtimine suitsukäikudest atmosfääri;

e) tuha ja põlemata jäänud kütuseosade koristamine.

Põlemise alalhoidmiseks on vaja koldesse anda kütust, juhtida juurde õhku ja koristada tuhka ning räbu.

Soojuse levimine katlas toimub kolmel viisil: kiirgumise, konvektsiooni ja soojusjuhtivuse teel (vt. p. 5).

Lihtsas katlas ei soojenda gaasid kogu katlapinda. Kuumade gaaside kokkupuutumist katla ülemiste osadega takistavad võlvid. Need moodustavad katlapindadel joone, millest kõrgemale kuumad gaasid ei saa tungida. Seda joont nimetatakse tulejooneks. Kõige madalam veeseis katlas peab olema vähemalt 100 mm kõrgemal kui tulejoon. Normaalne ehk tööveeseis hoitakse katlas 50—100 mm kõrgemal kõige madalamast veeseisust, seega 150—200 mm kõrgemal tulejoonest. Iga kütja peab teadma, kus on tema poolt köetava katla tulejoon, ja hoolitsema, et tulejoont moodustavad võlvid oleksid korras. Mõne kivi väljalangemisel võivad gaasid katlaga kokku puutuda kõrgemal kui veeseis katlas ja selle tagajärjel katla metalli selles kohas üle kuumu-

tada, sest aur jahutab katlaseina tunduvalt halvemini kui vesi. Metalli ülekuumenemine on katla raskete avariide põhjuseks. Sama juhtub, kui veeseis katlas on lubatavast madalam.

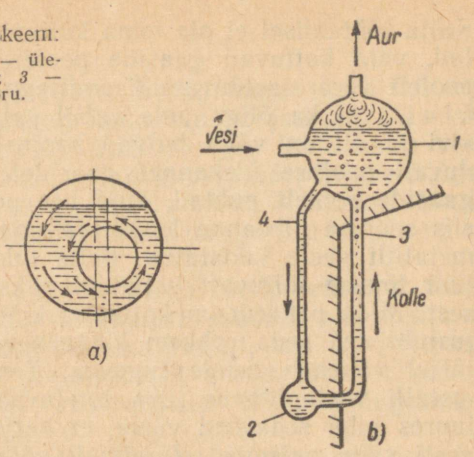
Samuti ei ole lubatav ka liiga kõrge veeseis katlas. Seepärast tähistatakse katlal kõige madalam ja kõige kõrgem lubatav veeseis. Veeseisu jälgimist katlas võimaldavad veeklaas ja proovikraanid. Proovikraanid asetatakse kõige madalama ja kõige kõrgema veeseisu joonele. Vastavad märgid tehakse ka veeklaasile. Katla osa, mis on täidetud veega, nimetatakse veeruumiks ja osa, mis on täidetud auruga, aururuumiks. Veepinda katlas, mille kaudu katla töötamisel aur veest eraldub, nimetatakse aurutuspeegliks. Katla töötamisel on tema vee- ja aururuumil suur tähtsus.

Gaaside soojus antakse katlas olevale veele üle pinna kaudu, mis puutub kokku ühelt poolt kuumade gaasidega ja teiselt poolt veega. Seda pinda nimetatakse katla küttepinnaks ja seda mõõdetakse ruutmeetrites gaasidepoolsest küljest. Teisiti väljendades on see katla koldepoolne pind, mida piirab tulejoon.

Küttepinda, mis võtab vastu põleva kütusekihi või leegi kiirgussoojust, nimetatakse kiirgusküttepinnaks. Ülejäänud katla küttepinda, millele antakse soojust üle kuumade suitsugaasidega kokkupuutumise tagajärjel, nimetatakse konvektsioonküttepinnaks.

Vee soojenemine ja auru tekkimine katlas toimub niisamuti kui lahtises anumas. Küttepindadega kokkupuutuvad veeosakesed soojenevad ja paisuvad, mille tagajärjel nad muutuvad külmema vee osakestest kergemaks ja tõusevad üles. Soojema vee ülestõusmine ja külmema vee allalangemine tekitab katlas pideva vee liikumise — tsirkulatsiooni. Kui vee temperatuur on tõusnud kuni keemistemperatuurini, tekivad küttepindadel aurumullid, mis, olles veest tunduvalt kergemad, tungivad üles suurema kiirusega kui soe vesi ja suurendavad seega omakorda tsirkulatsiooni. Mida rohkem soojust antakse üle katla küttepindadele, seda rohkem tekib auru. Aurumullid veest väljatulekul lõhkevad ja panevad aurutuspeegli voogama, mille tõttu veepind veeklaasis hakkab kõikuma. Küllastunud aur võtab veest aurutuspeegli kaudu aururuumi tungimisel endaga kaasa veetilgakesi. Kui aurutuspeegel on väike ja aururuumi suurus mitteküllaldane, saadakse katlas väga niisket auru. Auru liikumine aururuumis aeglustub ja auru poolt kaasa viidud niiskus langeb veetilgakestena veeruumi tagasi. Seega aurutuspeegli ligidal on auru niiskus kõige suurem. Aurukoguja moodustab ruumi aurutuspeeglist võimalikult kaugel ja tema ülesandeks on kindlustada katlast võimalikult kuiva küllastunud auru saamist. Kuiva auru saamiseks kasutatakse suuremais katlais eriseadeldisi, auru separaatoreid.

Aur juhitakse katlast kas auruülekuumendisse või otse aurutorustikku ja sealt tarbijale. Auruülekuumendi koosneb peenikes-



Joon. 112. Katlavee tsirkulatsiooni skeem: *a* — leegitorukatel; *b* — veetorukatel; *1* — ülemine trummel; *2* — alumine trummel; *3* — soojendatav tõusutoru; *4* — langetoru.

test torudest, mida kuumutatakse gaasidega. Torusid läbides aur esialgu kuiveneb ja edasi kuumeneb üle kuni nõutava temperatuurini. Auruülekuumendi seatakse üles tavaliselt katla esimese ja teise gaasikäigu vahele. Et vee aurustumisel vee hulk katlas väheneb, siis tuleb veeseisu hoidmiseks nõutaval kõrgusel katelt veega t o i t a. Katla õigeks töötamiseks tuleb teda toita pidevalt või (väikekatelde puhul) võimalikult sagedasti väikestes hulkades. Liiga suure veehulgaga toitmisel katel jahtub, auru rõhk langeb ja katla poolt toodetava auru hulk väheneb. Katelt toidetakse veega t o i t e s e a d m e t e abil toitetorustiku kaudu läbi tagasilöögikapi.

Auruhulka kilogrammides või tonnides, mida katel annab tunnis, nimetatakse katla a u r u t o o t l i k k u s e k s ehk a u r u t u s j õ u d l u s e k s. Katla aurutootlikkus (samuti ka katla küttepinna suurus) iseloomustab katla suurust. Katelde töötamise efektiivsuse hindamisel võetakse aluseks see auruhulk, mida katel annab tunnis oma küttepinna ühe ruutmeetri kohta (kg/m^2h); seda nimetatakse k ü t t e p i n n a e r i k o o r m u s e k s.

Mida rohkem gaasid jahtuvad katlas, s. o. mida madalam on nende temperatuur korstnasse minekul, seda rohkem soojust kasutatakse katlas kasulikult ja seda väiksem on kütuse kulu. Gaaside temperatuuri alandamiseks ja toitevee soojendamiseks enne katlasse jõudmist seatakse tavaliselt katla taha üles t o i t e v e e e e l s o o j e n d i ehk ö k o n o m a i s e r, mis moodustab katla j ä r e l k ü t t e p i n n a.

Gaasid, mis läbivad katla, annavad oma teekonnal soojust küttepindadele, mille tagajärjel nende temperatuur langeb. Seega katla esiosa, kus gaaside temperatuur on kõrgem, võtab nii kiirgamise kui ka konvektsiooni teel vastu tunduvalt rohkem soojust kui tagumine osa ja vastavalt sellele toodab ka rohkem auru.

Katla töötamisel ei ole tema küttepinnad praktiliselt kunagi puhtad, vaid kattuvad gaaside poolelt tuha ja tahmaga ning vee poolelt vees sisalduvate lisanditega, mis moodustavad katlakivi, või ka õliga, mis vahel satub vette. Tuhk, tahm, katlakivi ja õli on väga halvad soojusjuhid, mis halvendavad tunduvalt soojuse ülekannet gaasidelt veele. Kui küttepinnad on gaaside poolelt puhtad, kuid vee poolelt kaetud katlakivikihiga, siis soojuse ülekanne leegilt ja gaasidelt metallile on hea, kuid metallilt veele takistatud. Selle tulemusena katlaseina temperatuur tõuseb sõltuvalt katlakivi paksusest ja tema soojusjuhtivusest. Mida paksem on katlakivi kiht ja mida väiksem tema soojusjuhtivus, seda rohkem kuumenevad katla seinad, mille tagajärjel väheneb nende tugevus. Temperatuuri juures 300° C on metalli vastupidavus juba tunduvalt väiksem, kuid 500—600° C juures juba sedavõrd väike, et katlaseinad auru rõhu tõttu kergesti välja paisuvad. Järelikult võib katlakivi olemasolu põhjustada katla töötamise ökonoomsuse vähenemise kõrval ka katla lõhkemist. Kui katlakivi küttepindadel puudub ja tsirkulatsioon katlas on korras, siis võib katel töötada ohutult igasuguse soojusülekandega või, nagu öeldakse, igasuguse soojusliku koormusega. Tahma ja tuha tõttu langeb veidi katla seina temperatuur, kuid tunduvalt halveneb soojuse ülekanne gaasidelt veele. Seega tule poolelt mustunud küttepinnad vähendavad katla töötamise ökonoomsust. Kütja üheks tähtsamaks ülesandeks on hoida katla küttepinnad puhtad. Soojushulka, mida võtavad vastu küttepinnad ja annavad edasi veele auru tekitamiseks, nimetatakse kasulikuks soojuseks. See on väiksem kui kütuse põlemisel vabanev soojushulk, kuna osa soojust läheb kaduma kuumade korstnagaasidega, osa kulub müüritise soojendamiseks ja osa muudeks kadudeks.

Katla töötamise ökonoomsust hinnatakse tema kasuteguri järgi, mis näitab kasuliku soojuse osa kütuse põlemisel vabanenud üldisest soojushulgast. Kasutegur on alati väiksem kui üks ehk väiksem kui 100%.

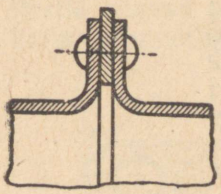
Põlemiseks vajalik õhk juhitakse koldesse lihtsamate katelde juures tõmbe abil. Tõmmet tekitab korsten. On teada, et soojenemisel gaasid paisuvad ja muutuvad kergemaks. Kuumad gaasid suitsukäikudes ja korstnas on tunduvalt kergemad õhust. Seega õhk, mis tungib koldesse, tõrjub kergemad gaasid korstna kaudu välja. Kuumade gaaside väljatõrjumise jõudu, mis tekib gaaside ja välisõhu erikaalude vahe tõttu, nimetatakse tõmbeks. Mida kõrgem on korsten ja suitsugaaside temperatuur, seda tugevam on tõmme. Korstna poolt tekitatud tõmmet nimetatakse looomulikuks tõmbeks, erinevalt kunstlikust tõmbest, mis saavutatakse peamiselt tõmbeventilaatorite abil.

41. LEEGITORUKATLAD

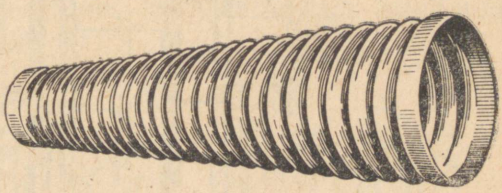
Leegitorukatlad koosnevad suure läbimõõduga (kuni 2,5 m) silindrist, mis on otstest suletud kumerate põhjadega. Üks või kaks väiksema läbimõõduga (0,6—1,25 m) toru läbib katla veeruumi ühest põhjast kuni teiseni ja on kinnitatud põhjade külge. Neid torusid nimetatakse leegitorudeks. Vastavalt leegitorude arvule jagatakse leegitorukatlad ühe ja kahe leegitoruga kateldeks.

Leegitorud valmistatakse kas siledatena või lainelistena. Pikisuunas koostatakse leegitorud üksikutest osadest ehk lülidest. Siledate torude lülid valmistatakse terasplekist, mis painutatakse torudeks valtspingil. Lülide pikiõmblused keevitatakse. Üksikud lülid ühendatakse omavahel kas eriliste tihendusrõngastega (joon. 113) või keevituse teel.

Laineliste leegitorude üksikud lülid valmistatakse erilistel pinkidel ühest metallitükist, s. o. ilma pikiõmbluseta, ja ühendatakse omavahel elektrikeevitusega. Võrreldes siledate leegitorudega on lainelistel torudel (joon. 114) sama läbimõõdu juures suurem küttepind, tugevus ja elastsus. Nendel põhjustel eelistatakse lainelisi leegitorusid siledatele.



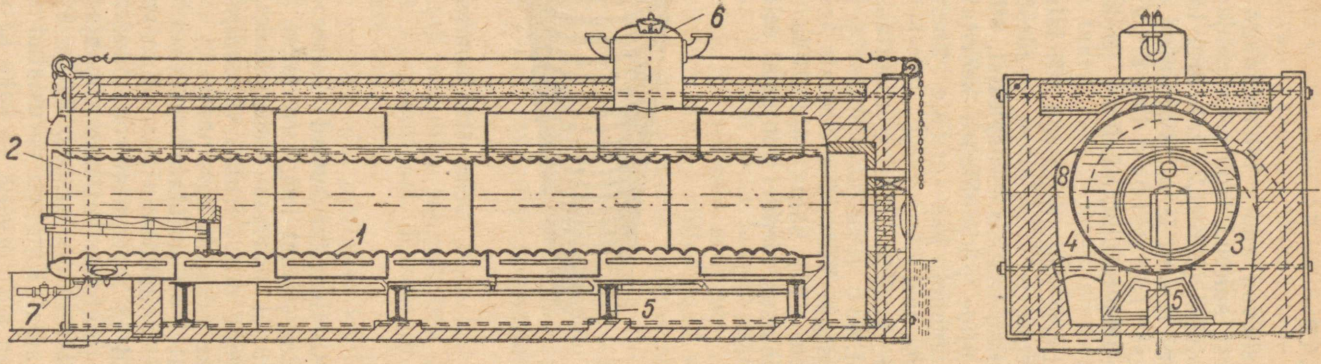
Joon. 113. Katla leegitoru lülide elastne ühendus tihendusrõnga abil.



Joon. 114. Laineline leegitoru.

Tavaliselt ehitatakse leegitorukatlad kolme suitsukäiguga. Kuumad gaasid juhitakse pärast leegitoru (s. o. esimese käigu) läbimist trumli välisküljel asuvasse teise käiku, mida mööda gaasid voolavad ette, ning edasi trumli välisküljel taha viivasse kolmandasse suitsukäiku ja sealt korstnasse.

Ühe leegitoruga katel on kujutatud joonisel 115. Lainelises leegitorus asub käsitsi teenindatav plaanrestiga varustatud kolle. Veeklaas, proovikraanid ja manomeeter on kinnitatud katla esipõhja külge. Toitevesi juhitakse katlasse esipõhja kaudu või ülevalt katla esiosse. Toitetoru ots asetseb katlas kõige madalama veeseisu joonest madalamal. Katel on varustatud aurukogujaga *6*, mille külge ühendatakse aurutorustik ja kaks kaitseklappi. Kuna



Joon. 115. Ühe leegitoruga katel:

1 — laineline leegitoru; *2* — kolle; *3* — teine suitsukäik; *4* — kolmas suitsukäik; *5* — alustugi; *6* — aurukoguja; *7* — väljalaskekraan; *8* — tulejoon.

leegitorukateldel on suur aururuum, võivad nad töötada ka aurukogujata. Katla esipõhja alumises osas on väljalaskekraan 7. Katel toetub malmtugedele 5. Seejuures on tagumine tugi kinnitatud liikumatult, kuna ülejäänud on asetatud rullidele katla vabaks termiliseks paisumiseks.

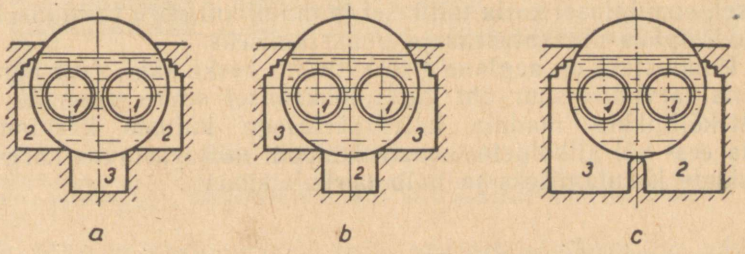
Kõige intensiivsemalt soojeneb vesi ja tekib aur leegitoru ja trumli vahelises kõige kitsamas kohas (leegitoru on nihutatud tsentrist kõrvale). Siin tõuseb auru ja vee segu üles. Leegitoru ja katla trumli vahelises vasakpoolses suuremas vahes langeb vesi alla. Võrdlemisi hea tsirkulatsioon ühe leegitoruga kateldes lubab kiirendada nende sissekütmist.

Katla küttepinna moodustavad leegitoru ja trumli ning tagumise põhja osad kuni tulejooneni 8.

Ühe leegitoruga katlaid ehitatakse tavaliselt küttepinnaga 13—70 m², töörõhule 4—13 atü. Varem valmistati katlaid needitud õmblustega, kuid viimasel ajal on üle mindud ainult keevitatud õmblustele.

Ühe leegitoruga katla küttepinna erikoormus on kuni 22 kg/m²h, veemaht 190—240 l/m² ja auruülekuumendita katla kasutegur kuni 0,65. Neid kasutatakse väikestes katlamajades statsionaarsete kateldena.

Kahe leegitoruga katel on sarnane ühe leegitoruga katlaga. Restid asuvad mõlemas leegitorus, mille tõttu kahe leegitoruga katla aurutootlikkus on suurem.



Joon. 116. Kahe leegitoruga katla müüritise skeemid:
1 — esimene suitsukäik; *2* — teine suitsukäik; *3* — kolmas suitsukäik.

Kahe leegitoruga katla müüritist on võimalik ehitada kolmel viisil (joon. 116). Skeemil *a* juhitakse leegitorudest tulevad kuumad gaasid katla mõlemat külge mööda ette (teine suitsukäik) ja sealt katla alt (kolmas suitsukäik) korstnasse. Seejuures trumli kuumenemine ei ole ühtlane. Küljed kuumenevad rohkem kui alumine osa, mis kutsub esile materjalis kahjulikke pingeid. Skeemil *b* suunduvad leegitorudest tulevad kuumad gaasid katla all olevat kanalit mööda ette ning edasi külgmisi kanaleid mööda taha. Seejuures saadakse trumli ühtlasem kuumenemine, kuid

trumli alumisse ossa koguneva muda tõttu võib esineda trumli seina ülekuumenemine. Skeemil *c* kujutavad esimest suitsukäiku leegitorud, teist parempoolne kanal, kust gaasid tulevad ette, ja kolmandat — vasakpoolne kanal, kust gaasid juhitakse uuesti taha. Sel juhul saavutatakse kõige ühtlasem seinte kuumenemine, hea soojuse ülekanne, lihtne müüritis ja hõlpus suitsukäikude puhastamise võimalus. Kahe võrdlemisi kõrgele paigutatud ja suhteliselt väikese läbimõõduga leegitoru tõttu soojeneb vesi katla trumli alumises osas halvemini, mistõttu tsirkulatsioon on nõrgem. Seepärast kuumeneb sissekütmisel katla trummel väga ebaühtlaselt ja metalli temperatuuri erinevus katla ülemises ja alumises osas tõuseb kuni 150° C-ni. Sellest tingituna tuleb katelt sisse kütta aeglaselt. Katla töötamisel soojeneb vesi leegitorude vahel hästi ja peale auru tekkimise algust paraneb tsirkulatsioon.

Katla leegitorude pind moodustab umbes poole katla kogu küttepinnast ja võtab vastu kuni 85% soojushulgast. Teises suitsukäigus asuv küttepind võtab vastu 11—14% soojusest ja kolmandas suitsukäigus asuv ainult 1—4%.

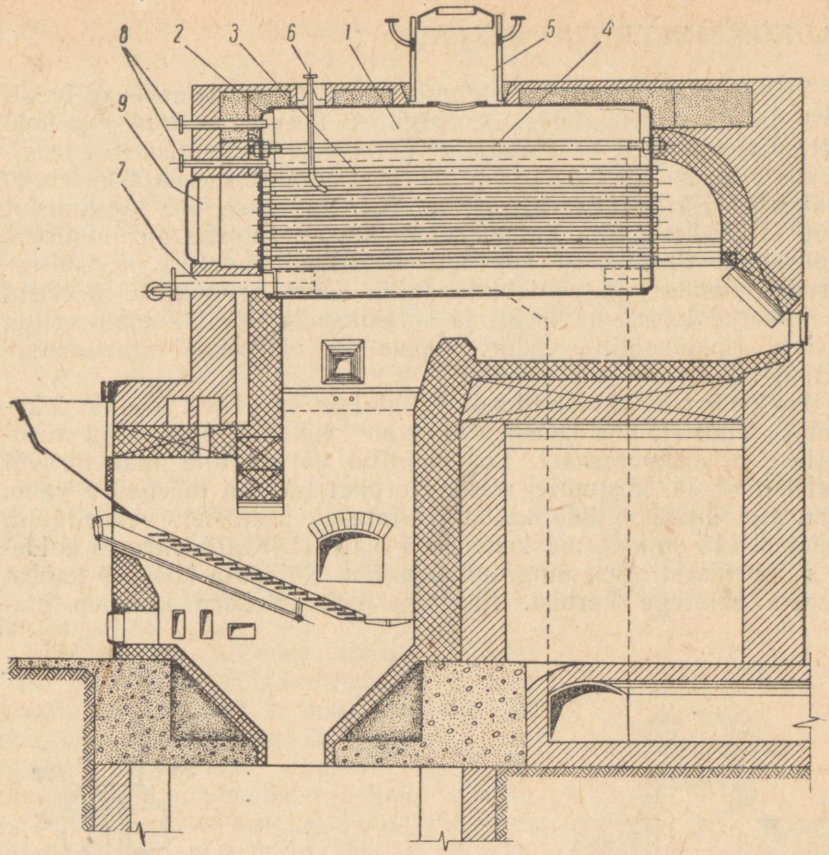
Kahe leegitoruga katlaid ehitatakse töörõhule 4—13 atü, kusjuures katla küttepind ulatub 50—120 m^2-ni. Katla küttepinna erikoormus on 20—30 kg/m^2h, veemaht 180—230 l/m^2 ja kasutegur kuni 0,65. Kahe leegitoruga katlad on väikestes katlamajades statsionaarkateldena laialt levinud.

Nii ühe kui ka kahe leegitoruga katelde headeks omadusteks on hooldamise ja remondi lihtsus, kindel töötamine käsitsi kütmisel, ebaühtlasel katla toitmisel ja muutlikul auru tarbimisel ning hea ligipääs ülevaatuseks ja puhastamiseks.

Puudusteks on aeglane sissekütmine, raske kaal, suur põrandapinna tarvidus, suur oht katla lõhkemisel suure veemahu tõttu, mittekõlblikkus madala küttevääruse kütuste kasutamiseks ilma ees- või allkoldeta, konstruktsiooni mittevastavus kõrgemate rõhkude kasutamiseks ja halb tsirkulatsioon.

42. SUITSUTORUKATLAD

Leegitorukatelde arenemisel leegitorude arvu suurenemise ja nende läbimõõdu vähenemise suunas kujunesid välja suitsutorukatlad. Lihtsam seda tüüpi katel (joon. 117) koosneb trumlist *1*, mis on suletud tasaste põhjadega *2*. Põhjade vahele on asetatud palju väikese läbimõõduga suitsutorusid *3*, mida mööda liiguvad kuumad gaasid. Kolle on asetatud katla alla, kus moodustub esimene suitsukäik. Teise suitsukäigu moodustavad suitsutorud. Viimased valtsitakse torulaudades olevatesse avadesse. Suitsutorude otsad ei ole ühesugused: esipõhjas nende läbimõõtu suurendatakse mõne millimeetri võrra, tagapõhjas vähendatakse. Seega muutub kergemaks torude kohaleasetamine ja väljavõtmine. Et



Joon. 117. Suitsutorukatel:
1 — katla trummel; *2* — põhjad; *3* — suitsutorud; *4* — ankurpoldid; *5* — aurukoguja; *6* — toitetoru; *7* — läbipuhumistoru; *8* — veeklaasitutsid; *9* — suitsukarp.

tasaste põhjade vastupidavus katla sisemisele rõhule on väike, siis suurendatakse põhjade vastupidavust ankurpoltidega *4* ja sel teel, et osa suitsutorusid võetakse paksema seinaga ja kinnitatakse põhjadesse keerme abil (ankurtorud).

Suitsutorukatelde nõrgaks küljeks on lekkimise oht torude valtsimiskohtades, trumli väljapaisumise oht tema alumises osas kolde kohal, halb kohandatavus muutlikule koormusele ja torude raske puhastamine katlakivist.

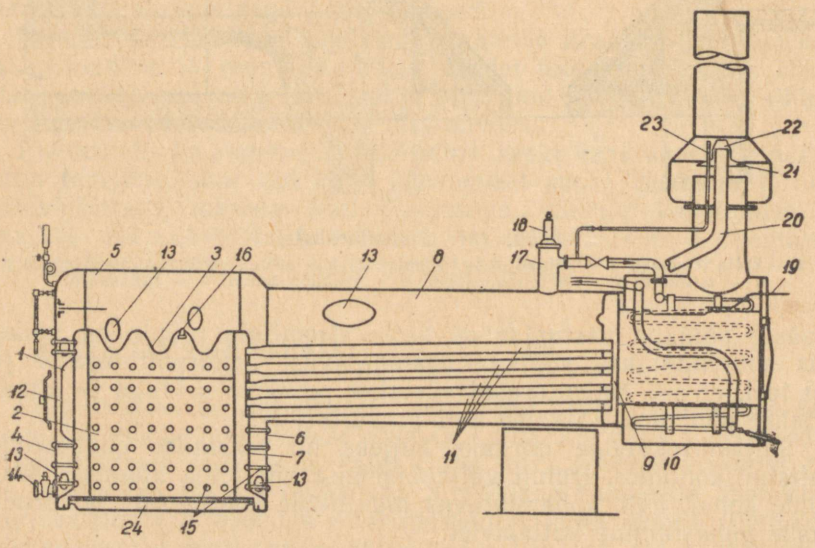
Suitsutorukatelde küttepinna erikoormus on 20—25 kg/m²h, töörõhk 6—10 atü, kasutegur kuni 0,70, veemaht 70—100 l/m² ja metalli kulu 45—55 kg/m².

Suitsutorukatlaid ehitatakse kahe, enamikul juhtudel aga kolme suitsukäiguga.

43. KOMBINEERITUD KATLAD

Tööstusseadmetes on kasutamisel katlad, mis koosnevad leegitoru- ja suitsutorukatelde elementidest. Leegitorukateldes toimub intensiivne soojuse edasiandmine katlaveele kiirgamise teel leegitorude esiosas, kus 2,5—3,5 m pikkuses antakse üle 55 000—65 000 kcal/m²h. Küttepinna ülejäänud osas antakse üle keskmiselt 6000—7000 kcal/m²h. Suitsutorukateldes on soojuse üleandmiseks soodsamad tingimused konvektsioonküttepindadel, s. o. suitsutorudes, nende väikese läbimõõdu ja suure arvu tõttu. Seetõttu on hakatud kasutama leegi- ja suitsutorukateldest kombineeritud katlaid (lokomobiili-, veduri-, laeva- ja väiksemad statsionaarkatlad).

Lokomobiilikatlad ehitatakse tavaliselt osana lokomobiilseadmest, mis koosneb omavahel kindlalt ühendatud aurukatlast ja aurumasinast. Lokomobiilid võivad olla liikuvad või statsionaarsed, kusjuures nende aurukateldel on märgatav vahe. Liikuvate lokomobiilide katlad ehitatakse peamiselt veduritüüpi. Joonisel 118 on esitatud lokomobiil mark П. Katel koosneb kolde- ja silindrilisest osast ning suitsukarbist. Koldeosa koosneb kahest tasaste seintega karbist. Sisemine ehk tulekarp koosneb ots-



Joon. 118. Veduritüüpi lokomobiilikatel:

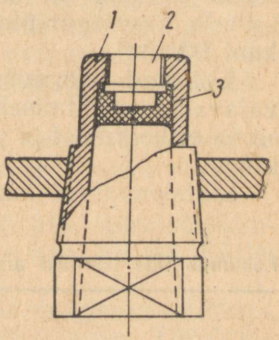
1 — tulekarbi otsleht; *2* — tulekarbi külglehed; *3* — tulekarbi lagi; *4* — väliskarbi otsleht; *5* — väliskarbi ülemine leht; *6* — sarvleht; *7* — kolde torulaud; *8* — katla silindriline osa; *9* — suitsukarbi torulaud; *10* — suitsukarp; *11* — suitsutorud; *12* — koldeuks; *13* — luuk; *14* — läbipuhumiskraan; *15* — sidepoldid; *16* — kaitsekork; *17* — aurukoguja; *18* — vedru-kaitseklapp; *19* — siiber gaaside ümbersuunamiseks möödakäiku; *20* — aurumasina väljavisketoru; *21* — sädemepüüdja; *22* — koonus; *23* — sifoon; *24* — plaanrest.

lehest *1*, milles on koldeukse-ava *12*, kahest külglehest *2*, laest *3* ja kolde torulauast *7*. Väliskarp ehk kere koosneb otslehest *4*, ülemisest lehest *5* ja sarvlehest *6*. Lehed ühendatakse omavahel elektrikeevituse teel. Ülemisse lehte *5* tehakse augud, et võimaldada tulekarbi lainelise lae puhastamist katlakivist. Silindrilises osas *8* asuvad suitsutorud *11* läbimõõduga 60/54 mm, mis on asetatud tõusuga suitsukarbi *10* poole. Suitsutorud on valtsitud torulaudadesse. Torude kohaleasetamise ja väljavõtmise hõlbustamiseks on nende koldepoolsed otsad 2 mm võrra kokku löödud ja suitsukarbipoolsete otste läbimõõt 4—5 mm võrra suurendatud. Katla ülevaatamiseks ja suitsutorude puhastamiseks on luuk *13*. Silindrilisele osale asetatakse aurukoguja *17*.

Katla küttepinna moodustavad tulekarp, suitsutorud ja suitsukarbi torulaud kuni veeseisu jooneni. Lokomobiili П-25 küttepinna suurus on 8,55 m², lokomobiilil П-75 — 21,7 m². Tulejoone moodustab lainelise lae ülemine osa.

Kere otslehele paigutatakse veeklaas, proovikraanid, manomeeter ja väljalaskekraan (alumises osas). Tagasilöögiklapp ja vee sulgkraan paigutatakse kere parempoolsele küljele. Kaitseklapp asetatakse aurukogujale. Tulekarbi lainelise lae ühe laine ülemisse ossa asetatakse kergesti sulavad kontrollkorgid (kaitsekorgid) *16*.

Kontrollkork koosneb kerest *1* (joon. 119) ning selle põhjas olevasse avasse asetatud sisekorgist *2*, mis valatakse üle kergestisulava sulamiga *3*. Veepinna langemisel katlas kuni tulekarbi laeni või viimase ülekuumenemisel sellele sadenenud paksu muda- või katlakivi kihi tõttu sulab sulam välja ning läbi korgi ava kaudu välja voolav vesi ja aur kustutavad tule koldes.

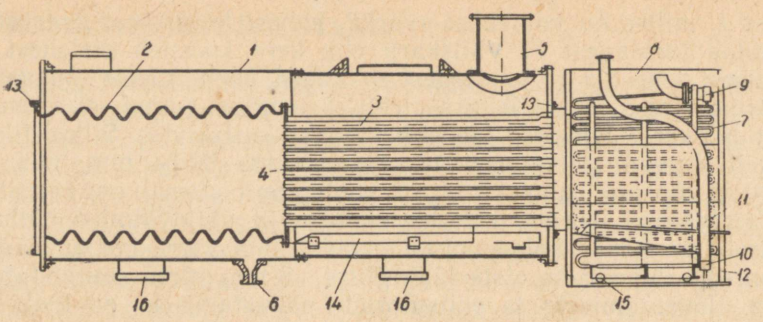


Joon. 119. Kontrollkork:
1 — kere; *2* — sisekork; *3* — sulam.

Kontrollkorke tuleb kontrollida katla iga läbipesu ja remondi ajal. Kui korgi sulami juures on märgata kas või kõige pisemaid sulamise jälgi, tuleb kork välja keerata ja sulam uuendada. Sõltumatult korgi seisukorrast tuleb see uuesti valada mitte harvem kui kolme kuu tagant. Pärast uuesti valamist tehakse korgile veerõhuproov katla 1,25-kordsel töörõhul. Uuesti valatud korgile kirjutatakse katla number ning korgi valamise ja proovimise kuupäevad.

Kontrollkorkide ümbervalamise kuupäev tuleb kanda kontrollkorkide registreerimise žurnaali.

П-lokomobiilid varustatakse suitsukarpi asetatud ülekuumendiga, mis võimaldab auruülekuumendust 280—330° C. Ülekuu-



Joon. 120. Väljavõetava torusüsteemiga lokomobiilikatel:

1 — katla trummel; *2* — leegitoru; *3* — suitsutorud; *4* — torulaud; *5* — aurukoguja; *6* — väljalasketuts; *7* — auruülekuumendi; *8* — suitsukarp; *9* — küllastunud auru kollektor; *10* — ülekuumendatud auru kollektor; *11* — peaaurutoru; *12* — siiber; *13* — väljavõetava torusüsteemi kinnituspoldid; *14* — väljavõetava süsteemi alusrullid; *15* — rullid ülekuumendi väljavõtmiseks; *16* — katla toed.

mendi küttepind on lokomobiilil П-25 5,1 m² ja lokomobiilil П-75 10 m². Suitsukarpi asetatakse ka sädemepüüdja. Suitsugaasid liiguvad tulekarbist suitsutorude kaudu suitsukarpi, kus nad puutuvad kokku auruülekuumendiga ja väljuvad korstna kaudu atmosfääri. Kõige suurem hulk soojust neeldub tulekarbi pinna kaudu. Katla töörõhk on kuni 13 atü, küttepinna erikoormus 20—30 kg/m²h, kasutegur ülekuumendi kasutamisel 0,60—0,70 ja veemaht kuni 90 l/m².

Liikuvad lokomobiilikatlad on kerged, nõuavad vähe ruumi, vajavad sissekütmiseks 1,5—2 tundi, omavad küllalt kõrget küttepinna erikoormust ja võimaldavad kütuse soojuse rahuldavat kasutamist.

Statsionaarsed lokomobiilikatlad (joon. 120) ehitatakse kütte-

Tabel 29

Lokomobiilide tehnilisi andmeid

Nimetus	Lokomobiili tüüp				
	П-25	П-75	СТ-125	СК-125	СК-250
Lokomobiili masina võimsus hj	25	75	125	125	250
Pöörete arv minutis	300	280	280	280	187
Töörõhk katlas kG/cm²	13	12	15	15	15
Ülekuumendatud auru temperatuur °C	280—330	280—330	330—360	320—380	320—340
Katla küttepind m²	8,35	21,7	31,9	22,9	48,5
Auruülekuumendi küttepind m²	3,47	10,0	30,5	23,6	46,6
Restipind (sisekolle) m²	0,53	0,88	1,44	1,04	1,35
Lokomobiili mass (veeta) t		7	15	16,3	30

pindade katlakivist puhastamise hõlbustamiseks väljavõetava torusüsteemiga. Väljavõetav süsteem koosneb leegitorust *2*, torulaudadest *4* ja suitsutorudest *3*, s. t. moodustab kogu küttepinna. Väljavõetav süsteem on kinnitatud poltidega katla kere külge. Leegitoru tehakse tavaliselt laineline. Katla ehitus ja armatuuri paigutus on sarnane liikuvate katelde omaga. Soojuskadude vähendamiseks kaetakse trummel isolatsiooniga.

P ü s t k a t l a i d kasutatakse väikese aurutarviduse puhul. Statsionaarsed püstkatlad seatakse üles vundamendile, millesse jäetakse tuharuum. Armatuur paigutatakse väliskerele. Korstnakäiku asetatakse pööratav klapp tõmbe reguleerimiseks.

Suitsutorudega püstkatel (joon. 121) koosneb silindrilisest kerest *8*, kuhu on paigutatud leegitoru *1*, kaks torulauda *3* ja suitsutorud *2*.

Keres on koldeukse-ava *4*, mille kaudu visatakse sisse kütust plaanrestile *7*. Katla ülevaatuse ja katlakivist puhastamise võimaldamiseks on luugid *5* ja *6*. Suitsutorud asuvad osaliselt vee-, osaliselt aururuumis. Tulejooneks loetakse leppeliselt leegitoru torulauda. Katla küttepinna moodustavad leegitoru ja suitsutorude osad, mis asuvad veeruumis.

Kombineeritud katelde hulka kuuluvad ka S u h h o v i k a t l a d (joon. 122). Katel koosneb püstisest kumera põhjaga leegitorust *2* ja tema seintesse väikese kallaku all valtsitud veetorudest läbimõõduga 51/56 või 76/82 mm. Torude vahetamiseks ja puhastamiseks vee poolelt on katla keres veetorude kohal ette nähtud puhastusluugid. Leegitoru kumerale põhjale toetub suitsutoru *4* ja viimasele korsten.

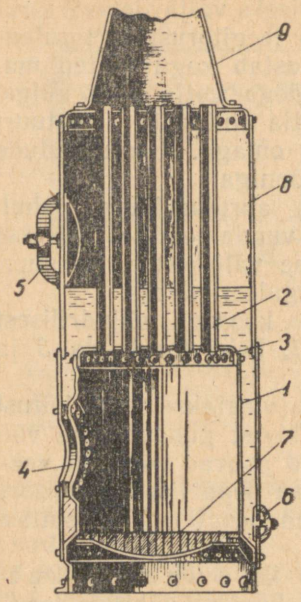
Katla küttepinna moodustavad: leegitoru, veetorud, põhjad ja suitsutoru kuni veenivooni. Tulejooneks loetakse tulekarbi põhja joont.

Selliseid katlaid ehitatakse rõhule 8—10 atü, aurutootlikkusega kuni 800—1000 kg/h ning küttepinnaga kuni 35 m^2. Küttepinna erikoormus ulatub kuni 30 kg/m^2h.

Suhhovi katla headeks omadusteks on konstruktsiooni lihtsus, müüritise puudumine ja katla hõlpus monteerimine. Tingituna küttepinna madalast soojuslikust erikoormusest ja suurest veeruumist võib katelt toita madalakvaliteedilise veega. Katlad on kerged ja kiiresti sisseköetavad.

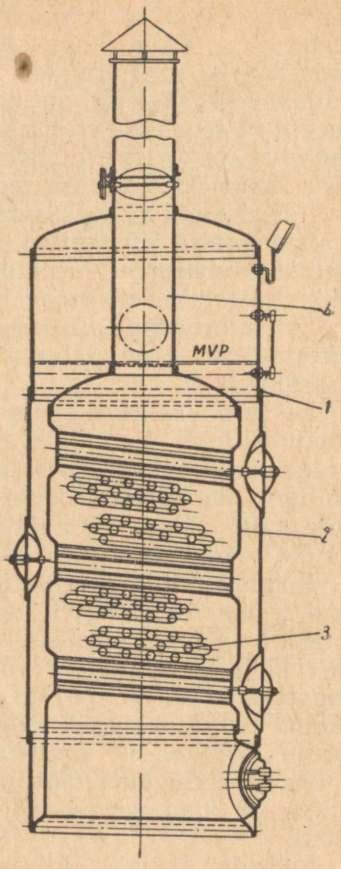
Konstruktsioonilt erineb Suhhovi katel teistest kateldest sellega, et veetorud on valtsitud leegitoru kumerasse seina.

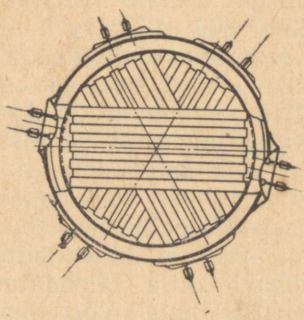
Suhhovi katla täiendatud konstruktsiooni kujutab Suhhov-Sarafi (ШС-)katel. Võrreldes Suhhovi katlaga on veetorude kimbud paigutatud siin kompaktsemalt; kolderuum on avaram, mis kindlustab gaaside täielikumat põlemist. Veetorude läbimõõt on väiksem — 46/51 mm. Suhhov-Sarafi katlaid ehitatakse töörõhuga 8 atü ning küttepinnaga 7,9; 16,2; 26,6 ja 33 m^2, millele vastab aurutootlikkus 200, 400, 700 ja 1000 kg/h.



Joon. 121. Suitsutorudega püstkatel:

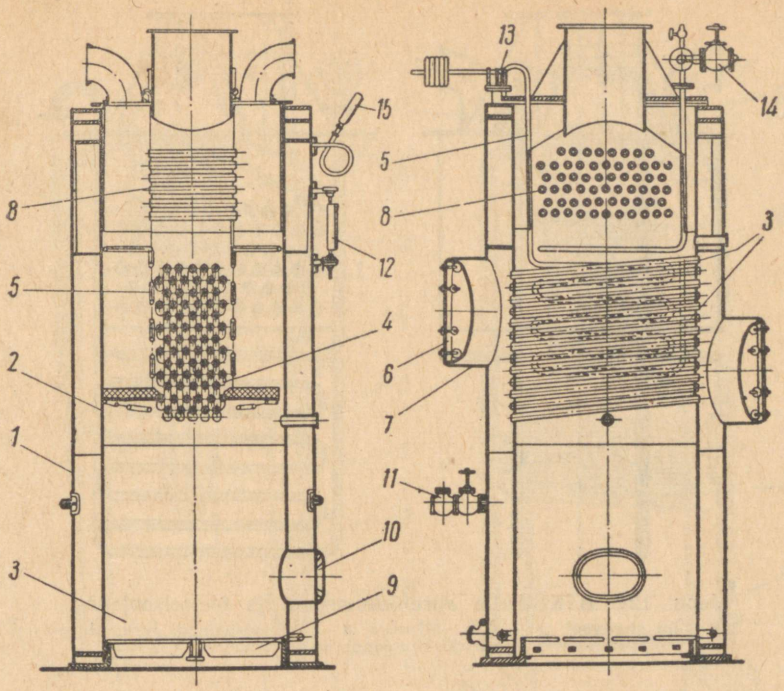
1 — leegitoru; *2* — suitsutorud; *3* — torulaud; *4* — koldeukse ava; *5, 6* — luugid; *7* — plaanrest; *8* — katla kere; *9* — korsten.





Joon. 122. Suhhovi püstkatel:

1 — väliskere; *2* — leegitoru; *3* — veetorud; *4* — suitsutoru.



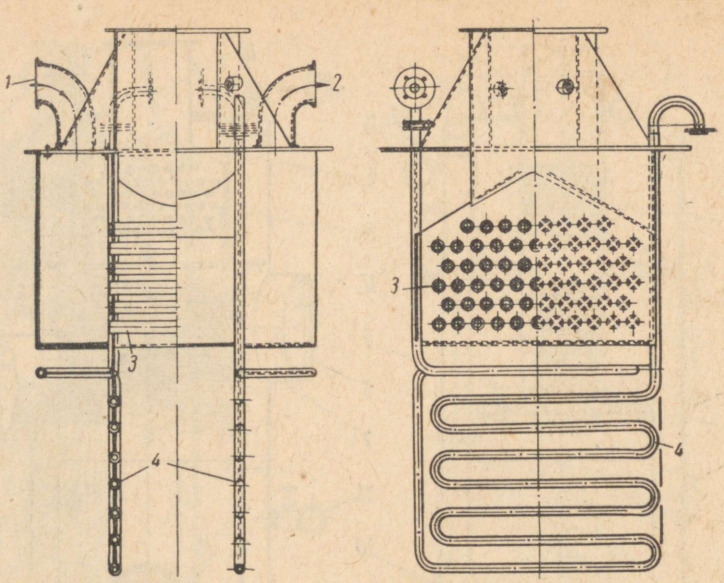
Joon. 123. ВТКБ-katel:

1 — väliskere; *2* — sisemine silinder; *3* — kolle; *4* — veetorud; *5* — auruülekuumendi; *6* — luuk; *7* — tugirõngas; *8* — õhueelsoojendi; *9* — rest; *10* — kolideuks; *11* — toiteventiil tagasilöögiklapiga; *12* — veeklaas; *13* — kaitseklapp; *14* — auruventiil; *15* — manomeeter.

ВТКБ-katlaid (joon. 123) ehitatakse aurutootlikkusega 500 ja 700 kg/h ning töörõhuga 8 atü. Katel koosneb väliskerest *1* ja sisemisest silindrilisest osast *2*, mis moodustab kolderuumi. Välimisele ja sisemisele silindrile on üleval ja all keevitatud lamedad rõngad. Sisemise silindri seintesse on 5° kalde all valtsitud veetorud *4* läbimõõduga 46/51 mm. Torud on asetatud malekorras. Veetorude kimp on mõlemalt poolt piiratud auruülekuumendiga *5*. Viimane kujutab 33/38 mm läbimõõduga torudest painutatud horisontaalseid silmuseid (joon. 124). Ülekuumendi torudele on keevitatud 5 mm paksused terasplaadid, mis moodustavad suitsugaasidele piirde. Veetorude puhastamiseks ja järelevaatuseks on väliskeres luugid *6*.

Katel ВТКБ-0,7/8 (tootlikkusega 700 kg/h) varustatakse õhueelsoojendiga *8*, mis koosneb horisontaalsetest terastorudest ja on paigaldatud vahetult veetorude kohale.

Tahkekütuse põletamiseks varustatakse ВТКБ-katla sisekolle restiga *9*.



Joon. 124. ВТКБ-katla auruülekuumendi ja õhueelsoojendi: *1* — õhu sissevool; *2* — õhu väljavool; *3* — õhueelsoojendi toru; *4* — auruülekuumendi toru.

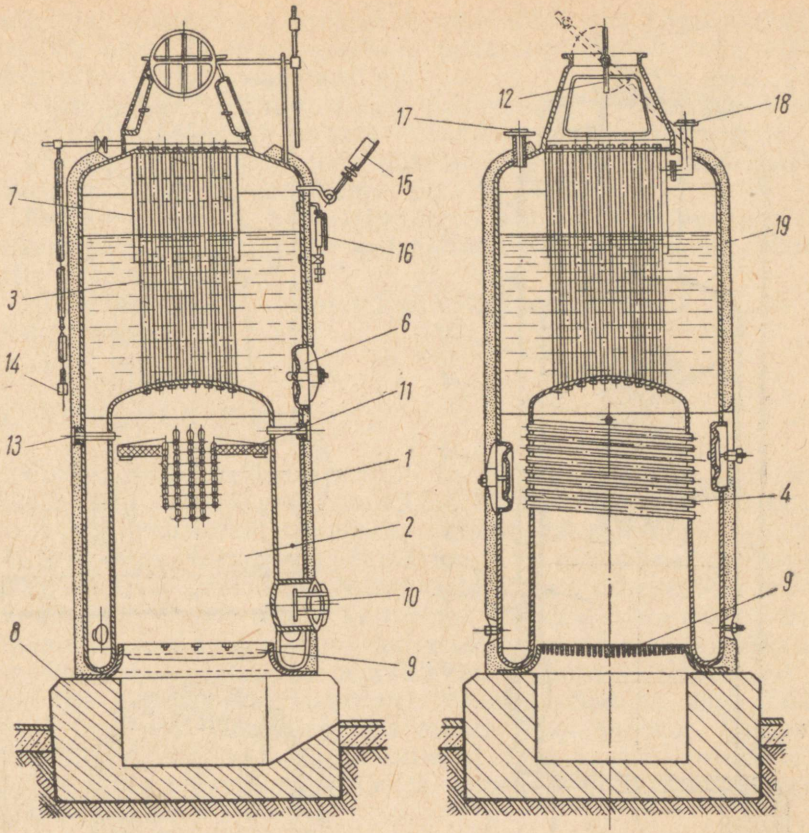
ВГД-k a t e l (joon. 125) koosneb painutatud põhjaga silindrilisest kerest *1*, milles on kumera põhjaga kolle *2*. Väliskere ja kolde põhjadesse on valtsitud suitsutorud *3*, mis asuvad osaliselt vee-, osaliselt aururuumis. Kolde seintesse on valtsitud kaldu asetsevad veetorud *4*. Katla seesmiseks ülevaatuseks, puhastamiseks ja veetorude valtsimiseks on väliskeres luugid *5* ja *6*. Muda väljalaskmiseks on kere allosas vastavad avad.

Katla aururuumi on paigaldatud aurukuivendaja *7*. Kolde ülaossa mõlemale poole veetorusid on asetatud šamotist vaheseinad, mille ülesandeks on takistada kuumade suitsugaaside otsesuunalist läbivoolamist ja juhtida need veetorude vahele. Katel toetub vundamendile *8*.

Tahkekütuse põletamiseks varustatakse ВГД-katel restiga. Kütus visatakse restile läbi koldeukse *10*. Katel on väljastpoolt kaetud soojusisolatsiooniga. Lendtuha ja tahma mahapuhumiseks torudelt on katel varustatud aurutorudega *13* ja käsitahmapuhuriga *14*.

ВГД-katlaid ehitatakse töörõhule 8 atü ning küttepinnaga 20, 28 ja 40 m^2, millele vastab katelde aurutootlikkus 400—500 kg/h, 700—800 kg/h ja 1100—1200 kg/h.

ММЗ-k a t e l (joon. 126) koosneb silindrilisest kerest *1*, milles on kumera põhjaga kolle *2*. Suitsugaaside soojuse täieliku-



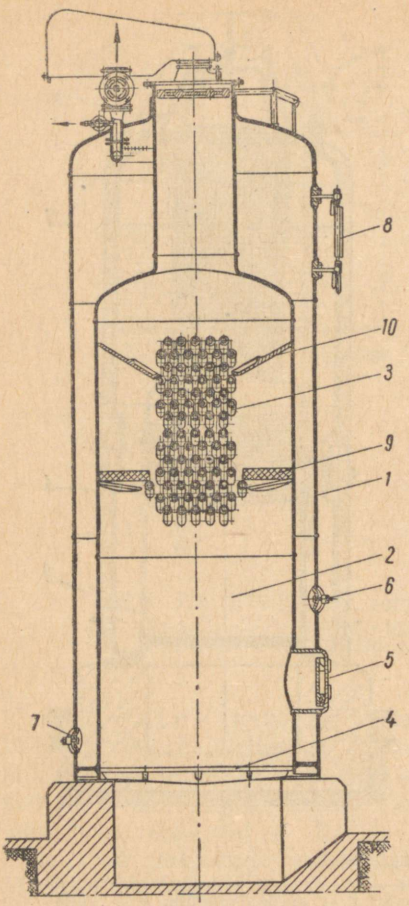
Joon. 125. ВГД-katel:

1 — väliskere; *2* — kolle; *3* — suitsutorud; *4* — veetorud; *5* — luuk torude puhastamiseks ja järelevaatuseks; *6* — puhastusluuk; *7* — aurukuivendaja; *8* — vundament; *9* — rest; *10* — koldeuks; *11* — šamotist vahesein; *12* — suitsusiiber; *13* — aurutoru tahma puhumiseks; *14* — käsi-tahmapuhur; *15* — manomeeter; *16* — veeklaas; *17* — kaitseklapi äärik; *18* — auruventiili äärik; *19* — isolatsioon.

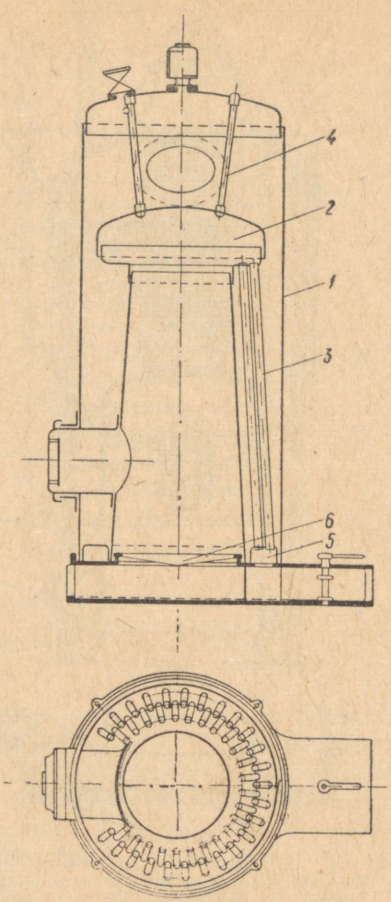
maks ärakasutamiseks on kolde seintesse valtsitud väikese kalde all veetorud *3* läbimõõduga 51 mm. Veetorude puhastamine neile sadestunud lendtuhast ja tahmast toimub otsikuga varustatud käsipuhuri abil.

Suitsugaaside suunamiseks koldest veetorude vahele on mõlemale poole veetorusid asetatud šamotist vaheseinad *9* ja malmplaadid *10*. Katel on väljastpoolt kaetud soojusisolatsiooniga.

Kõrgeväärtuslikke kütuseid, nagu kivisütt, vedel- ja gaaskütuseid põletatakse sisekoldes, madalaväärtuslike kütuste põletamiseks varustatakse ММЗ-katlad ees- või allkoldega.



Joon. 126. MM3-katel:
1 — kere; *2* — kolle; *3* — veetorud; *4* — rest; *5* — koldeuks; *6*, *7* — puhastusluugid; *8* — veeklaas; *9* — šamottvahesein; *10* — malmplaat.



Joon. 127 Nikanderkatel:
1 — katla kere; *2* — kolle; *3* — suitsutoru; *4* — ankurpolt; *5* — ringkanal; *6* — plaanrest.

MM3-katlaid ehitatakse töörõhule 8 atü tootlikkusega 0,4; 0,7 ja 1 t/h. Katelde kasutegur ulatub 0,60—0,65-ni.

Nikanderkatel (joon. 127) koosneb silindrilisest väliskerest *1*, milles on seenekujuline püstkolle *2*. Viimase ülemisest äärest suunduvad katla alumisse põhja suitsutorud *3*. Alumine põhi on needitud väliskere ja kolde alumistele äärtele. Kolde põhi on ankurpoltide *4* abil ühendatud katla ülemise põhjaga.

Suitsugaasid tõusevad koldes üles, pöörduvad alla suitsutorudesse ja voolavad sealt ringkanalisse *5*, kust väljuvad korstnasse.

Kollet ja suitsutorusid ümbritseb vesi, kuna aur koguneb katla ülemisse ossa. Järelevaatuseks ja puhastamiseks on katla väliskeres ette nähtud puhastusluugid.

Nikanderkatel on varustatud plaanrestiga *6*. Madalaväärtuslike kütuste (põlevkivi, turvas) puhul kasutatakse allkollet.

Võrreldes eelkirjeldatud püstkateldega on nikanderkatlal kütuse kulu pikema gaasikäigu tõttu väiksem.

Katla puudusteks on: raskendatud puhastamine vee poolelt; raskendatud remont, eriti suitsutorude valtsimine, mis nõuab katla kohalt tõstmist.

Nikanderkatlaid valmistatakse küttepinnaga 8, 10, 12, 15 ja 20 m^2 töörõhule 7—8 atü.

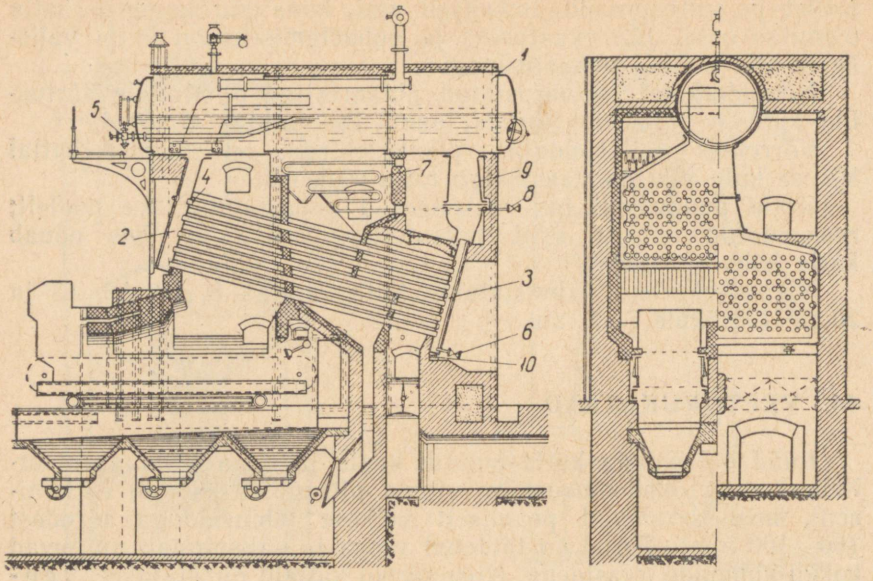
44. VEETORUKATLAD

Püüd vähendada katla metalli kaalu ja tõsta tema aurutootlikkust ning ökonoomsust on viinud niisuguste katelde ehitamiseni, mis koosnevad peamiselt väikese läbimõõduga torudest (60—100 mm). Torud on täidetud veega ja välispinnalt puutuvad kokku kuumade gaasidega. Niisuguseid katlaid nimetatakse *veetorukateldeks*. Katla küttepinna moodustamine veetorudest võimaldab saavutada suuri paremusi, võrreldes eelkirjeldatud kateldega, nagu väiksemat metallikulu, suuremat ökonoomsust ja suuremat küttepinna erikoormust. Veetorukatlad on väga laialdaselt tarvitusel tööstustes, kus aurutarvidus on suur. Suurema küttepinna erikoormuse tõttu esitavad need katlad kõrgendatud nõudeid kasutatavale metallile ja toiteveele ning teenindamise organiseerimisele.

Hea tsirkulatsiooni saamiseks seatakse katla veetorud üles nurga all, mille suurusest olenevalt tehakse vahet *horisontaalveetorukatelde* (kaldenurk 10—15°) ja *püstveetorukatelde* vahel (kaldenurk üle 15°).

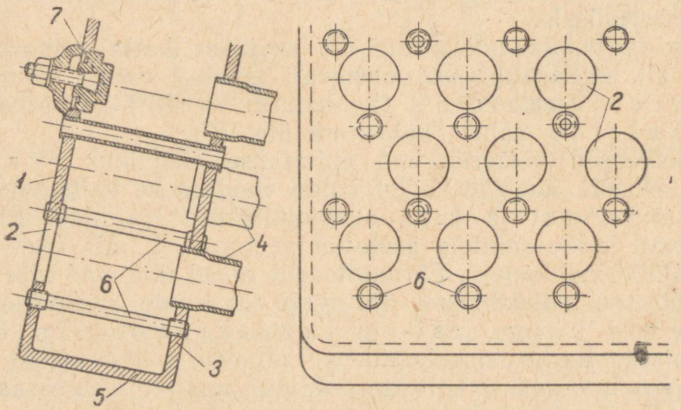
Kaasaegsed veetorukatlad ehitatakse enamikus *ekraanidega*. Nende ülesandeks on kolde vooderduse kaitsmine kõrge temperatuuri eest ja katla aurutootlikkuse tõstmine. Ekraanid koosnevad kolde seintele asetatud veetorudest, mis ühendatakse katla üldtsirkulatsiooni. Ekraanitorude otsad ulatuvad läbi müüritise ühisesse kollektorisse. Sõltuvalt ekraanide asukohast nimetatakse neid *külg-*, *esi-* ja *tagaekraanideks*. Ekraani lülitamiseks katla tsirkulatsiooni juhitakse katlatrumlist langetorude kaudu alumisse kollektorisse vesi, mis jaguneb ekraanitorudesse. Ülemisest kollektorist voolab auru ja vee segu tõusutorude kaudu trumlisse tagasi. Ekraanitorud võtavad vastu palju soojust ja seega jahutavad hästi koldeseinu.

Horisontaalveetorukatelde torud ühendatakse mitmesuguse kujuga kambritega. Sõltuvalt kambrite ehitusest jaga-



Joon. 128. Horisontaalveetorudega kamberkatel:

1 — trummel; *2* — esikamber; *3* — tagakamber; *4* — veetorud; *5* — toiteventiil; *6* — väljalaskeventiil; *7* — auruülekuumendi; *8* — ülekuumendi läbipuhumisventiil; *9* — ülemineku-kamber; *10* — liikuv tugi.



Joon. 129. Veekamber:

1 — kambri esisein; *2* — luugiava; *3* — kambri tagasein; *4* — veetorud; *5* — kambri põhi; *6* — sidepolt; *7* — luuk.

takse horisontaalveetorukatlad kamberkateldeks, sektsionaalkateldeks ja patareikateldeks. Kamberkatlal (joon. 128) on kaks veekambrit *2* ja *3*, mille vahele on valtsitud sirged veetorud. Esikamber on ühendatud katla trumliga otse, tagakamber vastava üleminekukambri *9* kaudu. Üleminekukamber on gaasikäikudest isoleeritud müüritisega. Esikambrist juhitakse auru ja vee segu trumlisse aurutuspeeglist kõrgemal. Toitevesi juhitakse katlasse toiteventiili kaudu läbi trumli esipõhja. Mudatrumli puudumise tõttu on katlavees palju muda ja see tsirkuleerib koos veega, mis suurendab küttepindade mustumist vee poolelt ja põhjustab katla vigastusi. Katel müüritakse nelja püstsuitsukäiguga. Auruülekuumendi kollektorid asuvad müüritise sees, mille tõttu nendele juurdepääs on raskendatud. Trumli esiots on riputatud katla sõrestikule rangide abil, kuna tagumist otsa kannab liikuv tugi. Keevitatud konstruktsiooniga veekamber on kujutatud joonisel 129. Kambri esisein *1* ja tagasein *3* on ühendatud põhjaga *5* keevituse teel ja omavahel seotud ankurpoltidega *6*, mis on keermega kinnitatud kambri seintesse.

Keevitatud kambrid osutusid töötamisel ebakindlateks, sest kuumenemisel hakkasid keevisõmblused lekkima. Selle tõttu hakati hiljem valmistama ainult ühe õmblusega veekambreid, stantsides kambri tagaseina ja põhja ühest tükist. Tulemusena välditi õmblus kambri gaasidepoolsel küljel.

Esikambrit kaitstakse kuumade gaaside eest müüritise ja soojusisolatsioonikihiga.

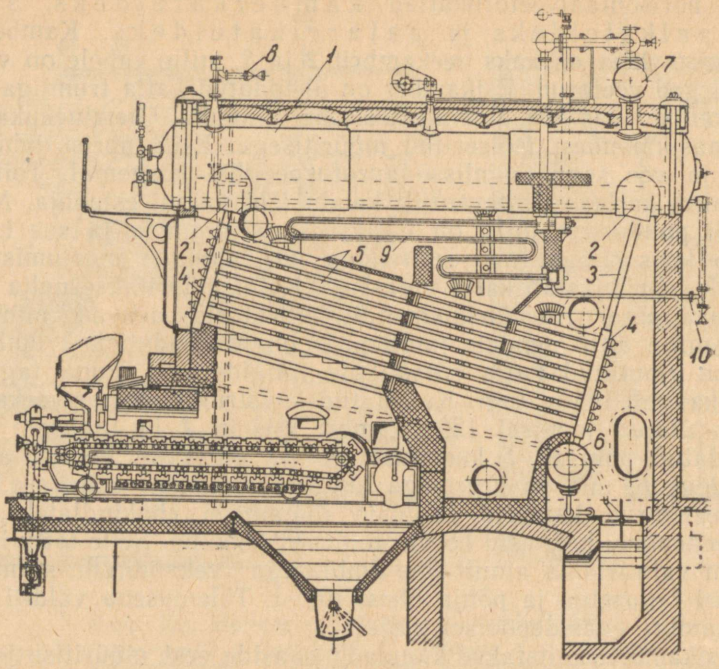
Kamberkatlaid ehitatakse töörõhule 12—15 atü, küttepinnaga kuni 350 m^2. Küttepinna erikoormus tõuseb 30—35 kg/m^2h, katla kasutegur on 0,70—0,72 ja veemaht 50—60 l/m^2.

Katla puuduseks on sirgete seintega kambrite väike tugevus, mille tõttu katlaid ei saa ehitada kõrgemale töörõhule, katla torude vaba paisumise võimaluse puudumine ja sellest tingituna sagedane valtsimiskohtade lekkimine ja pragude tekkimine.

Sektsionaalkateldes on üks ühine veekamber asendatud üksikute sektsioonidega, millest igaühe külge on valtsitud üks vertikaalne torurida. Sektsioonikambrid on väga tugevad ja neid võib valmistada praktiliselt igasugusele rõhule. Peale selle on sektsioonikambrite valmistamine suurte keevitatud veekambrite valmistamisest kergem.

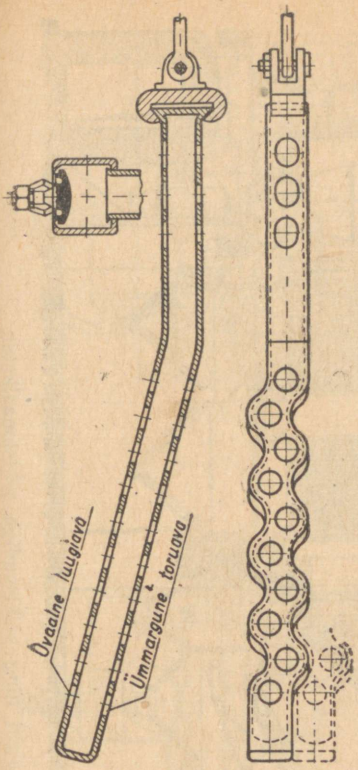
Pikitrumliga sektsionaalkatel (joon. 130) koosneb trumlist *1*, taskutest *2*, ühendustorudest *3*, sektsioonikambritest *4*, veetorudest *5* ja mudatrumlist *6*. Sektsioonikamber (joon. 131) on ühendatud katla trumliga ühendustorude abil, mille alumised otsad on valtsitud sektsioonikambri, ülemised aga tasku külge. Tagumised sektsioonikambrid ühendatakse all ühise mudatrumliga. Katla trummel riputatakse sõrestikule rangide abil, et katel saaks vabalt paisuda.

Suuremate katelde ehitamiseks tuleb suurendada katla vee-



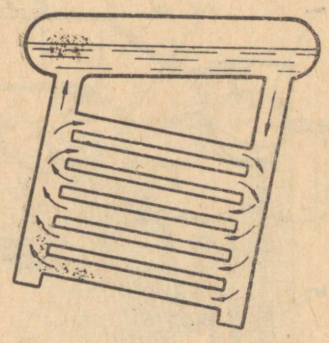
Joon. 130. Pikitrumliga sektsionaalkatel:
1 — trummel; *2* — taskud; *3* — ühendustorud; *4* — sektsioonikambrid; *5* — veetorud; *6* — mudatrummel; *7* — aurukoguja; *8* — toiteventiil; *9* — auruülekuumendi; *10* — toru ülekuumendi läbipuhumiseks.

torude arvu kas katla laiuse või horisontaalsete toruridade arvu suurendamisega. Alumised veetorud võtavad vastu kõige rohkem soojust, sest nende ees on gaaside temperatuur kõige kõrgem. Järgmises torureas tekib auru vähem, sest kiirgamise mõju on seal väiksem ja gaasid on alumiste torude vahelt läbi minnes teataval määral jahtunud. Kui torude arv vertikaalses torureas on suur, siis ülemistes torudes tekib väga vähe auru, võrreldes alumistega. Sellest tingituna on vee tsirkuleerimine ülemistes torudes tunduvalt nõrgem kui alumistes. Sektsioonikambrites esineb aga vastupidine olukord. Iga toru vertikaalses torureas annab oma osa auru sektsioonikambrisse, millega auruhulk ja seega ka auru liikumise kiirus sektsioonikambris alt ülespoole suureneb. Sektsiooni horisontaalsete toruridade arvu suurendamine võib esile kutsuda vastutsirkulatsiooni ülemistes ridades, sest nimetatud juhul on raskendatud vee juurdejuhtimise ja auru ärajuhtimise torude küllaldase ristlõike kindlustamine. Alumised toruread toodavad palju auru ja vajavad ka palju vett. Tulemusena hakkavad nad seda imema ülemistest torudest, kui sektsioonile vee



Joon. 131. Sektsioonikamber.

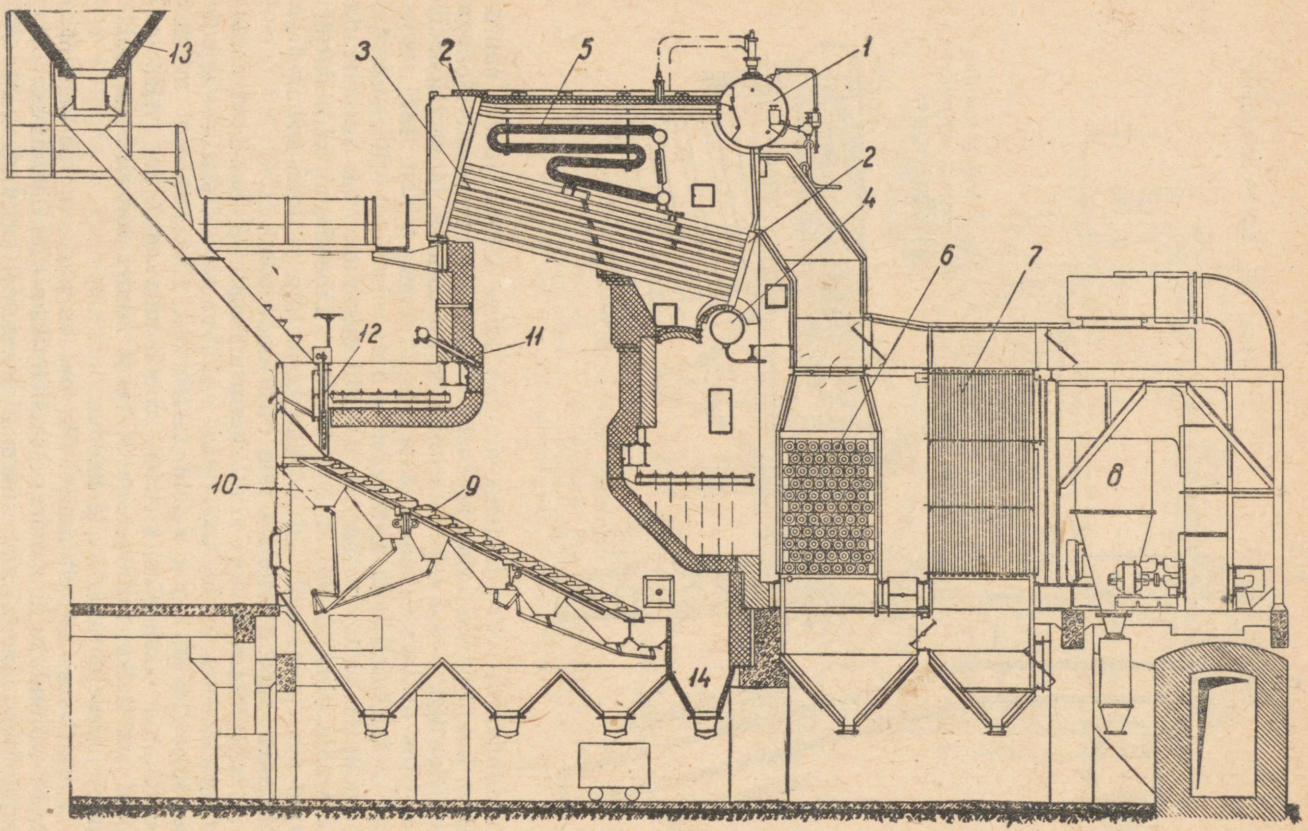
Joon. 132. Vastutsirkulatsioon horisontaalveetorukatla ülemistes torudes.



juurdejuhtimise toru takistus muutub suure kiiruse juures suuremaks kui takistus vee imemisel ülemistest torudest. Sellega mitmekordistub vee tsirkuleerimine katla torudes ja vesi hakkab ülemistes torudes liikuma vastupidises suunas (joon. 132). Normaalse tsirkulatsiooni katkemisega satub katel avariiseisukorda. Sel põhjusel ei saa torude arvu vertikaalses toureas suurendada üle kindla piiri (tavaliselt 8—11). Olgu tähendatud, et eelkirjeldatud avariiseisukord võib tekkida katla tugeval forsseerimisel ka normaalse arvu horisontaalsete toruridade puhul.

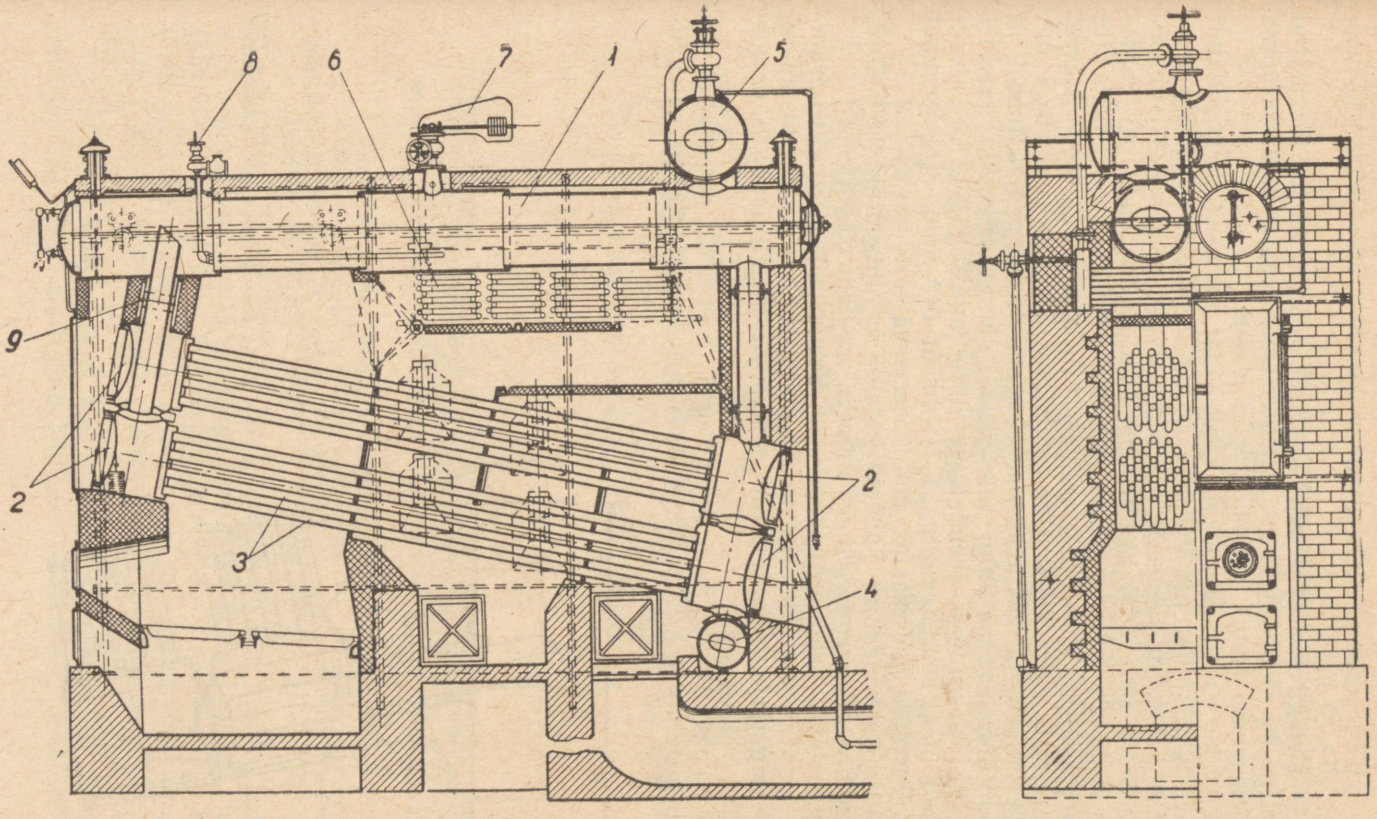
Üheks tsirkulatsiooni kindlustamise mooduseks horisontaalveetorukateldes on seibide asetamine alumiste torude sissevoolupoolsetesse otstesse. Need seibid takistavad tsirkulatsiooni mitmekordistumist alumistes torudes ja vähendavad üldist tsirkulatsiooni vee hulka, millega saavutatakse kindel vee andmine sektsiooni juurdejuhtimistorude kaudu.

Katla laiuse suurendamisel üle teatava piiri muutub konstruktiivselt võimatuks suure arvu sektsioonikambrite ühendamine ühe pikitrumliga. Seega tuleb suurematel kateldel kasutada kahte või kolme pikitrumlit. Kolme pikitrumliga sektsionaalkatelde kütte-



Joon. 133. Ilmarise resti ning põiktrumliga sektsionaalkatel:

1 — katla trummel; 2 — sektsioonikambrid; 3 — veetorud; 4 — mudatrummel; 5 — auruülekuumendi; 6 — ökonomaiser; 7 — õhueelsoo-



Joon. 134. Suhhovi kamberkatel:

1 — trummel; *2* — kambrid; *3* — veetorud; *4* — mudatrummel; *5* — aurukoguja; *6* — ülekuumendi; *7* — kaitseklapp; *8* — toiteventiil; *9* — ühendustoru.

pind on kuni 500 m², küttepinna erikoormus 30—50 kg/m²h, veemaht 40—70 l/m².

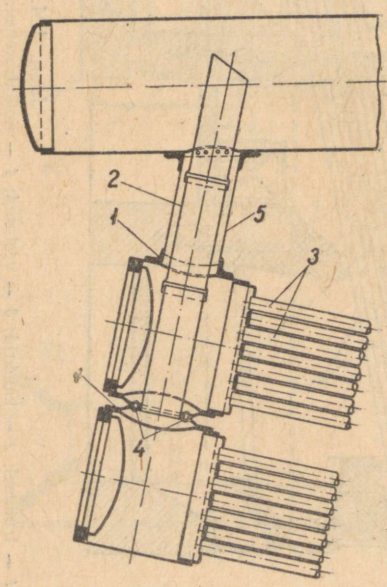
Konstruktiivselt paremini on sektsioonikambrid ühendatud trumliga *põiktrumliga* kateldel (joon. 133), kus katla laiust ei piira enam trumli läbimõõt, vaid pikkus.

Suhhovi kamberkatelde (joon. 134) veetorud on koondatud patareideks, millel igaühel on kamber *2* läbimõõduga 670 mm. Kambrite torulaudadesse on valtsitud sirged veetorud *3* läbimõõduga 76/70 mm. Igal kambril on luuk, mille kaudu on juurdepääs kõikidele torudele. Kaks patareid ühendatakse omavahel ja pikitrumliga *1*, mille läbimõõt on 640 mm, ning moodustavad seega katla sektsiooni. Ühe sektsiooni küttepind on 62,5 m². Katla küttepinna moodustavad veetorud, torulauad, kambrid ja trumli alumine osa kuni tulejooneni. Mitme trumliga kateldel trumlite aururuumid ühendatakse ühise aurukogujaga *5* ja veeruumid ühise mudatrumliga *4* (läbimõõt 640 mm). Iga trummel on varustatud veeklaasiga ja on iseseisva toitmisega.

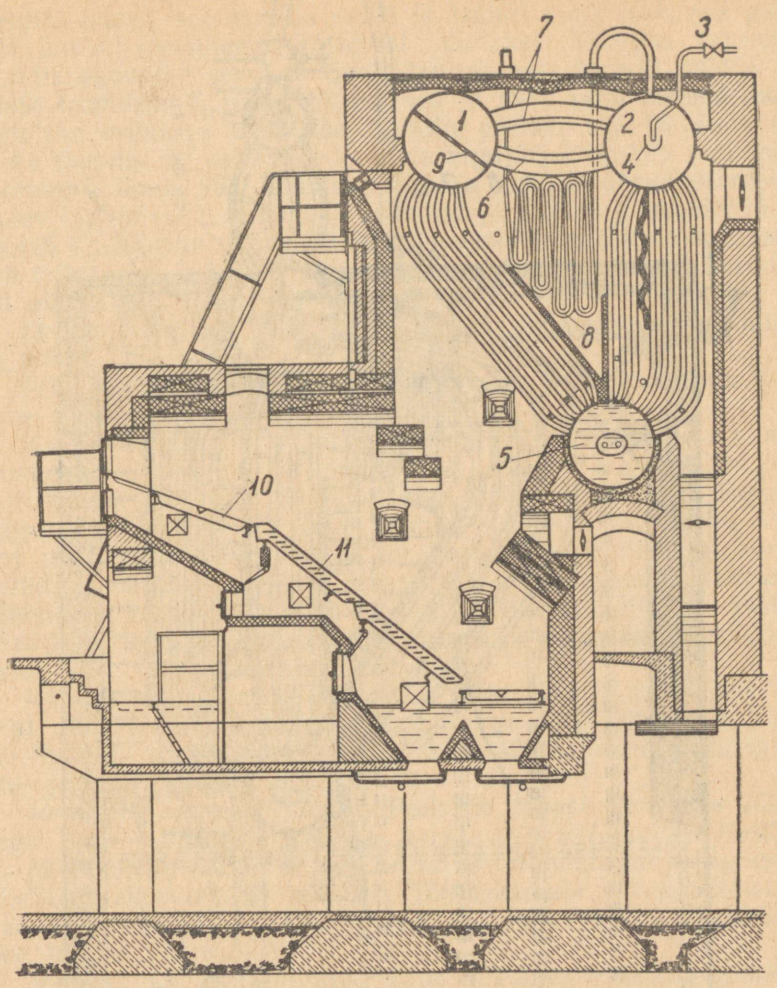
Auruülekuumendita Suhhovi katelde kasutegur on 0,60—0,63, küttepinna erikoormus 20—30 kg/m²h, veemaht 50—70 l/m².

Nimetatud katelde puuduseks on kambrite jäik kinnitus trumliga (joon. 135), mistõttu on takistatud torude vaba paisumine. Selle tagajärjel esineb torude lekkimist ja torulaudade pragunemist.

Painutatud veetorudega katlad. Painutatud torude kasutamine võimaldab vältida nende ebaühtlasest paisumi-



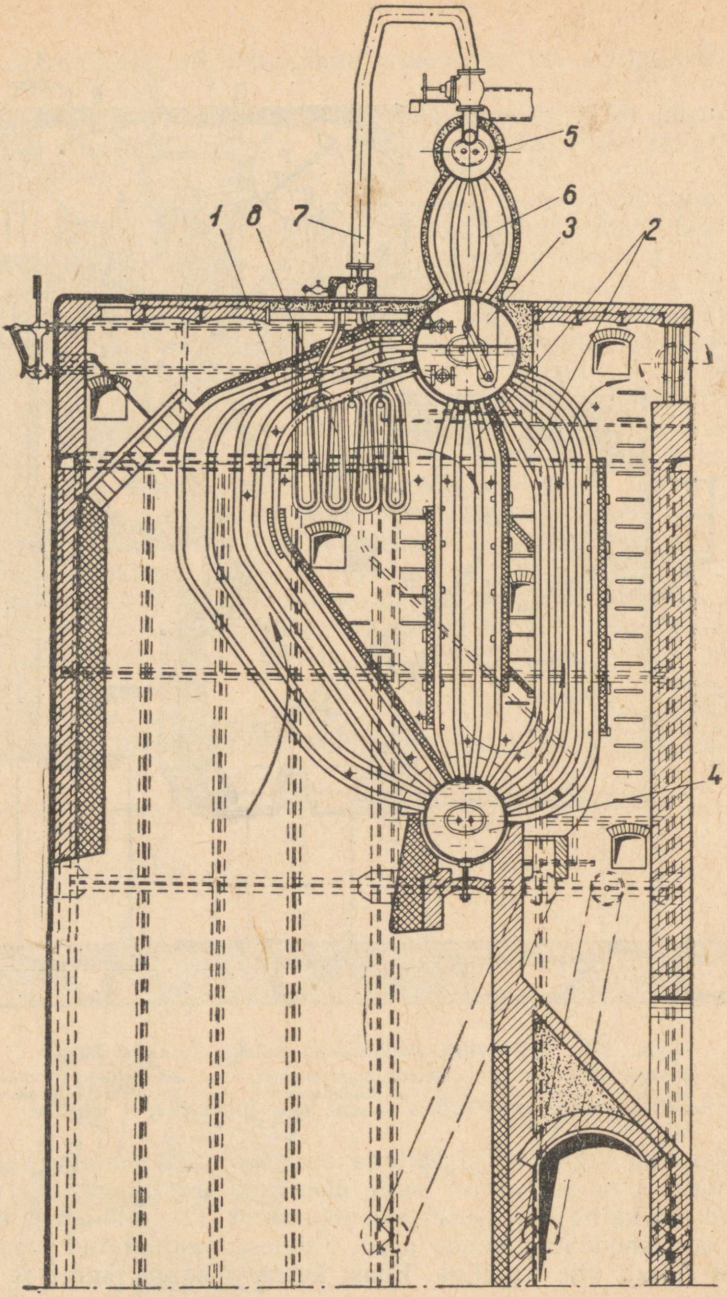
Joon. 135. Suhhovi katla kambri kinnitus trumliga:
1 — kambri pea; *2* — aurutoru; *3* — veetorud; *4* — neetliide; *5* — ühendustoru.



Joon. 136. Painutatud veetorudega kolme trumliga katel:
1 — ülemine esitrummel; *2* — ülemine tagatrummel; *3* — toiteventiil; *4* — renn; *5* — alumine trummel; *6* — veeruumi ühendustorud; *7* — aururuumi ühendustorud; *8* — auruülekuumendi; *9* — võre; *10* — kaldrest; *11* — trepprest.

sest tingitud vigastusi ja ehitada suurema küttepinnaga katlaid, sest suurt arvu torusid on kerge ühendada trumlitega. Seejuures jäävad ära kallid vee- ja sektsioonikambrid. Trumlite kõrge hinna tõttu on vähendatud nende arvu. Esimesed painutatud torudega katlad ehitati viie trumliga. Edasi kasutati kolme, kahte ja ühte trumlit.

Painutatud veetorudega k o l m e trumliga katel on kujutatud joonisel 136. Tema küttepind koosneb veetorudest, torudest kahe



Joon. 137. Kahe trumliga veetorukatel:

1 — torud esimeses gaasikäigus; *2* — torud teises ja kolmandas gaasikäigus; *3* — ülemine trummel; *4* — alumine trummel; *5* — aurukoguja; *6* — torud ülemise trumli ja aurukoguja vahel; *7* — küllastunud auru torustik; *8* — auruülekuumendi.

ülemise trumli veeruumide vahel ja trumli pindadest, mis puutuvad kokku gaasidega. Toitevesi juhitakse ülemises tagumises trumlis asuvasse renni *4*. Sealt langeb vesi torusid mööda alumisse trumlisse *5*. Edasi tõuseb vee ja auru segu torusid mööda ülemisse esimesse trumlisse *1*. Siin põrkab vee ja auru segu vastu trumlis asuvat võret *9*. Selle tagajärjel langeb vesi tagasi veeruumi, kuna aur läbistab võre ja tungib ühendustorusid *7* kaudu tagumisse trumlisse *2*. Trumlisse *1* auruga kaasaviidud vesi voolab ühendustorusid *6* kaudu tagumisse trumlisse, kus ta seguneb toiteveega ja jätkab tsirkuleerimist. Gaasid uhuvad katlatorusid pikisuunas, läbides kolm suitsukäiku.

Kolme trumliga katelde küttepinna erikoormus on kuni 60 kg/m²h.

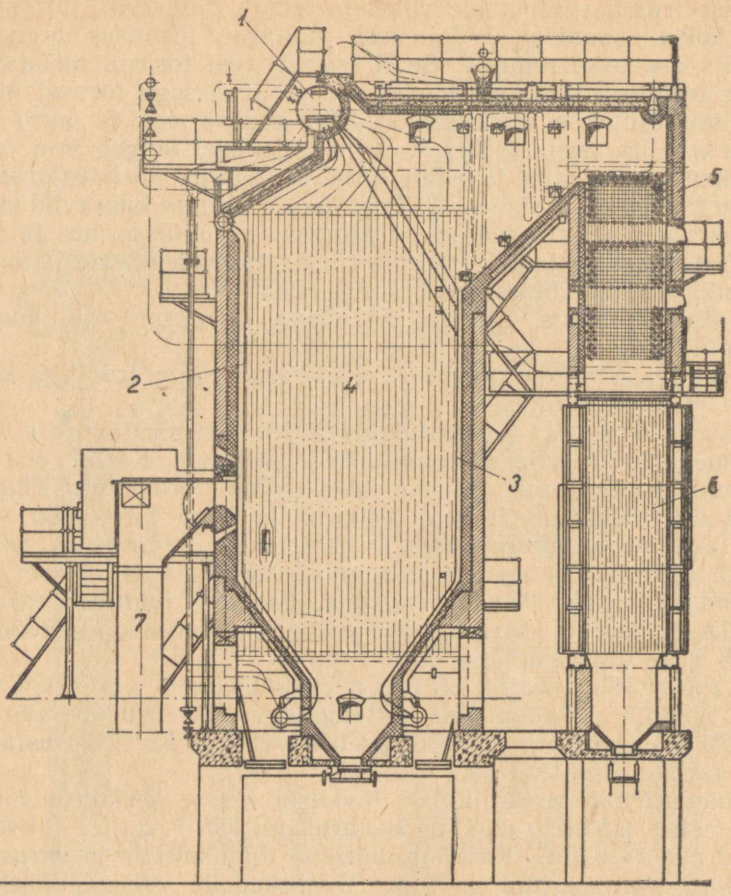
Trumlite kõrge hinna tõttu asendatakse kolme trumliga katlad kahe- ja ühetrumlilistega.

Kahe trumliga katlal (joon. 137) on ülemine ja alumine trummel, aurukoguja ja painutatud veetorud. Katlal on kolm suitsukäiku. Veetorud on koondatud kolme torukimpu. Rippuvat tüüpi auruülekuumendi asub esimese ja teise torukimbu vahel. Aur tekib peamiselt esimeses torukimbus, mille read on harvendatud, et paremini neelata kiirgamise teel üleantavat soojust ja vähendada torude räbustumise ohtu. Toitevesi juhitakse ülemisse trumlisse, kust ta langeb alla kolmandat torukimpu mööda ja satub teise ning esimesse torukimpu.

Kahe trumliga katlal on hea tsirkulatsioon ja suhteliselt väike kaal. Katlaid valmistatakse küttepinnaga 400—500 m², töörõhule 17—22 atü. Auru temperatuur on 350—425° C. Katel varustatakse vee- ja õhueelsoojendiga.

Joonisel 138 on kujutatud Podolski tehase keskmise võimsusega ühe põiktrumliga aurukatel ПК-7, millel $D=40$ t/h, $p=32$ ata, $t=420$°C. Katel on ehitatud tolmuküttele ja varustatud täielikult ekraneeritud koldega. Tõmbekadude vähendamiseks on gaasikäik kujundatud П-kujulisena, kus suitsugaasid teevad ainult ühe 180°-se pöörde.

Joonisel 139 on kujutatud katel ТП-75-39Ф. Katla tootlikkus on 75 t/h, rõhk auruülekuumendi taga 39 atü (katla trumlis 44 atü), ülekuumendatud auru temperatuur 450° C, toitevee temperatuur 150° C, eelsoojendatud õhu temperatuur 340° C, lahkuvate suitsugaaside temperatuur 160° C. Katlal on üks suhteliselt suure läbimõõduga (1300 mm) trummel *1* ja täielikult ekraneeritud kolle. Torukimp (festoon) *2* enne ülekuumendit on moodustatud tagumise ekraani tõusutorudest. Ülekuumendi *3* koosneb kahest osast. Pinnalist tüüpi ülekuumenduse regulaator on asetatud küllastunud auru poolele katlatrumli ja ülekuumendi vahele. Torutüüpi õhueelsoojendi, mis koosneb kahest astmest *5* ja *6*, on asetatud toiteveeökonomaiseri esimese astme *4* ja teise astme *7* vahele. Suitsugaasid läbivad järelküttepindades kolm käiku: alla,

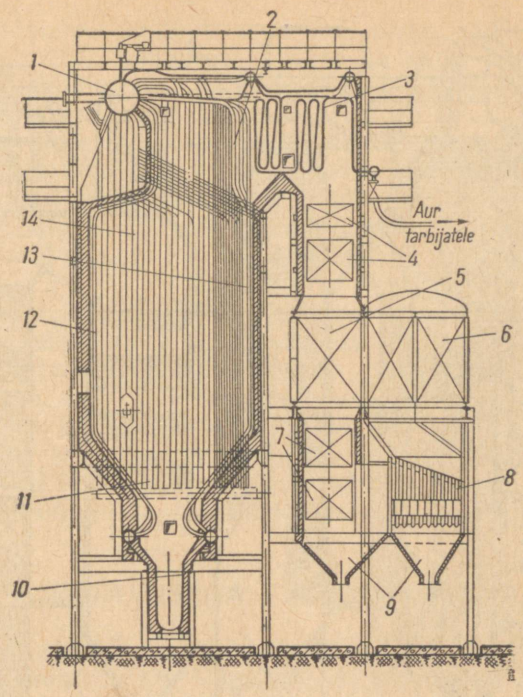


Joon. 138. Šahtveskiga ühe trumliga veetorukatel ПК-7:
1 — trummel; *2* — esiekraan; *3* — tagaekraan; *4* — külgekraan; *5* — ökonomaiser; *6* — õhueelsoojendi; *7* — šaht.

üles ja uuesti alla. Selline järelküttepindade paigutus võimaldab asetada lendtuhapüüdja *8* õhueelsoojendi külmema astme ette. Masuudi- või gaasiküttel töötava katla kasutegur ulatub 0,92%-ni.

Esimesed võimsad põlevkiviküttel töötavad aurukatlad ТП-17 (joon. 140) on üles seatud Balti Soojuselektrijaamas. Katelde tootlikkus on 220 t/h, aururõhk 100 ata ja temperatuur 540° C. Kütusekulu ühele katlale on kuni 70 tonni peenpõlevkivi tunnis. Kütuse tolmustamiseks on igal katlal 4 šahtveskit ШМТ 1300/2004, mis paiknevad kolde nurkade juures. Veskitesse antava õhu temperatuur on 265° C.

Põlevkivi lendtuha paatumise vältimiseks on auruülekuumendi



Joon. 139. Ühe trumliga veetorukatel ТП-75-39Ф:

1 — trummel; *2* — festoon; *3* — auruülekuumendi; *4* — gaasi voolamise suunas esimene ökonomaiseri aste; *5* — gaasi voolamise suunas esimene õhueelsoojendi aste; *6* — gaasi voolamise suunas teine õhueelsoojendi aste; *7* — gaasi voolamise suunas teine ökonomaiseri aste; *8* — lendtuhapüüdja; *9* — tuhapunker; *10* — šlakipunker; *11* — külmlehter; *12* — esiekraan; *13* — tagaekraan; *14* — külgekraan.

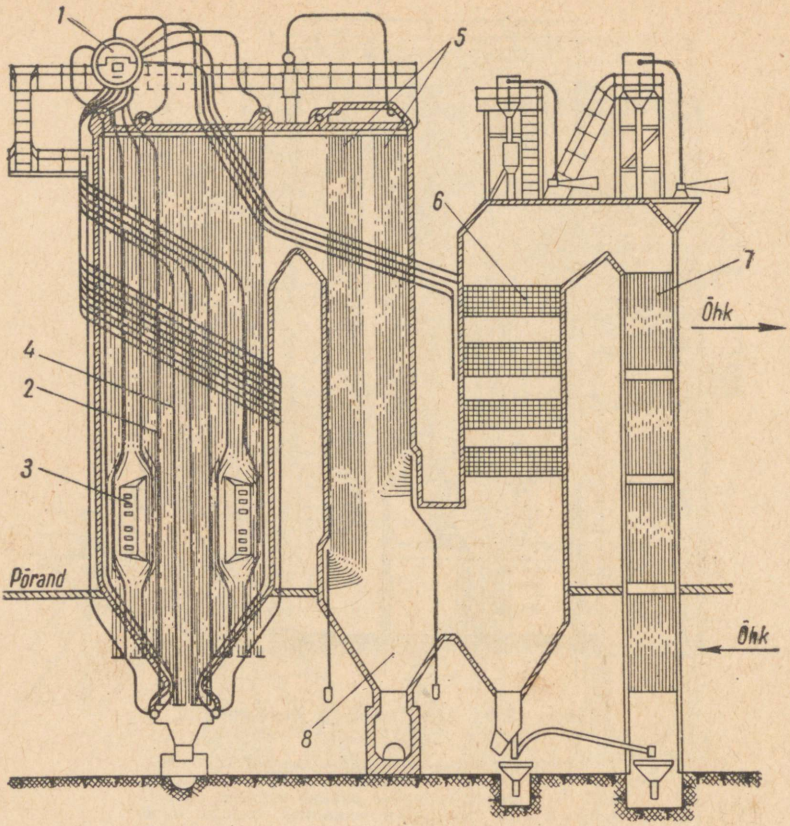
projekteeritud lindikujulisena, kusjuures kõrgema aurutemperatuuriga lindid on paigutatud laskuvasse gaasikäiku pikivoolu. Lintide suur vahe (üle 0,5 m) võimaldab paremini kasutada lendtuha kiirgussoojust.

Ülekuumenduse temperatuuri reguleerimiseks kasutatakse kolde nurkadesse paigutatud pöördpõleteid.

Gaaside temperatuur konvektiivsete torukimpude ees on projekteeritud 600° C kivisöekatelde senise 900—1000° C asemel.

Ökonomaiser on paigutatud omaette tõusvasse gaasikäiku. Torude erosiooni ja korrosiooni vähendamiseks on gaaside kiirust ja temperatuuri vähendatud. Pöördekamber ökonomaiseri gaasikäigu ees on jämedama lendtuha püüdmiseks kujundatud sadestuspunkrina.

Kolde ekraanküttepindade puhastamiseks kasutatakse tehase



Joon. 140. Balti Soojuselektrijaama katel ТП-17:
1 — trummel; *2* — kolle; *3* — tolmupõleti; *4* — ekraanitorud; *5* — auruülekuumendi; *6* — ökonomaiser; *7* — õhueelsoojendi; *8* — lendtuha sadestuskamber.

«Ilmarine» tahmapuhureid ОПР-5 ja lindikujuliste küttepindade ülepuhumiseks sama tehase puhureid ОПК-9.

Suitsugaasidega kaasaviidud lendtuha püüdmiseks on katelagregaadid varustatud tsüklonite ja elektrifiltritega.

Balti Soojuselektrijaama 200 MW blokid on varustatud veelgi võimsamate aurukateldega ТП-67, mille tootlikkus on 320 t/h, aururõhk 140 ata ja temperatuur 570° C. Katlad on varustatud vaheülekuumendiga turbiinides osaliselt töötanud auru täiendavaks ülekuumendamiseks, mis tõstab jõuseadme kasutegurit.

Katelde ehitus areneb nende konstruktsiooni lihtsustamise ja töökindluse tõstmise suunas, mille juures peetakse kinni järgmistest põhimõtetest:

1) kasutatakse ainult painutatud torusid, mis on katla töötingimuste juures elastsemad kui sirged torud;

2) vähendatakse trumlite arvu kuni üheni, millega katla kaal ja hind vähenevad. Seejuures väheneb ka katla veemaht ja tema soojuse akumulatsioonivõime. Viimasel ei ole kaasaegsete võimsate katelde juures suurt tähtsust tänu uute kollete töö paindlikkusele koormuse muutuse suhtes.

3) suurendatakse kolde ekraneerimist ja katla kiirgusküttepinda. Ekraanid muutuvad katla põhiliseks osaks;

4) suurendatakse soojuse üleandmist konvektsiooni teel, kasutades suuremaid gaasikiirusi ja küttepindade asetumist risti gaasivooluga;

5) parandatakse vee ning auru segu tsirkulatsiooni liigsete hüdrauliliste takistuste kõrvaldamise teel;

6) vähendatakse suhteliselt katla konvektsioonküttepindade suurust sel teel, et auruülekuumendi asetatakse kõrgema temperatuuri piirkonda (900—1000° C). Paljudel juhtudel asetatakse ülekuumendi taha terasökonomaiser, kus osa vett aurustatakse;

7) kasutatakse kõrget õhueelsoojendust ja õhueelsoojendi muudetakse katla tingimata vajalikuks osaks.

45. VÄIKESE VÕIMSUSEGA VEETORUKATLAD

Väikese võimsusega veetorukatelde hulka loetakse katlad autotootlikkusega kuni 10 t/h. Väikekatelde töötamistingimuste erinevus teeb võimatuks kasutada ilma vastavate muudatuste tegemiseta neid konstruktiivseid lahendusi, mis suure võimsusega kateldel on osutunud otstarbekaks. Arvestades neid erinevusi, on kujundatud rida väikekatelde konstruktsioone. Väikekatlad töötavad tavaliselt rõhuga mitte üle 13 atü. Selle rõhu puhul ei ole nõuded katla toitevee suhtes eriti suured. Kateldes peab olema koht muda kogumiseks ega tohi olla võimalust muda sadestumiseks katla küttepindadele. Neid tingimusi rahuldavad kõige paremini kahe trumliga püstveetorukatlad. Alumine trummel kujuneb seejuures tegelikult mudatrumliks. Kahe trumli kasutamine suurendab ühtlasi katla veemahtu ja soojuse akumulatsiooni. Viimased omadused on väikekateldel väga soovitavad, sest katlad töötavad tihti muutliku koormusega. Katla suur soojuse akumulatsioonivõime kergendab sel juhul tunduvalt auru nõutud parameetrite hoidmist.

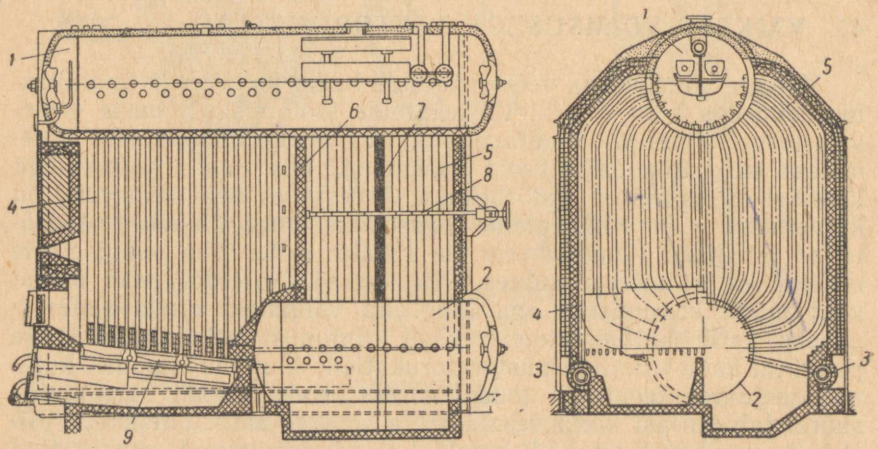
Väikekatlad varustatakse tahkekütuste põletamiseks kihispõlemise kolletega. Kütuse põletamine tolmuna pole väikekatelde juures otstarbekas jahvatusseadmete kalliduse ja keerukuse tõttu.

Katla gabariitide vähendamiseks ja teenindamise lihtsustamiseks loobutakse paljudel juhtudel ökonomaiseri ja õhueelsoojendi kasutamisest. Seejuures peab aga katla konvektsioonküttepind olema küllalt suur, et alla viia korstnagaaside temperatuuri ja seega ka soojuskadusid. Küttepindade suurus on aga piiratud

loomuliku tõmbe kasutamisel. Kuna tõmbe tugevus oleneb korstnagaaside temperatuurist, siis ei ole väikekatelde puhul otstarbekas viia korstnagaaside temperatuuri liiga madalaks.

Kui järelküttepinnad on siiski vajalikud, tuleb esmajärjekorras kasutada õhueelsoojendit, sest kuum õhk soodustab madalaväärtuslike kütuste põlemist koldes. Sel juhul korstnagaaside temperatuur langeb 180—200° C-ni. Hoolimata suurest konvektsioonküttepinnast on otstarbekas varustada katel ka ekraanidega isegi kuuma õhu puudumisel ja halva toitevee kasutamisel. Ekraanide puudumisel esimese konvektiivse torukimbu soojuslik koormus on tunduvalt suurem kui ekraneeritud kolde puhul. Torukimbu suur soojuslik koormus põhjustab torude läbipõlemist, kui nad on kaetud katlakiviga. Ekraanide kasutamisel väheneb koldest lahkuvate gaaside temperatuur ja seega ka torude läbipõlemise oht. Ekraantorude poolt kiirgumise teel vastuvõetav soojushulk ühele pinnaühikule jääb ekraani suure pinna juures suhteliselt väikeseks. Seetõttu ekraantorude töötamine osutub kindlaks.

Ekraane tuleb toita veega nii, et oleks kõrvaldatud võimalus nende ummistumiseks mudaga.



Joon. 141. ДКВ-aurukatel:
1 — ülemine trummel; *2* — alumine trummel; *3* — ekraanikollektor; *4* — külgekraan; *5* — veetorud; *6* — šamottvahesein; *7* — plaatvahesein; *8* — tahmapuhur; *9* — rest.

Ülalnimetatud nõudeid rahuldab ДКВ-tüüpi ekraneeritud püstveetorukatel (joon. 141), mis töötab loomuliku tsirkulatsiooniga.

Katel koosneb kahest keevitatud pikitrumlist, kahest ekraanikollektorist ja torusüsteemist. Ülemine trummel *1* on esiosas ühendatud kahe ekraanikollektoriga *3* painutatud torude abil, mis moodustavad kolde külgekraanid *4*. Tagumises osas on ülemine trum-

mel ühendatud veetorude *5* abil lühikese alumise trumliga *2*. Veetorude esimene, koldepoolne rida on ülejäänud veetorudest eraldatud šamottkividest vaheseinaga *6* ja moodustab tagaekraani. Katla alumine trummel täidab ühtlasi ka mudakoguja ülesandeid. Trumlis settinud muda eemaldatakse läbipuhumise teel.

Veetorud on trumlitesse valtsitud, külgekraani torude ülemised otsad valtsitakse ülemisse trumlisse, alumised otsad keevitatakse otsluugiga varustatud kollektoritele. Ekraanikollektoreid toidetakse niihästi ülemisest trumlist langetorude *6* abil, mis on paigutatud kolde esiseina ja moodustavad ülemisele trumlile täiendava toe, kui ka alumisest trumlist torude abil, mis ühendavad kollektorit trumliga.

Auruülekuumendi asetatakse esimese ja teise suitsukäigu vahele; selle paigutamiseks tuleb osa katlatorusid ära jätta. Ülekuumendi on vastuvoolu tüüpi ühesektsiooniline ja koosneb vertikaalsetest siugtorudest. Ülekuumenduse temperatuuri reguleerimine toimub ülekuumendi kohale suitsukäiku asetatud klapi abil, mis võimaldab ülekuumendist suitsugaaside osalist möödajuhtimist.

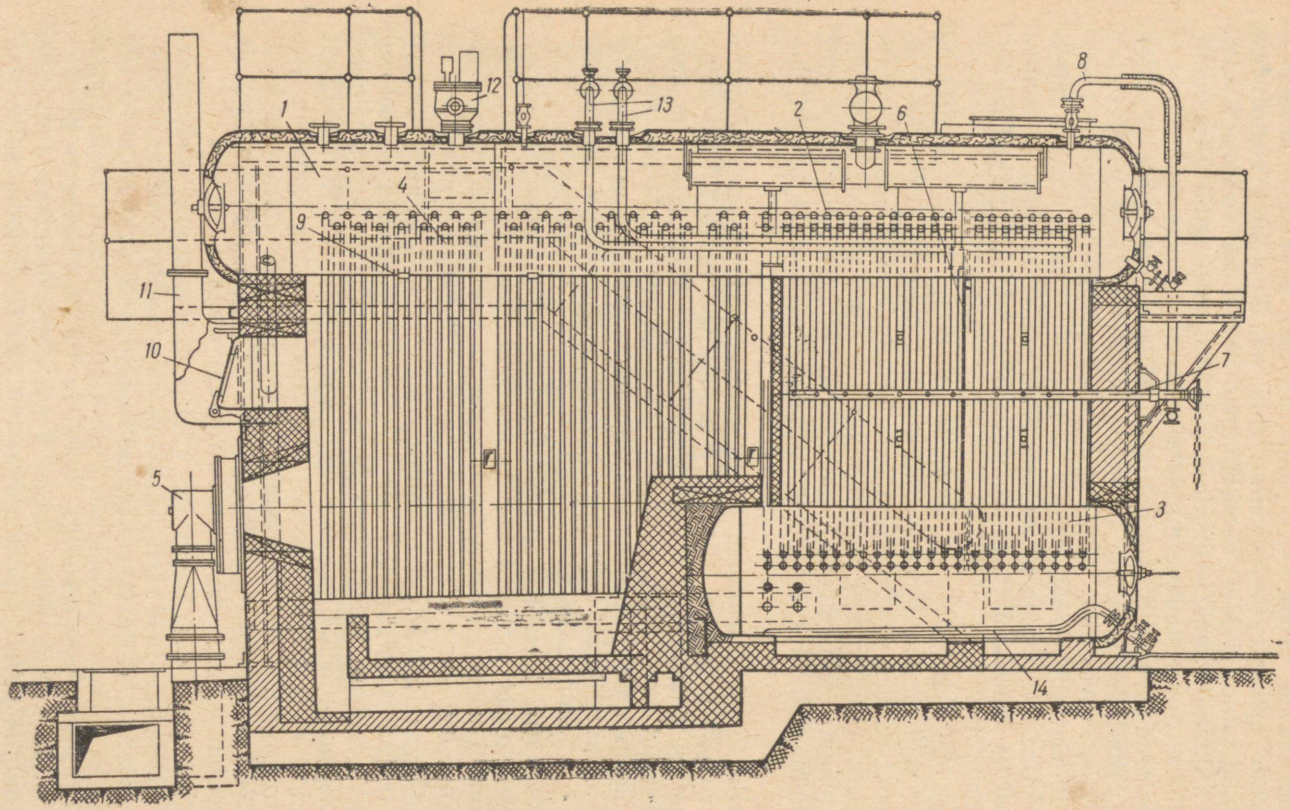
Katla ülemine trummel on varustatud kahe, trumli põhjades asetseva pääsuluugiga, alumine trummel ühe pääsuluugiga mõõtmetega 300×400 mm. Ülemise trumli seinas kolde kohal on kaks keermetatud ava, millesse paigutatakse kergesti sulavast materjalist korgid. Ülemise trumli võimalikul kuivaksjäämisel kaitsekorgid sulavad ja lasevad trumlis oleva auru koldesse, mille tagajärjel tuli summutatakse.

ДКВ-katlal kandesõrestik puudub. Alumine trummel ja ekraanide kollektorid toetuvad keevitatud terasraamile.

Trumlid koos veetorude, ekraanide ja tugiraamiga moodustavad ühtse terviku, mille mõõtmed ei ületa raudtee gabariite.

Suitsugaasid väljuvad kolderuumist läbi tagaseinas oleva akna, läbivad järelpõlemiskambri, voolavad katlatorudele ristsuunas läbi esimese suitsukäigu ja seejärel tagasuunas läbi teise suitsukäigu. Suitsukäigud on teineteisest eraldatud malmplaatidest vaheseina abil. Suitsukäikudes sadestuv lendtuhk koguneb alumise trumli all olevasse ruumi. Küttepinna puhastamiseks lendtuhast ja tahmast on tagumisse seina üles seatud pööratava toruga tahmapuhur *8*, mis töötab katlatrumlist võetava auruga.

ДКВ-katlaid võib varustada käsitsi teenindatava, poolmehaanilise või mehaanilise restiga, samuti õlipihustitega või gaasipõletitega. Katlaid ehitatakse aurutootlikkusega 2; 4; 6,5 ja 10 t/h. Katelde töörõhk on tootlikkusel 2 t/h 8 atü, ülejäänud tootlikkustel 13 atü. Katlaid tootlikkusega 4; 6,5 ja 10 t/h ehitatakse nii ülekuumendiga kui ka ilma, katlad 2 t/h ilma ülekuumendita. Ülekuumendatud auru temperatuur ulatub 350° C. Suitsugaaside soojuse täielikumaks kasutamiseks varustatakse katlad ökonomaise-



Joon. 142. ДКВР-aurukatel:

1 — ülemine trummel; *2* — veetorud; *3* — alumine trummel; *4* — ekraanitorud; *5* — õlipihusti; *6* — vahesein; *7* — tahmapuhur; *8* — tahmapuhuri aurutoru; *9* — kergesti sulav kork; *10* — plahvatusklapp; *11* — plahvatusklapi toru; *12* — kaitseklapp; *13* — toitetoru; *14* — tühjendamistoru.

Tabel 30

ДКВР-katelde tehnilisi andmeid

Katla tüüp	Tootlikkus t/h	Töörõhk kG/cm²	Ülekuumendatud auru temp. °C	Katla küttepind m²	Auruülekuumendi küttepind m²
ДКВР-2,5-13	2,5	13	küllastunud	91	—
ДКВР-4-13	4	13	„	138	—
ДКВР-4-13-250 [1]	4	13	250	129	8,5
ДКВР-6,5-13	6,5	13	küllastunud	225	—
ДКВР-6,5-13-250	6,5	13	250	207	12,8
ДКВР-10-13	10	13	küllastunud	277	—
ДКВР-10-13-250	10	13	250	255	17
ДКВР-10-23	10	23	küllastunud	277	—
ДКВР-10-23-370	10	23	370	255	17
ДКВР-10-39-440	10	39	440	210	68
ДКВР-20-13	20	13	küllastunud	393	—
ДКВР-20-13-250	20	13	250	343	32

[1] Esimene arv näitab katla tootlikkust, teine — töörõhku, kolmas — ülekuumendatud auru temperatuuri.

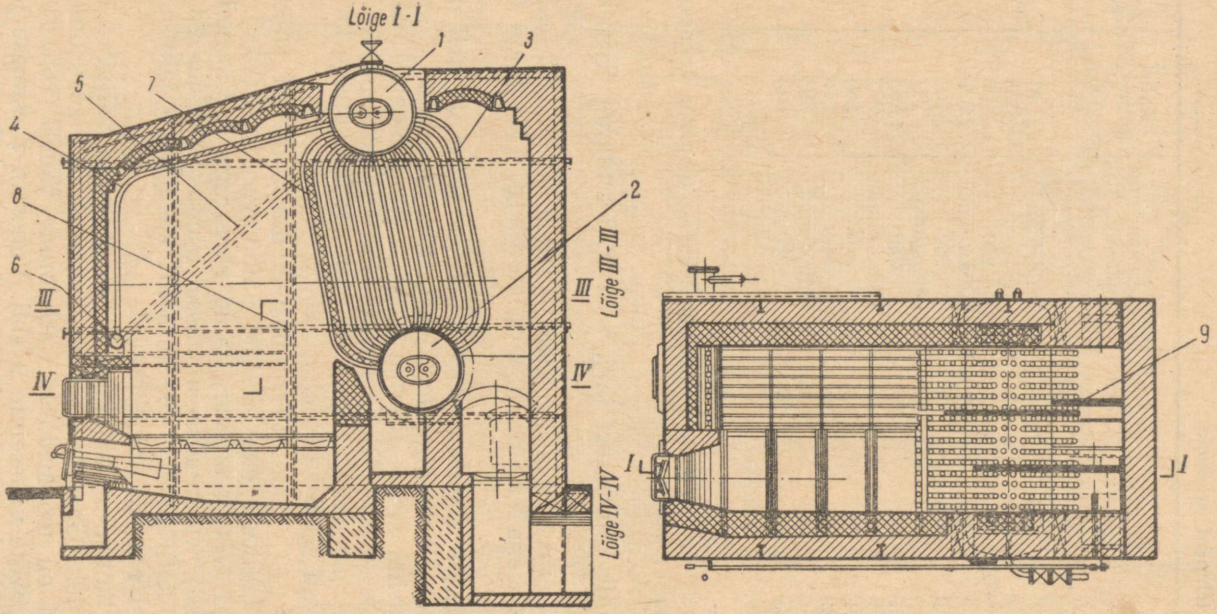
riga. Olenevalt võimsusest ja kütuse liigist ulatub ДКВ-katelde kasutegur 70—80%-ni.

Uuema konstruktsiooniga ДКВР-katlaid (joon. 142) valmistatakse tootlikkusega 2,5—20 t/h ning töörõhuga 13—39 atü (vt. tabel 30).

Katlad ДКВР erinevad ДКВ-kateldest selles, et neil on ülemine trummel lühem ning torud asetatud tihedamini. Seepärast on suitsugaaside kiirus suurem ning soojuse üleandmine katla küttepindadele parem. Ülekuumendi siugtorud on asetatud horisontaalselt. Sama aurutootlikkuse juures ДКВР-katelde küttepind on väiksem kui ДКВ-kateldel.

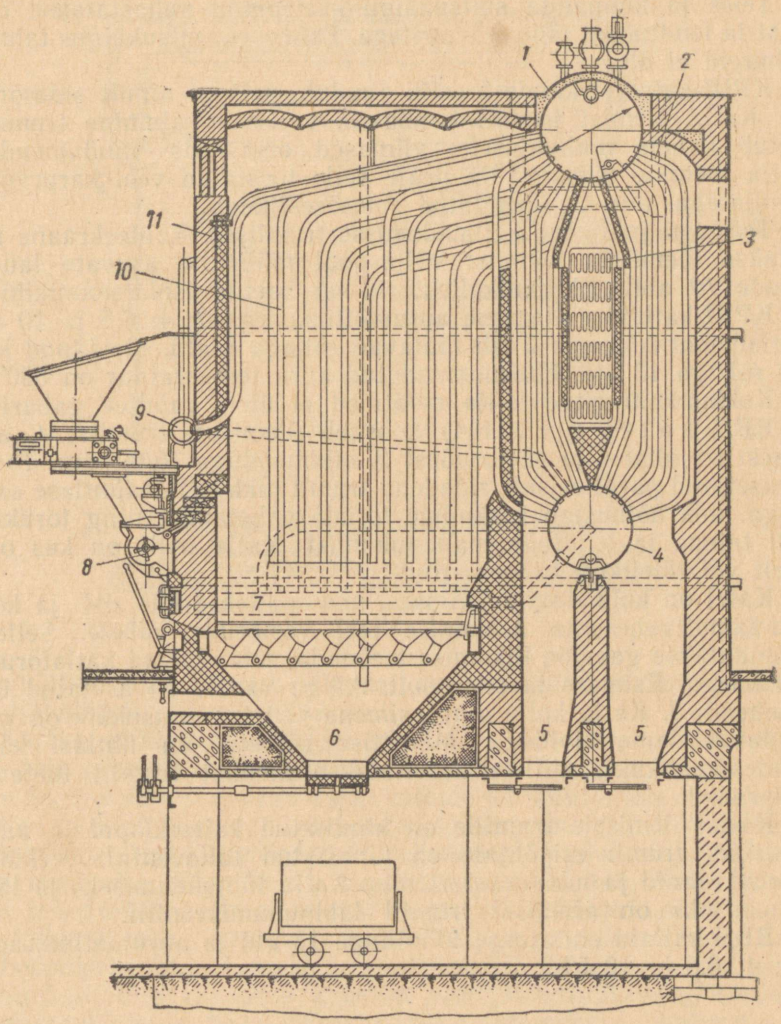
КРШ-katel (joon. 143) koosneb ühepikkustest põiktrumlitest *1* ja *2*, millesse on valtsitud painutatud veetorud *3*. Kolde otsad, lagi ja esisein on varustatud ekraaniga *4*. Ekraanitorude ülemised otsad valtsitakse ülemisse trumlisse, alumised otsad keevitatakse kollektoritele *6*. Sõltuvalt kasutatava kütuse liigist võivad koldel olla ka külgekraanid.

Katel on kolme suitsukäiguga. Suitsugaasid väljuvad koldest vasakult poolelt. Gaaside vool on suunatud risti küttepindadega. Suitsukäigud on moodustatud katlatorude vahele asetatud ning trumlini ulatuvate vaheseinte *9* abil. Vahesein *7* esimese ja teise torurea vahel, mis eraldab kollet teisest ja kolmandast suitsukäigust, valmistatakse šamottkividest. Ülejäänud vaheseinad valmistatakse tambitud torkreetmassist.



Joon. 143. КРШ-katel:

1 — ülemine trummel; *2* — alumine trummel; *3* — veetorud; *4* — esiekraan; *5* — ekraani langetoru; *6* — ekraani kollektor; *7* — šamottvahesein; *8* — sidesõrestik; *9* — torkreetvahesein.



Joon. 144. ВВД-katel:

1 — ülemine trummel; *2* — veetorud; *3* — ülekuumendi; *4* — alumine trummel; *5*, *6* — tuhapunkrid; *7* — rest; *8* — mehaaniline toitja; *9* — ekraani kollektor; *10* — ekraanitoru; *11* — müüritis.

Esimese suitsukäigu järele asetatakse vajaduse korral auruülekuumendi, mille paigutamiseks jäetakse osa katlatorusid ära.

Teise ja kolmanda suitsukäigu küttepindu puhastatakse tahmast ja lendtuhast tahmapuhuritega. Esimeses suitsukäigus tahmapuhureid ei ole.

КРШ-kateldel kandesõrestik puudub, neil on ainult sidesõrestik. Katla ülemist trumlit kannavad veetorud, alumine trummel toetub kahele malmalusele, viimased omakorda vundamendile. Katla ülemine trummel on peale seile toestatud veel karprauast kandjatega, mis on ühendatud sidesõrestikuga.

Toitevesi juhitakse katla ülemisse trumlisse. Koldeekraane toidetakse ülemisest trumlist väljaspool müüritist asuvate langetorude *10* abil. Ekraanikollektorid on kaetud isolatsioonikihiga.

КРШ-katlaid ehitatakse aurutootlikkusega 2; 4; 6,5 ja 10 t/h. Katlad tootlikkusega 2 t/h töötavad rõhuga 8 atü, ülejäänud katlad rõhuga 13 atü. Ülekuumendatud auru temperatuur on 350° C.

Kokkumonteeritud katla mõõtmed ei ületa raudtee gabariite.

ВВД-katel (joon. 144) koosneb ülemisest trumlist *1*, alumisest trumlist *4* ja veetorudest *2*, läbimõõduga 76/69 mm. Torud on asetatud paralleelsete ridadena trumli pikkusel ebaühtlase sammuga, mis hõlbustab keskmiste torude vahetamist ning torukimbult tahma ja lendtuha mahapuhumist. Katla kolle on kas osaliselt või täielikult ekraneeritud.

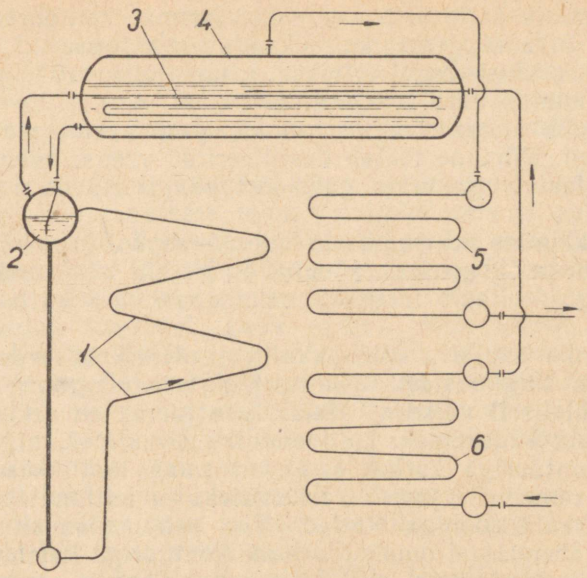
Katel on kolme suitsukäiguga, mis saadakse ühe rist- ja kahe piki-šamottvaheseina asetamise teel veetorude vahele. Sellega pikendatakse gaaside liikumise teekonda, mis uhuvad katlatorusid ristsuunas. Esimese ja teise suitsukäigu vahele on asetatud ülekuumendi *3*. Katla kolle ning esimene ja teine suitsukäik on vooderdatud šamottkividega. Müüritise sõrestik on ühtlasi katla kandesõrestikuks, millele keevitatakse ülemist trumlit toetavad karprauad.

Katla ülemisele trumlile on kinnitatud kaitseklapid ja auruventiilid; trumli esipõhjale on kinnitatud toiteventiil, veeklaas, proovikraanid ja manomeeteri tuts. Katla tühjendamiseks ja läbipuhumiseks on alumisel trumlil läbipuhumisventiil.

ВВД-katlaid ehitatakse töörõhuga 13 atü ja aurutootlikkusega 2,5; 4; 6,5 ja 10 t/h.

46. SUNDTSIRKULATSIOONIGA KATLAD

Sundtsirkulatsiooniga eritüübiliste kõrgrõhukatelde kasutuselevõtmine on tingitud vajadusest konstrueerida kergeid, väikeste gabariitidega katlaid peamiselt transpordiseadmetele. Kergete katelde ehitamiseks kasutatavad õhukese seinaga torud tuleb vajaliku küttepinna saamiseks valida väikese läbimõõduga, mis ei kindlusta head loomulikku tsirkulatsiooni. Selle tulemusena on



Joon. 145. Kahe kontuuriga katla skeem:
1 — primaaraurukontuuri kiirgus- ja konvektsioonküttepind; *2* — primaarauru-trummel; *3* — siugtorud (primaarauru-kondensaator); *4* — katla peatrummel (sekundaarauru); *5* — auruülekuumendi; *6* — ökonomaiser.

kujundatud rida konstruktsioone, kus kasutatakse küttepindade sundjahutamist lisapumpade abil.

Kartus, et kõrgrõhukateldes võiks tekkida küttepindadel katlakivi, mis vähendaks küttepindade töötamise kindlust, kutsus esile kaudse aurustamisega katelde ehitamise, kus vee aurustamine ja küllastunud auru tekkimine on eemaldatud gaasidega kokkupuutuvatest küttepindadest. Niisuguste katelde tüüpilise esindaja töötamise põhimõte on kujutatud joonisel 145. Katla küttepind moodustab kaks iseseisvat kontuuri. Primaarkontuur sisaldab kolde ekraane, vastavate kollektoritega ühendatud katla konvektsioonküttepinna torusid *1* ja siugtorusid *3* katla peatrumlis *4*. Selles kontuuris saadakse gaaside poolt kuumutatavates torudes primaaraur, mida kasutatakse soojuse juhtimiseks peatrumlisse. Primaaraur voolab trumlist *2* siugtorudesse *3*, kus ta kondenseerub. Kondensaat valgub tagasi trumlisse *2*. Sekundaarkontuur koosneb ökonomaiserist, kus toitevesi soojeneb, peatrumlist *4*, kus vesi aurustub primaaraurult neeldunud soojuse tagajärjel, ja auruülekuumendist, kus küllastunud sekundaaraur ülekuumeneb. Toitevee eelsoojendamine ja sekundaarauru ülekuumendamine toimub vahetult suitsugaasidega.

Sekundaarauru saamine primaarauru kondenseerimise tagajär-

jel on võimalik selle tõttu, et rõhku primaarkontuuris hoitakse 20—30 at võrra kõrgemal kui sekundaarkontuuris.

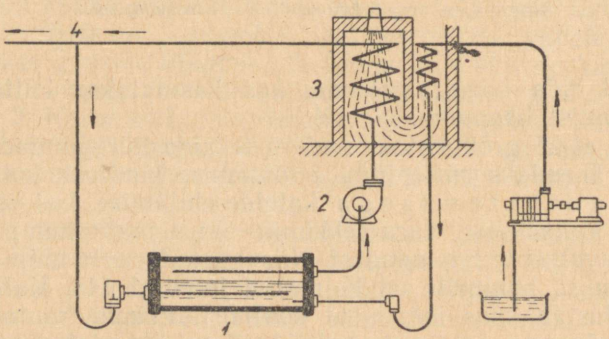
Katla koormust reguleeritakse primaarauru rõhuga, millele vastavalt muutub auru temperatuur.

Katla kõik elemendid, kus voolab primaaraur, moodustavad kinnise ringi. Viimane töötab destilleeritud veega, mistõttu selles ei teki katlakivi ega esine gaasidest põhjustatavat metalli söövimist.

Auru tekkimine peatrumlis toimub väljaspool gaasikäike. Auruülekuumendi ja ökonomaiseri juures on gaasid juba tunduvalt jahtunud ning järelikult tekib ka sekundaarringis katlakivi minimaalselt.

Peatrumlis saadava auru kvaliteet oleneb toiteveest ja vee aurustumise tingimustest. Kindlustada sekundaarauru vajalikku puhtust suhteliselt väikese veesisalduse juures on sekundaarkontuuris osutunud raskemaks kui loomuliku tsirkulatsiooniga katteldel.

Kahe kontuuriga katlad osutuvad sama tootlikkuse ja auru samade parameetrite juures raskemateks ja kallimateks kui loomuliku tsirkulatsiooniga katlad. Vee pehmendamise meetodite areng on vähendanud omakorda kahe kontuuriga katelde kasutusala. Transpordiseadmetel, millel vee pehmendamise seadmete kasutamine suurte gabariitide tõttu on võimatu, osutuvad kahe kontuuriga katlad otstarbekateks.



Joon. 146. Kaudse aurustamisega katla skeem:
1 — trummel; *2* — aurupump; *3* — auruülekuumendi; *4* — väljavõte trumlisse tagasipöörduvast ülekuumendatud aurust.

Kaudse aurustamisega katelde teise iseloomustava tüübi töötamise põhimõte on kujutatud joonisel 146. Halva toitevee puhul saavutatakse katla töökindlus selle tõttu, et küttepinnad ei puutu seestpoolt kokku veega, vaid auruga, mis tekitab tunduvalt vähem katlakivi. Väljaspool katelt asuvast trumlist *1* juhitakse aur pumba *2* abil ülekuumendisse *3*, kust ta juhitakse tarbijale. Seejuures osa auru juhitakse trumlisse *1* tagasi. Trumlisse tagasi-

pöörduv aur täidab vahesoojuskandja ülesannet. Trumlis juhitakse tagasitulev ülekuumendatud aur läbi vees asuvate puhurite. Seejuures jahtub aur kuni küllastustemperatuurini. Auru juhtimisel üleantud soojuse arvel aurustatakse osa trumlis asuvast veest. Edasi kordub sama ringkäik. Toitevesi juhitakse trumlisse ökonomaiseri kaudu.

Seega aurustatakse toitevesi tema segunemisel ülekuumendatud auruga. Kogu protsess toimub trumlis, mis ei puutu kokku kuumade gaasidega. Toitevees sisalduvad soolad sadestuvad trumlis. Ülekuumendisse võivad sattuda soolad ainult sellisel hulgal, kuipalju aur neid koos niiskusega kaasa viib. Et auru suruda läbi vaadeldud kontuuri, peab pumba rõhk olema ligikaudu 5 kG/cm^2. Kui seejuures auru rõhk katlas on madal, siis auru pumpamiseks vajalik energia kujuneb väga suureks. Energiakulu auru pumpamiseks on majanduslikult vastuvõetavates piirides — 2,5—3% katlas saadavast soojushulgast — ainult kõrgrõhu juures (100—120 ata), mil auru maht on väike.

Aur jahutab küttepinda tunduvalt halvemini kui vesi. Seepärast töötavad katla küttepinnad rasketes termilistes tingimustes, milles ainult legeeritud teras vastu peab.

Aurupumba ja kallite terasemarkide kasutamise vajadus on katla suuremaks puuduseks.

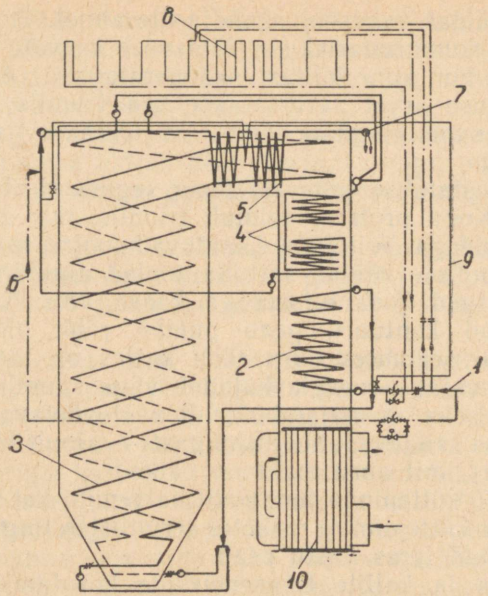
Ühekordse sundtsirkulatsiooniga kateldest on kasutusel otsevoolukatlad. Nende katelde erinevus teiste tüüpidega võrreldes seisab selles, et aurustatav vesi ei tsirkuleeri korduvalt torudes või trumlites, vaid liigub vahetpidamatult gaasidega köetavaid torusid mööda, kus ta muutub algul küllastunud auruks ja edasi ülekuumendatud auruks.

Otsevoolukateldel puudub üks kõikide teist tüüpi katelde oluline osa, trummel. Seega muutub agregaat lihtsaks, kergeks ning tunduvalt lihtsustub katla ehitus. Seejuures aga kõik toiteveega katlasse tulevad soolad sadestuvad küttepindadele või viiakse auruga kaasa turbiini. Sel asjaolul ei ole suurt tähtsust, kui katelt toidetakse puhta kondensaadiga. Kui aga kondensaatorid on ebatihedad, mille tõttu kondensaati pääseb osaliselt jahutusvett, muutub toitevee küsimus otsevoolukateldel väga tähtsaks. Teiseks erinevuseks otsevoolukatlal on väike soojuse akumulatsioonivõime. Seetõttu peab katla töö reguleerimine (kasutatava kütuse hulga vastavus katlasse juhitava toitevee hulgale) olema täpne ja painduv.

Ramsini otsevoolukatla töötamise skeem on toodud joonisel 147.

Toitevesi läbib ökonomaiseri ja voolab kolde seintel olevatesse spiraaltorudesse, mis moodustavad katla peamise küttepinna ja toodavad 70—80% auru.

Spiraaltorudest juhitakse auru ja vee segu ülemineku-tsooni, mis kujutab endast katla konvektsioonküttepinda ja



Joon. 147. Otsevoolukatla töötamise skeem: *1* — toitevee sissejuhtimine; *2* — ökonomaiser; *3* — kiirgusküttepinna spiraaltorud; *4* — üleminekutsoon; *5* — auruülekuumendi; *6* — toitevee sissepritsimine auru temperatuuri reguleerimiseks; *7* — ülekuumendatud auru väljavool; *8* — kolde ja esimese gaasikäigu lae-ekraan; *9* — põlemisregulaatori impulsstoru; *10* — õhueelsoojendi.

asub võrdlemisi madala temperatuuri piirkonnas. Seal aurustub vesi lõplikult ja aur kuumeneb kergesti üle. Edasi juhitakse aur esimeses suitsukäigus asuvasse konvektsioon-ülekuumendisse ja sealt tarbijale.

Auru temperatuuri reguleeritakse toitevee sissepritsimisega enne ülekuumendit.

Otsevoolukatlad on sobivad kasutada kõrgrõhkude juures. Tekkiva katlakivi kõrvaldamiseks tuleb torusid perioodiliselt sool- või kroomhappega läbi uhtuda. Peab aga märkima, et hape kahjustab teataval määral metalli.

47. VÄIKEKATELDE AURUTOOTLIKKUSE TÕSTMISE VÕIMALUSI

Paljudel juhtudel katelseadmed ei rahulda käitise aurutarvidust. Auru puudujäägi põhjusteks võivad olla:

a) aurutarviduse suurenemine seoses tootmise suurenemisega või tehnoloogilise protsessi muutumisega;

b) katla mitteküllaldane aurutootlikkus. Katel ei anna küllaldaselt auru, kui tema eest halvasti hoolitsetakse, kui kolde võimsus osutub väikeseks peale üleminekut madalama väärtusega kütusele, kui tõmme on nõrk, kui õhuhulk pole küllaldane või kui puuduvad ettenähtud ökonomaiser ja õhueelsoojendi jne.

Katelseadme aurutootlikkuse tõstmist tuleb alustada katelde ja kütmisrežiimi korrastamisega. Selleks on vaja:

a) kõrvaldada väärõhu sissepääs avade korraliku sulgemisega ja müüritises ning suitsukäikudes olevate pragude saviga kinnimäärimisega;

b) kõrvaldada suitsukäikudest liigsed takistused ja hoida puhtad järelküttepinnad (ökonomaiser, õhueelsoojendi);

c) hoida korras tahmapuhumisseadmed ja regulaarselt puhuda tahma;

d) uurida kütmisrežiimi ja kõrvaldada puudused kütmisel.

Kolde võimsuse vähenemisel, seoses üleminekuga madalama väärtusega kütusele (suurem niiskus, tuhasisaldus ja peenikese osa hulk), tuleb tõsta õhu temperatuuri kuni lubatava piirini ja suurendada restipinda.

Sisekolded tuleb asendada ees- või allkolletega.

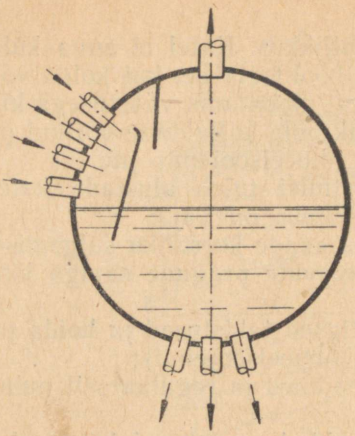
Tunduvat aurutootlikkuse tõusu võimaldab käsitsi teenindatavatelt kolletelt üleminek mehaanilistele kolletele ja ekraanide kasutuselevõtmine. Sel teel on võimalik katla aurutootlikkust tõsta kuni 50%.

Mõnedel juhtudel on võimalik kasutada sundtsirkulatsiooniga ekraane, millest vesi surutakse läbi pumba abil. Selliste ekraanide kasutamisel ees- või allkolletes on võimalik tõsta väikeste katelde aurutootlikkust kahe- ja enamkordseks. Seejuures tuleb ette näha kindel ekraanide toitmine veega (reservpump) ja avariijuhtudeks võimalus lasta aur läbi ekraanitorude.

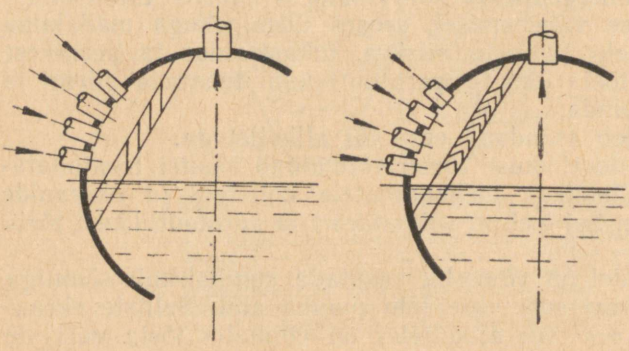
48. AURU SEPAREERIMINE

Ülekuumendisse minev aur peab olema küllalt kuiv (lubatav niiskus mitte üle 0,1—0,2%) ega tohi sisaldada soolasid, mis võivad tekitada katlakivi ülekuumendi pindadele. Katlas olevas küllastunud aurus leiduvad veetilgakesed lähevad auruga kaasa ülekuumendisse. Veetilgakesed sisaldavad aga katlavees olevat muda ja soolasid. Mida suurem on küttepinna erikoormus, aurutuspeegli ja aururuumi suhe ning soolade hulk katlavees, seda suurem on soolade sisaldus aurus ja seda rohkem kantakse soolasid ülekuumendisse.

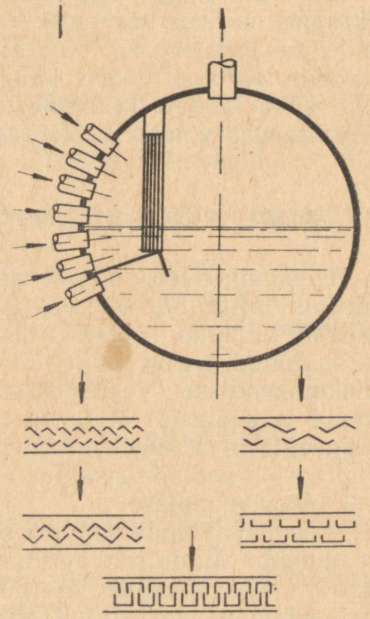
Kõrgekvaliteedilise auru saamiseks kasutatakse mitmesuguseid seadmeid. Madalrõhuaurukateldes kasutatakse ülekuumendisse mineva auru niiskuse vähendamiseks trumli ülemisse ossa asetatud aukudega varustatud auruvõtmise toru.



Joon. 148. Põrkeplaadiga auruseparaator.



Joon. 149. Žalusiikujulised auruseparaatorid.



Joon. 150. Veeosakeste eraldamine mitmesuguse kujuga vertikaalpindade abil.

Kõrgema rõhu juures on auru kvaliteedi hoidmine raskem. Katsed on näidanud, et niiskus katlast väljuvas aurus on seda suurem, mida suurem on katla aururuumi koormus ja auru väljumise kiirus. Aurust niiskuse eraldamiseks kasutatakse katlatrumlis erilisi seadmeid, *separaatoreid*. Separaatorid kujutavad põrkeplaate (joon. 148) või võresid, žalusiisid (joon. 149). Separaatorite töötamine põhineb auruvoolust veeosakeste eraldamisel auru kiiruse ja voolamise suuna muutmisel.

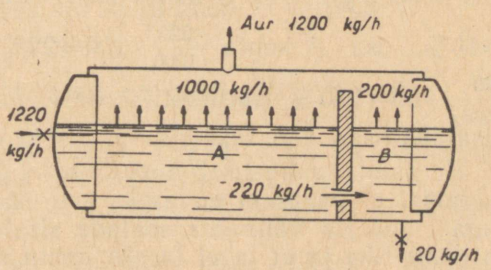
Tihti kasutatakse veeosakeste eraldamiseks ka suuri püsti või kaldu asetatud nurk- või karpraudadest koostatud pindu (joon. 150). Viimaseid läbides väheneb auru liikumiskiirus, veeosakesed sadestuvad pindadele ning valguvad tagasi veeruumi.

Auru separeerimiseks kasutatakse vahel ka trumlisse või väljapoole trumlit asetatud tsükloneid, mis töötavad koos teiste separatsiooniseadmetega.

49. ASTMELINE AURUSTAMINE

Praktika on näidanud, et eelkirjeldatud separaatorid ei täida oma ülesannet, kui soolade sisaldus katlavees ületab teatava piiri ja kui katlas tekib vaht. Katlavee soolade sisaldust vähendatakse katla läbipuhumisega. Sellega on aga seotud vee ja soojuse kadu. Kadude vähendamiseks on võetud kasutusele vee *astmeline aurustamine*.

Astmelisel aurustamisel jagatakse katla veeruum vaheseintega kahte või kolme ossa, millel on iseseisev vee tsirkulatsioon ja aurutuspeegel.



Joon. 151. Astmelise aurustamisega katla skeem.

Joonisel 151 on kujutatud silindrilise katla skeem, kus katel on vaheseinaga jagatud kahte aurutusastmesse *A* ja *B*. Esimesse ossa *A* juhitakse toitevesi. Küttepinna poolt vastuvõetava soojuse toimel tekib seal vee tsirkuleerimine ja aur. Osa katlavett voolab vaheseinas oleva ava kaudu osast *A* ossa *B*. See vesi on osale *B* toiteveeks, kuid osale *A* moodustab läbipuhumise. Auru tekkimise tõttu sisaldab katlavesi *A* rohkem soolasid kui toitevesi. Samuti

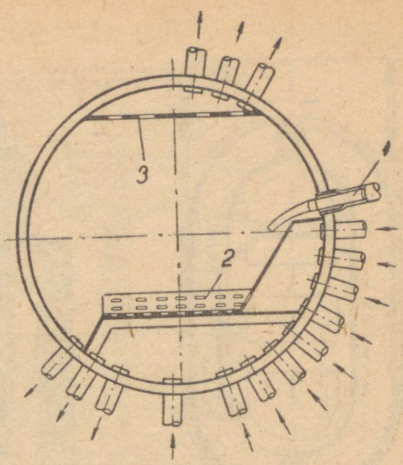
sisaldab ta tekkinud muda. Soolade ja mudasisaldus osa *A* katlavees oleneb osa *A* aurutootlikkusest ja läbipuhumise suurusest. Samal ajal aga kõik toiteveega sisenenud soolad juhitakse läbipuhumisega osast *A* ossa *B*, kui mitte arvestada väikest osa sooladest, mis viiakse auruga kaasa. Osa *B* annab samuti iseseisvalt auru nagu osa *A* ja tal on iseseisev veetsirkulatsioon. Osast *B* viiakse soolad ja muda samuti välja läbipuhumisega, mis moodustab ühtlasi kogu katla läbipuhumise.

Esimeses astmes toodetakse 80—85%, teises astmes 15—20% katla üldisest auruhulgast. Vastavalt sellele juhitakse osast *A* ossa *B* 15—20% toitevett pluss katla läbipuhumiseks vajalik veehulk. Läbipuhumise üldine protsent osa *A* kohta kujuneb seega võrdlemisi suureks (20—25%), mille tõttu katlavesi osas *A* sisaldab vähe soolasid. Teises astmes *B* on seevastu katlavee soolade sisaldus suur. Teises astmes toodetava auru kvaliteedi parandamiseks kasutatakse mitmesuguseid abinõusid, nagu aurutuspeegli väiksemat koormust, pikka auruteekonda kuni auru ärajuhtimise toruni, osalist vee eraldamist aurust separaatorite abil jne. Veeseis osas *B* on madalam kui osas *A*, mistõttu vesi voolab ossa *B* lisaseadmete abita. Igale astmele asetatakse veeseisunäitaja.

Selgitame näite varal soolade jagunemist katlas kaheastmelisel aurustamisel. Andku katel auru 1200 kg/h, kusjuures toitevesi sisaldagu soolasid 60 mg/l. Osas *A* toodetagu auru 1000 kg/h ja osas *B* 200 kg/h, kusjuures katla läbipuhumine olgu keskmiselt 20 kg/h. Seega ossa *A* antakse kogusummas 1220 kg/h vett, millest ossa *B* voolab 220 kg/h. Vastavalt teoreetilisele arvutusele kujuneb katlavee soolade sisaldus osas *A* 333 mg/l ja osas *B* 3660 mg/l. Otsesel aurustamisel oleks kogu katlavee soolade sisaldus 3660 mg/l. Osa *B* kohta moodustab läbipuhumine $\frac{20}{200} \cdot 100 = 10\%$, osa *A* kohta $\frac{220}{1000} \cdot 100 = 22\%$, kuid kogu katla kohta $\frac{20}{1200} \cdot 100 = 1{,}67\%$ aurutootlikkusest. Praktiliselt kujuneb soolade sisaldus osas *A* natuke suuremaks ja osas *B* natuke väiksemaks.

Et saada astmelisel aurustamisel häid tulemusi, peab kindlustama, et vahesein ei laseks suurema soolade sisaldusega vett tagasi voolata väiksema soolade sisaldusega vette, tähendab, et ta oleks tihe ja et ta ei laseks vahtu üle voolata tagumisest astmest eesmisse.

Astmeline aurustamine kindlustab väikese soolade sisaldusega küllastunud auru saamist, mille tõttu võib vähendada katla üldist läbipuhumist. Keskmise ja suurema võimsusega aurukatlad ehitatakse astmelise aurustamisega, kui otsesel aurustamisel katlavee soolade sisalduse lubatud piirides hoidmiseks vajalik läbipuhumine osutub suuremaks kui 3%. Moodsates aurukateldes, kus kasutatakse ainult ühte trumlit, esineb tihti aurustamise teise



Joon. 152. Vahupesemine toiteveega:
1 — toitetorud; *2* — võreplaat; *3* — auru separatsioonivõre.

astmena abikollektor. Kasutatakse ka kolmeastmelist aurustamist, mille puhul katla trummel peab olema kahe vaheseinaga.

Auru kvaliteedi parandamiseks kasutatakse ka katlatrumlis tekkiva vahu pesemist (joon. 152) toiteveega. Toitevesi antakse katlasse torurea *1* kaudu kogu aurutuspeegli ulatuses. Katlas tekkinud aur juhitakse läbi alumise võreplaadi *2*. Toitevee ja auru ühtlane jaotus aurutuspeegli ligiduses põhjustab katlavee soolade kontsentratsiooni, seega ka vahu tekkimise tunduvat vähenemist.

Astmelisel aurustamisel koos vahupesemise kasutamisega on võimalik saada katlast praktiliselt puhast auru ka katlavee kõrge soolade kontsentratsiooni puhul. See võimaldab vähendada nõudeid toitevee ettevalmistamise suhtes ja katla läbipuhumist.

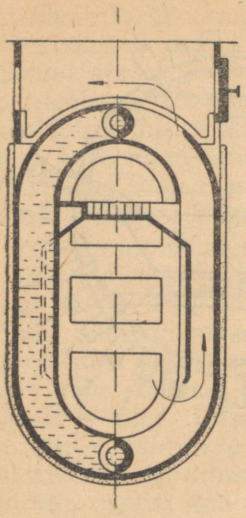
50. MADALRÕHUAURUKATLAD JA VEEKATLAD

Madalrõhuaurukatlaid (töörõhuga alla 0,7 atü) ja veekatlaid kasutatakse elamute ja tööstuste keskkütte-katlamajades.

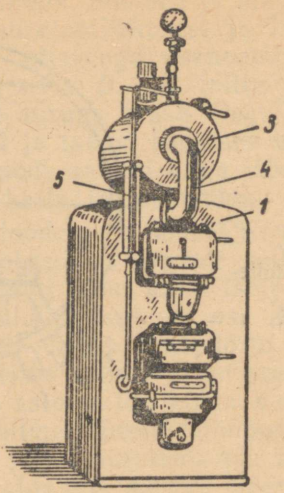
Odavuse ja kompaktsuse tõttu kasutatakse selleks laialdaselt malmkatlaid.

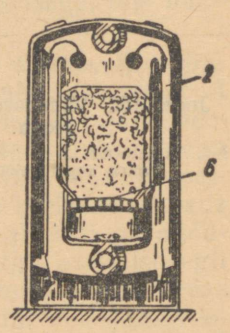
Malmkatelde eelisteks on: katelde väike gabariit; üksikute sektsioonide kerge vahetamine ja erineva küttepinnaga katelde moodustamise võimalus standardsetest sektsioonidest; katla seinte vastupidavus nii seesmisele kui ka välimisele sööbimisele; sektsioonide puhastamise võimalus lendtuhast ja tahmast katla töötamise ajal.

Malmkatelde puudusteks on: metalli haprus, mistõttu neid on lubatud kasutada töörõhul mitte üle 0,7 atü ja veekatlaid vee tem-



Joon. 153. Strebeli katla ristlõige.





Joon. 154. Streli katel:
1 — katla sektsioonid; *2* — keskmine sektsioon; *3* — aurukoguja; *4* — põlvik; *5* — veeseisunäitaja; *6* — rest.

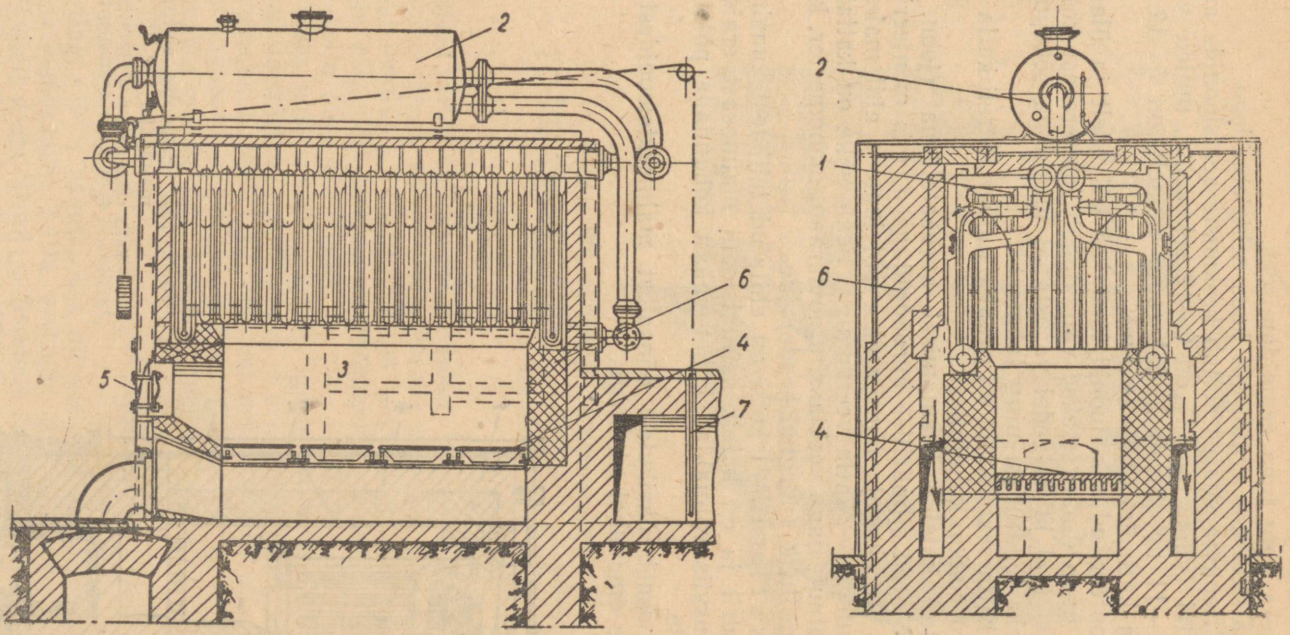
peratuuril mitte üle 115° C; sektsioonide puhastamise raskus katlakivist, mille tõttu katla täielik puhastamine on võimalik ainult keemilisel teel.

Streli (joon. 154) ja Strebeli (joon. 153) katlad on ette nähtud töötamiseks kõrgeväärtuslike, lühikese leegiga kütustega (kivisüsi, antratsiit jm.). Pika leegiga kütuste (põlevkivi jm.) põletamine on raskendatud väikese põlemisruumi tõttu, mis ei võimalda gaaside korralikku läbipõlemist. Gaasid, sattudes läbipõlematult suitsukäikudesse, põhjustavad küttepindade tahmumist ja tõmbe ning soojusülekande halvenemist. Põlevkivi põletamist raskendab veel selle suur tuhasisaldus.

Mõlemat tüüpi katlad koosnevad malmist valatud esi- ja tagalülist või sektsioonist ning reast keskmistest lülidest. Lülid ühendatakse omavahel kooniliste niplitega, mis asetatakse sektsioonide ülemistesse ja alumistesse aukudesse ja tõmmatakse kokku poltidega.

Sektsioonide siseõõned moodustavad katla veeruumi. Vesi siseneb sektsiooni alumiste avade kaudu, hargneb edasi kaheks vooluks ja ülespoole tõustes soojeneb. Ülemise ava juures, kust vesi juhitakse katlast välja, mõlemad veevoolud ühinevad.

Igal sektsioonil on mõlemal pool sisemised ja välimised ribid. Kokkupandud katla juures tihedasti kokkupuutuvad ribid moodustavad sektsioonide vahel kanalid koldest tulevatele suitsugaasidele.



Joon. 155. Kahepoolse ehitusviisiga malm-aurukatel НР-Ч:

1 — katla sektsioon; *2* — aurukoguja; *3* — kolle; *4* — rest; *5* — koldeuks; *6* — katla müüritis; *7* — siiber.

Esisektsioonis on uksed kütuse ja õhu sisseandmiseks, resti teenindamiseks ning tuha eemaldamiseks.

Rest valatakse kas eraldi või koos sektsioonidega.

Katla küttepinna suurus sõltub keskmiste sektsioonide arvust. Strebeli katlal (väike mudel) on 6—12 sektsiooni, millele vastab küttepind 5—11 m², Streli katlal (suur mudel) on 5—12 sektsiooni, katla küttepind 8,9—24,3 m².

Kokkumonteeritud sektsioonid kaetakse külgedelt ja ülalt asbestpapiga; papp ümbritsetakse väljastpoolt lehtterasest kestaga.

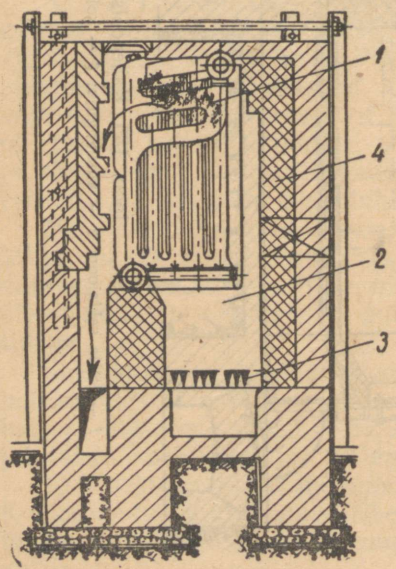
Katlad on ülal ja külgedel varustatud luukidega sektsioonide puhastamiseks lendtuhast ning tahmast.

Strebeli katla sektsioonid on ovaalse kujuga, Streli katla omad aga peaaegu ristkülikukujulised.

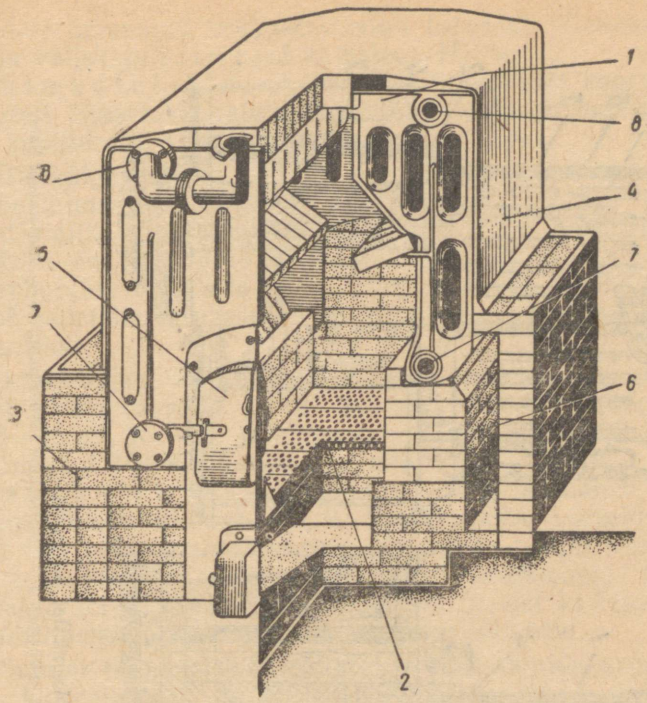
Kirjeldatud katelde kasutamisel aurukateldena (joon. 154) varustatakse need silindrilise aurukogujaga *3*, mis monteeritakse katla peale. Aurukoguja ühendatakse põlvikute *4* abil malmsektsioonide õõntega — katla veeruumiga. Peale selle on katlal veel vastav armatuur, nagu veeklaas, proovikraan, manomeeter, kaitseklapp või vesilukk (purgimisseade) jne.

Malmkatla НР-Ч kolle on ehitatud tellistest, omab tulekindlat voodrit ja on katelkonstruktsiooni malmosast eraldatud. Selline ehitusviis võimaldab kollet vabalt kohandada põletatava kütuse liigile.

Katel koosneb üksikutest õõnsatest malmsektsioonidest, mis ühendatakse omavahel niplitega.



Joon. 156. Ühepoolse ehitusviisiga malmkatel НР-Ч:
1 — katla sektsioon; *2* — kolle; *3* — rest; *4* — katla müüritis.



Joon. 157. Malmkatel «Universaal-3»:
1 — katla sektsioon; *2* — rest; *3* — müüritis; *4* — isolatsioon; *5* — koldeuks; *6* — suitsukanal; *7* — külma vee sissevool; *8* — sooja vee väljavool.

Katlad HP-Ч on kahepoolse (joon. 155) — sümmeetrilise — ja ühepoolse (joon. 156) — ebasümmeetrilise — ehitusviisiga.

Sektsioonide all asetsev ruum moodustab küttekolde, mis on ülalt ja külgedelt (ühepoolse ehitusviisi juures ühelt küljelt) piiratud katla sektsioonidega.

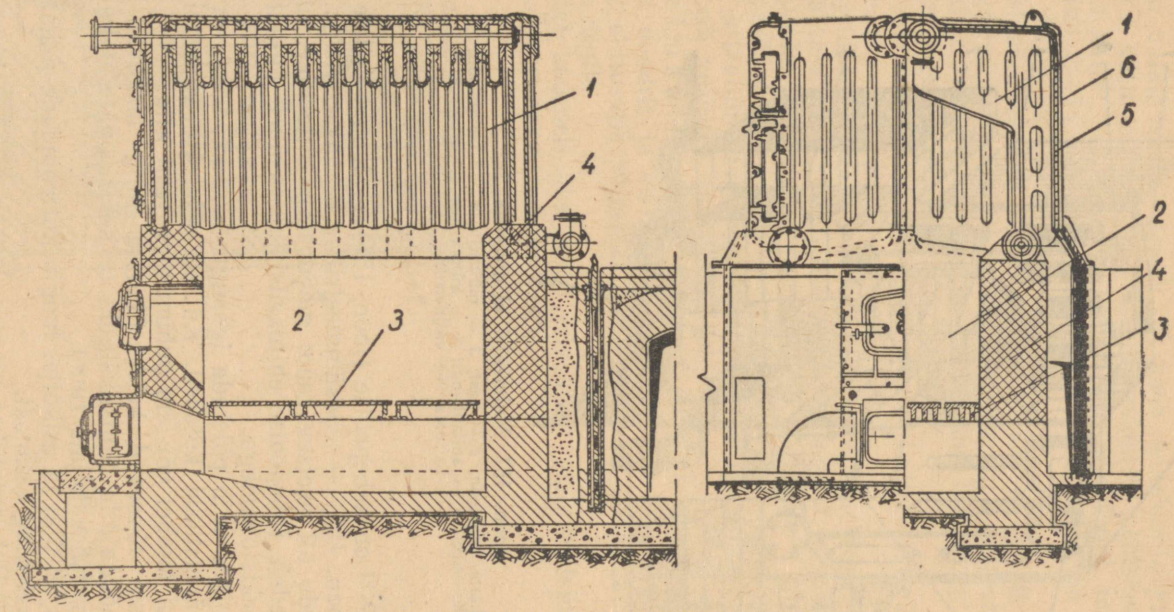
Sellises koldes võib põletada igasugust kütust, kaasa arvatud ka madalaväärtuslikud kütused. Kütuse põlemine võib toimuda kas loomulikul tõmbel või õhu puhumisega resti alla.

Suitsugaasid tõusevad kolde ülaossa ning laskuvad sealt suitsukäiku mööda alla. Suitsukäiguks on sektsioonide malmribide ja katla müüritise vaheline ruum.

Müüritises on ülal ja esiküljel luugid küttepindade puhastamiseks lendtuhast ning tahmast.

Katlaid HP-Ч kasutatakse nii vee- kui ka aurukateldena. Viimastes ühendatakse katla veeruum ülal asetseva aurukogujaga samal viisil nagu Streli ja Strebeli katelde juures.

Laialdaselt on levinud terasest veekatlad HP, mis koosnevad



Joon. 158. Malmkatel «Plamja»:

1 — katla sektsioon; *2* — kolle; *3* — rest; *4* — kolde müüritis; *5* — isolatsioon (asbestpapp); *6* — lehterasest kate.

üksikutest omavahel kokkukeevitatud torudest. Nimetatud katlad on oma väliskujult sarnased kateldega НР-Ч.

Malmkatel «Universaal» (joon. 157) koosneb samuti üksikutest õõnsatest malmsektsioonidest, mis on omavahel ühendatud niplite abil ja kokku tõmmatud poltidega.

Katla külgseinad on ümbritsetud müüritisega, otsseinad kaetud isolatsioonimassiga.

Katla allkolle on müüritud tellistest ja sellel on tulekindel vooder. Kolle on varustatud liikumatute või kallutatavate restidega. Õhk puhutakse resti alla ventilaatoriga. Kolde selline ehitus võimaldab põletada mitmesuguseid kütuseid, sealhulgas ka madalaväärtuslikke.

Sektsioonide arv on katlal «Universaal-3» ja «Universaal-4» — 14—34, «Universaal-5» — 10—34, millele vastab küttepinna suurus 15—46 m². Katelde «Universaal» küttepinna soojuslik erikoormus on kuni 10 000—12 000 kcal/m²h.

Malmkatel «Plamja» (joon 158) sarnaneb konstruktsioonilt üldiselt katlaga НР-Ч. Erinevusteks, võrreldes katlaga НР-Ч, on: sektsioonide suurem küttepind; parem vee tsirkulatsioon sektsioonides; katla raske müüritis sektsioonide ulatusel on asendatud kerge asbestlehtedest ja terasplekist kattega; sektsioonide ühendusdetailide lihtsustatud konstruktsioon.

«Plamja»-tüüpi katlaid ehitatakse sektsioonide arvuga 24, 32 ja 40, küttepinnaga vastavalt 37, 49 ja 61 m².

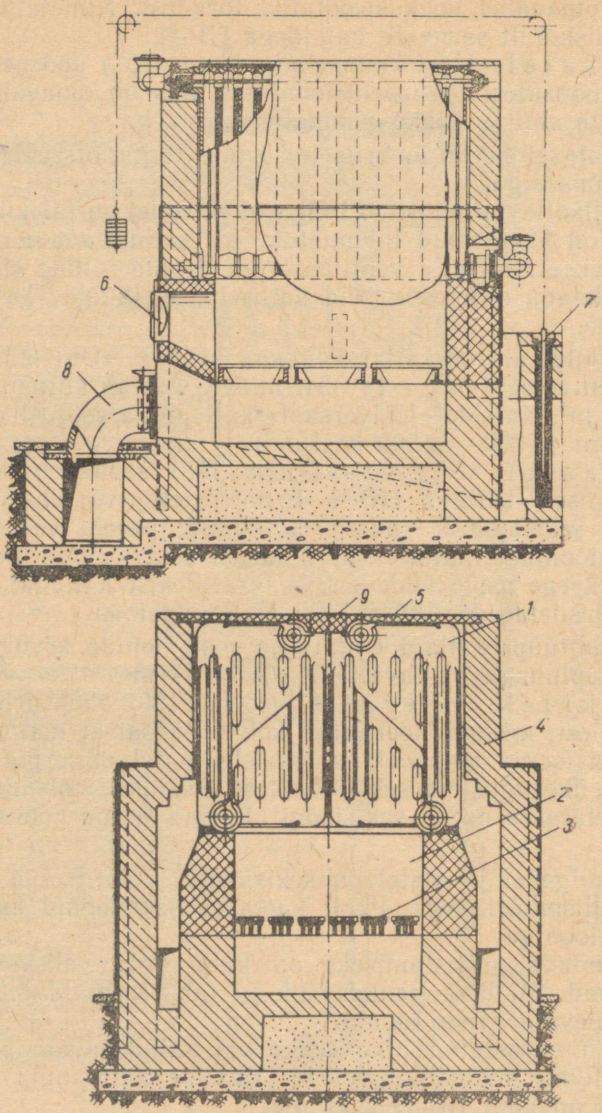
Malmkatel «Energia» (joon. 159) koosneb samuti kahest poolest, mis monteeritakse kokku õõnsatest malmsektsioonidest. Sektsioonid toetuvad müüritisele. Katel «Energia-3» koosneb ainult ühesugustest sektsioonidest, kusjuures otsmised sektsioonid asetatakse nii, et sektsiooni ülemine ots on pööratud allapoole.

Katla külgedel ja otstel on sektsioonid ümbritsetud ühe kivi paksuse tellismüüritisega. Pealt kaetakse sektsioonid asbestmassist isolatsiooniga.

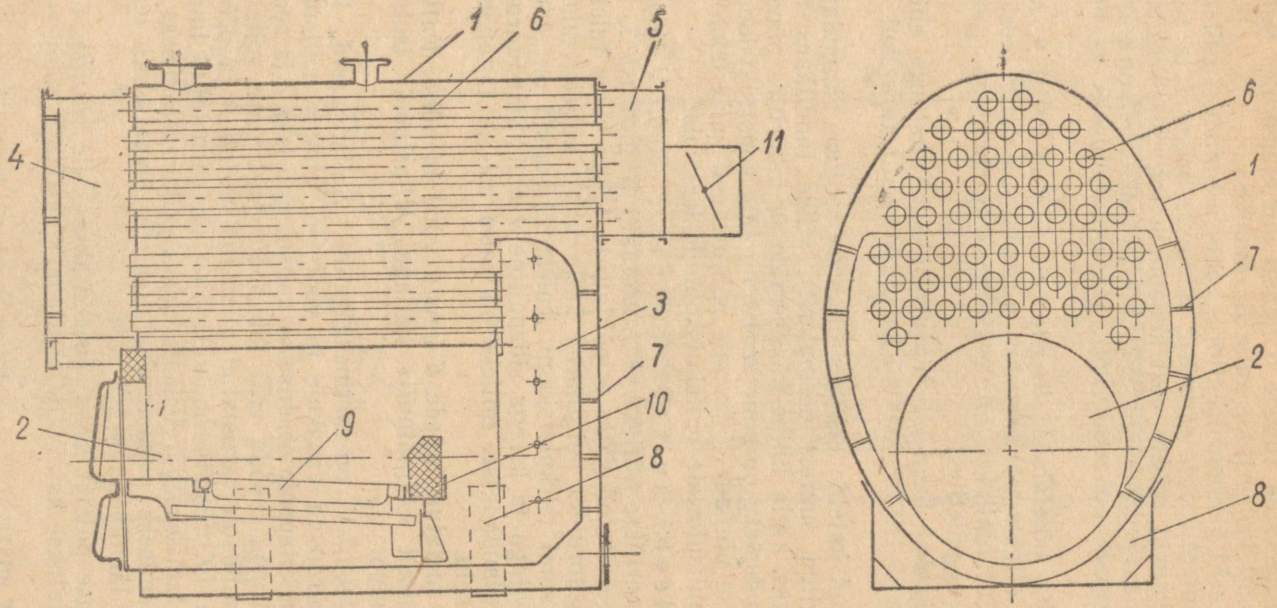
Küttepindade puhastamiseks on katla peal välisvooderdises puhastusavad. Mahavarisenud tuhk ja tahm eemaldatakse katla esiseinas olevate avade kaudu.

Katel on varustatud liikumatute või kallutatavate plaatrestidega ja altõhu puhumisseadmega. Katelde küttepinna soojuslik erikoormus on kuni 10 000 kcal/m²h.

Eesti NSV-s on keskküttekatlana levinud terasest kolmekäiguline leegi-suitsutorukatel «Armatuur» (joon. 160). Viimane koosneb ovaalsesse (uuematel silindrilisse) väliskerre *1* asetatud leegitorust *2*, mis on otstes keevitatud katla esipõhjale ja tulekarbile *3*. Tulekarbi seinad on sidestatud katla tagapõhjaga ja kerega sidepoltide *7* abil. Suitsutorud *6* on valtsitud torulaudadesse, milleks on katla esi- ja tagapõhi ning tulekarbi esisein.



Joon. 159. Malmkatel «Energia-3»:
1 — katla sektsioon; *2* — kolle; *3* — rest; *4* — müüritis; *5* — isolatsioon; *6* — koldeuks; *7* — siiber; *8* — altõhutoru; *9* — puhastusava.



Joon. 160. Kolmekäiguline leegi-suitsutorukatel «Armatuur»:

1 — katla kere; *2* — leegitoru; *3* — tulekarp; *4* — eesmine suitsukamber; *5* — tagumine suitsukamber; *6* — suitsutoru; *7* — sidepolt; *8* — katlatugi; *9* — rest; *10* — tulemüür; *11* — siiber.

Katel on toetatud tugede *8* kaudu vundamendile. Katla kere on väljastpoolt isoleeritud; müüritis puudub.

Suitsugaasid, läbinud leegitoru, voolavad alumisi suitsutorusid mööda tagant ettepoole eesmisse suitsukambrisse *4* ja sealt ülemisi suitsutorusid mööda eest tahapoole tagumisse suitsukambrisse *5* ja edasi suitsukäiku. Eesmine suitsukamber on varustatud luukidega torude puhastamiseks, järelevaatamiseks ja parandamiseks.

Tahkekütus põletatakse leegitorru asetatud restil *9*. Madalaväärtuslike kütuste põletamiseks varustatakse katel eeskoldega. Õlikütte puhul juhitakse õli leegitorru õlipihustitega, gaasikütte puhul gaas — põletitest.

Kolmekäigulisi leegi-suitsutorukatlaid «Armatuur» ehitatakse küttepinnaga 6—70 m² ja neid kasutatakse nii auru- kui ka veekateldena.

Kirjeldatud katelde eeliseks on suur soojuse akumulatsioonivõime (tingitud suurest veemahust), väike tundlikkus toitevee puhtuse suhtes, katla lihtne käsitsemine ja müüritise puudumine.

Katla puudusteks on suur kaal ning jäik konstruktsioon suure arvu lamedate pindade tõttu, mis põhjustavad katla hooletul teenindamisel suitsutorude valtsimiskohtade lekkimist.

Terasest leegi-suitsutorukatel T-80/0,7-V (joon. 161) koosneb silindrilisse väliskerre *1* asetatud leegitorust *2*, mis on ühes otsas keevitatud katla esipõhjale ja teises otsas tulekarbi *3* seinale. Leegitoru on paigutatud katla ühele küljele, mis tagab katlavee paremat tsirkulatsiooni. Tulekarbi seinad on sidestatud katla tagapõhjaga ja kerega sidepoltide *4* abil. Suitsutorud *5* on valtsitud torulaudadesse, milleks on katla esi- ja tagapõhi ning tulekarbi esisein.

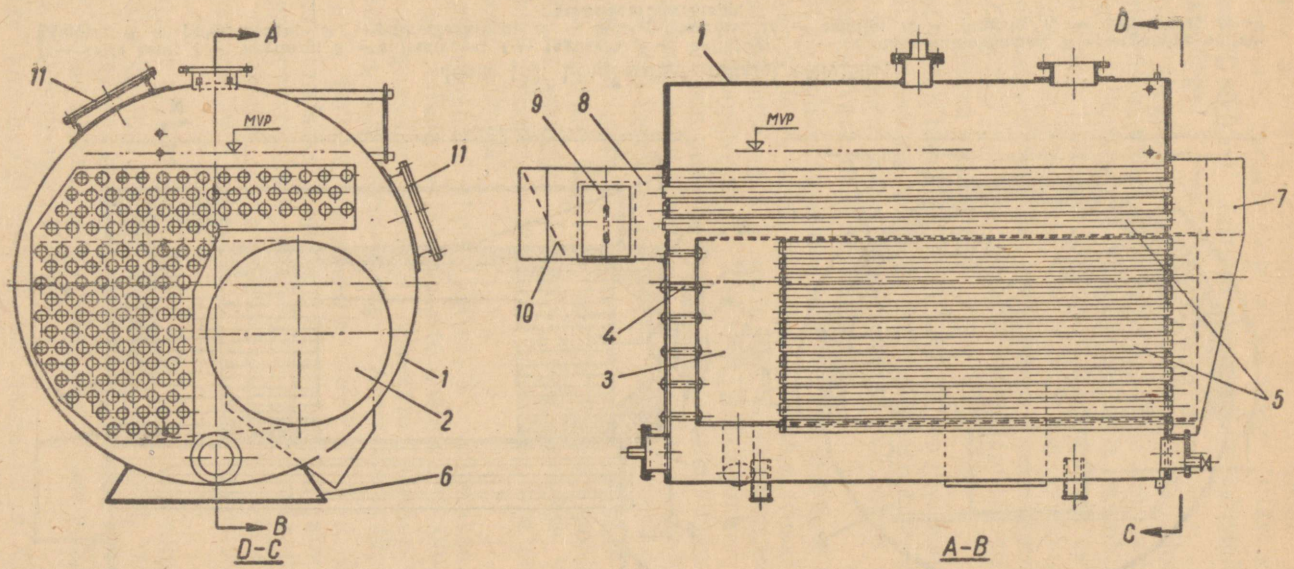
Katel on toetatud tugede *6* kaudu vundamendile. Katla kere on analoogiliselt «Armatuuri» katlaga väljastpoolt isoleeritud; müüritis puudub.

Katel T-80/0,7-V on kolmekäiguline. Suitsugaasid, läbinud leegitoru, pöörduvad vasakule ja voolavad alumisi suitsutorusid mööda tagant ettepoole eesmisesse suitsukambrisse *7* ja sealt ülemisi suitsutorusid mööda eest tahapoole tagumisse suitsukambrisse *8*. Viimane on varustatud puhastusluugiga *9* ja pööratava suitsuklapiga *10*. Eesmine suitsukamber on varustatud luukidega torude puhastamiseks, järelevaatamiseks ja korrastamiseks.

Katla sisemiseks puhastamiseks ja järelevaatuseks on kaks pääsuava *11* läbimõõduga 420 mm.

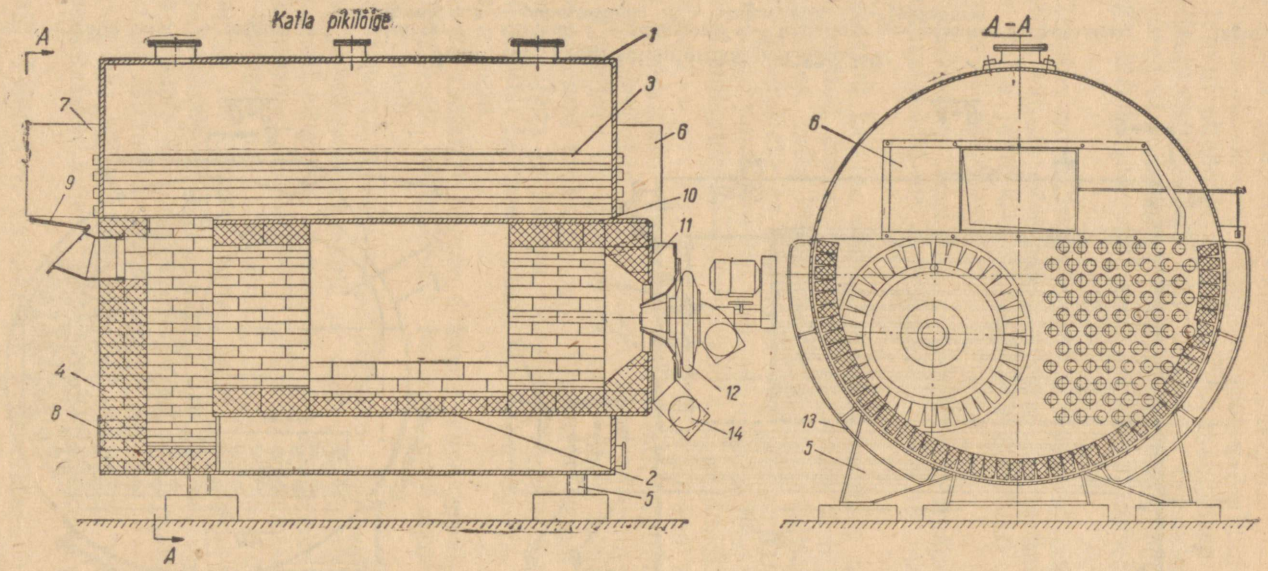
Tahkekütuse põletamiseks varustatakse kolle restiga; õlikütte puhul seadistatakse katel õlipihustitega, gaasikütte puhul — põletitega.

Katlaid T-80/0,7-V kasutatakse veekateldena ja madalrõhuaurukateldena. Katelde küttepind on 80 m², mass 5250 kg. Katla



Joon. 161. Leegi-suitsutorukatel T-80/0,7-V:

1 — katla kere; *2* — leegitoru; *3* — tulekarp; *4* — sidepolt; *5* — suitsutoru; *6* — katlatugi; *7* — eesmine suitsukamber; *8* — tagumine suitsukamber; *9* — puhastusluuk; *10* — suitsuklapp; *11* — pääsuava.



Joon. 162. Leegi-suitsutorukatel «Kiviõli»:

1 — katla kere; *2* — leegitoru; *3* — suitsutorud; *4* — tagasein; *5* — katlatugi; *6* — eesmine suitsukamber; *7* — tagumine suitsukamber; *8* — puhastusava; *9* — plahvatusklapp; *10* — kolde vooderdis; *11* — esikilp; *12* — pihusti; *13* — kaitsevõre; *14* — sekundaarõhu klapp.

küttepinna soojuslik erikoormus ulatub vedel- ja gaasiküttel 12 000 kcal/m²h, tahkekütuste puhul 9000—10 000 kcal/m²h.

Katlad T-80/0,7-V sarnanevad oma omadustelt «Armatuur»-tüüpi kateldega.

Terasest leegi-suitsutorukatel «Kiviõli» (joon. 162) koosneb silindrilisest väliskerest *1*, mille ühele küljele on paigaldatud leegitoru *2*. Viimane on keevitatud katla esipõhja ja tagumise torulaua külge. Suitsutorud *3* on valtsitud katla esi- ja tagapõhja ning tagumisse torulauda. Katlal puudub tulekarp. Katla tagasein *4* on kujundatud ühe kivi paksuse müüritisena, millesse on jäetud 230×200 mm suurune plahvatusklapi- ja puhastusava. Viimane on töötava katla juures kinni müüritud.

Katel toetub tugede *5* kaudu vundamendile. Katla kere on väljastpoolt isoleeritud, välja arvatud tagaseina müüritise ja tagumise suitsukäigu kohal. Isoleerimata väliskere on varustatud ümarterasest varbadest kaitsevõrega.

Katel on kolmekäiguline. Suitsugaasid, läbinud leegitoru, pöörduvad vasakule ja voolavad alumisi suitsutorusid mööda eesmisesse suitsukambrisse *6* ja sealt ülemisi suitsutorusid mööda tagumisse suitsukambrisse *7*. Eesmine suitsukamber on varustatud luukidega torude puhastamiseks, järelevaatamiseks ja korrastamiseks. Tagumises suitsukambris on pööratav klapp tõmbe reguleerimiseks. Katla keres on luukidega suletavad puhastusavad.

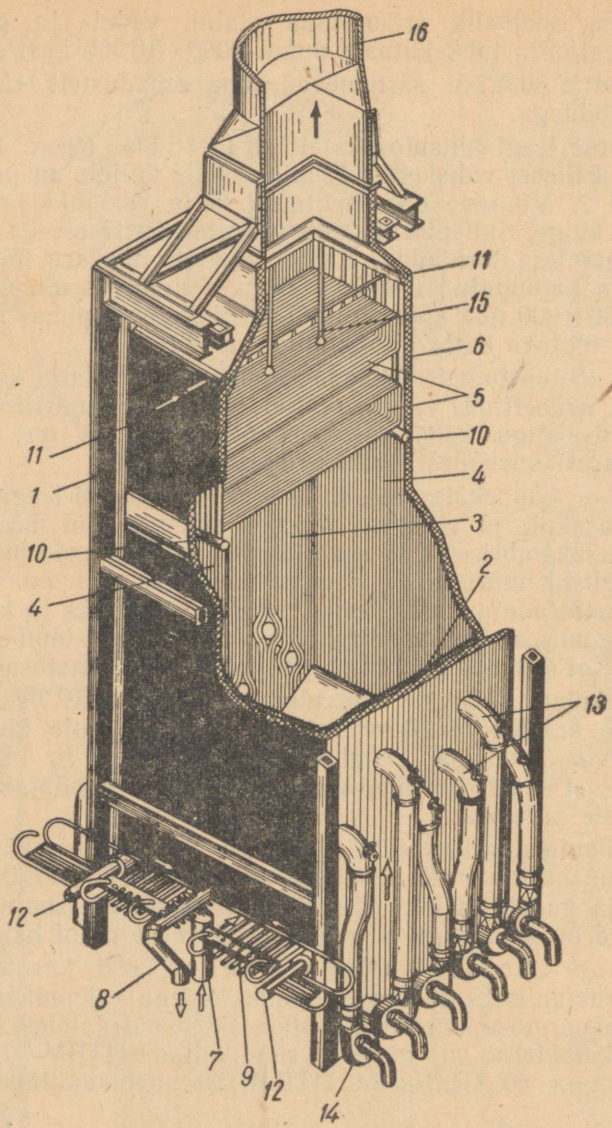
Täielikuma põlemise saavutamiseks kaetakse vedelkütusega töötavate katelde leegitoru esi- ja tagaosa poole kivi paksuse šamottkivist voodriga. Leegitoru põhi kaetakse $^1/_4$ kivi paksuse šamottkivist voodriga, mis soodustab leegitoru põhjale sattunud õliosakeste põlemist.

Leegi-suitsutorukatlaid «Kiviõli» ehitatakse küttepinnaga 18—80 m², millele vastab soojustootlikkus 180 000—720 000 kcal/h (vedel- ja gaasilisel kütusel). Nimetatud katelde soojustehnilised omadused on samasugused nagu «Armatuur»-tüüpi kateldel.

Suure tootlikkusega veekatlaid kasutatakse linnade varustamiseks soojusega põhikateldena rajoonikatlamajades ning tippkoormuse kateldena soojuselektritsentraalides. Enam levinuteks kateldeks on gaasi-masuudikatlad ПТВМ-50-1 soojustootlikkusega 50 Gcal/h ja ПТВМ-100 soojustootlikkusega 100 Gcal/h.

Veekatel ПТВМ-50-1 (joon. 163) on otsevooluline torni-tüüpi katel. See kujutab endast neljakandilist šahti, mille kõik küljed on tihedalt kaetud ekraanitorudega. Ekraanide kiirgusküttepind on 116 m². Kolde ülaosse on asetatud horisontaalsed konvektiiv-torukimbud küttepinnaga 1170 m².

Kolde kummalegi küljele on paigaldatud 6 gaasi-masuudi põletit. Iga põleti on varustatud iseseisva õhuventilaatoriga.



Joon. 163. Veekatel ПТВМ-50-1:

1 — karkass; *2* — esiekraan; *3* — tagaekraan; *4* — külgekraan; *5* — konvektiivküttepind; *6* — müüritis; *7* — vesi soojusvõrgust katlasse; *8* — vesi katlast soojusvõrku; *9* — jaotuskollektor; *10* — konvektiivküttepinna alumine kollektor; *11* — konvektiivküttepinna ülemised kollektorid; *12* — külgekraanide alumised kollektorid; *13* — gaasi-masuudipõleti; *14* — õhuventilaator; *15* — haavelpuhastusseadme haavlite jaotaja; *16* — korsten.

Šahti keskele on paigaldatud terasplekist korsten läbimõõduga 2,5 m ja kõrgusega 40,5 m, mis toetub katla karkassile. Katel töötab loomulikul tõmbel.

Katla konstruktsioon võimaldab tema poollahtist asetust, mis vähendab tunduvalt katlamaja maksumust. Kinnises ruumis asetseb ainult katla alumine osa (6—7 m kõrguseni), põletid, õhuventilaatorid, armatuur ja automaatikaseadmed. Soojusvõrgust voolab vesi katlasse temperatuuriga 70° C ja väljub katlast temperatuuriga 150° C. Lahkuvate suitsugaaside temperatuur ulatub 250° C, katla kasutegur 88%-ni.

Poollahtises katlamajas asetseva katla käikulaskmiseks temperatuuridel alla 0° C tuleb katel täita sooja veega soojusvõrgust.

VII. AURUÜLEKUUMENDI

51. ÜLEKUUMENDI EHITUS JA TÖÖTAMINE

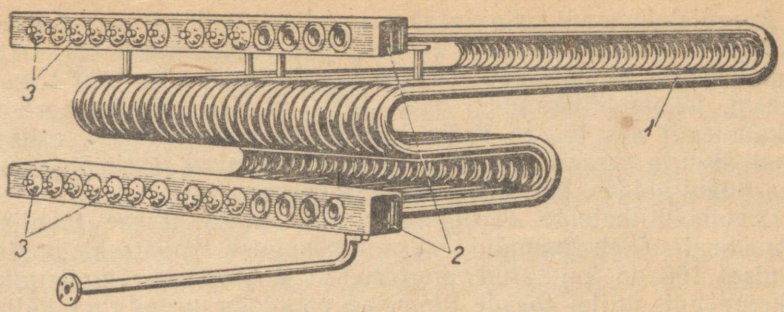
Ülekuumendatud auru kasutamine tõstab tunduvalt aurujõuseadmete ökonoomsust. Auru ülekuumendamiseks on ülekuumendid.

Auru rõhk ülekuumendis on väiksem kui katlas rõhukadude tõttu katla ja ülekuumendi vahelises torustikus ja ülekuumendis endas. Ülekuumenduse temperatuur võib olla mitmesugune, sõltuvalt nõudeist, mida aurutarbijad esitavad. Aurumasinad vajavad auru temperatuuriga 300—375° C, auruturbiinid 400° C ja rohkem. Küllastunud auru jaoks ehitatud aurumasinad võivad töötada ülekuumendatud auruga temperatuurini kuni 220° C. Ülekuumendist väljuva auru temperatuur peab olema 5—10° kõrgem kui tarbija vajab, sõltuvalt soojuskadudest aurutorustikus. Isegi juhul, kui käitis kasutab küllastunud auru, on soovitav katlamajas toota kergelt ülekuumendatud auru, kuna viimane ei kondenseeru torustikkudes.

Aurukatlas saadakse niiske küllastunud aur. Erinevatel kateldel on erinev ka auru niiskus, mis suureneb tavaliselt koos katla koormuse suurenemisega. Auru niiskus vanemates kateldes on 1—3% piirides. Uued võimsad katlad peavad andma auru niiskusega mitte üle 0,5%. Säärane madal niiskuse protsent saavutatakse heade separaatorite ja katla vastava veerežiimi kasutamisega.

Ülekuumendatud auru saamiseks tuleb esiteks aurustada aurus sisalduv niiskus ja saadud kuiv küllastunud aur üle kuumendada nõutud temperatuurini.

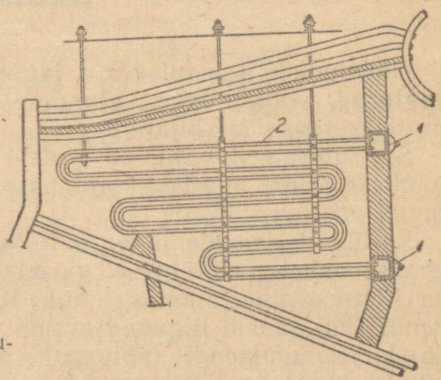
Auruülekuumendi (joon. 164) koosneb torudest *1* läbimõõduga 30—40 mm, milledele antakse soovitav kuju vastavate rullvaltside abil. Torud painutatakse külmas olekus, liivaga täitmata. Torude otsad valtsitakse kas kandilistesse või ümmargustesse kollektoritesse *2*. Kollektorites asuvad torude vastas luugid, et võimaldada torude valtsimist, ülevaatust ja üksikult nende läbipesemist. Mõnedes konstruktsioonides kasutatakse luukide asemel korke. Ühe kollektoriga ühendatakse küllastunud auru, teisega ülekuu-



Joon. 164. Horisontaalne auruülekuumendi:
1 — siugtorud; *2* — kollektorid; *3* — luugid.

mendatud auru torustik. Ülekuumendisse tulev aur jaguneb siugtorudesse, mida väljastpoolt kuumendatakse suitsugaasidega. Ülekuumendatud aur kogutakse väljumiskollektorisse, kust ta juhitakse aurutorustikku. Kollektorid valmistatakse läbipuhutavad. Ülekuumendatud auru kollektorile asetatakse kaitseklapp ja aurutorustiku algusesse auru sulgventiil ning termomeeter. Auruülekuumendi torud ja kollektorid valmistatakse keskrõhule ja ülekuumendustemperatuurile kuni 425° süsinikterasest, kõrgematele rõhkudele ja temperatuuridele — legeeritud terasest.

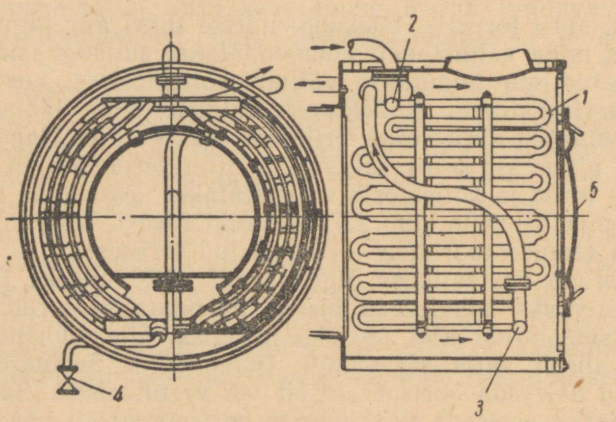
Siugtorude vastastikuse õige asendi säilitamiseks ja ülekuumendi paremaks kohaleasetamiseks ühendatakse torud karpraudade ja sidepoltide abil ühiseks paketiks. Ülekuumendi riputatakse tavaliselt katla sõrestikule (joon. 165). Seejuures võivad kollektorid asetseda horisontaalselt või vertikaalselt. Samuti võivad siugtorud asetseda gaasikäigus horisontaalselt või vertikaalselt. Esimesel juhul on võimalik katla seiskamisel neist vett välja lasta. Teisel juhul on siugtorude lendtuhaga kattumise oht väiksem.



Joon. 165. Horisontaalse auruülekuumendi riputamine:
1 — kollektorid; *2* — siugtorud.

Auruülekuumendi paigutatakse tavaliselt esimese ja teise suitsukäigu vahekohta. Gaaside temperatuur ülekuumendi ees ulatub leegitorukateldel 450—650° C-ni, veetorukateldel 600—900° C-ni ja rohkem, lokomobiilikateldel 350—500° C-ni. Gaaside temperatuur ülekuumendi ees tõuseb katla koormuse suurendamisel, esimese gaasikäigu ja ekraanide küttepindade mustumisel ja ebaõige põlemise puhul koldes, kui leek ulatub ülekuumendini.

Lokomobiilikatelde auruülekuumendid paigutatakse tavaliselt suitsukarpi. Ülekuumendid on mitmesuguse konstruktsiooniga. Joonisel 166 on kujutatud siugtorudest *1* koosnev rõngakujuline ülekuumendi, millel torude ülemised otsad on keevitatud küllastunud auru kollektori *2* külge, alumised otsad — ülekuumendatud auru kollektori *3* külge.



Joon. 166. Lokomobiilikatla rõngakujuline auruülekuumendi:

1 — siugtorud; *2* — küllastunud auru kollektor; *3* — ülekuumendatud auru kollektor; *4* — tühjendusventiil; *5* — puhastusluuk.

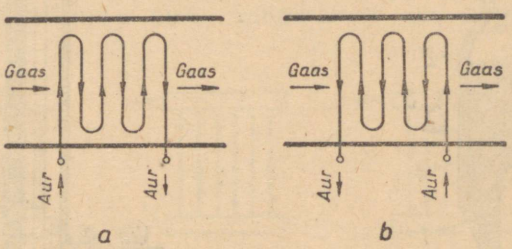
Ülekuumendisse tulev aur jaguneb kaheks vooluks ja, läbinud siugtorud, voolab edasi alumisse kollektorisse ning sealt edasi aurumasinasse (tarbijale).

Suitsutorudest väljuvad gaasid juhitakse ülekuumendi rõngakujulisse ruumi ja edasi korstnasse. Seega suitsugaasid ja aur liiguvad vastuvooluliselt.

Sõltuvalt gaaside ja auru liikumise suundadest ülekuumendis tehakse vahet p a r a l l e e l v o o l u - ülekuumendi (kui gaasid ja aur liiguvad ühes suunas, joonis 167, *a*), v a s t u v o o l u - ülekuumendi (kui gaasid liiguvad aurule vastu, joonis 167, *b*) ja s e g a v o o l u - ülekuumendi (võimsatel kateldel) vahel. Paralleelvoolu puhul jahutatakse ülekuumendi torusid, mis asuvad gaaside liiku-

mise suhtes eespool, veel niiske auruga. Viimastes torudes on aur juba ülekuumenenud, kuid gaaside temperatuur on madalam. Seega on paralleelvoolu puhul torude jahutamine auruga soodne, kuid on vajalik auruülekuumendi suur pind. Peale selle eralduvad soolad aurust kõige kuumemates torudes, mistõttu need võivad kiiresti läbi põleda. Vastuvoolu puhul võib ülekuumendi küttepind olla väiksem, kuid esimeste torude temperatuur gaaside liikumise suunas on kõrgem kui paralleelvoolul.

Ülekuumenenud auru temperatuur muutub katla töötamise ajal. Temperatuur tõuseb peale ülalnimetatud põhjuste veel juhul, kui ülekuumendist läbivoolava auru hulk väheneb, s. o. juhul, kui osa küllastunud auru antakse otse tarbijale. Ülekuumenenud auru



Joon. 167. Gaaside ja auru liikumise skeem auruülekuumendis:
a — paralleelvool; *b* — vastuvool.

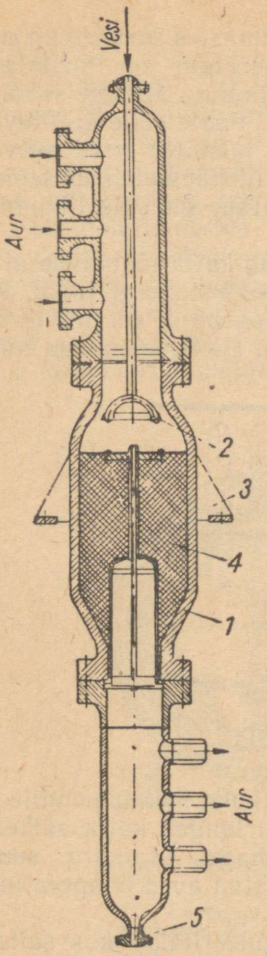
liiga kõrge temperatuur võib muutuda ohtlikuks ülekuumendile ja masinatele. Auru temperatuur ülekuumendis langeb katla väikesel koormusel, siugtorude kattumisel lendtuhaga ja auru suure niiskuse puhul. Seepärast tuleb ülekuumendatud auru temperatuuri pidevalt kontrollida.

Ülekuumendatud auru temperatuuri reguleeritakse kas suitsugaaside osalise möödajuhtimisega ülekuumendist, auru jahutamise teel või konvektsioon-kiirgusülekuumendi kasutamisega.

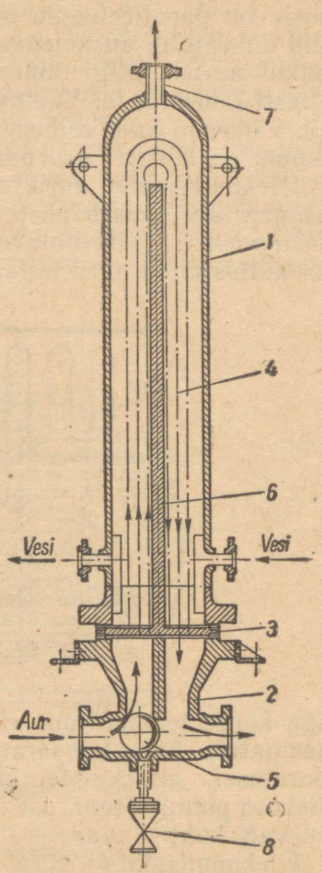
Esimest viisi kasutatakse ainult vanemat tüüpi väikese võimsusega katelde puhul, sest gaasikäiku asetatud reguleerklapp töötab suhteliselt kõrge temperatuuriga suitsugaaside piirkonnas ebakindlalt.

Ülekuumendatud auru jahutamiseks kasutatavad aurujahutid on kas sissepritsimistüüpi või pindjahutid. Esimeste puhul juhitakse ülekuumendatud auru hulka pihustatud kondensaati, mille mõjul auru temperatuur langeb. Pindjahutites jahutatakse ülekuumendatud auru katlavee või toitevee abil. Pindjahutid paigaldatakse kas väljapoole katelt või katlatrumlisse.

Joonisel 168 kujutatud sissepritsimistüüpi jahuti koosneb kerest *1*, kuhu on paigutatud peenikeste aukudega rõngastoru *2*, millest



Joon. 168. Sissepritsimistüüpi aurujahuti:
1 — kere; *2* — rõngastoru; *3* — tugi; *4* — võre (rašigi rõngad); *5* — vee väljalasketuts.



Joon. 169. Pindjahuti:
1 — kere; *2* — pea; *3* — torulaud; *4* — torud; *5* — pööratav klapp; *6* — vahesein; *7* — tuts; *8* — läbipuhumisventiil.

väljuvad veejoakesed jahutavad ülekuumendatud auru nõutava temperatuurini. Osa vett aurustub, ülejäänud osa voolab koos auruga läbi metalltorukestest (rašigi rõngastest) võre *4* ning valgub jahuti alumisse ossa, kust ta perioodiliselt eemaldatakse. Aur voolab jahutisse ülevalt ning väljub alt.

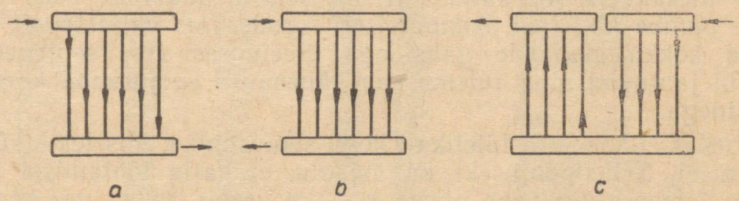
Sagedamat kasutamist leiavad pindjahutid (joon. 169). Need koosnevad silindrilisest kerest *1*, peast *2* ja torulauast *3*, millesse

on valtsitud painutatud torud *4*. Viimastest läbivoolava auru hulka reguleeritakse pööratava klapiga *5*. Et pikendada jahutusvee teekonda, on jahutisse asetatud vahesein *6*.

Pindjahutis tekkiv auru-vee segu juhitakse läbi tutsi *7* katlatrumlisse.

Kõige otstarbekamaks ülekuumendatud auru reguleerimise viisiks on konvektsioon-kiirgusülekuumendi kasutamine. Konvektiivses ülekuumendis katla koormuse suurenemisel auru temperatuur tõuseb, kiirgusülekuumendis vastupidi aga langeb. Kombineerides ülekuumendi mõlemast kokku, võib saavutada püsiva ülekuumendustemperatuuri, sõltumata katla koormusest.

Auruülekuumendis võib sageli tähele panna, et aur ei jagune ühtlaselt siugtorude vahel (joon. 170). Seepärast isegi juhul, kui ülekuumendist väljuva auru temperatuur on normaalne, võib



Joon. 170. Auru jagunemine siugtorudes:
a — auru ebaühtlane jagunemine, väike kiirus; *b* — auru ühtlane jagunemine, väike kiirus; *c* — auru ebaühtlane jagunemine, suur kiirus.

ülekuumendus üksikutes torudes olla väga kõrge, mis võib põhjustada avariisid. Üksikute siugtorude ülekuumenemise põhjuseks võivad olla torude ummistumine sooladega, montaaži ajal torudesse jäänud mustus, ebaõige auru juhtimine kollektoritesse (joon. 170, *a* ja *c*), mitteküllaldane auru kiirus üksikutes torudes ja torude ebaühtlane kuumenemine gaaside poolelt. Avariiohu vältimiseks kasutatakse järgmisi abinõusid: isoleeritakse osa siugtorudest, kus kordub läbipõlemine, lühendatakse siugtorusid ja vähendatakse gaaside kiirust ülekuumendis.

Auruülekuumendi täitumist sooladega soodustab auru lubamatult suur niiskus, rõhu järsud kõikumised ja liiga kõrge veeseis katlas. Katla kasutegur paraneb auruülekuumendi ülesseadmisel 2—8%.

VIII. TOITEVEE-ÖKONOMAISER

52. ÖKONOMAISERI EHITUS JA TÖÖTAMINE

Ökonomaiser (toitevee-eelsoojendi) seatakse üles katla taha ja tema ülesandeks on katla toitevee eelsoojendamine. Vesi surutakse pumba abil läbi ökonomaiseri torude, mis väljastpoolt puutuvad kokku kuumade gaasidega. Seejuures vesi soojeneb ja gaasid jahtuvad ning tulemusena vähenevad soojuskaod korstnagaasidega.

Katlas ei kasutata täielikult kogu soojushulka, mis tekib kütuse põlemisel. Selle põhjuseks on asjaolu, et katla töötamisel tema seinte temperatuur peab olema kõrgem katlas asuva vee keemistemperatuurist. Lahkuvate gaaside ja katlavee temperatuuride vahe on keskmiselt 100—150° C, mis suureneb koos katla koormuse suurenemisega. Seetõttu tõuseb gaaside temperatuur katla taga 250—350° C-ni, vahel isegi 400° C-ni ja rohkem. Sellise kõrge korstnagaaside temperatuuri puhul on soojuskaod lahkuvate gaasidega väga suured, katla kasutegur madal ja auru tootmiseks kulutatakse palju kütust.

Vee eelsoojendamine ökonomaiseris vähendab kütuse kulu toodetava auruhulga kohta ja parandab katla töötamise tingimusi. Katla toitmisel ettesoojendatud veega ei teki katla järske kohalikke jahtumisi ja sellest tekkida võivaid vigastusi. Rõhu hoidmine katlas muutub kergemaks.

Ökonomaisereid valmistatakse malmist ja terasest. Malmökonomaisereid kasutatakse rõhkudel kuni 22 atü (malmi erisortide puhul kuni 60 atü), kusjuures nad on valmistatud kas siledatest või ribitatud torudest sisemise läbimõõduga kuni 100 mm, seina paksusega 10 mm ja pikkusega 2—4 m.

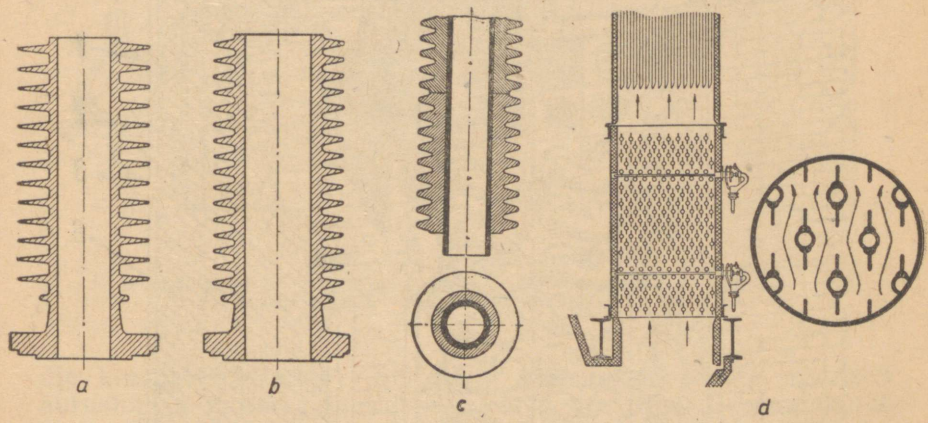
Siledate torudega ökonomaiseri puudusteks on suur mass, suur ruumitarvidus ja kõrge hind.

Ribitorudega ökonomaiseri mass on tunduvalt väiksem (35 kg/m²). Seejuures asetatakse ribid ainult torude gaasipoolsele küljele, kus soojusülekandetegur on väike (5—15 kcal/m²h°). Veepoolsele küljele, kus soojusülekandetegur on tunduvalt suurem,

pole soojustehniliselt seisukohalt vajadust asetada mingisuguseid ribisid. Malmökonomaiserite paremuseks on nende suurem vastupidavus sööbimisele.

Et malmi vastupidavus löökidele on väike, siis malmökonomaiserites ei ole lubatav vee soojendamine kuni keemistemperatuurini. Sellega välditakse hüdraulilisi lööke, mis võivad põhjustada ökonomaiseri torude lõhkemist. Malmökonomaiserite ülesseadmisel nähakse katlas ette lisagaasikäik, mille kaudu on võimalik suitsugaase juhtida ökonomaiserist mööda. Seda käiku kasutatakse katla sissekütmise ja seiskamise ajal. Gaaside osalise juhtimisega läbi lisakäigu on võimalik reguleerida katlatrumlisse mineva vee temperatuuri.

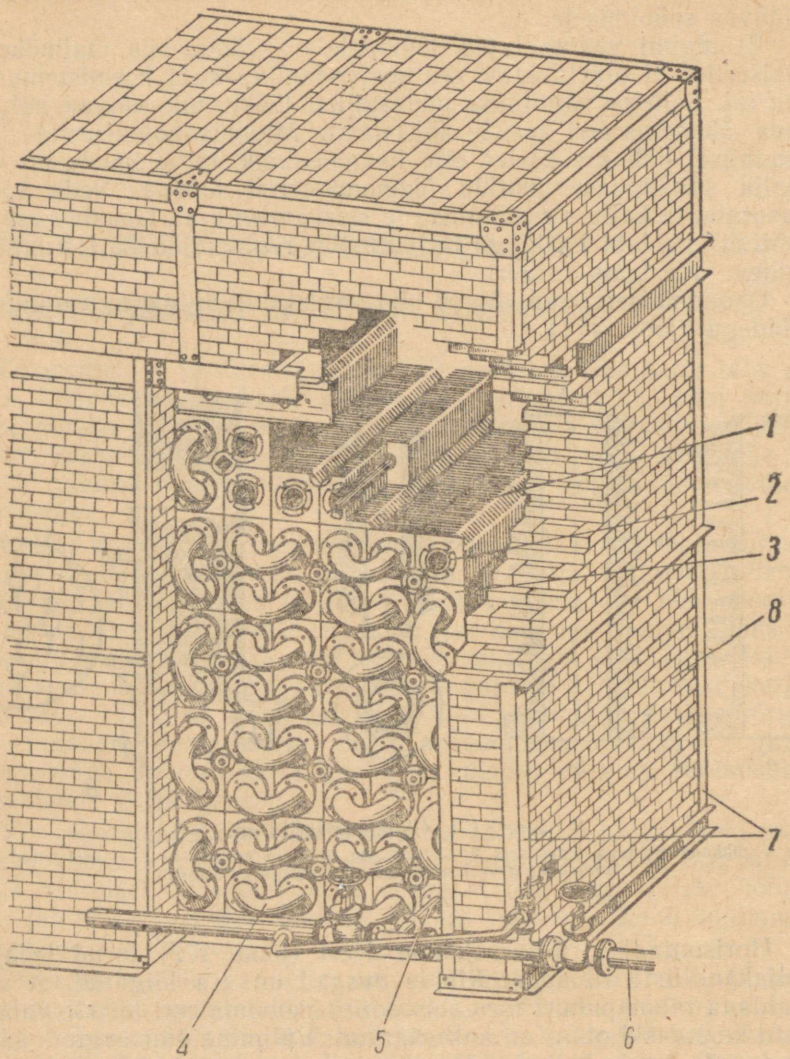
Ökonomaiseritorud võivad olla varustatud mitmesuguse kujuga ribidega (joon. 171).



Joon. 171. Ökonomaiseritorud:
a — pikkade ribidega malmtoru; *b* — lühikeste ribidega malmtoru; *c* — malmribidega terastoru; *d* — keevitatud pikiribidega terastoru.

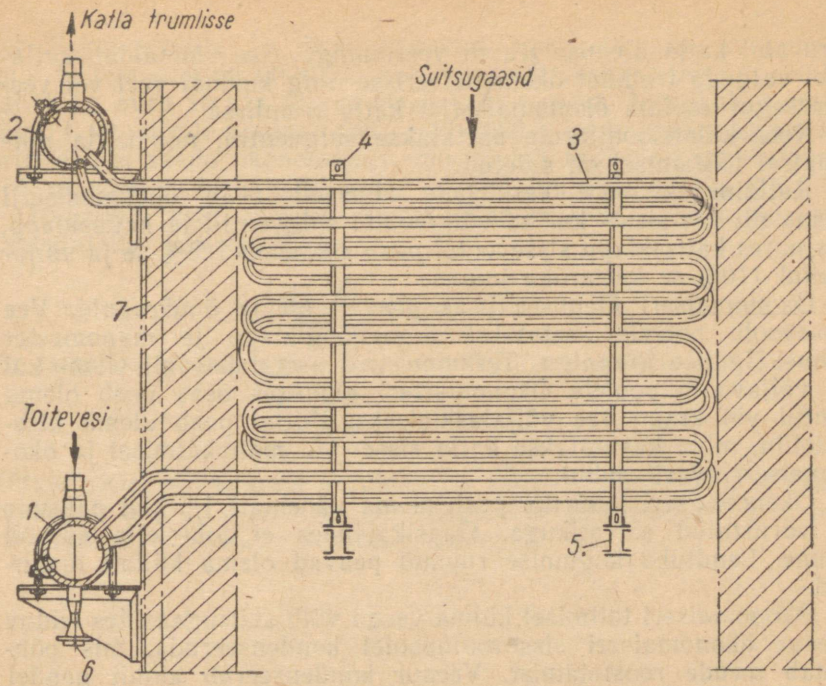
Horisontaalse ribitoruökonomaiseri (joon. 172) torud tehakse neljakandiliste ribidega. Ribide nurgad on ära lõigatud, et võimaldada tahmapuhuri toru suunamist ökonomaiseri torude vahele. Toru kummaski otsas on kaks äärikut. Välimine ümmargune äärik on torude omavaheliseks ühendamiseks poognate abil. Sisemised kandilised äärikud moodustavad gaasikäigu metallseina, mis tihendatakse asbestnööriga. Ühe toru küttepind on 7,5 või 6,6 m². Torude arvu valikuga on võimalik moodustada vajaliku suurusega ökonomaiserit. Vesi, mida juhitakse ökonomaiserisse alumise parempoolse toru kaudu, läbib järjekorras kõik torud. Selline moodus kergendab gaaside ja õhu eraldamist veest.

Terasökonomaiserite kasutamisel on võimalik soojendada vett



Joon. 172. Horisontaalne ribitoruökonomaiser:

1 — kandiliste malmribidega torud; *2* — ümmargune äärik; *3* — kandiline äärik; *4* — ühenduspoogen; *5* — vee sissevool ökonomaiserisse; *6* — toitetorustik; *7* — ökonomaiseri sõrestik; *8* — müüritis.



Joon. 173. Terasökonomaiser:
1 — alumine kollektor; *2* — ülemine kollektor; *3* — siugtorud; *4* — tugi; *5* — õhkjahutusega tala; *6* — tühjendamise tuts; *7* — müüritis.

üle keemistemperatuuri. Sel juhul vesi ökonomaiseris osaliselt aurustub ja katlasse juhitakse auru ja vee segu. Seega muutub ökonomaiser katla lahutamatuks osaks. Niisugust ökonomaiserit nimetatakse aurutusökonomaiseriks (joon. 173).

Viimane koosneb veekollektoritest *1* ja *2* ning 38—51 mm välisläbimõõduga terassiugtorudest *3*. Torud kas valtsitakse kollektorite seina või keevitatakse tutsidele, mis on omakorda keevitatud kollektori seina külge. Siugtorustik asetatakse gaasikäiku horisontaalselt ning kinnitatakse tugedele, mis toetatakse või riputatakse õõnsatele taladele. Viimaseid jahutatakse tavaliselt õhuga. Talade kaitsmiseks kõrge temperatuuri vastu kaetakse nad tork-reetmassiga.

Sõltuvalt ökonomaiseri kõrgusest jaotatakse ta pakettideks, mis paigaldatakse üksteisest teatud kaugusele. See hõlbustab ökonomaiseri remontimist, samuti tema puhastamist lendtuhast ning sadestustest.

Vee ülekuumenemise vältimiseks ökonomaiseris katla sissekütmise perioodil ühendatakse alumine kollektor retsirkulatsiooni-

toru abil katla ülemise trumli veeruumiga. See võimaldab katlaveel valguda trumlist ökonomaiserisse ning kuumal veel või veeaurusegul voolata ökonomaiserist katla trumlisse.

Retsirkulatsioonitorule asetatakse sulgventiil, mis katla normaalsel töötamisel on suletud.

Katlainspektsiooni eeskirjade kohaselt peab ökonomaiseril olema nii vee sisse- kui ka väljavoolul sulgventiil ja kaitseklapp, kusjuures kaitseklapp sissevoolul peab avanema 125%-se ja väljavoolul 110%-se katlarõhu juures.

Ökonomaiseri ülemises osas peavad olema õhukraanid. Vee sissevoolu poolele asetatakse tagasilöögiklapp ja manomeeter kolmekäigulise kraaniga. Termomeetrid asetatakse nii sisse- kui ka väljavoolu poolele. Ökonomaiseri alumises osas peab olema ventiil või kraan vee väljalaskmiseks. Katlal peab olema otsetoiteliin, mida kasutatakse katla sisse- või mahakütmisel ja ökonomaiseri avarii puhul.

Ökonomaiseri müüritis peab olema vähemalt 1,5 kivi paksune ja varustatud sõrestikuga. Gaasikäikudes ei tohi olla surnud ruume. Lendtuha kogumise ruumid peavad olema küllalt mahukad.

Ökonomaiseri toitmisel külma veega võib suitsugaasides leiduv veeaur ökonomaiseri sissevoolupoolel kondenseeruda, mis põhjustab torude roostetamist. Veeaur kondenseerub ainult nendel torudel, mille seina temperatuur on võrdne või madalam kastepunktist, s. o. temperatuurist, mille juures hakkab kondenseeruma suitsugaasides sisalduv veeaur. See temperatuur oleneb kütusest, liigõhutegurist ja aurühulgast, mis satub suitsugaasidesse (tahma puhumisel, torude lekkimisel jne.) (vt. tab. 31).

Tabel 31

Kütuse põlemisproduktide kastepunkti temperatuur liigõhuteguri praktilistes piirides

Kütuse liik	Kastepunkt °C
Puit niiskusega 50%	58
Puit niiskusega 25%	55
Turvas niiskusega 40%	63
Turvas niiskusega 25%	53
Põlevkivi	56
Kütteõli auruga pihustamisel	53
Kütteõli mehaanilisel pihustamisel	45

Vee temperatuur torudes erineb väga vähe torude seina temperatuurist tänu heale soojuse üleandmisele torudelt veele. Seepärast tuleb ökomaiseri higistamise vältimiseks vesi juhtida ökonomaiserisse temperatuuriga 5—10° üle kastepunkti.

Ökonomaiseri kasutamisega on võimalik tunduvalt tõsta katla kasutegurit ja saavutada kütuse säästu. Kui näiteks katel töötab

auruüle kuumendita ja ökonomaiserita rõhul 14 atü, kusjuures toitevee temperatuur on 40° C, siis vastavalt veeauru tabelile sisaldab 1 kg auru 15 ata juures 666,6 kcal soojust. Järelikult annab katel 1 kg aurule soojust 666,6 − 40 = 626,6 kcal. Kui niisugusele katlale üles seada ökonomaiser, mis tõstab toitevee temperatuuri 110°-ni, siis kulutab katel 1 kg vee muutmiseks auruks 666,6 − − 110 = 556,6 kcal soojust. Seega ökonomaiseri ülesseadmisega saavutatakse kütuse säästu

$$\frac{110-40}{626,6} \cdot 100 = 11,2\%$$

või sama kütusekulu puhul katel annaks auru rohkem

$$\frac{666,6-556,6}{556,6} \cdot 100 = 12,6\%.$$

Kütuse sääst või suurem auruhulk on saavutatud sel teel, et ökonomaiseri abil on alandatud korstnagaaside temperatuuri, s. t. on vähendatud soojuskadu korstnagaasidega.

IX. ÕHUEELSOOJENDI

53. ÕHUEELSOOJENDI EHITUS JA TÖÖTAMINE

Kuuma õhu juhtimine koldesse soodustab kütuse ettevalmistamist tema süttimiseks, tõstab kütusekihi ja kolderuumi temperatuuri ning seega põlemise kindlust, parandab põlemisprotsessi, mistõttu vähenevad kaod keemiliselt mittetäielikust põlemisest, vähendab vajalikku liigõhu hulka, tõstab katla küttepinna erikoormust ja vähendab soojuskadusid korstnagaasidega.

Mida suurem on kütuse niiskus, seda kõrgem peab olema õhu temperatuur. Õhu temperatuuri kõige kõrgem lubatav piir on määratud kolde töötamise tingimustega. Niisketele kütustele (puit, turvas, põlevkivi) juhitava kuuma õhu temperatuurid on järgmised: käsitsi teenindatavates kolletes 150° C, mehaanilistel treprestidel 150—200° C, kettrestidel 200—250° C. Šahtveskiga kolletes, mis töötavad freesturba või põlevkiviga, on kuuma õhu soovitavaks temperatuuriks 250—350° C.

Tolmukujulise kütuse põletamisel on kuuma õhu kasutamine vajalik hea põlemise saamiseks ja katla küttepindade koormuse suurendamiseks. Olenevalt katla tüübist tõuseb õhu temperatuur sel puhul 300—400° C-ni.

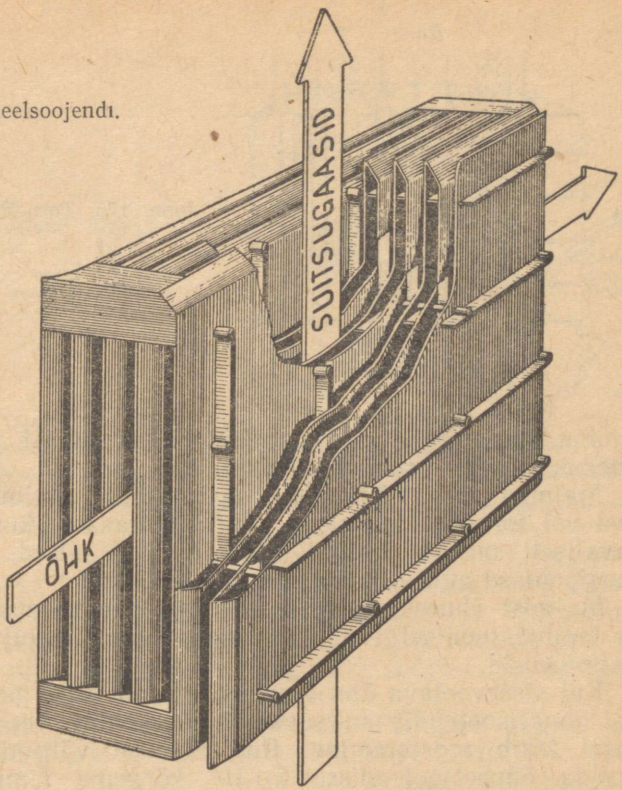
Kütteõli põletamisel saadakse häid tulemusi, kui õhu temperatuuri tõsta kuni 120° C-ni.

Õhku soojendatakse õhueelsoojendites (ehk õhu-ökonomaiserites) katlast lahkuvate gaasidega. Konstruktsioonilt jagunevad õhueelsoojendid p l a a t- ja t o r u-õ h u e e l s o o j e n d i t e k s. Materjaliks kasutatakse terast ja malmi. Terasest plaat-õhueelsoojendi on ehitatud umbes 2,5 mm paksusest plekist. Plekktahvlid ühendatakse peamiselt keevituse teel, kusjuures jäetakse eraldatud kanalid õhu ja gaaside läbivooluks. Tavaliselt voolab horisontaalkanalitest läbi õhk ja vertikaalkanalitest suitsugaasid (joon. 174). Õhukanalite laius on 13—24 mm, gaasikanalite laius 21—27 mm. Plaadid koondatakse kuubikujuliseks õhueelsoojendi elemendiks, mille küttepind on 140—360 m².

Plaat-õhueelsoojendi puuduseks on:

1) plaatide äärte keevisõmblused murduvad lahti, mistõttu

Joon. 174. Plaat-õhueelsoojendi.



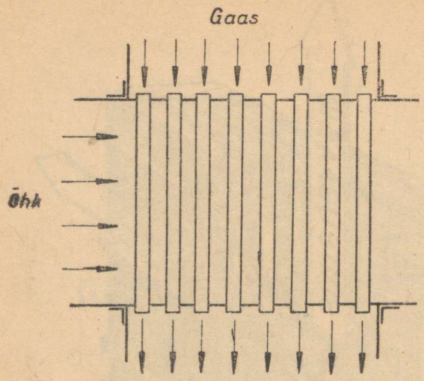
õhk seguneb suitsugaasidega. Selle tagajärjel suurenevad liig-õhutegur ja soojuskaod korstnagaasidega;

2) plaadid painduvad temperatuuri ja rõhu tagajärjel, mis põhjustab käikude takistuse suurenemist;

3) ligipääs tahmapuhumiseks on raskendatud, mistõttu soojuse üleandmine gaasidelt õhule väheneb kuni 30% ja suureneb soojuskadu korstnagaasidega.

Toru-õhueelsoojendi (joon. 175) koosneb torudest sisemise läbimõõduga 50—100 mm, mis on valtsitud torulaudadesse. Tavaliselt läbib torusid suitsugaas ja torude vahesid õhk. Gaaside liikumisel ülevalt alla väheneb oht õhueelsoojendi ummistumiseks lendtuhaga. Torud on külgedelt piiratud terasplekiga. Gaaside jaoks tehakse alati üks käik, õhu jaoks 2—3. Üks torulaud jäetakse kinnitamata, et anda torudele võimalus paisumiseks katla töötamisel. Tavaliselt on ülemine torulaud kinnitatud ja õhueelsoojendi ripub tema küljes; torud paisuvad ülevalt alla. Liikuva otsa tihendamiseks kasutatakse kompensaatoreid.

Toru-õhueelsoojenditel on rida paremusi: lihtne ja kiire valmis-



Joon. 175. Toru-õhueelsoojendi skeem.

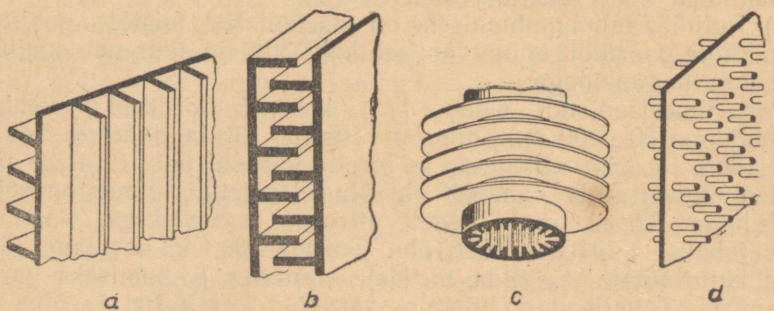
tamine, hea torude puhastamisvõimalus tuhast ja tahmast, hea tihedus ja parem soojuse üleandmine.

Malmist ribi-õhueelsoojendeid valmistatakse plaatidest või torudest, millel on ribid nii gaaside kui ka õhu poolel. Tavaliselt on õhupoolsed ribid horisontaalsed ja madalamad, gaasipoolsed aga vertikaalsed ja kõrgemad.

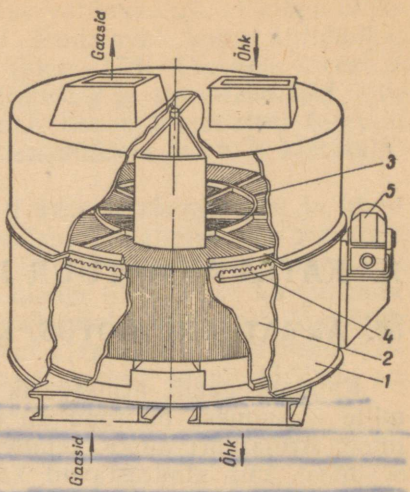
Malmist õhueelsoojendite küttepindade skemaatiline kujundus on toodud joonisel 176. Kasutatakse ka tilgakujulise ristlõikega malmtorusid.

Kui sissevoolava õhu temperatuur on liiga madal, kondenseerub õhueelsoojendis suitsugaasides sisalduv veeaur. Selle tagajärjel tekib roostetamine. Roostetamise vältimiseks tuleb õhk juhtida õhueelsoojendisse 5—10° kõrgema temperatuuriga kui kastepunkt. Õhu eelsoojendamine 12—14° võrra alandab suitsugaaside temperatuuri ca 10° võrra; 100°-ne õhu eelsoojendus tõstab katla kasutegurit 3—5%.

Põlevkiviküttel töötavatel katelseadmetel on osutunud otstar-



Joon. 176. Malm-õhueelsoojendi küttepindade kujundusi:
a — kahepoolsete ribidega plaadid; *b* — ühepoolsete ribidega plaadid; *c* — kahepoolsete ribidega torud; *d* — nõelplaadid.



Joon. 177. Regeneratiivne õhueelsoojendi:
1 — kere; *2* — rootor; *3* — rootori küttepinna elemendid; *4* — hammasvöö rootori käitamiseks; *5* — rootori ajam.

bekaks regeneratiivne õhueelsoojendi (joon. 177), kus soojus akumuleeritakse lainelistel plaatidel, mis moodustavad küttepinna. Õhueelsoojendi küttepind pöörleb gaasi- ja õhuvoolus. Sellega saavutatakse gaasivoolus soojuse üleandmine gaasilt küttepinnale ja viimase jõudmisel õhuvoolu soojuse üleandmine küttepinnalt õhule.

Rootor koosneb tavaliselt 12 sektorist. Plekkide paksus on 0,5 mm, rootori kõrgus 500—850 mm ja liikumise kiirus 3—5 pööret minutis. Rootor asetatakse terasplekist keresse, mis koosneb kahest osast. Ühest osast voolavad läbi suitsugaasid, mis kuumendavad pöörlevaid lehti, teisest osast voolab läbi ettesoojendatav õhk. Hoolimata tihenduse olemasolust esineb siiski õhu segunemist suitsugaasidega, mis tõuseb eriti katla väikesel koormusel ja ulatub kuni 15%-ni. See on tingitud kõrgemast rõhust õhukanalis ja tihendamise raskustest. Selle tagajärjeks on CO_2 vähenemine suitsugaasides 1—2% võrra ja halval tihendamisel isegi rohkem. Pöörlevad õhueelsoojendid on plaat-õhueelsoojenditest tunduvalt kompaktsemad. Nende soojuslik koormus ulatub kuni $150 \cdot 10^3$ kcal/m³ (plaat-õhueelsoojenditel $40—70 \cdot 10^3$ kcal/m³). Rootori käitamiseks vajalik võimsus on 0,4 kuni 2,5 kW.

Regeneratiivse õhueelsoojendi puhastamiseks lendtuhast kasutatakse tahmapuhureid.

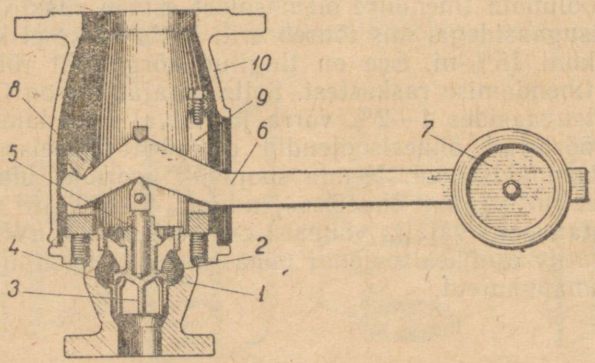
X. KATLA ARMATUUR JA GARNITUUR

54. ARMATUURI JAOTUS. KAITSEKLAPID

Katelagregaadi armatuuriks nimetatakse seadmeid ja riistu, mille ülesandeks on rõhu all olevate katelagregaadiosade juhtimine. Armatuuri hulka kuuluvad ka põhilised kontrollriistad ja seadmed, mis kindlustavad katla häireteta ja ohutut töötamist (manomeeter, veeseisunäitaja jne.) ning lihtsamad katla toitmise reguleerimise seadmed.

Katlainspektsiooni eeskirjade kohaselt peab iga aurukatel tingimata olema varustatud järgmise armatuuriga: 1) kaitseklappidega, 2) manomeetriga, 3) veeseisunäitajatega, 4) toiteliini sulgklapiga või -ventiiliga ja tagasilöögiklapiga, 5) auru sulgventiiliga, 6) väljalaskekraaniga või -ventiiliga.

Auru rõhu tõusmine katlas üle lubatava piiri võib põhjustada katla lõhkemist. Katla ohutu töötamise kindlustamiseks kasutatakse kaitseklappe, mis auru rõhu tõusmisel katlas üle lubatava piiri avanevad ja lasevad osa auru välja, mille tagajärjel rõhk



Joon. 178. Raskusega kaitseklapp:
1 — kere; *2* — taldrik; *3* — juhtribid; *4* — klapi iste; *5* — varras; *6* — hoob; *7* — raskus; *8* — prismakujuline tugi; *9* — juhtkahvel; *10* — kate.

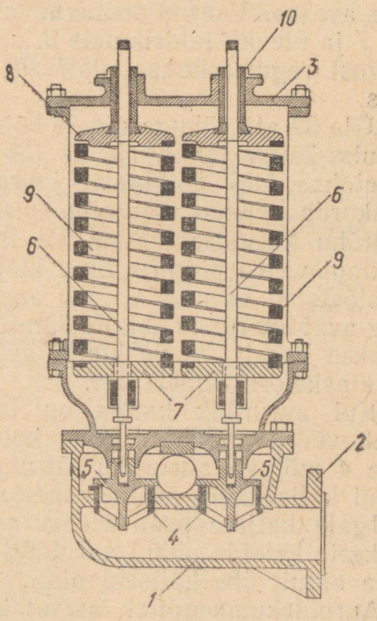
katlas langeb. Klapi mõõtmed ja tõus valitakse nii, et klapp oleks suuteline läbi laskma katla poolt toodetavat kogu auruhulka. Raskusega kaitseklapp (joon. 178) koosneb kerest *1* ja sellesse pressitud istmest *4*, taldrikust *2* ja surveseadmest. Viimane koosneb hoovast *6* raskusega *7*, hoova liikumatust toest *8*, juhtkahvlist *9* ja vardast *5* rõhu üleandmiseks hoovalt klapitaldrikule.

Töörõhuni kuni 25 atü (olenevalt auru temperatuurist ja klapi läbimõõdust) valmistatakse kaitseklapid malmist, kõrgematele rõhkudele aga terasest. Klapi-iste ja -taldrik tehakse pronksist või terasest. Nende pinnad peavad olema lihvitud, et kindlustada tihedust. Katlas olev aur rõhub alt klapitaldrikule, millele mõjub vastu hoovale kinnitatud raskus. Kui klapp on õigesti reguleeritud, siis katla normaalrõhu juures aurusurve klapitaldrikule on väiksem raskuse mõjust ja klapp on suletud.

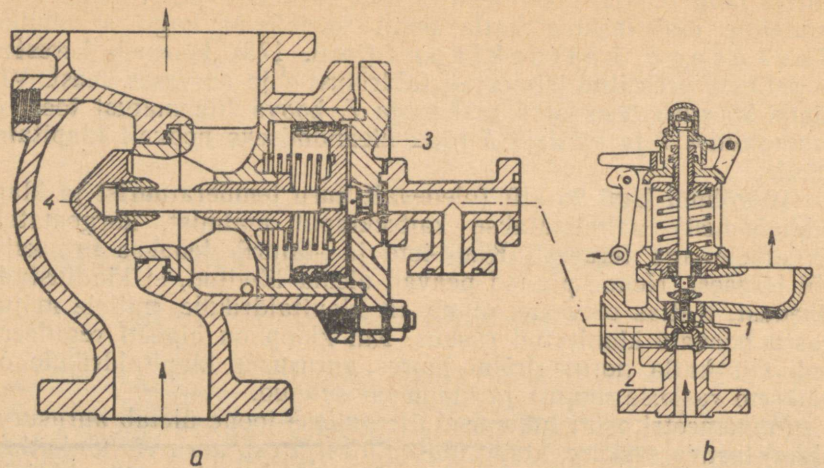
Manomeetri osuti liikumisel üle punase joone ületab aurusurve klapil lasuva raskuse, klapp tõuseb üles ja osa auru väljub katlast toru kaudu atmosfääri, tekitades müra, mis on signaaliks kütjale. Põletuste vältimiseks klapi avanemisel või selle töötamise kontrollimisel kaetakse klapp kattega *10*. Klapist peab olema võimalus kõrvaldada sinna kogunevat kondensaati.

Klapi tasakaalustusraskus ei tohi olla suurem kui 100 kg ja see peab olema hästi kinnitatud hoovale.

Vedru-kaitseklapis mõjub klapile ülalt vedru surve. Lihtne kaksik-vedrukaitseklapp (joon. 179) koosneb mõlemale kla-



Joon. 179. Vedru-kaitseklapp:
1 — kere; *2* — äärik; *3* — kaas; *4* — klapi iste; *5* — klapp; *6* — varras; *7* — alumine taldrik; *8* — ülemine taldrik; *9* — vedru; *10* — nippel.



Joon. 180. Impulss-kaitseklapp:
a — abiklapp; *b* — peaklapp. *1* — klapitaldrik; *2* — aurutoru; *3* — kolb; *4* — klapitaldrik.

pile ühisest kerest *1*, mis kinnitatakse ääriku *2* abil katlale või aurukogujale. Klapikarpi on pressitud istmed *4*, millel istuvad klapid *5*. Viimased surutakse istmetele vedrudega *9*. Vedru surve antakse klapile edasi varda *6* abil, mille alumine ots toetub klapikere avasse. Vedrud toetuvad all varrastele kinnitatud taldrikutele *7* ja üleval taldrikutele *8*, mis võivad liikuda vabalt; vedru pingust reguleeritakse nipli *10* keeramisega klapikarbi kaane *3* avas.

Üle 39 atü rõhuga uutele kateldele lubatakse üles seada ainult impulss-kaitseklappe (joon. 180), s. o. selliseid, kus põhiklapp tõstetakse üles abiklapist juurdevoolava auru mõjul. Abiklapp omakorda avaneb aururõhu tõusmisel katlas üle lubatava määra.

Rõhu tõusmisel katlas üle lubatava määra, ületab aurusurve abiklapi vedru pinguse ning klapitaldrik *1* tõstetakse pesalt üles. Ülestõstetud asendis voolab aur katlast toru *2* mööda peaklappi ning avaldab rõhku kolvile *3*, mille tagajärjel klapitaldrik 4 eemaldatakse pesalt — peaklapp avaneb ja aur voolab katlast läbi väljalasketoru atmosfääri.

Kui aururõhk katlas on langenud normaalväärtuseni, siis suleb vedru abiklapi. Rõhk kolvile *3* väheneb ning klapitaldrikule *4* mõjuva aururõhu tõttu peaklapp suletakse. Rõhud, mille puhul kaitseklapp peab avanema, on toodud tabelis 32.

Igale katlale peab olema asetatud vähemalt 2 kaitseklappi. Väikeste katelde puhul aurutootlikkusega kuni 100 kg/h võib piirduda ainult ühe kaitseklapiga.

Auruülekuumenditel asetatakse kaitseklapp ülekuumendatud

Tabel 32

Rõhud, mille puhul kaitseklapp peab astuma tegevusse

Töörõhk katla trumlis atü	Aururõhk trumlis, mille juures kaitseklapid peavad avanema	Klapi nimetus
Kuni 13	Töörõhk+0,2 at	Kontrollklapp
	„ +0,3 „	Tööklapp
Üle 13 kuni 39	1,03 töörõhku	Kontrollklapp
	1,05 „	Tööklapp
Üle 39	1,05 „	Kontrollklapp
	1,08 „	Tööklapp

auru poolele, ökonomaiseritel sisse- ja väljavoolu poolele. Igasuguste kaitseklappide, taldrikute läbimõõt kateldel töörõhuga kuni 40 atü ei tohi ületada 125 mm ega olla väiksem kui 25 mm, kateldel töörõhuga üle 40 atü aga mitte üle 125 mm ja mitte alla 15 mm. Ühele trumlile asetatud kaitseklapid peavad olema ühesuguse läbimõõduga.

Kontrollkaitseklapp peab olema lukustatud või plommitud.

Aurukatlad rõhuga alla 0,7 atü varustatakse kaitseklappide asemel torukaitseseadmega (purgimisseadmega).

Torukaitseseade peab tagama, et aururõhk katlas ei ületaks kõige kõrgemat lubatavat rõhku rohkem kui 0,1 atmosfääri võrra. Laialt on levinud ülemise paagiga torukaitseseadmed (joon. 181), mida pole pärast auru igakordset väljalöömist vaja veega täita. Paagi paigutuskõrgus H (meetrites) arvutatakse valemiga:

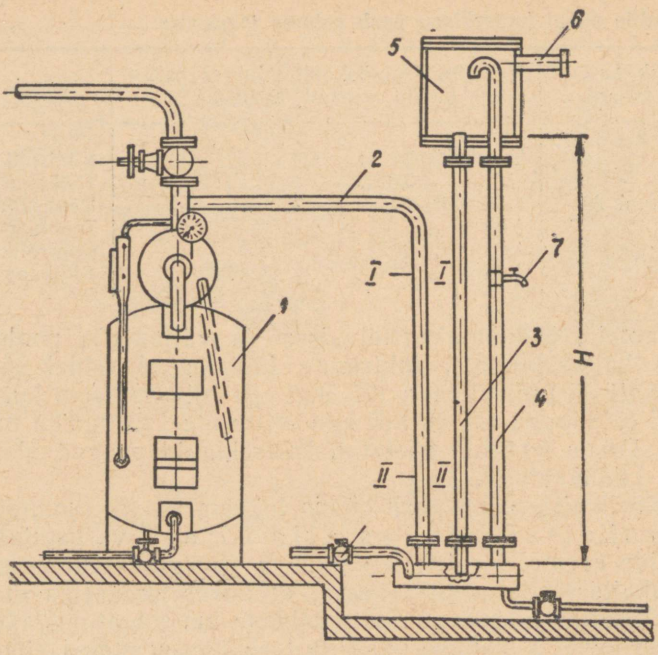
$$H = 10p + 1,$$

kus p on katla lubatav töörõhk atü.

Katla ja torukaitseseadme vahele ega väljalöögitorudele ei tohi asetada mingisugust sulgemisseadet. Juhul kui torukaitseseade asub väljaspool katlamaja, peab ta olema kaitstud temas oleva vee võimaliku külmumise eest.

Torukaitseseadme torude läbimõõt ei tohi olla väiksem järgnevas tabelis toodud väärtustest.

Katla soojusjõudlus kcal/h		Toru läbimõõt mm
alates	kuni	
—	15 000	25
15 000	40 000	38
40 000	80 000	50
80 000	150 000	65
150 000	240 000	76
240 000	450 000	100
450 000	800 000	125
800 000	1 300 000	150

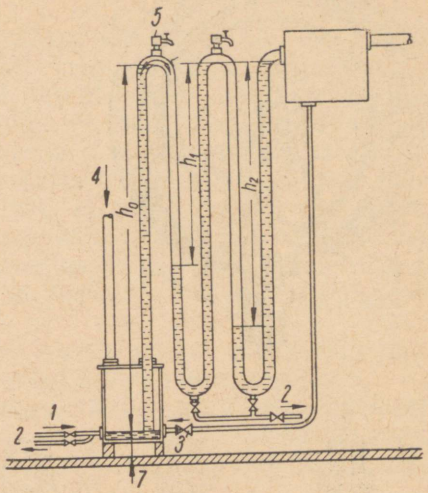


Joon. 181. Torukaitseseade:
1 — aurukatel; *2*, *3*, *4* — torud; *5* — paak; *6* — toru atmosfääri; *7* — proovikraan.

Torukaitseseade täidetakse veega proovikraani *7* kõrguseni. Katla töötamisel veetase torus *2*, mis on ühendatud katla aururuumiga, langeb aururõhu toimel tasemelt *I-I* tasemeni *II-II*, kusjuures kõrguste vahe vastab auru töörõhu poolele väärtusele. Aururõhu edasisel tõusmisel surutakse veesammas torus *2* veelgi madalamale, mistõttu veepind torudes *3* ja *4* tõuseb kõrgemale. Kui aururõhk katlas ületab 0,1 atmosfääri võrra lubatavat töörõhku, siis surutakse vesi torust *2* täielikult välja, toru *2* ots vabaneb ja aur paiskab torudes *3* ja *4* oleva vee paaki *5* ning väljub toru *4* ülemise otsa ja toru *6* kaudu atmosfääri. Seejärel rõhk katlas langeb ja vesi voolab paagist toru *3* kaudu torudesse *2* ja *4* tagasi.

Katlaruumi väikese kõrguse ning kõrge põhjavee puhul, mis takistab torukaitseseadme paigaldamist süvendisse, kasutatakse silmusekujulist seadet (joon. 182). Silmuste arv valitakse vastavalt katla töörõhule.

Silmusekujulise torukaitseseadme töötamispõhimõte seisab selles, et ühe silmusega seadmel tasakaalustatakse auru rõhk katlas esimese püsttoru veesambaga h_0 ning kolmanda ja viienda püst-



Joon. 182. Silmusekujuline torukaitseseade:
1 — veevõrgust; *2* — vee väljavool; *3* — tagasilöögiklapp; *4* — katla aururuumist; *5* — õhukraan.

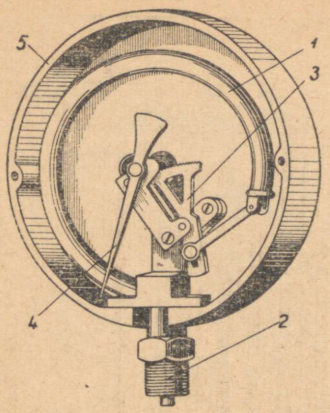
toru veesammastega, mille kõrgused on h_1 ja h_2. Silmusekujulise veeluku puuduseks on selle igakordne täitmise vajadus veega pärast veeluku töötamist. Õhu kogunemine silmusseadme ülemistes osades aeglustab seadme veega täitmist. Seepärast asetatakse silmuse ülemistesse paindekohtadesse kraanid õhu väljalaskmiseks.

55. MANOMEETRID

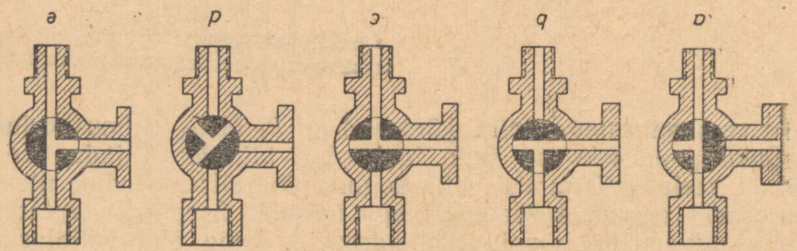
Manomeetreid kasutatakse kinnises ruumis asuva vedeliku või gaasi rõhu mõõtmiseks. Iga aurukatel peab olema varustatud korras manomeetriga, mis on ühenduses katla aururuumiga. Joonisel 183 on kujutatud toruvedruga manomeeter. Rõhule kuni 40 atü valmistatakse toru valgevasest, üle selle terasest. Manomeeter varustatakse numbrilauaga, kuhu on kantud jaotused ja arvud, mis näitavad rõhku kG/cm². Manomeetri ühendamiseks kasutatakse kolmekäigulist kraani (joon. 184), millel on kontrollmanomeetri jaoks kontrollläärik. Üle 39 atü rõhuga kateldel peab kolmekäigulise kraani asemel olema ventiil, mis võimaldab manomeetrit katlast eraldada, ühendada atmosfääriga ja ühendustoru läbi puhuda.

Manomeetril peab olema sifoontoru või mõni muu veelukuga seadeldis. Sifoontoru ühendatakse katla aururuumiga ja ta moodustab veeluku, mis ei lase auru tungida toruvedrusse.

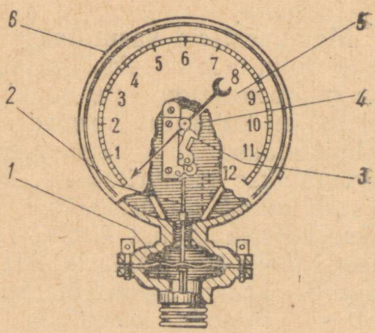
Peale toruvedruga manomeetrite kasutatakse veel membraaniga manomeetreid (joon. 185). Aururõhk mõjub siin lainelisele membraanile *1*, mis on tehtud õhukesest lehtterasest, ja painutab



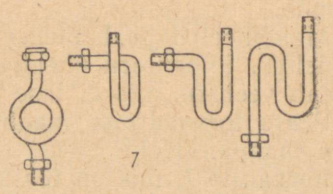
Joon. 183. Toruvedruga manomeeter:
1 — toruvedru; *2* — tuts; *3* — osuti liigutamismehhanism; *4* — osuti; *5* — manomeetri kest.



Joon. 184. Kolmekäigulise kraani asendid:
a — tööasend; *b* — manomeetri nullseisu kontrollimine; *c* — sifoontoru läbipuhumine; *d* — vee kogumine sifoontorusse; *e* — manomeetri kontrollimine kontrollmanomeetriga.



Joon. 185. Membraaniga manomeeter:
1 — membraan; *2* — varras; *3* — hammassektor; *4* — hammasratas osutiga; *5* — numbrilaud; *6* — manomeetri kest; *7* — sifoontorud.



selle ülespoole, pöörates hammassektorit *3* ja selle kaudu manomeetri osutit.

Manomeeter peab olema kontrollitud ja plommitud Mõõtude ja Mõõteriistade Komitee poolt, hästi valgustatud ja kütjale hästi nähtav tema töökohast. Kõrgetel kateldel võib manomeetri asetada alla. Seejuures tuleb arvestada, et vesi, mis asub ühendustorudes, annab manomeetrile lisarõhku 1 kG/cm² ühendustoru iga 10 m kõrguse kohta. Katla pikemaajalisel seismisel külmas ruumis tuleb vesi sifoontorust välja lasta ja manomeeter maha võtta, et vältida vee külmumist sifoontorus. Manomeetri jälgimise rõdust kuni 2 m kõrgusel asetseva manomeetri läbimõõt peab olema vähemalt 100 mm, kõrgusel 2—5 m vähemalt 200 mm ja kõrgusel üle 5 m vähemalt 250 mm.

Manomeetri skaala ulatus peab olema selline, et töörõhu juures tema osuti asuks skaala keskmise kolmandiku piirides.

Kuni 22 atü rõhul töötavatel aurukateldel, auruülekuumenditel ja ökonomaiseritel tuleb kasutada manomeetreid täpsusklassiga mitte alla 2,5; üle 22 atü rõhuga katelde manomeetrite täpsusklass ei tohi olla alla 1,5.

Manomeetri numbrilaud peab olema varustatud punase joonega, mis näitab kõrgeimat lubatavat rõhku katlas.

Numbrilaua punase joone asemel lubatakse manomeetri kere külge kinnitada (joota) punaseks värvitud metallplaadike, mis on skaala vastava jaotuse kohal surutud tihedalt vastu manomeetri klaasi.

Manomeetreid tuleb kontrollida koos plommimisega mitte harvem kui üks kord 12 kuu jooksul. Peale selle peab ettevõte vähemalt üks kord kuue kuu jooksul võrdlema töömanomeetrite näitusid kontrollmanomeetriga ja tulemused sisse kandma manomeetrite kontrollimise päevikusse. Kontrollmanomeetri puudumisel lubatakse manomeetri näitu võrrelda kontrollitud töömanomeetriga.

Manomeetrit pole lubatud kasutada, kui puudub plomm, kui on möödunud manomeetri kontrollimise tähtaeg, kui väljalülitatud manomeetri osuti ei lähe skaala nullpunkti tagasi, vaid jääb sellest eemale suuruse võrra, mis ületab poole antud manomeetrile lubatavast veast, kui klaas on purunenud või esinevad muud vigastused, mis võivad mõjutada manomeetri õiget näitamist.

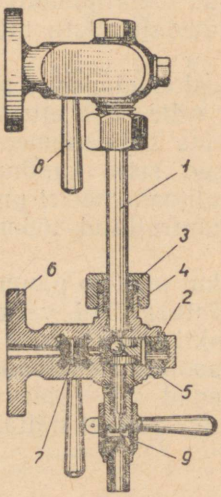
56. VEESEISUNÄITAJAD

Veeseisu kontrollimiseks katlas kasutatakse järgmisi veeseisunäitajaid: veeklaase, allatoodud veeseisunäitajaid, proovikraane ja veeseisusignalisaatoreid.

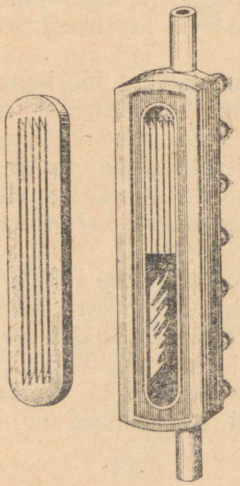
Iga aurukatel peab olema varustatud vähemalt kahe veeseisunäitajaga.

Veeklaasid töötavad ühendatud anumate põhimõttel, kus üheks anumaks on katlatrummel ja teiseks veeklaas, mis on ühendatud torude abil katla vee- ja aururuumiga. Klaas varustatakse vee- ja aurukraaniga, mille abil on võimalik klaasi eraldada katlast tema purunemisel ja vahetamisel. Veekraani juures asub ka väljalaskekraan klaasi läbipuhumiseks ja soojendamiseks. Kraanide keres on keermega kork toru puhastamiseks selle ummistumisel. Kered valmistatakse rõhkudele kuni 22 atü pronksist, üle selle aga terasest. Klaasid ise on kas ümmargused või lamedad. Ümmargused klaasid (joon. 186) purunevad kergemini ja võivad vigastada juuresolijat. Selle vältimiseks peavad klaasid olema kaitstud metallvõrguga või kattega. Veeseisu nähtavus on ümmargustes klaasides halb. Eriti raske on vahet teha täiesti tühja ja täiesti täis klaasi vahel. Lamedad klaasid (joon. 187) on selles suhtes märgatavalt paremad. Nad asetatakse metallraamidesse tihendite peale. Lamedad klaasid on ohutud, kuna nad purunemisel ainult pragunevad ega anna kilde. Tänu ribidele klaasi sisemisel küljel on veeseis hästi nähtav (vesi näib tumedana).

Veeseisunäitajatel peab katla lubatava madalama veeseisu kõrgusel olema metallnäitaja pealkirjaga «Madalaim seis». See



Joon. 186. Ümmargune veeklaas:
1 — klaas; *2* — kork; *3* — tihenduspuksi mutter; *4* — tihend; *5* — kuulklapp; *6* — äärik; *7* — veekraan; *8* — aurukraan; *9* — läbipuhumiskraan.



Joon. 187. Lame veeklaas.

nivoo peab asuma klaasi nähtavast alumisest äärest vähemalt 25 mm kõrgemal. Analoogiliselt peab katla kõrgema lubatud veeseisunäitaja asuma veeklaasi nähtavast ülemisest äärest vähemalt 25 mm madalamal.

Aurukateldel nimitootlikkusega 2 t/h ja enam peavad olema alumise ja ülemise veeseisu automaatsignalisaatorid.

Veeklaasi normaalsel töötamisel kõigub vesi kergelt klaasis tingituna vee voogamisest katlas. Sellele tuleb osutada erilist tähelepanu. Veekraani või tema kere ja katla veeruumi vahelise toru ummistumisel või kraani kinniolekul vesi klaasis ei liigu, vaid hakkab ainult pikkamööda tõusma, tingituna auru kondenseerumisest, mis aurukraani kaudu tungib klaasi. Aurukraani ummistumisel või tema kinniolekul täidab vesi kogu klaasi. Veeklaasi läbilaskmisel (auramisel) auru osas veeseis temas on kõrgem kui katlas, läbilaskmisel vee osas aga madalam kui katlas.

Veeklaasi normaalse töötamise kontrolliks tuleb seda läbi puhuda.

Kui klaasi läbipuhumisel selgub, et sellel kraan on ummistunud, tuleb enne puhastamisele asumist veenduda teise klaasi või proovikraanide korrasolekus. Edasi tuleb ummistunud klaas tööst välja lülitada, lahti keerata kork ummistunud kraani vastas, seista klaasist kõrvale, avada kraan ja vasktraadiga puhastada ummistunud ava. Peale ummistuse kõrvaldamist suletakse kraan ja keeratakse kork tagasi.

Enne klaasi töölerakendamist tuleb seda vähe soojendada, milleks avada läbipuhumiskraan ja seejärel pikkamööda aurukraan.

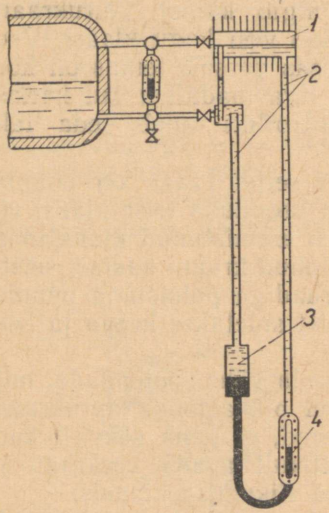
Kui klaas on selle määrani soojenenud, et tema seintelt kaovad viimased veetilgad, tuleb ettevaatlikult avada veekraan ja sulgeda läbipuhumiskraan, jälgides vee liikumist klaasis.

Kaasaegsetel keskmise ja suure võimsusega kateldel ei ole veeklaas kütja töökohalt hästi nähtav katla suure kõrguse, mitmesuguste vaadet takistavate rõdude jne. tõttu. Nendel juhtudel veeseisu jälgimise hõlbustamiseks seatakse üles allatoodud veeseisunäitajad, mille töötamise skeem on toodud joonisel 188. Aururuumi toruga on ühendatud anum *1*, mis kindlustab süsteemis püsiva veeseisu. Vesi asub anumas *1* auru-veetoru otsa kõrgusel. Liigne vesi voolab toru mööda veeklaasi. Mõlemad ühendustorud *2* ühendatakse all erilise armatuuri ja tavalise lameda klaasiga. Skeemil on see ühendus näidatud aasana, mis on täidetud veest raskema ja temaga mitte seguneva vedelikuga. Veeseisu langemisel katlas raske vedeliku nivoo klaasis langeb, tõusmisel tõuseb. Parema nähtavuse saamiseks värvitakse raske vedelik tavaliselt punaseks. Selline veeseisunäitaja on varustatud kahelt poolt lamedate, ribideta klaasidega, mida valgustatakse läbi elektrilambiga.

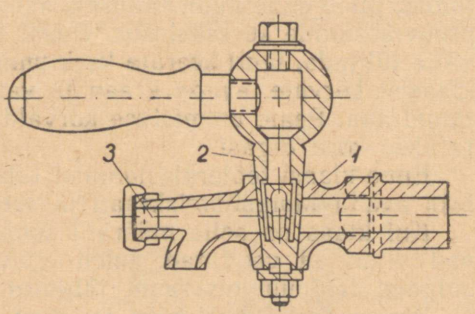
Peale veeklaaside seatakse üles väikese võimsusega kateldele veeseisu jälgimiseks proovikraanid, neist üks kõige madalama,

teine kõige kõrgema veeseisu kohale. Kraane proovitakse vähemalt 2 korda vahetuses. Et eraldada, kas kraanist väljub aur või vesi, asetatakse kraanist tuleva joa ette mingi metallplaat, kinnas või muud sarnast. Auru väljumise puhul ese jääb kuivaks, vee puhul märgub.

Olenevalt ülesandest ja ülesseadmise kohast valmistatakse kraanid malmist või vasest. Manomeetrite juures kasutatakse kolmekäigulisi kraane, proovikraanidena otsakraane ja veeseisunäitajate juures torustiku vahele asetatavaid läbivoolukraane.



Joon. 188. Allatoodud veeseisunäitaja töötamise skeem:
1 — kondensatsioonianum; *2* — ühendustorud; *3* — näitaja anum; *4* — allatoodud veeklaas.



Joon. 189. Proovikraan:
1 — kere; *2* — kork; *3* — puhastusava.

Joonisel 189 on kujutatud otsakraan, mida kasutatakse proovikraanina. Kraan koosneb kerest ja koonilisest korgist, mille tihenduspinnad on hoolikalt lihvitud. Korgis on läbivooluava. Alumine ots on varustatud keerme ja mutriga, mis takistavad korgi väljatulekut ning võimaldavad ta kindlat sissetõmbamist pessa. Kere esimeses otsas on suletud ava *3* kraani puhastamiseks tema ummistumisel. Kraan kinnitatakse katla külge keerme või äärikuga.

Kraanide puudusteks on mitteküllaldane tihedus, kiire kulumine ja lihvimise raskus.

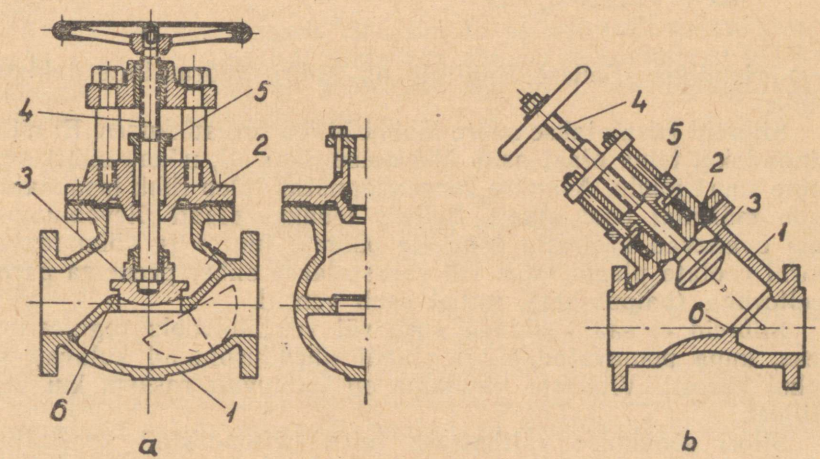
57. VENTIILID JA SIIBRID

Ventiile kasutatakse sulgemise või reguleerimise seadmetena vee, auru, õhu ja gaasi jaoks.

Ventiil (joon. 190) koosneb kerest *1* koos äärikutega, kaanest *2*, vaheseinast koos klapipesaga *6*, klapist *3*, mis on ühendatud spindliga *4*, ja käsirattast. Klapile *3* ja klapipessa *6* pressitakse pronksist või eriterasest tihendusrõngad. Käsiratta keeramisel ühele või teisele poole spindel koos klapiga tõuseb või langeb ja ventiil avaneb või sulgub.

Vesi või aur juhitakse ventiili tavaliselt klapi alt, mis kergendab tema avamist.

Ventiilil, mis on näidatud joonisel 168, *a*, on suur hüdrauliline takistus. Spindli asetamisel kaldu väheneb takistus tunduvalt (joon. 190, *b*).

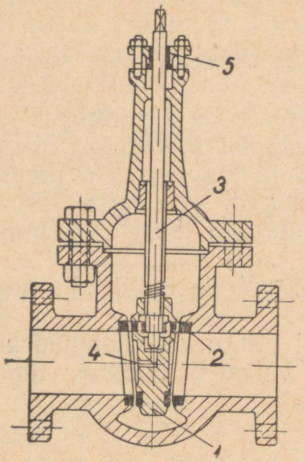


Joon. 190. Ventiilid:
a — normaalventiil; *b* — kaldventiil; *1* — kere; *2* — kaas; *3* — klapp; *4* — spindel; *5* — ühenduspuks; *6* — klapipesa.

Ventiilid avanevad ja sulguvad sujuvalt, on tihedad ja kindlad igasuguse rõhu ja temperatuuri juures, nende hooldamine ja remont on lihtne.

Ventiile avatakse ja suletakse käsiratta keeramise teel käega või väikese käepideme abil. Mingil juhul ei ole lubatud kasutada pikki käepidemeid, hoobasid jne. Täiesti avatud ventiili käsiratas tuleb keerata veidi tagasi, et hoiduda vigastumistest ventiili termilise paisumise tagajärjel.

Siibri (joon. 191) sirge läbimisava on suletav plaadiga, mis liigub risti läbimisavaga ja täielikul lahtiolekul ei vähenda



Joon. 191. Siiber:
1 — plaat; *2* — tihendusrõngas; *3* — spindel; *4* — ülevooluava; *5* — tihenduspuks.

ava ristlõiget. Sellest tingitult on siibri hüdrauliline takistus väike.

Siibreid kasutatakse suure läbimõõduga torustikkudes. Et siibri kinniolekul tema plaat asub ühepoolse rõhu all, nõuab siibri avamine suurt jõudu. Avamise kergendamiseks tuleb rõhk tasakaalustada mõlemal pool plaati. Selleks tehakse plaati ülevooluavad, mis avanevad käsiratta esimeste pöörete juures ja võimaldavad aurul voolata plaadi taha, või varustatakse siiber peenema paralleeltoruga (baipassiga), millel asub ventiil.

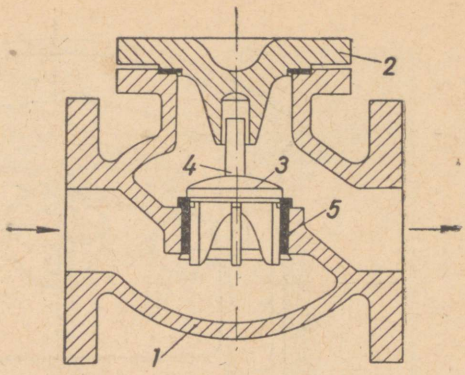
Siibreid ei saa kasutada auru või vee läbivoolu reguleerimiseks, kuna poolavatud siibri plaadi tihenduspinnad kuluvad sel juhul kiiresti. Viimaste lihvimine on tunduvalt raskem kui ventiilidel.

Siibri sööbimise vältimiseks tuleb perioodiliselt kontrollida nende avanemist. Avada tuleb neid aeglaselt ja kuni lõpuni, mille järel käsiratast pöörata veerand ringi võrra tagasi.

58. TAGASILÖÖGIKLAPP

Tagasilöögiklapp laseb vett läbi ainult ühes suunas. Vee liikumisel vastupidises suunas, näiteks pumba seismajäämisel või toiteliini lõhkemisel, ta sulgub automaatselt ja takistab seega vee väljavoolamist katlast. Tagasilöögiklapi ja katla vahele asetatakse ventiil, mis võimaldab tagasilöögiklappi vabastada katla rõhu alt tema korrastamiseks.

Tagasilöögiklapp (joon. 192) koosneb kerest *1* kinnise kaanega *2*, klapist *3* juhtvarda ja -ribidega *4*. Vesi voolab sisse klapi alt. Klapp on üles tõstetud ainult veeandmise ajal. Katla toitmisel



Joon. 192. Tagasilöögiklapp:
1 — kere; *2* — juhtavaga kaas; *3* — klapp; *4* — klapi juhtvarras; *5* — klapipesa.

kolbpumbaga on klapp üles tõstetud ainult survetakti ajal. Pumba kolvi tagasiliikumisel langeb klapp oma pesale ja suleb vee tagasivoolu.

Tagasilöögiklapp laseb läbi, kui ta on osaliselt ummistunud, kui ta asub viltu tingitult juhtvarda või ribide kulumisest või kui tema tihenduspinnad on sööbinud. Sel juhul toitetorustik katla toitmise vaheaegadel kuumeneb.

59. KATLA GARNITUUR

Garnituuri moodustavad seadmed, mis võimaldavad katla gaasikäikude ja nendes asuvate osade seisukorra kontrollimist ja töötamise reguleerimist.

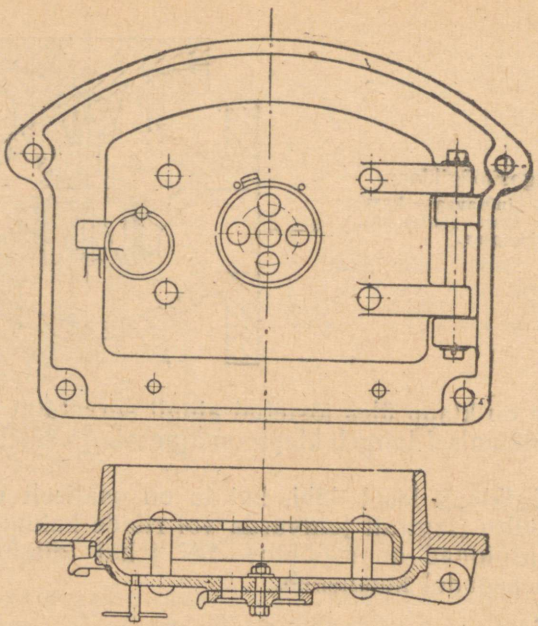
Katla kohustusliku garnituuri hulka kuuluvad malmraamiga koldeuksed mõõtmetega 400—450 mm, mis asuvad müüritises ja on vajalikud kolde, suitsukäikude ning nendes asuvate osade puhastamiseks ja nende töötamise jälgimiseks (joon. 193). Koldeuksed tuleb varustada lingiga, et vältida ukse võimalikku lahtipaiskumist.

Peale luukide peab müüritises olema veel väiksemamõõdulisi vaateavasid (joon. 194), mille kaudu on võimalik jälgida katla- ja koldeosade seisukorda katla töötamisel, sisse asetada kontrollmõõteriistu ja puhuda perioodiliselt tahma käsipuhuri abil.

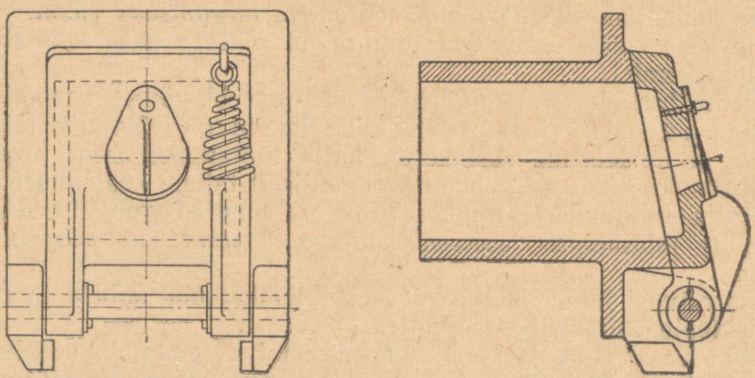
Katla eraldamiseks tõmbeseadmetest, tõmbe reguleerimiseks ja gaaside juhtimiseks suitsukäikudesse kasutatakse pööratavaid klappe.

Garnituuri hulka kuuluvad veel suitsukäikude siibrid ja plahvatusklapid suitsukäikude seintes.

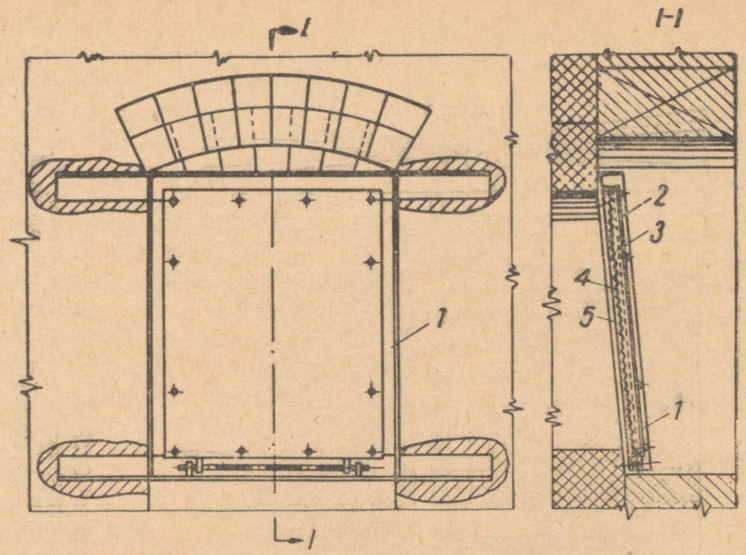
Plahvatusklapid asetatakse tolm-, gaas- ja vedelkütusega töötavate katelde, samuti turba, saepuru, laastude või muude peente puidujäätmete põletamiseks šahtkoldega katelde kolletele ning gaasikäikudele ja nende ülesandeks on katlaosade vigastuste vältimine võimalikel gaasiplahvatustel.



Joon. 193. Koldeuks.



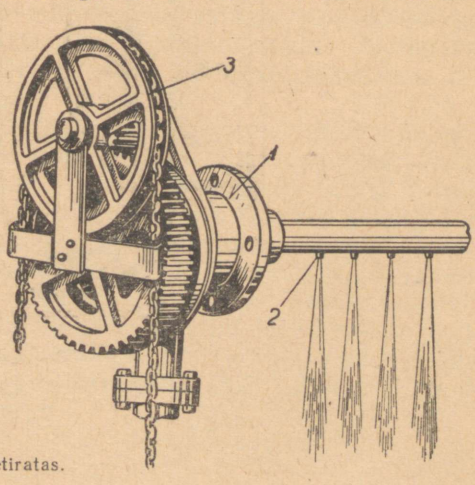
Joon. 194. Vaateluuk.



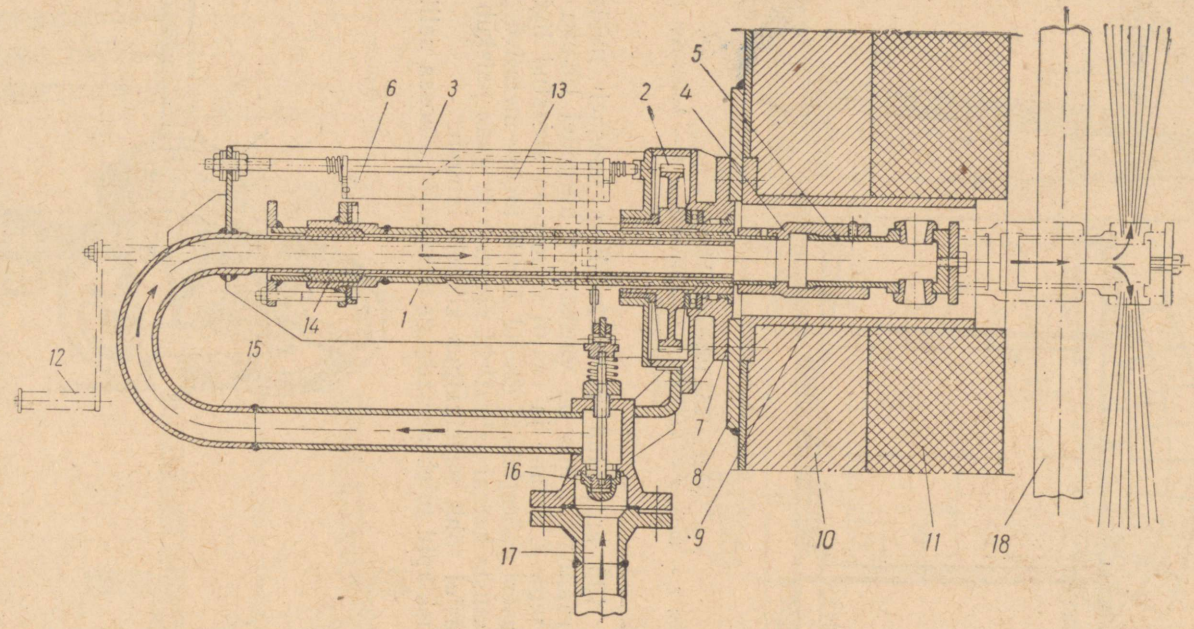
Joon. 195. Plahvatusklapp:
1 — raam; *2* — kaas; *3* — asbestleht; *4* — metallvõrk; *5* — šamottsavi ja asbesti segu.

Joonisel 195 kujutatud plahvatusklapp koosneb müüritisele kinnitatud raamist *1*, mis on varustatud hingedel liikuva terasplekist kaanega *2*. Kaane ja raami vahele on asetatud ligikaudu 3 mm paksusest asbestlehest tihend *3*, mis toetub metallvõrgule *4*. Gaasiplahvatuste korral asbestleht puruneb ja gaas paiskub välja, mille tagajärjel rõhk gaasikäigus kiiresti langeb.

Plahvatusklapid tuleb asetada gaasikäikude ülaossa sellistesse



Joon. 196. Tahmpuhur:
1 — puhuri pea; *2* — aurudüüs; *3* — ketiratas.



Joon. 197. Väljatõmmatav tahmapuhur ОПР-5:

1 — spindel; *2* — hammasratas; *3* — juhtraud; *4* — muhv; *5* — puhuri pea düüsidega; *6* — käigu signalisaator; *7* — reduktori kere; *8* — äärik; *9* — puks; *10, 11* — müüritis; *12* — käsiajam; *13* — elektriline ajam; *14* — spindli tihenduspuks; *15* — auru-toru; *16* — sulgklapp; *17* — auru juurdevool; *18* — ekraanitoru.

kohtadesse, et väljapaiskuvad kuumad gaasid ei ohustaks teenindavat personali. Kui selline asetus pole võimalik, tuleb klapid varustada ärajuhtimistorudega.

Kateldel aurutootlikkusega 10—60 t/h tuleb kolde ülaossa asetada plahvatusklapid summaarse ristlõikega 0,2 m². Katla viimasele gaasikäigule või ökonomaiseri gaasikäigule, tuhapüüdja gaasikäigule, tõmbeventilaatori eelsele gaasikäigule ja tõmbeventilaatori ning korstna vahelisele gaasikäigule tuleb asetada vähemalt kaks plahvatusklappi üldpinnaga mitte alla 0,4 m²; korstnaeelse gaasikäigu klappide üldpind peab olema vähemalt 0,5 m².

Töötava katla küttepindu, nagu katlatorusid, ülekuumendit, ökonomaiserit ja õhueelsoojendit puhastatakse tahmast ning lendtuhast tahmapuhuritega.

Tahmapuhurid töötavad kas auru või suruõhuga. Ekraanide ja esimeses gaasikäigus asuvate katlatorude puhumiseks on soovitatav kasutada küllastunud auru, kuna viimase jahutava toime ja suurema tiheduse tõttu saavutatakse küttepindadele korjunud sadestiste parem eemaldamine. Tagumistes gaasikäikudes ja järelküttepindadel võib kasutada ainult ülekuumendatud auru, et küttepinnad ei niiskuks ja et neile ei kleepuks lendtuhka ega -tahma.

Kasutatava suruõhu rõhk on harilikult 5—7 atü (kuni 10 atü), milleks on tarvilik eri kompressorseade.

Viimasel ajal on tahmapuhumiseks hakatud kasutama ka vett (ekraanitorude ja festoonide ülepuhumiseks) vee ja auru või vee ja õhu seguna.

Väikeste katelde juures kasutatakse küttepindade ülepuhumiseks kantavaid käsipuhureid. Viimane kujutab endast sirge või painutatud otsaga terastoru läbimõõduga 25—38 mm. Kitseneva toruotsa läbimõõt on 12—20 mm. Tavaliselt varustatakse toru ots laieneva düüsiga. Kantav toru on ühendatud painduva vooliku abil suruõhu- või aurutoruga. Tahmapuhur asetatakse gaasikäiku kas läbi vaateavade või vastavate tahmapuhumisluukide. Nimetatud viisi puuduseks on suur väärõhu sissepääs gaasikäikudesse, mis halvendab katla tõmmet.

Keskmise ja suure võimsusega katelagregaatide juures kasutatakse statsionaarseid, katlale monteeritud tahmapuhureid. Joonisel 196 kujutatud tahmapuhur koosneb pöörlevast torust pea ja düüsidega, mille kaudu voolab aur. Toru pööratakse ketiratta ja keti abil. Kõrge temperatuuriga suitsukäikudes, samuti koldeekraanide ülepuhumiseks kasutatakse väljatõmmatavaid tahmapuhureid (joon. 197). Mittetöötavas olukorras asetsevad need tahmapuhurid ambrasuurides, mis on kaitstud leegi vahetu mõju eest ja ainult puhumise ajaks viiakse nad suitsukäiku või koldesse. Tahmapuhur käitatakse elektriajami abil. Lisaks sellele on nad varustatud veel käsiajamiga.

XI. KATLAEHITUSE MATERJALID

60. METALLID

Katelde ehitamiseks, montaažiks ja remontimiseks kasutatakse mitmesuguseid metalle, mis peavad vastama kehtivate standardite ja katlajärelevalve eeskirjade nõuetele.

Metalli kvaliteet ja põhiomadused peavad olema näidatud valmistaja-tehase sertifikaadis või passis. Kui metalli kohta sertifikaat puudub, võib seda metalli kasutada ainult pärast laboratoorset kontrollimist.

Metallid jaotatakse mustadeks ja värvilisteks.

Mustade metallide hulka kuuluvad malm ja teras, värviliste hulka — vask, alumiinium, tina, plii, nikkel ja nende sulamid.

Enamik metalle esineb looduses maakidena, s. o. hapniku ja teiste elementide ühenditena.

Selleks et otsustada, kas metalli saab antud otstarbeks kasutada, peab teadma ta omadusi. Viimased võib jaotada nelja gruppi: 1) füüsikalised omadused; 2) keemilised omadused; 3) mehaanilised omadused; 4) tehnoloogilised omadused.

Metallide füüsikalistest omadustest on tähtsamad järgmised.

Erikaal. Metallide ja nende sulamite erikaal kõigub piirides 1740 kuni 19320 kG/m³. Kõige kergemad metallid on alumiinium ja magneesium.

Sulamistemperatuur. Plii sulab temperatuuril 232° C, volframi sulamistemperatuur on aga 3390° C. Teiste elementide sisseviimisel langeb metallide sulamistemperatuur tunduvalt. Puhas raud sulab näiteks temperatuuril 1539° C, raua sulam 4,3% süsinikuga (malm) aga temperatuuril 1130° C.

Soojuspaisumine on metallidel samuti erinev: tsingil, tinal, alumiiniumil ja pliil suurem, raual — väiksem. Soojuspaisumist iseloomustab joonpaisumistegur.

Elektrijuhtivus on suurem vasel ja alumiiniumil.

Mõned metallid on magnetilised (raud, nikkel). Kuumutamisel teatud temperatuurini metallide magnetilised omadused kaovad, raual näiteks 768° C, niklil 350° C juures.

Erinevalt füüsikalistest omadustest avalduvad keemilised omadused nähtustes, mille juures muutub metallide keemiline koostis (korrosioon, ärapõlemine jne.).

Omadusi, mis iseloomustavad metalli võimet vastu panna välisjõudude mõjule (koormustele), nimetatakse mehaanilisteks omadusteks. Viimastest kõige määravam on tugevus. Tugevuseks nimetatakse metalli võimet taluda väliseid koormusi ilma purunemata. Tugevust iseloomustavad järgmised näitajad.

Tugevuspiiriks nimetatakse pinget, mis vastab suurimale koormusele, s. o. koormusele, mille juures proovikeha puruneb.

Proportsionaalsuspiiriks nimetatakse maksimaalset pinget, milleni proovikeha deformeerumine on võrdeline rakendatud koormusega.

Elastsuspiiriks nimetatakse pinget, mis vastab plastilise deformatsiooni esimeste tunnuste ilmnemisele.

Voolavuspiiriks nimetatakse minimaalset pinget, mille juures proovikeha deformeerub ilma koormust suurendamata.

Suhteliseks pikenemiseks (lühenemiseks) nimetatakse proovikeha lõpliku (pärast purunemist) ja algpikkuse suhet.

Suhteliseks ahenemiseks nimetatakse proovikeha kaela ristlõikepinna (kõige rohkem ahenenud kohas pärast katkemist) ja esialgse ristlõikepinna suhet.

Elastsuseks nimetatakse metalli võimet muuta oma kuju välise koormuse mõjul ja taastada oma esialgne kuju pärast koormuse mõju lakkamist.

Plastilisuseks nimetatakse metalli omadust muuta koormuse mõjul oma kuju ilma seejuures purunemata.

Löögitugevus iseloomustab materjali omadust taluda löökkoormust. Löögitugevus määratakse spetsiaalse pendelmasinaga (raske pendel lastakse kukkuda proovikehale, mis lamab vabalt masina kahel toel) ning seda väljendab proovikeha purustamiseks kuluv töö.

Metalli kõvaduseks nimetatakse materjali vastupanuvõimet kohalikele pinnamõjutustele. Metalli kõvadust määratakse:

1) teraskuuli surumisega metalli pinda. See proov tehakse spetsiaalmasinal ja kannab Brinelli proovi nimetust;

2) teemantkoonuse või kindla kõvadusega teraskuuli surumisega metalli pinda. See proov tehakse samuti spetsiaalmasinal ja kannab Rockwelli proovi nimetust.

Paljukordse vahelduva koormuse mõjul võivad nii konstruktsioon kui ka selle üksikdetailid puruneda. Seda nähtust nimetatakse metalli väsimuseks. Väsimusproove tehakse spetsiaalmasinatel, mis tekitavad vahelduvat painde-, väände- või löökkoormust.

Pikemat aega kõrgel temperatuuril töötavas metallis tekivad plastilised deformatsioonid, mis suurenevad aegamööda isegi väi-

kestel koormustel. Seda nähtust nimetatakse metalli roomavuseks.

Metalli tehnoloogilised omadused määratakse tehnoloogiliste proovidega.

Põhilisteks standardseteks tehnoloogilisteks proovideks on: 1) painutamine külmas ja kuumas olekus, 2) väljapressimine, 3) karastatavuse proov, 4) keevitatavuse proov, 5) kahanemise määramine jahtumisel.

Metalli kvaliteet määratakse metallograafiliste uurimiste või keemilise analüüsiga.

Metallograafilised uurimised viiakse läbi mikroskoobiga, millega võib näha metalli kristalset struktuuri. Kindlakujulised valged terad kujutavad endast peaaegu puhast rauda, kuna tumedad terad, mis asuvad valgete terade piiril, süsinikku. Kui mustad süsinikuterad asetsevad ebaühtlaselt, on selle põhjuseks katla kauaaegne töötamine või kõrvaliste lisandite olemasolu metallis.

Metalli sisemiste defektide avastamiseks kasutatakse käesoleval ajal spetsiaalriistu, näiteks gamma-defektoskoopi, kus gammakiirte allikaks on radioaktiivne koobalt.

Katlaehituse süsinikterased. Vastavalt tootmisele eristatakse bessemeri-, toomas- või martäänteraseid. Bessemeri- ja toomasteraste koosseisus on kõrgendatud kogus mittemetalseid ja kahjulikke lisandeid ning gaase.

Martäänteras on tunduvalt puhtam ja seepärast võib teda kasutada vastutusrikastes detailides.

Käesoleval ajal kasutatakse aurukatelde ja -torustike valmistamiseks eranditult martäänterast, kuna katlametallid töötavad rasketes tingimustes. Aurukatelde, ülekuumendite ja ökonomaiserite üksikud elemendid on pidevalt kõrge temperatuuri ja rõhu ning veeauru ja suitsugaaside kahjuliku keemilise mõju all. Seepärast esitatakse aurukatelde valmistamise või remontimise materjalidele kõrgeid nõudmisi.

Terasest veekatelde ja aurukatelde (kuni 0,7 at) ehitamiseks võib kasutada terast, mis vastab ГОСТ 380-60.

Vajaduse korral (poordide ja põhjade painutamiseks) kuumutatakse katlaterast kuni 1000° C.

Aurukateldes kasutatakse tõmmatud terastorusid vastavalt ГОСТ 8731-58 ja 8733-58 nõuetele.

Aurukatelde mitmesugused rõhu all töötavad fassongosad, mis valmistatakse terasvalust ja süsinikterasest, peavad rahuldama ГОСТ 977-58 nõudeid. Detailideks, mida ei keevitata või mille defektseid kohti ei keevitata täis, lubatakse kasutada teraseid 15, 25 ja 35.

Väiksemad sepistatud või pressitud detailid [luugid, pääsuluugid jne. (ГОСТ 7223-54)] tuleb valmistada süsiniklehtterasest (ГОСТ 5520-62).

Suuri sepistatud osi (ГОСТ 8479-57) lubatakse valmistada süsinikterastest 15, 20 ja 25.

Poltide, tikkpoltide ja mutrite valmistamiseks kasutatakse kvaliteetseid süsinikteraseid 25, 30, 35 ja 40 (ГОСТ 1050-60). Lubatakse kasutada ka marke Ст. 4 ja Ст. 5 (ГОСТ 380-60).

Keerme sööbimise vähendamiseks soovitatakse mutreid ja tikkpolte valmistada erinevat marki terastest, ühe margi puhul aga erinevate mehaaniliste omadustega terastest.

Needid valmistatakse terastest Ст. 2 ja Ст. 3 ГОСТ 380-60 grupi A järgi või neetimismaterjalist (ГОСТ 499-61), kusjuures väävli ja fosfori sisaldus ei tohi ületada 0,05%.

Side- ja ankrupoldid (ГОСТ 536-53) valmistatakse terastest Ст. 1, Ст. 2 ja Ст. 3 ГОСТ 380-60 grupi A järgi.

Vastutusrikastes konstruktsioonides, s. o. kõrgetel rõhkudel ja temperatuuridel, kasutatakse katlaehituses sageli legeeritud terast. Põhiliste katlaehitusteraste omadused on toodud tabelites 33 ja 34.

Malmi kasutatakse laialdaselt mitmesuguste detailide valamiseks. Tehakse vahet valge-, hall- ja tempermalmi vahel.

Valgemalm on väga tugev, kuid habras sulam. Seepärast teda ei kasutata otseselt, vaid terase ja valumalmi tootmiseks.

Hallmalmis esineb süsinik osaliselt või täielikult grafiidina. Selle olemasolu annab murdepinnale tumehalli värvuse, millest on tingitud malmi nimetus. Mida rohkem on malmis süsinikku, seda madalam on malmi mehaaniline tugevus. Hallmalmis on süsinikku 2,8—4%, sellest vaba grafiidina 2—3%.

Hallmalm jaguneb tugevuse poolest kolme gruppi:

1) vähese tugevusega (8—12 kG/mm²) — kasutatakse mittevastutusrikasteks detailideks.

2) kõrgendatud tugevusega (10—15 kG/mm²), töötab hästi kulumisele — valmistatakse hammasrattaid, võlle jms.

3) kõrge tugevusega (15—26 kG/mm²), kulumiskindel — kasutatakse vastutusrikasteks detailideks.

Hallmalmist valmistatakse veekatlaid, ökonomaisereid, kolde garnituuri (rest, uksed, esiplaat) jms.

Hallmalmi märgitakse järgmiselt: tähed «СЧ» tähendavad hallmalmi. Kui malmi märgitakse näiteks СЧ 15-32, siis tähendavad esimesed kaks numbrit tõmbetugevust ja teised paindetugevust.

Tempermalmi saadakse valgemalmist, lõõmutades seda temperatuuril 900—950° C 5—7 ööpäeva. Selline malm on tugev (35—38 kG/mm²) ja plastiline (suhteline pikenemine 10—18%). Kasutatakse kaitse- ja toiteklappide, auruventiilide ja siibrite valmistamiseks. Malm tugevusega 30—50 kG/mm² ja suhtelise pikenemisega 2—5% on kulumiskindel ning leiab kasutamist laagrites. Tempermalmi markeeritakse tähtedega КЧ, millele järgneb kaks arvu, üks tähendab tõmbetugevust, teine suhtelist pikenemist protsentides.

Tabel 33

Põhiliste katlaehitusteraste keemiline koostis

Terase mark	Elementide sisaldus %-des								
	C	Mn	Si	Mo	Cr	Ni	Muud	S kuni	P kuni
МСт. 3	0,14—0,22	0,4 —0,65	0,12—0,3	—	0,3	0,3	Cu 0,3	0,045	0,045
15K	0,12—0,20	0,35—0,65	0,15—0,3	—	0,3	0,3	Cu 0,3	0,04	0,04
20K	0,16—0,24	0,35—0,65	0,15—0,3	—	0,3	0,3	Cu 0,3	0,04	0,04
25K	0,20—0,28	0,5 —0,8	0,15—0,3	—	0,3	0,3	Cu 0,3	0,04	0,04
10	0,08—0,15	0,35—0,65	0,15—0,3	—	0,15	0,3	Cu 0,25	0,045	0,045
20	0,17—0,25	0,35—0,65	0,17—0,37	—	0,3	0,3	Cu 0,25	0,045	0,045
16M	0,12—0,20	0,4 —0,7	0,15—0,3	0,4 —0,6	0,3	0,35	Cu 0,25	0,04	0,04
12MX	0,09—0,16	0,4 —0,7	0,15—0,3	0,4 —0,6	0,4 —0,6	0,3	Cu 0,25	0,04	0,04
15XM	0,09—0,16	0,4 —0,7	0,17—0,37	0,4 —0,6	0,8 —1,1	0,3	Cu 0,25	0,04	0,04
30XMA	0,25—0,33	0,4 —0,7	0,17—0,37	0,15—0,25	0,8 —1,1	0,4	Cu 0,25	0,03	0,035
25X2MФA	0,22—0,29	0,4 —0,7	0,17—0,37	0,2—0,3	1,5 —1,8	0,4	Cu 0,25	0,03	0,035
38XMIOA	0,35—0,42	0,3 —0,6	0,17—0,37	0,15—0,25	1,35—1,65	0,4	Cu 0,25	0,03	0,035
38XA	0,34—0,42	0,5 —0,8	0,17—0,37	—	0,8 —1,1	0,4	Cu 0,25	0,03	0,035
1X18H9T	0,12	1,5	1	—	17—20	9—11	—	0,03	0,035

Tabel 34

Põhiliste katlaehitusteraste mehaanilised omadused

Terase mark	Tõmbetugevus kG/mm²	Voolavuspiir kG/mm²	Suhteline pikenemine δ10%, mitte alla	Löögitugevus kGm/cm²	Kasutusala
МСт. 3	38—47	24	23—21	—	Lehed, valandid
15K	36—44	23	24—21	8—7	„ „
20K	41—50	25	22—19	7—6	„ „
25K	45—55	27	20—18	6	„ „
10	34	—	20	—	Torud
20	41	20,5	17—23	5	Torud, lehed
16M	40—55	20—27,5	18 (torud)	7	„ „
12MX	42—57	0,5	18 (torud)	7	„ „
15XM	44—60	0,5	18	6	„ „
30XMA	95	75	—	9	Tikkpoldid, poldid, mutrid
25X2MΦA	90—130	85—125	—	8—13	Tikkpoldid, poldid, mutrid valandid
1X18H9T	50—60	—	35 (torud)	15	Torud, lehed, valandid

Värvilised metallid. Armatuuri valmistamiseks ja remontimiseks kasutatakse vase, plii, tsingi, tina ja mõnede teiste värviliste metallide sulameid.

Pronks — vase, plii, tsingi ja tina sulam vastavalt ГОСТ 5017-49 nõuetele. Mida rohkem on pronksis pliid, seda madalam on ta sulamistemperatuur. Pliirikas pronks sulab temperatuuril 720—980° C.

Pronksi kasutatakse auru- ja veearmatuuri ning laagrite valmistamiseks. Rohkem kasutatakse pliirikast pronksi mark Бр. ОЦС 6-63, mis sisaldab 5—7% pliid, 5—7% tsinki ja 2—4% tina (ülejäänu on vask) ning pronksi Бр. ОФ 10-1, mis sisaldab 9—11% pliid ja 0,6—1% fosforit. Esimesena nimetatud pronksi kasutatakse armatuuriks, teist laagriteks.

Valgevask ehk messing on vase, tsingi ja tina sulam (ГОСТ 1019-47). Kasutatakse rea väiksemate detailide valmistamiseks. Valgevaske Л68 ja Л62, mis sisaldab 30—40% tsinki, kasutatakse armatuuri rõngaste, soojusvahendajate torude jms. valmistamiseks.

Valgevasest ЛС59-1, mis sisaldab 38—42% tsinki ja 0,8—1,9% tina, valmistatakse hülsse, mutreid, kraane jms.

Jootematerjal ehk joodis koosneb vasest, tsingist, pliist ja tinast. Selline materjal sulab hästi kokku detaili metalliga ja annab tugeva ja tiheda liite. Jootematerjali sulamistemperatuur on liidetavate detailide metallide sulamistemperatuurist alati madalam.

Jootematerjalid jagunevad pehmeteks ja kõvadeks. Pehmejoodist kasutatakse liugelaagrite katmiseks. Joodise koostis ГОСТ 1499—54 järgi on toodud alljärgnevas tabelis.

Tabel 35

Pehmejoodiste koostis

Joodise mark	Koostis %					
	Tina	Antimon	Plii	Lisandid		
				Vask	Vismut	Arseen
				mitte üle		
ПОС-40	39—41	1,5—2,0	ülejäänu	0,10	0,1	0,05
ПОС-30	29—30	1,5—2,0	—„—	0,15	0,1	0,05
ПОС-18	17—18	2,0—2,5	—„—	0,15	0,1	0,05
ПОС-4-6	3— 4	5—6	—„—	0,15	0,1	0,05

Märkus. Sõna ПОС on venekeelne lühend, kus П — joodis (припой), ОС — plii-tina sisaldusega (оловянносвинцовый); tähtede kõrval olev number näitab tinasisaldust protsentides.

Tabelis toodud joodiseid soovitatakse kasutada järgmistel juhtudel:

ПОС-40 — valge pleki ja valgevase jootmiseks;

ПОС-30 — tsingi, tsingitud terase, terase, valgevase ja vase jootmiseks, samuti ka laagrite katmiseks;

ПОС-18 — tsingi, tsingitud terase, terase ja valgevase jootmiseks, ka pleki katmiseks, kui õmblusе tugevusele esitatakse väiksemaid nõudeid;

ПОС-4-6 — terase jootmiseks, pleki, valgevase ja vase katmiseks, kui nõuded õmbluse tugevuse kohta on madaldatud; ei kõlba tsingi ja tsingitud terase jootmiseks.

Kõvajoodiseid kasutatakse purunenud vask- ja terasosade jootmiseks.

Kõvajoodiste koostis ГОСТ 1534-42 ja ОСТ 2982 järgi on toodud tabelis 36.

Tabel 36

Kõvajoodiste koostis

Nimetus	Joodise mark	Koostis %						Sulamistemperatuur °C
		Vask	Tsink	Antimon	Lisandid			
					Tina	Plii	Raud	
Vask--tsink-joodis	ПМЦ-42	40—45	Üle-jäänu	0,1	0,5	1,5	0,5	849
	ПМЦ-47	45—49		0,1	0,5	1,5	0,5	860
	ПМЦ-52	49—53		0,1	0,5	1,5	0,5	885

Ülaltoodud tabelis loendatud joodiseid kasutatakse:

ПМЦ-42 — valgevase jootmiseks, kus vasesisaldus ei ületa 68%, samuti pronksi jootmiseks;

ПМЦ-47 — valgevase (mark Л62) jootmiseks;

ПМЦ-52 — valgevase (margid Л68, Л80, Л90), pronksi, vase, terase, ka terastorude ja pleki jootmiseks.

Vask-tsinkjoodistena võib kasutada ka standardseid messinguid (mark Л68 ja Л62) kas laastude, pulbri või varrastena.

Pehmejoodisega jootmisel kasutatakse enamikul juhtudel flussina kloortsinki, mida saadakse tsingi söövitamisel soolhappega. Tsingi ühele kaaluühikule (väikeste tükikestena) võetakse viis kaaluühikut kanget soolhapet, mis on lahjendatud sama koguse veega. Segades happelahust lastakse sinna tsingitükid, mis lahustuvad. Sel moel saadud kloortsink kantakse pintsliga joodetavale kohale. Samaks otstarbeks kasutatakse ka salmiaagi lahust.

Keerulisemateks jootmisteks kasutatakse ka õliseid ja rasvaseid aineid: kampolit, tärpentini, stеariini ja jootepastat.

Neil juhtudel, kui räbustina kasutatakse soolhapet, tuleb õmblus pärast jootmist viivitamatult pesta kuuma (soovitatav

Tabel 37

Babiitide omadused

Babiidi mark	Koostis %					Märkused
	Antimon	Vask	Kaltsium	Plii	Muud	
Б83	10—12	5,5—65	—	81,5—84,5	—	Eriti koormatud masinate laagrid
БН	13—15	1,5—2,0	1,25—1,75	9 —11	0,75—1,25 0,5 —0,9	Keskmiselt koormatud masinate laagrid
Б16	15—17	1,5—2,0	—	15,0—17,0	—	
Б6	14—16	1,5—3,0	1,75—2,25	5 —6	0,6 —1,0	Madalalt koormatud masinate laagrid
БК	mitte üle 0,25	—	0,75—1,1	—	0,65—0,95	Kuni 100 kG/cm² maksimaalse erisurvega laagrid

voolava) veega kuni happejääkide täieliku eemaldamiseni. Vastasel juhul õmblus korrodeerub (roostetab) ja laguneb.

Kõvajoodisega jootmisel kasutatakse räbustina puhast booraksit. Puhta booraksi asemel võib kasutada odavamat segu, mis koosneb 8 osast booraksist, 3 osast keedusoolast ja 3 osast potasest.

Babiitideks nimetatakse sulameid, mida kasutatakse laagrikausside valamiseks; nendel on antifriktsioonsed omadused.

Babiitide põhimaterjaliks on plii või tina, mis on pehmed. Babiidid märgitakse tähega Б, järgnev number näitab pliisisaldust. Kui aga numbri asemel kasutatakse tähti, tähendab see spetsiaalse elemendi sisaldust. Näiteks Б-83 — babiit, mis sisaldab 83% pliid; БН — babiit, mis sisaldab niklit.

61. MÜÜRITISE MATERJALID

Müüritise põhimaterjaliks on s a v i, s. o. mineraalne aine, mis veega segamisel muutub plastiliseks taignaks, kuivamisel säilitab oma kuju ning põletamisel omandab kivi tugevuse. Temperatuurikindluse järgi jagatakse savid kolme gruppi: kergelt sulavad, raskelt sulavad ja tulekindlad. Kergelt sulavad savid sisaldavad palju lisandeid ja taluvad temperatuuri kuni 1350° C. Neid kasutatakse välismüüritises ja tavaliste telliste valmistamiseks. Tavalistest tellistest valmistatakse katla müüritise väline osa.

Müüritise sisemine osa, mis puutub kokku tule või kuumade gaasidega, vooderdatakse tulekindlate kividega, mis peavad olema:

a) kõrgel temperatuuril mehaaniliselt tugevad, et kanda müüritise raskust;

b) kuumuskindlad, s. o. mitte pragunema kõrgel temperatuuril;

c) vastupidavad räbu keemilisele mõjule;

d) korduval kuumutamisel mitte kokkutõmbuvad;

e) kindla kujuga ja standardsete mõõtmetega.

Tulekindla tellise lähtematerjaliks on tulekindel savi, mis peab taluma temperatuuri vähemalt 1600° C ja mitte lahustuma vees. Tulekindel savi on tavaliselt valget värvi, kuid põletamisel muutub kollakasvalgeks. Tulekindlast savist ja šamotist (põletatud ja jahvatatud tulekindel savi) valmistatakse šamottkive, mis on küllalt tugevad, kuumuskindlad ega kahane kuumutamisel, mistõttu neid kasutatakse aurukatelde müüritise vooderduseks.

Teistest tulekindla kivi sortidest kasutatakse veel savikvarts- ja savi-liivakive, mis samuti ei kahane, kuid on vähem kuumuskindlad. Neid kasutatakse šamottkivi asendajatena. Hästi asendab šamottkivi ka talkkivi, mis saetakse välja looduslikust talkkivist. Peale selle põletamist saadakse hall või punakas kivi, mis on väga tugev ja räbukindel, kuid raske ja vähe püsiv temperatuuri järskudel kõikumistel.

Müüritise kvaliteedi kindlustamiseks tuleb selle ladumisel kasutada tabelis 38 näidatud materjale:

Tabel 38

Müüritise materjalid

Materjal	ГОСТ	Kasutusala
Tellis ja šamottkivid	8690-58 930-61	Voodri vastutusrikaste kohtade ladumiseks, kus temperatuur on kuni 1400° C (välja arvatud räbuga kokku puutuvad kohad)
Tellis ja poolhapud kivid	4873-49	Räbupunkrite müüritiseks, kus temperatuur on kuni 1250° C
Tellis ja raskelt sulavad kivid	881-41	Suitsukäikude ja korstnate ladumiseks, kus temperatuur on kuni 1000° C.
Tavaline punane tellis	530-54	Vundamentide, suitsukäikude, välisseinte ja muude elementide ladumiseks, kus temperatuur ei ületa 700° C.
Tulekindel savi	—	Tulekindlate segude ja võõpade valmistamiseks
Mergel, tulekindel šamott ja šamottpuru	6137-52	Tulekindlate segude, võõpade ja torkreetmassi valmistamiseks
Ehitusmaterjalid (savi, kvartsliiv, tsement, lubi jms.)		Tellismüüritise segu valmistamiseks

Olenevalt kolde ekraneerimise astmest valitakse šamottkivi vastavalt tabeli 39 andmetele.

Tabel 39

Šamottkivi valik olenevalt ekraneerimise astmest

Ekraneerimise aste	Šamott-tellis	
	Klass	Tulekindlus °C
$s > 2d$ või ilma ekraanita	А	1730
$s \leqslant 2d$ ja $s > 1{,}2d$	Б	1670
$s < 1{,}2d$	В	1580

Märkus: s — ekraani samm; d — ekraanitoru välisläbimõõt.

Tulekindla müüritise ladumiseks vajalik segu peab oma tulekindluselt ja keemiliselt koostiselt vastama kasutatavale kivile.

Igal tulekindla savi saadetisel peab olema kaasas pass, kus on märgitud savi keemiline koostis, tulekindlus ja leiukoht. Segu valmistamiseks on keelatud kasutada tulekindlat savi, millel puudub pass või mis on kõrvalainetega segatud (tavaliselt liiv, savi, praht, tuhk, räbu jne.).

Šamottpuru kasutamisel segu valmistamiseks peab terasuurus vastama müüritise vuugi paksusele:

Terasuurus mm	0,5	1	1,5
Vuugi paksus mm	1	2	3 ja enam.

Tulekindla segu valmistamiseks võetakse mahuliselt 35% kuiva tulekindlat savi ja 65% sõelutud šamottpuru, kusjuures 1 mm paksuse vuugi puhul peab kogu puru läbi minema 1 mm avaga sõelast ja 2 mm paksuse vuugi puhul — 2 mm avaga sõelast. Šamottpuru valmistatakse kuulveskis.

Vee lisamisega muudetakse segu kas vedelaks või poolpaksuks. Seejuures peab kaaluline vahekord vastama tabeli 40 andmetele:

Tabel 40

Komponentide kogus šamottmüüritise segu valmistamiseks

Segu koostisosa nimetus	Vedel segu	Poolpaks segu
Tulekindel savi, kg	450	510
Šamottpuru, kg	770	860
Vesi, l	600	500

Punasest tellisest müüritise ladumiseks kasutatakse segu vahekorras 1 osa punast savi ja 1 kuni 2 osa liiva (mahuliselt).

Kui aga punasest tellisest laotakse välismüüritist, siis kasutatakse tavaliselt tsemendi-lubja-liivasegu vahekorras 1 : 1 : 6, millele lisatakse vett vastavalt tabelis 41 näidatud suhtele:

Tabel 41

Komponentide kogus punasest tellisest müüritise segus

Segu koostisosa nimetus	Kogus	
	mahuliselt m^3	massilt kg
Portlandtsement	0,174	226
Kustutatud lubi	0,169	248
Liiv	1,06	1696
Vesi	0,202	202

Müüritise ja metalli kaitsmiseks temperatuuri mõju eest kasutatakse ka torkreetmasse, mille koostis on toodud tabelis 42.

Sõelutud šamott, kromiit ja tulekindel savi tuleb hästi läbi segada (kuni segu ühtlase värvuseni). Seejärel tuleb torkreetaparaadi paaki valada hästi läbisegatud vesiklaasi lahu. Plastilise savi puhul võetakse lahu kontsentratsioon 15%, vähem plastilise savi puhul 18%. Saadud torkreetmassi niiskus peab olema 13—15% ja rõhk torkreetaparaadis 4—5 at.

Tabel 42

Torkreetmassi koostis 1 m pinna katmiseks 50 mm paksuselt

Koostisosa nimetus	Šamott-kromiit-mass kg	Šamott-savimass kg
Šamott	12	51
Kromiit	105	—
Tulekindel savi	20	30
Vesiklaas	2,5—3,0	2,5—3,0

Enne torkreetmassiga katmist peab vooderdus olema kuiv. Torkreetmassi kuivatamist võib alustada 12—24 tundi pärast torkreteerimise lõpetamist.

Pragude vältimiseks tuleb kuivatamisel temperatuuri tõsta järgmiselt: kuni 200° C — 10 kuni 12° C tunnis, 200 kuni 600° C — 30 kuni 40° C tunnis.

Müüritise mehaanilise kulumise kaitseks kasutatakse tulekindlaid võõpasid. Seejuures võib poole kivi paksust müüritist valmistada ka otse võõbast (betoonina), sest võõp tardub hästi ja on šamottsegust tulekindlam.

Võõba valmistamiseks mõõdetakse selle sõelutud koostisosad (peavad läbima 1 mm avaga sõela) mingi kindla nõuga hoolikalt välja. Soovitav on selleks kasutada silindrilist ämbrit, millel on seespool jaotused 1 dm^3 tagant.

Materjalid tuleb kuivalt hästi läbi segada. Vahetult enne võõpamise algust lisatakse neile juurde vesiklaasi, kuni segu muutub hapukoore paksuseks.

Pind tuleb enne katmist terasharjaga tolmust ja seguprits-metest puhastada.

Võõp kantakse pinnale mitme kihina kas pintsli või vastava pihustiga. Esimese kihi paksus ei tohi olla üle 1,5 mm ja üldine paksus üle 4,5 mm.

Järgmine kiht tuleb peale kanda pärast eelmise mõningat tardumist, s. o. mitte varem kui tunni aja pärast.

Soovitatavad võõbasegude koostised on järgmised:

Temperatuurile kuni 1400° C		Temperatuurile 1500—1600° C	
Kroomrauamaaki	7 osa	Kroomrauamaaki	7 osa
Põletatud vormimulda	1,5 osa	Põletatud vormimulda	0,4 osa
Tulekindlat savi	1,5 osa	Magnesiitpulbrit	2 osa
Lisada vesiklaasi 20° Bo		Tulekindlat savi	0,6 osa
		Lisada vesiklaasi 15° Bo	

Pragude vältimiseks ei tohi võõba kuivatamisel tõsta temperatuuri kiiremini kui 30° C tunnis.

Nõuded, mis esitatakse tulekindlale kivile räbu- ja kuumuskindluse suhtes, on vastukäivad. Kivi peab vastama nendele tin-

gimustele, mis on igal konkreetsel juhul olulisemad. Õli põletamisel on näiteks tähtsam kivi kuumuskindlus, tuharikaste kütuste põletamisel aga räbukindlus.

Sõltuvalt SiO_2 või Al_2O_3 sisaldusest on kivid oma keemilistelt omadustelt kas happelised või aluselised. Happeline kivi sisaldab vähemalt 65% SiO_2, aluseline alla 60% SiO_2 ja üle 30% Al_2O_3. Kivi tulekindlust tõstavad Al_2O_3 ja CaO, vähendavad aga Fe_2O_3 ja MgO.

Šamott-tellised ja šamott-vormikivid (ГОСТ 389-41 ja 390-54) valmistatakse põletatud tulekindlast savist (pulbriks jahvatatud), šamotist ja toorsavist.

Šamottkivi keemiline koostis:

Al_2O_3 — mitte alla 30%
SiO_2 — mitte üle 60%
Fe_2O_3 — mitte üle 2%
ja vähesel määral leelisi.

Kivide omadused on toodud tabelis 43.

Tabel 43

Šamottkivide omadused

Nimetus	Klass A			Klass Б			Klass B	
	1. sort	2. sort	3. sort	1. sort	2. sort	3. sort	1. sort	2. sort
Tulekindlus °C mitte alla . . .	1730	1730	1730	1670	1670	1670	1580	1580
Lühiajaline survetugevus kg/cm², mitte alla . . .	150	100	80	125	100	80	100	80
Kokkutõmbumine %	0,7	1	1	0,7	1	1	0,7	1
temperatuuril °C .	1400	1400	1400	1350	1350	1350	1250	1250

Peale selle jagunevad šamottkivid mõõtmete järgi järgmiselt (tabel 44):

Tabel 44

Šamottkivide mõõtmed ja kaal

Nimetus ja mõõtmed mm	Kivi mass kg
Suur normaalkivi, 250×123×65	3,8
Väike normaalkivi, 230×113×65	3,2
Suur kiilkivi, 250×130×65×55	3,5
Väike kiilkivi, 230×113×65×55	3,0
Lihtne fassongkivi	Olenevalt kivi suurusest ja kujust
Keeruline fassongkivi	
Eriti keeruline fassongkivi	

Poolhapud kivid sisaldavad Al_2O_3 alla 30%, SiO_2 üle 65% ja Fe_2O_3 alla 2%. Suure poolhapu kivi mõõtmed on samuti 250×123×65 mm, väikesel poolhapul kivil aga 230×112×65 mm.

Tavaline punane tellis (ГОСТ 530-41) jaguneb markideks 150, 125, 100, 75 ja 50, mis vastab tellise keskmisele lühiajalisele survetugevusele. Punase tellise mõõtmed on 250×120×65 mm.

Kivide kulu 1 m^3 sirge seina ladumiseks on toodud tabelis 45, kusjuures on arvestatud vuuke, kuid tühimikud ja kadu on jäetud arvestamata.

Tabel 45

Kivide kulunormid 1 m^3 müüritise ladumiseks

Seina paksus (kivides)	Tellise liik ja mõõtmed							
	Punane tellis 250×120×65		Suur šamott-kivi 250×123×65			Väike šamott-kivi 230×113×65		
	Müüritise vuugi paksus mm							
	7	5	4	3	2 kuni 0	4	3	2 kuni 0
1/2	451	467	473	483	500	563	575	597
1	438	457	466	478	500	556	570	597
1 1/2	434	454	464	477	500	554	569	597
2	432	453	463	476	500	553	568	597
Massiivne	429	450	463	476	500	550	566	597

Müüritistes leiavad kasutamist veel järgmised materjalid:

Tulekindel betoon, mis koosneb 20% tsemendist ja 80% jahvatatud šamotist.

Tihenduskrohv, mis koosneb 70% jahvatatud diatomiidist, 23% asbestipurust (IV sort) ja 7% vesiklaasist. Krohv kantakse müüritise välispinnale madala temperatuuri piirkonnas.

Asbestiit, mis koosneb 70% asbestkiust (VI—VII sort) ja 30% punasest savist.

Lubi, mida saadakse lubjakivi, kriidi, dolomiidi või paekivi (sisaldavad kuni 8% savi) kuumutamisel lubjaahjudes 1000—1200° C temperatuuril. Kuumutamisel laguneb $CaCO_3$ kustutamata lubjaks ja süsihappegaasiks: $CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$. Süsihappegaasi eemaldamisel jäävad järele poorsed lubjatükid. Lubi kustutatakse veega: $CaO + H_2O = Ca(OH)_2$.

Tsement. Ehitustel kasutatakse peamiselt nn. portlandtsementi, millel võrreldes muude sideainetega on paremad sideomadused.

62. TIHENDUSMATERJALID

Armatuuri ja torustike äärikute tihendamiseks kasutatakse mitmesuguseid tihendusmaterjale. Tihend täidab tihendatavate pindade ebatasasused. Tihendi materjal ja kuju valitakse olenevalt tihendatavate detailide otstarbest ja konstruktsioonist.

Tihendusmaterjal peab olema vajalikult tugev, elastne, plastiline ja kindel. Erinevates tingimustes töötamisel mõjuvad tihendi töökindlusele ka tihendi mõõtmed ja kuju. Tihendeid valmistatakse papist, kummist, paraniidist, metallist ja asbestist. Enam kasutatavad tihendusmaterjalid ja nende kasutamisalad on toodud tabelis 46.

Tihendpapp (ГОСТ 9374-60) on kõige kättesaadavam materjal. Papp annab täiesti rahuldavaid tulemusi armatuuri tihendamisel kuni 10 at veerõhul. Pappi valmistatakse paksusega 0,3—2,5 mm, kusjuures kuni 0,5 mm paksusega pappi toodetakse rullides, 0,5—2,5 mm — lehtedes.

Purjeriiet kasutatakse veetorustike äärikliidete tihendamiseks.

Asbesti kasutatakse kolmel kujul: 1) asbestpapina, 2) asbestnöörina, 3) asbestkiududena. Asbesti leeliskindlus on kõrge, kuid happekindlus madal.

Asbestpappi toodetakse ГОСТ 2850-58 järgi mõõtmetega 99—1000 mm, paksusega 2—12 mm. Tihenditeks kasutatakse asbestpappi paksusega kuni 4 mm.

Ruudukujulise või ümmarguse ristlõikega asbestnööri toodetakse ГОСТ 1799-55 kohaselt läbimõõduga 3—25 mm. Asbestkiu läbimõõt on 0,5—2,5 mm.

Kummit kasutatakse peamiselt hõrenduse all töötavate ühenduskohtade ja madalatemperatuurilise veetorustiku tihendamiseks, samuti ka ajutiste tihenditena veesurveproovil.

Tihenduskummi valmistatakse ühtlasena või riidekihtidega vastavalt ГОСТ 6051-51 nõuetele. Kummitihend ei tohi praguneda selle painutamisel varda ümber, mille läbimõõt võrdub kummilehe kahekordse paksusega.

Kummitihendite puuduseks on kiire vananemine, eriti muutuval rõhul ja temperatuuril ning metalli korrodeerumine kummiga kokkupuutekohtadel.

Fiiber on hea tihendusmaterjal õli-, petrooleumi- ja bensiinitorustikele, samuti ka gaasitorustikele.

Paraniiti valmistatakse asbestist, kautšukist ja täiteainetest vastavalt ГОСТ 481-58 nõuetele. Täiteainetena kasutatakse grafiiti, kaoliini, muumiat (pruunikaspunane mineraalvärv) ja muid mineraalseid lisandeid.

Paraniiti valmistatakse 300×400 kuni 1200×1500 mm suuruste lehtedena paksusega 0,3—6 mm. Paraniitlehtedel peab olema sile, kergelt läikiv pind, lehe teine pool peab aga olema matt. Para-

niiti hoitakse kinnises ruumis temperatuuril 0—20° C, küttekehadest vähemalt 1 m kaugusel. Seejuures ei tohi päikesekiired langeda paraniidile.

Paraniittihendeid kasutatakse torustike, armatuuri ja abiseadmete äärikute tihendamiseks vee ja auru puhul temperatuurini kuni 450° C ja rõhuni kuni 50 at või õli, petrooleumi ja bensiini puhul temperatuurini kuni 20° C ja rõhuni kuni 75 at.

Tabel 46

Armatuuri ja äärikühenduste tihendusmaterjalid

Tihendi materjal	Kõrgeim lubatav temperatuur °C	Kõrgeim lubatav rõhk at	Tihendi paksus mm
Veele			
Kummi	40	3	4—6
Riidekihtidega kummi	60	6	3
Metallvõrguga kummi	80	10	3—4
Tehniline papp	100—120	16	3
Takk	40	3	2—6
Purjeriie	50	1,5	—
Paraniit	350	50	1,2
Vulkaniseeritud paraniit	350	75	1—2
Vasktraat	Piiramata	35	—
Aurule			
Asbestpapp	—	1,5	Kuni 4
Paraniit	425	40	1—2
Vulkaniseeritud paraniit	425	60	1—2
Latekspapp	425	50	1—2
Vasktraat	425	35	—
Naftasaadustele			
Tehniline papp	30	10	Kuni 4
Joonestuspaber	80	10	—
Vulkaniseeritud paraniit	350	75	1—1,5
Söetolmule ja gaasile			
Asbest	650	1,5	Kuni 4

Pasta «Föniks» asendab põhilisi tihendusmaterjale kuni 25 at rõhuga veetorustikele ja kuni 15 at aurutorustikele, samuti madalrõhu aurukatelde luukide tihendusmaterjale.

Kuubikujulised pastatükid pakitakse paberisse. Selliselt säilib pasta pikemat aega. Toatemperatuuril muutub pasta elastseks. Enne tarvitamist valmistatakse pastast 5 mm paksune lint, mis asetatakse ühele tihenduspinnale. Siledate tihenduspindade puhul asetatakse pasta kuni 1 cm^2 aukudega metallvõrgule. Eelnevalt lõigatakse võrk välja vastavalt tihendatavate äärikute suurusele.

Pasta ei söövita metalli, samuti on ta äärikute lahtivõtmisel kergesti eemaldatav. Pastat võib korduvalt kasutada 25% värske pasta juurdelisamisel.

Vasktihendeid kasutatakse peamiselt toitetorustikes. Tihenditeks kasutatakse vaskplekki (mark M-1 ja M-3). Tihendusmaterjal tuleb lõõmutada ja seejärel puhastada.

Alumiiniumtihendeid kasutatakse kuni 25 at rõhuga ja 300° C temperatuuriga aurutorustikes ja kuni 60 at rõhuga õli- või naftatorustikes. Alumiiniumtihendid ei korrodeeru ja on hästi plastilised.

63. SOVELDUSMATERJALID

Auru- ja veearmatuuri detailide soveldamiseks kasutatakse abrasiivseid looduslikke ja tehismaterjale: smirgelpulbrit — pruunikashall pulber; korundi — hallist kuni pruuni värvini pulber; elektrokorundi — pulbri värvus tumepruunist kuni hallikaspruunini ja roosast kuni valgeni; boorkarbiidi — must pulber. Nimetatud materjale võib jagada kahte gruppi.

Esimesse gruppi kuuluvad mikropulbrid, mida kasutatakse esialgseks — M28 ja M20, keskmiseks — M14 ja M10 ja lõplikuks soveldamiseks (pasta ГОИ puudumisel — M7 ja M5).

Teise gruppi kuuluvad pehmed abrasiivmaterjalid, mida valmistatakse enamasti mitmesuguste metallide oksiididest (daudoksiid, kroomoksiid, alumiiniumoksiid).

Tabel 47

Soveldusmaterjalid

Soveldatava armatuuri materjal	Materjali nimetus	
	esialgseks soveldamiseks	lõplikuks soveldamiseks
Pronks	Klaasipuru, pasta ГОИ (jäme), smirgelpulber M14	Pasta ГОИ (keskmine) smirgelpulber M 10
Vase-nikli sulam	Klaasipuru, pasta ГОИ (jäme), smirgelpulber M14	Pasta ГОИ (keskmine) smirgelpulber M 10
Elektroteras ЭЯ 2	Korund M 14, pasta ГОИ (jäme), smirgelpulber M 20	Pasta ГОИ (keskmine), smirgelpulber M 10
Hallmalm	Korund M 20, smirgelpulber M 20, pasta ГОИ (jäme)	Korund M 10, smirgelpulber M 10, pasta ГОИ (keskmine)
Elektroteras ЭЖ 3	Korund M 14, smirgelpulber M 20, pasta ГОИ (jäme)	Korund M 10, smirgelpulber M 10, pasta ГОИ (keskmine)
Nitreeritud teras	Ekstrakarborund M 20 (roheline), ekstrakarborund M 14, pasta ГОИ (jäme)	Ekstrakarborund M 10, pasta ГОИ (keskmine)

Lõplik soveldamine seisneb mitmekordses töödeldavalt pinnalt õhukese oksiidikihi eemaldamises, mis taastub kiiresti, kuna paljastatud metallpind hapendub. Selle grupi materjalidest kasutatakse kõige enam pastat ГОИ (Riiklik Optikainstituut). Pastat ГОИ toodetakse esialgseks (must), keskmiseks (tumeroheline) ja peeneks (heleroheline) soveldamiseks.

Igal lihvimispulbril või pastal peab olema dokument, mis näitab materjali sorti (korund, smirgelpulber jne.) ja marki. On keelatud segada pulbrit ja pastat, neid risustada või hoida lahtiselt. Risustamise ja segunemise vältimiseks tuleb iga lihvimispulber ette valmistada pasta kujul, milleks pulber (70—80%) segatakse hoolikalt sulatatud parafiinis (30—20%) ja valatakse silindrikestesse.

Armatuuri soveldamiseks kasutatavad materjalid on toodud tabelis nr. 47.

64. ISOLEERMATERJALID

Katelseadmetes kasutatakse isoleermaterjale soojuskadude vähendamiseks, seega seadmete kasuteguri tõstmiseks.

Parimaks soojusisolaatoriks on õhk. Isoleermaterjalide ülesandeks on takistada õhu liikumist kuumade pindade läheduses. Seepärast peavad isoleermaterjalid olema poorsed ja moodustama kinnisi õhupesakesi.

Sagedamini kasutatakse järgmisi isoleermaterjale.

Diatomiiti kasutatakse peamiselt torustike ja katelseadme muude pindade isoleerimiseks, mille temperatuur ei ületa 90° C. Kuiva diatomiidi mahumass on 400—900 kG/m³ ja soojusjuhtivus 0,09—0,17 kcal/(m · h · deg).

Diatomiit-tellis saadakse, kui diatomiiti segada saepuru ja väikese osa saviga ning kõrgel temperatuuril kuumutada. Isolatsioonisegu valmistamiseks lisatakse diatomiidile ka lupja ja asbesti.

Vermikuliit ehk sonoliit on teraline efektiivne soojusisolatsioonimaterjal, mida kasutatakse katelseadme või torustiku kuumade pindade (kuni 900° C) isoleerimiseks kas täidise või topendina. Materjali mahumass on 150—300 kG/m³, soojusjuhtivustegur 0,07—0,09 kcal/(m · h · deg).

Kütuseräbu (šlakk) võib olenevalt kütuseliigist olla kas antratsiidi-, kivisöe-, pruunsöe- või turbaräbu. Soojusisolatsiooniks on parem kasutada antratsiidi- ja kivisöeräbu. Pruunsöeräbu ei paaku küllaldaselt, on ebapüsiv ja nõrk. Soojusisolatsiooniks kasutatavate kütuseräbude mahumass on 700—1000 kG/m³, soojusjuhtivustegur 0,16—0,21 kcal/(m · h · deg). Kõrgahjude granuleeritud räbu mahumass on 400—1000 kG/m³, soojusjuhtivustegur 0,10—0,20 kcal/(m · h · deg). Kasutatav kütuse- või kõrgahju gra-

nuleeritud räbu soovitatakse võtta vanadest kuhjadest, mis on seisnud vähemalt kolm kuud.

Mineraalvatt koosneb peenikestest klaasitaolistest kiududest, mis saadakse sulatatud savist, paekivist, dolomiidist, pimsskivist või kõrgahju-, martäänahju- või kütuseräbust (šlakist). Mineraalvati mahumass on 120—250 kG/m³ ja soojusjuhtivustegur 0,04—0,05 kcal/(m · h · deg). Seejuures on mineraalvati veeimavus suur. Selle vähendamiseks immutatakse mineraalvatti kloorkaltsiumi lahusega.

Mineraalvatt on külmakindel, ei kõdune, ei põle, ei ole rikutav näriliste poolt ega avalda metallile korrodeerivat mõju.

Mineraalvati puuduseks on tihenemine raskuse või omakaalu mõjul ja purunemine transportimisel või vibratsioonil, millega vati soojusjuhtivus suureneb. Mineraalvatt nõuab eriliste kaitsevahendite kasutamist monteerimisel, kuna ta kahjustab inimeste käsi ja hingamisteid.

Mineraalvatist valmistatakse ka mineraalvilti, mida turustatakse kas lehtede või rullidena. Viimasel juhul on materjali pikkus 100—300 cm, laius 37—120 cm ja paksus 2,4 või 6 mm. Veepidavuse saavutamiseks immutatakse vilti sideainetega, milleks kasutatakse bituumenit (2—5% vati kaalust) või fenoolformaldehüüdi (4—8% vati kaalust). Vildi mõlemad küljed kaetakse aurukindla paberi või peene metallvõrguga, millele hiljem kantakse vajalik isolatsioonikiht.

Mineraalvildi mahumass on 75—250 kG/m³ ja soojusjuhtivustegur 0,04—0,06 kcal/(m · h · deg).

Vähese hügroskoopsuse tõttu muutub mineraalvildi soojusjuhtivus ekspluatatsioonis vähe. Bituumeniga immutatud vilti kasutatakse katelseadme ja torustiku isolatsiooniks temperatuuril kuni 60° C ja õliga immutatud vilti temperatuuril kuni 130° C.

Mineraalvatist matid on oma koostise poolest analoogilised vildiga, kuid kaetud kas ühelt või mõlemalt poolt veekindla bituumenpaberi, lainepapi või metallvõrguga ja niidiga läbi õmmeldud. Sellised matid on 60—120 cm pikad, 80—100 cm laiad ja 3—10 cm paksud. Mattide mahumass on 100—350 kG/m³ ja soojusjuhtivustegur 0,04—0,07 kcal/(m · h · deg). Kasutatakse samal eesmärgil kui mineraalvilti.

Klaasvatt on peentest painduvatest klaaskiududest koosnev mass, mida kasutatakse katelseadmete või torustiku kuni 450° C temperatuuriga pindade isoleerimiseks. Klaasvati mahumass on 150 kG/m³ ja soojusjuhtivustegur kuni 0,04 kcal/(m · h · deg). Klaasvatt on külma- ja happekindel.

Klaasvatist valmistatakse ka matte ja ribasid. Mattide pikkus on 100—300 cm, laius 20—75 cm ja paksus 1—1,5 cm, ribade pikkus 50—500 cm, laius 3—25 cm ja paksus 1—3 cm. Mattide ja ribade mahumass on 100—200 kg/m³, soojusjuhtivustegur 0,04—0,05 kcal/(m · h · deg).

Asbest-diatomiitmaterjale valmistatakse asbestist ja diatomiidist või triiplist (poleerimispulbrina kasutatav peenike muld) kas mitmesuguste lisanditega või ilma nendeta. Materjalide hulka kuulub asbosuriit, novoasbosuriit, asbotermiit, asbosonoliit ja vulkaniit. Kõiki neid materjale kasutatakse seguna, plaatidena või segmentidena katelseadmete või torustiku isoleerimiseks temperatuuril kuni 600° C.

Asbosuriit koosneb 15% asbestist ja 85% diatomiidist või triiplist; mahumass on 450—950 kG/m³ ja soojusjuhtivustegur 0,08—0,22 kcal/(m · h · deg).

Novoasbosuriit koosneb 15% asbestist, 70% diatomiidist või triiplist ja 15% peenendatud asbošifri jääkidest. Materjali mahumass on 600—700 kG/m³ ja soojusjuhtivustegur 0,12—0,14 kcal/(m · h · deg).

Asbotermiit koosneb 10—15% asbestist, 15—20% diatomiidist või triiplist ja 65—75% peenendatud asbošifri jääkidest; mahukaal 500—600 kG/m³, soojusjuhtivustegur 0,10—0,12 kcal/(m · h · deg).

Asbosonoliit koosneb 15% asbestist, 70% diatomiidist või triiplist ja 15% põletatud vermikuliidist; mahumass 500—600 kG/m³, soojusjuhtivustegur 0,14 kcal/(m · h · deg).

Vulkaniiti valmistatakse plaatidena või segmentidena segust, mis koosneb 15% asbestist, 65% diatomiidist või triiplist ja 20% kustutatud lubjast. Materjali mahumass on 400 kG/m³ ja soojusjuhtivustegur 0,08 kcal/(m · h · deg).

Soveliit on pulber, mis koosneb 15% asbestpurust ja 85% süsihappemagneesiumist ja süsihappekaltsiumist. Materjalist valmistatakse plaate või segmente katelseadmete või torustiku pindade isoleerimiseks temperatuuril kuni 500° C.

Soveliit ei karda märgumist ja pärast kuivamist saavutab endised omadused: mahumass 400—500 kG/m³, soojusjuhtivustegur 0,07—0,09 kcal/(m · h · deg).

65. MÄÄRDEAINED

Ekshaustorite, ventilaatorite, tsentrifugaalpumpade, veskite ja muude mehhanismide laagrite määrimiseks kasutatakse peamiselt tööstusõli (ГОСТ 1707-51) 30 (masinaõli Л), 45 (masinaõli С) ja 50 (masinaõli СУ), kuid ka tööstusõli 20 (värtnaõli 3) ja solidooli (ГОСТ 1033-51). Tööstusõli 30 süttimistemperatuur on 180° C ja hangumistemperatuur —15° C. Seda kasutatakse kiirekäiguliste masinate ja suure koormuse, kuid väikese kiirusega töötavate mehhanismide (ekshaustor, ventilaator) määrimiseks. Masinaõli С süttimistemperatuur on 190° C ja hangumistemperatuur —10° C. Seda kasutatakse masinate määrimiseks, mille pöörlemiskiirus on kuni 730 p/min. Masinaõli СУ süttimistemperatuur on vähemalt

200° C ja hangumistemperatuur −20° C. Seda kasutatakse aeglase käiguga masinate määrimiseks, mis töötavad suure koormusega.

Värtnaõli 3 kasutatakse rõngaslaagritega masinate määrimiseks.

Solidooli tilktäpp on olenevalt sordist 75—90° C. Seda kasutatakse mehhanismide kuul- ja rull-laagrite määrimiseks.

66. ABIMATERJALID

Pumpade ja armatuuri topendid peavad vältima vee või auru läbilaskmist. Topendi omadused ei tohi muutuda kõrge temperatuuri või rõhu mõjul, samuti ei tohi need rikkuda kolvivart või spindlit. Olenevalt rõhust ja temperatuurist kasutatakse kas pehmeid või kõvasid topendimaterjale.

Pehmeteks topenditeks kasutatakse puuvilla, lina, takku, džuuti, asbestkiudu või selle punutist linaga, punutise tugevdamiseks ka metallvõrku.

Taimsetest kiudmaterjalidest topendid on odavad ja vastupidavad. Nad taluvad temperatuuri kuni 100° C, mistõttu neid auruarmatuuris pole võimalik kasutada.

Auruarmatuuri tihendamiseks kasutatakse asbesttopendeid (tabel 48).

Tabel 48

Asbesttopendid

Topendi nimetus	Kasutamise piirid		Kasutamisala
	Rõhk at	Temperatuur °C	
Kuiv asbest	25	400	Aur, kuum vesi
Immutatud asbest	25	300	Aur, kuum vesi
Traat-asbest «Ratsionaal»	45	400	Aur, kuum vesi
Topendipasta «Termoplast»	20	300	Aur, vesi, nafta

Immutatud asbesttopend kujutab endast asbestniidist tugevasti punutud nööri, milles on kuni 20% antifriktsioonse massiga immutatud puuvillakiudu.

Topend «Ratsionaal» kujutab endast vaskvõrguga punutud ning antifriktsioonse massiga immutatud asbestnööri.

Topendipasta «Termoplast» koosneb asbestkiust, määrdeainetest ja grafiidist. Pastaga võib täita igasuguse konstruktsiooni ja suurusega topendikarpe. Pasta tihendusvõime on halvem kui immutatud asbesttopendil.

Ristlõike kuju poolest jagunevad punutud topendid ümmargusteks ja kvadraatseteks, punumisviisi poolest aga ühe- või mitme-

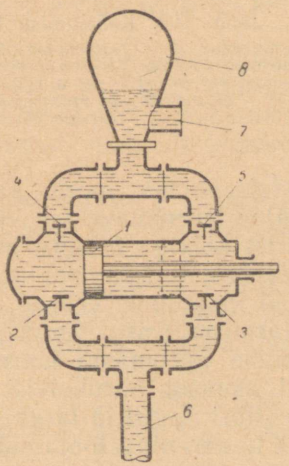
kiulisteks. Kvadraatseid topendeid kasutatakse rohkem. Rõhuni kuni 10 at võib kasutada ühekiulisi topendeid, 10 kuni 45 at rõhuni aga mitmekiulisi.

Muudest abimaterjalidest kasutatakse katlamajas veel petrooleumi ja bensiini detailide pesemiseks katla remondil, grafiiti topendite ja tihendite määrimiseks, õli- ja liimivärve torustike ning isolatsiooni värvimiseks, traati isolatsiooni kinnitamiseks, tehnilist vilti laagrite tihendamiseks, liivapaberit puhastamiseks jms.

XII. TOITESEADMED

67. KOLBPUMBAD

Seadmeid, mis toidavad katelt veega, nimetatakse t o i t e s e a d m e t e k s. Nendeks võivad olla kolbpumbad, tsentrifugaalpumbad, pöörispumbad või inžektorid. Kolbpumba töötamise põhimõte selgub jooniselt 198. Kolb *1* liigub äärmisest vasakpoolsest seisust paremale ja tekitab seejuures silindri vasakpoolses osas hõrenduse, parempoolses osas ülerõhu. Vesi tungib pumpa imitoru *6* kaudu, läbib imiklapi *2* ja, järgnedes kolvi liikumisele paremale, täidab silindri vasakpoolse osa. Samal ajal surub kolb vee silindri parempoolsest osast välja. Seejuures surutakse imiklapp *3* kinni ja suruklapp *5* lahti. Vesi voolab õhukuplisse ja sealt surutorusse *7*. Vasakpoolne suruklapp *4* on seejuures suletud. Jõudes äärmisse parempoolsesse asendisse, jääb kolb seisma. Sel momendil sulguvad vasakpoolne imiklapp ja parempoolne suruklapp. Edasisel kolvi liikumisel vasakule kordub sama protsess ümberpöördud järjekorras: avaneb parempoolne imiklapp *3* ja



Joon. 198. Kahepoolse töötamisega pumba skeem:
1 — pumba kolb; *2*, *3* — imiklapid; *4*, *5* — suruklapid; *6* — imitoru; *7* — surutoru; *8* — õhukuppel.

vasakpoolne suruklapp *4* ning vesi surutakse katlasse silindri vasakust poolest.

Õhukuppel pehmendab vee surumisel järske löökе. Kupli ülemises osas olev õhk on vee rõhu all. Momendil, kui kolb jõuab oma äärmisse asendisse ja jääb seisma, surub kuplis olev õhk osa vett katlasse. Seega muutub vee andmine ühtlasemaks.

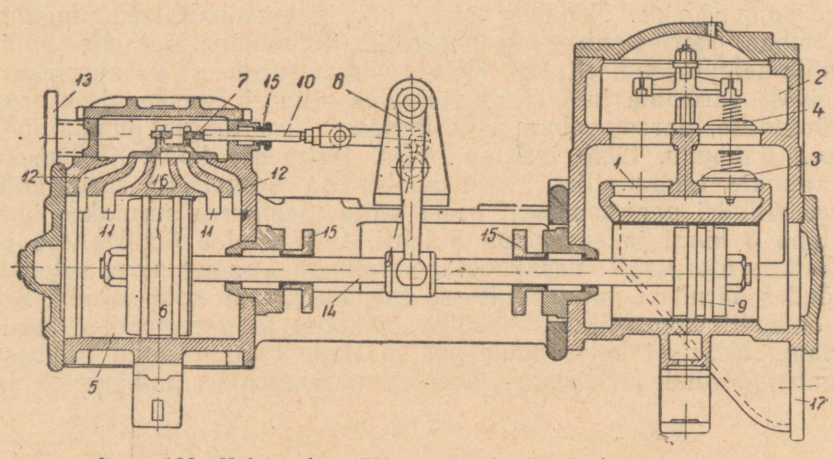
Kolbpumbad jagunevad:

a) pumpa käitava jõumasina järgi: auru-, sisepõlemismootoriga ja elektripumbad;

b) töötamisviisi järgi: ühe- ja kahepoolse töötamisega pumbad;

c) silindrite arvu järgi: ühe-, kahe- ja kolmesilindrilised pumbad;

d) silindrite asendi järgi: vertikaalsed ja horisontaalsed pumbad.



Joon. 199. Kahepoolse töötamisega horisontaalne aurupump:
1 — imikamber; *2* — surukamber; *3* — imiklapp; *4* — suruklapp; *5* — aurusilinder; *6* — aurumasina kolb; *7* — aurumasina siiber; *8* — siibrikäitamisseade; *9* — pumba kolb; *10* — siibri varras; *11* — auru väljalaskekanal; *12* — auru sisselaskekanal; *13* — autoru; *14* — aurumasina ja pumba ühine kolvivars; *15* — tihenduspuks; *16* — väljalaskeтoruga ühendatud kanal; *17* — imitoru.

Katelseadmete juures kasutatav kahepoolse töötamisega horisontaalne aurupump on kujutatud joonisel 199. Pump koosneb silindrist kolviga *9* ning klapikarbist kahe imiklapiga *3* ja kahe suruklapiga *4* (joonisel on näidatud ainult üks pool). Ülevalt suruvad klappidele vedrud, mis sulevad klapid, kui kolb on jõudnud äärmisse seisu. Kolvil asuvad kolvirõngad.

Pumba aurumasin koosneb silindrist *5*, veekolviga *9* ühisel vardal asuvast aurukolvist *6* ja siibrikarbist siibriga *7*. Siiber liigub siibripeeglil ja laseb auru silindri töötavasse poolesse kanaleid *12* kaudu ning töötanud auru kanaleid *11* kaudu kanalisse *16*,

mis on ühenduses auru väljalasketoruga. Joonisel 199 on kujutatud vasakult paremale liikuv kolb. Aur tungib silindri vasakpoolsesse ossa ja väljub parempoolsest osast. Veidi enne kolvi jõudmist äärmisse seisu suleb siiber väljalaskekanali *11* akna. Silindrisse jäänud aur surutakse kokku ja moodustab aurupadja, mis pehmendab kolvi jõudmist äärmisse seisu.

Aurupumpade ПНП tehnilisi andmeid on toodud tabelis 49.

Tabel 49

Aurupumpade ПНП tehnilisi andmeid

Põhilised andmed	Pumba tüüp			
	ПНП-1	ПНП-3	ПНП-13	ПНП-15
Tootlikkus m^3/h	10—25	5,5—14	3,5—15	25
Rõhk kG/cm^2	20	20	33,5	38
Imemiskõrgus m vs veetemperatuuril 30° C	6	6	5,5	6
Auru rõhk pumba ees ata	12	12	23	23
Töötanud auru rõhk ata	3	3	3	3
Ülekuumendatud auru temperatuur °C	270	270	320	340
Pumba mass kg	735	430	745	770

Joonisel 200 on kujutatud kahesilindriline püstaurupump, mille töötamise põhimõte on samasugune kui eespool kirjeldatud horisontaalsel pumbal.

Kahepoolse töötamisega pumpades ühe silindri siiber pannakse liikuma teise silindri kolvivarda abil.

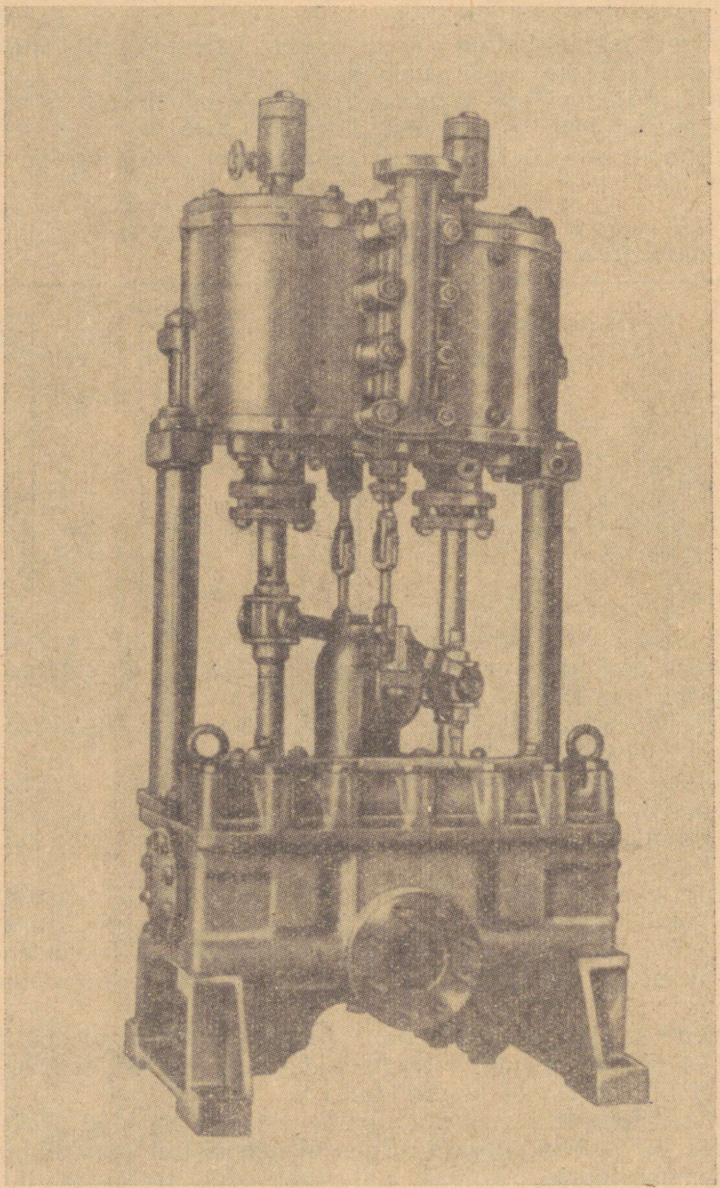
Aurusilindri läbimõõt on umbes poolteist korda suurem kui veesilindril. See on vajalik pumbas kõrgema rõhu saamiseks, sest vee juhtimiseks katlasse peab vee rõhk olema kõrgem kui auru rõhk katlas.

Tingituna asjaolust, et aur voolab silindri töötavasse ossa kogu kolvikäigu jooksul, on aurukulu suur ja ulatub küllastunud auru puhul 2—4%-ni katla aurutootlikkusest. Ülekuumendatud auru puhul on aurukulu 1,5—2%. Kulunud pumpade aurukulu on suurem.

Imemise ajal peab hõrendus pumba silindris olema küllaldane, et vett tõsta ning ületada takistused, mis tekivad vee voolamisel läbi torustiku ja armatuuri.

Pumba teoreetiline imemiskõrgus on 10,33 m, kuid praktiliselt ei ületa ta 7—8 m. Imemiskõrgus oleneb suurel määral imetava vee temperatuurist. Korras pumpadel võib arvestada järgmisi imemiskõrgusi.

Vee temperatuur kraadides	0	30	50	70
Imemiskõrgus aeglase käiguga pumbal m	7	6	4	—
Imemiskõrgus kiire käiguga pumbal m	2,5	1,5	—	—



Joon. 200. Kahepoolse töötamisega püstaurupumba üldvaade.

Pumba suurust iseloomustab tema tootlikkus, s. o. veehulk m^3/h või l/min.

Kolbpumpade puuduseks on tundlikkus vees leiduvate mehaaniliste lisandite suhtes, pumba töötamise suur olenevus klappide korrasolekust ja ebaühtlane vee andmine.

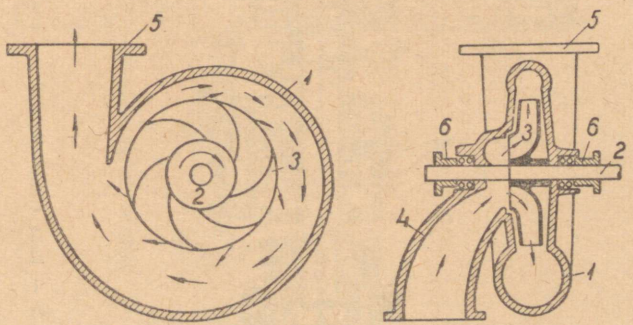
Headeks külgedeks on käivitamise lihtsus, vähenõudlikkus järelevalve suhtes, tootlikkuse lihtne reguleerimine ja töökindlus.

Kolbpumpade töötamisel peamisteks korratusteks on:

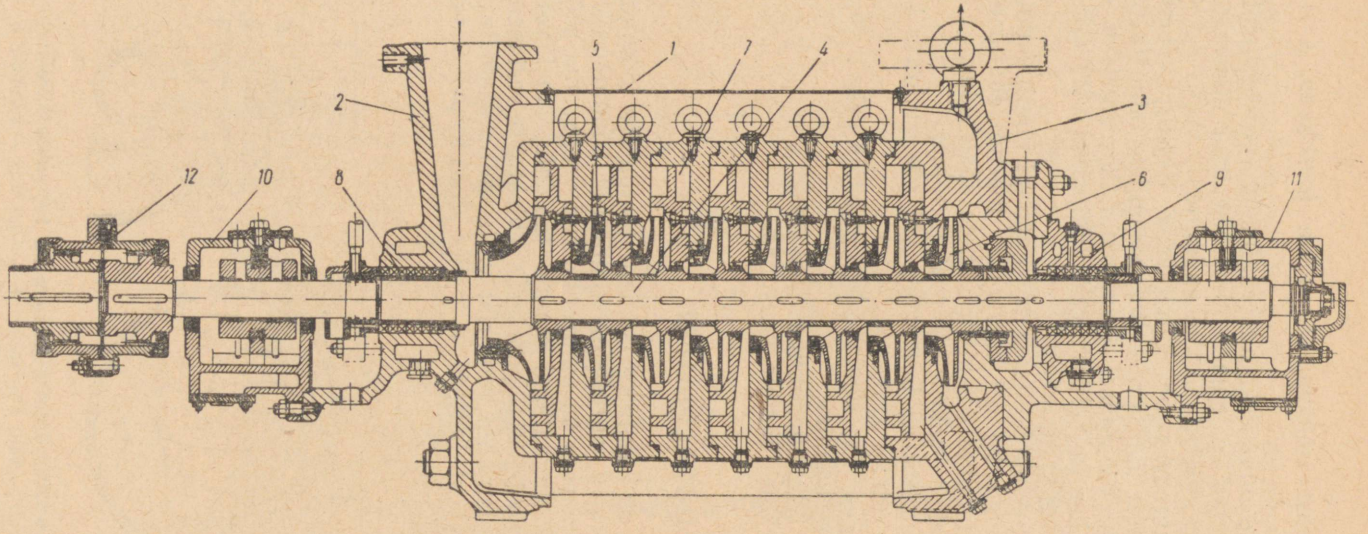
1) pump ei ime korralikult vett. Põhjuseks võib olla:
   a) liiga kuum toitevesi;
   b) imitoru ummistumine või imiklapi kinnijäämine;
   c) imitoru, kolvi või kolvivarda topendi ebatihedus;
   d) suruklappide või klapi-istmete ebatihedus;
   e) pumbakere vaheseinte pragunemine;
2) pumba tootlikkuse langemine või vee andmise katkemine. Põhjuseks võib olla:
   a) võõrkehade sattumine klapi ja istme vahele, mis takistab klapi sulgumist;
   b) klapi väljahüppamine istekohast;
   c) klapi kinnijäämine istekohas.

68. TSENTRIFUGAALPUMBAD

Joonisel 201 on kujutatud tsentrifugaalpumba töötamise skeem. Keres *1* asub võll *2*, millele on kinnitatud labidatega varustatud rootor *3*. Tööolukorras on pump täidetud veega, mis pöörleb koos rootoriga. Tsentrifugaaljõud sunnib labidate vahel vett liikuma võlli poolt väljapoole. Võlli pöörlemisel visatakse vesi tsentrifugaaljõu abil vahetpidamatult rootorist välja, mille asemele tuleb vesi paagist või kaevust imitoru *4* kaudu. Surutorust *5* väljub vesi



Joon. 201. Tsentrifugaalpumba töötamise skeem:
1 — kere; *2* — võll; *3* — rootor; *4* — imitoru; *5* — surutoru; *6* — tihenduspuks.



Joon. 202. Kaheksaastmeline tsentrifugaalpump:

1 — kere; *2* — kaas (imipoolel); *3* — kaas (surupoolel); *4* — võll; *5* — esimese astme tööratas; *6* — viimase astme tööratas; *7* — juhtaparaat; *8, 9* — tihenduspuksid; *10, 11* — laager; *12* — sidur.

veetorustikku. Tsentrifugaalpump annab vett ühtlaselt. Pumba tootlikkus oleneb tema mõõtmetest ja pöörlemiskiirusest. Ühe rootoriga pump arendab rõhku kuni 8 atü. Kõrgema rõhu saamiseks ehitatakse pumbad mitme rootoriga või astmega (joon. 202). Vesi läbib järjekorras kõik astmed, mille juures tema rõhk tõuseb.

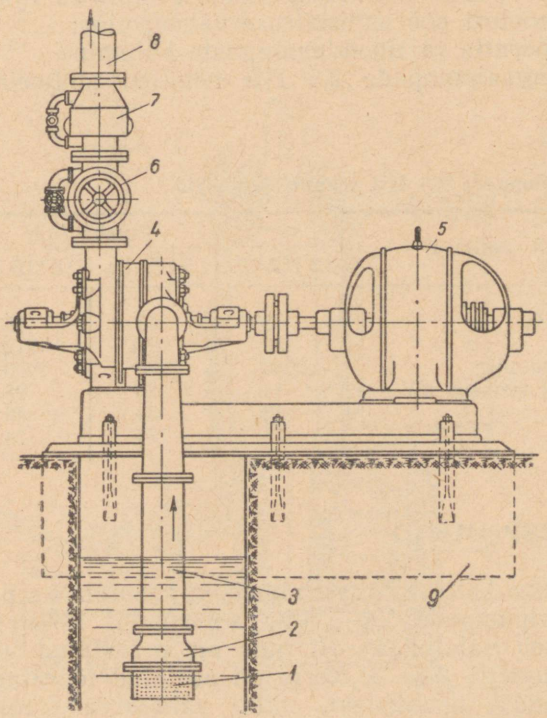
Olenevalt vee temperatuurist ei ületa tsentrifugaalpumba imemiskõrgus järgmisi suurusi:

Vee temperatuur kraadides	0	20	40	60	75
Imemiskõrgus m	6,4	5,8	4,7	2,3	0

Tsentrifugaalpump käivitatakse surutorus oleva klapi suletud seisus. Selliselt võib pump töötada mõned minutid. Sellises seisukorras kestval töötamisel kuumeneb pump ja langeb tööst välja.

Tsentrifugaalpumba ülesseadmine on näidatud joonisel 203.

Tsentrifugaalpumba paremused: töökindlus, kõrge ökonoomsus,



Joon. 203. Tsentrifugaalpumba ülesseadmise skeem:

1 — sõel; *2* — põhjaklapp; *3* — imitoru; *4* — pump; *5* — elektrimootor; *6* — siiber; *7* — tagasilöögiklapp; *8* — surutoru; *9* — vundament.

eriti elektriajami puhul, tootlikkuse kerge reguleerimine, teenindamise lihtsus ja hõlbus ühendamine elektrimootoriga.

Puudustena esinevad: vajadus hoida pump veega täidetult või täita teda enne käivitamist, järsk tootlikkuse langus pumba kulumisel ja rõhu langus tootlikkuse suurenemisel.

Tsentrifugaalpumpade töötamisel peamisteks korratusteks on:

1) pump ei anna vett. Põhjuseks võib olla:
   a) mootori väike pöörlemiskiirus;
   b) pumba ja imitoru täitmata jätmine enne käivitamist;
   c) imitoru põhjaklapi ebatihedus või ummistumine;
   d) õhu sissepääs läbi ebatiheduste imitorru ja pumpa;
2) pumba tootlikkuse langemine. Põhjuseks võib olla:
   a) imitoru ja tihenduspuksi ebatihedus;
   b) tööratta paigaltnihkumine telje suunas;
   c) mootori pöörlemiskiiruse vähenemine;
   d) vee kõrge temperatuur;
3) pump ei anna küllaldast rõhku. Põhjuseks võib olla:
   a) mootori pöörlemiskiiruse vähenemine;
   b) tööratta ja tihendusrõngaste kulumine.

Tsentrifugaalpumpade 2,5 ЦВ tehnilisi andmeid on toodud tabelis 50.

Tabel 50

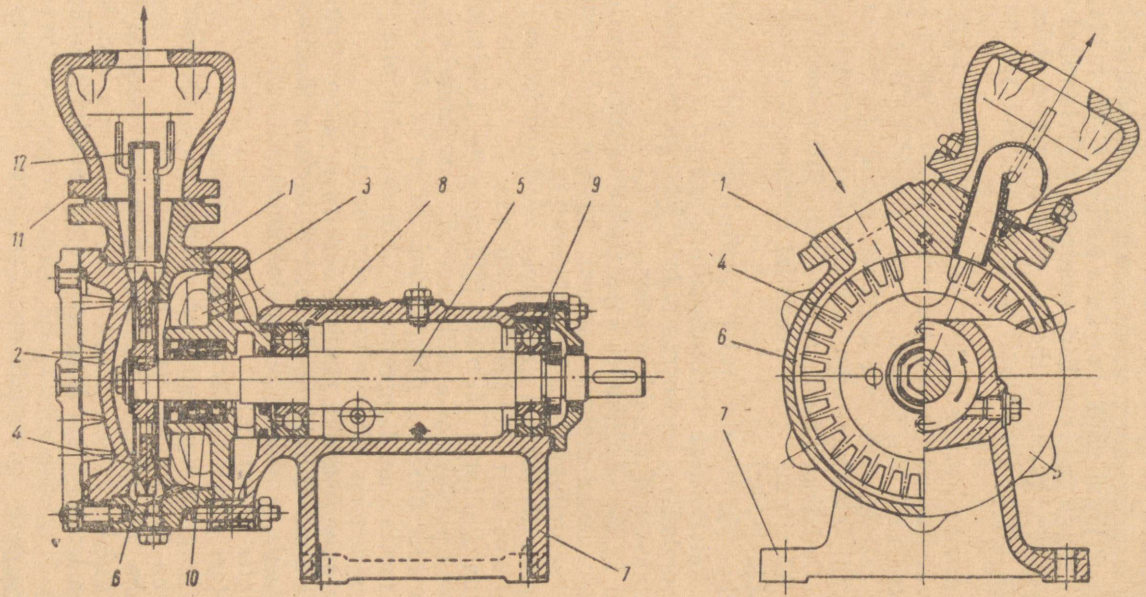
Tsentrifugaalpumpade 2,5 ЦВ tehnilisi andmeid

Põhilised andmed	Pumba tüüp			
	2,5 ЦВ-08	2,5 ЦВ-1,1	2,5 ЦВ-1,3	2.5 ЦВ-1,5
Tootlikkus m^3/h	5	10	15	20
Rõhk kG/cm^2	20	22,4	21,2	20
Pöörete arv minutis	2900	2900	2900	2900
Elektrimootori võimsus kW	14	20	28	40
Kasutegur %	33	34	40	40
Mass kg	74	74	74	74

69. PÖÖRISPUMBAD

Tööstuslike katelde toiteseadmetena kasutatakse peale kolb- ja tsentrifugaalpumpade ka p ö ö r i s p u m p i. Pöörispump (joon. 204) koosneb valatud kerest, mis on varustatud välimise ning sisemise kaanega *2* ja *3*. Kerre on asetatud tööratas *4*. Viimane kujutab endast terasketast, mille välisserva freesitud õnarad kujundavad ratta labidad. Tööratas kinnitatakse võllile *5* kiiluga ning täiendavalt poldi ja seibi abil. Võll toetub kuullaagritele *8* ja *9* ning on varustatud tiheduspuksiga *10*.

Kere sees on kanal *6*, mis ulatub ratta pöörlemise suunas imiavast kuni suruavani. Pumba imipool on surupoolest eraldatud



Joon. 204. Pöörispump:

1 — kere; *2* — välimine kaas; *3* — sisemine kaas; *4* — tööratas; *5* — võll; *6* — kanal; *7* — pumba tugi; *8, 9* — kuullaagrid; *10* — tihenduspuks; *11* — survekuppel; *12* — õhu väljajuhtimise toru.

tihedasti tööratta vastu ulatuva kere osaga, mis katab vähemalt kahte ratta labidat.

Ratta pöörlemisel paisatakse veeosakesed labidate vahelistest õnaratest kanalisse, kusjuures veeosakesed saavad pöörisliikumise.

Pöörispumbad jagunevad iseimevateks ja mitteiseimevateks. Iseimevad pumbad suudavad käivitamisel imeda vett juurde 4—6 m sügavuselt, ilma et pumba imitoru oleks veega täidetud. Veega täita tuleb ainult pumba kere, kui see on veest tühi.

Iseimevad pumbad varustatakse surveklapiga *11*, millesse on asetatud õhu väljajuhtimise toru (separaator) *12*. Pumba käivitamisel paisatakse vesi kui raskem vastu toru välisseina, kust ta valgub tagasi rattale; õhk toru keskosast juhitakse pumba surutorru. See kordub seni, kuni kogu õhk on pumba imitorust eemaldatud; peale selle hakkab pump andma vett. Mitteiseimeval pumbal tuleb enne käivitamist täita veega ka imitoru, mis peab olema varustatud põhjaklapiga.

Enne pumba käivitamist tuleb kontrollida võlli pöörlemist käsitsi. Pump käivitatakse surutoru siibri avatud seisus. Pumba seiskamiseks suletakse järjekorras siibrid imi- ja surutorul ning seejärel lülitatakse välja elektrimootor.

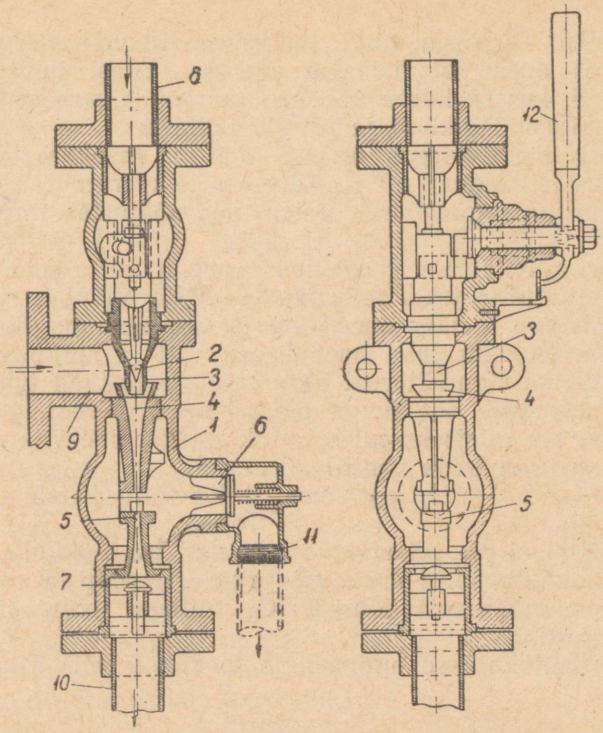
Kõrgematel katla töörõhkudel kasutatakse tsentrifugaalpööris-pumpi, mis koosnevad kahest astmest, kusjuures esimene aste on varustatud tsentrifugaal-, teine pöörisrattaga.

Pöörispumpade töötamisel peamisteks korratusteks on:

1) pump ei ime vett. Põhjuseks võib olla:
   a) pumba (imitoru) täitmata jätmine enne käivitamist;
   b) imitoru põhjaklapi ebatihedus või ummistumine;
   c) liiga suur õhuvahe pumba tööratta ja kaane vahel;
2) pumba tootlikkuse langemine. Põhjuseks võib olla:
   a) õhu sissepääs läbi imitoru ebatiheduste;
   b) liiga suur õhuvahe pumba tööratta ja kaane vahel.
3) pump ei anna küllaldast rõhku. Põhjuseks võib olla:
   a) kaitseklapi mitte õige reguleerimine;
   b) tööratta kulumine;
   c) mootori pöörlemiskiiruse vähenemine;
4) pumba laagrite kuumenemine. Põhjuseks võib olla:
   a) pumba ja mootori halb tsentreerimine;
   b) pumba või mootori kinnituspoltide lõdvenemine, kiilude lahtitulek;
   c) halva kvaliteediga laagrimääre või puudulik määrimine.

70. INŽEKTORID

Joonisel 205 on kujutatud auruinžektor, mis koosneb kerest *1*, aurudüüsist *3*, segamisdüüsist *4*, survedüüsist *5*, käivitusklapist *2* käepidemega *12*, signaalklapist *6* ja tagasilöögiklapist *7*.



Joon. 205. Inžektor:

1 — kere; *2* — käivitusklapp (auru); *3* — aurudüüs; *4* — segamisdüüs; *5* — survedüüs; *6* — signaalklapp; *7* — tagasilöögiklapp; *8* — aurutoru; *9* — imitoru; *10* — surutoru; *11* — signaaltoru; *12* — käivitusklapi käepide.

Toru *8* kaudu juhitakse katlast inžektorisse küllastunud aur. Toru *9* kaudu imetakse vesi sisse ja toru *10* kaudu juhitakse vesi katlasse. Signaaltoru *11* ja signaalklapp *6* on vajalikud inžektori käivitamisel.

Inžektor kujutab jugapumpa. Düüsi abil muudetakse auru potentsiaalne energia liikumisenergiaks, mis antakse aurult üle toiteveele.

Inžektori käivitamiseks pööratakse käepidet *12*, millega tõstetakse üles auruklapp *2* ja lastakse aurul voolata katlast aurudüüsi *3*. Siin aur paisub: tema rõhk väheneb, maht suureneb ja aur saavutab teatava kiiruse. Suundudes düüsist *3* segamisdüüsi *4*, võtab aur kaasa vett ja seguneb viimasega. Seejuures tekib segamiskoonuse ees hõrendus ja atmosfääri rõhul tungib vesi toru *9* kaudu inžektorisse. Auru kondenseerumise tagajärjel segamisdüüsis tekib vaakuum, mis põhjustab omalt poolt vee kiiruse suurenemist. Seega saavutatakse auru kondenseerumise arvel vee lii-

kumine sellise kiirusega, mille juures vee liikumisenergia ületab katlas oleva auru potentsiaalse energia. Edasi juhitakse vesi survedüüsi *5*, kus ta kiirus väheneb ja rõhk tõuseb sedavõrd, et vesi avab tagasilöögiklapi ja tungib katlasse.

Inžektori imemiskõrgus on 1,5—2,5 m. Inžektor töötab vee temperatuuri juures kuni 60° C. Kõrgema temperatuuri korral hakkab vesi auruga segunemisel keema, mis põhjustab imemise katkemist.

Inžektori käivitamisel ei kondenseeru aur mitte kohe segamisdüüsis *4*, mille tõttu tekib selle taga ülerõhk. Viimase mõjul avaneb signaalklapp *6* ning auru, õhu ja vee segu tungib signaaltorust välja. Kui aur juba imeb kaasa vett ja surub välja õhu, katkeb väljavool signaaltorust ning inžektor hakkab juhtima vett katlasse, mida võib ära tunda omapärasest mürast.

Inžektori seiskamiseks tuleb auruklapi käepide viia tööseisust käivitusseisu ja sulgeda ventiil aurutorul.

Inžektoritel on suur tootlikkus, mille tõttu katelt toidetakse vaheaegadega.

Inžektoritel ei ole liikuvaid osi ja nad on töökindlad. Nende töötamiseks kulub palju auru, mis aga ei moodusta soojuskadu, kuna aur soojendab vett (kuni 90° C), millega soojus suunatakse katlasse tagasi.

Inžektorite tehnilised andmed on toodud tabelis 51.

Tabel 51

Inžektorite tehnilisi andmeid

Inžektori number	Tootlikkus l/min	Aurutoru läbimõõt mm	Veetoru läbimõõt mm	Inžektori number	Tootlikkus l/min	Aurutoru läbimõõt mm	Veetoru läbimõõt mm
1	4	10	10	6	50	35	35
2	7,5	13	13	7	65	35	35
3	12,5	13	13	8	82	40	40
4	25	25	25	9	98	40	40
5	37,5	25	25	10	120	40	45

Inžektorite töötamisel peamisteks korratusteks on:

1) inžektor ei hakka töötama. Põhjuseks võib olla:
   a) inžektori kuumenemine auruventiili läbilaskmise tõttu;
   b) madal auru rõhk katlas;
   c) õhu sissepääs imitorru;
   d) kõrge vee temperatuur;
   e) inžektori koonuste kulumine;
2) veeandmise katkemine. Põhjuseks võib olla:
   a) veetaseme langemine toitereservuaaris, mille tagajärjel õhk pääseb imitorru;

b) imitoru ebatihedus;
c) auru rõhu langus katlas;
d) võõrkehade sattumine inžektori koonuste või signaalklapi vahele;
e) inžektori kere või toitevee kuumenemine.

71. TOITESEADMETE ARV JA TOOTLIKKUS

Statsionaarsete elektrijaamade aurukatelde toitepumbad peavad vastama järgmistele nõuetele.

Elektripumpade arv ja tootlikkus peab olema valitud nii, et mis tahes pumba seismajäämisel kindlustaksid töösse jäänud pumbad katlamaja kõikide katelde (välja arvatud reservkatel) töötamise nimivõimsusega.

Peale elektripumpade peavad olema üles seatud reservaurupumbad järgmistel juhtudel:

a) kui elektrijaam töötab iseseisvalt, s. t. pole lülitatud teiste jaamadega ühisesse süsteemi ega tööta nendega paralleelselt;

b) kui katlamajas kasutatakse kütuse kambrispõletamist ja katelde trumleid köetakse otse kuumade gaasidega;

c) kui katlamajas kasutatakse kütuse kihispõletamist.

Seejuures peab reservpumpade võimsus kindlustama katelde töötamise poole nimikoormusega.

Pidevalt töötavate toiteseadmetena on lubatud kasutada ka aurupumpasid, mille võimsus peab vastama eelnimetatud elektripumpade võimsusele. Sel juhul pole reservpumpade ülesseadmine kohustuslik.

Kuni 2500 kW võimsusega uute statsionaarsete elektrijaamade katelde toitepumbad peavad vastama järgmistele nõuetele:

a) kui katlamajas on üks katel, tuleb üles seada üks elektripump ja üks aurupump, mille kummagi võimsus on vähemalt 120% katla nimivõimsusest;

b) kui katlamajas on mitu eraldi toidetavat katelt, tuleb igale katlale üles seada üks elektripump ja üks aurupump, mille kummagi võimsus on vähemalt 120% katla nimivõimsusest;

c) kui katlamajas on mitu katelt, mida toidetakse ühisest toiteseadmest, tuleb üles seada kaks aurupumpa või kaks elektripumpa ja üks reservaurupump. Seejuures peab iga pumba võimsus olema vähemalt 120% katelde summaarsest nimivõimsusest.

Tööstuslike aurukatelde toitmiseks tuleb üles seada vähemalt kaks üksteisest sõltumatult töötavat pumpa, millest üks peab olema aurupump. Lubatav on kasutada ka mõlema toitepumbana aurupumpasid. Seejuures peab kummagi pumba võimsus olema vähemalt 120% töötavate katelde summaarsest nimivõimsusest.

Kolme või enama toitepumba puhul peab:

a) kõige võimsama pumba ajutisel seismajäämisel olema üle-

jäänud pumpade võimsus selline, et nende tootlikkus vastaks kõikide töötavate katelde 120% nimivõimsusele;

b) aurupumpade tootlikkus olema vähemalt 120% kõikide töötavate katelde nimivõimsusest.

Aurupumpade asemel võib kasutada sama palju ja võimsusega inžektoreid. Aurupumba või inžektori asendamist elektripumba või mingi muu pumbaga võib lubada ENSV Riiklik Tehniline Inspektsioon, kes antud juhul täidab NSV Liidu Riikliku Mäejärelevalve ja Tehnilise Komitee kohaliku organi ülesandeid.

Väikestel aurukateldel, mille töörõhk ei ületa 4 atü ja tootlikkus 500 kg/h, lubatakse reservpumbana kasutada käsipumpa, mida omakorda võib asendada veetorustik tingimusel, et rõhk torustikus oleks katla juures vähemalt 1,5 at võrra kõrgem kui lubatav töörõhk katlas.

Kuni 4 atü töörõhuga ja kuni 150 kg/h tootlikkusega aurukatelde toitmiseks lubatakse kasutada ühte pumpa, seejuures ka käsipumpa.

Ühisel veemagistraalil töötavatel toitepumpadel peavad olema paralleeltöötamist võimaldavad karakteristikud.

Igal toitepumbal peab olema sildike, kus on märgitud pumba valmistanud tehas, valmistusaasta, tehase number, nimitootlikkus, pöörete arv (tsentrifugaalpumpadel), rõhk nimikoormusel ning auru rõhk ja temperatuur (aurupumpadel).

Kui pumbal puudub tehase pass, tuleb pumba tootlikkus ja rõhk määrata katseliselt. Sama tuleb teha ka pärast pumba igakordset kapitaalremonti.

Kui toitepumbad asuvad väljaspool katlamaja, peab katlamaja ja pumbaruumi vahel olema kas otsene telefoni- või mingi muu side.

Kütuse kihispõletamisega kateldel tootlikkusega 4 t/h või enam ja mis tahes põletamisviisiga, kuid gaasidega kuumutatavate trumlitega kateldel peab olema kaks üksteisest sõltumata toiteliini. Kummagi toiteliini läbilaskevõime peab tagama katla normaalse tootlikkuse pluss veekulu katla läbipuhumiseks.

Toiteliinidel peab iga katla juures olema reguleerimisseade (ventiil, siiber, klapp). Uued ülesseatavad katlad aurutootlikkusega 2 t/h või enam, samuti ekspluatatsioonis olevad katlad aurutootlikkusega 20 t/h või enam tuleb varustada automaatsete toiteregulaatoritega.

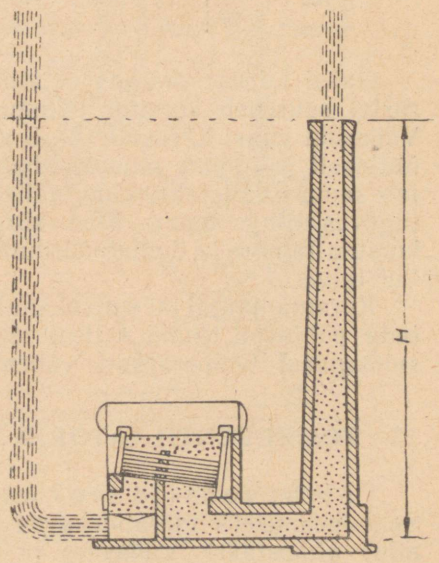
XIII. TÕMBE- JA ÕHUPUHUMISSEADMED

72. KORSTEN

Loomulikku tõmmet, mis saadakse korstna abil, kasutatakse suhteliselt väikestes ja lihtsates katlamajades, kus kasutatavatel katelseadmetel puuduvad ökonomaiserid ja õhueelsoojendid, kus gaaside ja õhu kiirused on väikesed ning seetõttu ka gaasikäikude takistus väike.

Suurtes ja keerulisemates seadmetes, mis on varustatud ökonomaiserite ja õhueelsoojenditega, suureneb gaasikäikude takistus tunduvalt ja seetõttu ei kindlusta korsten enam vajalikku tõmmet. Sel puhul kasutatakse kunstlikku tõmmet, mis tekitatakse tõmbeventilaatoritega.

Loomulik tõmme tekib korstna kõrgusega võrdse välisõhu samba ja korstnas olevate kuumade suitsugaaside samba kaalude vahe tõttu (joon. 206). Külm välisõhk kui tihedam (raskem) surub



Joon. 206. Loomuliku tõmbe skeem.

kuumad suitsugaasid katla gaasikäikudest ja korstnast välja. Loomuliku tõmbe suuruse võib arvutada valemiga

$$p = H(\gamma_{kõ} - \gamma_{sg}) \text{ kG/m}^2 \text{ (mm vs)},$$

kus $\gamma_{kõ}$ — külma õhu tihedus kg/m³,
γ_{sg} — suitsugaaside tihedus kg/m³,
H — korstna kõrgus m.

Loomulik tõmme sõltub korstna kõrgusest ja suitsugaaside temperatuurist (vt. tab. 52) ning on seda suurem, mida kõrgemad on korsten ja suitsugaaside temperatuur.

Peale tõmbe tekitamise on korstna ülesandeks veel suitsugaaside juhtimine atmosfääri kõrgematesse kihtidesse.

Korstna tipuava läbimõõt valitakse normaalselt mitte alla 600 mm, terasplekist korstnate puhul mitte alla 300 mm.

Tabel 52

Tõmbe tugevus sõltuvalt korstna kõrgusest ja suitsugaaside temperatuurist

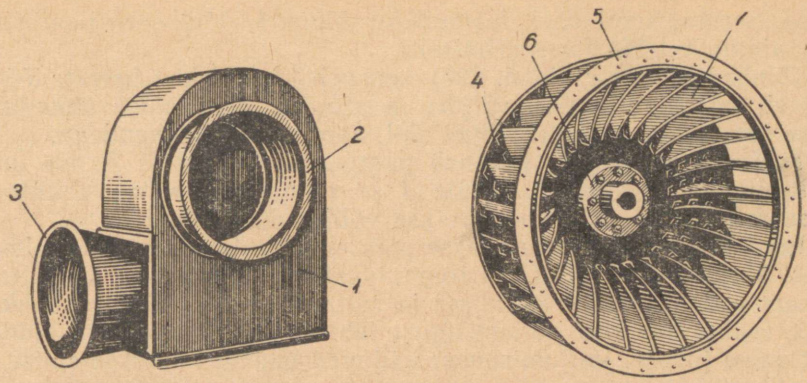
Korstna kõrgus m	Hõrendus korstnajalas mm vs suitsugaasi temperatuuril		
	150° C	200° C	250° C
20	8	10	12
30	13	15	17
40	16	20	23
50	20	25	29
60	24	30	35
80	32	40	46
100	40	50	58

Gaasi kiirus korstnas ei tohi ületada 8—10 m/s. Suurtel kiirustel suureneb korstna takistus tunduvalt ja halveneb tõmme. Väikestel gaasi kiirustel (2—3 m/s) ei voola gaas kogu ristlõikes ühtlaselt ja tõmme muutub ebakindlaks. Korstna töötamist mõjutab samuti välisjahtumine, välisõhu temperatuuri muutus ja tuule tugevus ning suund. Õhu kõrge temperatuuri puhul halveneb korstna tõmme ja ümberpöördult. Seetõttu on tõmme suvel halvem kui talvel.

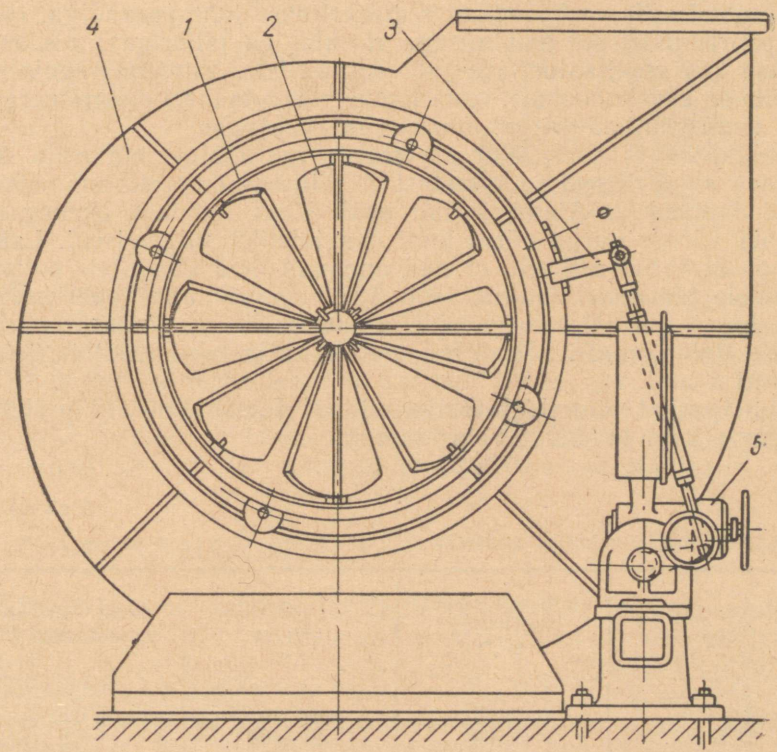
Korstna jalga ja suitsukanalisse («rebasekäiku») ei tohi sattuda põhjavett, kuna sellest tekkiv veeaur koormab korstnat ja suitsugaasi temperatuuri vähendades halvendab tõmmet.

73. TÕMBEVENTILAATORID

Tõmbeventilaator asetatakse katla ja korstna vahele. Selle peamiseks ülesandeks on suurtes seadmetes gaaside juhtimine atmosfääri. Väikestes ja keskmistes katlamajades kasuta-



Joon. 207. Tõmbeventilaator:
1 — kere; *2* — imituts; *3* — suitsutoru; *4* — rootori ketas; *5* — rõngas; *6* — rumm; *7* — labidas.



Joon. 208. Juhtaparaat tõmbeventilaatori jõudluse reguleerimiseks:
1 — kest; *2* — pööratavad labidad; *3* — ajam; *4* — tõmbeventilaatori kere; *5* — kaugjuhtimise kolonn.

takse normaalkoormusel loomulikku tõmmet, tõmbeventilaatorit aga ainult katelde forsseerimisel.

Tõmbeventilaator (joon. 207) koosneb teraplekist kerest, tööratast, mis kinnitatakse võllile, ja alusest. Ventilaator ühendatakse mootoriga vahetult siduri abil, harvem rihmülekandega.

Tööratas ehk rootor koosneb painutatud labidatest *7*, mis on needitud või keevitatud kettale *4* ja rõngale *5*. Ketas kinnitatakse rummule *6*, mis ühendatakse võlliga kiilu abil.

Rootori pöörlemisel pannakse pöörlema ka labidate vahel olev gaas. Seejuures tekkiva tsentrifugaaljõu poolt visatakse gaas ratta ja kere vahel olevasse kanalisse ja ratta sisemuses tekib alarõhk, mille toimel imetakse suitsukäigust läbi ventilaatori imiava pidevalt gaasi juurde. Väljumisavast väljuvad gaasid juhitakse suitsukanalit mööda korstnasse.

Tööratas ja eriti labidad valmistatakse lendtuha kulutava mõju tõttu massiivsemad kui õhuventilaatorite omad. Tõmbeventilaatori laagrid valmistatakse vesijahutusega.

Tõmbeventilaatori jõudlust reguleeritakse juhtaparaadiga, rootori pöörlemiskiiruse muutmisega või klapiga (siibriga), mis asetatakse kas ventilaatori imi- või surupoolele. Viimane reguleerimisviis on ebaökonoomne, kuna tõmbe vähendamisel elektrienergia kulu tõmbeventilaatori käitamiseks muutub vähe.

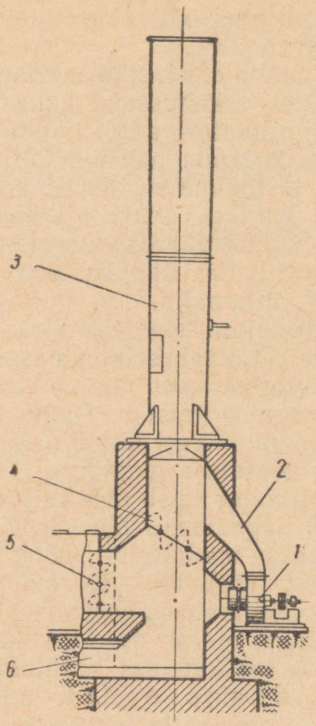
Juhtaparaat (joon. 208) asetatakse ventilaatori imitorule. Ta koosneb silindrilisest teraskestast *1*, millesse on asetatud pööratavad labidad *2*. Ajami *3* abil saab kõiki labidaid üheaegselt pöörata võrdse nurga võrra kuni ava täieliku sulgemiseni. Labidad on asetatud selliselt, et nad annavad neid läbivatele suitsugaasidele tõmbeventilaatori rootoriga samasuunalise pöörlemise. Selle tagajärjel väheneb gaaside sisenemistakistus tõmbeventilaatorisse. Juhtaparaati käitatakse eemalt, katla juhtimiskilbilt juhtkolonni *5* abil.

Juhtaparaat võimaldab tõmbe sujuvat reguleerimist ning elektrienergia kulu tunduvat vähendamist.

Tabel 53

Tõmbeventilaatorite tehnilisi andmeid

Tõmbeventilaatori tüüp	Tõmbeventilaatori tootlikkus m^3/h	Rõhk mm vs	Elektrimootori nimivõimsus kW
Д-8	8000	40—100	2,2
Д-10	13000	40—100	7,5
Д-12	20000	40—100	18
Д-13,5	35000	70—150	22
Д-15,5	50000	70—250	58



Joon. 209. Tõmbeventilaatori ülesseadmise skeem:
1 — tõmbeventilaator; *2* — difuusor; *3* — korsten; *4*, *5* — pööratavad klapid; *6* — lõõr lendtuha ja tahma eemaldamiseks.

Joonisel 209 on näidatud tõmbeventilaatori ülesseadmise skeem väikeses katlamajas. Pööratavate klappide *4* ja *5* abil on võimalik juhtida suitsugaasid kas läbi tõmbeventilaatori või otse korstnasse.

Tõmbeventilaatorite tehnilisi andmeid on toodud tabelis 53.

Ventilaatori pöörlemiskiirust suurtes agregaatides muudetakse elektromagnetilise või hüdraulilise siduri abil. Elektrimootori pöörlemiskiirus alalisvoolu puhul on reguleeritav reostaadiga.

74. ÕHUPUHUMISSEADMED

Kütuse kihispõletamisel juhitakse põlemisõhk koldesse peamiselt altõhuna ja täiendavalt pealtõhuna. Altõhk juhitakse koldesse läbi resti ja restil oleva kütusekihi. Resti ja kütusekihi takistuse ületamiseks tuleb altõhk läbi resti ja kütusekihi imeda kas korstna loomuliku tõmbe või tõmbeventilaatori toimel või suruda altõhuventilaatoriga. Korstna loomulikku tõmmet resti takistuse ületamiseks kasutatakse väiksemate seadmete puhul, kuna suuremad seadmed töötavad peamiselt altpuhumisega.

Altõhu rõhk sõltub kütusekihi tihedusest, tera jämedusest, kihi

paksusest ning põletamise intensiivsusest ja kõigub resti all piires 30—100 mm vs.

On küllaldane, kui altõhu rõhk võrdub ligikaudu resti ja kütusekihi takistusega, kuna suitsukäikude takistus ületatakse tõmbeventilaatoriga või korstna abil. Näiteks on Lomšakovi resti takistus 200 mm paksuse kütusekihi puhul ligikaudu 35 mm vs. Altõhk ja tõmme reguleeritakse nii, et kolde ülaosas (enne torukimpu) valitseks väike alarõhk (0,5—1 mm vs). Suurem alarõhk tekitab külma väärõhu imemist koldesse, mis mõjub halvendavalt kolde režiimile, ülerõhk aga põhjustab suitsugaaside sattumist koldest katlamajja.

Õhu jaotamiseks jagatakse suuremad restid ristsuunaliste õhukindlate plekkvaheseintega tsoonideks. Igasse tsooni suubub üldisest õhutorust haru, mis on varustatud klapiga tsooni antava õhuhulga reguleerimiseks. Õhutorustik varustatakse peale nimetatud tsooniklappide veel ühe üldklapiga, mis hõlbustab seadme teenindamist koormuse muutmisel.

Ventilaator imeb õhu katlamajast ja annab ta resti alla vahetult või sagedamini õhueelsoojendi kaudu. Altõhuventilaatoritena kasutatakse madalrõhu- (rõhk kuni 100 mm vs) ja keskrõhuventilaatoreid (rõhk 100—300 mm vs).

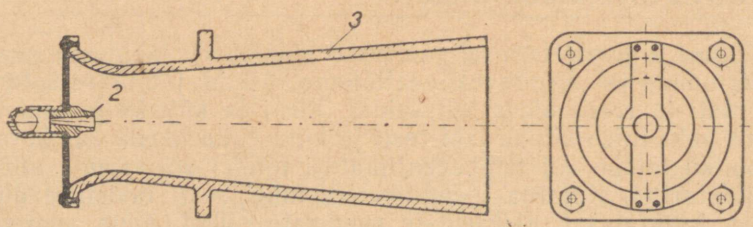
Õhuventilaatorid sarnanevad oma ehituselt üldiselt tõmbeventilaatoritega; rootori osad on õhemad ja laagrid vesijahutuseta.

Väikestes kateldes kasutatakse altõhu andmiseks ka *auru-õhupuhumisseadet*, kuid madala kasuteguri ja suure aurukulu (5—10% katla aurutoodangust) tõttu pole nimetatud seadme rakendamine otstarbekas.

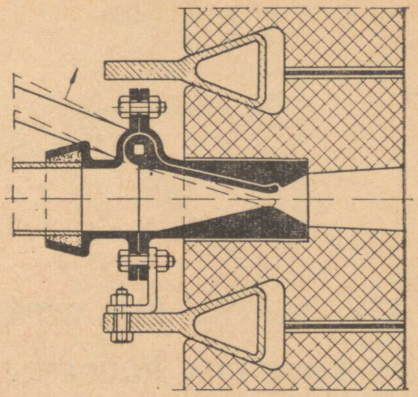
Auru-õhupuhumisseade (joon. 210), mis asetatakse resti alla, koosneb malmist juhtkoonusest *3* pronksdüüsiga *2*, millesse juhitakse toru *1* kaudu auru. Düüsist suure kiirusega väljuva aurujoa poolt imetakse õhk kaasa. Õhu rõhk resti all võib tõusta kuni 40—50 mm vs.

Auru-õhupuhumisseadme käivitamiseks tuleb avada auruventiil, lasta aur düüsi ja seejärel avada juhtkoonuse õhuregister.

Vanematüübiliste ventilaatorite kasutegur on 45—55%. Viima-



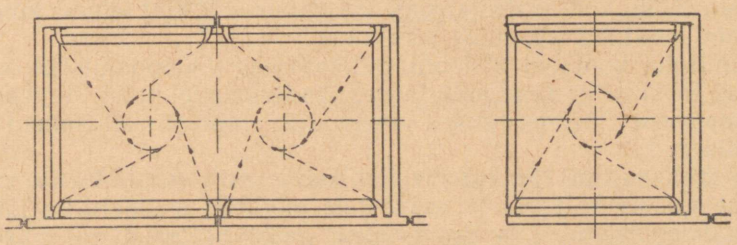
Joon. 210. Auru-õhupuhumisseade:
1 — aurutoru; *2* — düüs; *3* — juhtkoonus.



Joon. 211. Pealtõhu reguleerimise düüs.

seil aastail on NSV Liidu konstruktorite poolt välja töötatud uuetüübilised ventilaatorid, mille kasutegur ulatub 68—75%-ni.

Pealtõhku juhitakse koldesse pealtõhu-ventilaatori abil pilude või reguleeritavate düüside (joon. 211) kaudu, mis asetsevad tavaliselt ühtlaste vahedega üle kolde laiuse. Õhk väljub piludest suure kiirusega (50—70 m/s). Põlemise reguleerimiseks varustatakse piludesse suubuvad õhutorud reguleeritavate siibritega. Viimasel ajal on võetud kasutamisele pealtõhu puhumine



Joon. 212. Pealtõhu juhtimine koldesse tangentsiaalselt.

koldenurkadest (joon. 212) tangentsiaalselt, mille tulemusena tekivad koldes keerised ja intensiivne põlemisgaaside segunemine õhuga. Pealtõhk võetakse kas üldisest õhueelsoojendist tulevast õhutorust või katlamüüritises olevaist jahutuskanaleist. Pealtõhuventilaator peab arendama rõhku ligikaudu 200—450 mm vs.

XIV. SUITSU PUHASTAMINE LENDTUHAST

75. LENDTUHA PÜÜDESEADMETE JAOTUS. MEHAANILISED PÜÜDESEADMED

Elektrijaamades ja tööstusettevõtetes kasutatakse laialdaselt tuharikast kütust. Kaasaegsete põletamisviiside juures paisatakse suur osa tuhka korstna kaudu atmosfääri, mille tagajärjeks on atmosfääri saastamine ja rahvamajandusele kahju tekitamine. Tuhaosakesed kahjustavad inimeste tervist, suurendavad mehhanismide kulumist, põhjustavad ülelööke kõrgepingeliinide isolaatoritel jne.

Atmosfääri õhu saastamise vähendamiseks on suitsugaaside puhastamisel oluline tähtsus. Kõrgete korstnate ehitamine vähendab lendtuha kontsentratsiooni maapinna lähedal õhus, kuid ei lahenda lendtuha küsimust tervikuna.

Lendtuha kontsentratsiooni radikaalseks vähendamiseks kasutatakse tööstuslike seadmete juures lendtuha püüdmist. Selleks on rakendatavad mitmesugused meetodid, millest tähtsamad on järgmised:

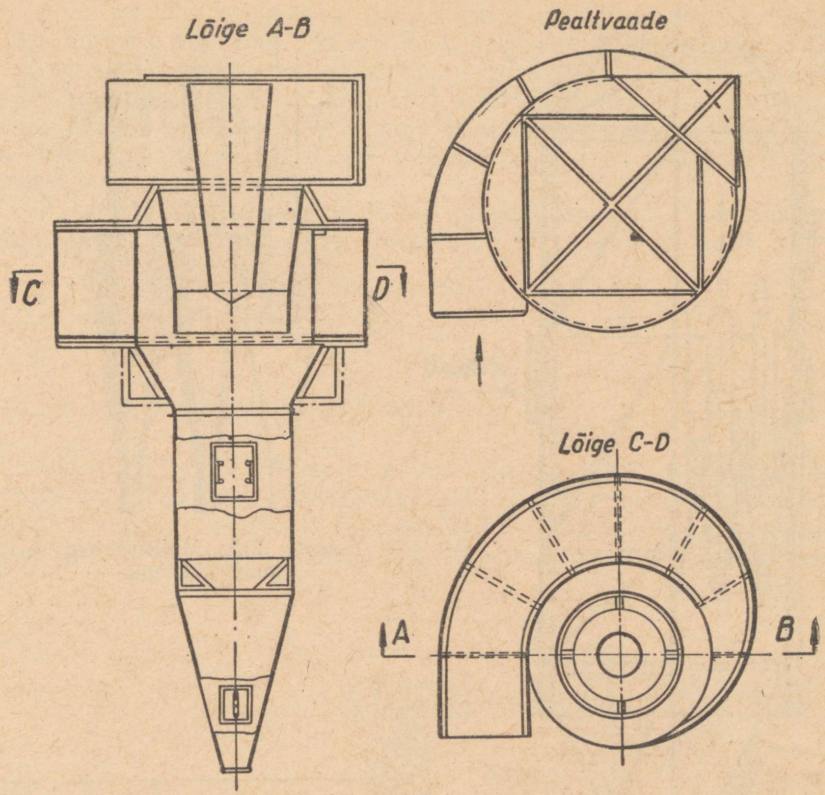
1) mehaaniline ehk kuivmeetod, kus gaasi puhastamiseks kasutatakse gaasis hõljuvatele osakestele mõjuvat mehaanilist jõudu;

2) märgmeetod, kus kasutatakse gaasi pesemist või gaasiga kokkupuutuvate pindade märgamist;

3) elektriline meetod, kus gaasi puhastamine toimub elektriväljas laetud osakeste ja elektroodide vahelise jõu mõjul.

Mehaanilistest seadmetest on kasutusel t s ü k l o n i d, kus gaasile antakse spiraalne liikumine, mille juures hõljuvad osakesed eralduvad tsentrifugaaljõu mõjul. Tsüklonid on lihtsad, töökindlad, kerged ja odavad. Soodsate ekspluatatsioonitingimuste ja keskmise tõmbekao juures (50—80 mm vs) ei ületa nende püüdevõime 65—70%. Seetõttu võib tsükloneid kasutada nendes kohtades, kus gaaside hea puhastamine ei ole tingimata vajalik.

Tsükloni kasutegur sõltub gaasis leiduvate tuhaosakeste suurusest ja väikeste osakeste rohkusest. Kui väikesi osakesi on palju, langeb tsükloni kasutegur tunduvalt. Maksimaalne puhastusvõime



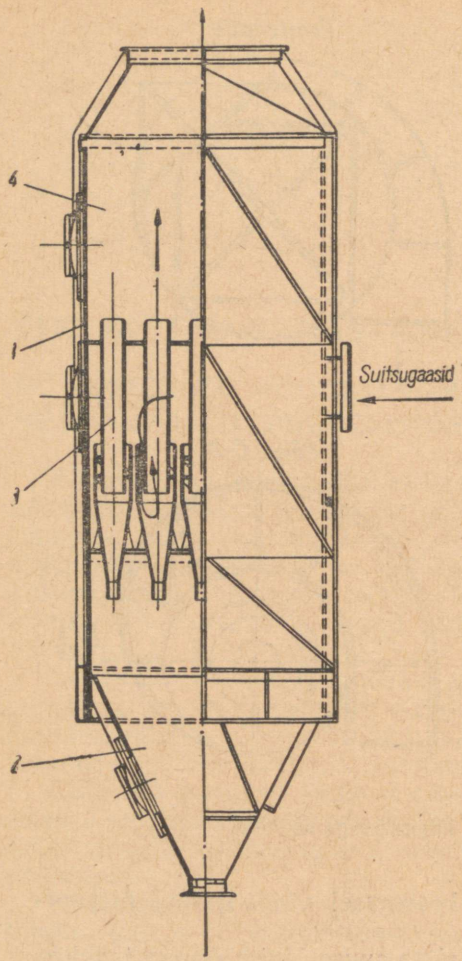
Joon. 213. Suure läbimõõduga tsüklon.

esineb ainult katla normaalsel koormusel või väikesel ülekoormusel.

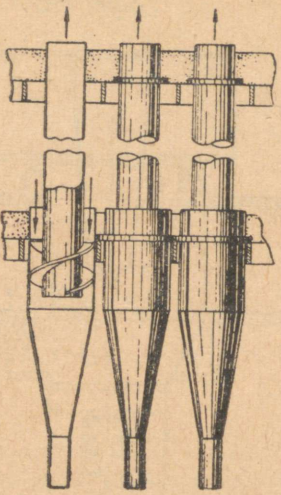
Joonisel 213 on kujutatud tavaline suure läbimõõduga tsüklon. Tsükloni püüdevõime suureneb tema läbimõõdu vähenemisega. Seepärast on otstarbekas asendada suured tsüklonid vastava arvu väiksemate, 100—400 mm läbimõõduga tsüklonitega, multitsüklonitega. Joonisel 214 on näidatud patareiks koondatud multitsüklonid.

Üksiku multitsükloni konstruktsioon on toodud joonisel 215. Multitsüklonite katsetamisel on saavutatud puhastusvõime kuni 95%, mis aga tegelikkudes ekspluatatsioonitingimustes väheneb kuni 70%-ni.

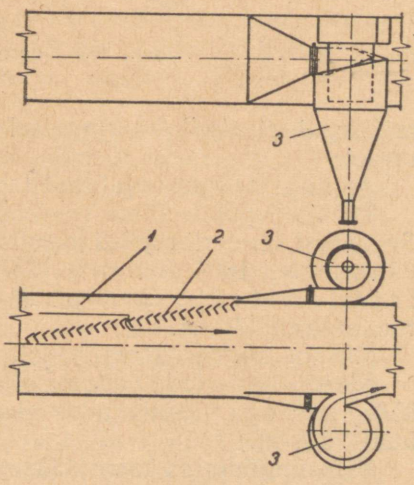
Žalusiipüüdjates kasutatakse gaasi puhastamiseks tuhaosakeste inertsjõudu. Püüdjate ülesandeks on lahutada gaasivool kaheks osaks, kusjuures suurem osa gaasi (90%) oleks tuhast puhastatud, kuid väiksem osa (10%) sisaldaks praktiliselt kogu tuhahulga.



Joon. 214. Multitsükloni patarei:
1 — kere; *2* — tuhapunker; *3* — suitsugaasi sisenemiskamber; *4* — puhastatud gaasi kamber.



Joon. 215. Multitsükloni konstruktsioon.



Joon. 216. Žalusiipüüdja konstruktsioon:
1 — suitsukäik; *2* — žalusii; *3* — tsüklon.

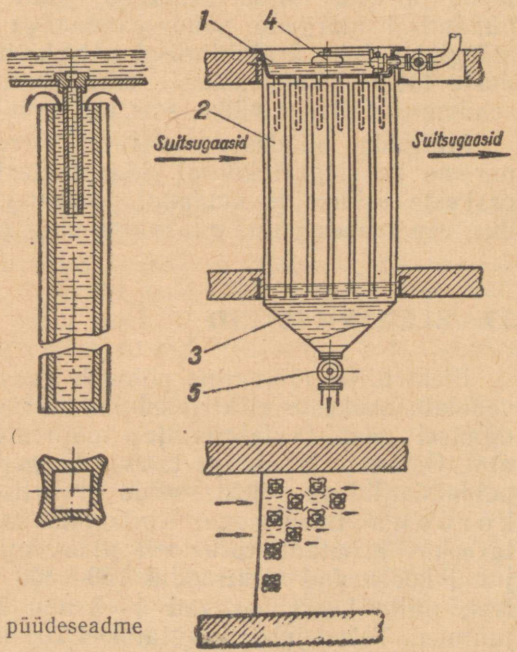
Joonisel 216 on skemaatiliselt kujutatud žalusiipüüdjate konstruktsioon ja montaaž. Gaasivoolus leiduvad tuhaosakesed püüavad gaasivoolu suuna muutumisel säilitada oma liikumissuunda, põrkavad plaatidele ja liiguvad edasi peamisele gaasivoolule vastupidises suunas. Selle tagajärjel vabaneb gaas piludest läbiminekul suurest osast tuhast. Väiksem osa suure tuhasisaldusega gaasi juhitakse tsüklonisse.

Žalusiipüüdja kasutegur sõltub gaasi kiirusest ja tuhaosakeste suurusest. Katsetamisel on saavutatud järgmisi tulemusi:

tuhaosakeste suurus mikronites	75	35	15	5
kasutegur %	95	50	17	8

76. MÄRJAD PÜÜDESEADMED

Märgade püüdeseadmete puhul viiakse gaas kokkupuutesse vedelikuga kas gaasi piserdamise teel või märgade pindade moodustamisega gaasivoolus. Joonisel 217 on kujutatud märgade pindadega püüdeseadme skeem, kus tuhaosakeste püüdmiseks kasu-



Joon. 217. Märgade pindadega püüdeseadme töötamise skeem:
1 — ülemine reservuaar; *2* — malmtoru; *3* — alumine reservuaar; *4* — ujuk; *5* — väljalaskekraan.

tatakse nende kineetilist energiat. Püüdeseade koosneb nõgusa välispinnaga kandilistest malmtorudest. Parema kokkupuute saamiseks gaaside ja veekihi vahel asetsevad torud seadmes malekorras. Vesi voolab ülemisest reservuaarist malmtorudesse ja sealt üle ääre õhukese kihina toru välispinda mööda alumisse reservuaari, võttes kaasa toruseinale kleepunud tuhaosakesed. Veeseisu vajalikul kõrgusel hoidmiseks on ülemine reservuaar varustatud ujukiga ja alumine reservuaar kraaniga.

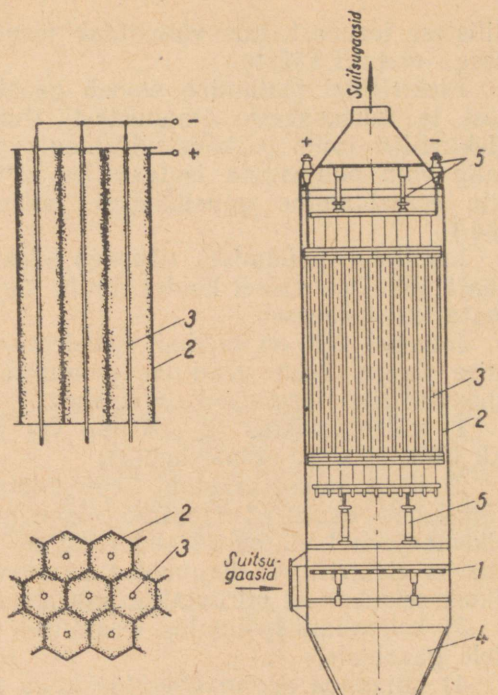
Paljudel juhtudel kasutatakse tuhaosakeste paremaks kokkujuhtimiseks vedelikuga tsentrifugaaljõudu, kusjuures gaasist eralduvad osakesed langevad märgadele pindadele, mis takistavad neid gaasivoolu tagasi pöördumast. Märgade püüdeseadmete kasuteguri tõstmiseks kasutatakse gaasi jahutamist kuni gaasis leiduva vedeliku kondenseerumistemperatuurini, mille juures vedelik sadestub ka kõige väiksematele gaasis leiduvatele mehaanilistele osakestele. Seejuures osakesed märguvad, muutuvad raskemaks ja eralduvad paremini gaasivoolust.

Häid tulemusi on andnud märgade multitsüklonite kasutamine, kus tsükloni elemendi kesta sisepinda mööda nõrgub veekiht. Tuhaosakesed, mis tsentrifugaaljõuga paisatakse veekihile, märguvad ja voolavad koos veega alla. Sääraste tsüklonitega töötamisel on saavutatud kasutegur kuni 95%. Põlevkivi lendtuha püüdmisel märgade püüdeseadmetega võivad tekkida raskused märgunud tuha ärajuhtimisel põlevkivituha tsementeerivate omaduste tõttu. Tahmaosakeste eraldamisel suitsugaasist on püüdeseadme efektiivsus väike, sest tahm on kerge ega märgu vees.

Märgadel püüdeseadmetel on võrreldes kuivade seadmetega parema kasuteguri kõrval rida puudusi, nagu gaasist eraldunud osakeste esinemine mudana, pumba ja vee jaotusseadme vajadus, vee kaasaviimine gaasidega ning suurem energiakulu.

77. ELEKTRIFILTRID

Elektrifiltri töötamine põhineb gaasis sisalduvate tahkete või vedelate osakeste elektrilisel laadimisel ja laetud osakeste eraldamisel gaasist elektriväljas mõjuvate tõmbe- ja tõukejõudude abil. Osakeste laadimine toimub kõrgepinge all asuvate erinevate potentsiaalidega elektroodide vahelise tõukeionisatsiooni ehk k o r o o n a tulemusena. Koroonalahenduse tekitamiseks on otstarbekas kasutada toru- või plaadikujulisi elektroode. Esimesel juhul koosnevad elektroodid 150—300 mm läbimõõduga silindritest, mille keskel asuvad 1—3 mm läbimõõduga koroneerivad juhtmed. Teisel juhul kasutatakse 200—400 mm vahega paralleelpindasid, mille vahele on asetatud ritta koroneerivad juhtmed vahekaugustega 140—280 mm. Mõlemal juhul ühendatakse maast



Joon. 218. Toruelektroodidega elektrifiltri töötamise skeem:
1 — suitsugaasijagaja; *2* — sadestuselektroodid; *3* — koroneerivad elektroodid; *4* — tuhapunker; *5* — isolaatorid.

isoleeritud koroneerivad juhtmed kõrgepingelise alalisvooluallika miinuspoolusega. Maandatud torud või plaadid ühendatakse plusspoolusega. Tuha- või vedelikuosakesi sisaldava gaasi voolamisel elektroodide vahel laetakse osakesed koroneerivalt elektroodilt väljuva ioonide voolu poolt. Seejuures laetakse valdav enamus osakesi negatiivselt ja need sadestuvad torudele või plaatidele.

Elektrilisest seisukohast on torukujulised elektroodid paremad, kuna nende juures elektriväli on ühtlasem ja ei esine koroneerivate elektroodide vastastikust segavat mõju. Selle tõttu on lubatav kasutada torukujuliste elektroodide puhul gaaside suuremat kiirust. Montaaži keerukuse ja elektroodidele kogunenud tuha maharaputamise seisukohast on aga torukujulised elektroodid halvemad. Nendel põhjustel kasutatakse toruelektroode juhtudel, kui ei esine raputamisvajadust (vedelikuosakeste püüdmisel) või kui tuha eraldamist teostatakse rasketes tingimustes.

Sadestuselektroode valmistatakse lainekujulisest raudplekist, mis kindlustab gaasi rahulikku liikumist piki laineid, või kuuekan-

dilistest torudest, mis võimaldab torude tihedamat paigutust ja seega metalli säästu.

Elektrifiltri töötamine oleneb gaaside temperatuurist, niiskusest ja tuhaosakeste omadustest. Viimastel on oluline tähtsus elektrifiltri tüübi ja konstruktsiooni valikul, kuna elektrit juhtiv tolm võib põhjustada isolaatorite kaitsmise vajadust (isolaatorite eemaldamine gaasikäigust, soojendamine, tahmapuhumine jne.).

Lendtuha püüdmisel väheneb elektrifiltri efektiivsus kütuse ebatäielikul põlemisel koldes, mille tagajärjel filtrit läbivad põlemata koksiosakesed.

Joonisel 218 on toodud toruelektroodidega elektrifiltri töötamise skeem. Teiste lendtuha püüdmise seadmetega võrreldes on elektrifiltritel järgmised paremused:

1) väike takistus (3—15 mm vs) ja väike energikulu (0,1—0,8 kWh 1000 m^3 gaasi kohta);

2) kõrge puhastusvõime. Teoreetiliselt on võimalik, et ka kõige väiksemad osakesed laetakse elektriliselt ja sadestuvad nende pikemaajalisel viibimisel elektriväljas. Et täieliku puhastuse saamiseks elektrifiltrid kujunevad suureks, siis lähtudes majanduslikust seisukohast piirdutakse puhastusega 90—99%;

3) kohandamisvõimalus keemiliselt agressiivsetele ja kuumadele gaasidele;

4) võimalus automatiseerida kogu protsessi.

Puudusteks on filtrite kallidus, kõrge alalispinge (kuni 100 000 V) ja spetsiaalseadmete vajadus.

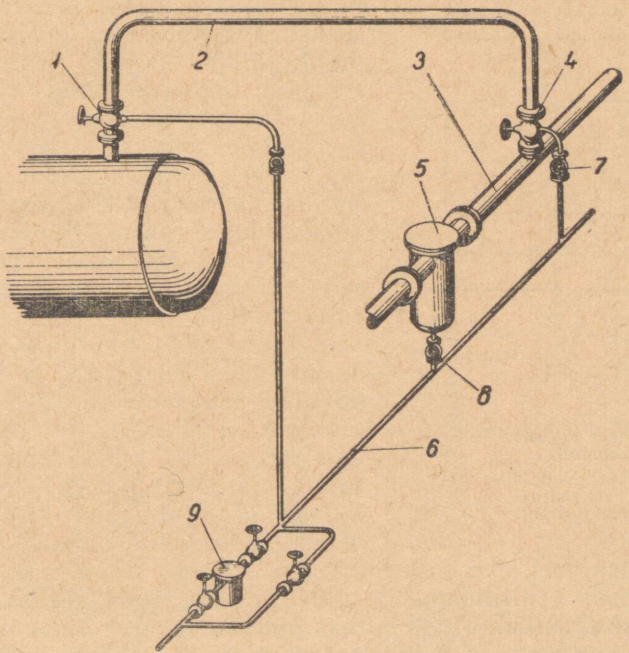
Elektrifiltrite koormuse vähendamiseks ja hea püügiefekti saamiseks kasutatakse mitmeastmelisi püüdeseadmeid, nagu tsüklon-elektrifilter, märgpüüdeseade-elektrifilter jne.

XV. TORUSTIKUD

78. AURUTORUSTIKUD

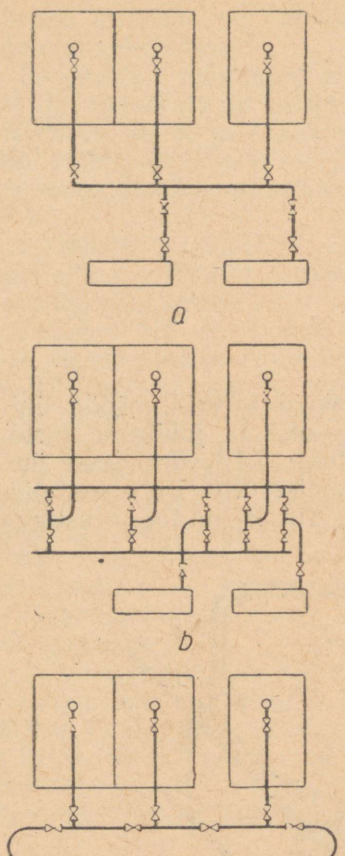
Kateldes saadud aur juhitakse üksikuid torusid mööda ühisesse aurutorustikku, magistraali, kust ta juhitakse tarbijatele, nagu masinatesse, keeduseadmetesse, küttevõrkudesse jne.

Aurutorustiku skeem on näidatud joonisel 219. Kohe auruülekuumendi järel asub auru sulgventiil *1*. Siit läheb aur torustikku



Joon. 219. Aurutorustiku skeem:

1 — auru sulgventiil; *2* — aurutoru katlast; *3* — aurumagistraal; *4* — aurutoru ventiil; *5* — vee eraldaja; *6* — läbipuhumistorustik; *7*, *8* — läbipuhumisventiilid; *9* — kondenspott.



Joon. 220. Aurumagistraalide skeemid:
a — ühekordne magistraal; *b* — kahekordne magistraal; *c* — ringmagistraal.

2, millele antakse väike kalle magistraali *3* poole. Enne magistraali asub ventiil *4*. Magistraalile antakse samuti kalle. Kõige madalamasse kohta asetatakse vee-eraldaja (separaator) *5*, et vältida vee sattumist turbiini või aurumasinasse. Vesi, mis koguneb aurutorustikus ja vee-eraldajas, juhitakse ventiilide *7* ja *8* kaudu läbipuhumistorustikku *6* ja sealt kondenspotti *9*, kust ta eemaldatakse automaatselt.

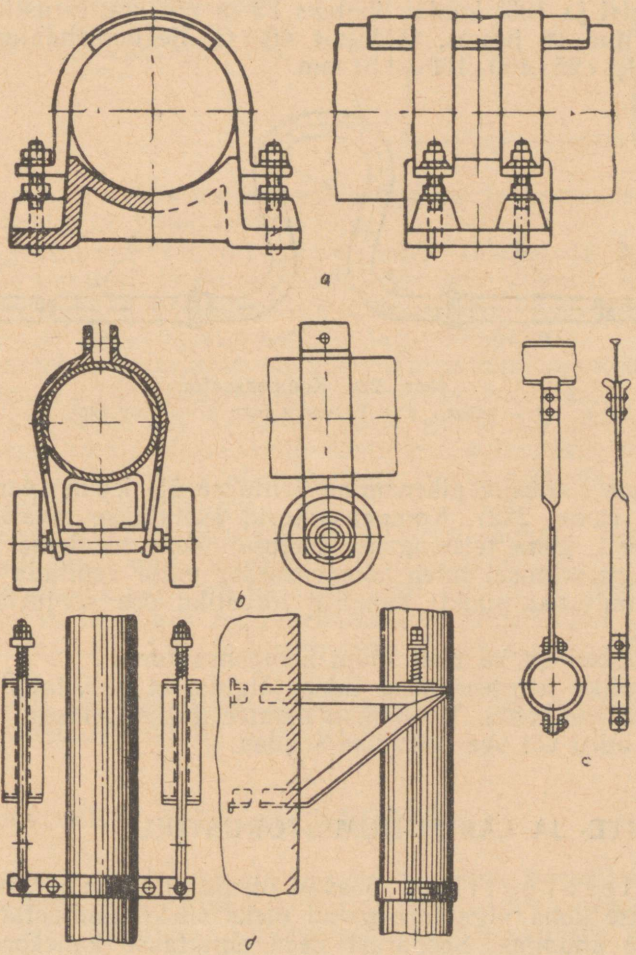
Katlad võidakse ühendada ühekordse, kahekordse või ringtorustikuga (joon. 220). Ühekordne torustik on kõige lihtsam ja omab kõige vähem ventiile, kuid magistraali rikke puhul tuleb kõik katlad välja lülitada. Kahekordse torustiku rikke puhul lülitatakse välja vigane torustiku osa ja töötatakse edasi teise torustiku kaudu. Ringtorustiku puhul on võimalik kõikide katelde töötamine, lahutanud ventiilide abil vigastatud koha. Seega kindlustavad skeemid *b* ja *c* kõikide katelde töötamist magistraali avarii puhul, kuid nad on keerulisemad ja tunduvalt kallimad.

Igasuguse torustiku kõige ebakindlamateks kohtadeks on ühendused ja armatuur. Aurutorustike avariide analüüs näitab, et suur osa rikkeid tekib just armatuuris ja ühenduskohtades. Seepärast, mida vähem on neid elemente torustikus, seda kindlam on ta ekspluatatsioonis. Arvestades seda tuleb katsuda läbi saada minimaalse arvu ühenduskohtadega ja minimaalse armatuuriga. Torustikuosad ühendatakse tavaliselt keevitamise teel. Äärikühendusi kasutatakse peamiselt torustiku ühendamisel ventiilidega ja muu armatuuriga. Äärikute vahele asetatakse tihendid. Tuleb silmas pidada, et mida õhem on tihend, seda kindlam on ta töötamisel. Tavaliselt tihendite paksus ei ületa 3 mm, mistõttu äärikud tuleb hoolsalt töödelda. Aurukatelde ehituse ja ohutu ekspluatatsiooni eeskirjadega on aurutorustikele ette nähtud kohustuslik armatuur.

Kõigepealt peab katla ja sellega ühendatud aurutorustiku vahel olema auru sulgventiil või siiber. Kui katlal on auruülekuumendi, peab auru sulgemisseade asuma selle taga.

Üle 60 atü rõhuga kateldel peab igal katla ja aurumagistraali vahelisel aurutorustikul olema vähemalt kaks siibrit, mille vahel on atmosfääriga ühendatud vähemalt 32 mm läbimõõduga drenaažiseade.

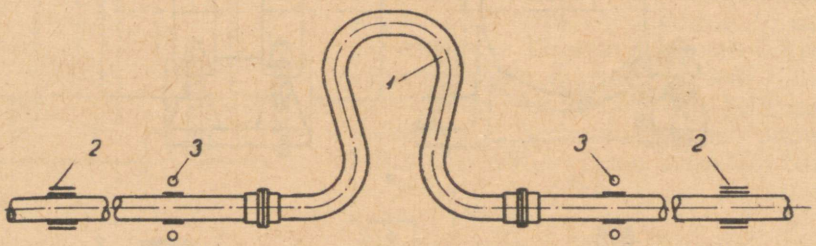
Kõikidel uutel aurukateldel, mille tootlikkus on 4 t/h või enam, peab auru sulgventiil olema teenindatav masinisti või kütja töökohalt.



Joon. 221. Aurutorustiku toed:
a — kinnistugi (liikumatu); *b* — liikuv rulltugi; *c* — riputatud tugi; *d* — püsttoru riputus vedrul.

79. TOED JA KOMPENSAATORID

Aurutorustik peab olema riputatud või asetatud *tugedele* (joon. 221). Toed peavad kandma isolatsiooniga kaetud ja veega täidetud torustiku raskust (veesurveproovi jaoks). Osa tugesid tehakse liikumatutena. Nende külge kinnitatakse torustik kindlalt. Liikumatute tugede vahele asetatakse *liikuvad* toed, kus torustik toetub rullidele või on riputatud liigendi abil. Viimased võimaldavad torustiku paisumisest tingitud teljesuunalist liikumist. Aurutorustik paisub temperatuuri tagajärjel küllalt palju: 1,1 mm iga meetri ja 100° kohta. Näiteks 25 m pikkune torustik, mis on monteeritud 0° juures, täidetult 400° C ülekuumendatud auruga paisub $1{,}1 \cdot 25 \cdot 400 : 100 = 110$ mm.



Joon. 222. Kompensaator:
1 — poogen; *2* — liikumatu tugi; *3* — liikuv tugi

Torude soojuslik pikenemine kantakse üle *kompensaatoritele* (joon. 222). Kompensaatorid asetatakse tavaliselt horisontaalselt, kuna teistsugusel asetusel võiks nendesse koguneda vett. Monteerimisel tuleb kompensaator välja venitada vastavalt kahe kinnitatud punkti vahelise torustiku osa soojuslikule paisumisele.

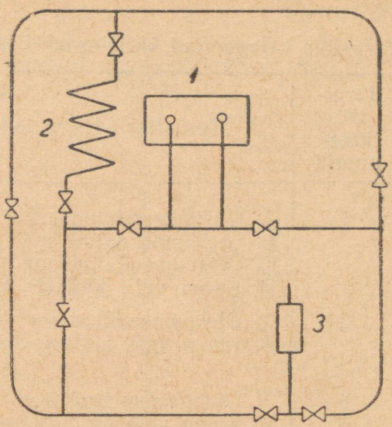
Kasutusel on ka teist tüüpi kompensaatoreid.

Torustiku monteerimisel tuleb jälgida, et keevitatud ühendus ei satuks toe kohta. Torustikud monteeritakse kaldega mitte alla 1 : 1000 auru või vee liikumise suunas.

80. TOITE- JA LÄBIPUHUMISTORUSTIKUD

Toitetorustikud peavad olema ehitatud nii, et ükskõik missuguse koha vigastuse puhul oleks siiski kindlustatud katteldele vee andmine. Seepärast need ehitatakse kahekordsete või ringtorustikkudena ja vähemalt kahe sisseviiguga katlasse.

Joonisel 223 on kujutatud ringtorustiku skeem, mis rahuldab täielikult toitetorustikkudele esitatavaid nõudeid.



Joon. 223. Ringtoitetorustiku skeem:
1 — katel; *2* — ökonomaiser; *3* — toitepump.

Kõik eespool öeldu aurutorustiku tugede ja kompensaatorite kohta on kehtiv ka toitetorustiku juures.

Läbipuhumistorustikud tuleb valmistada paksemaseinalistest torudest, tingituna muda hõõruvast toimest. Kui üksikute katelde läbipuhumistorustikud ühendatakse ühise magistraaliga, tuleb iga ühenduse ette asetada tagasilöögiklapp.

Suuremates katlamajades seatakse läbipuhumistorustikele üles soojusvahendajad läbipuhumisvee soojuse kasutamiseks.

Kehtivate eeskirjade kohaselt peab igal 4 t/h või suurema tootlikkusega katlal olema kaks üksteisest sõltumatut toiteliini. Vee poolt väljalülitatava ökonomaiseri korral võib üks toiteliin olla ühendatud otse katlaga.

Kummagi toiteliini läbilaskevõime peab tagama katla normaalse tootlikkuse pluss veekulu katla läbipuhumiseks.

Toitetorustikul peab olema siiber või ventiil ja tagasilöögiklapp ning katla juures reguleerimisseade. Uutel kateldel, mille aurutootlikkus on 2 t/h või enam, peab olema automaatne toiteregulaator.

Katlamaja piirides asuvates läbipuhumis- või drenaaztorustikes pole lubatud kasutada malmarmatuuri.

81. ÜLDANDMEID TORUSTIKE KOHTA

Vastavalt nõudeile, millele peavad vastama torustikes kasutatavate torude ja armatuuri materjal ning nende valmistusviis, jagatakse kõik torustikud katlainspektsiooni eeskirjade kohaselt nelja kategooriasse.

Toite- ja aurutorustiku õmbluseta torud valmistatakse martään- või elektriahjus toodetud rahulikust terasest (ГОСТ 1050-60, 5058-57, 5632-61). Torude kasutamise piirid ja kohustuslikud

Tabel 54

Torustike kategooriad katlainspektsiooni eeskirjade kohaselt

Torustiku kategooria	Torustikku täitev aine	Aine tööparameetrid	
		Ülerõhk kG/cm³	Temperatuur °C
1	A. Ülekuumendatud aur	Sõltumata	Üle 610 kuni 660
	B. Ülekuumendatud aur	—„—	Üle 570 kuni 610
	C. Ülekuumendatud aur	—„—	Üle 450 kuni 570
	D. Kuum vesi, küllast. aur	Üle 184	Üle 120
2	A. Ülekuumendatud aur	Kuni 39	Üle 350 kuni 450
	B. Kuum vesi, küllast. aur	Üle 80 kuni 184	Üle 120
3	A. Ülekuumendatud aur	Kuni 32	Üle 250 kuni 350
	B. Kuum vesi, küllast. aur	Üle 16 kuni 80	Üle 120
4	Ülekuumendatud ja küllast. aur, kuum vesi	1—16	120—250

proovimised on üksikasjalikult ära toodud «Auru- ja kuuma vee torustike ehituse ja ohutu ekspluatatsiooni eeskirjades».

Üldreeglina tuleb torustikes kasutada alati terasarmatuuri. Malmarmatuuri kasutamine on lubatud ainult tabelis 55 toodud tingimustel.

Tabel 55

Tingimused, mille puhul lubatakse kasutada malmarmatuuri

Töörõhk kG/cm² mitte üle	Temperatuur °C	Armatuuri tingläbimõõt mm	Malmi mark
8	Kuni 300	Kuni 300	GOST 1412-54, mitte alla marki SČ 15-32
13	„ 300	„ 200	
20	„ 300	„ 100	GOST 1215-41, mitte alla marki KČ 30-6
40	„ 400	„ 80	

Kõik torustikud peavad olema värvitud tabeli 56 kohaselt.

Värvilise rõnga laius sõltub torustiku välisläbimõõdust: läbimõõdul kuni 150 mm on rõnga laius 50 mm; läbimõõdul 150—300 mm 70 mm; läbimõõdul üle 300 mm 100 mm. Katlamajas peab olema välja pandud torustiku skeem vastavates värvides ja juhised torustiku teenindamiseks. Ventiilidel peavad olema märgid, mis näitavad auru või vee liikumise suunda ja käsiratta pööramise suunda. Kõik ventiilid ja siibrid peavad olema nummerdatud vastavalt skeemile.

Armatuuri ja torustiku tingmärgid on toodud lisas 1.

Tabel 56

Torustike värvid

Torustiku nimetus	Värvus	
	Põhivärvus	Rõngad või triibud
Ülekuumendatud aur	Punane	—
Küllastunud aur	Punane	Kollane
Heitaur ja vastusurve	Punane	Roheline
Keemiliselt puhastatud vesi	Roheline	Valge
Kondensaat	Roheline	Sinine
Toitevesi	Roheline	—
Drenaaž ja läbipuhumine	Roheline	Punane
Tehniline vesi	Must	—
Tuletõrjevesi	Oranž	—
Soojusvõrgud:		
otsevoolu	Roheline	Kollane
tagasivoolu	Roheline	Pruun

82. GAASITORUSTIKUD

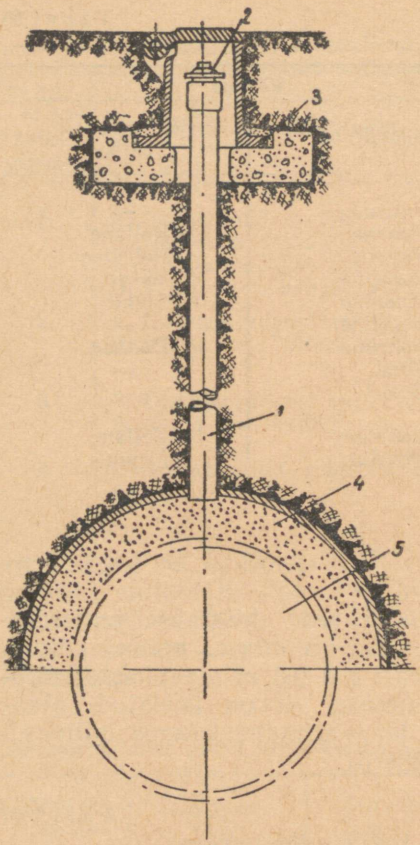
Maa-alused gaasitorustikud ehitatakse terastorudest (ГОСТ 3262-62). Neid on lubatud asetada maapinna külmumispiirkonda, kuid mitte madalamale kui 0,8 m maapinnast torulaeni. Gaasitorude läbiviimine hoonete alt on keelatud. Maa-aluste gaasitorustike minimaalne horisontaalne kaugus mitmesugustest objektidest on toodud tabelis 57.

Tabel 57

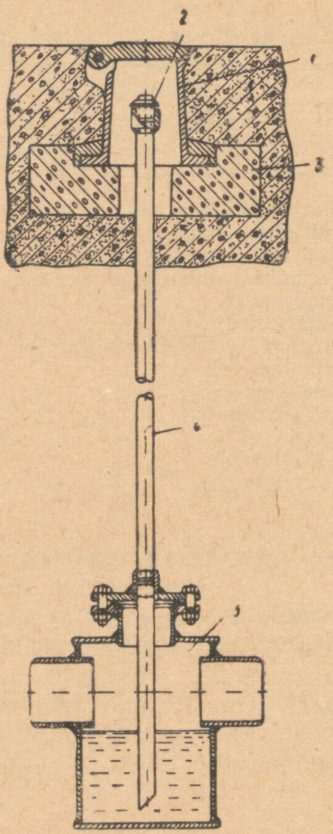
Gaasitorustiku minimaalne horisontaalne kaugus mitmesugustest objektidest

Rõhk torustikus	Hooneni	Raudtee äärmise rööpani	Trammi äärmise rööpani	Elektrikaablini	Vee- või kanalisats. toruni	Puudeni
Madalrõhk — kuni 0,02 kG/cm²	2	3	2	1	1,0	2
Keskrõhk — 0,02—1 kG/cm²	4	3	2	1	1,5	2
Keskrõhk — 1—3 kG/cm²	6	5	2	1	2,0	2
Kõrgrõhk — 3—10 kG/cm²	15	10	5	2	5,0	2

Torustike suundade lõikumisel (ristumisel) peab gaasitoru ja muu maa-aluse toru vahe vertikaalsuunas olema vähemalt 15 cm; gaasitoru ja elektri- või telefonikaabli vahe vähemalt 0,5 m.



Joon. 224. Kondenspott:
1 — malmkate; *2* — kork; *3* — betoonplaat; *4* — toru; *5* — kondensaadianum.

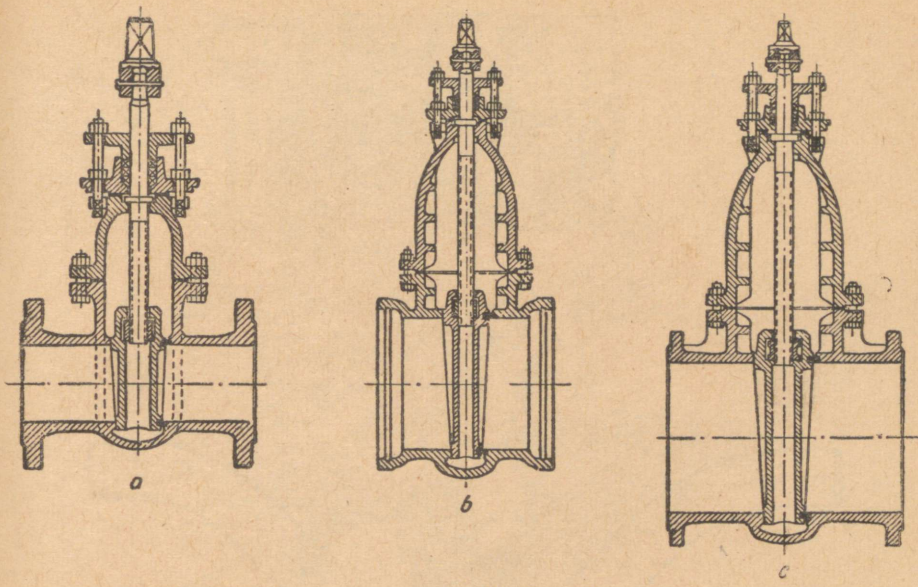


Joon. 225. Kontrolltoru:
1 — toru; *2* — kork; *3* — kate; *4* — kruusakiht; *5* — gaasitoru.

Kõrg- ja keskrõhuliste gaasitorustike siibrid asetatakse erilistesse kaevudesse. Kuni 250 mm läbimõõduga madalrõhuliste gaasitorustike siibreid võib asetada otse maasse, kusjuures siiber peab olema avatav ja suletav maapinnalt.

Kondensaadi kogumiseks asetatakse torustiku madalamatesse kohtadesse kondenspotid (joon. 224).

Torustiku kahtlasemate keevituskohtade kohale asetatakse nn. nuusutus- ehk kontrolltorud (joon. 225). Kontrolltoru läbimõõt on 25—50 mm. Toru alumise otsa külge keevitatakse terasleht (kest), mis painutatakse poolringikujuliseks toru raadiusest 100 mm võrra suurema raadiusega. Kesta ja gaasitoru vahe täidetakse kruusaga. Torujätku ebatiheduse korral tungib gaas kont-



Joon. 226. Kiilsiibrid:
a — ääriksiiber ∅ 50—150 mm; *b* — muhvsiiber; *c* — ääriksiiber ∅ 200—500 mm.

rolltorusse, kus selle olemasolu saab kindlaks teha nuusutamise ja süütamise teel või gaasianalüsaatoriga.

Gaasitorustiku sulgemiseks kasutatakse magistraalidel ja regulaatorjaamades siibreid, millistest sobivaimaks tüübiks on nn. kiilsiiber (joon. 226).

Madalrõhutorustikel kasutatakse sulgemisseadmena sageli veelukku (joon. 227). Selle täitmine veega ja tühjendamine toimub 25 mm läbimõõduga toru kaudu. Veelukk tuleb asetada allapoole pinnase külmumispiiri.

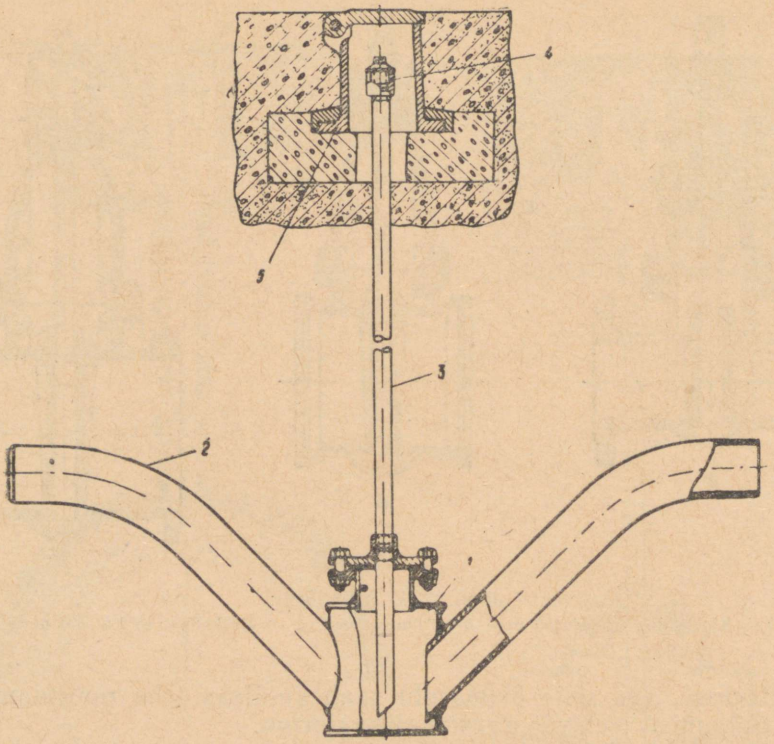
Maa-aluse gaasitorustiku osad, mis ulatuvad maapinnale, tuleb kaitsta malm- või terasluukidega.

Kaitseks pinnase sööbiva toime vastu kaetakse torustikud bituumenisolatsiooniga mark IV. Isolatsioonikiht esineb kolmes paksuses, millele vastavalt seda nimetatakse normaalseks, tugevaks ja ülitugevaks.

Sisetorustikuks kasutatakse terastorusid seinapaksusega 2,5—5 mm. Torustik kinnitatakse seinale konksudega nii, et toru ja seina vahele jääb vahe 1,5—2,0 cm. Kinnituskonksude vahe ei tohi torudel läbimõõduga kuni 25 mm olla üle 2 m ja torudel läbimõõduga 25 kuni 100 mm — mitte üle 3 m.

Gaasitorustik ja elektrijuhtmestik peavad asuma teineteisest kindlal kaugusel:

1. Vahe gaasitoru ja lahtise elektrijuhtme vahel peab olema



Joon. 227. Veelukk:
1 — veeanum; *2* — lukusarved; *3* — toru; *4* — kork; *5* — malmkate.

vähemalt 10 cm. Kui elektrijuhtmed asuvad torus, võib vahet gaasitoruni vähendada 5 cm-ni.

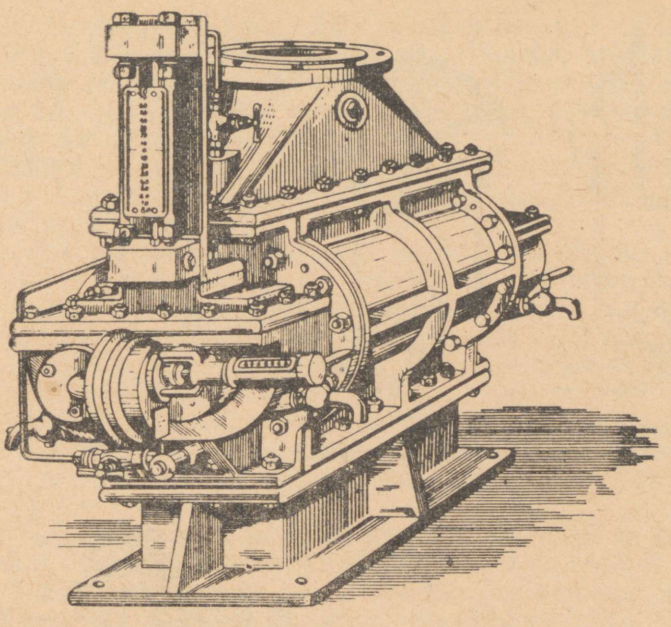
2. Horisontaalne vahe gaasimõõtja või gaasiseadme ja elektriarvesti, pistikupesa või lüliti vahel peab olema vähemalt 1 m.

3. Vertikaalsuunas peab elektrijuhe olema gaasiseadmest vähemalt 2 m kaugusel.

Torustiku kraane ega fitinguid ei tohi asetada seinte sisse ega krohvi alla. Gaasiseadme-eelne kraan ei tohi põrandast olla kõrgemal kui 1,5 m.

Torustiku tihedust kontrollitakse surveprooviga. Katlamaja gaasitorustik loetakse tihedaks, kui rõhul 1 atü rõhulang 1 tunni jooksul ei ületa 1,5%.

Gaasikulu mõõtmiseks kuni 600 m³/h kasutatakse eritüübilisi pöörleva rootoriga g a a s i m õ õ t j a i d (joon. 228), mille normaalne läbilaskevõime on 100 ja 600 m³/h.



Joon. 228. Tööstuslik gaasimõõtja.

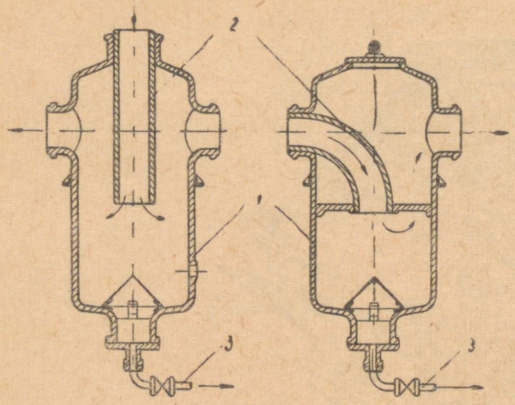
Tabel 58

Tööstuslike gaasimõõtjate tehnilised andmed

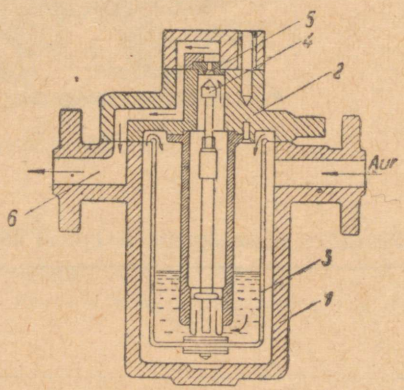
Nimetus	Gaasi-mõõtja PC-100	Gaasi-mõõtja PC-600
Rootori pöörlemiskiirus p/min	1000	400
Maksimaalne töörõhk atü	1	1
Viga normaalkoormusel %	±2	±2
Rõhulang normaalkoormusel mm vs	Kuni 30	20—30
Pikkus mm	586	905
Laius mm	370	518
Kõrgus mm	335	766
Mass kg	54	279

83. VEE-ERALDAJAD JA KONDENSPOTID

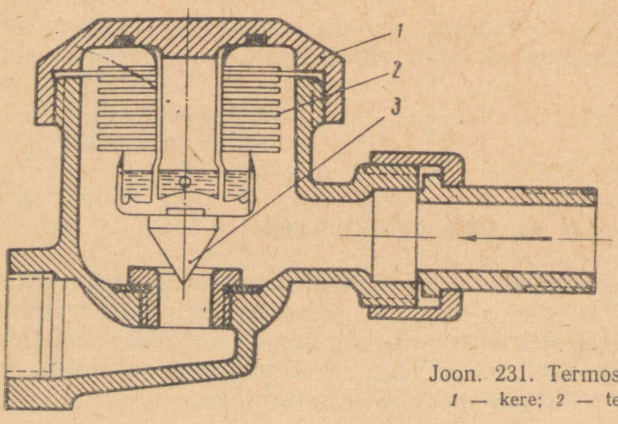
Vesi tekib aurutorustikus auru kondenseerumisel, eriti auru laskmise perioodil torustikku ning torustiku ajutisel tööst väljalülitamisel. Torustikus olev vesi võib põhjustada veelööke ja selle tagajärjel torustiku vigastusi. Vee eemaldamiseks asetatakse aurutorustikule vee-eraldajad ja kondenspotid.



Joon. 229. Vee-eraldaja:
1 — kere; *2* — aurutoru; *3* — kondensaaditoru.



Joon. 230. Kondenspott:
1 — kere; *2* — kaas; *3* — ujuk; *4* — koo-niline klapp; *5* — ava; *6* — kanal.



Joon. 231. Termostaadiga kondenspott:
1 — kere; *2* — termostaat; *3* — klapp.

Vee-eraldaja (joon. 229) koosneb kerest *1*, millesse voolab toru *2* kaudu aurutorustikust aur. Viimane, põrgates vastu kere seinu ja muutes voolamise suunda, vabaneb seejuures veeosakestest, mis langevad vee-eraldaja põhjale, kust need toru *3* mööda juhitakse kondenspotti.

Ujukiga kondenspott (joon. 230) koosneb valatud kerest *1*, kaanest *2*, ujukist *3* ja koonilisest klapist *4*, mis on kinnitatud ujuki külge.

Auruga segunenud kondensaat voolab kondenspotti, ujuk kerkib ja suleb ava *5* poti ülaosas. Kere täitumisel kondensaat hakkab üle voolama ujukisse; ujuk muutub raskemaks, vajub alla ja vabastab ava *5*. Potti kogunenud kondensaat surutakse auru rõhu toimel ava *5* ja kanali *6* kaudu kondensaaditorustikku, kuna aur jääb potti peatuma.

Joonisel 231 kujutatud termostaadiga kondenspott koosneb malmkerest *1*, millesse on asetatud lõõtsakujuline kergesti paisuv metallplekist termostaat *2*. Viimane on täidetud 90—95° C juures keeva vedelikuga.

Termostaadiga on ühendatud klapp *3*, mis avab ja sulgeb kondensaadi väljavooluava kondenspotist. Auru sattumisel kondenspotti tõuseb termostaadis oleva vedeliku temperatuur ning selle tagajärjel vedelik aurustub. Rõhu suurenemise tõttu termostaadis viimane pikeneb ja klapp *3* suleb väljavooluava. Kondensaadi jahtumisel 80—85° C-ni vedeliku aurud termostaadis kondenseeruvad, termostaat selle tagajärjel tõmbub kokku, klapp *3* tõuseb üles ja avab väljavooluava kondensaadile.

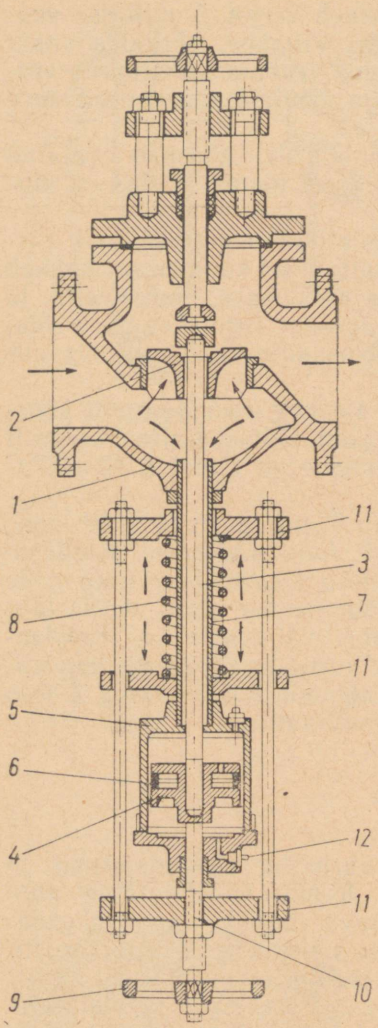
84. REDUKTSIOONIKLAPID

Reduktsiooniklappi kasutatakse aururõhu vähendamiseks ja selle hoidmiseks soovitud kõrgusel. Rõhku vähendatakse auru drosseldamisega, s. o. auru läbivooluava ristlõikepinna vähendamisega. Reduktsiooniklapid asetatakse näiteks auruküttе torustikule, õlipihustite, tahmapuhurite, deaeraatorite aurutorule jm.

Reduktsiooniklapp (joon. 232) koosneb kerest *1* ja klapitaldrikust *2*, mis võib vabalt libiseda vardal *3*. Selle alumisele otsale on kinnitatud kummist tihendusrõngaga varustatud kolb *4*. Viimane liigub silindris *5*, mis on toru *7* kaudu ühendatud klapitaldriku-aluse ruumiga. Silindri kohale on asetatud vedru *8*, mille pingust reguleeritakse käsiratta *9* abil.

Reduktsiooniklappi sisenev aur avaldab rõhku klapitaldrikule alt ja kolvile ülevalt. Et klapitaldriku ja kolvi pinnad on võrdsed, siis on võrdsed ka neile mõjuvad auru rõhujõud ning juhul, kui spindel *10* on pööratud täiesti välja, istub klapitaldrik tihedalt pesal ja suleb aurule läbipääsu.

Käsiratta *9* pööramisel päripäeva (lahti keeratud käsiratta *13*



juures) surutakse vedru *8* kokku. Vedru surve mõjul tõuseb klapitaldrik üles ning avab aurule läbipääsu. Mida suurem on vedru pingus, seda suurem on auru läbivooluava ning seda kõrgem on aururõhk torustikus peale reduktsiooniklappi.

Kui rõhk torustikus kasvab, nii et auru rõhujõud kolvile ületab vedru pinguse (rõhujõud taldriku mõlemale poolele on võrdsed), siis klapitaldrik hakkab laskuma. Auru läbivooluava väheneb, mille tagajärjel rõhk klapi taga langeb seni, kuni auru rõhujõud tasakaalustub vedru pingusega.

Kui aururõhk torustikus langeb, siis vedru surve mõjul hakkab klapitaldrik liikuma ülespoole, auru läbivooluava suureneb ja rõhk klapi taga kasvab seni, kuni ta tasakaalustub vedru pingusega.

Reduktsiooniklapp suletakse käsiratta *13* pööramisega. Reduktsiooniklapi taha asetatakse aurutorustikule kaitseklapp ja manomeeter.

Joon. 232. Reduktsiooniklapp:
1 — kere; *2* — klapitaldrik; *3* — varras; *4* — kolb; *5* — silinder; *6* — tihend; *7* — toru; *8* — vedru; *9* — käsiratas; *10* — spindel; *11* — traavers; *12* — kork; *13* — käsiratas.

XVI. SOOJUSTEHNILISED MÕÕTMISED JA MÕÕTERIISTAD

85. SOOJUSTEHNILISTE MÕÕTMISTE EESMÄRK

Katelseadme töötamisel muutuvad pidevalt temas kulgevad mitmesugused protsessid. Ülevaade toimunud muudatustest ja oskus rakendada nõutavat režiimi saavutatakse katelseadme soojustehniliste mõõtmiste ja katsetamistega. Katelseadme ekspluateerimisel peavad kõik tema osad töötama häireteta ja võimalikult kõrge kasuteguriga. Selle saavutamine on võimalik mitmesuguste mõõteriistade kasutamisel.

Uue katla käikulaskmisel esineb sageli mitmesuguseid raskusi, mille kõrvaldamiseks aitavad kaasa soojustehnilised mõõtmised. Viimased võimaldavad ekspluatatsioonipersonalil orienteeruda katlas toimuvates protsessides.

Katelseadme soojustehnilise passi koostamiseks teostatakse nn. garantiimõõtmised kindla koormuse, ettenähtud kütuse, puhastatud gaasikäikude jne. juures.

Tegelikkudes tingimustes töötamisel on katelseadme koormus muutlik, kütus ei vasta täpselt ettenähtule ja järelevalves esineb puudusi. See tingib vajaduse teostada soojustehnilisi mõõtmisi katelseadme ekspluatatsioonitingimustes, mille tulemusena selgitatakse puuduste põhjused ja iseloom.

Katla avariid võivad põhjustada eriliste soojustehniliste mõõtmiste vajadust, nagu kiiruse mõõtmine tsirkulatsioonikontuurides, metalli pinna temperatuuri mõõtmine jne.

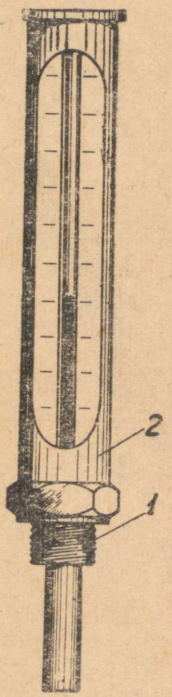
Katla normaalsel töötamisel mõõdetakse auru rõhku, auru temperatuuri, auru hulka, suitsugaaside koostist, korstnagaaside temperatuuri, tõmbe suurust jne., mis võimaldavad kütjal juhtida koldeprotsessi ja saavutada seadme ohutut ja ökonoomset töötamist. Selleks vajalikud mõõteriistad seatakse üles katla ees asuvale kilbile või puldile.

86. TEMPERATUURI MÕÕTMINE

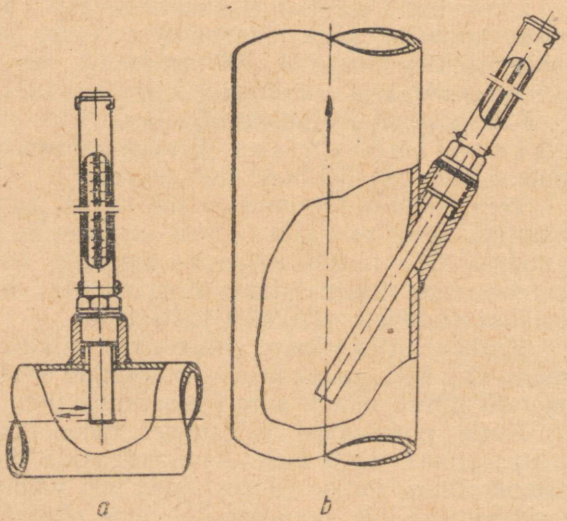
Temperatuuri mõõtmiseks kasutatakse järgmisi mõõteriistu:

a) klaastermomeetreid (täidetud elavhõbeda või piiritusega);
b) manomeetrilisi ehk gaastermomeetreid;
c) termopaare;
d) takistustermomeetreid;
e) püromeetreid.

Katlamajades kasutatavad klaastermomeetrid (joon. 233) peavad olema ümbritsetud metallkestaga, mis kaitseb neid vigastuste eest. Kestal on mõnikord keere termomeetri kinnitamiseks torustiku külge. Temperatuuri mõõtmiseks rõhu all asuvas torustikus kasutatakse kuni toru teljeni ulatuvaid hülsse (joon. 234), mis kinnitatakse toru seina külge keermega või keevituse teel.



Joon. 233. Metallkestaga klaastermomeeter: *1* — hülss keermega; *2* — metallkest.



Joon. 234. Termomeetri hülsid.

Hülssi asetatakse tavaline klaastermomeeter. Õige mõõtmistulemuse saamiseks täidetakse hülsi alumine osa õli, elavhõbeda või ka tinaga (üle 250° C ülekuumendatud auru puhul).

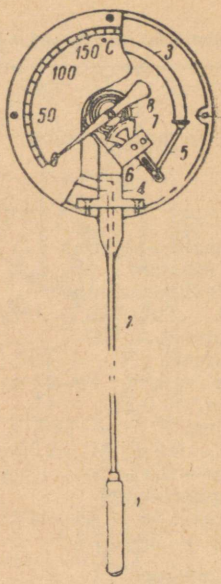
Klaastermomeetri töötamine põhineb elavhõbeda või piirituse mahu muutusel sõltuvalt temperatuurist; klaastermomeetri mõõtepiirkond ulatub kuni 600° C-ni.

Klaastermomeetrid purunevad kergesti, on kallid ja neid ei saa kasutada kaugnäitamise mõõteriistadena.

Gaastermomeetrite töötamine põhineb termoballoonis asuva gaasi mahu muutusel ja selle tagajärjel muutuval rõhul, mida mõõdetakse vastavalt gradueeritud manomeetriga.

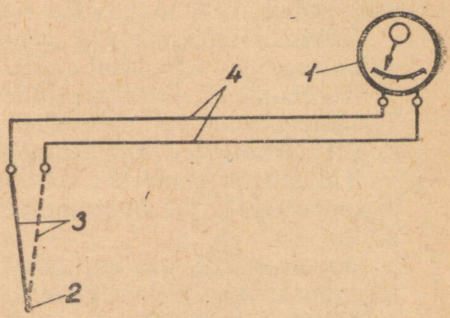
Lämmastikuga täidetud gaastermomeetri mõõtepiirkond on 0—300° C, kusjuures mõõdetava keskkonna rõhk võib olla kuni 60 ata, ümbritseva õhu temperatuur 10—60° C ja õhu niiskus 30—80%.

Joonisel 235 on näidatud toruvedruga gaastermomeeter.



Joon. 235. Toruvedruga gaastermomeeter:
1 — termoballoon; *2* — kapillaartoru; *3* — toruvedru; *4* — hoidja; *5* — reguleerimisõlg; *6* — sektor; *7* — osuti; *8* — spiraalvedru.

Termopaari tähtsamaks osaks on termoelement. Viimane saadakse kahe eri metallist traadi kokkujootmisel. Traatide vabad otsad ühendatakse ühendusjuhtmete abil galvanomeetriga (joon. 236). Termopaari töötamine põhineb termopinge tekkimisel jootekoha kuumutamisel. Termopinge suureneb jootekoha temperatuuri tõusuga. Galvanomeeter gradueeritakse kas millivoltides või otsekohe temperatuuri kraadides. Skaalalt loetud millivoltidele vastav temperatuur leitakse termopaari kõvera abil. Termopaaride mõõtepiirkonnad ja materjalid on toodud tabelis 59.



Joon. 236. Termoelemendi ühendamine galvanomeetriga:
1 — galvanomeeter; *2* — jootekoht; *3* — termoelement; *4* — ühendusjuhtmed.

Termopaaride kasutuspiirkonnad

Tabel 59

Termopaari tüüp	Mõõdetav temperatuur				Traadi läbimõõt mm
	kestvalt		lühiajaliselt		
	°C	mV	°C	mV	
Plaatina-plaatina-roodium					
Plaatinaroodium: Pt — 90%; Rh — 10% Kromel-alumel	1300	13,53	1600	16,76	0,5
Kromel: Ni — 89%; Cr — 9,8%; Fe — 1%; Mn — 0,2% Alumel: Ni — 94%; Fe — 0,5%; Al — 2,0%; Mn — 2,5%; Si — 1,0%	1000	41,31	1300	52,41	3,2
Kromel-kopel Kopel: Ni — 43—44%; Cu — 56—57%	600	49	800	66,4	1,5—3,2
Raud-kopel / Vask-kopel	Ei toodeta seeriaviisiliselt				

Takistustermomeetrite töötamine põhineb juhtme elektrilise takistuse muutumisel sõltuvalt temperatuurist. Termomeeter koosneb metalljuhtmest (vask, plaatina), mille takistus on täpselt määratud 0° C juures. Juhe (läbimõõduga 0,05 mm) keritakse südamikule ja asetatakse metallkesta. Takistustermomeeter mõõdab temperatuuri mitte ühes punktis, vaid keskmist temperatuuri oma pikkuse ulatuses. Neid võib kasutada katla juures vee, vedelkütuse ja ka õhu temperatuuri mõõtmiseks.

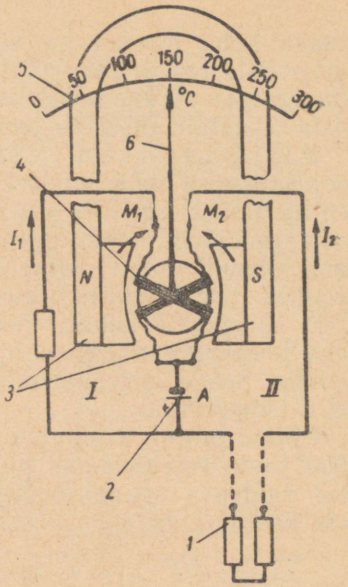
Takistustermomeetrite mõõtepiirkond on −20 kuni +500° C (plaatina) ja −50 kuni +100° C (vask).

Töötamiseks vajaliku alalisvooluallika pinge peab olema 4 V. Termomeetreid valmistatakse pikkusega 150—1300 mm. Väliskujult sarnanevad nad termopaaridega.

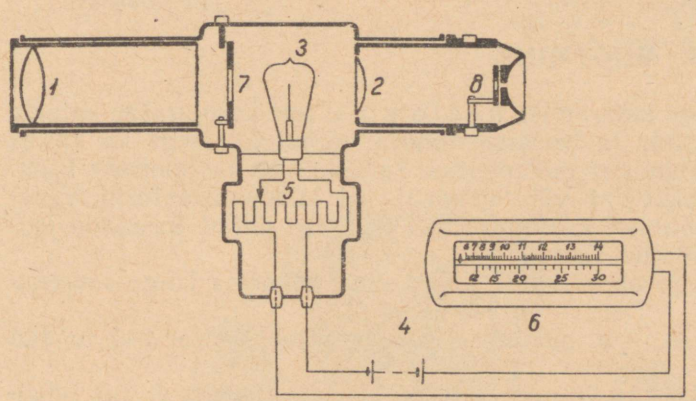
Takistustermomeetri näitava mõõteriistana kasutatakse kas logomeetreid või automaatselt registreerivaid tasakaalustatud sildu.

Joonisel 237 on kujutatud logomeetri skeem koos takistustermomeetriga *1* ja toiteallikaga *2*. Püsivmagneti *3* pooluste (tähistatud N ja S) vahel asetseb silindriline südamik *4*, millele on keritud mähis.

Temperatuuri tõusmisel suureneb termomeetri *1* takistus, mille tõttu vool ahelas *II* väheneb. Selle tagajärjel N pooluse pöördemoment M_1 ületab S pooluse pöördemomenti M_2. Pöördemomentide vahe tõttu hakkab logomeetri liikuv süsteem pöörduma kella-



Joon. 237. Logomeeter:
1 — takistustermomeeter; *2* — toiteallikas; *3* — püsivmagnet; *4* — silindriline südamik; *5* — skaala; *6* — osuti.



Joon. 238. Optiline püromeeter:
1 — objektiiv; *2* — okulaar; *3* — hõõglamp; *4* — vooluallikas; *5* — reostaat; *6* — milliampermeeter; *7*, *8* — valgusfiltrid.

osuti liikumise suunas. Osuti *6* näitab skaalal *5* mõõdetava keskkonna — auru või vee temperatuuri.

Optilisi püromeetreid kasutatakse leegi temperatuuri mõõtmiseks koldes. Nende töötamine põhineb mõõdetava keha ja hõõglambi niidi heleduse võrdlemisel (joon. 238), kusjuures hõõglambi niidi heledus on gradueeritud absoluutselt musta keha kiirgamise järgi. Hõõglambi vooluahelas on reguleeritav takistus, millega muudetakse hõõgniiti läbivat voolu ja seega ühtlasi hõõgniidi heledust. Temperatuuri mõõtmisel püromeetriga reguleeritakse hõõglambi voolu seni, kuni hõõgniidi heledus muutub mõõ-

detava keha heledusega võrdseks, s. o. kuni hõõgniit muutub mõõteriista vaateväljas nähtamatuks. Sel juhul on mõõdetava keha temperatuur võrdne hõõgniidi temperatuuriga, mis loetakse mõõteriista skaalalt otseselt temperatuuri kraadides.

K i i r g u s p ü r o m e e t r i t e töötamine põhineb hõõguva keha soojuskiirguse muundumisel elektrienergiaks. Kiirgusenergia kontsentreeritakse optilise süsteemi abil termoelemendi jootekohale, mille tagajärjel tekib termopinge. Mõõtmine toimub põhimõtteliselt samuti nagu termopaarigagi. Soojuskiiri võib koondada peeglite (reflektorpüromeeter) või läätsede (refraktorpüromeeter) abil. Kiirgavalt kehalt mõõteriistale kiirguv soojushulk sõltub keha temperatuurist ja põhjustab termopinge tekkimist termoelemendis. Seega iseloomustab galvanomeetri näit otseselt kiirgava keha temperatuuri.

Püromeetreid kasutatakse temperatuuride mõõtmiseks alates 1000° C-st. Tuleb silmas pidada, et koldetemperatuuri mõõtmisel läbi vaateava saadakse õige tulemus ainult sel juhul, kui ava pole kaetud klaasiga või mõne muu läbipaistva ainega.

87. KOGUSE MÕÕTMINE

Aine koguse määramist k a a l u m i s e teel kasutatakse katelde juures kütusekulu ja katlasse mineva veehulga (seega ka katlas toodetava auruhulga) mõõtmiseks. Tahkekütuse kaalumiseks kasutatakse tavaliselt lint- või detsimaal- ehk kümnendkaalusid. Vedelikuhulga mõõtmisel kaalumise teel on kõige parem kasutada joonisel 239 näidatud skeemi.

Kaalumisega on võimalik aine kogust määrata kõige suurema täpsusega.

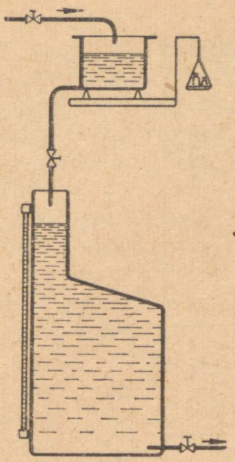
Vedeliku m a h u mõõtmisel kasutatakse joonisel 240 toodud skeemi.

Kaks paaki *1* ja *2* on varustatud ülejooksutoruga *5*, mis lubab paake täita ainult kindla kõrguseni. Väljalaskekraanide *4* kaudu juhitakse vesi veeseisunäitajaga varustatud kogumispaaki *3*, kust ta juhitakse katlasse pumba abil. Ühe paagi tühjendamisel toimub teise täitmine. Töötamisel tuleb erilist tähelepanu pöörata kraanide *4* tihedusele, mille kontrollimiseks on soovitav lasta vesi voolata kogumispaaki nähtava joana.

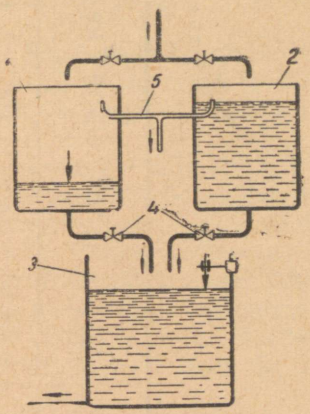
Kummagi paagi veemahutavus kuni ülejooksutoruni määratakse kaalumise teel.

Veekulu mõõtmiseks kasutatakse tihti v e e m õ õ t j a i d, mis jaotatakse:

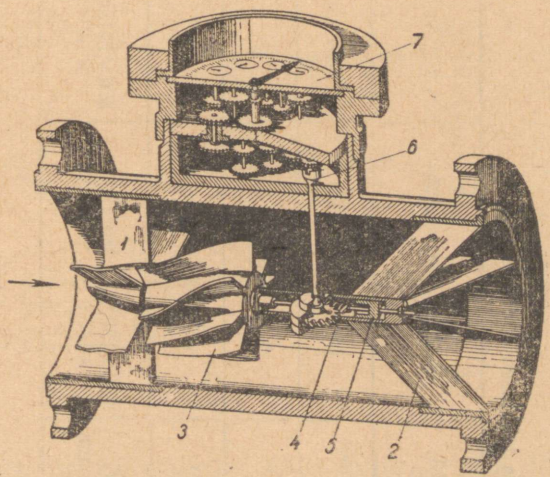
a) k i i r u s e - v e e m õ õ t j a, kus vee vooluga pannakse pöörlema veemõõtja tiivik, mis on ühendatud arvestusmehhanismiga. Tiiviku pöörlemine sõltub otseselt läbivoolava vee kiirusest;



Joon. 239. Skeem veehulga mõõtmiseks kaalumise teel.



Joon. 240. Skeem vedeliku mahu mõõtmiseks:
1 — paak; *2* — paak; *3* — kogumispaak; *4* — väljalaskekraan; *5* — ülejooksutoru.



Joon. 241. Pöörleva tiivikuga veemõõtja (tüüp BB):
1 — vooluõgvendaja; *2* — kronstein; *3* — tiivik; *4* — tigu-ülekanne; *5* — tagumine laager; *6* — ülekandemehhanism; *7* — numbrilaud.

Veemõõtjate tehnilised andmed.

Tabel 60

Põhilised andmed	BK-3	BK-5	BK-10	BK-20	BB-50	BB-80	BB-100	BB-150	BB-200
Tingläbimõõt mm	15	20	30	40	50	80	100	150	200
Nimikulu m^3/h	3	5	10	20	70	250	440	1000	1700
Lubatav koormus	6	10	20	40	140	500	880	2000	3400
Gabariit-mõõtmed mm	220×132,5××100	250×132,5××100	300×144,5××100	330×150××100	155×197××165	200××226××200	480××291××272	500××350××312	520××403××340

b) mahu-veemõõtja (kolvi või kettaga), kus läbivoolavat veehulka mõõdetakse kindlate mahtude kaupa ja kantakse üle arvestusmehhanismile;

c) diafragma-veemõõtja, kus veehulk määratakse kaudselt diafragmast läbivoolamisel tekkiva survelangu kaudu. Viimane iseloomustab voolamise kiirust ja seega ka läbinud vee hulka.

Joonisel 241 on kujutatud pöörleva tiivikuga veemõõtja. Kaalu vähendamiseks on tiivik valmistatud tselluloidist. Sooja vee mõõtmiseks kasutatakse nikeldatud valgevasest tiivikut. Tiiviku võllil asub tigu, mis paneb vertikaaltelje kaudu liikuma veeruumist väljaspool asuva arvestusmehhanismi. Kuna veemõõtja mehhanismil on teatav inerts, siis hakkab ta liikuma alles kindla veehulga juures ega jää vee läbivoolu lõppemisel kohe seisma. Veemõõtja headust hinnatakse tema takistuse, näitamise täpsuse ja tundlikkuse järgi.

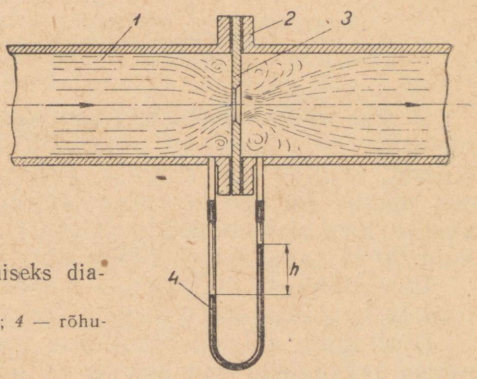
Sellist tüüpi veemõõtjaid kasutatakse rõhuni kuni 10 ata.

Veemõõtja näitab otseselt temast läbivoolavat veehulka ega nõua keerukat montaaži.

Veemõõtja puuduseks on näidu ebatäpsus kuuma vee puhul.

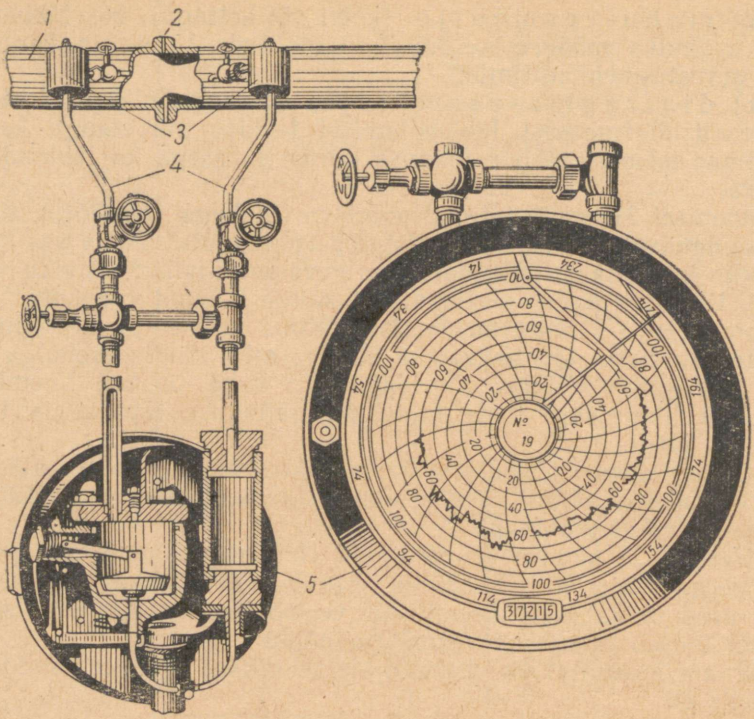
Veemõõtjaid võib kasutada igasuguste vedelike mõõtmiseks, kui need ei kahjusta keemiliselt veemõõtja osi. Kanalite sõõbimisel tõuseb tunduvalt veemõõtja näidu viga.

Enam kasutatavate veemõõtjate tehnilised andmed on toodud tabelis 60.



Joon. 242. Skeem veehulga mõõtmiseks diafragma abil:
1 — torustik; *2* — äärik; *3* — diafragma; *4* — rõhulangu näitaja.

Diafragma-veemõõtja (joon. 242) kujutab seibi (diafragmat), mille ava on väiksem kui torustikul, kuhu ta üles seatakse. Diafragma peab olema tsentreeritud toru sisepinna järgi. Diafragmad monteeritakse torustiku sirgetele püst-, kald- või horisontaalosadele, tavaliselt kahe ääriku vahele.



Joon. 243. Aurumõõtja:
1 — aurutorustik; *2* — diafragma; *3* — ühtlustusanum; *4* — ühendustorud; *5* — diferentsiaalmanomeeter auru kulu isekirjutajaga.

Õigete mõõtetulemuste saamiseks ei tohi diafragma lähedal torustikus olla keeriseid tekitavaid armatuuriosi, nagu põlvi, kolmikuid, ventiile ega siibreid. Minimaalne nõutud torustiku sirge osa pikkus (oleneb keeriseid tekitavast esemest ning diafragma ava ja toru siseläbimõõdu suhtest) on piirides: diafragma ees 5 kuni 20 ja taga 5 toru läbimõõtu.

Rõhu langust diafragmas mõõdetakse diferentsiaalmanomeetriga ja kantakse üle mõõtja näitamismehhanismile.

Diafragma abil on küllaldase voolamiskiiruse juures võimalik mõõta igasuguste vedelikkude ja gaaside hulka.

Aurumõõtja juures (joon. 243) varustatakse diafragma tihti isekirjutava mehhanismiga, mis fikseerib katla aurutoodangu igal ajamomendil vastava diagrammina.

88. RÕHU MÕÕTMINE

Kõige lihtsamaks rõhu ja hõrenduse mõõteriistaks on U-kujuline manomeeter (joon. 244), mis on täidetud poolest saadik vedelikuga. Kui U-toru üks ots ühendada mõõdetava keskkonnaga ja teine ots jätta lahti, s. o. ühendusse atmosfääriga, siis mõõdetava rõhu p suurus on määratav valemiga

$$p = \frac{h\gamma}{1000} \text{ kG/cm}^2,$$

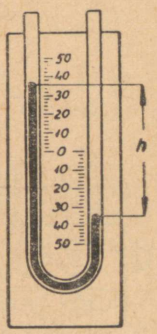
kus h on vedelikusamba kõrguste vahe U-torus cm;

γ — U-torus asuva vedeliku erikaal g/cm³.

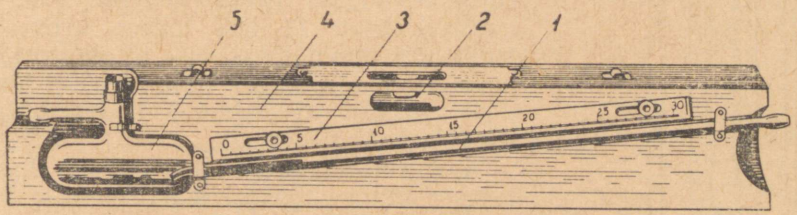
U-toru täitmiseks kasutatakse peamiselt elavhõbedat või vett.

Väikeste rõhkude või rõhuvahede mõõtmiseks kasutatakse kaldtoruga mikromanomeetreid. Mida väiksem on toru kaldenurk, seda suurem on mikromanomeetri tundlikkus. Mikromanomeeter täidetakse piiritusega, kuid skaala gradueeritakse millimeetrites veesammast.

Üheks niisuguseks mikromanomeetriks on joonisel 245 kujutatud tõmbemõõtja.



Joon. 244. U-kujuline manomeeter.



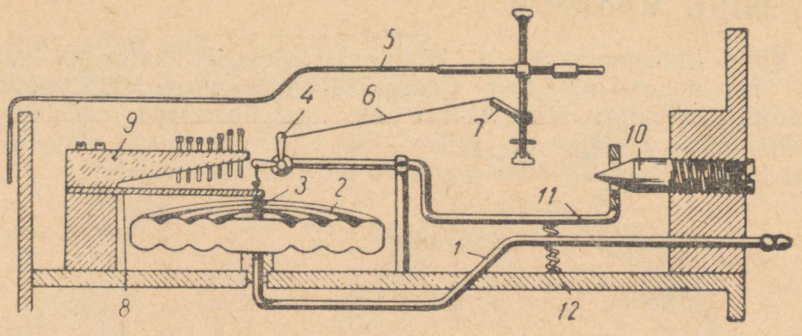
Joon. 245. Tõmbemõõtja:
1 — klaastoru anumaga; *2* — vesilood; *3* — skaala; *4* — puitalus.

Mõõtepiirkonna laiendamiseks kasutatakse mikromanomeetreid, kus toru kaldenurk on muudetav.

Membraantõmbemõõtja töötamise skeem on toodud joonisel 246.

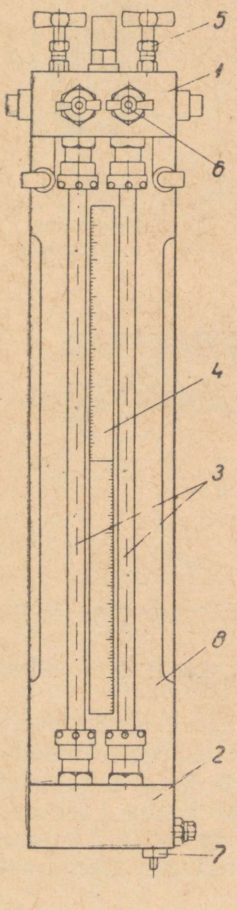
Mõõdetav rõhk mõjub toru *1* kaudu membraanikarbile *2*, mis koosneb kahest membraanist. Rõhu tõusmisel suureneb membraanikarbi kõrgus, rõhu langemisel aga väheneb. Selle tagajärjel ülemisele membraanile joodetud vardake *3* pöörab hooba *4* teatava nurga võrra, mis kantakse üle osutile *5* varda *6* ja hoova *7* kaudu.

Membraani käik ei ole proportsionaalne rõhuga. Seepärast



Joon. 246. Membraantõmbemõõtja:

1 — toru; *2* — membraanikarp; *3* — membraanivardake; *4* — hoob; *5* — osuti; *6* — varras; *7* — hoob; *8* — lame vedru; *9* — tugi; *10* — kruvi; *11* — hoob; *12* — vedru.



varustatakse mõõteriist ühtlase skaala saamiseks lameda vedruga *8* ja toega *9*, kuhu on kinnitatud reguleerimiskruvid. Rõhu tõusmisel surutakse vedru *8* vastu kruvisid, millega lüheneb tema töötava osa pikkus ja vastavalt sellele väheneb painduvus. Osuti nulli seadmiseks kasutatakse kruvi *10*, mille keeramisel ühes või teises suunas tema kooniline ots liigub edasi või tagasi hoova *11* avas. Selle tagajärjel hoob *11* kas tõuseb kruvi *10* mõjul või tõmmatakse alla pingutusvedru poolt. Hoova liikumine mõjutab osuti liikumist vasakule või paremale hoova *4*, varda *6* ja hoova *7* kaudu.

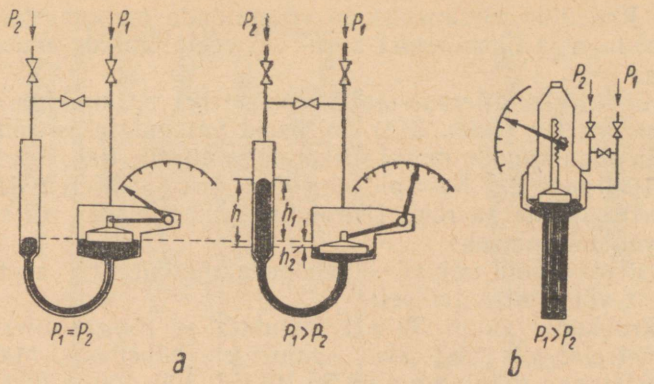
Kõrgemate rõhkude mõõtmiseks kasutatakse mitmesuguseid manomeetreid (vt. p. 55).

Õhurõhu mõõtmine on tehnikas vajalik absoluutse rõhu määramiseks, millest sõltub vee keemistäpp jne. Selleks otstarbeks kasutatakse b a r o m e e t r e i d.

Rõhu languse mõõtmine kõrgetel rõhkudel ei erine põhimõtteliselt eelkirjeldatud mõõteviisidest. Seejuures esineb aga rida praktilisi ja konstruktiivseid raskusi.

Joon. 247. Diferentsiaalmanomeeter:

1 — ülemine ühendusplokk; *2* — alumine ühendusplokk; *3* — klaastorud *4* — skaala; *5* — nõelventiilid ühendustorude läbipuhumiseks; *6* — nõelventiilid mõõteriista sisse ja väljalülitamiseks; *7* — tühjendusava; *8* — alus.

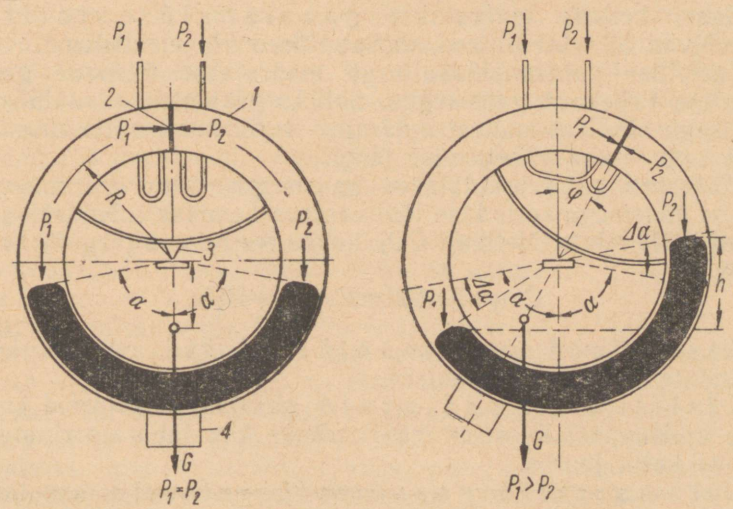


Joon. 248. Ujukiga diferentsiaalmanomeeter:
a — U-kujuline; *b* — kontsentriline.

Diafragmade abil aurukulu mõõtmisel, samuti katla või ülekuumendi torudes takistuse ja kiiruse mõõtmisel on vajalik suur täpsus. Kogu mõõtmise täpsus sõltub lugemistäpsusest ja seega mõõteriista tüübist, seisukorrast ja montaažist.

Rõhu languse mõõtmiseks eelnimetatud tingimustes kasutatakse diferentsiaalmanomeetreid (joon. 247), mis ehitatakse tavaliselt rõhule 50 kG/cm² ja klaastorude pikkusega 600—800 mm. Manomeeter täidetakse elavhõbedaga.

Diferentsiaalmanomeeter kujutab kõrgele rõhule kohandatud



Joon. 249. Rõngas-diferentsiaalmanomeeter:
1 — rõngastoru; *2* — vahesein; *3* — prisma; *4* — vahetatav raskus.

U-toru. Kraanide ülesandeks on võimaldada manomeetri täitmist elavhõbedaga ja ühendamist auru- või veetorustikus asuva mõõteriistaga.

Eritüübiliseks diferentsiaalmanomeetriks on ujukiga diferentsiaalmanomeeter (joon. 248), milliseid valmistatakse rõhule kuni 160 at ja rõhulangude mõõtepiirkonnaga 40, 63, 100, 160, 250, 450, 630 ja 1000 mm Hg. Neis piirides võib ujukiga diferentsiaalmanomeetreid kasutada ka rõhu (hõrenduse) mõõtmiseks või siis vedeliku nivoo näitamiseks.

Konstruktiivselt võivad elavhõbedaanumad olla asetatud U-kujuliselt või kontsentriliselt.

Keskrõhkudel (kuni 32 at) kasutatakse rõngas-diferentsiaalmanomeetreid, mis täidetakse samuti elavhõbedaga. Maksimaalsed mõõdetavad rõhulangud on 25, 40, 63, 100, 160 ja 250 mm Hg, millistes piirides võib manomeetreid kasutada ka rõhu või vedeliku nivoo mõõtmiseks.

Rõngas-diferentsiaalmanomeetris tekkivat rõhuvahet h (joon. 249) iseloomustab raskusest G sõltuv rõnga pöördenurk φ.

89. GAASIANALÜÜS

Gaasianalüüsil on katelseadme töötamise kontrollimisel suur tähtsus, sest ta iseloomustab põlemist koldes, mittetäielikust põlemisest tingitud kadusid ja annab suitsugaaside koostise, mis on vajalik katla kasuteguri määramiseks ja mitmesugusteks soojustehnilisteks arvutusteks.

Gaasi koostis määratakse *gaasianalüsaatoritega*, mis võivad olla keemilised, mehaanilised või elektrilised.

Keemilise gaasianalüsaatoriga määratakse üksikute gaaside mahuline vahekord gaasisegus. Selleks eraldatakse analüüsitava gaasisegu kindlast mahust määratav komponent, mille suurus leitakse segu mahu vähenemise järgi.

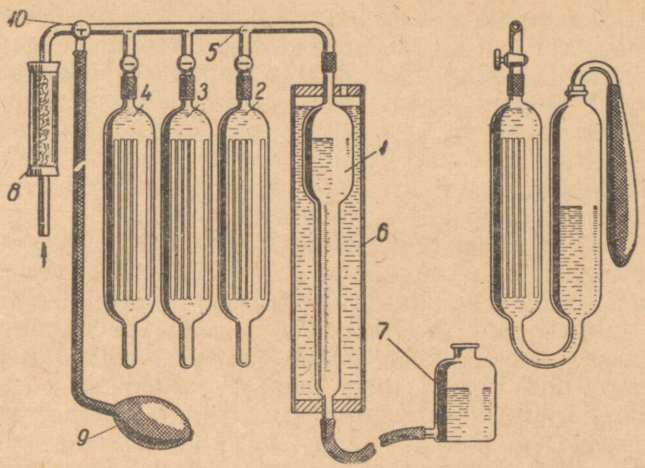
Määratav gaas eraldatakse gaasisegust absorbeerimise teel, milleks gaasisegu surutakse läbi vastava kemikaali. Näiteks absorbeerib KOH lahus täielikult CO_2, kusjuures toimub järgmine reaktsioon:

$$CO_2+2KOH=K_2CO_3+H_2O.$$

Keemilised gaasianalüsaatorid on kas käsitsi teenindatavad või automaatsed.

Käsitsi teenindatavaid gaasianalüsaatoreid kasutatakse suitsugaasi koostise määramiseks kas laboratooriumis või töötava katla juures.

Automaatseid gaasianalüsaatoreid kasutatakse gaasi koostise süstemaatiliseks ja pidevaks kontrollimiseks ning registreerimiseks.



Joon. 250. Keemilise gaasianalüsaatori skeem:
1 — mõõtebüretit; *2, 3, 4* — absorbeerimisanumad; *5* — jaotustoru; *6* — klaassilinder; *7* — pudel; *8* — filter; *9* — imipall; *10* — kolmekäiguline kraan.

Kõige lihtsam keemilise gaasianalüsaatori skeem on kujutatud joonisel 250.

Analüsaator koosneb järgmistest osadest: mõõtebüretist *1*, absorbeerimisanumaist *2*, *3* ja *4* ning jaotustorust *5*. Mõõtebüreti maht on tavaliselt 100 cm^3. Mõõtmise täpsuse suurendamiseks tehakse büreti alumine osa peenem, et oleks võimalik tema seinale märkida jaotusi 0,2 cm^3 kaupa. Ümbritseva õhu temperatuuri muutuse mõju vähendamiseks mõõtetulemustele asetatakse mõõtebürett veega täidetud klaassilindrisse. Bürett ühendatakse ülevalt kummitoru abil jaotustoruga *5* ja alt kummivooliku abil pudeliga *7*.

Absorbeerimisanumaid *4*, *3* ja *2* kasutatakse CO_2, O_2 ja CO määramiseks gaasisegus. Analüüsitava gaasi ja kemikaali kokkupuutepinna suurendamiseks on anumad täidetud vertikaalselt asetatud klaastorukestega.

Jaotustoru ühendab absorbeerimisanumaid mõõtebüretiga ja omab vasakpoolses osas kolmekäigulist kraani *10*, mis on ühenduses filtriga *8* ja kummist imipalliga *9*.

Gaasianalüsaatoriga töötatakse järgmiselt.

Palli abil imetakse gaas läbi proovivõtmiskoha ja aparaadi vahelise toru. Edasi puhutakse läbi jaotustoru, milleks gaas imetakse paar korda mõõtebüretti ja surutakse välja läbi kolmekäigulise kraani ja imipalli pudeli *7* abil. Enne proovi võtmist analüüsimiseks tuleb kemikaalide nivoo absorbeerimisanumates viia kuni kraanide all asuva kontrollmärgini. Gaasi võtmiseks lastakse pudel *7* alla, millega tekitatakse mõõtebüretis hõrendus. Seejuures peab kraan *10* olema pööratud sellisesse asendisse, et aparaat

oleks filtri kaudu ühenduses gaasivõtmise toruga. Büretti imetakse esialgu rohkem kui 100 cm^3 gaasi. Edasi tuleb gaasiproov viia atmosfäärilise rõhu alla. Selleks tõstetakse pudel *7* sellisele kõrgusele, et veepind pudelis asuks samal kõrgusel kui veepind büretis. Kuna gaasiproovi maht büretis osutub suuremaks kui 100 cm^3, tuleb pudeli *7* abil osa gaasi büretist välja suruda.

Gaasianalüüsi alustatakse CO_2 määramisega. Selleks avatakse anuma *2* kraan ja tõstetakse aeglaselt pudelit *7*, kuni veepind büretis tõuseb kapillaartoruni, millega surutakse kogu gaasiproov KOH lahusega täidetud anumasse *2*. Edasi lastakse pudel *7* alla, kuni kemikaali nivoo anumas *2* tõuseb kontrollmärgini. Seda operatsiooni tuleb korrata 4—5 korda. Siis suletakse anuma *2* kraan ja tõstetakse pudel sellisele kõrgusele, et veenivoo pudelis ja büretis asuks ühekõrgusel, ning loetakse gaasi maht büreti skaalalt. Seejärel kontrollitakse tulemust, milleks surutakse gaas veel kord anumasse ja imetakse tagasi büretti. Kui maht büretis ei vähene, on kindel, et kogu CO_2 hulk on absorbeerunud.

Analoogiliselt määratakse O_2 ja CO hulk, surudes gaasi vastavalt pürogallooli lahusega täidetud anumasse *3* ja ammoniakaalse vask(I)kloriidi lahusega täidetud anumasse *4*.

Et O_2 ja CO absorbeeruvad aeglasemalt, tuleb gaasisegu suruda läbi kemikaalilahuse 7—10 korda.

Lihtsamal analüüsil määratakse ainult CO_2 ja O_2 sisaldus suitsugaasis, mis iseloomustavad põlemise täielikkust koldes ja liigõhutegurit. Täielikul põlemisel kehtib seos:

$$CO_2+O_2=21-\beta CO_2,$$

kus β on kütuse elementaarkoostisest sõltuv suurus.

Kivisõe puhul

$$\beta=2{,}37(H_t-0{,}125\ O_t+0{,}206\ S_t+0{,}038\ N_t)\ \frac{1}{C_t}+0{,}005;$$

teiste tahke- ja vedelkütuste puhul

$$\beta=2{,}37\ (H_t-0{,}125\ O_t+0{,}158\ S_t+0{,}038\ N_t)\ \frac{1}{C_t}+0{,}005.$$

Kui mitte arvestada väävli ja lämmastiku sisaldust kütuses, siis

$$\beta=2{,}37\ (H_t-\frac{O_t}{8})\ \frac{1}{C_t},$$

kus kütuse koostis on antud kaaluprotsentides.

Gaasiliste kütuste puhul:

$$\beta=\frac{0{,}394(H_2+2O_2+CO+4CH_4+6C_nH_m+0{,}532N_2)}{CO_2+CO+CH_4+2C_nH_m}-0{,}79,$$

kus kütuse koostis on antud mahuprotsentides.

Kui võrrandi $CO_2+O_2=21-\beta CO_2$ pooled osutuvad mittevõrd-

seks, siis põlemine koldes pole täielik, s. t. esineb keemiline kadu ja tuleb asuda selle kõrvaldamisele.

Keskmisi β väärtusi mitmesugustele kütustele:

koks, puusüsi	0	kivisüsi	0,10
antratsiit	0,03	põlevkivi	0,10
puit	0,04	masuut	0,13
turvas	0,08	põlevkivi-kütteõli	0,14

Suitsugaaside maksimaalne CO_2 sisaldus:

$$(CO_2)_{max} = \frac{21}{1+\beta}\ \%.$$

Liigõhutegur α väljendub mitmesugusel kujul:

$$\alpha = \frac{(CO_2)_{max}}{CO_2};\quad \alpha = \frac{21}{(1+\beta)CO_2};\quad \alpha = \frac{21}{21-O_2}.$$

Näide. Kontrollida põlemise täielikkust ja liigõhutegurit valgustusgaasi põletamisel, mille koostis on: $CO_2=5{,}66\%$; $C_nH_m=3{,}42\%$; $O_2=0{,}78\%$; $CO=8{,}04\%$; $H_2=37{,}90\%$; $CH_4=35{,}95\%$; $N_2=8{,}25\%$, kui põlemisgaaside analüüsi tulemus on: $CO_2=11{,}7\%$; $O_2=1{,}0\%$.

$$\beta = \frac{0.394(37{,}90+1{,}56+8{,}04+143{,}80+20{,}52+4{,}39)}{5{,}66+8{,}04+35{,}95+6{,}84} - 0{,}79 =$$

$$= \frac{0{,}394 \cdot 216\,21}{56{,}49} - 0{,}79 = 0{,}71.$$

Täielikul põlemisel: $CO_2+O_2=21-\beta CO_2$.
Käesoleval juhul: $11{,}7+1{,}0=21-0{,}71 \cdot 11{,}7$

$$12{,}7=12{,}7.$$

$$\alpha = \frac{21}{(1+0{,}71)\cdot 11{,}7} = \frac{21}{20} = 1{,}05 \text{ ehk } \alpha = \frac{21}{21-1} = 1{,}05.$$

Seega põlemine on täielik liigõhuteguri juures $\alpha=1{,}05$.

Siit nähtub, et juba lihtne gaasianalüüs annab võimaluse kontrollida põlemise täielikkust ja liigõhutegurit, mis on olulise tähtsusega ökonoomse kütterežiimi hoidmisel.

Mittetäielikul põlemisel suitsugaasides esinevate C_nH_m, CH_4 ja H_2 sisaldus määratakse täieliku gaasianalüsaatoriga, milleks tavaliselt kasutatakse aparaati BTИ. Selle aparaadi juurde kuulub kromel-alumel termopaar ja kuni 1000° C skaalaga millivoltmeeter.

BTИ-tüüpi gaasianalüsaatoriga töötamine on mõeldav ainult hästi sisustatud laboratooriumis ja pärast vastava vilumuse omandamist.

Aparaadiga töötamisel määratakse osa gaasilisi komponente nende otsese absorbeerimisega vastavas lahuses ja teine osa nende järelpõletamisega elektriahjuga kuumutatavast torust läbijuhtimisel.

Absorbeerimisanumate ehitus on põhiliselt sama mis lihtsal

keemilisel gaasianalüsaatoril. Analoogiliselt toimub ka gaasi üksikute komponentide absorbeerimine. Seejuures on aga rahuldavate tulemuste saamiseks väga oluline kinni pidada lahuste õigest valmistamisest.

Happeliste gaaside, nagu CO_2, SO_2, H_2S jms. summaarseks absorbeerimiseks kasutatakse KOH (ГОСТ 4203-48) lahust, mis saadakse 60—70 g KOH lahustamisel 130—140 ml destilleeritud vees (ГОСТ 6709-53).

Küllastamata süsivesinikkude C_nH_m absorbeerimiseks kasutatakse lahust, mis saadakse 20%-lise kaaliumbromiidi vesilahuse (ГОСТ 4160-48) küllastamisel broomiga (ГОСТ 4109-48). Broomi aurude mürgisuse tõttu tuleb lahus küllastada tõmbekapis. Küllastamist tuleb jätkata seni, kuni anuma põhja jääb lahustamata broomitilk.

Hapniku O_2 absorbeerimiseks kasutatakse pürogalloolilahust, mille valmistamiseks lahustatakse 180 ml destilleeritud vees 60 g pürogallooli ja 60 g KOH, või siis 180 g destilleeritud vees 25 g «Porügallooli A» (ГОСТ 6408-52) ja 38 g KOH. Lahust tuleb loksutada 250 ml mahuga kolbis kuni reaktiivide täieliku lahustumiseni. Seejärel tuleb lahus kiiresti absorbeerimisanumasse valada ja õhust isoleerida.

Juhul kui on tarvis määrata hapnikusisaldust õhutemperatuuril alla 15° C, võetakse lahuse valmistamiseks 60 g naatriumhüdrosulfiiti (ГОСТ 246-41) ja 30 g KOH, mis lahustatakse 210 ml destilleeritud vees.

Vingugaasi absorbeerimiseks kasutatakse vask(I)oksiidi suspensiooni, mis valmistatakse järgmiselt: 20 g vask(I)oksiidi hõõrutakse portselanuhmris 5—10 ml destilleeritud veega ja lisatakse juurde 5—10 ml väävelhapet (ГОСТ 4204-48).

Kõvaks muutunud massi hõõrutakse uuesti hoolikalt, lisades väikestes kogustes juurde 50—60 ml väävelhapet. Saadud mass uhutakse väävelhappega keeduklaasi, kuhu massi pidevalt segades lisatakse 30—40 g β-naftooli (ГОСТ 5835-51).

Seejärel valatakse saadud suspensioon klaasnõusse ning lisatakse juurde kuni 200 ml väävelhapet, suletakse nõu kummi- või lihvitud klaaskorgiga, loksutatakse 1—1,5 tundi ja lastakse siis seista 1—2 ööpäeva. Pärast seda dekanteeritakse suspensioon sademest otse absorbeerimisanumasse, millel kohe suletakse õhu juurdepääs.

Gaasi pideval analüüsimisel loksutatakse suspensiooni ja valatakse absorbeerimisanumasse ilma dekanteerimata.

Reaktiivi absorbeerimisvõime on kõrgem, kui see on valmistatud värskelt sadestatud vask(I)oksiidist. Vask(I)oksiidi saamiseks lisatakse 1 l destilleeritud vees lahustatud 50 g vaskatsetaadile (ГОСТ 5852-51) juurde 64 g glükoosi (ГОСТ 975-41) ja keedetakse 30—45 min., kusjuures lahusele tuleb aeg-ajalt vett juurde lisada, et säilitada lahuse esialgset mahtu. Kui helesinine

värvus kaob, tuleb keetmine lõpetada, vask(I)oksiidi sade loksutamisega läbi pesta, filtreerida ja kuivatada eksikaatoris kaltsiumkloriidi peal.

Vingugaasi absorbeerimiseks võib suspensiooni asemel kasutada ka vask(I)kloriidi ammoniakaalset lahust, mille valmistamiseks lahustatakse 110 ml 25%-lises ammooniumkloriidi (ГОСТ 3773-47) vesilahuses 32 g vask(I)kloriidi (ГОСТ 4164-48), valades segamise ajal juurde 80—100 ml ammoniaagi vesilahust (ГОСТ 3760-47) kuni vask(I)kloriidi täieliku lahustumiseni ja intensiivse sinise värvusega läbipaistva lahuse saamiseni. Saadud lahusele tuleb kohe sulgeda õhu juurdepääs.

Lahuse kasutamisel tuleb arvestada seda, et see absorbeerib vähesel määral metaani, kui viimase kontsentratsioon analüüsitavas gaasis on suur.

Vesiniku ja küllastatud süsivesinikkude põletamiseks kasutatakse hapendajana (oksüdeerijana) granuleeritud vask(II)oksiidi CuO (ГОСТ 4468-48) tera suurusega 1,0—2,5 mm.

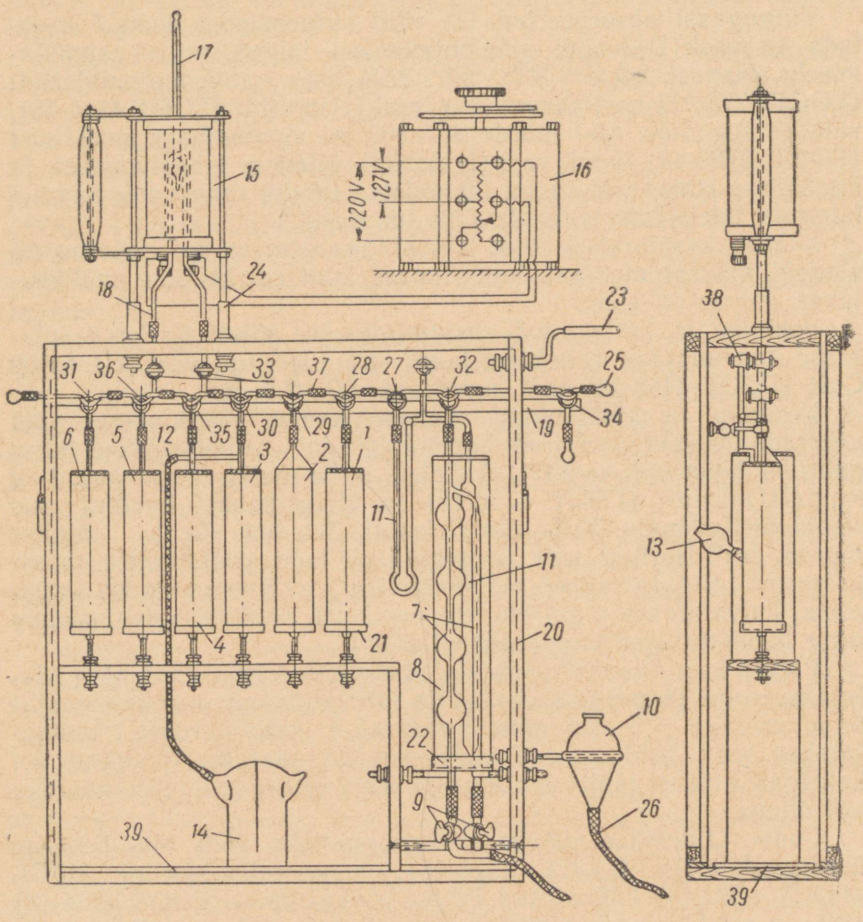
Vesiniku ja küllastunud süsivesinikkude põletamiseks võib kasutada ka aktiviseeritud hapendajat, mis valmistatakse 99 g pulbriks hõõrutud vask(II)oksiidist, mille hulka segatakse 1 g raud(III)oksiidi (ГОСТ 4173-48) ja 25 g puhast kaoliini, mis sisaldab ligikaudu 55% ränidioksiidi. Saadud segule lisatakse juurde destilleeritud vett ja segatakse kuni pastataolise massi saamiseni. Seejärel surutakse pasta läbi 2—2,5 mm suuruse avaga sõela, kuivatatakse algul õhutemperatuuril, seejärel kuivatuskapis ning kuumutatakse temperatuuril 600° C.

Pärast kuumutamist peenestatakse saadud kepikesed ning sõelutakse tolm ja peenike osa välja. Järelejäänud osa hapendajat terasuurusega 1,5—2,5 mm puistatakse kvartstorusse, kuumutatakse seda kuni punase värvuseni, taandatakse vesiniku või koksigaasi torust läbilaskmisega ja seejärel hapendatakse hapniku või õhuga.

Pudel täidetakse sulgvedelikuga, milleks võib olla 22%-ne keedusoolalahus (ГОСТ 4233-48), magneesiumkloriidi $MgCl_2$ (ГОСТ 4209-48) küllastatud lahus, väävelhappe (ГОСТ 4204-48) 10%-ne vesilahus või naatriumsulfaadi hapu lahus, mille valmistamiseks lahustatakse 27 g veevaba naatriumsulfaati Na_2SO_4 (ГОСТ 4166-48) või 61 g kristalset naatriumsulfaati $Na_2SO_4 \times 10\ H_2O$ (ГОСТ 4171-48) ja 10 g väävelhapet 108 ml destilleeritud vees. Sulgvedelikule lisatakse värvainena pisut metüüloranži.

Peale eelnimetatud reaktiivide läheb aparaadiga töötamisel tarvis veel etüülalkoholi kraanide puhastamiseks, lämmastikku aparaadi esialgseks täitmiseks (saab õhust hapniku eraldamisega otse aparaadis), veevaba lanoliini kraanide määrimiseks ja askariiti.

ВТИ-tüüpi gaasianalüsaatori konstruktsioon on toodud joonisel 251.



Joon. 251. ВТИ-tüüpi gaasianalüsaator:

1—6 — absorbeerimisanumad; *7* — mõõtebürett; *8* — klaassilinder büreti ja kompensatsioonitoru temperatuuri tasakaalustamiseks ja stabiliseerimiseks; *9* — büreti kahe otsekraaniga kahvel-kolmik; *10* — tasakaalustusanum; *11* — kompensaatorseade koos manomeetriga; *12* — isoleeriv kamm, mis ühendatakse kas vesiluku või kummikotiga; *13* — kaitsetoru; *14* — vesiluku klaasanum; *15* — elektriahi; *16* — autotransformaator; *17* — kuni 350° C skaalaga termomeeter (kasut. vesiniku põletamisel); *18* — põletustoru; *19* — plaat kraanide kinnitamiseks; *20* — aparaadi puitkast; *21* — absorbeerimisanuma metallalus; *22* — büreti metallalus; *23* — väljalõikega metallrõngas; *24* — elektriahju tugipesa; *25* — kork; *26* — õhukese seinaga elastne kummitoru; *27* — kolmekäiguline kraan; *28—32* — sirbikujulised kraanid; *33* — ühekäigulised otsekraanid; *34—36* — sirbikujulised kraanid; *37* — paksu seinaga elastne kummitoru; *38* — kompensatsioonitoru kraan; *39* — klaasplaat.

Aparaadi esialgsel kokkupanekul on otstarbekas kõigepealt asetada vastavalt joonisele kohale kinnitused. Klaasosad tuleb võimalust mööda väljaspool aparaati gruppide kaupa kokku monteerida. Seejärel asetatakse kohale plaadile *19* kinnitatavad kraanid. Kõik sirbikujulised kraanid *31*, *36*, *35*, *30*, *29*, *28*, *32* ja *34* ning manomeetri kolmekäiguline kraan *27* ühendatakse selliselt, et need moodustaksid ühe ühise horisontaalse kapillaari — gaasianalüsaatori jaotuskammi. Seejärel asetatakse kohale bürett *7* koos selle külge ühendatud kahvliga *9*. Edasi järgneb kompensaatori manomeetri *11* ja klaastorukestest täidisega absorbeerimisanumate monteerimine. Järjekorras teisena asetatakse kohale anum ilma kummikorgita ja kolmandana ilma täidiseta anum *6*.

Kui vingugaasi absorbeerimiseks kasutatakse vask(I)kloriidi, tuleb neljanda ja viienda anumana kasutada barbotaažianumaid ja kuuendana täidisega anumat.

Elektriahi *15* asetatakse tugiraami *20* vastavatesse pesadesse *24* ja ühendatakse autotransformaatori *16* kaudu vooluallikaga. Kahvli *9* vaba ots ühendatakse 75—80 cm pikkuse kummitoru *26* abil tasakaalustusanumaga *10*.

Isolatsioonidetailid asetatakse kohale pärast aparaadi analüüsiks ettevalmistamist.

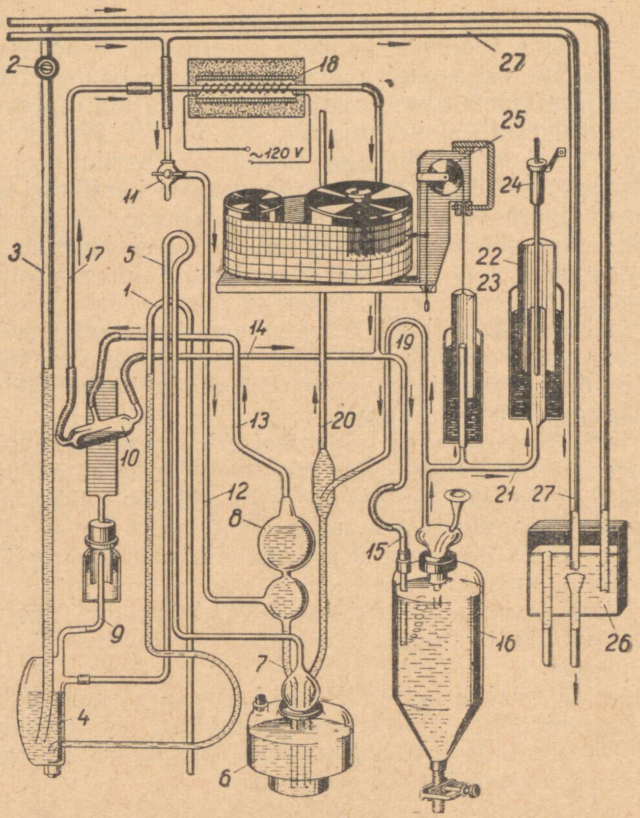
Absorbeerimisanum *1* täidetakse KOH lahusega. Anum 2 tuleb täitmiseks aparaadi küljest ära võtta ja tõmbekapi all täita broomilahusega.

Anum *3* täidetakse pürogallooli lahusega, anum *4* vask(I)-oksiidi suspensiooniga väävelhappes, anum *5* KOH lahusega ja anum *6* (ilma täidiseta) küllastunud soolalahusega või mõne muu eespool soovitatud sulgvedelikuga.

Gaasi analüüsimine toimub põhiliselt samuti kui lihtsa gaasianalüsaatoriga. Peamine erinevus on ainult vesiniku ja küllastatud süsivesinikkude määramises, mis toimub nende põletamisega aparaadis. Vesiniku põletamiseks vajalik temperatuur on 280—285° C. Seejuures ei tohi CO_2 tekkida üle 0,2%.

Absorbeerimise ajaks võetakse elektriahi põletustorult ära ja asetatakse ühe jalaga vasakusse pessa. Enne vesiniku põletamisele asumist tuleb ahju selles asendis hakata varakult kütma, et selle temperatuur CO absorbeerimise lõpuks oleks 260° C. Seejärel asetatakse elektriahi põletustorule ja ahju asetatakse termomeeter *17*. Ahi kaetakse altpoolt asbestiga. Kui põletustoru on kuumutatud 3—4 min., surutakse analüüsitav gaas aeglaselt (kiirusega 15—20 ml/min) läbi põletustoru anumasse *6*.

Gaasi tagasiimemisel ja edasistel põletustorust läbisurumistel peab gaasi liikumise kiirus olema tavaline, s. o. ligikaudu 400 ml/min. Kui gaasi maht enam ei vähene, võetakse välja termomeeter ja ahi asetatakse oma esialgsesse seisu. Seejärel asetatakse tasakaalustusanum alumisele rõngale ja põletustorule külma veega niisutatud rätik. Toatemperatuurini allajahutatud



Joon. 252. Gaasianalüsaatori ГД-3 skeem:

1 — sifoontoru; *2* — reguleerimiskraan; *3* — veetoru; *4* — anum; *5* — ühendustoru; *6* — anum; *7* — ühendustoru; *8* — mõõteanum; *9* — elavhõbelukk; *10* — elavhõbeümberlüliti; *11* — kolmekäiguline kraan gaasile; *12* — gaasi sissevoolutoru; *13, 14, 15* — ühendustorud; *16* — absorbeerimisanum KOH lahusega; *17* — ühendustoru; *18* — elektriline järelpõletamisahi; *19* — ühendustoru; *20* — gaasi väljavoolutoru; *21* — ühendustoru; *22, 23* — mõõtesilindrid kelladega; *24* — kella käigupiiraja; *25* — kirjutusseadme mehhanism; *26* — ežektor; *27* — gaasitoru ežektorisse.

gaasi mahu vähenemine põletamise tagajärjel näitab otseselt vesiniku hulka analüüsitavas gaasis.

Analoogiliselt määratakse küllastatud süsivesinikkude kogus gaasis. Erinevus seisab vaid selles, et põletustemperatuur, mõõdetuna termopaariga, on 850—950° C (aktiivse hapendaja korral 600°) ja gaas juhitakse põletustorust anumasse *5*. Mahu vähenemine pärast gaaside mahajahutamist näitab otseselt küllastatud süsivesinikkude kogust analüüsitavas gaasis.

Gaasi täieliku analüüsi vajadus esineb aurukatelde bilansikat-

setel, samuti aga ka gaasilise kütuse kasutamisel selle koosseisu ja kütteväärtuse kontrollimiseks. Neil juhtudel on praktiliselt enam kasutatavaks mõõteriistaks ülalkirjeldatud gaasianalüsaator ВТИ.

Tuleb aga märkida, et gaasi koostise määramine täieliku gaasianalüsaatoriga nõuab palju aega, tavaliselt 3 kuni 4 tundi. Analüüsi aja lühendamiseks, eriti suitsugaaside koostise pidevaks kontrollimiseks kasutatakse automaatseid gaasianalüsaatoreid. Nende töötamise täpsus oleneb gaasivõtmise koha valikust, gaasis leiduvast lendtuha ning tahma hulgast, konstantse temperatuuri hoidmisest mõõteriistas ja niiskuse eraldamisest gaasist. Gaasi puhtuse jälgimiseks asetatakse vahel gaasianalüsaatori ette kontrollfilter.

Kui gaasi temperatuur on üle 500° C, tuleb kasutada jahutatavat gaasivõtmise toru.

Automaatsed gaasianalüsaatorid võivad oma töötamise põhimõttelt olla kas keemilised, mehaanilised või elektrilised.

Keemiline gaasianalüsaator ГД-3 (joon. 252) määrab CO_2 ja $CO+H_2$ sisalduse suitsugaasis. Mõõteriist koosneb järgmistest põhiosadest:

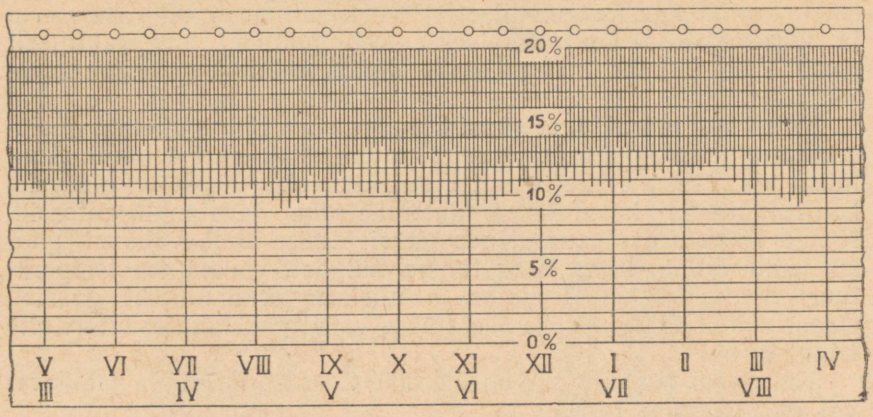
1) sõlmest anumaga *4*, veetoruga *3*, sifooniga *1*, ühendustoruga *5* ja anumaga *6*;
2) anumast *8* gaasi hulga mõõtmiseks;
3) KOH lahusega täidetud anumast *16* CO_2 absorbeerimiseks;
4) ümberlülitusseadmest ümberlülitiga *10* ja elavhõbelukuga *9*;
5) elektrilisest järelpõletamisahjust *18*;
6) mõõtesilindrist kelladega *22* ja *23* gaasi mahu muutuse mõõtmiseks pärast CO_2 absorbeerimist. Suurem kell mõõdab 80% mõõteriista võetud gaasi mahust, väiksem aga ülejäänud osa gaasist ja paneb liikuma kirjutusseadme sule;
7) kirjutusseadmest kellamehhanismi, trumlite ja lindiga.

Gaasianalüsaator laseb järjekorras ühe osa gaasi läbi absorbeerimisanuma *16*, kus määratakse CO_2 sisaldus, mille suurus märgitakse lindile kriipsuga (joon. 253), ja teise osa gaasi läbi järelpõletamisahju, kus CO põleb CO_2-ks ja H_2 veeks, ning edasi absorbeerimisanumasse *16*. Seejuures saadakse lindil lühem kriips, sest CO põlemisel CO_2-ks anumas *16* suurenes CO_2 hulk.

CO ja H_2 puudumisel gaasis osutuvad lindile märgitavad kriipsud ühepikkusteks.

Gaasianalüsaatorit ГД-3 kasutatakse CO_2 määramiseks suitsugaasis piirides 0—20% ja $CO+H_2$ määramiseks piirides 0—5%. Töötamise kiirus on 20—30 analüüsi tunnis.

Mehaaniliste gaasianalüsaatorite töötamine põhineb gaasisegu ja õhu erikaalude vahe kasutamisel. Et süsihappegaasi erikaal on tunduvalt suurem õhu, vingugaasi, hapniku ja lämmastiku omast, siis gaasisegu erikaal on seda suurem, mida rohkem ta sisaldab süsihappegaasi. Seetõttu võimaldab



Joon. 253. Gaasianalüsaatori diagramm (CO_2 ja $CO+H_2$ sisaldus).

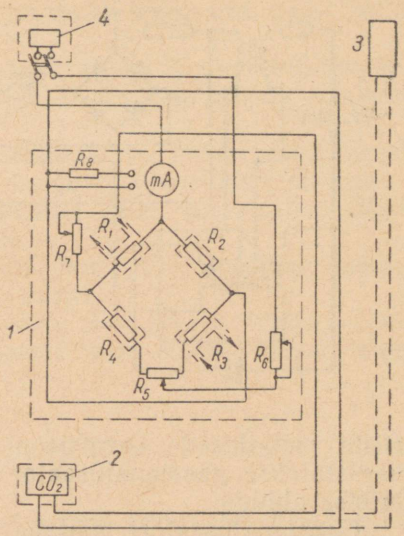
mehaaniline gaasianalüsaator määrata suitsugaasis ainult süsihappegaasi sisaldust. Juhul, kui suitsugaasis leidub H_2, SO_2 või CH_4, mille erikaalud erinevad tunduvalt õhu omast, ei näita mõõteriist CO_2 sisaldust õigesti.

Mehaanilise gaasianalüsaatori suuremaks puuduseks on, et ta ei võimalda suitsugaasis leiduva CO määramist.

Elektriliste gaasianalüsaatoritega on võimalik määrata CO_2 ja $CO+H_2$ sisaldust suitsugaasis. Süsihappegaasi sisalduse määramine põhineb CO_2 ja õhu erineval soojusjuhtivusel. Mõõteriistas kasutatakse kaht elektrivooluga soojendatavat plaatinatraati, millest üks asetatakse gaasivoolu, teine õhuvoolu. Kuna süsihappegaas juhib soojust halvemini kui õhk, siis suitsugaasivoolu asetatud traat, võrreldes õhuvoolu asetatud traadiga, kuumeneb seda rohkem, mida suurem on süsihappegaasi sisaldus gaasisegus. Traadi kuumenemisel suureneb tema elektriline takistus. Mõõteriista näit sõltub kahe traadi takistuste vahest, mis iseloomustab CO_2 sisaldust gaasisegus.

Elektrilise gaasianalüsaatori puuduseks on tema näidu tunduv vähenemine gaaside puudulikul põlemisel koldes, s. o. juhul, kui suitsugaas sisaldab süsivesinikke. Seega näitab elektriline gaasianalüsaator sel juhul tõelisest väiksemat CO_2 sisaldust (s. o. palju õhku), kuigi tegelikult koldesse juhitava õhu hulk on väike. Õli, turba ja pruunsöe põletamisel on elektriliste gaasianalüsaatorite näit sageli ebaõige.

Suitsugaasis leiduva vingugaasi ja vesiniku ($CO+H_2$) määramisel kasutatakse nende järelpõletamist mõõteriistas. Seejuures tõuseb temperatuur sõltuvalt $CO+H_2$ sisaldusest suitsugaasis. Temperatuuri tõusule reageerib galvanomeeter, mille skaala on gradueeritud $CO+H_2$ sisalduse protsentides.



Joon. 254. Gaasianalüsaatori ГЭУК-2 põhimõtteline elektriline skeem:

1 — mõõtesild; *2* — näitav mõõteriist; *3* — isekirjutaja; *4* — toiteallikas.

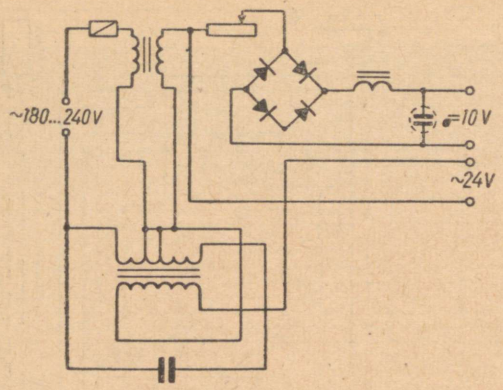
Üheks rohkem kasutatavaks automaatseks elektrilise gaasianalüsaatori tüübiks on ГЭУК-21. See mõõteriist on määratud CO_2 pidevaks mõõtmiseks katelseadmete suitsugaasides.

Analüüsitava gaasisegu CO_2-sisaldus protsentides määratakse gaasisegu ja õhu soojusjuhtivuste võrdlemisega elektrilise silla abil. Joonisel 254 on kujutatud gaasianalüsaatori elektriline skeem. Sillas asuvad takistused R_1 ja R_3 on asetatud kambritesse, kust analüüsitav gaasisegu läbi voolab. Takistused R_2 ja R_4 asuvad õhuga täidetud kambrites. Mõõtesilla takistuste materjaliks on 0,04 mm läbimõõduga plaatinatraat mark «Ekstra».

Silla kaks vastastikku asuvat tippu ühendatakse vooluallikaga. Kõik takistused kuumutatakse elektrivoolu abil kuni kindla temperatuurini. Silla kaks ülejäänud tippu ühendatakse näitava elektrilise mõõteriistaga. Kui gaasikambrid täita õhuga, on mõõtesild tasakaalus ja näitava riista ahelas voolu ei ole. Silla tasakaalu seadmiseks kasutatakse nullreostaati R_5.

Kui gaasikambritest juhtida läbi analüüsitavat gaasisegu, muutub soojusülekanne silla takistustelt kambri seintele (süsihappegaasi väiksema soojusjuhtivuse tõttu) ning selle tagajärjel ka silla õlgade elektriline takistus. Tulemusena läbib näitavat riista vool, mis on proportsionaalne CO_2 sisaldusega analüüsitavas gaasisegus.

H_2 ja SO_2 soojusjuhtivus erineb samuti tunduvalt õhu soojusjuhtivusest. Seetõttu mõjutab nende komponentide sisaldus samuti riista näitamist. Peale selle põhjustab SO_2 agressiivsus mõõte-



Joon. 255. Toiteallika skeem.

riista metallosade korrosiooni. Nende puuduste kõrvaldamiseks varustatakse gaasianalüsaator väävlifiltriga ja vesiniku eelpõletamise ahjuga.

Gaasianalüsaatori näitava riistana kasutatakse elektromagnetilist millivoltmeetrit МПБ-46, täpsusklassiga 1,5 ja skaalaga 0—20% CO_2. Osuti täieliku väljalöögi põhjustab pinge 27,2± 0,4 mV. Millivoltmeeter peab asuma püsiva temperatuuriga ruumis.

Gaasianalüsaatori näidu automaatseks üleskirjutamiseks kasutatakse isekirjutavat galvanomeetrit СГ skaalaga 0—20% CO_2 ja skaala jaotusega 0,5% CO_2.

Gaasianalüsaatorit toidetakse erilisest toiteallikast või akupatareist. Toiteallika ИП-6 elektriline skeem on näidatud joonisel 255. Toiteallika alaline pinge 390 mA koormuse juures on 12±0,5 V, vahelduv pinge 500 mA koormuse juures 24+1 V.

Mõõteriist on ette nähtud gaasidele, mille tolmusisaldus ei ületa 15 g/m³, kusjuures temperatuuripiirkonnaks on 200—600° C. Madalamal temperatuuril pigitub filter kiiresti, kõrgemat temperatuuri ei talu aga filtri metallarmatuur.

Sobivaks ruumitemperatuuriks gaasianalüsaatori töötamisel on +10 kuni +40° C.

Gaasi juurdevoolutoru peab olema võimalikult lühike.

Õigesti monteeritud gaasianalüsaatori komplekt vajab järgmist minimaalset hooldamist.

1. Kord päevas kontrollida osuti nullseisu. Selleks tuleb gaasi juurdevooluliin sulgeda ja gaasikambritest õhku läbi puhuda. Vajaduse korral tuleb riista nulliseadmiseks kasutada nullreostaati. Kui nullasend on nihkunud üle riista lubatava vea (±0,5% CO_2), tuleb kontrollida mõõtesilla algseisundit. Selleks muudetakse silla kuumendusvoolu tugevust, kusjuures kambrid peavad olema täidetud õhuga. Voolu muutumine piirides kuni poole nimivooluni (milliampermeetri järgi) ei tohi põhjustada nulli nihkumist üle

0,5% CO_2. Kui nihkumine on suurem, tuleb mõõtesild maha võtta ja remonti anda.

2. Vähemalt kord vahetuses kontrollida voolu milliampermeetri järgi. Vajaduse korral tuleb voolu reguleerida vastava reostaadiga.

3. Vähemalt kord vahetuses kontrollida gaasivoolu kiirust diferentsiaaltõmbemõõtjaga. Rõhu languse vähenemisel on gaasiliin ummistunud. Selle likvideerimiseks tuleb keraamiline filter ja gaasiliin suruõhuga läbi puhuda.

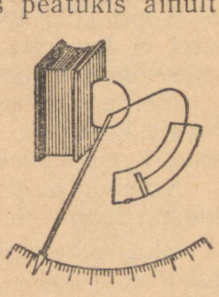
4. Perioodiliselt kontrollida vatti kontrollfiltris. Vati mustumisel on gaasi vastuvõtuseadeldis ebatihe.

5. Vähemalt kord kuus kontrollida täiendavate mõõteriistade mehaanilist nullseisu. Vajaduse korral tuleb riistad korrektoriga nulli seada.

90. ELEKTRILISED MÕÕTERIISTAD

Katlamajas kasutatakse mitmesuguseid elektrilisi mõõteriistu. Seoses katelseadmete töö automatiseerimisega nende nomenklatuur järjest laieneb. Peale elektriliste mõõteriistade hakatakse üha rohkem kasutama ka elektronmõõteriistu ja mitmesuguseid isekirjutajaid.

Kõige esimeseks vajaduseks on siiski mõõta tööstusliku sagedusega (50 hertsi) vahelduvvoolu tugevust ja pinget. Selleks kasutatavatest riistadest vaadeldakse käesolevas peatükis ainult elektromagnetilisi mõõteriistu, mis oma odavuse, lihtsuse ja töökindluse tõttu on väga levinud.



Joon. 256. Elektromagnetilise mõõteriista skeem.

Elektromagnetiliste mõõteriistade töötamine põhineb paigalseisvat töömähist läbiva mõõdetava voolu poolt tekitatava magnetvälja mõjul magnetsulamist liikuvale osale, mille külge on kinnitatud riista osuti.

Elektromagnetiliste mõõteriistade konstruktsioone on mitmesuguseid. Joonisel 256 on skemaatiliselt näidatud lameda mähisega elektromagnetiline mõõteriist. Ampermeetri või voltmeetri mõõtemehhanismi liikumatu osa moodustab töömähise *1* raam, millele on mähitud peenike isoleeritud vasktraat või -lint.

Kui mõõdetav vool läbib töömähist, tekib selle keerdude ümber magnetväli, mille jõujooned koonduvad mähise telje suunas. Väljapoole paigalseisvat raami asetatakse risti viimase teljega ahaatlaagritele paigutatud liikuva osa telg *2*, millele on ekstsentriliselt kinnitatud lame raudsüdamik *3* ja osuti *4*. Kui mõõdetav vool

läbib mähist, tõmmatakse südamik *3* tekkinud magnetvälja mõjul mähise avasse, millega pöördub telg *2* ja järelikult ka osuti *4*.

Liikuva osa pöördumisele mõjub vastu spiraalvedru (joonisel pole näidatud). Liikuva osa telje külge on kinnitatud kolvike *5*, mis riista liikuva osa pöördumisel liigub radiaalselt painutatud õhksummutis 6. Uuema konstruktsiooniga mõõteriistadel kasutatakse magnetilist summutit.

Tehniliste elektromagnetiliste mõõteriistade täpsus on ±1,5—2,5%. Nende monteerimisel kilpidele tuleb jälgida, et välised magnetväljad, mis tekivad tugevvoolujuhtmete ümber ja mõjutavad mähise välja ning seega mõõtmise tulemust, ei asuks mähise välja suunas, kuna sel juhul tekib kõige suurem viga. Olgu seejuures märgitud, et väliste magnetväljade mõju nõrgendab mõõteriista raudkest, mis täidab magnetilise ekraani ülesannet.

Elektromagnetiliste mõõteriistade omatarve on ampermeetritel 2—8 W, voltmeetritel 2—5 W. Skaala jaotus on ebaühtlane. Tundlikkus on skaala algosas kõige väiksem, keskel tõuseb ja lõpus uuesti langeb. Nominaalseks tööpiirkonnaks loetakse skaala ulatus alates 25% kuni 100%, kus jaotused on enam-vähem ühtlased. Elektromagnetilised mõõteriistad taluvad suhteliselt suuremat ülekoormust, mis on üheks nende hinnatavaks omaduseks. Lühiajaline ülekoormus (voolu löök), mis ületab nominaalvoolu kuni 100 korda, ei vii veel riista lõplikult rivist välja.

Elektromagnetiliste ampermeetritega saab mõõta voole alates 6—8 mA kuni 200—300 A. Sunte elektromagnetilistel ampermeetritel ei kasutata, kuna need põhjustavad omainduktsiooni ning suurendavad märgatavalt riista omatarvet.

Mõõtepiirkonna laiendamiseks kasutatakse voolutrafosid. Vastavalt kehtivale standardile on voolutrafoga kasutatava ampermeetri mõõtepiirkonnaks 5 A.

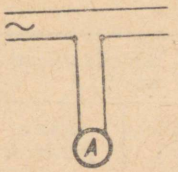
Skeemid ampermeetri kasutamiseks otseselt ja voolutrafoga on toodud joonistel 257 ja 258.

Elektromagnetiliste voltmeetritega saab mõõta pingeid alates 1,5 V kuni 500—600 V. Mõõtepiirkonna laiendamiseks kasutatakse pingetrafosid. Sel juhul on voltmeetri enda mõõtepiirkonnaks 100 V. Voltmeetri lülitusskeemid otsesel ja pingetrafoga mõõtmisel on toodud joonistel 259 ja 260.

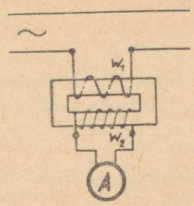
Konstruktiivselt jagunevad elektromagnetilised mõõteriistad mitmeteks tüüpideks: laboratoorsed, kantavad, kilbiriistad jne.

Kilbiriistade Э30 (joon. 261) põhiandmed on järgmised:

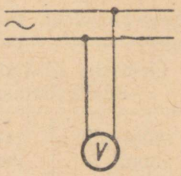
Täpsusklass	1,5
Mõõdetava voolu sagedus	50 Hz
Väliskeskkonna temperatuur	−20 kuni +50° C
Väliskeskkonna niiskus	80%



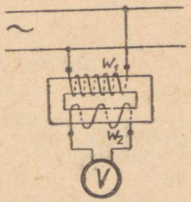
Joon. 257. Ampermeetri otselülitamise skeem.



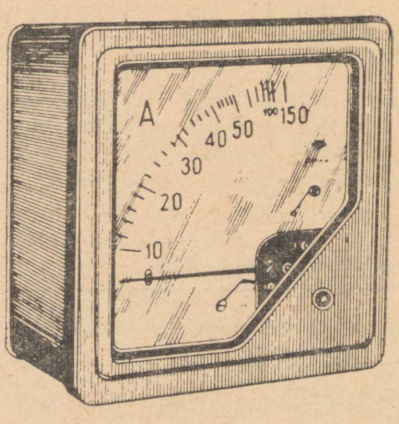
Joon. 258. Ampermeetri lülitamise skeem voolutrafoga.



Joon. 259. Voltmeetri otselülitamise skeem.



Joon. 260. Voltmeetri lülitamise skeem pingetrafoga.



Joon. 261. Mõõteriista Э30 väliskuju.

Mõõteriista näidu muutus väliskeskkonna temperatuuri muutumisel 10° võrra	±1,2%
Tööasend	Vertikaalne
Isolatsiooni proovipinge	2 kV
Mõõteriista mass	2,2 kg

Kirjeldatud tüüpi elektromagnetilised mõõteriistad on asetatud tolmukindlasse plastmasskesta.

Mõõteriista skaala on nelinurkne. Osuti on odakujuline ja värvitud mustaks. Mõõtemehhanism on varustatud ekraaniga väliste magnetväljade mõju kõrvaldamiseks. Kinnitus kilpi toimub spetsiaalse äravõetava klambriga.

Mõõtepiirkonnad on toodud tabelites 61 ja 62.

Gabariitmõõtmed: kilbil asetseval osal 160×160 mm, kilbi sisse lastaval osal 149×149 mm, kilbist välja ulatuva osa kõrgus 8,5 mm, üldkõrgus 82±1 mm, kõrgus koos juhtmete ühenduskruvidega (M 5) 97±1,5 mm.

Tabel 61

Ampermeetrid, tüüp Э 30

Otseseks lülitamiseks mõõteahelasse		Kasutamiseks voolutrafoga, mille sekundaarmähise nominaalne voolutugevus on 5 A			
mõõtepiirkond A	skaala jaotus A	mõõtepiirkond A	skaala jaotus A	mõõtepiirkond A	skaala jaotus A
0—1	0,05	0—5	0,2	0—400	20,0
0—2	0,1	0—10	0,5	0—600	20,0
0—3	0,1	0—15	0,5	0—750	50,0
0—5	0,2	0—20	1,0	0—1000	50,0
0—10	0,5	0—30	1,0	0—1500	50,0
0—20	1,0	0—40	2,0	0—2000	100,0
0—30	1,0	0—50	2,0	0—3000	100,0
0—50	2,0	0—75	5,0	0—4000	200,0
0—75	5,0	0—100	5,0	0—5000	200,0
0—100	5,0	0—150	5,0	0—6000	200,0
0—150	5,0	0—200	10,0	0—7500	500,0
0—200	10,0	0—300	10,0	0—10000	500,0

Tabel 62

Voltmeetrid, tüüp Э 30

Otseseks lülitamiseks mõõteahelasse		Kasutamiseks pingetrafoga, mille sekundaarmähise nominaalpinge on 100 V	
mõõtepiirkond V	skaala jaotus V	mõõtepiirkond V	skaala jaotus V
1	2	3	4
0—15	0,5	0—3600	100,0
0—30	1,0	0—7200	500,0
0—50	2,0	0—12000	500,0
0—150	5,0	0—18000	1000,0
0—250	10,0	0—42000	1000,0
0—450	20,0	0—150000	5000,0
0—600	20,0	0—300000	10000,0
		0—460000	10000,0

XVII. KATELSEADMETE TÖÖTAMISE AUTOMATISEERIMINE

91. AUTOMAATREGULAATORITE KASUTAMISE EESMÄRK

Tehnilise progressi peamiseks aluseks on tootmisprotsesside mehhaniseerimine ja automatiseerimine.

Mehhaniseerimise ülesandeks on vabastada tööline füüsiliselt rasketest tööoperatsioonidest. Automatiseerimine on mehhaniseerimise kõrgem aste, mille ülesandeks on vabastada inimene vahetust juhtimisest, jättes talle vaid iseseisvalt töötavate seadmete jälgimise ja teenindamise. Olenevalt selle ülesande lahendamisest võib kõnelda automatiseerimise astmest ja täiuslikkusest.

Automatiseerimine ei suurenda mitte ainult tööjõudlust, vaid tõstab ka agregaatide kasutegurit, alandab kütuse erikulu omatarbeks, suurendab seadmete ohutust ja töökindlust režiimi täpsema jälgimise arvel ning aitab vähendada avariisid. Automatiseeritud protsessil suureneb üldreeglina seadmete remontidevaheline töötamise aeg, millega vähenevad ka remondikulud.

Mitmed kaasaegsed tehnoloogilised protsessid, mis kulgevad kõrgetel rõhkudel ja temperatuuridel, pole ilma automatiseerimiseta üldse läbiviidavad.

Katelde automaatreguleerimise juurutamine on tööstuslikes katlamajades üheks tähtsamaks ülesandeks. Seejuures tuleb peamist tähelepanu pöörata katla toitmise ja kütuse põletamise automatiseerimisele.

On teada, et aururõhk katlas ei muutu, kui koldesse antav soojushulk on võrdne auruga katlast väljaviidava soojushulgaga.

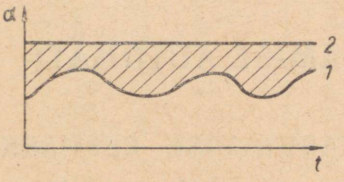
Kui see tasakaal kaob, hakkab aururõhk katlas muutuma: katlast võetava auruhulga suurenemisel rõhk langeb ja auruhulga vähenemisel rõhk tõuseb. See on õige muidugi sel juhul, kui koldesse antav kütusehulk ja selle küttevääртus ei muutu.

Järelikult võib lugeda, et aururõhu muutus katlas on proportsionaalne katla soojusbilansi vahega.

Sellest järeldub, et aururõhu muutust katlas võib kasutada impulsina koldesse antava kütuse- või õhuhulga reguleerimiseks.

Et aururõhku konstantsena hoida, tuleb muutlikul koormusel

muuta vastavalt koldesse antava kütuse hulka. See tingib ka põlemiseks vajaliku õhuhulga muutuse. Käsitsi reguleerimisel antakse koldesse tavaliselt selline konstantne õhuhulk, mis kindlustab kütuse täieliku põlemise maksimaalsel koormusel. Muudel koormustel kujuneb liigõhutegur koldes lubamatult suureks. Joonisel 262 on näidatud liigõhu hulga muutus katla muutuval koormusel koldesse antava konstantse õhuhulga puhul (viirutatud



Joon. 262. Teoreetilise ja tegeliku liigõhuteguri muutus põlemise käsitsi reguleerimisel.

pind). Käsitsi reguleerimisel muutub kütusekihi paksus restil küllaltki ebaühtlaselt, millele vastavalt muutub ka kütuse põlemiseks vajalik teoreetiline õhuhulk, mida kujutab kõver *1*. Kui õhuhulka ei reguleerita, näitab koldesse tegelikult antavat õhuhulka sirge *2*. Seetõttu muutub käsitsi reguleerimisel liigõhutegur koldes suurtes piirides.

Automaatreguleerimisel hoitakse kütusekihi paksust ühtlasemalt, millega vähenevad liigõhuteguri muutumise piirid.

Käsitsi reguleerimisel on aururõhu kõikumine katlas suur, mis pole hea ei katlale ega auru tarbijale.

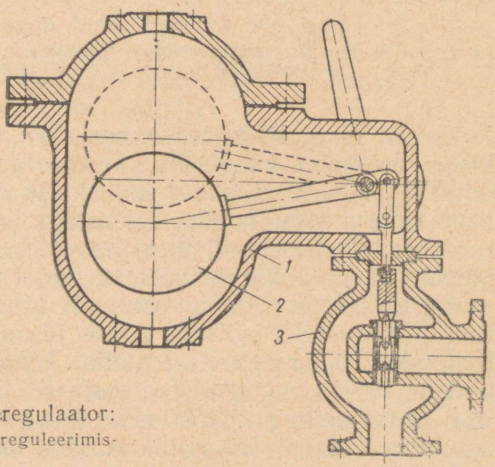
Kuna automaatreguleerimisel on võimalik põlemist paremini organiseerida, siis tõuseb katla kasutegur (tõus võib ulatuda 7—8%). Automaatreguleerimine kindlustab kolde töötamise liigõhuteguriga, mis on lähedane optimaalsele, ning katla töötamise teoreetilisele lähedasel režiimil. Automatiseerimine vähendab aururõhu kõikumist, millega tõuseb kogu energiaseadme kasutegur. Tõmbe ja õhupuhumise automaatne reguleerimine vähendab omatarbeks vajalikku energiakulu. Ekspluatatsioonikogemused näitavad, et automaatreguleerimise kasutamisel väheneb remondi maht, kuna katelagregaati ekspluateeritakse koormuse suuremate kõikumisteta.

Nagu kõikide seadmete puhul, väheneb ka katla töö automatiseerimisel teenindava personali vajadus. Vajalikud on ainult operaatorid, kes ei tee rasket füüsilist tööd.

Ülaltoodust selgub nii tahke-, vedel- kui ka gaaskütusel töötavate katelde ja katlamajade töö automaatreguleerimise suur tähtsus.

Katla toitmise automaatregulaatorid. Tööstuslike katlamajade aurukatlad komplekteeritakse mitmesuguste toiteregulaatoritega. Nendest on üldtuntud üheimpulsilised regulaatorid «Hannemann» ja «Kopes», kahe termostaadiga otseselt töötavad kaheimpulsilised regulaatorid «Kopes-Floumatik», kaudse mõjuga kaheimpulsilised regulaatorid ja kolmeimpulsilised regulaatorid. Alljärgnevalt on toodud üksikute kaasaegsete automaatregulaatorite kirjeldused, mis on end õigustanud väikese ja keskmise võimsusega kateldel peamiselt oma lihtsa konstruktsiooni ja töökindluse tõttu.

Otsese toimega regulaatorid (joon. 263) seatakse üles ДКВР katteldele (maksimaalne võimsus 10 t/h). Regulaator koosneb ujukikambrist *1*, milles asub ujuk *2*, ja katlasse juhitavat veehulka muutvast klapist *3*. Ujukikambri ülaosa on ühendatud katla trumli aururuumiga ja alaosa veeruumiga. Seega on ujuki-

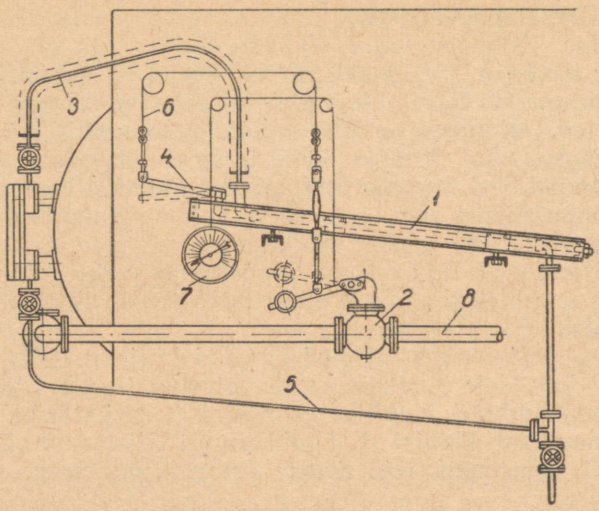


Joon. 263. Otsese toimega toiteregulaator:
1 — ujukikamber; *2* — ujuk; *3* — reguleerimisklapp.

kambris kindlustatud sama veetase ja rõhk mis trumliski. Klapp on ühendatud katla toiteliini. Automaatse reguleerimisklapi ujuk tõuseb või langeb olenevalt veetasemest katlas, mõjudes ühtlasi reguleerimisklapile. Ujuki vajumisel klapp avaneb, tõusmisel aga sulgub. Klapi konstruktsioon võimaldab hoida veetaset katla trumlis täpsusega ±60 mm. Minimaalne lubatav rõhulang reguleerimisklapil on 2 atm. Iga katel varustatakse tavaliselt ühe klapiga, mis kindlustab veetaseme katlas ülalmärgitud täpsusega.

Toiteregulaator «Kopes» (joon. 264) koosneb termostaadist *1*, liikumise ülekandemehhanismist *4* ja *6* ning koormusevabast toiteklapist *2*.

Termostaat koosneb väliskestast, milles on valgevasest (või ka



Joon. 264. Toiteregulaatori «Kopes» töötamise skeem:
1 — termostaat-toru; *2* — toiteklapp; *3* — aurutoru; *4* — hoob; *5* — veetoru; *6* — tross; *7* — klapi seisu näitaja; *8* — toitetorustik.

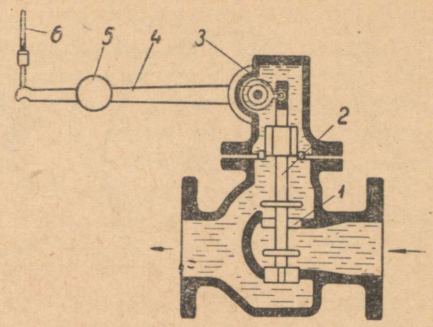
terasest) toru. Regulaator seatakse üles väljapoole katelt veeklaasi asukoha kõrgusele. Termostaadi toru ülemine ots ühendatakse isoleeritud toru kaudu katla aururuumiga ja alumine ots isoleerimata toru kaudu, pikkusega mitte alla 2,5 m, katla veeruumiga. Termostaadi toru ja katla trummel kujutavad seega ühendatud anumaid ja veetase nendes on ühel kõrgusel.

Termostaadi toru on osaliselt täidetud veega, mille temperatuur ühendustoru isoleerimatuse ja suure pikkuse tõttu on madalam vee temperatuurist trumlis. Toru ülemist osa kuumutatakse katlast tuleva auruga. Termostaadi toru pikenemine oleneb sellest, missuguses pikkuses seda auruga kuumutatakse. Mida madalam on veetase katlas, seda suurem on toru termiline pikenemine; mida kõrgem on veetase katlas, seda väiksem on toru termiline pikenemine. Toru alumine ots on kinnitatud kindlalt. Ülemine ots on liikuv ja on ühendatud nurkhoova *4* lühema õlaga.

Katla toitmiseks kasutatakse koormusevaba toiteklappi (joon. 265) kahe taldrikuga *1*, mis tasakaalustavad vee surve ja võimaldavad seega klappi kergesti avada või sulgeda. Taldriku *1* ja varda *2* raskuse tasakaalustamiseks kasutatakse vastukaalu *5*, mis on kinnitatud kaheõlgsele kangile *3—4*. Kui raskus on alla vajunud, siis klapp on avatud. Raskuse ülemises seisus on klapp suletud.

Vaatleme regulaatori töötamist katla erinevate veetasemete puhul.

Katla kõige madalama veetaseme puhul on termostaadi toru



Joon. 265. Regulaatori koormusvaba toiteklapp:
1 — taldrik; *2* — varras; *3* — klapihoova lühem õlg; *4* — klapihoova pikem õlg; *5* — tasakaalustav raskus; *6* — tross termostaadi hoova külge.

pikenemine suur. Termostaadi hoob *4* on liikunud oma ülemisse seisu ja on plokkidel asetseva trossi abil täielikult avanud toiteklapi. Katlasse juhitakse maksimaalne hulk vett.

Kõige kõrgema veetaseme puhul on termostaadi toru pikenemine väike, hoob *4* asub oma alumises seisus, toiteklapp on suletud ja vett katlasse ei anta.

Normaalse veetaseme korral on termostaadi torul keskmine pikenemine, hoob *4* asub keskmises seisus, klapp on parajalt avatud ja katlasse antakse normaalne veehulk.

Kui katla normaalkoormusel regulaator hoiab katlas liiga madala või liiga kõrge veetaseme, tuleb termostaadi toru nihutada üles- või allapoole tema kinnituskohas asuvate reguleerimiskruvide abil. Kaks kuni kolm korda nädalas tuleb termostaadi toru läbi puhuda eraldi vee- ja aurutoru kaudu. Tuleb jälgida, et hoovad oleksid hästi kinnitatud, et ei esineks lekkimist ega auramist.

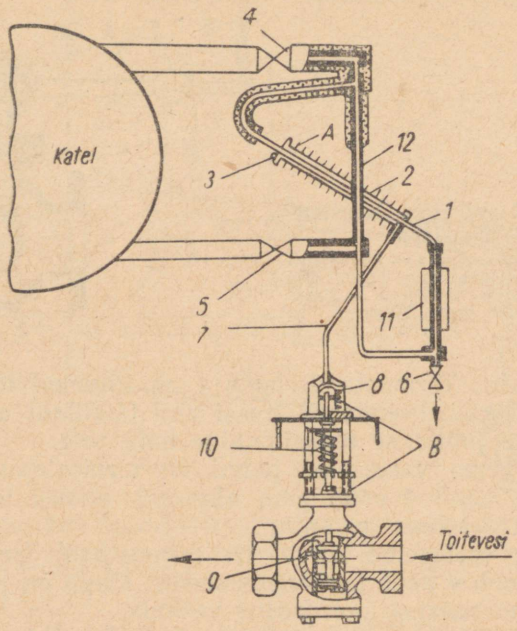
Kui toiteregulaator ei ole korras, tuleb viivitamatult üle minna toitmise käsitsi reguleerimisele.

Kirjeldatud tüüpi regulaatori töötamine põhineb ühel impulsil, katla veetaseme kõrgusel. Katla veetaseme paremaks reguleerimiseks kasutatakse kahe- ja kolmeimpulsilisi regulaatoreid, kus impulsina kasutatakse veetaset, katla koormust ja katlasse juhitava toitevee hulka või rõhku.

Joonisel 266 kujutatud ü h e i m p u l s i l i n e r e g u l a a t o r on leidnud laialdast kasutamist väikese ja keskmise võimsusega (10—50 t/h) aurukatelde juures.

Regulaator koosneb kahest põhilisest sõlmest — termogeneraatorist *A* ja automaatklapist *B*. Termogeneraator võtab vastu veetaseme muutused katlas ja vastavalt sellele juhib automaatklappi.

Termogeneraator koosneb termostaadist (torust) *1*, mis on ümbritsetud ribitoru-särgiga *2*. Selle ülaosas on korgiga suletav ava *3* termogeneraatori täitmiseks vedelikuga. Alumises otsas on termogeneraator toru *7* abil ühendatud automaatklapi lõõtsmembraaniga (sülfooniga) *8*. Termogeneraator, lõõtsmembraan ja ühen-



Joon. 266. Üheimpulsiline toiteregulaator:
A — termogeneraator; *B* — automaatklapp; *1* — termostaat; *2* — särk; *3* — ava termogeneraatori täitmiseks; *4* — ventiil auru-impulsstorul; *5* — ventiil vee-impulsstorul; *6* — läbipuhumisventiil; *7* — ühendustoru; *8* — lõõtsmembraan; *9* — kaheistmeline klapp; 10 — vedru; *11* — jahuti; *12* — ühendustoru.

dustoru moodustavad kinnise hüdraulilise süsteemi, milles asub töötav vedelik (tavaliselt veeauru kondensaat).

Termostaat koos teda ümbritseva särgiga on asetatud kaldu. Ülemine ots on ühendatud katlatrumli aururuumiga, alumine ots — veeruumiga, mille tõttu toru ülemine ots on täidetud auru, ülejäänud osa — veega.

Veetase katlatrumlis ja termostaadis on ühendatud anumate seaduse põhjal samal kõrgusel ning muutub neis üheaegselt.

Katla veetaseme ja regulaatori kinnises süsteemis valitseva rõhu vahel kehtib kindel seos: mida kõrgem on veetase katlas, seda madalam on termostaadi k e s k m i n e temperatuur ja seda väiksem regulaatori kinnises süsteemis valitsev rõhk.

Termostaadi ülemist otsa täitva auru temperatuur on võrdne küllastunud auru temperatuuriga katlas. Toru alumist otsa täitva vee temperatuur on auru temperatuurist madalam, kuna vee-impulsstoru on isolatsioonita ja lisaks sellele on talle asetatud ribijahuti *11*.

Termostaadi ülemine auruga täidetud («kuum») osa on kütte-

pinnaks, mille kaudu antakse soojust särgis olevale töötavale vedelikule. Mida madalam on veetase katlas, seda suurem osa termostaadist on täidetud auruga ja järelikult seda suurem on töötava vedeliku küttepind ning seda rohkem soojust antakse termostaadist särgis olevale vedelikule. Üleantava soojushulga suurenemisel kasvab särgis oleva vedeliku rõhk ja, vastupidi, üleantava soojushulga vähenemisel rõhk kinnises süsteemis väheneb.

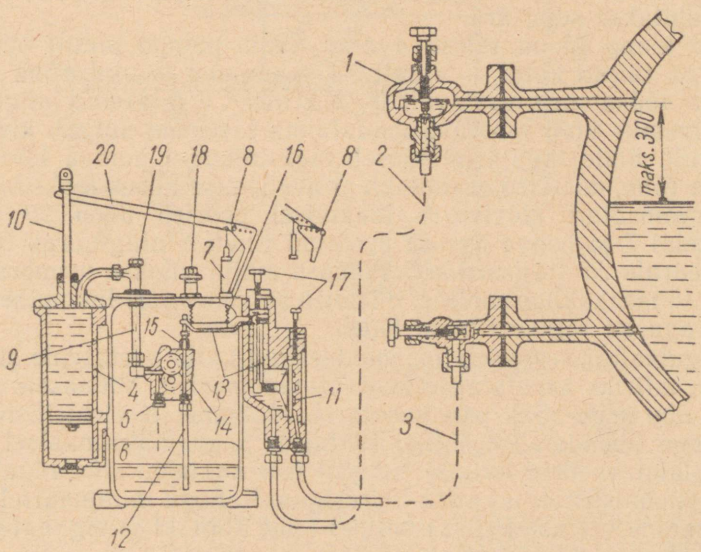
Automaatreguleerimisklapi *B* põhiosadeks on lõõtsmembraan (sülfoon) *8* ja kaheistmeline klapp *9*, mis surutakse vedru *10* poolt pesale.

Klapi avanemise määr sõltub lõõtsmembraani paisumisest. Rõhu tõusmisel kinnises hüdraulilises süsteemis venitatakse lõõtsmembraan välja, mille tagajärjel klapp *9* liigub allapoole ning vee andmine katlasse suureneb.

Rõhu langemisel suletud hüdraulilises süsteemis asetub klapp vedru *10* mõjul ülespoole ning vee andmine katlasse väheneb.

Seega põhineb toiteautomaadi töötamine rõhu muutumisel regulaatori kinnises hüdraulilises süsteemis. Rõhk muutub aga sõltuvalt veetasemest termostaadis, s. o. sõltuvalt veetasemest katlas.

Regulaator lubab veetaseme kõikumist katlas ± (35—40) mm keskmisest veetasemest katla koormuse muutumisel 30—100% nimikoormusest. Regulaatori korralikuks töötamiseks on tarvilik,



Joon. 267. Üheimpulsiline regulaator «Tšelle»:

1 — kondensaadinõu; *2* — auru impulsstoru; *3* — vee impulsstoru; *4* — servomootor; *5* — drossel; *6* — õlireservuaar; *7* — kronstein; *8* — tihvtid; *9* — survetoru; *10* — servomootori varras; *11* — impulssorgan; *12* — imemistoru; *13* — hoovad, *14* — pump; *15* — klapp; *16* — vedru; *17* — ventiil läbipuhumiseks; *18* — seadur; *19* — mutter; *20* — lülitushoob.

nagu kõigi üheimpulsiliste regulaatorite juures, et toitevee rõhk, millele on reguleeritud toiteautomaat, tunduvalt ei muutuks.

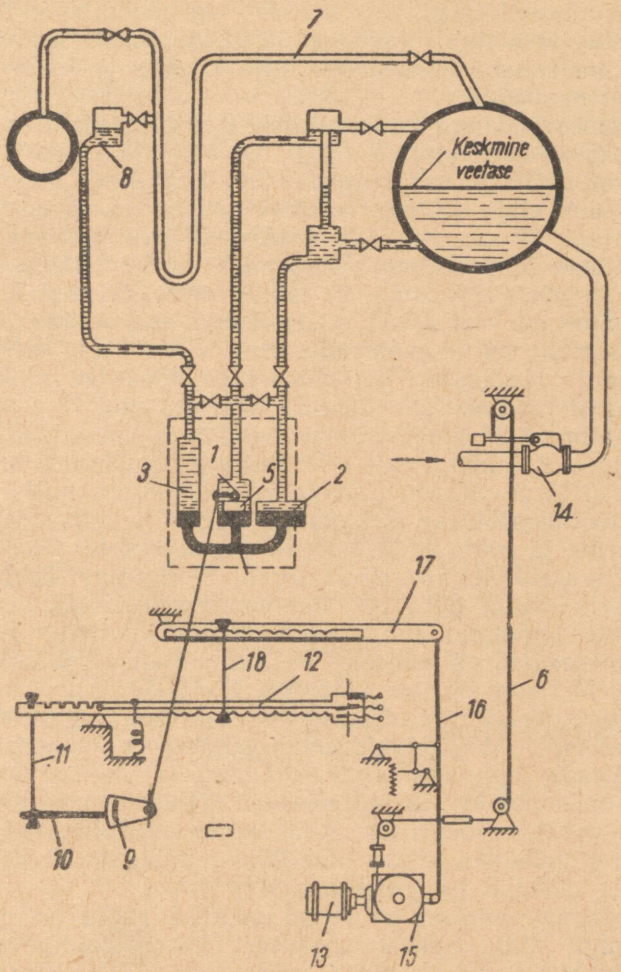
Rootsi üheimpulsiline regulaator «Tšelle» (joon. 267) on leidnud kasutamist 25—70 t/h võimsusega kateldel (analoogilisi regulaatoreid toodab rida teisi riike nimetusega «Kelle»). Need regulaatorid on end hästi õigustanud katlamajades, kus koormus järsult muutub tehnoloogiliste seadmete ebaühtlase aurutarvituse tõttu. Veetaseme muutusele trumlis reageerib diferentsiaalmanomeetri membraan *11*, mis on toru *2* kaudu ühenduses kondensaadinõuga *1*. Viimases säilitatakse ülevoolutoru abil alati kindel kondensaaditase. Ühelt poolt mõjub membraanile katla aururõhk ja kindla kõrgusega kondensaadisamba rõhk, teiselt poolt katla aururõhk ja katlas oleva muutliku kõrgusega veesamba rõhk (torus *3*). Selle tagajärjel mõjutab membraani liikumist muutlik rõhk, mis võrdub kindla kõrgusega kondensaadisamba ja trumli veetaseme vahega. Nimetatud vahe muutub proportsionaalselt veetaseme muutusega katla trumlis. Membraanile mõjuva rõhu tasakaalustamiseks kasutatakse vedru, mis kinnitatakse seadekruvi *18* külge. Kindlate pööretega töötav hammasrataspump pumpab õli läbi toru *12*. Õli seguneb õhuga, mis pääseb sisse klapi *15* kaudu, ja suundub seejärel servomootorisse. Pumba survepoolel asub drossel, mille kaudu juhitakse ära osa õli ja õhu segu. Ärajuhitava segu hulk sõltub õhuhulgast segus: mida rohkem õhku, seda rohkem juhitakse segu ära.

Kui klapp *15* on täiesti avatud, läbib pumpa ainult õhk; kui klapp on täiesti kinni — ainult õli. Seejuures muutub rõhk servomootori töökambris vastavalt 0—6 kG/cm². Veetaseme langemisel katla trumlis kuni lubatava madalaima tasemeni sulgub klapp *15* täielikult. Selle tagajärjel tõuseb maksimumini pumpa läbiva õli hulk ja rõhk, mistõttu on toiteklapi avanemise kiirus maksimaalne.

Servomootori kolvivarre liikumisel pöörleb hoob *20* ümber kronsteini *7* ja hoova avasse asetatud tihvti *8* ning surub tõukuri abil vedrule *16* (tagasiside). Viimase mõjul viiakse membraan ja klapp *15* tasakaaluasendisse, mistõttu servomootori liikumine, järelikult aga ka reguleerimine lõpeb.

Regulaatori korpusele on monteeritud katla veetaseme signalisaator, milleks kasutatakse kontaktmanomeetrit. Viimasele mõjub õli ja õhu segu rõhk servomootoris. Manomeetri elektriliste kontaktidega ühendatakse signaaljuhtmed. Segu maksimaalsel rõhul (madalaim veetase katlas) sulgub üks kontakt, mis annab signalisatsioonisüsteemi kaudu häiresignaali. Segu minimaalsel rõhul (normaalne veetase katlas) sulgub teine kontakt ja signaal näitab normaalset veetaset katlas.

Hammasrataspumba mootori võimsus on 0,2 kW. Regulaator «Tšelle» hoiab veetaset katlas täpsusega ±50 mm. Regulaatori inerts on tunduvalt väiksem kui muudel üheimpulsilistel regulaatoritel, mida kasutatakse keskmise võimsusega kateldel.



Joon. 268. Kaheimpulsiline elektromehaaniline nivooregulaator:

1—3 — anumad; *4* — ühendustoru; *5* — ujuk; *6* — klapitross; *7* — aurutoru; *8* — anum; *9* — sektor; *10* — hoob; *11* — nõel; *12* — relee; *13* — servoajam; *14* — toiteklapp; *15* — reduktor; *16* — tagasisidetross; *17* — hoob; *18* — nõelvarras.

Kaheimpulsilist elektromehaanilist nivooregulaatorit АРП-IV (joon. 268) kasutatakse mitmesuguse võimsusega aurukatelde automatiseerimiseks.

Regulaatori tähtsamaks osaks on diferentsiaalmanomeeter, mille kolm anumat on täidetud elavhõbedaga. Anumad *1*, *2* ja *3* on omavahel ühendatud toruga *4*. Anumad *1* ja *2* on ühendatud

katla trumliga nivoomõõtja skeemi järgi, anumad *1* ja *3* aga aurumõõtja skeemi järgi, mis mõõdab aurukulu trumlit ülekuumendiga ühendava toru *7* takistuse järgi. Anumas *1* asuva ujuki *5* asend on määratud veetasemega katla trumlis ja katla koormusega antud momendil.

Veetaseme või koormuse muutumisel muutub ujuki asend. See liikumine kantakse sektori *9* ning hoova *10* ja nõela *11* kaudu relee *12* kontaktidele, mis sulguvad või avanevad. Selle tulemusena rakendub ajam *13*, mis reduktori *15* ja trossajami *6* kaudu mõjutab klapi *14* asendit, vähendades või suurendades katlasse antava toitevee hulka. Ajam töötab nii kaua, kuni tagasisidetross hoova *17* ja nõela *18* kaudu ei lahuta relee *12* kontakte.

Regulaator on varustatud eriseadmega, mis näitab reguleerimisklapi asendit antud mómendil. See seade asub katla puldil. Peale selle on regulaatoril võimalus klapi tõusu kaugjuhtimiseks kui ka käsitsi juhtimiseks reduktori käsiratta abil.

Regulaator on ekspluatatsioonis tundlik ja võimaldab veetaset hoida piirides ±15 mm. Peale selle puudub regulaatoril hilinemine nivooimpulsi järgi. See on paljude katelde juures, mille koormus olenevalt tootmisprotsessi iseloomust kiiresti muutub, eriti oluline.

Veetaseme ja katla toitesüsteemi reguleerimiseks kasutatakse ka mitmesuguseid elektronregulaatoreid. Siia gruppi kuulub elektronreguleerimisseade ЭР-III-К, mis summeerib ja võimendab primaarriistade signaalid ning juhib magnetkäiviteid. Juhul kui reguleerimisseadme väljundrelee РП-5 on asendatud töökindlama releega РКМ-1, on seadme margiks ЭР-III-59.

Elektronreguleerimisseade koosneb teraskesta paigutatud mõõte- ja elektronblokist. Mõõteblokis summeeritakse ja kompenseeritakse primaarriistade signaalid. Iga primaarriista induktsioonandurit toidetakse mõõtebloki transformaatori mähiselt, mis moodustab viimasega vahelduvvoolusilla. Silla diagonaali lülitatakse potentsiomeetrid reguleeriva riista tundlikkuse mõõtmiseks parameetri järgi, mida mõõdab iga primaarriist.

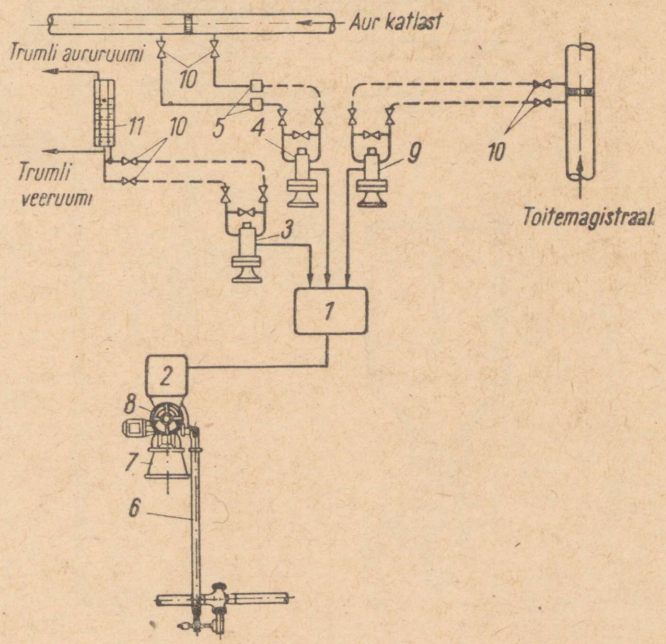
Reguleeritava parameetri antud suuruse puhul on potentsiomeetri pinge null. Sellest suurusest kõrvalekaldumisel tekib potentsiomeetris vahelduv pinge, mille faas oleneb kõrvalekaldumise suunast ja suurus on proportsionaalne kõrvalekaldumisega reguleeritavast parameetrist.

Mõõtebloki signaal suunatakse elektronblokki, kus see võimendatakse ja alaldatakse, millega juhitakse täiturmehhanismide käiviteid. Täiturmehhanism muudab reguleerimisorgani asendit. Protsessi normaalsel kulgemisel on reguleerimisseadme võimendi tasakaalus, käivitusseadme jõukontaktid on lahti ja täiturmehhanism seisab. Ettenähtud režiimist kõrvalekaldumisel parameetrid muutuvad. Seejuures lülitub sisse käivitusseadme üks kontakt ja täiturmehhanism hakkab nihutama reguleerimisorganit suunas, mis vastab reguleeritava parameetri taastamisele. Samaaegselt

käivitusseadme sisselülitamisega antakse impulss elastse tagasiside sõlmele, mistõttu täiturmehhanismi väljalülitamine toimub pisut enne reguleeritava parameetri vajaliku suuruse saavutamist, millega stabiliseeritakse reguleerimist.

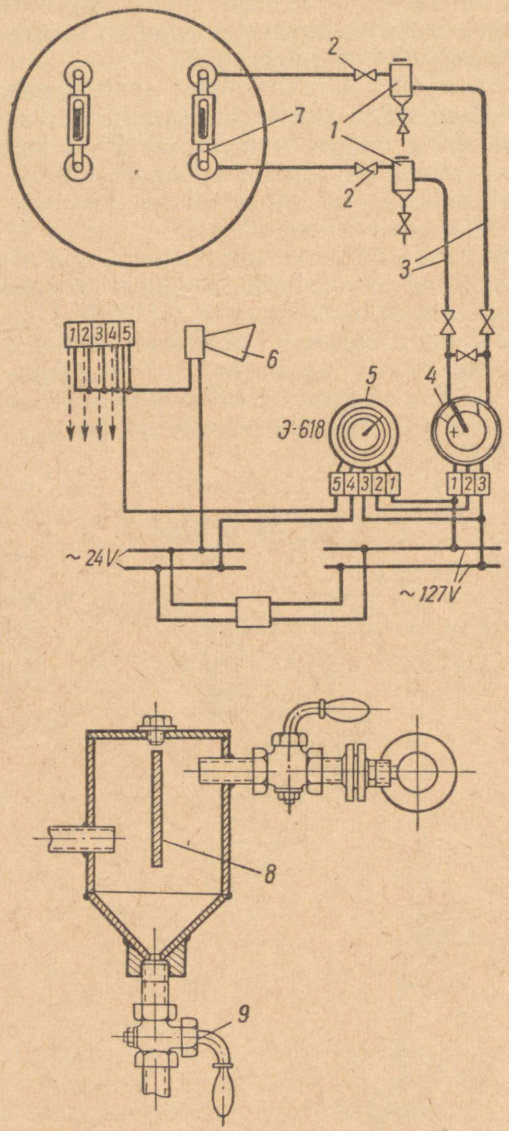
Reguleerimisseadme karakteristikat saab muuta laiades piirides, mistõttu standardne reguleerimisseade on kasutatav mitmesuguste parameetrite reguleerimiseks. ЭР-III-К kasutatakse aurukatla toitmise automatiseerimiseks. Regulaator on kolmeimpulsiline, kuna katelt toidetakse olenevalt veetasemest trumlis, aurukulust ja toitevee pealeandmisest.

Katla toitmise automatiseerimise tüüpskeem elektronregulaatori abil on näidatud joonisel 269. Reguleerimisseade saab impulsid kolmelt diferentsiaalmanomeetrilt ДММ-К. Üks neist mõõdab veetaset katlas, teine aurukulu ja kolmas toitevee hulka. Reguleerimisseade summeerib need impulsid ja mõjub distantsjuhtimisseadmele, mille servomootor juhib toiteliinis asuva toiteklapi seisu. Kolmeimpulsilise regulaatori eeliseks on stabiilne veetaseme hoidmine katlas.



Joon. 269. Katla toitmise automatiseerimise tüüpskeem elektronregulaatori ВТИ-Komega abil:

1 — elektronregulaator; *2* — distantsjuhtimise karp; *3* — diferentsiaalmanomeeter ДМ-1000; kondensaadipaak; *6* — kang; *7* — alus; *8* — servomootor; *9* — diferentsiaalmanomeeter ДМ-650; *10* — sulgemisventiil.



Joon. 270. Veeseisu automaatsignalisaator:

1 — anumake; *2* — kraan; *3* — impulsstorud; *4* — andur; *5* — numeraator; *6* — sireen; *7* — veeklaasi kolonn; *8* — settimisplaat; *9* — läbipuhumiskraan.

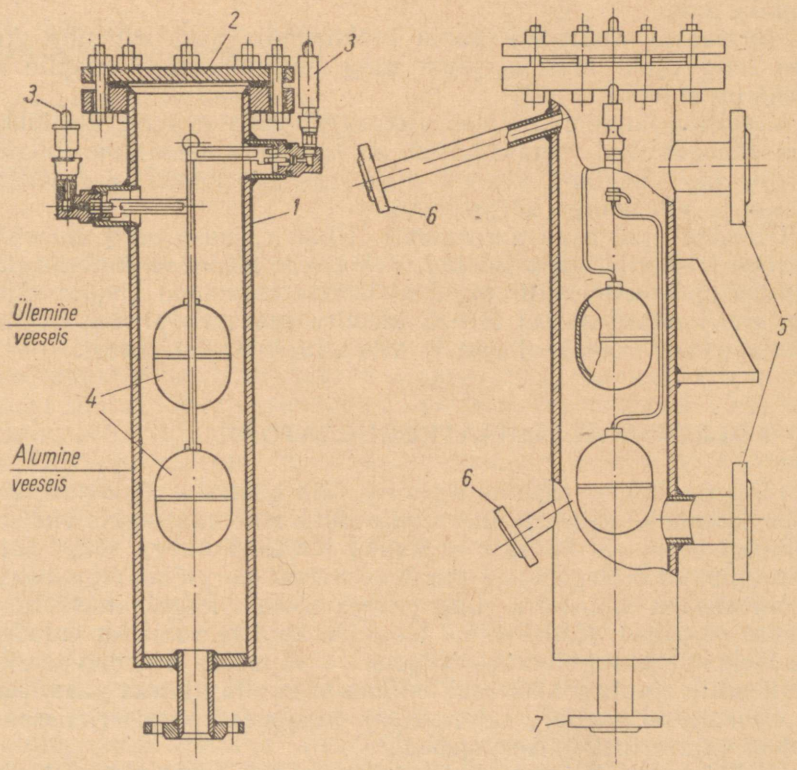
93. VEETASEME SIGNALISAATORID

Katla teenindava personali hoiatamiseks veetaseme lubamatust langemisest katlas või selle ületäitumisest kasutatakse veetaseme automaatsignalisaatoreid.

Joonisel 270 kujutatud automaatsignalisaator koosneb kahest anumast *1*, mis on ühendatud katla veeklaasi kolonni *7* ülemise ja alumise tutsiga, andurist *4*, impulsstorust *3* ja sireenist *6*.

Ülemise anuma ülesandeks on kindlustada selles muutumatu veetase. Ühtlasi on ta settimisnõuks, kuhu langevad katlast auruga kaasatoodud tahked osakesed. Alumine anum töötab ainult settimisnõuna. Mõlemad anumad tuleb perioodiliselt läbi puhuda läbipuhumiskraani *9* kaudu.

Andur *4* on ehitatud diferentsiaalmanomeetri põhimõttel ja ta näitab kahe — ülemises kompensatsioonianumas muutumatu tase-



Joon. 271. Otsese toimega veeseisusignalisaator:
1 — kere; *2* — klaas; *3* — vile; *4* — ujuk; *5*, *6*, *7* — äärikud.

mega veesamba ning katlas muutuva tasemega veesamba rõhkude vahet. Andur on ühtlasi allatoodud veetaseme näitajaks.

Sireen *6* ja numeraator *5* on lülitatud anduri *4* elektrilisse süsteemi ja toimivad automaatselt katla veetaseme langemisel või tõusmisel üle lubatava piiri. Numeraatoris süttib sel puhul vastav lamp, mis näitab katla numbrit.

Kirjeldatud automaatsignalisaatorit kasutatakse kateldel töörõhuga kuni 13 atü.

Joonisel 271 on kujutatud otsese toimega veetaseme automaatsignalisaator kateldele ДКВ ja ДКВР.

Signalisaator koosneb kerest *1* ning selles asuvast kahest ujukist *4*, mis on tõmmitsate abil ühendatud auruvilede *3* klapiga. Signalisaatori kere ühendatakse äärikute *5* abil katla vee- ja aururuumiga. Äärikule *6* kinnitatakse veetasemenäitaja, äärikule *7* läbipuhumiskraan.

Veetaseme langemisel alumise lubatava piirini annab vile kõrge tooni, veetaseme tõusmisel ülemise lubatava piirini — madala tooni.

Normaalse veetaseme puhul katlatrumlis asub alumine ujuk vees ning ujuki üleslükkejõust ning aururõhu tõttu klapile on vileklapp suletud.

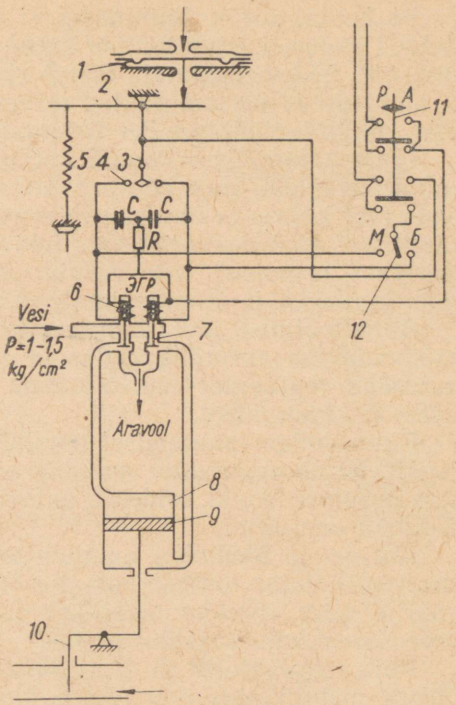
Veepinna langemisel tuleb ujuk veest välja ja tema üleslükkejõud väheneb. Kui veetase katlas on langenud madalama lubatud piirini, siis vileklapp avaneb ujuki raskuse toimel, aur voolab vilesse ja vile annab kõrge tooni.

Ülemine ujuk asub aururuumis. Ujuki raskuse ning aururõhu tõttu on teise vile klapp suletud. Veetaseme tõusmisel katlas satub ülemine ujuk vette, mille tagajärjel tema survejõud klapile väheneb. Kui veetase katlas tõuseb ülemise lubatava piirini, avaneb vileklapp, aur voolab vilesse ja vile annab madala tooni.

94. PÕLEMISE AUTOMAATREGULAATORID

Lihtsuse, hõlpsa ekspluateerimise, laia häälestuspiirkonna, stabiilse töötamise ja kerge ülemineku tõttu automaatreguleerimiselt distantsjuhtimisele loetakse sobivaks ЦКТИ-Komega tüüpi põlemisregulaatorit. Regulaator tagab soovitava aururõhu, õige kütuse ja põlemisõhu vahekorra ning paraja tõmbe. Regulaatorit kasutatakse peamiselt ДКВР-tüüpi kateldel, kuid ta sobib ka muudele kateldele. Selle regulaatori eeliseks on võimalus automatiseerida katelt mitte ainult põhikütusel, milleks võib olla näiteks gaas, vaid ka varukütusel (vedel-, tahkekütus), kusjuures reguleerimisseadmed ei vaja erilist ümbertegemist.

ЦКТИ poolt väljatöötatud reguleerimissüsteemi põhiosaks on elektrohüdrauliline regulaator, mille skeem on näidatud joonisel 272. Regulaator töötab järgmiselt: regulaatori mõõtesüsteem *1*,



Joon. 272. ЦКТИ-Komega elektrohüdraulilise põlemisregulaatori skeem:

1 — regulaatori mõõtesüsteem; *2* — hoob; *3* — elektriline jagaja; *4* — kontakt; *5* — seadevedru; *6* — hüdrorelee mähis; *7* — hüdrorelee ankur; *8* — servomootor; *9* — servomootori kolb; *10* — reguleerimisorgan; *11* — juhtvõti; *12* — vaherelee kontaktid.

mis on skeemil tinglikult näidatud membraanina, annab impulsi üle hoovale *2*. Seejuures ühendab hoovaga ühendatud elektriline jagaja vasak- või parempoolse kontakti *4*. Kontaktid on ühendatud elektrohüdraulilise relee ahelasse. Relee kujutab endast tavalisi elektromagnetiliselt juhitavaid klappe. Kui reguleeritava parameetri suurus vastab ettenähtud suurusele, on mõlemad kontaktid *4* lahti, relee mähised *6* on vooluta ja klapid on vedrudega surutud äravooluavadesse, mistõttu servomootori *8* kolvi *9* mõlemale poolele mõjub võrdne rõhk.

Vasak- või parempoolse kontakti *4* sulgemisel läbib relee vastavat mähist vool, ankur *7* tõuseb üles ja klapp suleb veevoolu servomootori ühte poolde. Samal ajal ühendatakse sama pool äravooluga, mistõttu rõhk seal langeb. Kuna rõhk servomootori kolvi teisel pool ei muutunud, tekib rõhkude vahe, mille tagajärjel kolb *9* hakkab liikuma. Kolvi liikumine kantakse hoobade abil üle reguleerimisklapile *10*. Kui reguleeritav parameeter on saavutanud endise suuruse, vabaneb kontakt *4*, vool relee mähises katkeb ja veerõhk surub klapi *7* abil väljavooluliini kinni. Servomootori kolvi liikumine lõpeb, kui rõhud mõlemal pool kolbi võrdsustuvad. Nagu jooniselt näha, on hoova *2* vasakpoolne ots ühendatud seadevedruga *5*, mille abil regulaator seatakse vajalikule suurusele.

Et kontaktide *4* lülitamisel ei tekiks sädet, on skeemis ette nähtud sädemekustutaja, mis koosneb kondensaatorist *C* ja takistusest *R*. Sädemekustutaja tõstab skeemi töökindlust.

Juhtvõti *11* on ette nähtud servomootori automaatseks töötamiseks või ümberlülitamiseks distantsjuhtimisele.

Igale automatiseeritavale katlale seatakse üles omaette aparatuurikomplekt, mis koosneb aururõhu (või kütuse), tõmbe- ja õhu- (või kütuse ja õhu suhte) regulaatorite blokist, kolmest hüdraulilisest servomootorist, mis juhivad kütuse, õhu ja tõmbe reguleerivaid organeid, vee reduktsiooniklapist, elektrohüdrauliliste releede blokist ja montaažimaterjalide komplektist.

Auru tootmise ja tarbimise ettenähtud suhte muutumisel hakkab muutuma aururõhk katlas ja aurutorustikus, mille tagajärjel aururõhu regulaator muudab oma servomootori kaudu koldesse antavat kütusehulka.

Kütusehulga muutumisel muutub ka kütuse ja õhu suhe, mille tagajärjel õhuregulaator muudab oma elektrohüdraulilise relee ja servomootori kaudu koldesse antavat õhuhulka kütuse põlemiseks vajaliku suuruseni.

Kütuse- ja õhuhulga muutumisel muutub tõmme koldes. Selle tagajärjel mõjub tõmberegulaator oma relee ja servomootori kaudu siibrile ning viimane lükatakse asendisse, mis kindlustab uuele põlemisrežiimile vajaliku tõmbe.

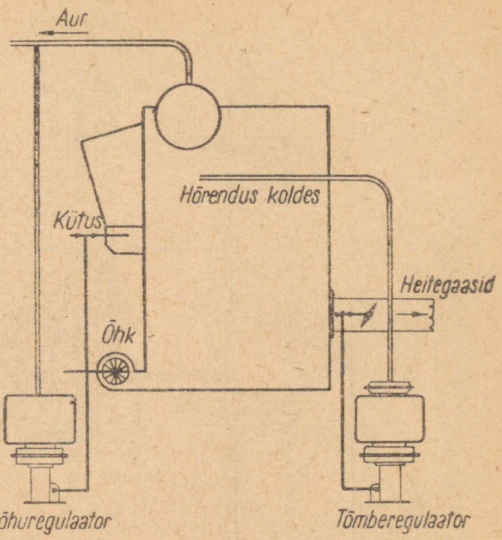
Kõik regulaatorid ja elektrohüdraulilised releed on koondatud ühises metallkestas asuvatesse blokkidesse (välja arvatud relee hüdrauliline osa, mis ühendatakse kestaga väljastpoolt).

Väikekateldel on leidnud kasutamist BTH hüdrauliline reguleerimissüsteem (joon. 273). Komplekti kuulub kaks regulaatorit: üks aururõhule katlas ja teine hõrendusele koldes. Regulaatorid töötavad teineteisest sõltumatult. Rõhuregulaator mõjub aparatuurile, mis annab koldesse kütust ja õhku. Kütuse ja õhu suhte korrigeerimine toimub käsitsi tõmmitsa ümberasetamisega, mis ühendab regulaatori täiturmehhanismi kütuse sisseandmise juhtimishoovaga.

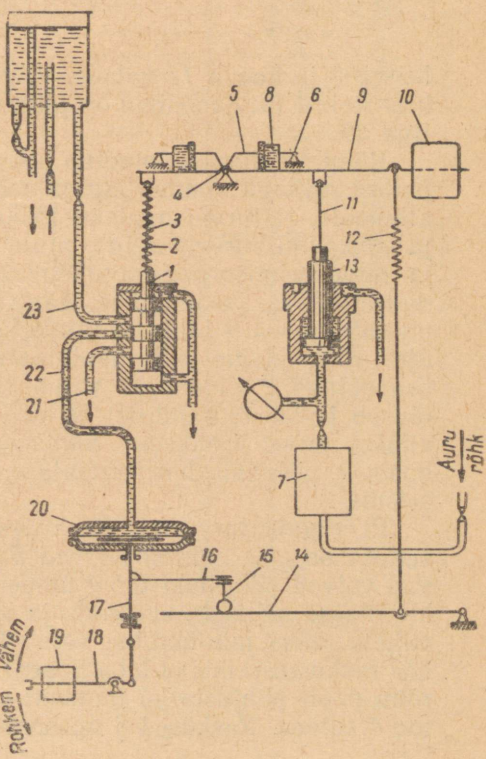
Mõlema regulaatori töövedelikuks on vesi, mis lastakse enne aparatuuri suunamist läbi sõelfiltri. Skeemis kasutatakse membraani tüüpi täiturmehhanismi, millele monteeritakse kõik regulaatori detailid.

Rõhuregulaatori (joon. 274) põhilisteks sõlmedeks on kolbmanomeeter (mõõteorgan), jagaja (juhtorgan) ja membraan (täiturmehhanism).

Jagaja *1* ja manomeetri kolb *13* on omavahel seotud varda *2*, vedru *3*, prisma *11* ja hoova *9* kaudu. Hoob *9* võib pöörduda toe *4* ümber, mis asub manomeetri ja jagaja vahel. Reguleeritava rõhu impulss kantakse üle manomeetrile õliga täidetud anuma *7* kaudu. Kolvi *13* poolt tekitatud momendi toe *4* suhtes tasakaalustavad raskus *10* ja tagasisidevedru *12* eelpingus. Vedru on kinnitatud

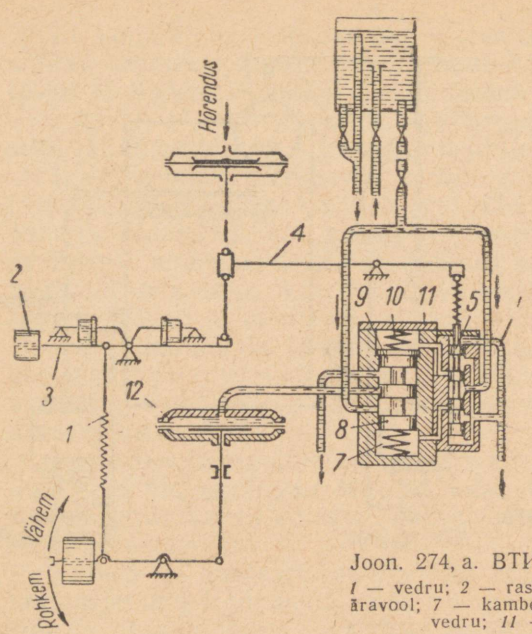


Joon. 273. ВТИ hüdraulilise põlemisregulaatori skeem väikekatlale.



Joon. 274. ВТИ hüdrauliline rõhuregulaator:

1 — jagaja; *2* — varras; *3* — vedru; *4* — tugi; *5* — hoovad; *6* — tugi; *7* — õlianum; *8* — raskus; *9* — hoob; *10* — raskus; *11* — prisma; *12* — vedru; *13* — manomeeteri kolb; *14* — hoob; *15* — sõrm; *16* — kronstein; *17* — spindel; *18* — hoob; *19* — raskus; *20* — töökamber; *21* — äravool; *22, 23* — torud.

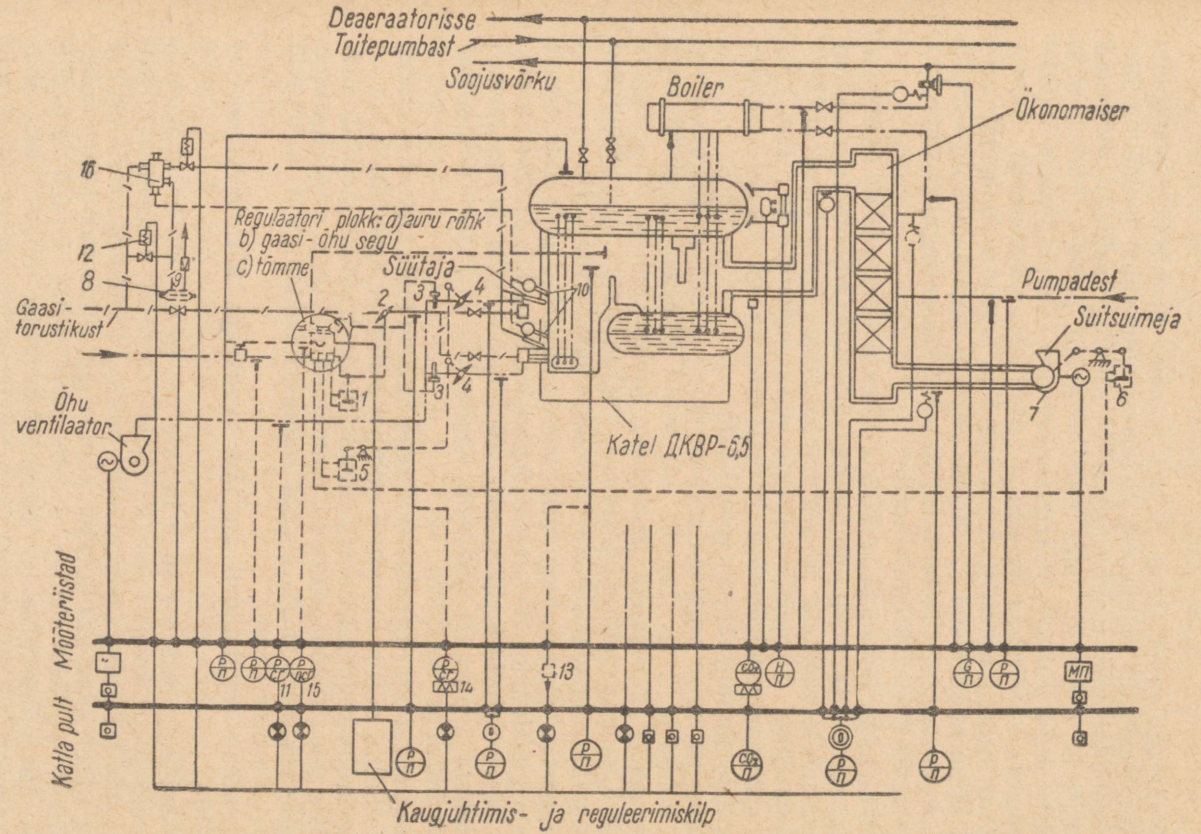


Joon. 274, a. BTИ hüdrauliline tõmberegulaator.
1 — vedru; *2* — raskus; *3, 4* — vardad; *5* — kolb; *6* — äravool; *7* — kamber; *8* — jagaja; *9* — rõngas; *10* — vedru; *11* — tugipind; *12* — kamber.

hoova *9* ja hoova *14* vahele. Viimane toetub sõrmele *15*, mis asub kronsteinil *16*. Kronstein on jäigalt seotud täiturmehhanismi spindliga *17*.

Rõhu muutumisel muutub hoova *9* tasakaal, hoob pöördub toe *4* ümber, millega muutub jagaja asend Rõhu tõusmisel liigub jagaja allapoole, täiturmehhanismi töökamber *20* ühendatakse torude *22* ja *23* kaudu survepaagiga, mille tagajärjel spindel *17* liigub alla ja reguleerimisorganiga ühendatud hoob *18* tõuseb üles, vähendades kütuse- ja õhuhulka. Samal ajal pingutatakse vedru *12*, mis pöörab hoova *9* lähteasendisse. Kui rõhk langeb, liigub jagaja üles, rõhk paagis jääb muutumatuks, kuid kamber *20* ühendatakse äravooluga *21*. Hoob *18* vajub raskuse *19* mõjul alla, spindel *17* tõuseb ja surub kambrist *20* vett välja, millega reguleeriv organ viiakse seisu «rohkem». Samaaegselt väheneb vedru *12* tõmme, hoob *9* pöördub horisontaalasendisse ja täiturmehhanism jääb seisma.

Et regulaator aururõhu väiksel muutusel kohe ei rakenduks, selleks on ette nähtud hoovad *5*, millel asuvad raskused *8*. Hoovad võivad pöörduda toe *4* ümber kuni tugedeni *6*. Raskused *8* on kinnitatud selliselt, et nende ja horisontaalasendis asuva hoova *9* vahele jääks minimaalne vahe. Rõhu muutusel toetub hoovale *9* üks raskustest, mis ei luba hooval *9* edasi pöörduda enne, kui aururõhu poolt põhjustatud moment ei ületa raskuse *8* momenti sama toe *4* suhtes. Raskused *8* on hoobadel *5* nihutatavad, millega saa-



Joon. 275. «Mosgazprojekti» skeem segamispõletitega ДКВР katla töö automatiseerimiseks.

vutatakse soovitav tsoon, kus regulaator ei tööta. Regulaatoriga hoitav rõhk (piirides 4—25 kG/cm²) määratakse raskuse *10* asendiga.

Tõmberegulaator (joon. 274,a) koosneb membraantõmbemõõtjast (mõõteorgan), esimesest ja teisest võimendist ja membraantäiturmehhanismist (samasugune kui rõhuregulaatoril). Mõlemad regulaatorid erinevad vaid teise võimendi poolest. Kui tõmme vastab raskuse *2* asendi ja tagasisidevedru *1* eelpingusega määratud suurusele, võtavad vardad *3* ja *4* horisontaalasendi. Survepaagi veetorustik on suletud kolviga *5* ja jagaja *8* katkestab veevoolu täiturmehhanismi kambrisse *12*. Kui jagaja nihkub, avaneb veevool survepaagist täiturmehhanismi. Edasine reguleerimine toimub samuti kui rõhuregulaatoril.

Katelagregaatide töö automaatreguleerimine. «Mosgazprojekti» poolt on välja töötatud automaatika skeem gaasiküttel töötavatele ja segamispõletitega varustatud ДКВР-tüüpi kateldele. Projektis nähakse gaasi põlemise ja katla toitmise automaatreguleerimise kõrval ette ka ohutusautomaatika, kontroll ja signalisatsioon (joon. 275).

Gaasi põlemise automaatreguleerimine koldes kindlustab aururõhu hoidmise katla trumlis etteantud piirides, gaasi-õhusegu kindla suhte ja vajaliku hõrenduse koldes. Selleks kasutatakse ЦКТИ-Komega elektrohüdraulilisi regulaatoreid ja mõningaid automaatikavahendeid, mida toodetakse seeriaviisiliselt.

Kasutatav ohutusautomaatika süsteem võimaldab õigeaegselt sulgeda gaasivoolu põletitesse järgmistel juhtudel: 1) kustub alaliselt põlev valveleek, 2) gaasi- või õhurõhk põletite ees langeb alla lubatava piiri, 3) hõrendus koldes kaob, 4) aururõhk katlas tõuseb üle lubatava piiri.

Koos regulaatorite rakendamisega hakkab tööle signalisatsioon: kontrollkilbil süttib korratuse põhjust näitav valgustabloo.

Aururõhu regulaator saab impulsi katla trumlist ja juhib hüdraulilise relee kaudu kütuse servomootorit *1*. Viimase kolvivars on hoobade süsteemi kaudu seotud reguleerimisklapiga *2*, mis juhib gaasivoolu põletitesse.

Aururõhu regulaatoril on jäik tagasiside kütte-servomootori asendiga.

Gaasi-õhuregulaator saab impulsi nii gaasi- kui ka õhukulust. Esimesel juhul kasutatakse kütte-servomootori nihkumist (liikumist), mis määrab gaasikulu selle püsival rõhul reguleerimisklapi *2* ees; teisel juhul kasutatakse rõhulangu, mida mõõdetakse õhutorustikul reguleerimisklapi *4* ees asuva Pitot toruga *3*. Seega mõjub gaasi-õhuregulaator elektrohüdraulilise relee kaudu õhuservomootori *5* kolvivarrega ühendatud reguleerimisklapile *4*, mis juhib õhu andmist põletitesse.

Hõrendusregulaator saab impulsi koldest ja juhib elektro-

hüdraulilise relee ja tõmbe-servomootori *6* kaudu suitsuimeja juhtaparaati.

Vaadeldav automaatika skeem võimaldab ka katla töö kaugjuhtimist seadme üldkilbilt.

Põlemisprotsessi automaatreguleerimise aparatuuri töötamine seisneb selles, et vastavuse katkemisel auru tootmise ja tarbimise vahel muutub aururõhk, mille tagajärjel rõhuregulaator, mõjudes reguleerimisklapi *2* kaudu servomootorile *1*, muudab põletitesse antavat gaasihulka. Kütuse-servomootori liikumine mõjub ka gaasi-õhusuhte hoovale. Selle tulemusel regulaator, mõjudes servomootorile *5*, muudab reguleerimisklapi *4* abil põletitesse minevat õhuhulka ning viib selle vastavusse gaasikuluga. Gaasi- ja õhukulu muutus viib omakorda hõrenduse muutusele koldes, mille tagajärjel hõrendusregulaator (mõjudes servomootorile *6*) taastab suitsuimeja juhtaparaadi *7* abil ettenähtud rõhu koldes.

Ohutusautomaatika põhielemendiks on kaitseklapp *8*, mis töötab seotult teiste riistadega. Katla normaalsel töötamisel on kaitseklapp lahti, kuna gaasirõhk membraani all ja klapi ees on võrdne. Seejuures on rõhk membraani peal võrdne atmosfäärirõhuga, kuna membraanipealne ruum on drosseli *9* kaudu ühendatud atmosfääriga.

Valvetule kustumisel jahtub termopaari *10* kuum jootekoht, mille tagajärjel elektromotoorjõud väheneb, magnetklapp rakendub ja laseb gaasi kaitseklapi membraanipealsesse ruumi. Seejuures rõhud membraani all ja peal võrdsustuvad, klapp oma raskuse tõttu sulgub ning katkestab gaasivoolu põletitesse.

Pärast valvetule uuesti süütamist ja elektromagnetilise klapi rakendumise põhjuse kõrvaldamist lakkab gaasivool kaitseklapi membraanipealsesse ruumi ja seal olnud kogus väljub drosseli kaudu. Tulemuseks on kaitseklapi avanemine membraanialuses ruumis valitseva gaasirõhu toimel.

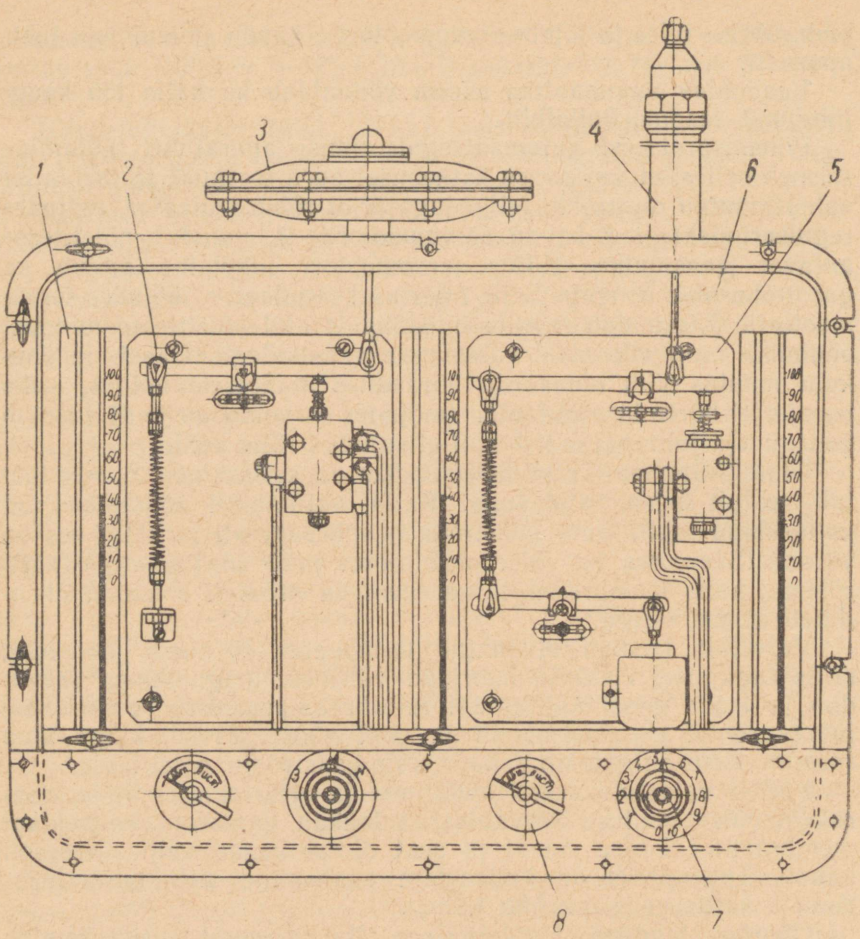
Õhurõhu langemisel põletite ees alla lubatavat piiri rakendub signalisaatori *11* solenoidklapp *12*, võimaldades gaasil voolata kaitseklapi membraanipealsesse ruumi, mille tagajärjel klapp sulgub.

Kui hõrendus koldes liigselt väheneb, rakendub hõrenduse signalisaator *13*, mis suleb oma kontaktidega solenoidklapi *12* mähise ahela. Selle tulemusel solenoidklapp avaneb ja laseb gaasi kaitseklapi membraanipealsesse ruumi, mistõttu viimane sulgub.

Gaasirõhu langemisel alla lubatava piiri rakendub gaasi rõhulangu signalisaator *14*, mis mõjub solenoidklapile ja kaitseklapile kuni reguleeritava parameetri endise suuruse taastumiseni.

Samal viisil alandatakse üle lubatava piiri tõusnud aururõhku katla trumlis. Sel juhul mõjub kontaktmanomeeter samuti solenoidklapile ja edasi kaitseklapile.

Väikese tootlikkusega katelde põlemisprotsessi automatiseeri-



Joon. 276. Kütuse ja tõmberegulaatori blokk.

1 — diferentsiaalmanomeeter; *2* — tõmberegulaator; *3* — tõmbemõõtja; *4* — auru rõhu mõõtja; *5* — auru rõhu regulaator; *6* — regulaatori korpus; *7* — kaugejuhtimise kraan; *8* — ümberlülituskraan.

miseks soovitatakse ka lihtsat ja originaalset pneumaatiliste automaatregulaatorite süsteemi (Ukraina NSV Gaasi Kasutamise Instituut). Süsteem on ette nähtud gaasiküttele, kusjuures täiturmehhanismide käivitamiseks kasutatakse küttegaasi.

Automaatseade koosneb kütte ja hõrenduse regulaatorist, mis on monteeritud ühisesse blokki. Automaatseadmete käivitamiseks vajalik gaas võetakse gaasi jaotuspunkti tagant rõhul 0,5 kG/cm². Kütteregulaator töötab järgmiselt. Aururõhu muutus põhjustab anduri sülfooni liikumist, sellega koos ka kolvivarre liikumist, mis toetub peahoovale. Peahoova pöördumisel muutub pneumomuun-

daja drosseli jagaja asend. Torustikust kraani kaudu jagajasse voolav gaas drosseldatakse olenevalt kraani asendist, mis omakorda sõltub rõhuandurilt saadud impulsist. Järelikult põhjustab aururõhu kõrvalekaldumine antud väärtusest gaasi erineva drosseldamise, mille tagajärjel gaasirõhk jagaja taga on aururõhuga üheselt määratud.

Edasi voolab gaas täiturmehhanismi membraanikambrisse ja samal ajal ka hoob-täiturmehhanismi membraanikambrisse, mis reguleerib õhuklappide asendit gaasipõletite ees.

Täiturmehhanismidesse antavat gaasirõhku kontrollitakse manomeetriga. Samaaegselt gaasi juhtimisega täiturmehhanismi antakse gaasi ventiili kaudu ka isodroomseadmesse, mis parandab reguleerimise kvaliteeti.

Regulaator on varustatud seadeldisega, mis võimaldab täiturmehhanisme juhtida ka käsitsi.

Hõrendusregulaator saab impulsi kolde ülaosast membraananduri kaudu. Hõrenduse muutusel muutub membraani asend, mille varras on ühendatud pearegulaatori hoovaga, ning gaasijagaja asend, kuhu gaas suundub torustikust pärast gaasi jaotuspunkti.

Erinevalt kütuseregulaatorist ei ole hõrendusregulaatori jagaja drosseldav, vaid jaotab gaasi täiturmehhanismi kolbidesse. Kui hõrendus koldes vastab nõutule, jääb jagaja neutraalasendisse, kusjuures gaasirõhk kolvi mõlemal pool on võrdne.

Kui hõrendus kaldub antud suurusest kõrvale, nihkub jagaja ning gaasirõhk kolvi ühel poolel suureneb. Kolb hakkab liikuma ning muudab katla tõmmet reguleeriva suitsusiibri asendit, mille tagajärjel tasakaal taastatakse.

Hõrendusregulaatoril on tagasiside reguleeriva organiga. Regulaatoril on samuti kraan käsitsi juhtimiseks.

Kummalgi pool kolbi mõjuvate rõhkude vahet kontrollitakse manomeetriga.

Kirjeldatud regulaator töötab hästi siis, kui gaasirõhk jaotuspunkti taga on konstantne.

Kütuse- ja hõrendusregulaatori bloki väliskuju on näidatud joonisel 276.

XVIII. KÜTMISE PÕHIJOONI JA KOLLETE TEENINDAMINE

95. KÜTMISTEHNIKA ÜLDISI PÕHIMÕTTEID

Kütuse säästlik kasutamine eeldab kütja poolt põlemisseadmete, kasutatava kütuse omaduste ja tema otstarbeka põletamise juhtimise, s. o. kütmistehnika tundmist. Olulisteks teguriteks on siinjuures kütuse õige pealeandmine, kihipaksuse valik, põlemisõhu hulga ja tõmbe reguleerimine.

Põlemise häireteta kulgemiseks on tähtis kütuse pidev pealevool, mis on otstarbekalt lahendatud kütuse mehaanilise pealeandmisega. Perioodilisel pealeandmisel (käsitsi kütmisel) tuleb kütust anda koldesse väiksemate annustena ja sagedamini. Seejuures eraldub korraga vähem lendosi ja viimaste läbipõlemine on täielikum, põlemine toimub ühtlasemalt ja väiksema liigõhuteguriga.

Kihipaksus sõltub kolde ning resti tüübist, kütuse liigist ja omadustest: küttevääruusest, niiskusest, lendosade rohkusest ja kütuse tükisuurusest. Sisekoldes, mille temperatuur on üldiselt madalam küttepindade jahutava mõju tõttu, hoitakse kütusekiht paksem kui sama resti puhul ees- või allkoldes. Jämedamatükilist kütust põletatakse paksemas kihis kui peent kütust, mis võimaldab kütusetükkide paremat läbisoojenemist ja ühtlasemat õhujaotust kihis. Kütuse paremaks läbisoojenemiseks hoitakse samuti kiht seda paksem, mida niiskem on kütus. Madalama küttevääruusega kütuste puhul hoitakse kihipaksus üldiselt suurem kui kõrge küttevääruusega kütustel. Üht ning sama liiki kütust põletatakse seda paksemas kihis, mida vähem ta sisaldab lendosi.

Kihipaksus mitmesuguste kütuste puhul valitakse:

jämepõlevkiviküttel	300—400 mm
peenpõlevkiviküttel	150—250 „
turbaküttel	400—900 „
kivisöeküttel	65—150 „
antratsiidiküttel	100—200 „
puiduküttel	600—1500 „

Normaalset kütusekihi paksust võib suurendada ainult seadme suure koormuse korral. Mehaanilistel restidel toimub kihipaksuse reguleerimine kihisiibri seisu ja kütusekihi liikumise kiiruse muutmisega. Resti liikumise kiiruse ja kihipaksuse muutmisel tuleb silmas pidada järgmist:

a) kütusekihi paksuse tõstmine muutumatu restikiiruse ja õhuhulga juures põhjustab kütuse mittetäielikku läbipõlemist; kütusekihi paksuse vähendamine muutumatu restikiiruse ja õhuhulga juures põhjustab resti tagumise osa paljakspõlemist;

b) resti liikumise kiiruse tõstmine või vähendamine põhjustab vastavalt samu nähtusi.

Põlemisõhu hulka reguleeritakse tõmbe ja õhupuhumise muutmisega, juhindudes seejuures leegi ja suitsu värvusest või mööteriistade, gaasianalüsaatorite ja tõmbemõõtjate näitudest.

Põletatava kütuse hulga ja koldesse antava põlemisõhu koguse vahel tuleb hoida kõige ökonoomsemat suhet, mis väljendub liigõhuteguris ja süsihappegaasi sisalduses suitsugaasides. CO_2 hulk suitsugaasides peab jääma antud kütuseliigile ja koldetüübile ettenähtud piiridesse. Õhuhulga suurendamine ja CO_2 sisalduse langus ligikaudu 1% piirides on lubatav restide ülekuumenemise vältimiseks väga kuiva kütuse kasutamisel. Õhu vähesuse korral tõuseb CO_2 sisaldus suitsugaasides ülemääraselt kõrgeks. Sel juhul tuleb koldesse juhtida rohkem põlemisõhku.

CO sisaldus suitsugaasides peab mehaanilistes kolletes olema alla 0,5%.

Põlemisõhku tuleb kõige rohkem anda kolde neisse tsoonidesse, kus põlemine on kõige elavam. Lendosaderikaste kütuste põletamisel on tingimata vajalik pealtõhu kasutamine. Tuleb silmas pidada, et mehaaniliste restide alla antava õhuhulga suurendamine muutumatu kihipaksuse ja resti käigu juures põhjustab resti tagumise osa paljakspõlemist, õhuhulga vähendamine resti lõpus — kütuse puudulikku läbipõlemist.

Õhupuhumise puudumisel reguleeritakse õhuhulka suurtes piirides tõmbe muutmisega, s. o. korstna siibri abil, ja täpsemini — õhuluukidega. Täielikult avatud korstnasiibri puhul imetakse suure tõmbe mõjul koldesse ja gaasikäikudesse läbi ebatihedate kohtade palju väärõhku, mistõttu suureneb liigõhutegur ja sellest tingituna korstnakadu (vt. p. 121).

Alarõhk koldes tuleb hoida antud koldetüübile ettenähtud piirides ja kütmist teostada võimaliku minimaalse tõmbega.

Kolde töötamist tuleb pidevalt reguleerida vastavalt katla koormuse muutustele. Koormuse suurenemisel tuleb tugevdada tõmmet ja põlemisõhu puhumist tsoonidesse, seejärel sobitada resti liikumise kiirust. Koormuse vähenemisel tuleb vähendada eeskätt õhupuhumist, siis tõmmet ja seejärel sobitada restile vastav kiirus.

Kütmisrežiimi määramisel peab kindlaks tegema koldele ja restile kohased kütusekihi, restikäigu ja õhuhulga suurused, millest kinnipidamine on tingimata vajalik.

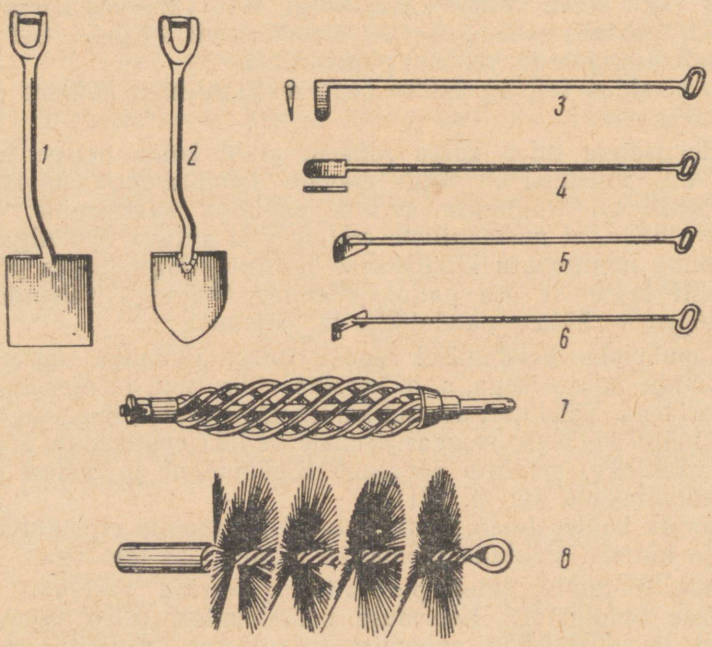
96. KÜTJA TÖÖRIISTAD

Kõige rohkem füüsilist tööd nõuab kütjalt restiküttega kollete käsitsi teenindamine. Seejuures vajalikud põhilised tööriistad on kujutatud joonisel 277.

Laia otsaga k ü h v l i t *1* kasutatakse kütuse viskamiseks koldesse, ümmarguse otsaga labidat (kühvlit) *2* kütuse võtmiseks laost või virnadest.

R e s t i n o a g a (lõikekangiga) *3* lõigatakse resti alt läbi räbukiht, mis ummistab restipiide vahed ja takistab õhu voolamist läbi kütusekihi. Restinuga kujutab endast ligikaudu 0,5 m võrra restist pikema varrega teravat roopi.

K a n g i *4* kasutatakse paakunud kütusekihi lahtimurdmiseks ja kergitamiseks, samuti räbu lahtimurdmiseks restilt selle



Joon. 277. Kütja tööriistad:
1 — laia otsaga kühvel; *2* — ümmarguse otsaga kühvel; *3* — restinuga; *4* — kang; *5* — roop; *6* — tasandusraud; *7* — teraslinthari; *8* — terastraathari.

puhastamisel. Kangi ots on tehtud lamedaks, mis võimaldab tema kergemat lükkamist kokkusulanud räbukihi alla.

Roopi *5* kasutatakse põleva kütuse ning räbu väljatõmbamiseks koldest, põleva kütuse laialiajamiseks ning kihi tasandamiseks ja tuha väljatõmbamiseks tuharuumist.

Tasandusrauda *6* kasutatakse põleva kütusekihi tasandamiseks.

Pikkade restide puhul kasutatakse kahes suuruses roope, kange ja restinuge — pikki ja lühikesi: esimesed on kolde tagumise otsa teenindamiseks, teised — esiosa jaoks.

Suitsutorudega kateldel, millel puuduvad tahmapuhurid, kasutatakse suitsutorude lendtuhast ja tahmast puhastamiseks spetsiaalseid harju *7* ja *8*, mis kujutavad endast varre külge kinnitatud terastraadist või teraslindist kimpe.

Peale nimetatud abinõude peab katlamajas (kollete käsitsi teenindamisel) olema veel kirves puude lõhkumiseks ja vasar suurte söe- või põlevkivitükkide purustamiseks.

Samuti peavad katlamajas olema vajalikud lukksepatööriistad väiksemate korrastustööde ja remontide tegemiseks: lukksepavasarad, meislid, tangid, tellitavad võtmed jm.

Kütja peab hoolitsema, et katlamajas ettenähtud tööriistad oleksid kohal ja alati korras.

97. PLAANRESTIGA KOLDED KIVISÖE-, ANTRATSIIDI-, TURBA- JA PUIDUKÜTTEL

Kolde sissekütmine kivisöe korral toimub kasutatava kütusega. Pärast kolde tuulutamist, milleks avatakse korstna siiber 10—15 minutiks, visatakse restile ühtlane, 60—80 mm paksune kiht tükilist kivisütt ja sellele tuliseid süsi või lõhutud puid, mis süüdatakse põlema. Põlevale kihile visatakse algul jämedamat sütt, seejärel minnakse üle harilikule kütusele. Kütust tuleb kolde töötamisel peale visata kiiresti, et vältida kolde jahutamist külma õhuga. Soovitatav on samaks otstarbeks vähendada tõmmet korstna siibri sulgemisega niivõrd, et suits ei tungiks katlaruumi. Kütust tuleb visata koldesse väikeste annustena ja sagedasti ning alles pärast lendosade eraldumist ja põlemist, kui restile on jäänud põlev koks.

Leegilisi süsi (lendosi 16% ja enam) võib peale visata kolmel viisil:

a) esimese viisi korral, mida kasutatakse horisontaalse gaasivoolu puhul (leegitorukatlad), lükatakse tulised söed roobiga tahapoole ja resti esiosale visatakse värsket kütust. Seejuures eralduvad lendosad õhukesel tulisel kihil asuvast värskest kütusest pikkamööda; piki resti tahapoole voolates segunevad lendosad restist läbivoolava õhuga ning põlevad ära täielikult. Paakuvate süte jaoks nimetatud viis pole kasutatav;

b) kütust visatakse vaheldumisi paremale ja vasakule resti poolele. Õhku, mis voolab läbi põlenud kihiosa, kasutatakse värskest kütusest eralduvate lendosade põletamiseks. Seda viisi kasutatakse laia resti ja vertikaalselt tõusva gaasivoolu puhul (allkolle);

c) kütus visatakse ühtlaselt kogu restile. Nimetatud viis sobib kõigile sütele, sealhulgas ka lahjadele (lendosade sisaldusega 8—15%). Parimaid tulemusi saadakse selle viisiga vertikaalse gaasivoolu puhul.

Kütusekiht tuleb hoida võimalikult ühtlane, seda ei tohi lasta põleda liiga madalaks ja siis korraga palju värsket kütust peale anda. Madalaks põlenud kihi puhul läbib kollet suur õhuhulk, mida ei kasutata põlemiseks ja mille tagajärjel tekib suur korstnakadu. Õhukesele põlevale kihile paksu värske kihi pealeviskamisel jahutatakse kiht ja summutatakse tuli: põlemine muutub mittetäielikuks ja suureneb keemiline kadu.

Kihi paksus peene, lendosaderohke kivisöe puhul hoitakse 50—80 mm, suuretükilise lendosadevaese söe puhul 100 kuni 150 mm.

Peent, mittepaakuvat sütt on soovitav segada paakuva söega, mis vähendab restist läbivarisemise kadu; samal eesmärgil niisutatakse peent paakuvat sütt veega.

Töötamisel tuleb jälgida õhu ühtlast läbivoolu põlevast kütusekihist. Tumedad kohad restil märgivad ummistust ja õhu läbivoolu takistust, mis tuleb kõrvaldada kihi läbilõikamise (murdmise) teel. Heledad kohad näitavad resti osalist paljakspõlemist ning õhu hulgalist läbivoolu koldesse, mis tuleb kõrvaldada kihi tasandamisega.

Põlemisõhu hulka reguleeritakse tõmbe ja õhupuhumisega. Altõhu rõhku tuleb reguleerida nii, et see ületab ainult kihi takistuse. Alarõhk koldes tuleb hoida võimalikult väike — 0,5—1 mm vs, ainult nii suur, et leek ja gaasid kütuse pealeviskamisel ei lööks koldest välja. Sellega välditakse kahjuliku väärõhu koldesse imemist läbi ebatihedate kohtade.

Lendosaderikaste sütega kütmisel on soovitav juhtida koldesse läbi ukseroseti või vastavate kanalite lisaõhku, eriti pärast värske kütuse pealeviskamist.

CO_2 sisaldus suitsugaasis katla taga peab olema 12—12,5%.

Kui restile koguneb paks tuha- ja räbukiht, mis takistab õhu läbivoolu, tuleb see restilt kõrvaldada. Selleks täidetakse katel veega $^3/_4$ veeklaasini ja lastakse kütusekiht restil maha põleda. Seejärel lükatakse kütuse põlevad osad resti ühele poolele, kõrvaldatakse kangi ja roobi abil teiselt poolelt räbukiht ja lükatakse põlevad osad puhastatud restipoolele. Seejärel puhastatakse resti teine pool, jaotatakse kõik põlevad osad ühtlaselt kogu restile ja visatakse üle resti õhuke kütusekiht. Kui see on süttinud, visatakse kütust täiendavalt juurde. Resti puhastamisel tuleb

siiber peaaegu täielikult sulgeda ja jätta avatuks ainult niipalju, et suits ja leek ei tungiks katlamajja. Resti puhastamist tuleb teostada kiiresti.

Antratsiidi puhul köetakse kolle sisse puude, turba või kivisöega, mille järel minnakse üle antratsiidiga kütmisele. Antratsiiti põletatakse paksemas kihis kui kivisütt (kihi paksus 100—225 mm). Kütust visatakse peale ühtlaselt kogu restile ja suhteliselt suuremates kogustes.

Et antratsiit põleb peaaegu leegita ja suitsuta, siis põlemise täielikkuse üle otsustatakse kihi värvuse järgi. Leek kihil peab olema ühtlaselt roosakas. Hele värvus märgib õhu liigsust, tume ja sinise leegiga kiht aga õhu puudust. Räbukiht tuleb hoida paksem, mis väldib resti ülekuumenemist. Antratsiit nõuab põlemisel tugevamat tõmmet. Otstarbekas on kasutada altõhu puhumist, kusjuures rõhk reguleeritakse analoogiliselt kivisöeküttega.

Peene antratsiidi põletamiseks tuleb segada seda paakuva kivisöega.

Resti puhastatakse nagu kivisöe puhul, ainult selle erinevusega, et restile jäetakse osaliselt räbu ja jaotatakse sellele ülejäänud põlevosa. See väldib ka resti räbustumist värske kütuse põlemisel.

Turvast põletatakse plaanrestil kihipaksusega 400 kuni 900 mm, sõltuvalt kütuse niiskusest. Värske kütus visatakse ühtlaselt kogu restile. Põlevat kihti tuleb aeg-ajalt roobitseda ja tasandada. Kütuse pealeviskamisel ja põlemisõhu ning tõmbe reguleerimisel tuleb silmas pidada samu juhiseid mis kütmisel kivisöega.

CO_2 sisaldus suitsugaasis katla taga peab olema ligikaudu 13%.

Puudega kütmisel hoitakse kihipaksus 600—1500 mm, kusjuures paksemas kihis köetakse jämedaid ja märgi puid. Jämedad halud tuleb lõhkuda peenemaks ja koldesse visata nii, et õhk pääseks neile juurde kõikidelt külgedelt. Põlevat kihti tuleb aeg-ajalt kohendada.

Lendosade põlemiseks lisaõhu andmine pole vajalik, kuna lendosad eralduvad puidust pikkamööda ja jõuavad ära põleda ka restist läbivoolava õhuga.

CO_2 sisaldus katla taga tuleb hoida ligikaudu 14%.

98. KALD- JA LIIKUMATU TREPPRESTIGA KOLDED TURBA- NING PUIDUKÜTTEL

Sissekütmiseks asetatakse resti kald- ja horisontaalsele osale kuiva, kergesti süttivat kütust, mis süüdatakse mitmest kohast. Kui kolde müüritis, eriti võlvid, on küllalt soojenenud, minnakse üle harilikule kütusele. Resti kalle reguleeritakse nii, et põlev

kütus ei variseks alla hunnikusse, mis võib põhjustada õhu läbivoolu katkemist ja räbu sulamist ning seetõttu restivarbade põlemist. Kihipaksus hoitakse samades piirides mis plaanrestilgi.

Põlemist juhitakse kas suitsugaasi analüsaatori näitude põhjal või leegi ja suitsu värvuse järgi.

Puhta resti korral peab restialusest ruumist paistma ühtlane punakas tulekuma. Tumedad kohad restil märgivad resti ummistumist, heledad kohad paljakspõlenud kohti restil, kus õhu läbivool on intensiivne.

Kui kütus ei varise resti kaldosal korralikult, tuleb kihti läbi täiteava roobitseda ja restivarbade vahed restinoaga läbi lõigata; põlenud kihti tuleb aeg-ajalt tasandada ja kohendada.

Treppresti puhul tuleb mitu korda vahetuses tuhka astmetelt ettevaatlikult maha roobitseda, mitte lõhkudes põlemispesi, kuna viimased kindlustavad kütuse head läbisoojenemist ja põlemist. Samuti tuleb tuhka aeg-ajalt eemaldada horisontaalselt räburestilt, jättes osa tuhka kald- ja horisontaalresti vahelisse pilusse, et vältida sealtkaudu hulgalist õhu sisseimemist.

CO_2 sisaldus suitsugaasis katla taga peab ulatuma puidu puhul ligikaudu 14%-ni, turba puhul 13%-ni.

99. ŠAHTKOLDED

Enne sissekütmisele asumist tuleb avada jahutuspalkide ja torude vesijahutus; kui seda tehakse hiljem, kui jahutuspalgid on juba soojenenud, siis nad võivad praguneda. Töötamisel reguleeritakse jahutusvee hulka nii, et väljuva vee temperatuur ei ületaks 80° C.

Sissekütmiseks asetatakse räburestile kuivi puid, turvast jm., mis süüdatakse põlema. Täitekolu luuk ja uksed ülemiste ning keskmiste restivarbade kohal (õhupuhumisel vastavad tsoonid) hoitakse suletuina. Kui kütus horisontaalrestil juba põleb, lastakse kuiva kütust täitekolust peale. Selle järgi, kuidas kütus kaldrestil süttib, avatakse esiteks keskmine ja hiljem ülemine uks, millest peale alustatakse kütmist hariliku kütusega. Kihipaksust reguleeritakse vastavalt kütuse niiskusele, kasutades niiskema kütuse puhul paksemat kihti. Kihipaksus hoitakse turbaküttel 400—900 mm, puiduküttel 600—1500 mm.

Šaht hoitakse alaliselt kütusega täidetuna ega lasta kütuse pinda vajuda madalamale poolest šahti kõrgusest, et vältida ülemiste restivarbade paljakspõlemist, nende ülekuumenemist ja põlemise režiimi hävimist. Šahti suitsemisel suurendatakse tõmmet koldes ja asetatakse koomale tuharuumi uksed (vähendatakse õhupuhumist).

Peene ja kuiva kütuse põletamisel juhitakse koldesse läbi lisaõhukanalite pealtõhku. Kui katla koormus pole eriti suur, vähen-

datakse õhu andmist läbi ülemise ukse (õhupuhumist ülemises tsoonis), millega väheneb põlemine resti ülaosal. Ülemäärase liigõhuteguri tunnuste puhul (läbipaistev ja lühike leek) tuleb kontrollida, kas kütus pole võlvi taha kinni jäänud ja kas ei esine kihi räbustumist, mis takistab kütuse allapoole liikumist ja põhjustab kihi osalist läbipõlemist. Kütuse kinnijäämise kõrvaldamine torkimisega kui ka kihi tasandamine läbi restivarbade vahede toimub esiseinas olevate uste kaudu. Tekkinud räbu lõigatakse läbi restinoaga. Kihi torkimine läbi täitekolu pole otstarbekas, kuna seetõttu surutakse kütus kokku ja ta libiseb restil veelgi halvemini.

Märja ja suuretükilise kütuse puhul, mis ülemises resti osas veel ei põle, on tarvis sulgeda ülemised uksed, et kütust mitte rohkem jahutada.

Hulgalisel räbu kogunemisel horisontaalrestile tõmmatakse see kald- ja horisontaalresti vahelt koldepõrandale (räbusse jäänud põlevosade täielikuks läbipõlemiseks) ning eemaldatakse siis tuharuumi ukse kaudu. Tuhka trepiastmetelt tuleb kõrvaldada mitu korda vahetuses, jättes puutumata põlemispesad.

Kolde koormust tõstetakse kõikidesse tsoonidesse õhupuhumise ja tõmbe suurendamisega. Koormuse vähendamisel esialgu vähendatakse õhuhulka, seejärel tõmmet. Reguleerida kolde koormust kihipaksusega pole õige.

CO_2 sisaldus suitsugaasis katla taga peab olema turbaküttel ligikaudu 14%, puidu puhul 15%.

Sahtkolde seiskamisel lastakse kütus restil läbi põleda, vähendatakse järk-järgult tõmmet ja suletakse õhuuksed (vähendatakse õhupuhumist), alates ülevalt. Et vältida täitekolu luugi põlemist ja ülemiste restivarbade ülekuumenemist, lastakse viimaste vahelt koldesse pisut õhku.

100. KÄPPRESTIGA JA LIIGUTATAVA TREPPRESTIGA KOLDED PÕLEVKIVIKÜTTEL

Kolle tuleb sisse kütta puude või turbaga. Põlevkiviga sissekütmisel kattuvad külmad küttepinnad raskesti eemaldatava tahma- ja pigikorraga, mis halvendavad soojuse ülekannet katlaveele. Värsket kütust tuleb anda restile võimalikult ühtlaselt, 4—5 kühvlitäie kaupa. Seejuures eraldub korraga vähem lendosi ja nende läbipõlemine on täielikum. Käppresti puhul visatakse kütus ühtlaselt kogu resti pinnale, treppresti puhul resti esiosale. Treppresti puhul on soovitav hoida kütusekolu pidevalt täis, et takistada väärõhu sissepääsu koldesse kolu kaudu. Kütusekihi paksus tuleb hoida ligikaudu 250—350 mm, kuivema ja peenematükilise kütuse puhul vähem, niiskema ja jämedamatükilise puhul rohkem. Suured põlevkivitükid tuleb enne koldesse andmist purustada tüki suuruseni ligikaudu 100—150 mm.

Põlevkivi nõuab korralikuks läbipõlemiseks sagedat resti liigutamist, mida tuleb teha 8—10 korda tunnis, seejuures 2—4 liigutust korraga. Pikemaajalisem resti liigutamine põhjustab põlemata kütuse läbivarisemist.

Paakumisel tuleb kihti pealt roobitseda; sagedane kihi roobitsemine pole soovitav ja seda tuleb teha ainult tarviduse korral. Räburestil (treppresti puhul) hoida paksem tuhakiht, et takistada sealt liigset õhu läbivoolu.

Koldesse tuleb juhtida läbi koldelaes või koldekaelas («kõris») olevate kanalite kaudu lisaõhku ja seda eriti värske kütuse pealeandmisel, mil altõhust ei jätku kiiresti eralduvate lendosade läbipõlemiseks. Kolde temperatuur lendosade põlemiseks peab olema võimalikult kõrge. Tõmmet koldes tuleb hoida 0,5 kuni 1 mm vs.

Altõhu puhumisel tuleb hoida õhu rõhk resti all piirides, mis on tarvilik resti ja kihi takistuse ületamiseks. Liiga suure tõmbe ja altõhu rõhu puhul kistakse suitsugaasidega kaasa palju lendtuhka, mis osaliselt sadestub küttepindadele, osaliselt aga lendub korstna kaudu atmosfääri, saastates ümbruskonda.

Tumepunane leegi värvus ja mustad tahmajooned leegis näitavad õhu puudust, helevalge leek õhu liigsust. CO_2 sisaldus suitsugaasis katla taga tuleb hoida ligikaudu 10%.

Katla koormuse tõstmisel tuleb suurendada tõmmet, põlemisõhu hulka ja resti liigutamise sagedust.

Põlevkivi poolgaaskolletes tuleb kütusekihi paksus hoida piirides 250—350 mm, vastavalt põlevkivi tükisuurusele. Jämedatükilise kütuse puhul tuleb kasutada paksemat, peenetükilise kütuse puhul õhemat kihti. Liiga suurte põlevkivitükkide (üle 20 cm) koldesse viskamine pole otstarbekas; need tuleb enne sisseviskamist peenestada. Soovitav on visata koldesse segamini jämedamat ja peenemat kütust. Visates kütust koldesse tihedamini (4—5 korda tunnis) ühtlastes kogustes ning liigutades resti korrapäraste vaheaegade järel, võib saavutada täiesti puhta põlemise. Resti tuleb enne värske kütuse sisseviskamist mõned korrad edasi-tagasi liigutada.

Tuleb hoolitseda selle eest, et õhuventilaatori töötamise ajal tuharuumi uks oleks tihedasti suletud. Kolde- ja tuharuumi ukse avamisel tuleb ventilaator seisata või imitorul olev siiber sulgeda, et vältida suitsu tungimist ruumi.

Tuhka ei tohi eemaldada varem kui ligikaudu 10 minutit pärast viimast resti liigutamist, et tuhas olevad põlemata osakesed jõuaksid läbi põleda.

101. KETTRESTIGA KOLDED KIVISÖEKÜTTEL

Enne resti käivitamist kontrollitakse jahutuspalkide jahutusveetorustiku tihedust, õlitorustiku korrasolekut ja täidetakse õlitusseadmed vastava määrdeõliga. Seejärel kontrollitakse kütusepunkri sulguri, kihisiibri ja räburiibaja käigu kergust. Kihisiibri allalastud asendis peab jääma siibri ja restipinna vahele vähemalt 10 mm laiune pilu. Edasi kontrollitakse põlemisõhu jaotust ja resti ning selle ajami seisukorda. Seejärel käivitatakse rest tühjalt kõige väiksema kiirusega ja lastakse töötada mitte alla ühe täistiiru, kontrollides seejuures resti osade töötamist.

Pärast seadme kontrollimist tuulutatakse gaasikäigud, avatakse vesijahutus ja alustatakse sissekütmist. Suletud kütusepunkri sulguri juures avatakse esiseina uksed, tõstetakse kihisiiber ülemisse asendisse ja laotakse restile harv virn puid, laiusega ligikaudu 1 m ja kõrgusega 250—300 mm, ning süüdatakse see kogu laiuses nõrga tõmbe juures. Kui puud on põlema hakanud, suletakse esiseina uksed, asetatakse kihisiiber 80—85 mm kõrgusele restipinnast ja lastakse restile sütt. Seejärel antakse restile maksimaalne kiirus, viiakse süsi 0,75—1 m kauguseni kihisiibrist ja seisatakse ajutiselt rest või lülitatakse ta esimesele käigule; teise tsooni avatakse vähesel määral õhupuhumine. Kütuse süttimisel 450—500 mm kaugusel kihisiibrist suurendatakse resti kiirust ja õhupuhumist, lülitades sisse kolmanda tsooni.

Resti töötamisel reguleeritakse kihipaksust, hoides seda 75—150 mm piirides, vastavalt kütuse omadustele, samuti ka resti kiirust, tõmmet ning altõhku tsoonides. Põlemine restil peab lõppema ligikaudu 500 mm enne räburiibajat.

Katla koormuse tõstmisel tuleb algul suurendada tõmmet ja altõhku ning alles seejärel resti kiirust. Koormuse vähendamisel tuleb algul vähendada õhupuhumist ning tõmmet ja seejärel resti kiirust.

Rest peab töötamisel liikuma pidevalt, ilma peatusteta, mis võivad põhjustada resti osade ülekuumenemist, kõmmeldumist ja restivarbade põlemist. Restivarbade murdumisel purunenud osad eemaldatakse restilt, järelejäänud varvad aga nihutatakse laiali.

Restist läbivarisenud kütus, mis võib tsoonides hakata põlema ja põhjustada sellega resti ning kandekonstruktsiooni ülekuumenemisest tõsiseid vigastusi, tuleb tsoonidest eemaldada vähemalt üks kord tunnis.

CO_2 sisaldus katla taga tuleb hoida ligikaudu 13%.

Resti normaalsel seiskamisel tuleb lõpetada kütuse pealeandmine, lasta kihisiiber allapoole, 30—50 mm restipinnast, vähendada resti kiirust, õhupuhumist ning tõmmet. Kui kütusekiht on restil läbi põlenud, suletakse õhuandmine tsoonidesse ning lastakse restil liikuda veel ligikaudu üks tund, kuni kolderuum on jahenenud. Seejärel seisatakse rest, lastakse täielikult alla kihi-

siiber ja suletakse vesijahutus; tuhapunker ja tsoonialused punkrid tühjendatakse.

Avariilisel seiskamisel suletakse punkrisulgur, tõstetakse üles räburiibaja, avatakse aurujahutus viimases tsoonis ning esiseina uksed ja antakse restile maksimaalne kiirus. Ligikaudu ühe tunni pärast lõpetatakse õhupuhumine ja suletakse jahutusvesi. Avariide puhul, mis nõuavad eriti kiiret tule lõpetamist, kustutatakse tuli vooliku abil veega, vältides vee sattumist tulisele müüritisele.

102. KETTRESTIGA ŠAHTKOLDED TURBAKÜTTEL

Pärast resti ja abiseadmete kontrollimist p. 101 kirjeldatud viisil avatakse kolde esiseina uksed, tuulutatakse gaasikäigud, avatakse jahutusvesi ja süüdatakse resti esiosal tuli (kuivadest puudest). Puude põlemahakkamisel lastakse peale pisut turvast. Kui see on täielikult süttinud, avatakse kütusepunkri sulgur, käivitatakse altõhuventilaator, suletakse esiuksed ja käivitatakse rest esimesel käigul.

Turba järkjärgulisel süttimisel suurendatakse altõhku ja resti kiirust vajaliku määrani. Kihipaksus seatakse 400—900 mm, vastavalt kütuse niiskusele. Kihi osalisel läbipõlemisel tasandatakse seda käsitsi läbi kolde külgseintes olevate uste ja vaateluukide.

Alarõhk kolde ülaosas hoitakse 0,5—1 mm vs, õhu rõhk tsoonides kuni 60—80 mm vs. Resti töötamist reguleeritakse analoogiliselt p. 90 kirjeldatuga.

CO_2 sisaldus katla taga hoitakse ligikaudu 14%. Puuduliku põlemise tunnuste ilmnemisel suurendatakse altõhu andmist, ja kui sellest ei jätku, juhitakse koldesse pealtõhku.

Suure niiskusega turba põletamisel suurendatakse õhu andmist eeskoldesse ja kui astmed on pööratavad, siis asetatakse viimased nii, et neile jääks peatuma rohkem kütust. Pealtõhku antakse vähem kui kuiva turba puhul; väga niiske turba puhul pealtõhku ei kasutata. Kütusekiht hoitakse võimalikult paksem. Altõhku või tõmmet suurendatakse, resti kiirust aga vähendatakse, sest märg kütus nõuab põlemiseks rohkem aega.

Kolde seiskamisel suletakse kütusepunkri sulgur ja lõpetatakse kütuse pealeandmine ning õhu juhtimine eeskoldesse. Kui kiht eeskoldes on vajunud võlvidest allapoole, lükatakse roobiga põlevad osad ning tuhk astmetelt restile ja katkestatakse õhu juhtimine resti esiosa alla.

Seejärel vähendatakse õhupuhumist (selle puudumisel tõmmet) ja resti kiirust, tasandatakse kihti restil, lõpetatakse õhupuhumine ja suletakse peaaegu täiesti korstnasiiber. Kütuse täielikul läbipõlemisel suletakse siiber täiesti; restil lastakse veel töötada 1—$1^1/_2$ tundi. Lõpuks suletakse jahutusvesi.

103. MEHAANILISE TREPPRESTIGA KOLDED PÕLEVKIVIKÜTTEL

Enne sissekütmisele asumist tuleb puhastada restipind kõigist kõrvalistest esemetest (metallosad, tellised, müürimisel varisenud savi jne.) ja kontrollida selle korrasolekut. Lomšakovi resti puhul tuleb hoolsasti järele vaadata, et kõik pinnakatte elemendid oleksid korralikult täidetud ümarateralise raudkivikruusaga (terajämedus 8—10 mm). Seejärel tuleb kontrollida kolde külgseintes olevate resti jahutuspalkide korrasolekut ja jahutusvee läbivoolu; kas restiajam on puhastatud ja ajami osade vahel ei leidu kõrvalisi esemeid. Kõik õlitoosid täidetakse õli või tavotiga. Edasi käivitatakse rest käitamismootori kõige väiksema pöörlemiskiirusega ja selgitatakse, kas restiraamide liikumine pole takistatud. Lomšakovi restil käivitatakse esiteks I raam üksikult, seejärel I ja II raam, siis I ja III raam ja lõpuks kõik raamid koos; kontrolli teostatakse kõikide käikudega, alustades kõige lühemaga. Nimetatud restil kontrollitakse ka märkketast, kas selle lugem on kooskõlas resti käikudega; vastasel korral asetatakse märkketas õigesse asendisse. Järgnevalt kontrollitakse kihisiibri korrasolekut ja siibriava kõrguse kooskõla siibriseisu näitajaga, kütuse etteandeseadme korrapärast liikumist, õhu läbivoolu restipinnast ja külgtihendite tihedust.

Seejärel lastakse vesi resti jahutuspalkidesse ja pärast kolde õhutamist tehakse esimestele restiastmetele kergesti süttiva kütusega (laastud, puuhalud, kuiv turvas) nõrk tuli. Õhutsoonidega restil peavad kõik tsoonid olema suletud; esimesse tsooni juhitakse õhku kolde esiseinas olevate avade kaudu. Esimestele restiastmetele tehtud tuld suurendatakse järk-järgult, seejuures jälgides, et kolde eesmine, tulele lähedal olev osa liigselt ei kuumeneks ja et tuli ei satuks kütusekolusse. Resti tuleb aeg-ajalt käivitada, kasutades kõige lühemat käiku. Pärast koldemüüritise küllaldast soojenemist antakse peale põlevkivi. Käivitatakse altõhu ventilaator ja antakse tsoonide kaupa, vastavalt kütuse edasiliikumisele, resti alla õhku. Läbipõlemata pikemate halgude esinemisel on resti käivitamine keelatud.

Kolde töötamisel hoitakse resti jahutuspalkidest väljuva vee temperatuur alla 80° C. Alarõhk kolde ülaosas hoitakse võimalikult ühtlane, piirides 0,5—1 mm vs. Altõhu rõhk hoitakse Lomšakovi resti puhul kuni 60 mm vs, Ilmarise resti puhul kuni 20 mm vs; seejuures antakse resti keskossa õhku rohkem, esi- ja tagaossa vähem. Peenpõlevkivi põletamisel Lomšakovi restil kasutatakse normaalsel kihipaksusel — 200 mm — järgmisi altõhu rõhkusid:

tsoon	I	II	III	IV	V
rõhk mm vs	10	25	40	25	10

Lendosade korralikuks läbipõlemiseks kasutatakse kütmisel tingimata ka pealtõhku.

Kütusekihi paksus restil hoitakse 150—250 mm. Töötamisel jälgitakse, et kütusekolu oleks pidevalt kütusega täidetud; tekkinud ummistused kõrvaldatakse läbitorkimisega.

Resti lastakse töötada pidevalt, peatusteta, reguleerides resti käiku vastavalt koormusele.

Põlemine peab toimuma kogu restil: kiht peab süttima normaalselt kuni 0,5 m kaugusel kolde esiseinast (kihisiibrist), kihi läbipõlemine peab lõppema 0,25—0,5 m enne tuhapunkri serva; põlemata kütust ei tohi sattuda tuhapunkrisse.

Normaalsel töötamisel kasutatakse kõikide restiraamide (sektsioonide) juures ühtlase pikkusega käike. Kütuse intensiivsel läbipõlemisel resti esi- ja keskosas kasutatakse Lomšakovi resti puhul III raamil ja Ilmarise resti puhul tagumisel liikuval sektsioonil lühemat käiku küllaldase kütusekihi säilitamiseks resti tagaosal. Läbipõlemata kütuse tuhapunkrisse varisemise vältimiseks kasutatakse vastavalt III raamil ja tagumisel resti sektsioonil samuti lühemat käiku. Seejuures suurendatakse viimases tsoonis altõhu rõhku.

Leegi värvus koldes peab olema kollakas. Tume leek mustade joontega näitab õhu puudust, helevalge leek õhu liigsust. Korstnast väljuv suits peab olema helehall. CO_2 sisaldus suitsugaasis katla taga tuleb hoida 12%, CO hulk minimaalne.

Auru rõhu tõusul vähendatakse altõhu rõhku, tõmmet, kütuse liikumise kiirust restil (resti käitamismootorile madalam kiirusaste, restiraamidele lühem käik) ja pealtõhu puhumist. Auru rõhu langemisel suurendatakse tõmmet, alt- ning pealtõhu rõhku, kütuse etteandmist ja kütuse liikumise kiirust restil. Seejuures tuleb pidada silmas, et liiga suur ja järsk kütuse ning põlemisõhu lisamine jahutab järsult põlevat kütusekihti, mis võib põhjustada auru rõhu edasist langust.

Tuhk ja räbu kõrvaldatakse punkrist õigeaegselt, kusjuures tuleb silmas pidada, et punkrisulgurid tuha väljalaskmisel oleksid avatud võimalikult vähe aega, et piirata külma õhu pääsemist gaasikäikudesse ja koldesse. Sulgureid tuleb avada ettevaatlikult ja pikkamööda, et tuhas olevate põlemata osakeste järsust süttimisest eemalepaiskuv leek ei põletaks töötajat. Tuhapunkrite tühjendamisel vähendatakse altõhku. Restist läbivarisenud kütus kõrvaldatakse vähemalt 1 kord vahetuses.

Kolde töötamise lõpetamiseks suletakse kütuse juurdevool restile ja lõpetatakse pealtõhu andmine. Tõmme ja altõhu puhumine lõpetatakse, kui kütus on restil küllaldaselt läbi põlenud ja pole karta restipinna rikkumist tule poolt. Resti käitamismootor seisatakse, kui rest on kütusest ning räbust tühi. Juhul, kui kolle kavatsetakse pikemaks ajaks seisma jätta ja seisu ajal restil tuld

hoida, peab põleva kütuse lükkama roopidega esimestelt trepiastmetelt järgmistele, et vältida kolde esiosa liigset kuumenemist.

104. ŠAHTVESKIGA KOLDED

Enne sissekütmist tuleb kontrollida kõigi mehhanismide — veskite, toitjate, ventilaatorite jt. korrasolekut ja käigu kergust, kõigi ühenduste tihedust ja kolde ning katla korrasolekut. Seejärel käivitatakse tõmbeventilaator ja pärast 3—5-minutilist kolde tuulutamist alustatakse kolde sissekütmist kas muhvelpõleti või õlipihustite abil. Pärast auru rõhu tõusmist 10—15%-ni töörõhust käivitatakse veski suletud šahtisiibri juures tühjalt ja kontrollitakse veski õlitussüsteemi, vesijahutust jm. Seejärel käivitatakse õhuventilaator, juhitakse veskisse õhku ja temperatuuri tõusmisel šahtis 60—70° C-ni lülitatakse sisse kütuse toitja ning alustatakse kütuse andmist veskisse. Tolmu-õhu segu süttib koldes õlipihustite või muhvelpõleti leegist. Kui tolm ei sütti, seisatakse toitja ja tugevdatakse kolde sissekütmist, vähendatakse õhu juhtimist šahti ja alles pärast seda alustatakse uuesti kütuse veskisse andmist.

Tolmu süttimisel ambrasuurile väga lähedal või leegi tõmbumisel ambrasuuri tuleb suurendada õhu juhtimist veskisse. Kui tolm süttib halvasti, tuleb kontrollida, kas tolmu-õhu segu temperatuur šahtis pole langenud allapoole normaalset, ja vajaduse korral vähendada kütuse juurdeandmist õhuhulka muutmata. Tolmuleegi kustumisel tuleb koldes võimaliku plahvatuse tekkimise vältimiseks seisata viivitamatult toitja, tuulutada veski, katkestada õhu juhtimine veskisse ja suurendada tõmmet kolde ning gaasikäikude õhutamiseks. Seejärel tuleb ettevaatlikult veega üle valada tuhalehtrisse sadestunud kütus, avada eemalt pikkamööda tuhalehtri luuk ja lasta põlemata tolm räbukraavi. Ebaõigel talitamisel võib tekkida plahvatus.

Töötamisel tuleb hoolitseda mehhanismide korraliku õlitamise eest. Tuleb jälgida, et kõik kolde mehhanismid töötaksid katkestamatult. Ei tohi lubada veskite tühjalt töötamist, sest kuum gaasi-õhu segu võib põhjustada laagrite kuumenemist ja veskisse ning šahti jäänud tolmu isesüttimist.

Auru rõhku katlas ja katla koormust reguleeritakse väikestes piirides ühe veski abil; ülejäänud veskite koormus jäetakse muutmata. Katla koormust suurtes piirides reguleeritakse kõikide veskitega, jaotades koormuse nende vahel võrdselt.

Veskisse antavat kütuse hulka reguleeritakse toitja abil. Samaaegselt tuleb reguleerida kütuse kuivatamise astet ning primaar- ja sekundaarõhu suhet.

Tuleb jälgida, et ei koormataks üle veski elektrimootorit. Üle-

koormuse puhul tuleb seisata toitja niikauaks, kuni ampermeetrid hakkavad näitama lubatud koormust.

Jahvatuse peensust ja tolmu kuivatamise astet reguleeritakse veskisse antava õhu- või õhu-gaasihulgaga. Normaalsel töötamisel peab šahtis olema atmosfääriline või veidi suurem rõhk ja õhu kiirus 1,5—3 m/s. Õhu kiiruse suurenemisel üle lubatud piiri muutub jahvatus jämedamaks, suureneb mehaaniline kadu, halveneb tolmu süttimine koldes ja võib tekkida kolde tagaseina räbustumine. Õhu kiiruse liigne vähenemine võib põhjustada leegi südamiku lähenemist kolde esiseinale ja selle räbustumist, samuti tolmu süttimist ambrasuuris ja isegi šahtis. Viimasel juhul tuleb viivitamatult katkestada kütuse juurdeandmine veskisse, seisata veski ja tuulutada hästi šaht.

Õhu või gaasi-õhu segu temperatuur eespool veskit hoitakse freesturba puhul 350—400° C; põlevkivi puhul kuni 300° C; tolmu-õhu segu temperatuur ei tohi ületada 85° C. Temperatuuri langemine alla 55—60° C pole soovitav, kuna see võib põhjustada tolmu puudulikku süttimist.

Normaalsel põlemisel peab leek täitma ühtlaselt kolderuumi ja olema kollakasvalge värvusega. Põlemine peab algama ligikaudu 0,5 m kaugusel ambrasuurist ja lõppema 1 m enne katlatorude esimest rida. Leek ei tohi ulatuda vastu kolde tagaseina ega madalamale tuhalehtri poolest kõrgusest. Leegist ei tohi tolmu välja sadestuda. Selle esinemisel tuleb vähendada primaarõhku ja suurendada sekundaarõhku läbi alumiste pilude ning kontrollida, kas tolmu-õhu segu temperatuur šahtis pole langenud.

Leegi õiget asendit koldes reguleeritakse sekundaarõhu puhumise ja tõmbega. Leegi tõstmiseks suurendatakse tõmmet ja sekundaarõhu hulka läbi alumiste pilude, vähendades samal ajal sekundaarõhku läbi ülemiste pilude. Leegi langetamiseks vähendatakse tõmmet, vähendatakse sekundaarõhku läbi alumiste ja suurendatakse läbi ülemiste pilude ning kontrollitakse tuhalehtri tihedust.

Leegi eemaldamiseks kolde tagaseinast ja tema toomiseks ambrasuurile lähemale vähendatakse primaarõhu hulka, samuti sekundaarõhku läbi alumiste pilude. Leegi viimiseks tahapoole tuleb tegutseda ümberpöördult. Leegi südamiku asumine ambrasuurile liiga lähedal on ohtlik, kuna see võib põhjustada põlemist veskis.

Ebakindel põlemine koldes (leegi kustumine) võib olla põhjustatud koormuse tunduvast vähenemisest ja kolde madalast temperatuurist. Leegi säilitamiseks tuleb sel puhul viia tegevusse muhvelpõleti või õlipihustid.

CO_2 sisaldus suitsugaasis katla taga peab olema põlevkiviküttel 13%, freesturba puhul 14%.

Kolde seiskamisel suletakse kütusepunkri sulgur, töötatakse läbi toitja peal olev kütusehulk, seejärel seisatakse toitja, tuulu-

tatakse jahvatusseade, seisatakse veski ja õhuventilaatorid ning suletakse kõik siibrid õhutorustikul.

Avariilisel katla seiskamisel tuleb viivitamatult välja lülitada toitja ja lõpetada kuuma separatsiooniõhu juhtimine veskisse. Tolmu süttimisel šahtis tuleb järsult suurendada kütuse andmist veskisse, katkestada primaarõhu juurdevool ja lasta tule kustutamiseks šahti auru.

Gaasiplahvatuste puhul koldes või katla gaasikäikudes tuleb katkestada tolmu ja õhu andmine koldesse ja seejärel sulgeda tõmme.

Pärast katelseadme hoolikat kontrollimist ja plahvatusklappide ning luukide korrastamist tuleb kontrollida tulepesade puudumist gaasikäikudes. Alles seejärel võib avada tõmbe ning alustada katla normaalset kütmist.

Plahvatusklappide korrasolekut tuleb kontrollida vähemalt üks kord vahetuses.

105. KIVISÖETOLMU-KÜTTEKOLDED

Enne katla sissekütmist tuleb hoolikalt kontrollida tolmuvalmistamise süsteemi korrasolekut, käivitada tühjalt tolmutoitjad ja kontrollida nende kaugjuhtimist. Pärast kolde ja gaasikäikude hoolikat tuulutamist alustatakse sissekütmist kas muhvelpõleti või õlipihustite abil. Kolde küllaldasel soojenemisel käivitatakse tõmbeventilaator (kui sissekütmine toimus loomulikul tõmbel) ja reguleeritakse tõmme kolde ülaosas 2—3 mm vs, s. o. veidi suuremaks normaalsest. Seejärel käivitatakse primaarõhuventilaator ja 10—20 minutit hiljem sekundaarõhu-ventilaator. Pärast tolmupõletite läbipuhumist õhuga 2—3 minuti vältel käivitatakse tolmutoitja väikese kiirusega, andes algul tolmu ainult keskmistesse põletitesse. Õlipihustid peale ühe või kahe lülitatakse välja, muhvelpõletil lastakse töötada edasi. Pärast kõigi tolmupõletite töösse rakendamist reguleeritakse normaalseks primaar- ja sekundaarõhu hulk. Tõmme kolde ülaosas hoitakse 1—2 mm vs. Katla koormuse tõusmisel 70—80%-ni normaalkoormusest lülitatakse välja kõik õlipihustid.

Leegi kustumisel tuleb viivitamatult katkestada tolmu andmine põletitesse, seisates tolmutoitjad, lülitada välja sissekütmise seade ja samaaegselt suurendada tõmmet kolde ning gaasikäikude tuulutamiseks. Seejärel süüdatakse tolm uuesti. Normaalsel töötamisel peab leek olema kollakasvalge värvusega ja täitma ühtlaselt kolderuumi. Põlemine peab algama põleti suudme lähedal. Leek ei tohi riivata kolde seinu ega ulatuda allapoole tuhalehtri poolest kõrgusest. Põlemine peab lõppema 0,5—1 m enne esimest torurida. Leegist ei tohi tolmu välja sadestuda ning temas ei tohi

esineda musti viirge, mis näitab tolmu halba segunemist õhuga ja madalat temperatuuri koldes.

CO_2 sisaldus suitsugaasis katla taga peab olema 14—15%. Leegi pikkust ja leegi asetust koldes reguleeritakse primaar- ja sekundaarõhu hulga muutmisega vastavalt kasutatavale põletitüübile.

Veskisse juhitava õhu temperatuuri hoitakse 300—400° C piirides, tolmuõhu segu temperatuuri 100—120° C piirides.

Katla koormuse tõstmisel suurendatakse tolmuhulka, tõmmet ja põlemisõhku; koormuse vähendamisel vähendatakse algul tolmuhulka, seejärel õhuhulka ning tõmmet.

Plahvatusklapid kolde ülaosas ja esimeses gaasikäigus määritakse tihendamiseks kergelt üle saviga. Klappide seisukorda kontrollitakse vähemalt üks kord vahetuses.

Katla seiskamiseks töötatakse läbi punkris olev tolm, mille järel seisatakse tolmutoitjad. Seejärel puhutakse 10—15 minuti vältel läbi põletid ja tolmutorustik õhuga primaarõhu-ventilaatorist või veski ventilaatorist (vahepealse tolmupunkrita süsteemides). Pärast seda seisatakse õhuventilaatorid.

Tõmbeventilaatoril lastakse pärast põletite läbipuhumist töötada 5—10 minutit, mille järel lülitatakse katel loomulikule tõmbele. Kõik luugid, vaateavad, siibrid jm. suletakse tihedalt.

Katla kuuma reservi jätmisel tolmu punkrites läbi ei töötata; seiskamine toimub kirjeldatud järjekorras.

Katla kiire või avariiline seiskamine toimub alltoodud järjekorras.

1) Vahepealse tolmupunkriga süsteemide korral:
   a) lülitatakse välja tolmutoitjad;
   b) seisatakse primaarõhu-ventilaator;
   c) seisatakse katla ventilaatorid.
2) Vahepealse tolmupunkrita süsteemide korral:
   a) lülitatakse välja veskitoitjad;
   b) lülitatakse välja veski ventilaator;
   c) seisatakse katla ventilaatorid;
   d) seisatakse veski.

Et tolmu ja õhu segu on plahvatusohtlik, siis tuleb tolmu põletamisel võtta kasutamisele rida ettevaatusabinõusid: ei tohi lubada tolmu kogunemist ehitusosadele, katla müüritisele jm., kus ta ise võib süttida; hoida tihedasti suletuna kõik reservuaarid ja mehhanismid, sest sel puhul viimastes süttinud tuli kustub ise (tekkiva süsihappegaasi tõttu). Enne kolde käivitamist tuleb läbi kombata kõik ebakindlad kohad, eriti tolmutorustiku horisontaalsed osad. Ei tohi lubada tolmu-õhu segu temperatuuri tõusmist tagapool veskit üle juhistes ettenähtud määra. Eriti ohtlikud on järsud kütuse etteandmise katkemised, kuna edasi puhuv kuum õhk kuivatab tolmu üle.

Tolmu põlemise tunnuste ilmnemisel gaasikäikudes ja eespool

põleteid tuleb viivitamatult katkestada tolmu ja õhu juurdeandmine. Kuuma tolmu ei tohi liigutada, kuna ta kohevaks muutumisel plahvatab; kuuma tolmu ei tohi valada üle ka veega. Parimaks vahendiks tolmu kustutamiseks on süsihappegaas või aur, milleks peab katlamaja olema varustatud eriliste keemiliste kustutusseadmetega või vastava aurutorustikuga.

Vigastuste vältimiseks tolmu plahvatamisel varustatakse tsüklonid, veskid, ventilaatorid ja kolded kaitseklappidega.

106. ÕLIKÜTTEKOLDED

Enne pihustite süütamist tuleb kolle hoolikalt tuulutada. Koldesse tehakse puudega tuli ja alles pärast kolde küllaldast soojenemist minnakse üle õliküttele.

Auruga pihustamisel puhutakse läbi aurutorustik ja pihustid. Seejärel avatakse pihustusaur ja pärast seda vähesel määral õli; seiskamisel suletakse enne õli, siis aur. Pihusti leek süüdatakse harilikult õlise kaltsuga või takkudega, kusjuures tuleb seista kõrval, et koldest väljapaiskuv leek ei põletaks. Kui õli süütamine ei õnnestunud ja koldesse voolas õli, ei tohi süütamiskatset kohe korrata, vaid kolle tuleb enne tuulutada. Vastasel korral võib tekkida plahvatus.

Suruõhuga pihustamisel avatakse enne õhk, siis õli. Kütmise lõpetamisel suletakse enne õli, siis õhu juurdevool.

Mehaanilisel pihustamisel enne käivitamist tuleb puhastada pihustid, filtrid ja kontrollida nende korrasolekut. Õli peab olema küllaldaselt ette soojendatud, kusjuures mehaaniliste pihustite puhul peab eelsoojendus olema kõrgem. Põlevkivi-kütteõli nõuab eelsoojendust 60—80° C, masuut 70—130° C.

Külma õli puhul on pihustamine puudulik ja põlemine seetõttu mittetäielik. Õlipiisad, mis ei jõua hõljudes ära põleda, kukuvad kolde seintele, kus lendosad auravad õlist välja ja järele jääb koks, mis kolde seintel ei põle. Viimane tuleb aeg-ajalt kõrvaldada lahtilöömisega.

Pihusti leegi kustumisel tuleb õli juurdevool sulgeda, kolle tuulutada ja alles seejärel pihusti uuesti süüdata.

Õige liigõhuteguri puhul ($\alpha = 1{,}15-1{,}25$) on pihusti leek oranžkollane. Hele, sätendav leek märgib õhu liigsust, tume, mustade joontega leek ning tihe suits — õhu puudust.

CO_2 sisaldus katla taga tuleb hoida 13—14%. Pihustite seiskamisel tuleb nad pöörata koldest välja, et ebatiheduste tõttu väljatilkuv õli ei aurustuks kuumas koldes ega moodustaks plahvatusohtlikke gaase.

Kui koldes on mitu pihustit, siis kõigepealt süüdatakse üks alumistest pihustitest ja seejärel teised. Sissekütmise ajal tuleb jälgida, et põlemine oleks täielik ja koldes ei tekiks tahma. Inten-

siivne tahma tekkimine on tingitud liiga kiirest sissekütmisest ning suure hulga õli juhtimisest läbisoojenemata koldesse.

Katla koormust reguleeritakse õli, pihustusauru ja põlemisõhu hulgaga. Katla töötamisel tuleb hoolega jälgida kütteõli temperatuuri enne pihustit.

Puudulikult soojendatud õli ei pihustu korralikult, õliosakesed ei segune õhuga ega põle täielikult ära.

Kütuse korralik pihustumine sõltub samuti õli ja auru õigest vahekorrast ning aururõhust. Hästi pihustunud kütus põleb puhta leegiga. Kui aururõhk on liiga madal, siis kütuse pihustumine on puudulik ja põlemata õliosakesed langevad kolde põhjale. Katel hakkab «suitsema». Sel puhul tuleb suurendada aururõhku või vähendada õlihulka. Liiga kõrge aururõhk võib põhjustada leegi katkemist ja kustumist. Kui aururõhu suurendamisel või kütusehulga vähendamisel suitsemine ei lakka, tuleb kontrollida pihusti korrasolekut.

Pihusti korratu töötamise põhjuseks on kõige sagedamini tema kanalite ummistumine kütteõlis olevate mehaaniliste lisanditega, samuti tema ülekuumenemine, mis on tingitud pihusti paigaldamisest liiga sügavale koldesse.

Mehaanilisel pihustamisel peab õlipump töötama ettenähtud rõhul. Rõhu langemist võib põhjustada õhu sisseimemine läbi ebatiheduste, pumba osade kulumine ja rõhu reguleerimisklapi rike.

Rõhu ülemäärast tõusu võib tingida õlifiltrite, survetorustiku või pihusti ummistumine.

Põlemine on korratu, kui kütteõli sisaldab liigselt vett. Vesi põhjustab leegi pulseerimist, aegajalist katkemist ning isegi kustumist, mille tagajärjel õli valgub koldesse, kus ta aurustub ja võib tekitada plahvatuse.

Leek pulseerib ka suitsukäikude ummistumise, väärõhu sisseimemise jm. tagajärjel tekkival tõmbe vähenemisel. Küllalt suure pulseerimise korral tekib kolde uste ja katla teiste liikuvate osade vibreerimine, mis põhjustab müra.

107. GAASIKÜTTEKOLDED

Gaasilisel kütusel on võrreldes tahkekütusega järgmised eelised:

a) leegi temperatuur koldes on kõrge (1100—1550° C);

b) soojusülekanne koldegaasidelt katlaveele on parem, sest küttepinnad ei kattu lendtuhaga ja põletite õigel töötamisel ei teki gaasi põlemisel tahma, mis sadestub küttepindadele;

c) põletite töö reguleerimine on lihtne;

d) kütuse hoidmiseks pole tarvis laoruume;

e) õhku ega ruume ei saastata kütuse ega selle põlemisjääkidega.

Loetletud eeliste kõrval esinevad gaasiga kütmisel ka gaaside omadustest tingitud olulised puudused:

a) põlevgaasid, eriti kunstlikud gaasid, mis sisaldavad suuremal hulgal vingugaasi (CO), on mürgised ja kahjustavad seetõttu inimese tervist;

b) kõik põlevgaasid moodustavad teatavas vahekorras õhuga plahvatava segu;

c) kõik põlevgaasid on värvitud (s. o. nähtamatud) ja enamasti ei oma iseloomustavat lõhna. Seega on raskendatud gaasitorustiku ebatiheduste avastamine. Gaasitorustiku ja armatuuri tihedus on aga ohutu töötamise peamiseks tingimuseks.

Selleks et kergemini oleks võimalik avastada gaasi tungimist ruumidesse, lisatakse gaasile enne selle juhtimist linna gaasivõrku eriliselt lõhnavate vedelikkude auru. Seda gaasi lõhnastamise protsessi nimetatakse o d o r i s e e r i m i s e k s.

Peale selle peavad gaasid enne linna gaasivõrku juhtimist olema puhastatud väävelvesinikust, ammoniaagist, rasketest õlidest ja naftaliinist. Väävelvesinik ja ammoniaak põhjustavad torustiku ja armatuuri sööbimist, naftaliin ja rasked õlid — ummistumist. Väävelvesinik on peale selle veel mürgine.

Et gaas plahvataks või põleks, peab ta olema segatud teatava hulga õhuga. Plahvatusohu vältimiseks peab gaasi hulk õhus olema suurem või väiksem tabeli 10 piiridest. Mida laiemad on gaasi plahvatuspiirid, seda suurem võimalus on plahvatuseks. Sellest selgub, miks gaasiga töötamisel tuleb pidevalt jälgida gaasitorustiku ja armatuuri tihedust. Kütmisel tuleb kindlustada, et katla koldes, suitsukäikudes ega katlaruumis ei tekiks ohtlikku segu.

Gaas juhitakse linna gaasivõrku kas otse gaasivabrikust või gaasi kaugjuhtmest erilise jaotusjaama kaudu teatava kindla rõhuga. Rõhku piirides 0—500 mm vs nimetatakse madalrõhuks, 500—30 000 mm vs — keskrõhuks ja üle 3 atü — kõrgrõhuks.

Katelde kütteks kasutatakse kas madal- või keskrõhulist gaasi rõhuga mitte üle 0,3 atü. Mida kõrgem on gaasi rõhk torustikus, seda suuremad on võimalused ebatiheduste kaudu gaasi tungimiseks ruumi. Rõhu alandamine toimub gaasi regulaatorjaamades, mis võivad asuda kas otse katlamajas või eraldi ruumides.

Kütteväärtuse järgi eristatakse kolme liiki gaase:

kõrge kalorsusega	— üle	7500	kcal/m³
keskmise „	—	3000—7500	„
madala „	— alla	3000	„

E n n e g a a s i s e a d m e k ü t m i s e a l u s t a m i s t tuleb veenduda, et katlamajas ei ole tunda gaasi lõhna. Katlaruum

tuleb hästi läbi tuulutada; selleks avatakse ventilatsioon või käivitatakse ventilaator.

Kui on tunda gaasi lõhna, ei tohi alustada kütmist, vaid tuleb avada uksed ja aknad, välja selgitada vea põhjus ja see kõrvaldada. Kui viga oma jõuga ei saa või ei tohi kõrvaldada, tuleb sellest teatada katlamaja gaasiseadmete eest vastutavale isikule. Seejärel avatakse katlasiiber ja koldeuks suitsukäikude läbituulutamiseks. Seejuures kontrollitakse tõmmet tõmbemõõtja või koldeukse juurde asetatud pabeririba abil.

Kütmise alustamiseks tuleb kontrollida gaasitorustiku kogu aparatuuri ja kõiki kraane ning siibreid; torustiku kõik siibrid ja kraanid peavad olema kinni, läbipuhumistorustiku kraanid (küünlakraanid) — lahti.

Kui põlemiseks vajalik õhk antakse koldesse ventilaatoriga, tuleb see käivitada ja läbi puhuda põletid ning suitsukäigud. Seejärel avatakse manomeetrikraanid ja esimene siiber gaasitorustikul. Lasknud gaasi torustikku, tuleb see küünalde kaudu läbi puhuda (3—5 minutit).

Kui katel käivitatakse esmakordselt pärast suvist vaheaega, remonti või muudest põhjustest tingitud pikemat seisakut, siis tuleb kontrollida gaasi põlemist, milleks lastakse gaas nõuetekohasesse erinõusse ja süüdatakse selles väljaspool katlaruumi. Süüdata ainult sel juhul, kui ollakse täiesti veendunud, et seisakuperioodil ei sattunud gaasitorustikku õhku.

Veendunud, et gaas põleb normaalselt, süüdatakse süütetuli, suletakse õhusiiber (inžektsioonpõletil pööratakse õhu reguleerimise seib paremale kuni lõpuni), viiakse süütetuli koldesse põletisuudme juurde ja veendutakse, et süütetuli põleb. Seejärel avatakse põleti gaasisiiber ja lastakse gaas põletisse. Kui gaas süttib valgustava leegiga, tuleb lisada veel pisut gaasi ja õhusiibri (seibi) ettevaatliku avamisega juhtida põletisse õhku. Leegi värvuse järgi reguleeritakse põletisse antav õhuhulk gaasi täielikuks põlemiseks parajaks. Pärast neid operatsioone võib sulgeda küünlakraani, eemaldada süütetule koldest ja asetada oma kohale (kui see konstruktsioonist tingituna ei ole ette nähtud alaliselt põlevana), vähendada kraaniga süüteleeki ning jälgida viimase järgi gaasivoolu. Gaasitorustikust läbipuhumine lõpetatakse, kui küünlast (samuti süütepõletist) väljub puhas gaas. Kui katlamajas asub regulaatorjaam, tuleb küünal hoida avatuna kuni esimese põleti süütamiseni, sest juhul kui regulaatorseadmest ei voola läbi gaasi, võib see tööst välja langeda.

Esimese 20—30 minuti jooksul hoitakse gaasi rõhk põleti ees minimaalne (vastavalt instruktsioonile antud katla ja põleti kohta). Kui kolderuumi tulekindel vooderdus hakkab helendama võib põleti koormust suurendada kuni maksimumini, suurendades vaheldumisi gaasi- ja õhuhulka ja jälgides seejuures pidevalt leeki koldes.

Gaasikolde seiskamiseks tuleb viia põleti koormus miinimumini, milleks vähendada vaheldumisi gaasi- ja õhuhulka. Edasi tuleb kiiresti sulgeda põleti gaasisiiber (kraan) ja veenduda, et leek kustus. Sel juhul võib kindel olla, et siiber on tihe. Kui leek ei kustu, tuleb siiber uuesti avada, jätta põleti töötama minimaalrõhul ning sellest teatada katlamaja vanemale. Kütmise lõpetamine toimub sel korral tema juhiste kohaselt. Kui katlamaja vanem puudub, kuid töötamine tuleb siiski lõpetada, suletakse ka järgmine siiber gaasitorustikul ja avatakse nende vahel asuv küünlakraan. Vastavasse raamatusse tuleb sel korral järgnevale kütjale teadmiseks teha märkus, et põletisiiber on ebatihe ja siibrile kinnitada silt pealkirjaga «Siiber laseb läbi».

Pärast põlemise lõppemist koldes ja katlamaja peasiibri sulgemist tuleb õhuventilaator jätta suitsukäikude tuulutamiseks töötama mõneks minutiks. Seejärel suletakse õhuvool, seisatakse ventilaator ja suletakse suitsukäigu siiber katla taga.

Töötamise ajal tuleb tähelepanelikult jälgida gaasi ja õhu rõhku põleti ees ja vältida nende kõikumist üle lubatava piiri. Põlemine peab olema rahulik. Leek ei tohi eemalduda põleti suudmest ega lüüa segunemiskambrisse sisse. Leegi värvuse järgi tuleb otsustada põlemise täielikkuse üle ning selle saavutamiseks vastavalt reguleerida põletisse antavat gaasi- ja õhuhulka.

Katla koormuse suurenemisel tuleb esialgu suurendada gaasi-, siis õhuhulka, koormuse vähenemisel — vastupidi. Koldes valitsevat tõmmet reguleeritakse korstnasiibriga. Tõmme kolde ülaosas tuleb hoida piirides 0,5—1 mm vs.

Pidevalt tuleb valvata gaasitorustiku ja armatuuri tiheduse järele.

Gaasiseadmed peavad olema hästi valgustatud. Katelseadme töötamise näitajad tuleb regulaarselt sisse kanda vastavasse raamatusse.

Gaasiküttel töötav kolle tuleb viivitamata seisata järgmistel juhtudel:

1) gaasivoolu ootamatul täielikul katkemisel;
2) gaasi rõhu langemisel põletite ees alla lubatud miinimumi;
3) õhuvoolu katkemisel põletisse (ventilaatori seismajäämisel);
4) gaasi rõhu tugeval ja järsul tõusul põleti ees (põhjustatud regulaatori või kaitseklapi korratustest);
5) gaasileegi kustumisel koldes;
6) tulekahju või selle ohu puhul katlamajas;
7) kõikidel juhtudel, mis on ette nähtud katlainspektsiooni «Eeskirjades katlamaja personalile».

Tugeva gaasilõhna ilmnemisel katlamajas tuleb:

1) kustutada kõik lahtised tuled, nende hulgas ka põletid;

2) avada katlaruumi uksed ja aknad;
3) kontrollida gaasitorustiku kõiki kraane, siibreid ja ühenduskohti;
4) teatada sellest katlamaja vanemale või selle puudumisel linna gaasivõrgu avariiteenistusele;
5) otsida gaasi läbilaskekohti seebilahuse abil, hääle või lõhna järgi.

Kuni gaasi väljavoolu likvideerimiseni on põletite süütamine ja kütmise jätkamine keelatud.

XIX. AURUKATELDE TEENINDAMINE

108. KATLA ETTEVALMISTAMINE SISSEKÜTMISEKS

Enne sissekütmisele asumist tuleb teha järgmised tööd.

1) Korrastada kütja tööriistad; veenduda, et oleks varuks ettenähtud määral tihendeid, veeseisunäitaja klaase ja määrdeõli ning küllaldasel hulgal kütust ja toitevett.

2) Kui katel on avatud, teha selle sisemine ülevaatus ja jõuda selgusele, kas ei leidu ohtlikke vigastusi, kas katel on korralikult puhastatud ja kas ei leidu katlas kõrvalisi esemeid. Seejärel sulgeda hoolikalt pääsuluugid ja teha katla veesurveproov töörõhu juures.

3) Vaadata väliselt üle katla müüritis ja gaasikäigud. Veenduda katla küttepindade ja gaasikäikude puhtuses, võlvide, vaheseinte, luukide ja uste korrasolekus. Kontrollida, kas on eemaldatud pimeäärikud auru-, toite- ja läbipuhumistorustikult, kas gaasikäikude klapid ning siibrid sulguvad tihedasti ja liiguvad kergesti.

4) Veenduda armatuuri ja garnituuri korrasolekus. Kontrollida kaitseklappe, ventiilide ja siibrite tihenduspukse ja ventiilivarraste korralikku õlitamist, samuti ka kolde- ja gaaskäikude plahvatusklappide korrasolekut, kui need on olemas.

5) Kontrollida abiseadmete (tõmbeventilaatorite, alt- ja pealtõhu-ventilaatorite, toiteseadmete jt.) korrasolekut — kas laagrid on korralikult õlitatud, kas õlitusrõngad asetuvad võllil õieti, kas on korras laagrite vesijahutus ja kas tihenduspuksid on korralikult pingutatud.

6) Täita katel veega m a d a l a i m a lubatud veeseisuni (soojenemisel vesi paisub ja veepind tõuseb). Samuti täita veega toitevee-ökonomaiser. Kui katelt täidetakse toitepumbaga, siis pumbata vesi läbi ökonomaiseri. Pärast katla täitmist veega sulgeda toiteventiil ja jälgida, kas veepind klaasis ei lange. Kui see esineb, avastada lekkimiskoht ja kõrvaldada lekkimine.

7) Õhu väljalaskmiseks katlast avada õhukraan; viimase puudumisel tõsta üles üks kaitseklapp või sulgeda veeklaasi kraan veeosal ja avada veeklaasi läbipuhumiskraan (kahe veeklaasi olemasolu korral).

8) Lülitada gaasivoolust välja ökonomaiser ja õhueelsoojendi,

milleks avada möödakäigu ning sulgeda ökonomaiseri ja õhueelsoojendi gaasikäigu suitsuklapid. Kui puudub võimalus ökonomaiseri väljalülitamiseks, ühendada viimase alumine kollektor katla veeruumiga. Aurutusökonomaiseri puhul tuleb avada viimase retsirkulatsioonitorustik.

9) Ülekuumendi peab olema ühendatud katla aururuumiga ja, kui seda võimaldab katla konstruktsioon, olema välja lülitatud gaasivoolust. Avada ülekuumendi kollektorite läbipuhumine, mis lõpetada pärast katla lülitamist magistraali. Ülekuumendi täitmine veega katla sissekütmisel pole lubatud.

10) Vahetult enne sissekütmist tuleb kontrollida veel veeseisunäitajate korrasolekut ja veetaset katlas. Osutub veepind madalamaks, kui on lubatud, tuleb katelt täiendavalt täita.

11) Kontrollida, kas vee- ja auruventiilid (siibrid) katla juures on õieti avatud ning suletud. Avatud peavad olema: toiteventiilid, ventiil katla ja ülekuumendi vahel (selle olemasolul) ja ülekuumendi läbipuhumisventiilid; suletud peavad olema: katla ja ökonomaiseri läbipuhumisventiilid, auruventiilid.

12) Tuulutada (ventileerida) kolle ja gaasikäigud, milleks loomuliku tõmbe korral avada gaasikäikude siibrid 10—15 minutiks, kunstliku tõmbe korral aga käivitada tõmbeventilaatorid vähemalt 3—5 minutiks.

109. KATLA SISSEKÜTMINE

1) Katelt võib sisse kütta ainult katlamaja administratsiooni loal, kes teeb selle kohta vastava sissekande vahetusraamatusse. Sissekütmise ajast peab teadlik olema kogu vahetuse personal.

Sissekütmine peab toimuma pikka mööda, et anda aega müüritise ja katlaosade läbisoojenemiseks. Sissekütmise kestus määratakse igale katlale eriinstruktsiooniga. Üldreeglina kestab sissekütmine:

leegitorukateldel	8—10 tundi
suitsutorukateldel	6 „
horisontaalveetorukateldel	4 „
püstveetorukateldel	2—3 „

Kiirel sissekütmisel tuleb kasutada abinõusid vee temperatuuri ühtlustamiseks katla ülemises ja alumises osas: korraldada kunstlikult vee tsirkuleerimist katlas, milleks pumbata katla alumisest osast külma vett ülemisse ossa või aeg-ajalt katelt, samuti ka ekraanide alumisi kollektoreid läbi puhuda (kuni $^1/_2$ klaasi korraga) ning anda seejärel katlasse vett juurde.

2) Kuni rõhk katlas puudub, kontrollida luukide ja äärikute tihedust ja lekkimisel neid täiendavalt kinnitada.

Auru tekkimisel sulgeda õhukraan (kaitseklapp, veeklaasi läbipuhumine). Jälgida, kas manomeetri osuti hakkab liikuma. Vas-

tasel korral tuleb tuld koldes vähendada ja selgitada osuti liikumatuse põhjus.

3) Rõhu juures 0,5—1 atü puhuda läbi manomeetri silmustoru (kuni väljub auru), veeseisunäitajad ja proovikraanid. Käivitada toiteseadmed ja kontrollida nende töötamist.

Äärikute ja luukide polte on lubatud täiendavalt pingutada ainult hariliku mutrivõtmega ja katlamaja eest vastutava isiku juuresolekul, seejuures:

a) kateldel töörõhuga üle 6 atü rõhuni katlas kuni 3 atü;

b) kateldel töörõhuga kuni 6 atü rõhuni katlas mitte üle 50% töörõhust. Kõrgema rõhu puhul on tihendite täiendav pingutamine keelatud.

4) Sissekütmisel kontrollida, kas vee temperatuur ökonomaiseris ei tõuse, mis võib olla põhjustatud gaasikäigu klappide ebatihedusest või ebaõigest asendist.

5) Katla ühendamisel üldise aurutorustikuga peab rõhk katlas olema võrdne üldise aurutorustiku rõhuga või sellest pisut madalam.

Enne katla ühendamist magistraaliga kontrollida toiteseadmete töötamist ja vähendada põlemist koldes, et rõhk katlas tõuseks aeglasemalt. Läbi puhuda veeklaasid, mille järel kontrollida veeseisu katlas.

6) Katel ühendada magistraaliga auruventiili (siibri) avamisega auruülekuumendi ja magistraali vahel; ventiil tuleb avada pikkamööda ja ettevaatlikult.

Torustik enne soojendada ja läbi puhuda (vt. p. 113).

Kui katla lülitamisel aurumagistraali tekivad aurutorustikus tõuked või hüdraulilised löögid, tuleb auru laskmine torustikku viivitamatult lõpetada, vähendada põlemist koldes ja suurendada aurutorustiku läbipuhumist.

Koos rõhu tõusuga katlas tuleb vastavalt vähendada ka auruülekuumendi läbipuhumist ning see täielikult lõpetada pärast katla ühendamist aurutorustikuga.

7) Pärast seda, kui algab auru võtmine katlast, lülitada gaasikäiku toitevee-ökonomaiser, milleks avada alguses gaasikäigu klapid ja seejärel sulgeda möödakäigu klapid; vastupidine järjekord võib põhjustada leegi väljapaiskumist koldest. Mitte väljalülitatava ökonomaiseri puhul tuleb lahutada selle alumised kollektorid katla veeruumist. Õhueelsoojendi lülitatakse gaasikäiku, kui väljuvate suitsugaaside temperatuur on tõusnud üle 180° C. Lülitamine peab olema tingimata teostatud enne, kui suitsugaaside temperatuur on tõusnud üle 350° C.

8) Pärast katla ühendamist aurutorustikuga tuleb veelkordselt kontrollida veeseisu katlas, katla üldist seisukorda, armatuuri ja kõiki abiseadmeid.

Katla sissekütmise algus ja katla töösse lülitamise aeg tuleb sisse kanda vahetuseraamatusse.

110. KATLA JÄRELEVALVE TÖÖTAMISEL

Kütja ülesandeks katla töötamisel on:

a) kindlustada igal koormusastmel vastava auruhulga saamist nõutud parameetritega (rõhk, temperatuur);

b) tagada katelseadme kindel, ohutu ja avariita töötamine;

c) ökonoomse koldeprotsessi juhtimine ja katla järelevalve;

d) puhtuse ja korra hoidmine katlamajas.

Auru rõhk tuleb hoida pidevalt manomeetri punasel joonel. Manomeetri osuti peab liikuma rõhu muutusel kergesti. Tuleb jälgida, et lubatud piirrõhu ületamisel suuruse võrra, mis on märgitud katla teenindamise juhendites, avaneksid kaitseklapid.

Rõhu l a n g e m i s e l katla koormuse suurenemise tõttu tuleb suurendada kütuse- ja õhuhulka ning resti käiku (käsitsi liigutatava resti puhul resti liigutamise sagedust).

Rõhu t õ u s m i s e l vähendada kütuse- ja õhuhulka ning resti käiku ja toita katelt intensiivsemalt.

Ülekuumendatud auru temperatuuri t õ u s m i s e l üle normaalse juhtida osa suitsugaase ülekuumendist mööda (möödakäigu olemasolul) või vähendada suitsugaaside temperatuuri ülekuumendi ees. Selleks puhuda tahmast puhtaks katlatorud esimeses gaasikäigus, samuti ekraanitorud, ülekuumendi aga jätta puhumata; vähendada võimalust mööda liigõhutegurit (s. t. tõsta CO_2 sisaldust suitsugaasides); vähendada katla koormust; piirata niiske auru võtmist tööstusse.

Ülekuumenduse temperatuuri l a n g e m i s e l puhuda tahmast puhtaks ülekuumendi ja võimaluse korral suurendada katla koormust ning niiske auru võtmist tööstusse.

V a l v e k ü t j a on kohustatud:

1) Hoidma veetaset katlas pidevalt normaalkõrgusel (kõikumine mitte üle 20 mm üles ja alla), milleks katelt toita ühtlaselt. Veetaseme t õ u s m i s e l üle normaalse tuleb valvekütjal:

a) jõuda selgusele, kas katla koormus pole vähenenud;

b) sulgeda täielikult või osaliselt katla toitmine;

c) kui põhjus pole selge, teatada sellest vahetuse ülemale või katlamaja eest vastutavale isikule.

Veetaseme l a n g e m i s e l:

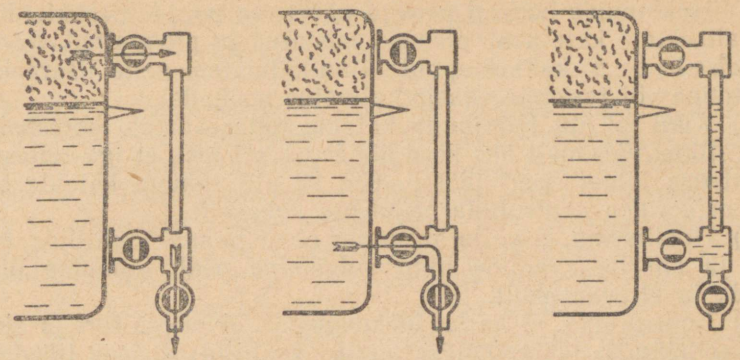
a) jõuda selgusele, kas katla koormus pole suurenenud;

b) läbi puhuda veeklaasid;

c) kontrollida rõhku toitetorustikus; puuduliku rõhu puhul lülitada töösse lisatoitepump;

d) kui toitmine toimub automaadiga, lülitada katel ümber käsitsi toitmisele.

2) Hoolitsema ja nõudma, et veeseisunäitajad oleksid hästi valgustatud ja töökorras. Veeseisunäitaja klaas peab olema puhas seest- ja väljastpoolt ning veetase klaasis hästi nähtav (vesi peab klaasis pisut kõikuma).



Joon. 278. Veeklaaside läbipuhumise skeem.

3) Veeklaasid kateldel töörõhuga kuni 22 atü läbi puhuma vähemalt üks kord vahetuses; kateldel töörõhuga üle 22 atü vastavalt erijuhistele. Veeklaaside kraane (ventiile) avada ja sulgeda (joon. 278) p i k k a m ö ö d a:

a) avada läbipuhumiskraan;

b) sulgeda veekraan (puhutakse läbi auruosa ja klaas);

c) avada veekraan ja sulgeda aurukraan (puhutakse läbi veeosa). Vastupidises järjekorras avamisel võib tekkida tugev veelöök, mille tagajärjel klaas võib puruneda;

d) avada aurukraan ja sulgeda läbipuhumiskraan. Veetase klaasis peab läbipuhumiskraani sulgemisel tõusma kiiresti; aeglane tõus näitab ummistust, mis tuleb kõrvaldada kraani ja toruosa läbitorkimisega.

4) Kontrollima kateldel töörõhuga kuni 22 atü kord vahetuses (töörõhuga üle 22 atü erijuhiste kohaselt) manomeetrit, milleks viimane ühendada pikkamööda atmosfääriga. Seejuures peab osuti langema nullile. Manomeetrisse auru laskmine pole lubatud, et manomeetri mehhanism ei kuumeneks ega rikneks.

5) Kontrollima proovikraane. Seejuures alumisest kraanist peab väljuma vesi, ülemisest aur ja keskmisest auru-vee segu.

6) Kontrollima läbipuhumise teel (klappide kergitamisega) kaitseklappide korrasolekut järgmise sagedusega: kateldel (auruülekuumenditel, ökonomaiseritel) töörõhuga kuni 22 atü puhuda iga kaitseklapp läbi vähemalt üks kord ööpäevas; kateldel töörõhuga 22—60 atü kaitseklapid järjekorras läbi puhuda, vähemalt üks klapp ööpäevas; üle 60 atü rõhuga kateldel — mitte harvem kui katla 1000 töötunni järel.

Üle 22 atü rõhuga katelde, auruülekuumendite ja ökonomaiserite kaitseklappide töötamist tuleb kontrollida vahetuse eest vastutava isiku juuresolekul ja kontrollimise tulemused kanda sisse vahetuseraamatusse.

Kaitseklappide hoovad peavad pöörlema poltidel vabalt. Kontrollkaitseklapi kate peab olema lukustatud ja plommitud. Rangelt on keelatud kaitseklappide kinnikiilumine, neile lisaraskuste asetamine või raskuste edasinihutamine hoobadel.

7) Kuni 22 atü töörõhuga katelde toiteseadmete korrasolekut kontrollima vähemalt üks kord ööpäevas sel teel, et iga toiteseade lülitatakse lühiajaliselt töösse. Üle 22 atü rõhuga katelde toiteseadmeid tuleb kontrollida erijuhiste kohaselt.

8) Hoolitsema, et katla armatuur oleks puhas. Ventiilide, kraanide ja siibrite avamine ning sulgemine peab toimuma pikkamööda ja ettevaatlikult.

9) Kontrollima, et katla, ülekuumendi, ökonomaiseri ja ekraanide kollektorite läbipuhumiskraanid (ventiilid) oleksid tihedad ja korralikult suletud (torud kraani taga peavad olema jahedad).

10) Jälgima, et ekraanide kollektorite luugid oleksid tihedad (puuduks auramine).

11) Jälgima, kas müüritises pole kuulda ebaloomulikku müra, mis vihjab katlatorude lekkimisele.

12) Kontrollima kütuse tagavara punkrites ja kütuse korralikku juurdevoolu punkritest. Ummistused kõrvaldada.

13) Jälgima pidevalt põlemist koldes ja resti töötamist: kihi süttimist, kihipinna paakumist, kihi korralikku läbipõlemist (tuhapunkrisse peab varisema läbipõlenud tuhk) ja koldeseinte ning katlatorude räbustumist.

14) Jälgima tuhapunkrite täitumist. Hoolitsema, et tuhk eemaldataks punkritest õigeaegselt.

15) Pidevalt jälgima katla mõõteriistade näitusid ja märkima need katlamaja päevikusse kindlaksmääratud ajavahemike järel.

16) Mitte lubama kõrvaliste isikute tulekut katlamajja. Viimased võivad tulla katlamajja ainult administratsiooni loal ja katlamaja eest vastutava isiku saatel.

Katla töötamise ajal on keelatud teha surve all oleva seadme juures mingeid remonttöid, näiteks temmida õmblusi, keevitada, paigutada kohale luuke jne. Nimetatud tööde tegemiseks tuleb seade või seadmeosa vabastada rõhu alt.

On keelatud jätta katelt järelevalveta kas või lühikeseks ajaks, kui koldes on tuli ja rõhk katlas pole langenud atmosfäärirõhuni, välja arvatud katlad, millel puudub tellismüüritis ja kus rõhu täielik alandamine kuni atmosfäärirõhuni pole kohustuslik (kui katlamaja uksed lukustatakse).

Teenindav personal on kohustatud märkima vahetuseraamatusse kõik vahetuse ajal märgitud puudused ja nõudma nende kõrvaldamist esimesel võimalusel.

111. ÖKONOMAISERI, ÕHUEELSOOJENDI JA ÜLEKUUMENDI HOOLDAMINE

1) Kontrollida armatuuri töötamist, jälgida mõõteriistade näitusid ja müüritise, garnituuri ning ökonomaiseri osade seisukorda.

2) Perioodiliselt, kindlaks määratud aja järel märkida suitsugaaside ja toitevee temperatuurid ökonomaiseri ees ja taga.

3) Ökonomaiserit toita ainult veega, mis on soojendatud temperatuurini, mille juures ei teki higistamisnähtusi (vt. p. 52).

4) Ökonomaiserit tuleb toita pidevalt, sest katkestatud toitmisel võib ökonomaiseris olev vesi üle kuumeneda ja hakata keema (vt. p. 52). Ökonomaiserist väljuva vee temperatuur peab olema ligikaudu 30—50° madalam vee temperatuurist katlas. Temperatuuri tõusmisel üle nimetatud määra tuleb juhtida osa suitsugaase ökonomaiserist mööda.

5) Ökonomaiserist väljuva vee temperatuuri langemisel selgitada selle põhjus, milleks võib olla möödakäigu siibrite (klappide) ebatihedus, ökonomaiseri torude kattumine lendtuhaga, katlakivi tekkimine või suitsugaaside temperatuuri langemine ökonomaiseri lekkimisest.

6) Märkida regulaarselt ööpäevaraamatusse suitsugaaside ja õhu temperatuurid õhueelsoojendi ees ja taga. Mitte lubada väljuvate suitsugaaside temperatuuri langemist madalamale ekspluatatsioonijuhistes ettenähtud määrast.

7) Kontrollida ülekuumendi garnituuri korrasolekut, kõrvaldada väärõhu sissepääsud; jälgida ülekuumendatud auru temperatuuri, mitte lubada selle kõikumist üle ettenähtud määra; kontrollida ülekuumendi kollektorite läbipuhumisventiilide, samuti kaitseklappide tihedust; kontrollida, kas ei esine kollektori luukide auramist ja müüritises müra (torude lõhkemisest või valtsimiskohtade lekkimisest) ning kas leek ei ulatu ülekuumendi torude vahele.

112. ÕHU- JA TÕMBEVENTILAATORITE HOOLDAMINE

Enne käivitamist:

1) Kontrollida õlitaset laagrites. Peale pikemaajalist töötamist laagrid lahti võtta, pesta petrooleumiga, uuesti kokku monteerida ja täita õliga.

2) Kontrollida õlitusrõnga õiget asetumist võllil ja tema pöörlemise kergust.

3) Kontrollida ventilaatorite tsentreerimise õigsust elektrimootorite suhtes ja veenduda rootorite käsitsi pööramise teel sissesööbimise puudumises.

4) Kontrollida laagrite vesijahutuse korrasolekut.

5) Kontrollida elektriosa ja asetada reostaat nullasendisse.

K ä i v i t a m i s e l:

6) Kontrollida, et ventilaatorite õhuklapid oleksid suletud.

7) Lülitada sisse elektrimootor ja ampermeetri näitusid jälgides suurendada järk-järgult pöörlemiskiirust. Kontrollida pöörlemissuuna õigsust ja laagrite õlitusrõngaste pöörlemist.

8) Juhtumitel, kui ventilaatorite pöörlemissuund pole õige, ventilaatorites esineb tugev vibreerimine, on sööbinud sisse õlitusrõngad, on kuulda ventilaatoris ebanormaalset müra või tekib laagrite kuumenemine, seisata ventilaatorid ja kõrvaldada puudused.

T ö ö t a m i s e l:

9) Jälgida ampermeetrite näitusid ja mitte lubada elektrimootorite ülekoormamist. Reguleerida ventilaatorite tootlikkust ja rõhku vastavalt katla koormusele.

10) Jälgida laagrite jahutusvee-süsteemi töötamist ja õlitusrõngaste vaba liikumist, mitte lubades õli kuumenemist laagrites üle 75° C. Perioodiliselt lasta laagritest välja osa õli ja asendada see värske õliga. Vähemalt üks kord kahe kuu tagant (uute laagrite puhul sagedamini) vahetada õli täielikult ja avada laagrid järelevaatuseks, puhastamiseks või remondiks. Kontrollida kuullaagrite seisukorda.

11) Jälgida, et ei esineks rootorite vibreerimist, kõrvalist müra, lööke või muid ebanormaalseid nähtusi ventilaatorite töötamisel.

S e i s k a m i s e l:

12) Lülitada välja elektrimootor, sulgeda ventilaatorite klapid ja katkestada laagrite jahutusvee juurdevool. Seismajäämine peab toimuma pikkamööda; kiirel seismajäämisel selgitada selle põhjus. Seiskamisel pikemaks ajaks lasta laagritest välja õli ja määrida laagriosad solidooliga nende roostetamise vältimiseks.

113. AURUTORUSTIKU HOOLDAMINE

Enne katla lülitamist magistraali tuleb soojendada katla ja magistraali vaheline aurutorustik ning magistraal. Selleks avatakse torustiku läbipuhumisventiilid (-kraanid) ning kondenspottide möödaviigud. Seejärel avatakse vähesel määral katla auruventiil või siibri puhul viimase baipass. Kui aurutorustikul on mitu ventiili, soojendatakse torustik osade kaupa, alustades katla poolt. Pärast torustiku küllaldast soojenemist suletakse kondenspottide möödaviigud, soojendatakse kondenspotid, lastakse neist välja õhk ja avatakse pikkamööda ventiilid või siibrid täielikult (suletakse baipassid). Ventiilide või siibrite käsirattad pööratakse veidi tagasi spindli vigastuste vältimiseks.

Aurutorustiku hoolikas soojendamine ja temast pikkamööda vee väljalaskmine on vajalik veelöökide vältimiseks, mis põhjustavad torustiku avariisid.

Aurutorustiku väljalülitamisel tuleb veidi aega pärast ventiilide ja siibrite sulgemist neid käsiratastest veel peale keerata, sest spindlid jahtumisel lühenevad, mistõttu tihenduspinnad eemalduvad ja tekib auru läbilaskmine.

Aurutorustiku, armatuuri, kondenspottide, kompensaatorite jt. õiget töötamist, samuti äärikute ja tugede seisukorda tuleb perioodiliselt kontrollida vastutava isiku poolt ja teha ülevaatuse tulemuste kohta sissekanne vastavasse raamatusse. Äärikute, ventiilide ja siibrite ebatihedused tuleb võimalikult kohe kõrvaldada, et vältida suurt aurukadu, mis ulatub 1 mm² ebatiheda pinna kohta rõhu puhul 10 atü ligikaudu 8 kg-ni tunnis. Veel suurem on kadu kuuma vee torustiku ebatiheduste kaudu, mis ulatub 1 mm² ebatiheda pinna kohta rõhu puhul 10 atü 145 kg-ni tunnis.

114. TAHMA PUHUMINE KÜTTEPINDADELT

Katla töötamisel kattuvad tema küttepinnad lendtuha ja tahmaga, mis halvendab soojusülekannet. Ühtlasi ummistuvad ka torude vahed, mistõttu peab suurendama tõmmet ning kulutama järelikult rohkem energiat.

Küttepindade mustumise tunnuseks on:

1) heitgaaside temperatuuri tõus;

2) tõmbe vähenemine tingituna gaasikäikude ristlõike vähenemisest ja takistuse suurenemisest;

3) katla jõudluse vähenemine soojusülekande halvenemise tõttu;

4) ülekuumendatud auru temperatuuri tõus kolde ekraanitorude räbustumisest ja katla torude tugevast mustumisest esimeses gaasikäigus. Võib esineda ka ülekuumendatud auru temperatuuri langus tingituna ülekuumendi räbustumisest, millega kaasub suur tõmbekadu;

5) toitevee temperatuuri langemine ökonomaiseri taga ja õhu temperatuuri langemine õhueelsoojendi taga.

Töötava katla küttepindade puhastamine toimub neilt tahma mahaharjamisega (suitsutorukatlad) ja -puhumisega.

Tahmapuhumisel tuleb suurendada tõmmet koldes (5—7 mm vs). Puhumist alustatakse ekraanidest; seejärel puhutakse esimene gaasikäik, minnakse järk-järgult edasi tahapoole ja lõpetatakse ökonomaiseri ning õhueelsoojendiga. Enne puhutakse puhtaks küttepinnad mõlemalt katla küljelt ühes gaasikäigus ja seejärel asutakse järgmise käigu puhumisele. Puhumise sagedus sõltub kütuse liigist ja kolde teenindamise korralikkusest. Eesti NSV põlevkivi kasutamisel tuleb tahma puhuda vähemalt üks kord vahetuses. Mitme aparaadiga üheaegne puhumine pole lubatav, sest auru rõhk aparaadi ees langeb ja puhumise efekt väheneb.

Tahmapuhumise ajal koldesse vaatamine on keelatud.

Hoolikas tahmapuhumine annab 2—2,5% kütuse säästu.

115. KATLA LÄBIPUHUMINE

Katlaid puhutakse läbi perioodiliselt või pidevalt. Perioodilise läbipuhumisega eemaldatakse katlasse sadestunud muda. Peale mudatrumlite (veetorukateldes) puhutakse läbi ka ekraanide kollektorid. Läbipuhumise sagedus määratakse katlamaja administratsiooni poolt ja see sõltub toitevee headusest ning katla koormusest.

Perioodilist läbipuhumist teostatakse väikestel koormustel või vähe aega pärast katla seiskamist ja väljalülitamist aurutorustikust, kui muda on jõudnud sadestuda. Läbipuhumist pärast katla seiskamist ei tohi jätta liiga hiljaks (mitte üle 4 tunni), kuna sadestunud muda muutub tihedaks ega eemaldu puhumisega.

Enne läbipuhumist proovitakse läbipuhumisventiili või -kraani käigu kergust ja soojendatakse läbipuhumistoru, pöörates pikkamööda ja ettevaatlikult käega käsirattast või kraanipidemest. Raskelt liikuvate kraanide ja ventiilide avamine võtmete, torujätkude, samuti löökide abil pole lubatud. Kraanide liiga tihedal liikumisel anda pisut järele tihenduspuksi. Läbipuhumine mitte korras läbipuhumisarmatuuri puhul on keelatud.

Läbipuhumisventiilid (-kraanid) tuleb avada järjekorras: esimesena teine ventiil, arvates katla poolt, seejärel esimene. Kui läbipuhumisventiilid asetsevad vahetult üksteise järel, lubatakse ka vastupidist avamise järjekorda.

Enne läbipuhumisele asumist tuleb kontrollida toiteseadmete ja veeseisunäitajate korrasolekut ja veenduda, et mittetöötavate katelde läbipuhumistorud on eraldatud ühisest magistraalist pimeäärikutega, et läbipuhumisel väljuv vesi ei saaks põletada katlas töötavaid inimesi. Enne läbipuhumist tõstetakse veetase katlas ligikaudu $^3/_4$ klaasini ja antakse veidi aega muda settimiseks. Läbipuhumine lõpetatakse, kui veetase on langenud normaalkõrguseni. Veelöökide ja vibratsiooni tekkimisel tuleb läbipuhumine kohe lõpetada.

Pärast läbipuhumist tuleb kontrollida, kas läbipuhumisventiilid sulguvad tihedasti (toruosa tagapool ventiile peab olema jahe). Kui läbipuhumistorud suubuvad ühisesse magistraali ja neil puuduvad tagasilöögiklapid, tuleb katlaid läbi puhuda ükshaaval.

Kirjeldatud viisil läbipuhumisel eemaldatakse katlast peamiselt muda, mis asub läbipuhumisava ümbruses; kaugemal asuv muda jääb liikumatuks. Seepärast kasutatakse ka teist viisi: avatakse ventiilid lühikeseks ajaks, kuid mitu korda. Läbipuhumise vaheaegadel kattuvad läbipuhumisavad mudaga ja kokkuvõttes eemaldatakse sel viisil suurem hulk muda vähema sooja vee kao juures. Häid tulemusi leegi- ja suitsutorukatelde läbipuhumisel annab piki trumli seina katlasse aukudega varustatud toru asetamine, mis on ühendatud läbipuhumisavaga.

Otstarbekas on muda katlast eemaldada termosifoonseadme abil (vt. p. 20), mille juures sooja vee kadu on minimaalne.

Perioodiline katla läbipuhumine on lubatud ainult katlamaja eest vastutava isiku juuresolekul.

Toitevee keemilisel puhastamisel suureneb katla töötamisel katlavee leelisus ja soolsus. Leelisus põhjustab katlavee vahutamist ja selle kandumist koos lisanditega aurutorustikku. Selle vältimiseks kasutatakse katla pidevat läbipuhumist, millega eemaldatakse katlast pidevalt osa vett ja vähendatakse sellega katlavee soolsust ning leelisust. Vesi puhutakse välja võimalikult aurutuspeegli lähedalt, kus soolsus on kõige suurem. Läbipuhutava vee soojust kasutatakse toitevee eelsoojendamiseks. Pideva läbipuhumise režiim määratakse laboratoorselt katlavee keemilise analüüsiga.

116. TUHAÄRASTAMINE

Väikestes ja keskmistes seadmetes eemaldatakse tuhk ja räbu katlamajast vagonettidega. Suurtes seadmetes, kus kasutatavad kütusehulgad on suured, kasutatakse mehhaniseeritud tuhaärastamist, mille mitmesugustest süsteemidest (mehaaniline, pneumaatiline, hüdrauliline, kombineeritud) on NSV Liidus enam levinud hüdrauliline tuhaärastamine.

Väikestes seadmetes tõmmatakse tuhk ja räbu koldest ja tuharuumist katlamaja põrandale, kus ta valatakse veega üle, tõstetakse vagonetti või kärusse ja eemaldatakse katlamajast. Seejuures satub katlaruumi palju tolmu, gaase ning veeauru, mis koos kuuma räbu kõrge temperatuuriga ja põletamisohuga räbu kustutamisel moodustab ebahügieenilise olukorra. Töötingimuste parandamiseks võib räbu kustutamisel avada koldeukse, et tekkivad gaasid ja aurud voolaksid koldesse, kuid see rikub ajutiselt põlemisprotsessi ja suurendab soojuskadusid heitgaasidega. Põletushaavade vältimiseks tuleb räbu kustutamisel kasutada ainult otsikuga varustatud voolikut ja seista seejuures võimalikult kaugemal.

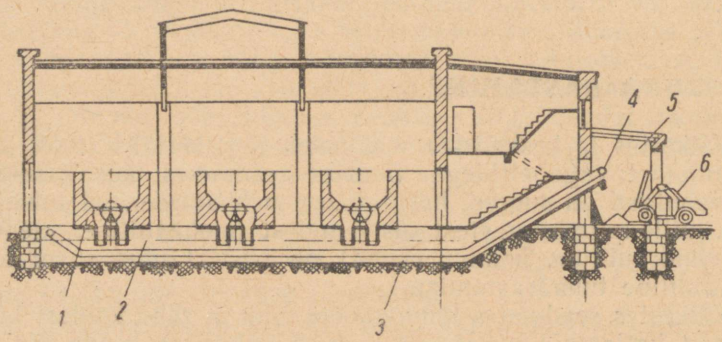
Kollete tuhapunkrid peavad olema varustatud sulguritega ja liigutamismehhanismiga viimaste avamiseks ning sulgemiseks eemalt.

Punkreid tühjendatakse kindlaksmääratud ajavahemike järel. Enne tuhapunkri luugi avamist tuleb vähendada õhupuhumist tsoonidesse ja suurendada tõmmet koldes 8—10 mm-ni vs. Tuha väljalaskmisel tuleb punkrisulgur avada pikkamööda ja järk-järgult, et vältida põletushaavu tuhas olevate kütuseosakeste põlema plahvatamisest tuha järsul väljalaskmisel. Põleva räbu ning tuha väljaviimine pole lubatud; vagonetti sattunud põlev tuhk tuleb vooliku abil veega kustutada. Enne vagoneti täitmist tuhaga tuleb veenduda, et sinna pole jäänud vett.

Vagonett tuleb hoolikalt lukustada, et vältida ümberkaldumist. Tuhk ja räbu tuleb asetada maha mitte lähemale kui 0,7 m rööpast.

Mehaanilisel tuhaärastamisel eemaldatakse tuhk ja räbu katlamajast plaat- või kraaptransportööridega või rippvagonettidega. Katlamaja juurest veetakse tuhk ja räbu eemale isekallutajatega või vagonettidega.

Joonisel 279 on kujutatud kraaptransportööriga tuhaärastamise skeem. Tuhk ja räbu langeb katlaalustest punkritest veega täidetud kanalisse, kust see kraaptransportööri poolt viiakse tuhapunkrisse, mille maht on arvestatud ligikaudu ööpäevase tuhakoguse jaoks. Tuhapunkri põrandasse on ehitatud drenaaž tuha hulka jäänud vee ärajuhtimiseks. Tuhk laaditakse mehaanilise laadija abil isekallutajale või vagonetti.

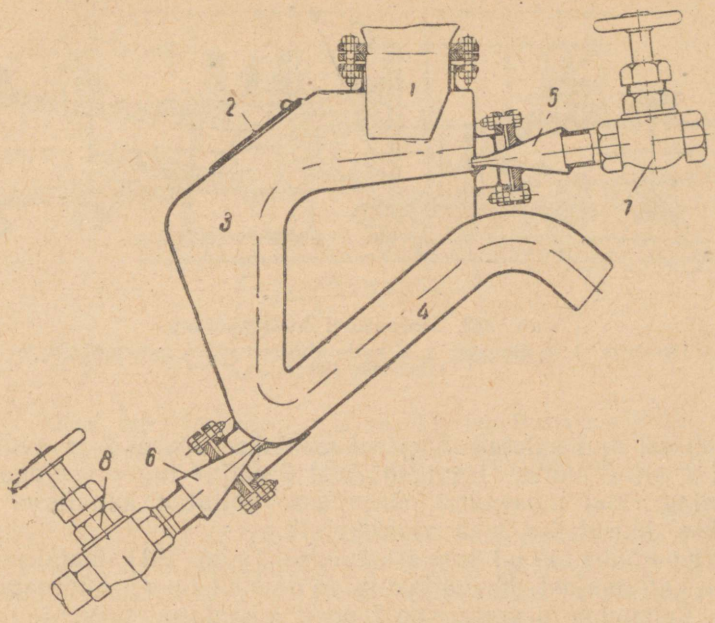


Joon. 279. Kraaptransportööriga tuhaärastamise skeem:
1 — katel; *2* — veetase; *3* — transportööri kanal; *4* — kraaptransportöör; *5* — tuhapunker; *6* — mehaaniline laadija.

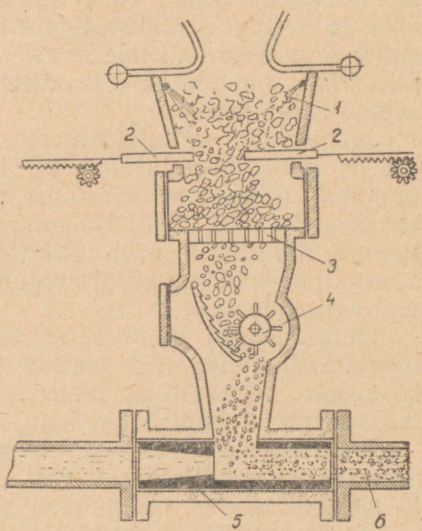
Hüdraulilised tuhaärastusseadmed jagunevad madalrõhu-, kõrgrõhu- ja kombineeritud seadmeteks.

Madalrõhulisel tuhaärastamisel uhutakse tuhk ja räbu tuhapunkritest tuhauhtumisaparaatide abil tuharuumi põrandas olevasse kanalisse, mida mööda räbu-tuha ja vee segu juhitakse tugevatesse baggerpumpadesse ning viimastest torustikku mööda tuhaväljakule. Veekulu on seejuures ligikaudu 10 korda suurem eemaldatava tuha ja räbu kaalust. Teise viisi puhul juhitakse tuha-räbu ja vee segu tuhapunkrisse, kust alla nõrgunud vesi suunatakse lähedalasuvasse veekogusse (jõkke, järve) või pumbatakse tagasi katlamajja, tuhk ja räbu eemaldatakse aga vagonettidega või isekallutajatega.

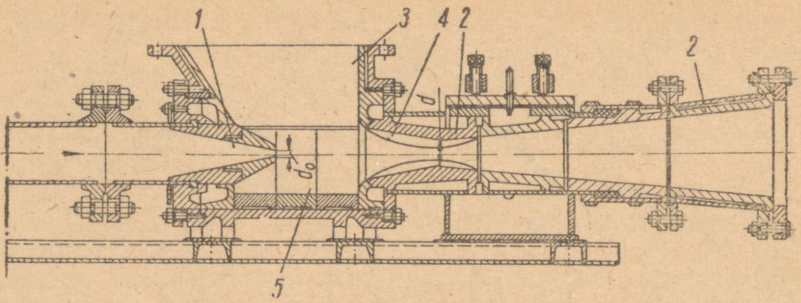
Joonisel 280 on näidatud madalrõhulisel tuhaärastamisel kasutatav tuhauhtumisaparaat. Tuhk ja räbu langevad tuhapunkrist räbupurustisse, kus suuremad räbutükid purustatakse, ja sealt tuhauhtumiskambrisse *1*, millest nad uhtumisdüüsist *5* väljuva veejoa abil kantakse edasi tuhakambrisse *3* ja vesilukku *4*; ven-



Joon. 280. Tuhauhtumisaparaat:
1 — tuhauhtumiskamber; *2* — puhastusluuk, *3* — tuhakamber; *4* — vesilukk; *5* — uhtumisdüüs; *6* — virgutusdüüs; *7, 8* — ventiilid.



Joon. 281. Hüdraulilise kõrgrõhu-tuhaärastusaparaadi skeem:
1 — räbu kustutamine; *2* — siiber tuha väljalaskmise reguleerimiseks; *3* — rest; *4* — räbupurusti; *5* — düüsaparaat; *6* — tuha ärajuhtimistoru.



Joon. 282. Moskalkovi hüdroaparaat:
1 — rõhudüüs; *2* — difuusor; *3* — vastuvõtulehter; *4* — difuusori ribi; *5* — segunemiskamber.

tiil *8* on sel ajal suletud. Seejärel suletakse ventiil *7* ja avatakse ventiil *8*, mille juures virgutusdüüsist *6* väljuv tugev veejuga viib tuha ning räbu tuharuumi põrandasse ehitatud kanalisse. Vesi juhitakse düüsidesse 3—5 at rõhu all.

Kõrgrõhulisel tuhaärastamisel (joon. 281) uhutakse tuhk ja räbu katlamajast tuhaväljakule Moskalkovi hüdroaparaatidega. Tuhapunkris veejugade *1* poolt kustutatud tuhk ning räbu langeb räbupurustisse ja sealt Moskalkovi aparaati *5*, mida läbiv veejuga viib tuha ning räbu toru *6* mööda tuhaväljakule.

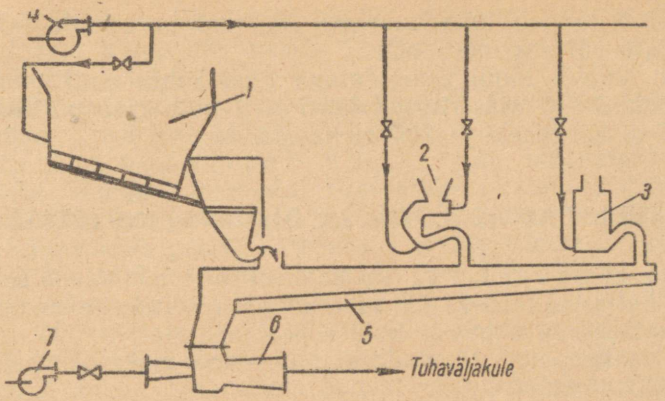
Moskalkovi hüdroaparaat (joon. 282) kujutab horisontaalset ežektorit, mille düüsi *1* juhitakse kõrgrõhupumba abil vett rõhuga 25—65 at. Düüsist *1* suure kiirusega väljuv vesi ežekteerib tuharäbu ja vee segu vastuvõtulehtrist *3* segunemiskambrisse *5*. Sealt satub segu aparaadi laienevasse ossa — difuusori *2*, milles veejoa kiirusrõhk muundatakse staatiliseks rõhuks. Viimase toimel liigub segu tuhaväljakule.

Joonisel 283 on kujutatud kombineeritud tuhaärastamise skeem, mille juures räbu punkrist *1* ning tuhk punkritest *2* ja *3* uhutakse tuharuumi põrandas olevasse kanalisse *5* veega, mis antakse 3—5 at rõhul tuhauhtumisaparaatidesse madalrõhupumbaga *4*. Kanalist *5* satub räbu-tuha ja vee segu Moskalkovi hüdroaparaati *6*, kust see kõrgrõhupumbaga *7* antava vee abil kantakse tuhaväljakule.

Hüdraulilised tuhaärastamisseadmed on suure jõudlusega ja töökindlad. Tuhka võib juhtida 1,5 km kauguse juures kuni 30 m kõrgusele. Moskalkovi hüdroaparaat võimaldab vee-tuha segu transportimist kuni 5 km kaugusele.

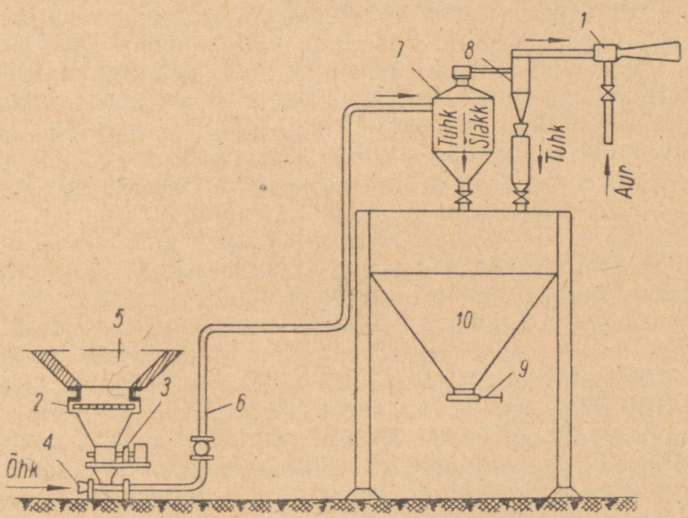
Pneumaatilist tuhaärastamist kasutatakse juhul, kui pole saadaval küllaldaselt vett, samuti aga ka siis, kui tuhk peab jääma kuivaks, et valmistada sellest sideaineid ja ehitusdetaile või kasutada väetusmaterjalina.

Auruežektoriga pneumaatilise tuhaärastamise skeem on toodud



Joon. 283. Kombineeritud hüdraulilise tuhaärastamise skeem:
1 — räbupunker; *2, 3* — tuhapunkrid; *4* — madalrõhupump; *5* — kanal; *6* — Moskalkovi hüdroaparaat; *7* — kõrgrõhupump.

joonisel 284. Räbu ja tuhk langevad koldest punkrisse *5* ja sealt pärast siibri *2* avamist purustisse *3* ning peenestatult vastuvõtuvõrele *4*. Auruežektori *1* abil tekitatud alarõhu toimel sisse imetud õhujoa poolt kistakse tuhk ja räbosakesed võre põhjalt kaasa ning viiakse toru *6* mööda tsüklonisse *7*. Viimasest väljuv õhk puhastatakse täiendavalt tuhapüüdjas *8*. Tuhk tsüklonist *7* ja tuha-



Joon. 284. Auruežektoriga pneumaatilise tuhaärastamise skeem:
1 — auruežektor; *2* — räbusiiber; *3* — purusti; *4* — võre; *5* — räbupunker; *6* — tuha-räbu survetorustik; *7* — tsüklon; *8* — tuhapüüdja; *9* — tuhasiiber või tigu; *10* — tuhapunker.

püüdjast *8* langeb tuhapunkrisse *10*, kust ta eemaldatakse isekallutajate või vagonettidega.

Auru kulu 1 tonni eemaldatava tuha kohta on 120—180 kg, auru rõhk 8—10 atü. Auruežektori abil võib transportida tuhka kuni 15 m kõrgusele ja 200 m kaugusele.

117. KATELSEADME LÜHI- JA PIKAAJALINE SEISKAMINE

Katla lühiajalisel seiskamisel tuleb hoolitseda selle eest, et rõhk katlas ei tõuseks üle lubatud piiri. Selleks tuleb:

1) katkestada aegsasti kütuse pealeandmine;

2) seisata rest ja lõpetada õhupuhumine (sulgeda õhuluugid); vähendada tõmmet;

3) tõsta veetase katlas normaalsest veidi kõrgemale;

4) sulgeda peaauruventiil;

5) lülitada gaasivoolust välja ökonomaiser ja õhueelsoojendi;

6) avada auruülekuumendi läbipuhumisventiilid;

7) jätkata veetaseme, auru rõhu ja katla ning kolde seisukorra jälgimist.

Täielikuks seiskamiseks (puhastamiseks, järelevaatuseks jm.) lõpetada koldes tuli ja puhastada kolle tuhast ning räbust. Tule kustutamine veega, samuti summutamine värske kütusega pole lubatud. Katel lasta pikkamööda jahtuda. Vee väljalaskmisega katlast võib alata, kui vee temperatuur on langenud 70—80° C-ni. Kuuma katla tühjendamine põhjustab katla osades termilisi pingeid. Seejärel ühendada katla trummel atmosfääriga, milleks avada õhukraanid, tõsta üles ühe kaitseklapi taldrik vms.

Katelt seisma jätta ja aurutorustikust eraldada, samuti ka seismajäetud katlast vett välja lasta tohib ainult pärast sellekohase korralduse saamist katlamaja eest vastutavalt isikult.

Pikemaks ajaks seismajätmisel katlad konserveeritakse, et vältida sööbimist niiskuse ja õhuhapniku mõjul.

Märjal konserveerimisel, mida kasutatakse lühemaajalisel seismajätmisel, katel puhastatakse seest- ja väljastpoolt, eraldatakse hermeetiliselt torustikest (kõigi ventiilide ja siibrite sulgemise teel) ja täidetakse lubatud madalama veeseisuni kaitselahusega, milles on: naatriumhüdroksiidi (seebikivi NaOH) — 1000 mg/l, fosforhappe anhüdriidi (P_2O_5) — 100 mg/l ja naatriumsulfiiti ($NaSO_3$) — 250 mg/l. Seejärel tehakse koldesse tuli ja tõstetakse rõhk katlas 2—3 atü-ni, mida hoitakse vähemalt 2—3 tundi. Pärast rõhu allalaskmist täidetakse katel täielikult kaitselahusega, kaasa arvatud ülekuumendi ja ökonomaiser, ning tõstetakse vedeliku rõhk katlas pumba abil 1,5—4 atü-ni, mida hoitakse sellel kõrgusel kogu konserveerimise ajal. Siibrid, luugid, pääsuavad jm. peavad olema hoolikalt suletud. Tuleb jälgida, et katla välispinnad ei niiskuks, milleks neid peab perioodiliselt kui-

vatama. Samuti on tarvilik perioodiliselt kontrollida lahuse kontsentratsiooni. Kontsentratsiooni langemisel alla 50 mg/l tuleb lisada naatriumsulfiiti.

Varem kasutatud konserveerimise viis katla veega täitmise ja selle läbikeetmise teel on vähem kindel.

Kuival konserveerimisel, mida kasutatakse katla hoidmiseks pikemal perioodil, eraldatakse katel torustikkudest pimeäärikutega ja pärast katla puhastamist ning kuivatamist asetatakse viimasesse pannid niiskust imavate ainetega: kaltsiumkloriidi (0,5 kg 1 m^3 katla mahule) või kustutamata lubjaga, mille tüki suurus on 10—30 mm (2 kg 1 m^3 katla mahule). Seejärel suletakse õhukindlalt kõik katla luugid. Perioodiliselt, vähemalt üks kord kuus, tuleb kontrollida sisepindu ja puhastada sööbimistunnustega kohad. Kulutatud reagent asendatakse uuega (harilikult iga 3 kuu tagant). Samuti tuleb kontrollida ka katla välispindade seisukorda.

118. KATLA AVARIILINE SEISKAMINE

Katelt teenindav personal peab omal algatusel seiskama katla viivitamatult juhtudel, kui:

1) rõhk katlas tõuseb üle normaalse ja jätkab tõusmist, hoolimata tõmbe ja õhupuhumise vähenemisest ning toitmise suurendamisest;

2) katlast on kadunud vesi või veetase langeb kiiresti, hoolimata pidevast toitmisest.

Juhul, kui vesi on klaasist kadunud, tuleb viivitamatult läbi puhuda veeklaas, seejärel sulgeda iga $1\frac{1}{2}$—2 minuti järel korraks aurukraan ja jälgida, kas vesi ilmub klaasis nähtavale. Kui vesi klaasis nähtavale ei tule, tuleb katel viivitamatult seisata. Katla toitmine on sel juhul kategooriliselt keelatud.

3) tööst on välja langenud kõik toiteseadmed;

4) müüritis on sisse langenud ja katlaosad paljastunud; katla seinad või katla sõrestik on kuumenenud kuni punase värvuseni.

5) tööst on välja langenud kõik veeseisu näitamise seadmed või kõik kaitseklapid;

6) on märgata katla põhiosades (trumlis, kollektoris, leegitorus, tulekarbis, torulauas, kolde seinas) pragusid, väljapaisumisi (muhke), keevisõmbluste lekkimist, torude lõhkemist või rohkem kui kahe kõrvuti asuva sidepoldi katkemist;

7) veetase klaasis on tõusnud üle veeklaasi ülemise serva ja läbipuhumisega ei õnnestu veetaset kiiresti alandada;

8) märgatakse kütuse põlemist katelagregaadi järelküttepindade gaasikäikudes või avastatakse mingeid muid katlale või teenindavale personalile ohtlikke korratusi, nagu katla tugev vibree-

rimine, aurutorustiku või armatuuri vigastused, gaaside plahvatused gaasikäikudes jms.;

9) on välja sulanud katla kontrollkork;

10) gaasirõhk põleti ees on langenud alla lubatava piiri, on katkenud täielikult gaasi või õhu juurdevool põletitesse; esinevad gaasitorustiku või selle armatuuri vigastused;

11) tulekahju tekkimisel, mis ähvardab katlaid.

Avariilisel katla seiskamisel tuleb:

1) lõpetada kütuse pealeandmine ja eemaldada koldest tuli või summutada see liiva ja tuhaga, või äärmisel juhul kustutada veega, vältides seejuures vee sattumist tulisele müüritisele ja katla seintele. Gaasiküttel töötaval katlal tuleb kiiresti sulgeda katlaeelne gaasitorustiku siiber või kraan, seejärel kõikide põletite kraanid ja avada küünal. Kogu katlamaja avariilisel seismajätmisel tuleb sulgeda gaasisiiber, mis asub katlamaja sisestusel;

2) avada koldeuksed ja suurendada tõmmet katla kiireks jahutamiseks;

3) eraldada katel aurutorustikust;

4) jätkata katla toitmist, kuni vesi klaasist pole kadunud;

5) lasta aur välja ülestõstetud kaitseklappidest või avariiventiilist, välja arvatud lk. 431 p. 3 ja 7 märgitud juhtudel;

6) teatada avariist katlamaja eest vastutavale isikule.

Katla avariilise seiskamise põhjus tuleb sisse kanda vahetuse raamatusse.

Katlamaja personal on kohustatud viivitamatult teatama administratsioonile, kui:

1) hakkavad lekkima neetõmbluste või torude valtsimiskohad;

2) tekivad muhud ja praod katla-, ekraanide, ülekuumendi või ökonomaiseri torudel;

3) ei tööta ükski manomeetritest, mis näitab aururõhku katlas;

4) esinevad katla, armatuuri või abiseadmete muud vigastused või korratused (müra, löögid jm.).

Kui katel jäetakse seisma tahma või lenduva kütuse põlemise tõttu ökonomaiseris, auruülekuumendis või gaasikäikudes, tuleb viivitamata lõpetada kütuse ja õhu andmine koldesse ning katkestada tõmme, milleks seisatakse tõmbe- ja õhuventilaatorid ning suletakse õhu- ja gaasisiibrid. Võimaluse korral tuleb gaasikäigud täita auruga ja pärast tahma põlemise lõppemist kolle ventileerida.

119. VAHETUSE ÜLEANDMINE JA VASTUVÕTMINE

Vahetust üleandev kütja on kohustatud katelseadme üle andma täiesti puhtana ja korras olevana. Vahetust vastuvõtvale kütjale tuleb teatada seadmete seisukorrast ja nende tööreţiimist, kõigist poolelijäänud või täitmata korraldustest, samuti ka vahetuse ajal

märgatud puudustest, korratustest ja vigastustest katla ning abiseadmete juures. Vahetuse vastuvõtja peab tutvuma vahetusraamatu sissekannete järgi kõigi korraldustega teenindavate katelseadmete suhtes. Vahetuse vastuvõtjal tuleb kontrollida:

1) armatuuri küllaldast valgustamist;
2) veeseisu katlas veeklaaside (läbi puhuda) ja proovikraanide abil;
3) auru rõhku katlas manomeetri järgi ja manomeetri korrasolekut;
4) kõigi kontrollmõõteriistade näitusid (aurumõõtjad, termomeetrid, tõmbe- ning survemõõtjad, suitsugaasianalüsaatorid jt.);
5) kaitseklappide korrasolekut;
6) toiteseadmete korrasolekut nende lühiajalise töösse rakendamisega (turbopumpadel erijuhiste kohaselt);
7) kõigi auru- ja veeventiilide ning kraanide korrasolekut ja asetust (avatud, poolavatud, suletud);
8) kõigi gaasi- ning õhuklappide ja siibrite käigu kergust ja asetust;
9) läbipuhumisventiilide ja kraanide tihedust (toru ventiili taga peab olema jahe);
10) kas pole pragusid, väljapaisumisi (muhke) või muid nähtavaid vigastusi katlaosadel, eriti tulega kokkupuutuvail osadel, samuti ka müüritise korrasolekut (räbustumist, pragunemist, sisselangemist);
11) tahkekütuse puhul resti ja selle liigutamismehhanismi seisukorda, tolmukütte puhul tolmuvalmistamisseadme korrasolekut, õlikütte puhul pihustite ja abiseadmete (pumbad, kompressorid, filtrid, õlieelsoojendid) korrasolekut;
12) kõigi abiseadmete (ventilaatorid jm.) korrasolekut;
13) tuha- ja läbivarisenud kütuse hulka punkrites ja restialustes tsoonides;
14) kütusehulka punkrites ja paakides (õliküttel);
15) toitevee hulka toitepaagis ja keemiliselt puhastatud vee paagis (selle olemasolul).

Peale selle tuleb jõuda selgusele:

a) kas on varuks veeseisunäitaja klaase ettenähtud arvul, puhastusmaterjale, tihendeid, määrdeõlisid jt. vajalikke materjale;
b) kas on kohal vajalikud tööriistad (kruvivõtmed, haamrid jt.);
c) millal toimus katelde viimane läbipuhumine;
d) millal toimus viimane tahmapuhumine katla, ülekuumendi, ökonomaiseri ja õhueelsoojendi küttepindadelt.

Vahetuse üleandmine ja vastuvõtmine ühes vajalike märkustega tuleb kanda vahetuseraamatusse ja kinnitada allkirjadega.

Kui katlamaja töö on jaotatud mitme isiku vahel (vanemkütja, kütja abid jt.), siis igaüks neist annab üle ja võtab vastu temale

määratud kohused, kandes vastuvõtmise tulemustest ette vanemkütjale.

Kõigi korratuste ja ebanormaalsuste eest seadmete juures, mis juhtusid vahetuse üleandja vahetuses, kuid jäid märkimata vahetuse vastuvõtmisel vahetuseraamatusse, vastutab uus vahetus.

Keelatud on vahetuse üleandmine ja vastuvõtmine avarii puhul katlamajas ja vastutavate lülitamiste ajal. Mittekorrasoleva katelseadme võib vastu võtta ainult administratsiooni loal.

120. KÜTTEPINDADE SISEMINE JA VÄLIMINE PUHASTAMINE

Küttepindade välimiseks puhastamiseks katel seisatakse, eraldatakse gaasikäigud kindlalt teiste katelde omadest ja lastakse katel jahtuda. Pärast gaasikäikude hoolikat tuulutamist avatakse viimaste pääsuavad. Ökonomaiseri ja õhueelsoojendi puhastamine katla töötamise ajal on lubatud ainult sel juhul, kui on olemas suitsugaaside möödakäik ja see on eraldatud ökonomaiseri ja õhueelsoojendi gaasikäigust tellisvaheseinaga.

Küttepindade puhastamisele võib asuda ainult katlamaja eest vastutava isiku loal pärast seda, kui ta on isiklikult veendunud töötamise ohutuses. Tõmme töötamise ajal peab olema avatud, tuhapunkrite sulgurid suletud ja vastavate liigutamisseadiste juurde asetatud hoiatusplakatid märkusega, et koldes või gaasikäikudes töötavad inimesed.

Gaasikäike peab puhastama korraga kaks töötajat, kellest üks asub avatud pääsuava lähedal ja omab sidet katlas oleva töötajaga. Kolde puhastamisel tuleb kanda eririietust, kindaid ja kaitseprille, gaasikäikudes töötamisel veel respiraatorit.

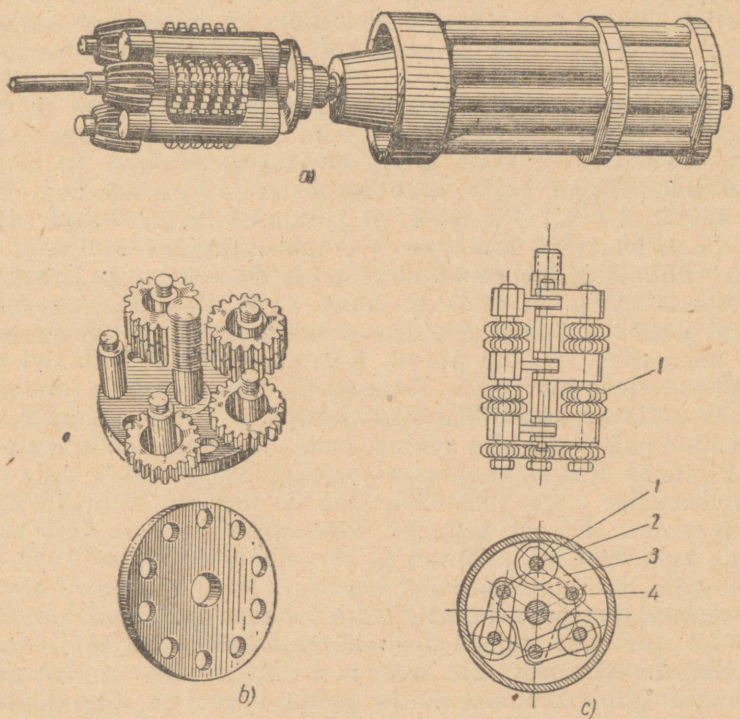
Enne koldesse ronimist tuleb veenduda, kas kolde seintel pole rippuvaid kive ja räbutükke, mis võiksid ohustada töötajat. Nende esinemisel lüüa nad uste ja luukide kaudu kangiga maha. Järgneval räbu eemaldamisel kolde seintelt ja katla torudelt tuleb silmas pidada ohutusnõudeid; mahalöömist alustada ülevalt, kasutades kõrge kolde puhul katla aurutustorudele kinnitatud lavasid. Gaasikäike tuleb puhastada suunas, mille puhul tuhk ja tahm kantakse tõmbe toimel töötajaist eemale. Kõrgetesse gaasikäikudesse minekul tuleb kasutada redelit või kindlalt kinnitatud tellinguid. Puhastamise lõpetamisel tuleb kontrollida, kas koldest ja gaasikäikudest on kõrvaldatud kõik abivahendid ja tööriistad.

Katlakivi korjumine küttepindadele tingib katla seiskamist seesmiseks puhastamiseks. Töötamise kestus kahe seiskamise vahel määratakse sõltuvalt katla töötamise režiimist ja katlakivi paksusest ning koostisest. Alla 2 t/h tootlikkusega ning ettevalmistamata veega, toorvee ja kondensaadi seguga või kationeeritud veega toidetavaid katlaid tuleb puhastada, kui katlakivi pak-

sus kuni 16 atü töörõhuga kateldel ületab 1 mm ja 16—22 atü töörõhuga kateldel — 0,5 mm.

Katla sisemist puhastamist võib alustada pärast müüritise ja katla jahtumist, vee väljalaskmist viimasest ja pärast katla ning gaasikäikude hoolikat tuulutamist. Katel tuleb tingimata eraldada teistest kateldest pimeäärikute asetamisega auru-, toite- ja läbipuhumistorustikule.

Katlakivi eemaldatakse küttepindadelt kraapide, terasharjade, käsi-, õhu- või elektriliste klopphaamritega jm. Puhastatavatele pindadele ei tohi tekitada sügavaid täkkeid, sest metalli pinna vigastamine põhjustab tema sööbimist. Erilist tähelepanu tuleb pöörata armatuuri avade puhastamisele. Katla ja ökonomaiseri torude sisemiseks puhastamiseks kasutatakse painduvale võllile kinnitatud f r e e s i pöörlevate hammasratastega (joon. 285), mis võlli pöörlemisel surutakse tsentrifugaaljõu mõjul vastu toruseina.



Joon. 285. Frees torude puhastamiseks katlakivist:
a — freesipea; *b* — liikumatutele telgedele kinnitatud hammasrattad; *c* — liikuvatele telgedele kinnitatud hammasrattad; *1* — hammasratas; *2* — liikuv telg; *3* — varras; *4* — liikumatu telg.

Frees pannakse pöörlema elektrimootoriga, mille tööpinge ei tohi olla üle 24 V.

Joonisel 285, *b* kujutatud frees koosneb hammasratastest, mis on asetatud telgedele lõtkuga, tavaliselt mitmerealiselt. Hammasrattad kinnitatakse äärikute vahele. Joonisel 285, *c* kujutatud freesi hammasrattad *1* on asetatud liikuvatele telgedele *2*, mis on varraste *3* abil šarniirselt ühendatud liikumatute telgedega *4*.

Toru seinad tuleb puhastada nii, et kõik praod ja sööbimised oleksid selgesti näha. Pärast küttepindade puhastamist tuleb katlast eemaldada muda ja pesta katel puhta veega.

Sirgete torude puhtust kontrollitakse läbivalgustamisega, painutatud torude puhtust metallkuulikese läbilaskmisega. Kuulikese läbimõõt on 0,85 toru siseläbimõõtu.

Et küttepindade mehaaniline puhastamine nõuab eriseadmeid ja on seotud suure tööjõu ning ajakuluga, siis on otstarbekam katlakivi eemaldada keemiliste vahenditega: sooda, seebikivi, trinaatriumfosfaadi, antidepooni ja teiste leeliseste ainetega, samuti soolhappega. Reaktiivi valik sõltub katlakivi koostisest ja katla konstruktsioonist. Katla keetmisel leeliste lisandamisega katlakivi kobestub ning mureneb ja keeb küttepindadelt lahti; soolhappe toimel katlakivi lahustub.

Katlakivi eemaldamiseks, kui kivi koosneb kaltsium- ja magneesiumsulfaatidest, kasutatakse soodat, kaltsium- ja magneesiumbikarbonaatidest koosneva kivi puhul aga seebikivi (naatriumhüdroksiidi). Enne katla keetmist katel seisatakse ja jahutatakse tavalisel viisil. Pärast katla jahtumist lastakse vesi katlast välja ja vahetatakse armatuur veeruumi kõrgusel ajutisega riknemise vältimiseks leelise mõjul. Katel täidetakse veega ja antakse katlasse lahusena 10—20 kg soodat või 10—15 kg seebikivi 1 tonni katlavee kohta. Seejärel tehakse koldesse tuli ja tõstetakse auru rõhk 1,5—2,0 atü-ni. Keetmine toimub katlakivi paksuse piirväärtuse juures 10—15 tundi. Keetmise ajal on soovitatav tekitada katlavee kunstlikku tsirkulatsiooni. Katla keetmisel võib ka ülemine pääsuluuk olla avatud, kuid sel juhul tuleb keeta vähemalt 24 tundi. Katlakivi suurema paksuse korral tuleb katla rõhu all läbikeetmise aega pikendada kuni 36 tunnini, sõltuvalt katlakivi paksusest. Pärast keetmise lõpetamist lastakse vesi katlas jahtuda kuni 40° C-ni, misjärel ta kõrvaldatakse katlast, avatakse pääsuluugid, tuulutatakse katel hoolikalt ja alustatakse küttepindade mehaanilist puhastamist, mitte lubades katlakivil kõveneda. Sõltuvalt keetmise tulemustest kõrvaldatakse katlakivi freesi, kraapide, terasharjade või veejoaga. Mehaanilise puhastamise lõpetamise järel uhutakse katla pindu veega ja kõrvaldatakse muda alumistest trumlitest ning kollektoritest.

Karbonaatse ja kipsilise koostisega katlakivi murendamiseks kasutatakse ka t r i n a a t r i u m f o s f a a t i, mis antakse katlasse alandatud rõhu juures lahusena, arvestusega 1,5—2 kg

trinaatriumfosfaati 1 m^3 katlavee kohta. 24-tunnise keetmise järel puhutakse katlast välja ligikaudu pool vee mahust, täidetakse katel uuesti veega ja antakse katlasse ligikaudu pool esialgsest trinaatriumfosfaadi hulgast. Seda korratakse mõned korrad, mille järel katel jahutatakse, lastakse vesi välja ja alustatakse kohe mehaanilist puhastamist. Keetmise kestuse võib määrata ka sõltuvalt katlakivi paksusest; katlakivikihi paksusel 1—3 mm — 36 tundi, 3—5 mm — 48 tundi, üle 5 mm — kuni 72 tundi.

Laevakatelde keetmiseks kasutatakse NSV Liidu veetranspordis sooda ja seebikivi kõrval edukalt erilist keemilist preparaati, antidepooni mark «Б», mida antakse katlasse lahusena, arvestusega 450—500 g preparaati 1 m^2 küttepinna kohta. Katla keetmine toimub samuti nagu sooda ja seebikivi kasutamisel.

Leelised ei anna katlakivi lõhkumisel alati häid tulemusi. Puudulikult lõhuvad nad katlakivi, mis koosneb bikarbonaatidest, kuid eriti halvasti silikaatset katlakivi. Neil juhtudel kasutatakse katlakivi kõrvaldamiseks soolhappelahust. Viimast kasutatakse ka juhtudel, kui tingituna katla konstruktsioonist puudub võimalus katlast muda eemaldamiseks pärast keetmist leelistega, nagu malmlüli-keskkütte kateldes, rõngaslülikateldes jm.

Tingituna soolhappe sööbivast mõjust metallile (terasele rohkem kui malmile), tuleb happega pesta võimalikult harva ning sedagi ainult vilunud keemiku juhtimisel. Enne happega pesemist tuleb katel hoolikalt järele vaadata ja seejärel kontrollida veesurvega madalrõhukateldel rõhuga, mis ei ületa katlainspektsiooni poolt lubatud töörõhku, kesk- ja kõrgrõhukateldel rõhuga kuni 10—15 atü. Veesurveproovil ilmnenud luukide ja äärikühenduste ebatihedused tuleb tingimata kõrvaldada, kuna vastasel korral nimetatud kohad sööbivad happega pesemisel. Valtsimiskohtade ja neetõmbluste ebatiheduste puhul happega pesemine pole lubatav.

Happe lahuse kangus valitakse antud katlakivi lahustamise proovi põhjal. Selle puudumisel võetakse lahuse kangus sõltuvalt katlakivi paksusest:

Katlakivi paksus mm:	kuni 0,5;	0,5—1,0;	1,0—1,5;	1,5—2,5;	üle 2,5
HCl kontsentratsioon %:	3	4	5	6	kuni 10

Happe kontsentratsioon üle 10% pole lubatav; lahuse kasutamine HCl sisaldusega alla 2% pole otstarbekas.

Katlakivi, mis koosneb peamiselt kaltsium- ja magneesiumkarbonaatidest, lahustub kergesti külmas soolhappelahuses. Sisaldab katlakivi peale karbonaatide veel teisi ühendeid, mis ei lahustu külmas lahuses (silikaadid, sulfaadid jt.), siis nõuab see lahuse soojendamist, soovitavalt mitte üle 70° C. Kui katlakivi ei lahustu 10%-lises happelahuses temperatuuril 70° C (katlakivi

koosneb peamiselt kaltsium- ja magneesiumsilikaatidest), tuleb lisada lahusele 21—31,5 kg naatriumfluoriidi (NaF) m^3 lahuse kohta või 18,5—25,0 kg ammooniumfluoriidi (NH_4F) sama mahu kohta.

Katla metalli kaitsmiseks soolhappe söövitava mõju eest lisatakse lahusele nn. *inhibiitorit*, s. o. ainet, mis pidurdab metalli lahustamist happe poolt, kuid samal ajal ei takista happe toimet katlakivile. Soolhape, mis valmistatakse keemiatehastes spetsiaalselt katelde puhastamiseks, sisaldab vajalikku hulka inhibiitorit (unikooli). Tavalisele happelahusele võib inhibiitorina lisada 1% tisleriliimi.

Lihtsa ehitusviisiga katlaid (leegitoru-, patareikatlad jt.) võib happega pesta lahuse sundtsirkulatsioonita; keerulisema ehitusviisiga, eriti ekraneeritud katelde puhul, samuti ka katla ja ülekuumendi või ökonomaiseri üheaegsel pesemisel tuleb tingimata tekitada pumba abil lahuse sundtsirkulatsioon.

Lahuse soojendamine vajaliku temperatuurini võib toimuda kas tule tegemisega koldesse või auru abil. Auru võib juhtida lahusepaaki enne lahuse viimist katlasse või vahetult agregaati (näiteks katla alumisse kollektorisse). Lahuse soojendamisel tule tegemisega koldesse on sundtsirkulatsioon tingimata vajalik, et vältida vedeliku kohalikku ülekuumendamist. Happega puhastamise vältel, mis toimub 8—10 tundi, tuleb perioodiliselt kontrollida lahuse happesust ja jälgida selle langemist. Täielik happesuse stabiilsus märgib protsessi lõppemist; happesuse langemine nullini näitab happe vähesust. Viimasel juhul sundtsirkulatsioonita puhastamisel korratakse protsessi uue lahusega, puhastamisel sundtsirkulatsiooniga lisatakse aga lahusele uus annus inhibeeritud hapet.

Happega pesemise lõpetamise ning happelahuse eemaldamise järel uhutakse agregaati hoolikalt veega ja *neutraliseeritakse* 1—2%-lise aluselise lahusega (seebikivi, sooda). Katel täidetakse aluselise lahusega sama tasemeni, milleni ta oli täidetud happelahusega. Lahust katlas soojendatakse ja aetakse keema kas tule tegemisega koldesse või auru juhtimisega katlasse. Neutraliseeritakse ligikaudu 10 tundi, kontrollides seejuures perioodiliselt lahuse kontsentratsiooni. Kui kontsentratsioon langeb, tuleb lisada aluselist ainet.

Auruülekuumendi puhastamine pindadele sadestunud sooladest toimub tema pesemisega kahel viisil.

1. Üldise pesemise teel, juhtides pumba abil vett ülekuumendatud auru kollektorisse ja lastes seda välja küllastunud auru kollektorist. Seejuures kasutatakse toitevett.

2. Individuaalse pesemise teel, pestes üksikult iga siugtoru. Kui pesemine toiteveega ei anna tulemusi, võib kasutada kas naatriumfosfaadi või soolhappe lahust inhibiitori lisandiga.

XX. KATLA SOOJUSBILANSS

121. SOOJUSKAOD JA KATLA KASUTEGUR

Kütuses sisalduv kogu soojus ei kandu katlas edasi veele ja aurule, vaid osa sellest läheb kaduma.

Kui tähistada soojushulki protsentides kütuse kütteväärtusest:

q_1 — soojushulk, mis kasutatakse auru tootmiseks;

q_2 — soojuskadu heitgaaside (suitsugaaside) füüsikalise soojusega, korstnakadu;

q_3 — soojuskadu mittetäielikust keemilisest põlemisest (vingugaas, põlemata vesinik jm.), keemiline kadu;

q_4 — soojuskadu mittetäielikust mehaanilisest põlemisest (restist läbivarisenud kütus, põlevosad tuhas, lendtahm), mehaaniline kadu;

q_5 — soojuskadu katla välisjahtumisest;

q_6 — jääkkaod (tuha füüsikalise soojusega, kolde paneelide ja palkide jahutusveega jm.),

siis $q_1+q_2+q_3+q_4+q_5+q_6=100\%$.

Seda avaldist nimetatakse katla *soojusbilansi* võrrandiks ja see annab ülevaate kasulikult tarbitud kütuse soojusest ning üksikutest kadudest.

Aurule üleantud soojushulga ja kütuse põlemisel vabaneva soojushulga suhet nimetatakse katla *kasuteguriks* ja tähistatakse tähega η (eeta).

Väljendades kasuteguri (protsentides) auru tootmiseks kulutatud soojuse kaudu, siis $\eta=q_1$ ja järelikult:

$$\eta=100-(q_2+q_3+q_4+q_5+q_6),$$

s. t. kasutegur võrdub 100% miinus kõikide kadude summa, väljendatud protsentides.

Suurtel mehaaniliste kolletega kateldel ulatub kasutegur 80 ja isegi 90%-ni, käsitsi teenindatavate kolletega väikestel kateldel on see 60% ümber.

Kütuse põlemisel tekib ligikaudu niisama palju suitsugaase, kui palju juhitakse koldesse põlemisõhku. *Soojuskadu heitgaaside füüsikalise soojusega* (korstnakadu) on tingitud

sellest, et katlast lahkuvate suitsugaaside temperatuur on tunduvalt kõrgem koldesse juhitud õhu temperatuurist. Soojus, mis on kulunud suitsugaaside ja õhu soojendamiseks, läheb kasutult korstnasse.

Soojuskao heitgaasidega võib määrata järgmise avaldisega:

$$q_2 = y \frac{t_{hg} - t_{\tilde{o}}}{CO_2} \%,$$

kus t_{hg} — heitgaaside temperatuur;
$t_{\tilde{o}}$ — koldesse juhitava õhu temperatuur;
CO_2 — süsihappegaasi hulk suitsugaasis protsentides;
y — tegur, mis on:

masuudil ja põlevkivi-kütteõlil	0,56
kivisõel	0,65
antratsiidil	0,72
põlevkivil	0,75
turbal, puidul	0,80.

Näide. Määrata soojuskadu heitgaasidega, kui CO_2 hulk heitgaasides on 12%, heitgaaside temperatuur $t_{hg} = 185°$, põlemisõhu temperatuur $t_{\tilde{o}} = 30°$. Kütuseks on põlevkivi.

Soojuskadu heitgaasidega

$$q_2 = 0{,}75 \frac{185 - 30}{12} = 9{,}7\%.$$

Mida suurem on liigõhutegur (mida rohkem õhku tarvitatakse 1 kg kütuse põletamiseks) ja mida kõrgem on heitgaaside (korstnagaaside) temperatuur, seda suurem on korstnakadu. Kütmisel suure liigõhuteguriga jääb madalaks CO_2 sisaldus suitsugaasides.

Korstnakadu saab vähendada, kui kütta mõõduka liigõhuteguriga ja hoida katla küttepinnad puhtad.

Liigõhutegur suureneb tunduvalt kolde ja suitsukäikude ebatiheduse tõttu.

Korras müüritise puhul ei tohi liigõhutegur katla taga ületada selle suurust koldes ülekuumendiga katlal rohkem kui 10% võrra, ülekuumendi ja ökonomaiseriga katlal rohkem kui 20% võrra ja ülekuumendi, ökonomaiseri ja õhueelsoojendiga katlal rohkem kui 30% võrra.

Soojuskadu heitgaasidega on normaalselt 8—12%.

Keemiline kadu tekib lendosade puudulikust põlemisest (vt. p. 23). Teades vingugaasi hulka suitsugaasis ja liigõhuteguri suurust, võib keemilise kao (kadu vingugaasiga on peamine) ligikaudu määrata järgmiste avaldistega:
tahkekütuste põletamisel (välja arvatud põlevkivi):

$$q_3 = 3{,}3\alpha CO\%,$$

teiste kütuste puhul:

$$q_3 = 3{,}3(\alpha - k)CO\%,$$

kus CO — vingugaasi hulk suitsugaasis protsentides,

α — liigõhutegur,
k — tegur, mis on:

põlevkivil	0,05
masuudil ja põlevkivi-kütteõlil	0,06
looduslikul gaasil	0,1

Keemiline kadu mehaanilistes kolletes ei ületa 1,5—2%; käsitsi teenindatavates kolletes ulatub see 4—8%. Keemilist kadu saab vähendada õige kütterežiimiga ja hoolika kütmisega.

Näide. Määrata keemiline kadu, kui suitsugaasis on süsihappegaasi 12% ja vingugaasi 0,5%. Kütuseks on põlevkivi, kütteväärtusega $Q_t^k = 2900$ kcal/kg. Lk. 96 leiame põlevkivile $(CO_2)_{max} = 18{,}6\%$, mille põhjal liigõhutegur

$$\alpha = \frac{(CO_2)_{max}}{CO_2} = \frac{18{,}6}{12} = 1{,}55$$

$$q_3 = 3{,}3(1{,}55 - 0{,}05) \cdot 0{,}5 = 2{,}5\%.$$

Mehaaniline kadu sõltub resti tüübist ja kütuse liigist. Kao suurus mehaanilistes kolletes ulatub 0,5—2%, käsitsi teenindatavates kolletes 4—8%. Mehaanilist kadu saab vähendada õige terajämedusega kütuse valikuga vastavalt resti tüübile ja kütuse täieliku läbipõletamisega restil.

Soojuskadu katelseadme välisjahtumisest sõltub müüritise paksusest ja temperatuurist, samuti ka katla koormusest. Mida väiksem on katel, seda suurem on suhteliselt nimetatud kadu (protsentides koldesse antavast soojushulgast): kateldel küttepinnaga kuni 100 m² ulatub see 5—8%, suurtel kateldel 0,5—2%. Koormuse suurenemisel kadu suhteliselt väheneb, koormuse vähenemisel aga suureneb.

Soojuskadu välisjahtumisest saab vähendada katlaosade hea isoleerimisega ja kolde müüritise õige paksuse valikuga (soovitatav mitte alla 2 kivi).

Katla soojusbilansi koostamiseks ja kasuteguri määramiseks viiakse läbi proovikütmine, mille juures kaalutakse tarbitud kütuse ja saadud tuha hulk; mõõdetakse sama aja vältel aurustatud vee hulk või toodetud auru hulk; loetakse kindlate ajavahemike järel aururõhk ja temperatuur, heitgaaside temperatuur, toitevee temperatuur õhueelsoojendi ees ja taga, tuhapunkrist väljalastava tuha temperatuur ja määratakse suitsugaasi koostis. Kütuseproovist määratakse kütuse niiskus, tuhasisaldus ja kütteväärtus; tuhaproovist põlevaine sisaldus.

Tähistades:

B — tarbitud kütuse hulk kg;
D — aurustatud veehulk (auruhulk) kg;
i_a — ülekuumendatud auru keskmine soojussisaldus kcal/kg;
t_v — toitevee keskmine temperatuur ökonomaiseri ees kraadides;
Q_t^k — tarbimiskütuse kütteväärtus kcal/kg, siis aurule üleantud soojushulk

$$Q_1 = D(i_{\ddot{a}} - t_v) \text{ kcal.}$$

Sama aja vältel eraldub kütuse põlemisel soojust

$$Q_2 = BQ_t^k \text{ kcal.}$$

Katla kasutegur on kasulikult veele üleantud soojushulga ja kulutatud soojushulga suhe, s. o.

$$\eta = \frac{Q_1}{Q_2} 100\% = \frac{D(i_{\ddot{a}} - t_v)}{BQ_t^k} 100\%.$$

Eespool väljendatud katla kasutegur ei arvesta katelseadme omatarvet ja seda nimetatakse bruto-kasuteguriks.

Täielikuks otsustamiseks katla töötamise üle määratakse selle neto-kasutegur, mis arvestab auru- ja energiakulu ka omatarbeks. Selleks määratakse aurukulu (koos elektrienergiakuluga ümberarvestatult aurule) omatarbele D_{ot} ja lahutatakse see üldisest aurutoodangust. Neto-kasutegur väljendub avaldisega:

$$\eta_{neto} = \frac{(D - D_{ot})(i_{\ddot{a}} - t_v)}{BQ_t^k} 100\%.$$

Kuna katelseadme omatarve on küllalt suur, tuleb seda tingimata arvestada. Näiteks kulutab aurupump katla toitmiseks ligikaudu 4% aurutoodangust, õhuventilaator 1—2%, tõmbeventilaator 3—4%.

Järgnevalt on toodud NL-restiga peenpõlevkiviküttel töötava 300 m²-se küttepinnaga katla soojusbilanss:

1. Kasulikult tarbitud soojus q_1	80,2%
2. Kadu heitgaasidega q_2	9,6%
3. Keemiline kadu q_3	1,5%
4. Mehaaniline kadu q_4	0,3%
5. Kadu välisjahtumisest q_5	2,0%
6. Jääkkaod (tuha füüsikalise soojusega jm.)	6,4%
Kokku	100,0%

Näide. 120 m²-se küttepinnaga aurukatla katsetamisel 10 tunni jooksul määrati:

aurustatud vee hulk	$D = 22\,450$ kg
tarbitud kütuse hulk	$B = 7\,800$ kg
kütuse küteväärtus (põlevkivi)	$Q_t^k = 2\,900$ kcal/kg
aururõhk katlas	$p = 12$ atü
ülekuumendatud auru temperatuur	$t_{\ddot{a}} = 340°$ C
toitevee temperatuur ökonomaiseri ees	$t_v = 60°$ C

Määrata katla kasutegur.

Veeauru tabelist leiame auru soojussisalduse: $i_{\ddot{a}} = 747$ kcal/kg.

$$\eta = \frac{22\,450 \cdot (747 - 60)}{7800 \cdot 2900} 100 = 68\%.$$

122. AURUTUSARV

Peale kasuteguri iseloomustab katla töötamist veel rida teisi näitajaid. Üheks selliseks näitajaks on aurutusarv, mis näitab 1 kg kütusega aurustatud vee hulka kg-des, s. o. suurust $\frac{D}{B}$.

Aurutusarv sõltub kütuse liigist, auru rõhust ja temperatuurist, katelseadme tüübist ja selle teenindamisest. Keskmiselt võib aurutusarvu suuruseks lugeda:

põlevkivil	2,3—3 kg/kg	kivisõel	5— 9 kg/kg
puidul	2 —3,5 „	antratsiidil	6— 9 „
turbal	2 —4 „	kütteõlil	9—13 „

Et kõrvaldada auru rõhu ning temperatuuri, samuti toitevee temperatuuri mõju aurutusarvu suurusele, väljendatakse viimane normaalauru suhtes, s. o. soojussisaldusega 640 kcal/kg toitevee temperatuuri juures 0° C. Selleks korrutatakse näivat aurutusarvu teguriga, mis võrdub 1 kg aurule katlas üleantud soojushulga ja normaalauru soojussisalduse suhtega, s. o. suhtega

$$\frac{i_ü - t_v}{640}.$$

Näiva aurutusarvu põhjal võib otsustada antud katla töötamise muutuste üle; aurutusarvu põhjal normaalauru suhtes võib otsustada erinevate katelde töötamise üle, mis kasutavad sama kütust.

Katla töötamise näitajaks on ka kütuse-erikulu, s. o. kütuse kulu toodangu ühikule — ühele tonnile aurule või ühele gigakalorile (Gcal).

123. AURU OMAHIND

Auru omahind koosneb järgmistest kuluelementidest:

1) kütuse maksumus, kaasa arvatud kütuse transport katlamajja;
2) vee maksumus;
3) elektrienergia maksumus;
4) määrdeõlide, tihendusmaterjalide jt. abimaterjalide maksumus;
5) kulutused tuhaveole;
6) teenindava personali töötasu;
7) juurdearvestus töötasule;
8) hoonete ja seadmete amortisatsioon;
9) hoonete ja seadmete kindlustus;
10) hoonete ja seadmete remont;

11) töökaitse;
12) kaudsed kulud.

Nimetatud üldkulutuste summa, jagatud toodetud auruhulgaga, annab auru omahinna. Suurima kuluelemendi moodustab selles kütuse maksumus.

Kütusekulu, seega ka auru omahind, sõltub suurel määral kütjast; halb kütmine, suur liigõhutegur, puudulik põlemine jm. põhjustab suurt kütuse ülekulu ja vastupidi — hoolikas kütmine ning katla teenindamine annavad suurt kütuse säästu.

XXI. KATELSEADME VIGASTUSED JA REMONT

124. REMONDILIIGID

Katelseadme remonti tehakse ettevõtte peainseneri poolt koostatud remondiplaani kohaselt. Tööjõukulu remontimisel oleneb peamiselt katelseadme võimsusest ja kulumise astmest.

Remondi kvaliteet kindlustatakse hoolsa ettevalmistusega, mille hulka kuulub: defektaktide ja remondigraafiku koostamine; mõõteriistade, tööriistade, varuosade, materjalide, seadeldiste ning tõsteseadmete ettevalmistamine; formularide koostamine lubatavate vahede ja tolerantside äranäitamiseks

Enne remonti valmistatakse ette ja instrueeritakse personali, lahendatakse ohutustehnilised ja tulekaitseküsimused ning valmistatakse ette rõdud ja lavad monteeritavate detailide paigutamiseks.

Plaanilise hooldusremondi eesmärgiks on kindlustada katelseadme avariita töötamine. Selle hulka kuulub:

1) katelseadme ja torustiku teenindamine koos vajaliku pisiremondiga remontide vahel;

2) perioodilised ülevaatused ja aastase remondiplaaniga määratud remont;

3) katlamaja agregaatide tehnilise seisukorra profülaktiline kontrollimine. Profülaktiliste kontrollimiste andmete alusel on teenindaval personalil võimalik õigeaegselt kindlaks määrata defektid ja korratused, teha vajalikku remonti ja seega vältida seadmete rivist väljalangemist.

Remontidevahelise jooksva teenindamise hulka kuulub õlitamine, puhastamine, regulaarne väline ülevaatus, küttepindade seisukorra kontrollimine, suitsuimeja ja ventilaatorite õlitus- ja jahutussüsteemide kontrollimine, torustiku läbipuhumine, seadmete pisiremont, väiksemate defektide kõrvaldamine, kinnituste pingutamine, piirde korrastamine.

Jooksev remont. Jooksva remondi hulka kuulub agregaadi osaline lahtivõtmine; üksikute sõlmede lahtivõtmine; kulunud detailide vahetamine ja remontimine; detailide või sõlmede ülevaatus, mõõtmine ja seisukorra määramine; esialgne defekt-

aktide koostamine; varuosade jooniste valmistamine või kontrollimine; remonditud osade ja sõlmede kontrollimine.

Olenevalt vajalike tööde iseloomust võib remonti teha kas kohapeal või remonditöökojas. Jooksvat remonti tehakse tsehhikulude arvel.

Kapitaalremont. Kapitaalremondi hulka kuulub katelagregaadi täielik lahtivõtmine; detailide või sõlmede vahetamine kas üksikult või kompleksselt; remonditud osade ja agregaadi kui terviku kontrollimine.

Enne kapitaalremonti koostatakse defektide täielik nimekiri ja valmistatakse ette vajalikud varuosad.

Kapitaalremont viiakse läbi remonditsehhi või töökoja poolt koos katelseadme ekspluatatsioonipersonaliga, kapitaalremondiks eraldatud vahendite arvel vastavalt kinnitatud eelarvele.

Avariiremont. Õigesti korraldatud hooldusremondi läbiviimissüsteem vähendab avariiremondi vajadust.

Avariiremont toimub plaaniväliselt mõne detaili ootamatul purunemisel, mille põhjuseks on enamasti ebaõige ekspluatatsioon või detaili ülekoormus.

Olenevalt mahust kuulub avariiremont kas jooksva või kapitaalremondi hulka.

Kui katelseade avarii puhul seisatakse, koostatakse avariiakt, kus näidatakse ära avarii põhjus ja selle likvideerimiseks vajalike tööde maht.

Katelseadme remontide periood määratakse olenevalt üksikosade lubatavast kulumisest ja pideva töötamise ajast.

Plaanilise remondi tähtaegade ja tööde mahu määramisel peab olema aluseks eelnevalt koostatud tööde detailne tehniline nomenklatuur.

Remonttööde tehniline nomenklatuur peab sisaldama iseloomulikke töid seadme üksikdetailide ja sõlmede remondiks ning tööde jaotamist remondiliikide järgi.

Remonttööde tehniline nomenklatuur on aluseks:

1) tehnilisele personalile — remontide plaanimisel, tööde mahu arvestamisel, eelarve koostamisel ja remondi ettevalmistustööde organiseerimisel;

2) meistritele ja brigadiridele — vajalike materjalide, tööriistade ja varuosade kindlaksmääramisel ning remondipersonali töö plaanimisel;

3) ettevõtte raamatupidamisele — remondivahendite õige arvestuse kontrollimiseks.

Remonttööde plaanimine, arvestus ja aruandlus ning remonttööde määramine peab toimuma vajalike tööde ajanormide alusel.

125. TRUMLITE JA LEEGITORUDE REMONT

Väikese võimsusega aurukatla vigastatud seinu võib remontida metalli pealesulatamisega elektrikeevituse teel, kasutades seejuures kvaliteetseid elektroode; tingimuseks on, et katlaseinad säilitaksid oma esialgsed mehaanilised omadused. Täissulatamiseks tuleb sööbinud koht välja raiuda, milleks vastasküljele asetatakse kõva alus, et sein välja ei painduks.

Ulatuslikku sööbimist luukide ääres võib täis keevitada ainult sel juhul, kui järelejäänud metalli paksus on vähemalt 50% esialgsest paksusest ja sööbimine ei ulatu luukide servast kaugemale kui 50 mm.

Kui sööbimiskohti on vähe ja need on madalad, lubatakse neid täita puhta pliiga.

Kui sööbimisest vigastatud kohta pole metalli pealesulatamisega võimalik parandada, tuleb vigastatud koht välja raiuda ja asetada lapp. Lapi paksus peab võrduma remonditava lehe paksusega.

Kolde igale seinale soovitatakse asetada mitte üle kahe lapi. Mitme väikese lapi asemel on parem asetada üks suur.

Püstkatla trumli remontimisel asetatakse paik välispinnale ilma vigastatud koha eelneva väljaraiumiseta. Paik keevitatakse või needitakse trumli külge.

Tulekarbi vigastatud seina, mis pole suurem kui 1000 cm^2, remontimisel lapiga tuleb vigastatud koht enne välja raiuda. Kui sein on vigastatud rohkem kui 1000 cm^2 ulatuses, tuleb vahetada kogu leht.

Väiksemaid sööbimisi õmbluste juures võib täis keevitada, kui sööbimine ei ulatu neetideni ega sügavamale kui 25% lehe paksusest ja pikkuselt ei ületa 500 mm. Täiskeevitamisel tuleb jälgida, et äärt selle all oleva lehega kokku ei keevitata.

Neetõmbluste servi ja needipäid ei soovitata üle keevitada.

Praod tekivad aurukatla kolderežiimi sagedase muutumise, koldeuksest külma õhu sissevoolamise, katla sissekütmisel võimaliku kiire jahtumise, kohaliku ülekuumenemise, külmaga temmimise või roostetamise tõttu tekkiva metalli seinapaksuse vähenemise tagajärjel.

Sagedamini tekivad praod õmblustes, mis puutuvad otseselt kokku koldegaasidega. Eriti ohtlikud on õmbluste pikipraod.

Pragude tekkimist torulaudades soodustab katla või suitsutorude sagedane ülevaltsimine, mida tehakse lekkimise kõrvaldamiseks, kusjuures torulauda ei puhastata katlakivist.

Katla silindrilises osas esinevaid pragusid remonditakse ainult lapiga või kinnikeevitamisega. Viimasel juhul puuritakse enne keevitamist prao otstesse plekki läbivad augud. Seejuures tuleb augud puurida astmeliselt: algul 10—12 mm puuriga $^1/_3$ lehe paksuseni, edasi 7—8 mm puuriga veel $^1/_3$ võrra edasi ja lõpuks

4—5 mm puuriga läbi pleki. Ääred raiutakse 60—70° nurga all ja pragu saetakse läbi ühest august teiseni, et saavutada keevitamiseks vajalikku 2—3 mm laiust vahet. Prao servad painutatakse pisut väljapoole, et keevisõmbluse jahtumisel kompenseeriksid jahtuva metalli survet.

Pragude kinnikeevitamisel, mis ulatuvad lehe servast kuni needini või asuvad neetide vahel, tuleb elektrikeevitamisel needid eemaldada mõlemalt poolt 50 mm ulatuses ja gaasikeevitamisel 150 mm ulatuses. Pärast neetide eemaldamist tuleb vabanenud aukudesse asetada poldid, et lehti endises asendis hoida.

Kuni 150 mm pikkusi pragusid keevitatakse täis ühe korraga, pikemaid pragusid aga olenevalt prao pikkusest osade kaupa mitmel korral.

Torulaudades esinevaid ringpragusid kinni keevitada ei lubata. Sel juhul tuleb torulaud asendada uuega.

Radiaalpragusid võib torulaudades kinni keevitada, kui praod ei ulatu leegitoru painutatud servast kaugemale ja pragusid kogu torulauas on kuni kolm.

Kui leegitorus tekivad praod metalli halva kvaliteedi või väljapaisumiste ebaõnnestunud tasandamise tõttu, tuleb leegitoru asendada uuega.

V ä l j a p a i s u m i s i, mis tekivad katlaseina õhenemise tõttu, remonditakse ainult lapiga või lehe vahetamisega. Kui needitud aurukatla seina allesjäänud paksus on 70% esialgsest või keevitatud katlal 85% algpaksusest, ja väljapaisumine pole suur, võib kasutada õgvendamist.

Leegitorude lülid, mille väljapaisumine on kuni 1,5% toru läbimõõdust, võivad tugevdatud järelevalvel ajutiselt edasi töötada. Võimaluse korral tuleb väljapaisunud koht isoleerida kuumadest gaasidest.

Kui väljapaisumise raadius ületab 1,5% toru läbimõõdust, siis võib kasutada õgvendamist.

Selleks kuumutatakse väljapaisunud koht tühjal aurukatlal punakasvalge helenduseni ja õgvendatakse seejärel tungrauaga. Kui õgvendamisel ei saavutata esialgset siledat kuju, vaid jäävad lained, tuleb see koht välja lõigata ja asetada lapp või asendada kogu lüli uuega.

Torulauad, mis on välja paisunud paksuse vähenemise tõttu üle 30%, tuleb asendada uutega.

Väiksematel väljapaisumistel võib kasutada õgvendamist, kuid seejärel tuleb kontrollida torulauda, et selgitada, kas pole tekkinud pragusid.

126. KATLATORUDE JA ÜLEKUUMENDI REMONT

Katlatorude sagedasteks vigastusteks on praod otstes, sööbimine, kulumine, paindumine ja muhud; suitsutorudel poordide mahapõlemine kolde poolt ja sööbimine suitsukarbi poolt.

Lekkimise põhjuseks on torude ebaõige kinnitamine, toruavade ovaalsus, torude ebaühtlane pikenemine, katla täitmine külma veega, samuti aga toruotste jahutamine külma õhuga, kui koldeuks kauaks lahti jääb. Lekkimist on kerge märgata katlakivi järgi toru läheduses.

Toruotste ülevaltsimine ei kõrvalda lekkimist kauaks. Peale selle vigastatakse sagedasel valtsimisel toruavasid, mistõttu tuleb torusid valtsida eriti ettevaatlikult.

Leki avastamisel tuleb toru vahetada. Uute ja vanade torude soojuslik pikenemine pole ühtlane. See põhjustab omakorda ühenduskohtade ebatihedust ja lekkimist. Selle vältimiseks tuleb kõik vanad torud katlakivist puhastada.

Lekkivad torud võetakse välja ja vaadatakse üle. Kõlbulikuks tunnistatud torudele keevitatakse tükid otsa. Seejuures peab metall keevituskohas olema täiesti puhas ja toruotsad lõigatud täisnurga all. Külgekeevitatud otsad asetatakse tasasel plaadil tihedalt vastu toru ja haaratakse kergelt kolmest küljest kinni ning keevitatakse kokku, hoidudes ülepõletamisest.

Torujätk peab asuma sirges osas, mitte ligemal kui 50 mm trumlist (kollektorist) või kõveruse algusest.

Toruavade ovaalsust torulauas lubatakse mitte üle 0,5 mm. Suurema ovaalsusega toruavad parandatakse saabriga (reibaliga) või puuritakse üle, kusjuures vahe kahe naabertoru vahel ei tohi väheneda üle 5%.

Enne toru kohaleasetamist valtsimiseks tuleb toruotsad ja -avad puhastada kuni metalse läikeni. Avasse asetatud katlatoru ots peab ulatuma veeruumi 5—7 mm pikkuselt, suitsutoru aga tule poole ligikaudu 5 mm, et moodustada vajalikku poordi, ja suitsukarbi poole kuni 40 mm. Veetorude üleulatuse andmed on toodud tabelis 65.

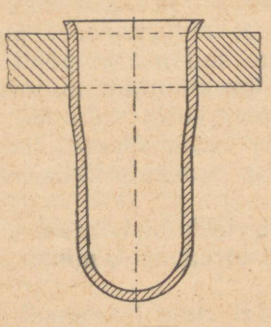
Suitsutorud asetatakse sisse suitsukarbi poolt ja kinnitatakse alguses koldepoolses torulauas. Valtsimist alustatakse torulaua keskelt ja jätkatakse ringikujuliselt.

Tiheda valtsimiskoha saamiseks peab toruava ja toru välispinna vaheline pilu olema 0,2—0,5 mm. Suurema pilu korral tuleb toruotsad kuumalt avardada ja seejärel järgi lasta.

Toru ei tule väga tugevasti valtsida, kuna metall kaotab sel juhul elastsuse. Samuti ei tohi valtsimisel toruavasid ega puhastatud toruotsi määrida õli või petrooleumiga, kuna õlikiht takistab tiheda liite saamist.

Pärast suitsutorude kinnitamist torulauda tehakse toru kolde-

poolsesse otsa 3 mm kõrgune poord. Viimast kontrollitakse šabloniga, kuna sellest oleneb poordi tööiga.



Joon. 286. Toruavade ummistamine torulaudades.

Kui tekib vajadus sulgeda veetorukatla trumli toruavasid, kasutatakse selleks vastavaid umbseid torusid (joon. 286).

Kõrge temperatuuri piirkonnas asetsevad umbsed toruotsad tuleb katta tsemendikihiga. Kihi paksus peab otsal olema 60—70 mm, silindrilisel osal aga selline, mida võimaldab vaba ruum. Tsemendikihi paremaks püsimiseks valmistatakse vastav armatuur 3—4 mm traadist.

127. ÖKONOMAISERI REMONT

Enne remonti tuleb veesurveproovi ja välise ülevaatusega kindlaks teha ökonomaiseri defektid. Veesurveproov tehakse koos kogu katelagregaadiga katla töörõhul pärast agregaadi välist puhastamist.

Malmist ribiökonomaiseri remont. Nendel ökonomaiseritel esineb sageli lekkimist ribitorude kinnitusäärikute vahelt, kus ebatihedused tekivad tihendi või ääriku kulumise tagajärjel. Äärikute defekte saab kõrvaldada nende ületreimisega. Ribitorude ühendamiseks ökonomaiseri kambriga kasutatakse 2 mm paksusi paraniittihendeid, mis enne kohaleasetamist kastetakse kuuma vette ja hõõrutakse grafiidiga üle.

Ribitoru lõhkemisel tuleb see asendada uuega või süsteemist välja lülitada. Kui vigastatud ribitoru asub ökonomaiseri keskel või alaosas, siis on selle vahetamine töömahukas toiming, kuna selleks tuleb peaaegu kõik pealasuvad torud ja põlved lahti võtta. Seepärast kasutatakse sellisel juhul sageli järgmist remondiviisi. Vigastatud malmtorusse asetatakse terastoru, mille otsad poorditakse. Poordidele asetatakse 3—4 mm paksune paraniittihend. Ribitorude monteerimisel tuleb nelinurksete äärikute soontesse asetada asbestnöör.

Terasökonomaiseri remont. Enne remonti tehtaval ülevaatusel tuleb hoolikalt kontrollida torude seisukorda valtsimis-

kohtade läheduses ja keevitatud jätkukohti. Kontrollida tuleb ka torude läbimõõtu (vastava šablooniga), et selgitada lendtuha poolt tekitatud kulumist (seda näitab ka torude välispinna läige) või torude väljapaisumist; seisukorda tahmapuhumise piirkonnas (tahmapuhuri pead peavad katla töötamisel asuma torude vahe keskkohas) ja luukide tihenduspindu.

Enne kollektori luukide lahtivõtmist tuleb viimased õlivärvi või kärniga ära märkida ja spindliotsa tärpentiga niisutada. Kui mutrid hästi lahti ei tule, tuleb neid leeklambi või gaasileegiga pisut soojendada. Seejärel võib mutreid normaalvõtmega lahti keerata. Võtme õla pikendamiseks on keelatud kasutada toru.

Kui mutrid on lahti keeratud, siis võetakse klamber maha ja kerge löögiga spindli otsale lükatakse luuk kollektorisse.

Luukide avamise järel tuleb vanad tihendid luukide tihenduspindadelt kohe maha võtta, et need kinni ei kuivaks. Tihendi külgekuivanud osa eemaldamiseks leotatakse neid 1—2 tundi kuuma veega.

Luugid ja nende tihenduspinnad tuleb puhastada kuni metalse läikeni, milleks kasutatakse vastavaid vahendeid. Tuleb arvestada, et väikesed täkked või õnarused tihenduspindadel võivad hiljem põhjustada vigastusi või avariisid. Seepärast tuleb need treimise või lihvimisega kõrvaldada. Selle võrdlemisi töömahuka operatsiooni läbiviimiseks kasutatakse spetsiaalseid abinõusid ja mehhanisme. Pärast tihenduspindade töötlemist tuleb need kontrollšamblooni ja värviga üle kontrollida. Luugiavade tagune pind vaadatakse üle käsilambi ja peegliga.

Enne luukide kohaleasetamist tuleb spindli keeret niisutada petrooleumiga, kontrollida, et mutter liiguks kergelt ja määrida spindlit vee ja grafiidi taignataolise seguga.

Kui on vigastatud üksikud siugtorude paketid, tuleb need jooksva remondi ajal välja lõigata ja nende asemele panna otsetorud. Kui see mingil põhjusel pole võimalik, lubatakse siugtoru täielikult eemaldada ja ava sulgeda pimeäärikuga. Järgmise kapitaalremondi ajal tuleb kõik ajutised otsetorud ja pimeäärikud asendada uute siugtorudega. Toru sisepinna seisukorra selgitamiseks lõigatakse enne ökonomaiseri kapitaalremonti igast siugtorust välja kaks 100 mm pikkust kontrolltükki. Tükid lõigatakse välja kohtadest, mis rohkem kuluvad, korrodeeruvad või kus tekib rohkem katlakivi. Üks proovitükk lõigatakse välja siugtoru alumisest, teine ülemisest otsast.

128. TORUSTIKU REMONT

Äärikühendused võetakse lahti kahe operatsiooniga: algul lastakse kõiki mutreid järele $^1/_8$ täispöörde võrra diametraalse vastuseisu järjekorras; edasi võib mutreid maha keerata mistahes

viisil. Äärikute kokkupanek toimub vastupidises järjekorras. Diametraalselt vastuseisvad mutrid tuleb kinni keerata tavalise võtmega. Seejärel lubatakse kasutada vastavat hooba. Kuid haamriga võtme sabale löömine on keelatud.

Kui ääriku vahel kasutatakse pehmet tihendit, pingutatakse mutreid ristikujuliselt ja ühtlaselt, metalltihendi korral aga ringi mööda. Lõplikuks pingutuseks tuleb mutrid ülaltähendatud viisil kolm-neli korda üle pingutada.

Äärikud peavad pärast pingutamist olema vastastikku täiesti paralleelsed. Lubatavad tolerantsid äärikute mitteparalleelsuse (äärikutevahelise pilu suurema ja väiksema mõõtme vahel) kohta on toodud tabelis 63.

Tabel 63

Äärikute lubatav mitteparalleelsus

Toru siseläbimõõt mm	Ebaparalleelsuse lubatav tolerants mm (auru töörõhul atü)		
	Kuni 16	16—30	üle 60
Kuni 80	0,2	0,1	0,05
Üle 80	0,3	0,1	0,05

Kui äärikud asetsevad viltu, tuleb see kõrvaldada torude painutamisega nende sirges osas. Seda tehakse kuumalt toru kolmekordse läbimõõdu ulatuses. Kuumutamiseks kasutatakse gaasipõletit. Toru kuumutatakse sealtpoolt, kuhu poole tahetakse teda painutada. Töö viiakse läbi meistri järelevalvel.

Kui tihendi vahetamiseks on tarvis äärikuid laiali suruda, ei tule selleks kasutada meislit või kiilu, vaid spetsiaalseadeldist, mis minimaalselt kahjustab tihenduspindu.

Torustiku remontimisel tuleb jälgida tugede ja riputite seisukorda.

129. ARMATUURI REMONT

Katelseadme ekspluateerimisel kulub armatuur hõõrdumise tõttu avamisel ja sulgemisel ning toite- ja katlavees sisalduvate soolade mõjul. Seetõttu tuleb armatuuri aeg-ajalt remontida, et kindlustada selle korrasolekut.

Manomeeter tuleb remondiks ja kontrollimiseks anda Standardite, Mõõtude ja Mõõteriistade Komitee spetsiaalsesse töökotta.

Veeklaasi remontimisel vaadatakse klaas üle, puhastatakse ja määritakse kraanid.

Vee või auru läbilaskmine likvideeritakse kraanide soveldamisega, tihendite ja klaasi vahetamisega.

Veeklaas tuleb kinnitada otse, vältides ühepoolset survet, mis võib klaasi purustada. Kui vahetamiseks puudub vastava numbri klaas, tuleb paigaldada uus alus vastavalt olemasolevale klaasile.

Inžektor tuleb tervenisti puhastada katlakivist. Selleks asetatakse inžektor 10% soolhappelahusesse. Happe neutraliseerimiseks kasutatakse nõrka leelist, puhastamiseks puitlaaste. Seejärel tuleb inžektor pesta ja hoolikalt üle vaadata. Nõelventiili koonilise ots tuleb üle soveldada ja sobitada pesaga.

Pärast kokkupanekut tuleb kontrollida inžektori tootlikkust, klappide tihedust ja töötamist 40—45° C ettesoojendatud veega. Hästi remonditud inžektoril peab 4—5 at rõhul olema nominaaltootlikkus (näiteks inžektoril nr. 5 — kuni 38 l/min).

Kaitseklapp tuleb lahti võtta, puhastada ja hoolikalt üle vaadata. Kulunud osad tuleb remontida või vahetada. Kokkupanekul tuleb jälgida, et klapp liiguks hülsis otse.

Armatuuri soveldamine. Soveldamisele määratud detailid tuleb puhastada katlakivist, tagist ja kõrvaldada teravad servad. Soveldamisega saavutatakse siledus kuni 0,05 mm.

Esialgseks puhastamiseks kasutatakse smirgelriiet, sametviili või kaabitsat. Korrosioonilaigud soovitatakse soveldatud pindadelt kõrvaldada kroomoksiidiga. Selleks segatakse kroomoksiid puhtas õlis kuni hapukoore paksuseni. Saadud massi kastetakse puhas vilditükk, millega hõõrutakse laike kuni nende täieliku kadumiseni.

Ventiilide ja kaitseklappide pronks- või vask-nikkelpesad soveldatakse tavaliselt lihvimispulbriga otse taldrikul. Siibrite otsene soveldamine pole aga alati võimalik, sel juhul tuleb kumbki tihenduspind eraldi soveldada.

Soveldamise täpsust kontrollitakse värvikihiga (berliini sinine), millega töödeldud pind õhukeselt kaetakse. Seejärel asetatakse värvitud pind teisele puhtale pinnale. Kui värvilaigud jäävad puhtale pinnale ühtlaselt, võib soveldamisega rahule jääda.

Peale selle näitab armatuuri soveldamise täpsust veesurveproov.

Armatuuri ülesseadmine ja torustikkude ühendamine. Enne armatuuri ülesseadmist ja tihendite vaheleasetamist tuleb kontrollida ühenduskoha pindu. Need peavad olema tasased ja paralleelsed. Viltusi pindu ei saa paksu tihendi puhul poltidega korralikult kinni tõmmata. Tihend muutub sel juhul kiiresti kõlbmatuks. Tihenduspinnad peavad olema vana tihendi jäänustest korralikult puhastatud.

Tuleb kasutada võimalikult õhukesi tihendeid (sobiv 1—2 mm). Paks tihend puruneb vee või auru rõhul kiiresti. Suurtel luukidel ja äärikutel kasutatakse ka 4—5 mm paksusi tihendeid.

Sageli lahtivõetavate luukide ja äärikute tihendid kaetakse enne kohaleasetamist mõlemalt poolt kuiva grafiidiga. Värvi või rauamenniku kasutamine pole soovitatav, kuna see põhjustab tihendi külgekleepumist.

Tihend tuleb välja lõigata ääriku järgi ja paigaldada kontsentriliselt.

Tihendi ava ei tohi olla väike, mis takistaks vee või auru läbivoolu.

Pärast katla käikulaskmist tuleb uusi tihendeid kontrollida mitme päeva jooksul. Avastatud väike lekkimine tuleb kohe likvideerida, et vältida tihendi purunemist, mis võib põhjustada avarii.

130. KATELAGREGAADI REMONDIST VASTUVÕTMINE

Katelagregaat võetakse kapitaalremondist vastu üldreeglina üksiksõlmede kaupa vastavalt nende valmimisele. Remonditud sõlmede üleandmine-vastuvõtmine toimub katelagregaadi kapitaalremondi käigus (vormistatakse vastavate aktidega).

Sõlmede kaupa võetakse vastu järgmised katelagregaadi osad: katla küttepind, auruülekuumendi, ökonomaiser, õhueelsoojendi, trumlid, kollektorid, trumlite siseseadmed, koldeseadmed (põletid, pihustid, restid jne.), garnituur, tahmapuhurid, aurutorustik, veetorustik, õlitorustik, armatuur, müüritis, soojusisolatsioon, tõmbeseadmed (suitsuimeja, ventilaatorid), tuhapüüdjad, tuhaeemaldajad (katla piirkonnas), kütuseveeckid, toitjad, automaatkaalud, separaatorid ja tuhatsüklonid, siibrid ja tolmu- või gaasitorustikud, kontrollmõõteriistad ja automaatikaseadmed.

Pöörlevaid masinaid (suitsuimeja, ventilaator, veski jms.) tuleb pärast ülevaatust ka töötamisel proovida.

Kõikide remonditud sõlmede kohta koostatakse vajalikud formularid kontrollmõõtmiste kohta, mis kirjutatakse alla remondi ja ekspluatatsiooni eest vastutavate isikute poolt.

Pärast kõikide üksiksõlmede ja mehhanismide vastuvõtmist võetakse esialgselt kogu katelagregaat vastu külmas olekus. Selle vastuvõtmise eesmärgiks on kontrollida, kas kõik tööde nimekirjades märgitud tööd on tehtud. Vastuvõtukomisjoni esimeheks on peainsener. Komisjon vaatab katelagregaadi üle, kontrollib kõiki mehhanisme, üksiksõlmede vastuvõtuakte ja annab remondile esialgse hinnangu. Kui defekte ei esine ja veesurveproov on tehtud, annab komisjon loa katla sissekütmiseks.

Pärast katelagregaadi esialgset vastuvõtmist külmas olekus kontrollitakse selle tööd koormusel 24 tunni jooksul. Seejuures tuleb jälgida, et ei esineks auramist, väärõhu sissevoolu, äärikute ebatihedust, müra ega mõõteriistade valenäitusid.

Kui ülalnimetatud defekte ei esine, võetakse katel ekspluatatsiooni.

Lõplik hinnang katelagregaadi kapitaalremondile antakse pärast selle kuuajalist koormusel töötamist. Selle ajaga tuleb teha kõik vajalikud mõõtmised ja ekspluatatsioonikatsed.

Katelagregaadi kapitaalremondist vastuvõtmise kohta koostab

komisjon ettenähtud vormikohase akti, millele lisatakse kõik remondiga seotud dokumendid: tööde loetelu; ekspluatatsioonilised näitajad ja nende võrdlus remondieelsetega; formularid; uute osade joonised; trumlite ja nende sisseseadmete ülevaatuse aktid jne.

Katelseadmete remontimiseks lubatavad seisuajad aastas on toodud tabelis 64.

Tabel 64

Remontimiseks lubatav katla seisuaeg päevades

	Kapitaalremont	Jooksev remont	Kogu seisuaeg aastas	Kapitaalremont	Jooksev remont	Kogu seisuaeg aastas
	Katlad aurutootlikkusega kuni 29 t/h			Katlad aurutootlikkusega 30—89 t/h		
Tolmukütte-kolletega	10—12	12—16	22—28	12—15	16—20	28—35
Mehaaniliste restidega	10—12	12—16	25—28	12—15	16—20	28—35
Õliküttekolletega	8—10	12—14	20—24	10—12	12—16	22—28
Lihtsate restidega (käsitsi teenindatavad jne.)	8—10	12—14	20—26	—	—	—

Remondi kvaliteedist sõltub suurel määral katla töötamise kindlus, ohutus ja ökonoomsus.

131. AURUKATLAOSADE VIGASTUSED

Alljärgnevalt on toodud eri süsteemi katelde juures sagedamini esinevad vigastused koos nende tõenäoliste põhjuste ja remontimise viisiga.

Vigastuse koht ja laad	Tekkimise põhjus	Remontimise viis
	A. Püstveetorukatlad	
Trumlite neetõmblused.		
1) Õmbluste lekkimine, needipea murdumine.	Neetimise vead või trumli deformatsioon tingituna ebaühtlasest kuumenemisest sissekütmisel ning mahakütmisel, katla asumisel kuumas reservis, töörežiimi muutusel jne.	Temmimine. Vigastatud neetide kõrvaldamine ja neediaukude ületöötlemine, kui need ei vasta nõudeile. Korduval lekkimisel õmbluse vigane koht uuesti neetida.

Vigastuse koht ja laad	Tekkimise põhjus	Remontimise viis
2) Praod lehtedes ja lappides, mis esialgu tekivad radiaalselt neediaukude juures, hiljem pikenevad ja läbivad pleki. Selle tagajärjel võivad tekkida kardetavad praod, mis ulatuvad ühest needist teiseni.	Trumli deformatsioon ning lehtede vahele tungiva vee ja auru agressiivne toime.	Kohalikul vigastusel: a) vigastatud koha kõrvaldamine ja lapi asetamine; b) õmbluse üleviimine lehe tervesse kohta, milleks asetada laiem lapp; praod ja augud kinni keevitada.
3) Praod neediaukude ja lehe ääre vahel; esinevad rohkem põikõmbluste juures.	Neetimine mitte kohakuti asuvate aukude puhul ja temperatuurist tingitud lisapinged.	Needistuse kõrvaldamine, pragude väljaraiumine ja kinnikeevitamine. Uus neetimine.
4) Praod toruladudes: b) toruaukude vahel;	Ülepinged metallis, termilised lisapinged ja vaheletungiva vee agressiivne mõju.	Pragude väljaraiumine ja kinnikeevitamine. Üksikute väikeste pragude kinnikeevitamine. Vigastatud koha väljaraiumine ja tüki sissekeevitamine.
b) kujuplaatide painutuskohtades.	Stantsimise vead, termilised pinged.	
5) Praod trumli seintes.	Kohalik ülekuumendus või jahutamine (näiteks juhul, kui toitevesi satub otse trumli pinnale).	Üksikute pragude väljaraiumine ja kinnikeevitamine. Vigastatud koha väljaraiumine ja tüki sissekeevitamine.
Põhjad.		
6) Praod põhja paindekohtades kere juures, mis tekivad algul veeruumi osas seespool ega ole sügavad. Hiljem võivad tungida läbi põhja.	Väike ääre painutusraadius, millest tingituna tekivad suured lisapinged. Trumli ebaühtlane kuumenemine. Vee keemiline mõju. Metalli madal kvaliteet ja halb stantsimine.	Väikeste pragude väljaraiumine ja kinnikeevitamine (ajutine abinõu). Põhja vahetamine. Vigastatud koha kõrvaldamine ja tüki sissekeevitamine (madalrõhukateldel).
7) Seinte ja põhjade sööbimine seestpoolt: a) üksikud roostepesakesed nende all asuvate sööbinud kohtadega;	Lahustunud gaaside leidumine vees (hapnik, süsihappegaas).	Sööbinud kohtade täiskeevitamine. Vigastunud koha väljaraiumine ja lapi asetamine, kui seina paksus on jäänud väiksemaks nõutavast. Madalrõhukateldel (seina paksus kuni 20 mm) ühtlasel mittesügaval sööbimisel metalli pealekeevitamine.
b) enam-vähem ühtlane pinna sööbimine.	Hapete leidumine vees.	
8) Seinte sööbimine väljastpoolt.	Müüritise niiskus; armatuuri, äärikute, luukide jne. lekkimine.	Vt. p. 7.
9) Praod trumleid ühendavates torudes, avade tugevdusrõngastes ja nende kinnitusõmblustes.	Konstruktsiooni jäikus, mis põhjustab suuri sisepingeid katla termilisel paisumisel.	Pragude kinnikeevitamine, tugevdusosade asendamine, õmbluste uuesti neetimine.

Vigastuse koht ja laad	Tekkimise põhjus	Remontimise viis
Katla- ja ekraanitorud.		
10) Rõngaspraod valtsitud ühenduskohtades, mis algavad väljastpoolt ja hiljem tungivad läbi toru seina, kuhu hakkavad kogunema soolad.	Metalli ülepingete ja vee keemilise agressiivsuse koosmõju. Ülepinged tekivad, kui katlaosadel puudub vaba paisumise võimalus.	Toruosa või kogu toru asendamine. Keevituskoht peab asuma toru sirges osas.
11) Torude väljapaisumine, muhud ja lõhkemine.	Metalli ülekuumenemine: a) veeseisu langemise, b) katlakivi, c) tsirkulatsiooni nõrgenemise, d) halva konstruktsiooni tõttu.	Toruosa või kogu toru asendamine. Väikeste väljapaisumiste tasandamine (kui toru läbimõõt ei ole suurenenud üle 10%) pärast kuumutamist gaasileegiga kuni punase värvuseni ja pehmest metallist 2—3 mm paksuse kihi pealesulatamist. Torud, mille läbimõõt on suurenenud mitte üle 4—5%, võivad töötada edasi.
12) Toru välispinna kulumine.	Tuharikas kütus. Lenduha ebaühtlane jagunemine gaasivoolus, gaaside kõrgendatud kiirus. Tahmapuhurite ebaühtlane töötamine. Praod naabertorudes, millest väljub auru ja vett.	Vigastatud osa kõrvaldamine. Kohaliku väikese kulumise puhul metalli pealekeevitamine.
13) Toru avade kulumine (ovaalsus või läbimõõdu suurenemine).	Sagedane ja liiga tugev valtsimine.	Pesade ületreimine ja rõngaste sissepanemine kateldele rõhuga kuni 22 atü. Pesade suuremal kulumisel metalli pealesulatamine ja ületreimine.
Auruülekuumendid.		
14) Praod kollektori toruavade vahel.	Liiga tugev valtsimine. Metalli kohalik ülekuumenemine auru ebaühtlase kuumenemise tõttu üksikutes siugtorudes.	Pragude kinnikeevitamine.
15) Toru väljapaisumine, muhud ja lõhkemine.	Metalli ülekuumenemine: a) torude täitumise tõttu sooladega; b) auru kõrge ülekuumenduse tõttu, mida põhjustab auru väike kiirus, ülekuumendi liiga suur pind, katla	Vigastatud torude väljalõikamine ja asendamine. Süsinikterasest torud, mille läbimõõt on suurenenud mitte üle 3,5%, võivad edasi töötada. Legeeritud terasest torude paisumist lubatakse kuni 2,5%.

Vigastuse koht ja laad	Tekkimise põhjus	Remontimise viis
	ebanormaalne töötamine (nagu liiga suur õhuhulk, ekraanide ja esimese gaasikäigu räbustumine jne.) ja auru ebaühtlane temperatuur (üksikute torude osaline ummistumine, auru ebaühtlane jagunemine torudes jne.)	
16) Toru mehaaniline kulumine.	Vt. p. 12.	Vt. p. 12.
Ökonomaiserid.		
17) Toru sööbimine seestpoolt.	Vt. p. 7.	Vigastatud toru asendamine.
18) Toru sööbimine väljastpoolt.	Väävligaaside leidumine suitsugaasides. Madal toitevee temperatuur.	Vt. p. 12.
19) Toru mehaaniline kulumine.	Vt. p. 12.	Vt. p. 12.
	B. Horisontaalveetorukatlad	
Põhjad.		
20) Praod põhja paindekohtades kere juures veeruumis.	Vt. p. 6.	Vt. p. 6.
Kambrid.		
21) Praod esikambri keevisõmblustes.	Halb keevitus. Metalli ülekuumenemine kambri alumises osas, mis kattub kiiremini katlakivi ja mudaga.	Pragude kinnikeevitamine. Tugevdusribide asetamine.
22) Praod kambri ühendustoru äärtes ja trumli ning toru neetühenduse lekkimine, praod tugevdusrõngastes.	Katla konstruktsiooni jäikus, mis ei võimalda katlatorude vaba paisumist.	Vigastatud osade asendamine, vigastatud kohtade kinnikeevitamine.
23) Kambri sidepoltide sööbimine.	Vt. p. 7.	Sidepoltide asendamine, kui nende tugevus on vähenenud alla lubatava piiri.
24) Kambri ja sektsioonikambrite välispinna sööbimine luukide läheduses.	Luukide lekkimine.	Sööbimiskohtade täiskeevitamine. Sektsioonide asendamine.

Vigastuse koht ja laad	Tekkimise põhjus	Remontimise viis
K a t l a t o r u d.		
25) Katlatorude väljapaisumine ja lõhkemine.	Vt. p. 11.	Vt. p. 11.
T r u m l i d.		
26) Trumli alumise osa väljapaisumine.	Lubamatu veeseisu langus katlas. Katlakivi ja muda sadestumine pinnale.	Väikesed väljapaisumised, mille raadius on kuni 3% trumli läbimõõdust, võivad jääda, kui metall pole vigastunud. Väljapaisumiste tasandamine või väljalõikamine ja lapi asetamine.
27) Sisepinna sööbimine.	Vt. p. 7.	Vt. p. 7.
28) Välispinna sööbimine.	Vt. p. 8.	Vt. p. 8.
M u d a t r u m l i d.		
29) Sagedane mudatrumli sisemine ja välimine tunduv sööbimine.	Vt. p. 7 ja 8.	Vt. p. 7 ja 8.
	C. Leegitorukatlad	
P õ h j a d.		
30) Praod põhja paindekohtades kere ja leegitorude, ühenduskohtade juures seespool, veeruumis.	Ülepinged äärte painutuskohtades tingituna leegitorude ja kere erinevast temperatuurist ja samaaegsest vee keemilisest mõjust. Väike painderaadius. Halb stantsimine.	Pragude kinnikeevitamine (ajutine vahend). Vigastatud koha eemaldamine ja lapi panek. Põhja asendamine.
31) Põhja välimise alumise osa sööbimine.	Koldest eemaldatava tuha ja räbu kustutamisest tingitud niiskus. Õmbluste lekkimine.	Lapi asetamine väiksematele sööbinud kohtadele. Vigastunud koha väljaraiumine ja lapi panemine.
32) Sisemine sööbimine veeruumis.	Vt. p. 7.	Vt. p. 7.
L e e g i t o r u d.		
33) Esimeste lülide väljapaisumine.	Lubamatult madalast veeseisust tingitud ülekuumenemine. Katlakivi, muda või õli kogunemine seintele.	Väljapaisumise juures raadiusega kuni 3% toru läbimõõdust võib ajutiselt edasi töötada, võimaluse korral koht isoleerida ja jälgida vigastatud kohta katla töötamisel. Suuremad väljapaisumised tasandada kuumas olekus.

Vigastuse koht ja laad	Tekkimise põhjus	Remontimise viis
		Kui see on võimatu, siis vigastatud koha väljalõikamine ja lapi panek või lüli asendamine.
34) Tagumiste lülide väljapaisumine.	Katla liiga suur kalle.	Vt. p. 33.
35) Praod lülide ühendusrõngaste äärte painutuskohtades.	Peapõhjus sama mis p. 30.	Lappide asetamine. Pragude kinnikeevitamine, kui nende pikkus on alla 20% toru ümbermõõdust.
36) Praod leegitoru seintes.	Järsk jahutamine külma õhu poolt koldeuste avamisel.	Pragude väljaraiumine, aukude puurimine prao otstesse ja kinnikeevitamine. Vigastatud koha kõrvaldamine ja lapi panemine.
Kere.		
37) Kere läbipaindumine tugede kohal.	Ebaõige tugede asetus.	Läbipaindumised raadiusega üle 100 mm õiendada.
38) Kere alumise osa väljapaisumine (3. suitsukäik).	Vaheseina purunemine 2. ja 3. suitsukäigu vahel, gaaside põlemine 3. suitsukäigus (ebaõige ekspluatatsioon).	Väikese väljapaindumisega, mille raadius on kuni 3%, võib edasi töötada, kui seina paksus pole tunduvalt vähenenud. Suurema väljapaisumise puhul vigastatud koha väljalõikamine ja lapi panemine.
39) Välisseina sööbimine.	Niiskus suitsukäikudes. Väävlirikas kütus.	Metalli pealekeevitamine, lapi panemine.
40) Siseseina sööbimine veeruumis.	Vt. p. 7.	Vt. p. 7.
Neetõmblused.		
41) Põikõmbluste lekkimine ja praod neetidest lehe ääreni peamiselt kere alumises osas.	Lisapinged tingituna kere alumise ja ülemise osa temperatuuride erinevusest, samuti ka kere ning leegitorude temperatuuride vahest. Katla ebaühtlane kuumenemine, eriti tema sissekütmisel.	Temmimine ja õmbluste üleneetimine. Pragude kinnikeevitamine. Vigastatud koha väljaraiumine ja lapi panemine.
42) Leegitorude ja põhja ühenduskohtade lekkimine.	Vt. p. 30. Ees- või allkolde puhul õmbluse piirkonna ülekuumenemine tingituna puudulikust isoleerimisest.	Õmbluste üleneetimine, kui temmimine ei kõrvalda lekkimist.

Vigastuse koht ja laad	Tekkimise põhjus	Remontimise viis
43) Ömbluse äärte kulumine.	Lekkimine. Sagedane temmimine.	Ääre kulumisel kuni 25% esialgsest laiusest võimalik pealekeevitus. Suuremal kulumisel väljaraiumine ja lapi panemine.
	D. Väikesed püstkatlad	
44) Kolde seina lehtede väljapaisumine, allkolde puhul mudarõnga läheduses.	Veeseisu lubamatu langus. Katlakivi olemasolu. Muda sadestumine katla alumises osas. Seina ülekuumenemine katla alumise osa isolatsiooni puudumise tõttu.	Vt. p. 33.
45) Valtsitud ühenduste ja katlatorude väljapaisumine, lekkimine.	Lubamatu veeseisu langus, katlakivi olemasolu.	Torude asendamine.
46) Praod koldelehtedes (tihti koldeukse läheduses).	Vt. p. 36.	Vt. p. 36.
47) Kere sööbimine väljastpoolt (eriti alumises osas ja luukide läheduses).	Tuha ja muda kogunemine katla vahetus läheduses. Luukide lekkimine.	Lapi pealeasetamine.
	E. Veduritüüpi katlad	
Kolle.		
48) Tulekarbi lae ja seinte väljapaisumine sidepoltide vahel.	Lubamatu veeseisu langus. Seinte kattumine katlakivi ja mudaga.	Õiendamine kuumas olekus.
49) Kere läheduses asuvate kolde sidepoltide katkemine.	Poltide paindumine koldelehtede ebaõige asetuse tõttu kere suhtes ja kolde seinte erinev soojenemine. Poltide sööbimine, mille tõttu väheneb nende põiklõige.	Sidepoltide asendamine. Lubatakse ajutiselt ummistada 5 katkenud sidepolti ja mitte üle 2 laes asuva ankurpoldi.
50) Kolde seintes praod, mis algavad sageli sidepoltide aukudest.	Kolde järsk jahutamine külma õhuga.	Pragude kinnikeevitamine.
51) Sidepoltide lekkimine.	Katla ebanormaalne töötamine. Järsk jahutamine, forsseerimine, kiire sissekütmine. Sidepoltide ebaõige paigutus.	Sidepoltide asendamine. On keelatud side- ja ankurpoltide temmimine tulekarbi poolt.

Vigastuse koht ja laad	Tekkimise põhjus	Remontimise viis
52) Suitsutorude valtsitud ühenduste lekkimine.	Vt. p. 51.	Täiendav valtsimine. Keevitatud torude täiendav valtsimine või temmimine on keelatud.
53) Avade kulumine torulaudades.	Sagedane torude valtsimine.	Toruavade osaline täiskeevitamine. Lokomobiilikateldel kulunud osa väljalõikamine ja uue torulaua osa sissekeevitamine.
54) Neetõmbluste äärte kulumine.	Õmbluse lekkimine.	Juurdekeevitamine.
55) Kolde väliskülje kulumine luukide läheduses.	Luukide lekkimine.	Väikeses ulatuses söövimise puhul lapi pealepanemine.

Tabel 65

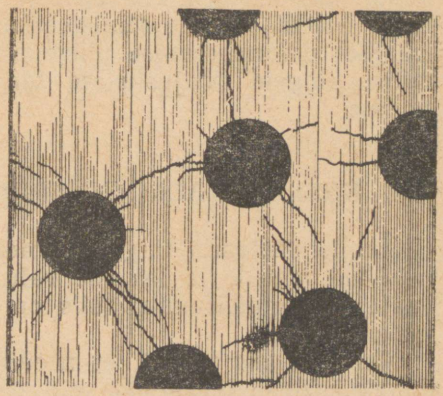
Torude valtsimisel ja painutamisel lubatavad piirväärtused

Toru välisläbimõõt mm	Maksimaalne vahe toru ja augu seina vahel mm	Valtsitud toru väljaulatuva osa pikkus mm			Painutuskohas lubatav toru ovaalsus mm			
					painutusraadiuse juures			
		normaalne	minimaalne	maksimaalne	kuni 100 mm	100—200 mm	300—500 mm	üle 500 mm
38	1,5	9	6	12	3,5	2,5	—	—
51	1,5	11	7	15	5,0	3,5	—	—
60	1,7	12	8	16	—	4,0	2,5	2,0
76	2,0	12	8	16	—	5,0	4,0	2,5
83	2,0	12	9	18	—	—	5,0	3,5
102	3,0	15	9	18	—	—	7,0	5,0

Kõikide katlatüüpide juures esinevate vigastuste eriliigi moodustavad leelisrikka katlavee toimel tekkivad praod, mis võivad põhjustada isegi katelde lõhkemisi. Toitevee keemilise ettevalmistuse ja toitevee pehmendamise puhul katlas suureneb leelise sisaldus katlavees. Pragude tekkimise ja sööbimise seisukohast on ohtlik liigne seebikivi (NaOH) sisaldus vees. Sooda (Na_2CO_3) ei mõju metallile kahjulikult, kuid kõrge temperatuuri juures ta laguneb ja annab seebikivi:

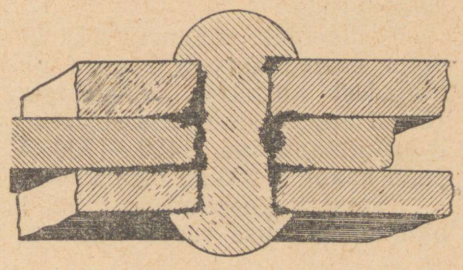
$$Na_2CO_3 + H_2O = 2NaOH + CO_2.$$

Keemilisel vee pehmendamisel tekkiv naatriumsulfaat (Na_2SO_4) kaitseb teataval määral metalli pragude tekkimise vastu. Fosfaadi (Na_3PO_4) kasutamine vee pehmendamiseks nõuab erilise tähelepanu osutamist pragude tekkimise võimalusele, kuna fosfaat ei kaitse metalli.



Joon. 287. Praod katlakere neetõmbluses.

Praod tekivad peamiselt neetõmblustes (joon. 287) ja valtsitud ühenduskohtades. Neetõmbluses jääb needi ja neediaugu vahele alati väike vahe, kuhu tungib katlavesi. Vee auramisel täitub õmbluse vahe pidevalt uue veega, millega suureneb leelise (NaOH) kontsentratsioon õmbluse vahel. Selle tagajärjel nõrgeneb side metalli kristallide vahel, metall muutub rabedaks (leelis-rabedus) ja praguneb. Ränihappe (SiO_2) sisaldus katlavees kiirendab tunduvalt pragude tekkimist. Pragude tekkimise seisukohalt on keevitatud õmblused paremad. Katlavee agressiivne mõju on eriti intensiivne kohtades, kus metallis esinevad mehaanilised või termilised ülepinged. Vigastatud ja ebatiheda koha nähtavaks tunnuseks on nn. soolaseenekeste tekkimine (joon. 288). Vigastuste vältimiseks tuleb hoiduda mehaanilistest ja termilistest ülepingetest metallis, mida põhjustab



Joon. 288. Soolade kogunemine needi juures.

katlaosade vaba termilise paisumise võimaluse puudumine, toitevee ebaõige juhtimine katlasse jne. Termiliste ülepingete vältimiseks kasutatakse ka ekspluatatsioonilisi abinõusid, nagu katla ekraanide alumiste kollektorite läbipuhumist katla sisselülitamisel jne. Vee pääsemist ühenduskohtade vahele tuleb takistada, milleks on tarvilik neetõmblust mõlemalt poolt hoolikalt temmida. Vee agressiivsuse vähendamiseks kasutatakse mitmesuguseid keemilisi aineid, nagu salpeetrit (KNO_3, $NaNO_3$), tanniini jt. NSV Liidu Elektrijaamade Ministeeriumi eeskirjadega on nõutav katla trumlite deformeerimise pidev jälgimine ja trumlis asuvate termilisi pingeid põhjustavate toitevee jaotusseadmete ümberehitamine.

132. KATLAMETALLI JUUSPRAGUDE AVASTAMINE

Leelisrabedusest tingitud praod esinevad kõige rohkem kokkuneeditud lehtede ja lappide vahel. Kuna need kohad on järelevaatustel ligipääsmatud, siis on pragude õigeaegne avastamine raskendatud.

On kindlaks tehtud, et needitud trumlite vigastuste algstaadiumis tekivad juuspraod, mis mõnikord esinevad ka gruppidena. Mõned neist arenevad neediaukude vahel või äärmise needirea ja lehe serva vahel järk-järgult ohtlikeks pragudeks, kuid ei ulatu seejuures sageli metalli välispinnani. Vigastamata osa paksus võib olla kõigest 2—3 mm, mis ei kindlusta trumlile vajalikku tugevust.

Neetõmbluste kontrollimisel klopitakse neete vasaraga. Kui seejuures ükski needipea ei murdu, eeldatakse tavaliselt, et õmblus on terve. Selline järeldus osutub ekslikuks, sest sageli ei murdu needipea mitte ainult nõrgalt arenenud prao korral, vaid ka siis mitte, kui pragu läbib kogu neeti.

Paremaks neetliidete kontrollimise viisiks osutub üksikute neetide väljalöömine ja nende kontrollimine. Ühtlasi kontrollitakse seejuures ka neediauke. Pragude avastamiseks lihvitakse ja peitsitakse kontrollitavaid pindu. Et aga välja saab lüüa ainult väikese arvu neete ja et pindade lihvimine halvasti juurdepääsetavates kohtades on raske, siis ei saa sellist kontrollimise viisi lugeda rahuldavaks.

Neetõmbluse magnetiliseks kontrollimiseks lüüakse õmblusest välja mõned kõrvuti asuvad needid (tavaliselt 4—5 neeti) ja tühjadest aukudest «õmmeldakse» läbi painduv elektrikaabel (ühest august sisse, teisest välja jne.), mis ühendatakse keevitustransformaatoriga. 1400—1700 A tugevuse voolu läbilaskmiseks peab kaabli ristlõige olema 95—240 mm^2.

Pärast magneetimisvoolu läbilaskmist kaetakse uuritav metallipind magnetilise suspensiooniga, mis koosneb 5—6 osast mag-

netilisest pulbrist, 2 osast seebist ja 10 osast veest. Pulbri valmistamiseks kuumutatakse kuiva rauaoksiidi (suuriku) ja petrooleumi segu taignataolist massi tiiglis, millena võib kasutada ka allakeevitatud põhjaga 50—75 mm läbimõõduga toruotsa. Tiigli tihedalt suletavas kaanes peab olema auk gaaside väljalaskmiseks. Kuumutamine toimub kas sepaääsil või suitsukäigus, kus temperatuur on 650—800° C.

Kuumutamisel ilma õhu juurdepääsuta taandub mass Fe_2O_3 mustaks pudedaks magnetiliseks rauaoksiidiks Fe_3O_4. Tiigli jahutamisel tuleb samuti jälgida, et õhk selle sisule juurde ei pääseks. Vastasel korral oksüdeerub kuum pulber uuesti ja kaotab oma magnetilised omadused.

Pragude esinemisel koguneb ülalkirjeldatud viisil valmistatud magnetiline suspensioon pragude kohal silmaga nähtavateks triipudeks, mis jäävad püsima ka pärast magneetimisvoolu katkestamist.

Samal viisil on võimalik kontrollida ka keevitatud või sepistatud trumlite toruavade seisukorda. Sel korral juhitakse magneetimisvool otse trumlisse, milleks võib kasutada toruavadesse asetatavaid korke või muid kontakte.

Magnetiline pragude avastamise viis on lihtne ja seetõttu igas katlamajas kasutatav. Seejuures tuleb aga arvestada, et sügaval metallis või trumli siseküljel asuvaid pragusid ei saa magneetimisel nähtavaks teha.

Teine moodus pragude nähtavaks tegemiseks on järgmine: uuritav pinnaosa puhastatakse metalse läikeni, kõrvaldatakse metalli pinnalt rasv ja kaetakse seejärel nn. luminofooriga, s. o. tugevalt fluorestseeruva lahusega, millena kasutatakse transformaatoriõli, lennukimootoriõli ja petrooleumi või kerge mineraalõli ja petrooleumi segu. 10—15 minuti pärast pestakse fluorestseeruv lahus tugeva veejoaga maha ja pind kuivatatakse õhujoaga. Kuivatatud pinnale puistatakse peenikest kriidi-, talgi-, magneesiumoksiidi- või magneesiumkarbonaadi puru, mis niiskub pragudesse jäänud luminofoorist. Järgneval pinna valgustamisel ultravioletikiirtega hakkavad pragude kohad helendama. Valgusallikana võib kasutada elavhõbe-kvartslampe ja nikkel- või ultraviolettfiltrit.

Selline meetod on kasutatav pragude avastamiseks ka mittemagnetilistes ainetes nagu värvilistes metallides ja austeniitklassi legeeritud terastes.

Metalli läbivalgustamine röntgeni- või gammakiirtega ei nõua õmbluse lahtivõtmist ega torude eemaldamist, kuid võimaldab kindlaks teha ainult suuremaid pragusid.

Viimasel ajal on pragude avastamiseks hakatud kasutama ultraheli, mis põhineb sellel, et materjalis leiduvad defektid takistavad 10^4 kuni 10^8 perioodi sekundis sagedusega kunstlike võngete levimist.

Kõrgsagedus-helilained levivad ühtlases metallis kindlasuunaliselt ja olulise kustumiseta, pinnalt aga peegelduvad peaaegu täielikult. See omadus võimaldab ultraheli abil kontrollida metalli ühtlust, avastada pragusid, valuvigu ja muid defekte.

Võngete tekitamiseks kasutatakse kvartskristalli või baariumnitraadi piesoelektrilist efekti. Sellise võnkeid tekitava generaatoriga ergutatakse piesoelektrilist saatjat, mis puutub uuritava metalliga kokku vedelikukihi kaudu. Vahelduva elektrivälja toimel tekkivad mehaanilised võnked läbivad metalli, satuvad uuesti vedelikukihti ja sealt piesoelektrilisse vastuvõtjasse. Vastuvõetud võnked võimendatakse ja neid jälgitakse telefoni, neoonlambi või voltmeetri abil.

Kui saatja ja vastuvõtja nihutada defekti kohale, nõrgeneb vastuvõetav signaal tunduvalt.

Katlatrumlite kontrollimise praktikas on sobivamaks osutunud tekitada ultraheli võnkeid mitte pidevalt, vaid lühikeste impulssidena, kusjuures piesoelektrikuna kasutatakse baariumtitanaadi kristalle.

Sellisel põhimõttel töötavate defektoskoopidega on võimalik kontrollida 7—15 mm paksusi trumliseinu.

Usaldusväärsete tulemuste saamiseks peab pind olema sile ja hästi puhastatud, milleks roostesöövete või mõlkide korral kasutatakse freese või 100—200 mm läbimõõduga ketassaagide pakette.

Pärast puhastamist kaetakse pind rikkalikult õliga (avtool vähese transformaatoriõli lisandiga), et tagada head akustilist kontakti.

Ultraheli meetodil on võimalik kontrollida tunduvalt rohkem neete kui mingil muul viisil. Mõõtetulemuste põhjal materjali seisukorra õigeks hindamiseks (praod, poorid või räbupesad) on aga vaja kogenud töötajat, kes tunneb hästi nii katla töötamistingimusi kui ka metalli võimalikke defekte ja vigastusi.

XXII. KATELSEADME AVARIID

133. AVARIISEISUKORD KATLAMAJAS

Avarii all mõistetakse katla mingi osa vigastust või normaalse töörežiimi katkemist, mille tagajärjel katel langeb tööst välja või väheneb tema tootlikkus. Avarii katlamajas põhjustab üksikute masinate, osakondade ja vahel ka kogu käitise seismajätmist. Seepärast on katelseadme töötamisel avariide vältimine esimeseks ja kohustuslikuks nõudeks. Statistika näitab, et peaaegu kõik avariid tekivad katlamajas juhtiva, remondi- või teenindava personali süü läbi. Avariid võivad esineda katelseadme kõikide osade juures. Avariide vältimiseks on vaja teada nende tekkimise põhjusi ning tunda põhjalikult katelseadme töötamise iseärasusi. Üks inimene ei suuda hoolimata oma tööstaaži pikkusest kunagi isiklikult läbi elada kõiki võimalikke avariisid. Seepärast tuleb iga avarii ja tema kõrvaldamiseks kasutatud abinõud personali poolt läbi arutada ning selgitada avarii tekkimise põhjused, et saada nende vältimiseks vajalikke kogemusi.

Mitmesugused katelseadme töötamisel esinevad ebanormaalsed, kuid kahjutud olukorrad, nagu veeseisu kõikumine, auru rõhu või temperatuuri tõus jne., võivad personali hooletuse tõttu kujuneda avariiks. Seepärast on nõutav, et katelseadme töötamisel esinevasse igasse korratusse suhtutaks tähelepanelikult ja võetaks tarvitusele abinõud selle viivitamatuks likvideerimiseks.

Avarii tõttu tekib katlamajas avariiseisukord, mil personal peab tegema kõik avarii kiireks likvideerimiseks. Vastavate eeskirjade nõudeid ja vanema personali korraldusi tuleb täita rahulikult, teadlikult ja distsiplineeritult. Vahetuse üleandmine lükatakse sel puhul edasi kuni normaalse töörežiimi saavutamiseni. Iga avarii ja selle likvideerimiseks kasutatud abinõud tuleb registreerida vastavas raamatus.

Katla, auruülekuumendi ja ökonomaiseri igast avariivigastusest ning nende teenindamisega seoses olevast tööõnnetusest tuleb käitise administratsioonil viivitamata teatada katlainspektsioonile.

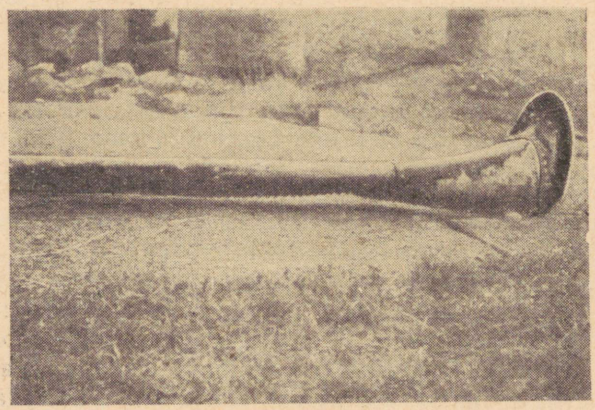
Väiksematest vigastustest teatatakse katlainspektsioonile perioodiliselt, mitte harvemini kui kord kuus.

Alljärgnevalt on kirjeldatud katlamajas esinevaid raskemaid avariisid ja on toodud nende tundemärgid ning peamised põhjused.

134. VEESEISU LANGUS JA TÕUS

Katla veeseisu pideval langemisel tuleb kontrollida rõhku toiteliinis, suurendada toitmist ning üle vaadata katla ja ökonomaiseri väljalaskearmatuur. Kui veeseis jätkab langemist, tuleb vähendada katla koormust ja kütuse andmist koldesse. Kütja tegevus veeseisu langemisel on toodud katla teenindamise peatükis (vt. p. 117).

Veeseisu langemisel ähvardab katelt kuivaksjäämine ja lõhkemine, mis on kõige kardetavam juhtum. Joonisel 289 on näidatud veeseisu alanemise tõttu sisselangenud leegitoru. Katla kuivaksjäämise vältimiseks tuleb katla toiteseadmete ja veeseisunäitajate korrasolekule osutada kõige suuremat tähelepanu. Katla



Joon. 289. Veeseisu alanemise tõttu sisselangenud leegitoru.

mõlema veeklaasi ummistumisel või purunemisel võib lühemat aega edasi töötada, kontrollides veetaset proovikraanide abil. Viimaste puudumisel tuleb katel seisma jätta.

Veeseisu järsul tõusmisel katlas, mis esineb katla hooletul toitmisel, eriti katla koormuse vähenemisel, tuleb vähendada või isegi katkestada toitmine. Kui katel on varustatud ökonomaiseriga, tuleb viimane välja lülitada ja juhtida gaasid möödakäiku. Veeseisu tõusmise jätkumisel tuleb avada auru-

torustiku ja katla läbipuhumisventiilid. Kui vesi täidab klaasi täielikult ja aurutorustikus kuulduvad löögid, tuleb avariiseisukorrast teatada masinamajja ja summutada tuli koldes. Selleks tuleb kihispõlemise puhul katkestada õhupuhumine, vähendada tõmmet ja lõpetada kütuse andmine koldesse, õlikütte puhul välja lülitada pihustid, tolmukütte puhul välja lülitada tolmu etteandjad ja šahtveskiga kollete puhul katkestada kütuse andmine veskisse. Samal ajal tuleb tugevdada katla ja aurutorustiku läbipuhumist ja jälgida vett klaasis.

Katlavee vahutamisel täidab vesi mõnikord kiiresti klaasi, millega kaasub ülekuumendatud auru temperatuuri langus, katla aururuumiga ühenduses oleva armatuuri auramine ja löögid aurutorustikus. Säärasel korral tuleb viivitamatult vähendada katla koormust, vähendada vee ja kütuse andmist ja avada perioodiline läbipuhumine või suurendada pidevat läbipuhumist.

Vee vahutamist põhjustab halb katlavesi.

135. TORUDE VIGASTUSED

Katla- ja ekraanitorude vigastuste põhjuseks on:

a) katlakivi olemasolu torudes;

b) torude ummistumine kõrvaliste esemetega, mis on sisse jäänud montaažil või remondi ajal;

c) katlasse uute torude asetamine, mis pole pärast painutamist hoolikalt puhastatud liivast;

d) müüritise osade või räbupankade langemine torudele;

e) torude kulumine korratult töötavate või valesti asetatud tahmapuhurite aurujoa toimel;

f) ebaõige katla sissekütmine ja toitmine, mis põhjustab termiliste lisapingete tekkimist valtsitud ühenduskohtades;

g) torude materjali või valmistamise defektid.

Torude vigastuste tunnusteks on:

a) katla veeseisu langus;

b) aurujoa poolt põhjustatud müra koldes või gaasikäikudes;

c) gaaside väljalöök luukidest, vaateavadest ja müüritise ebatihedatest kohtadest;

d) liiga suur veekulu katla toitmisel.

Katla- ja ekraanitorude vigastumisel tuleb talitada samuti kui katla veeseisu lubamatul langemisel.

Ökonomaiseri torude vigastuste tunnusteks on:

a) katla veeseisu langus;

b) liiga suur veekulu katla toitmisel;

c) müra ökonomaiseri piirkonnas;

d) vee või auru väljatungimine ökonomaiseri müüritise ebatihedatest kohtadest ja ökonomaiseri-alusest punkrist.

Vigastatud ökonomaiser tuleb gaasivoolust välja lülitada,

juhtida toitevesi otse katlasse, vesi ökonomaiserist välja lasta ja avada ökonomaiseri kaitseklapp.

Kui puudub gaaside möödakäik, kuid hoolimata ökonomaiseri lekkimisest on võimalik hoida normaalset veeseisu katlas, võib jätkata töötamist kuni koormuse üleandmiseni reservkatlale.

Auruülekuumendi torude vigastuste põhjuseks on:

a) ülekuumendi torude täitumine sooladega katlavee liigse soolade sisalduse, auru halva separatsiooni või katla ületoitmise tõttu;

b) gaaside temperatuuri liigne tõus ülekuumendi ees tingitult mittetäielikust põlemisest koldes ja gaaside järelpõlemisest ülekuumendi piirkonnas või esimese gaasikäigu torude räbustumisest;

c) katlast küllastunud auru võtmine;

d) auru ebaühtlane jagunemine siugtorudes;

e) gaaside ebaühtlane kiirus ülekuumendis.

Vigastuste tunnused on samad kui katlatorude puhul. Vigastatud torust suure kiirusega väljuv aur võib lühikese ajaga lõigata läbi naabruses asuvad siugtorud või katlatorud.

Kolde ja esimese gaasikäigu torude räbustumisel tõuseb gaaside temperatuur, mis omakorda põhjustab veel intensiivsemat räbu tekkimist ja auru ülekuumenduse tõusu. Kui sel juhul torude korralik puhastamine osutub võimatuks, tuleb vähendada katla koormust kuni järgmise jooksva remondini.

Kui kolde ülemises osas tekivad suured räbupangad, mis võivad lahti murduda ja varisemisel katelt vigastada, tuleb katel seisma jätta, eraldada aurumagistraalist, lasta rõhk alla ja kõrvaldada räbu. Katel tuleb sel juhul seisma jätta ettevaatlikult ja aeglaselt, kuna vastasel korral võib räbu kiirel jahtumisel praguneda ja alla langeda.

Katla aurutorustiku lõhkemise põhjuseks on:

a) liigne veeseisu tõus katlas ja vee sattumine aurutorustikku;

b) puudulik auruülekuumendi läbipuhumine;

c) liiga kiire auruventiili avamine katla lülitamisel aurumagistraali;

d) torustiku nõrgenemine sööbimise tagajärjel.

Samadel põhjustel esineb sagedamini tihendite väljapaiskumine äärikute vahelt.

Vigastatud torustikuosa tuleb välja lülitada.

Ühekordse aurutorustiku puhul tuleb vigastunud torustikuosale töötav katel seisata.

136. MÜÜRITISE VARISEMINE JA PÕLEMINE NING PLAHVATUSED GAASIKÄIKUDES

Kolde ja gaasikäikude müüritise osalisel varisemisel tuleb vähendada põlemist koldes. Pragude tekkimisel müüritises, mis võivad põhjustada peavõlvide varisemist, või katla kandesõrestiku kuumenemisel kuni punase värvuseni tuleb katel seisata.

Tahma või gaaside põlemisel gaasikäikudes või katla järelküttepindadel tuleb katel seisata.

Gaasikäikudes plahvatuse tekkimise põhjuseks on:

a) gaasikäikude puudulik ventileerimine enne katla sissekütmist või pärast leegi kustumist;

b) õlipihusti või gaasipõleti ebaõige käivitamine;

c) kolde töötamine puuduliku õhuhulgaga;

d) kolderuumi väike maht ja kõrgus.

Plahvatuse tagajärjel tekkida võivate purustuste vältimiseks tuleb asetada müüritisse kergesti avanevad plahvatusklapid.

137. VEE KEEMINE MALMÖKONOMAISERIS

Vee keemise põhjuseks on:

a) katla toitmise katkemine;

b) ökonomaiserisse antava vee temperatuuri liigne tõus;

c) gaaside temperatuuri liigne tõus ökonomaiseri ees;

d) rõhu suur langus katlas.

Vee keemise tunnusteks on:

a) vee temperatuuri tõus ökonomaiseris kuni küllastunud auru temperatuurini;

b) tugevad veelöögid ökonomaiseris.

Vee keemine malmökonomaiseris on väga kardetav, kuna see võib põhjustada ökonomaiseri torude lõhkemist. Säärasel korral tuleb suitsugaasid juhtida möödakäiku ja ökonomaiser lülitada välja toiteliinist. Ökonomaiseri võib töösse tagasi lülitada, kui vee temperatuur temas on langenud 50—70° alla katlavee temperatuuri.

138. AURUKATLA LÕHKEMINE

Katla lõhkemine on kõige raskem avarii, mis mitte ainult täielikult ja pikemaks ajaks viib katla rivist välja, vaid millega kaasuvad ka suured purustused ja tõsised õnnetused. Valdav enamus katelde lõhkemisi tekib katla kuivaksjäämise tagajärjel. Harvemini esineb rõhu tõusust ja tugevast sööbimisest või pragudest tingitud lõhkemisi.

Katla kuivaksjäämisel kuumenevad üle suitsugaasidega kokkupuutuvad küttepinnad, mille tagajärjel katla metall kaotab oma tugevuse ja praguneb. Pragudest auru väljavoolamise tagajärjel auru rõhk katlas langeb kiiresti atmosfääri rõhuni, mis põhjustab katlas oleva ülekuumenenud vee silmapilkset aurustumist ja katla lõhkemist. Kuna auru maht atmosfäärilisel rõhul on 1700 korda suurem kui veemaht, on mõistetav, milliseid purustusi katla lõhkemine võib esile kutsuda. Katlas asuv iga kantmeeter vett vabastab katla lõhkemisel energiahulga, mis vastab 8 kg püssirohule. Sel põhjusel on suure veemahuga katlad lõhkemisel palju ohtlikumad väikese veemahuga kateldest.

Katla lõhkemisest tuleb viivitamatult teatada katlainspektsioonile. Kuni inspektori kohaletulekuni ja akti koostamiseni ei tohi korrastada hooneid ega ümber paigutada lõhkenud katla osi, välja arvatud erandjuhud, mil purunenud katla osad ohustavad inimesi või takistavad liiklemist avalikel teedel.

Katla lõhkemisi on võimalik ja tuleb vältida hoolsa teenindamise ning järelevalvega.

139. TULEKAHJU KATLAMAJAS

Tulekahju tekkimisel katlamajas tuleb viivitamatult välja kutsuda tuletõrje. Kuni viimase kohalejõudmiseni tuleb püüda tuld kustutada oma jõududega sõltuvalt põlemise iseloomust ja kohast kas vee, liiva, tuha, keemiliste tulekustutite või auruga.

Tulekahju tekkimisel ei tohi personal katlamajast lahkuda. Kui on näha, et tulele ei suudeta piiri panna ja tuli ohustab inimelusid, on katlamajast lahkumine lubatud, kuid enne tuleb kindlustada, et katel ei lõhkeks tules. Enne katlamajast lahkumist tuleb:

a) avada katlale maksimaalne toitmine;

b) kustutada tuli koldes, milleks äärmisel juhul võib kasutada vett;

c) avada auruvool katlaruumi kaitseklappide kaudu ja kindlustada klappide avatud olek;

d) sulgeda uksed ja aknad, et takistada õhu juurdepääsu;

e) teatada olukorrast käitise administratsioonile.

140. TÖÖÕNNETUSED JA ESMAABI

Tööõnnetuse korral on personal kohustatud:

a) võtma kiiresti tarvitusele õnnetuse suurenemist takistavad abinõud, nagu peatama liikuvad seadmed, lülitama välja elektrivoolu, sulgema auru või kuuma vee, kustutama tule jne.;

b) andma kannatanule esmaabi;

c) kohale kutsuma arsti;

d) teatama õnnetusest valveinsenerile, ohutustehnika eest vastutavale isikule ja katiamaja juhatajale;
e) saatma kannatanu haiglasse.

Kannatanu abistamine töökohal

Põrutused. Kannatanu tuleb asetada lamama, rõivaid tuleb vähendada. Meelemärkusetuse korral tuleb hoida nina all ammoniaagipudelit; hiljem anda Hoffmanni tilku (20—30 tilka korraga) ja kohvi.

Venitused. Liigeseköitmete venituse tagajärjeks on valu, paistetus, liigese piiratud liikuvus. Paistetanud kohale tuleb asetada külm kompress koos vajutussidemega. Jäse tuleb asetada kõrgemale ja vältida liigseid liigutusi.

Liigese nihestus. Nihestusel tekib luuotste väljatulek liigese kapslist, liigese välise kuju muutumine, paistetus ja valu liigutamisel. Nihestunud luuotsi ei tohi paigaldada jõuga. Peale tuleb panna külm kompress (külmavee-lapp). Kannatanule tuleb kindlustada rahu.

Muljutused. Muljutustel kaasneb kudede vigastumisele sageli verevalum kudedesse. Välise tunnusena tekib nahale siniseid laike. Kohe pärast muljumist tuleb vigastunud kohale asetada külmad kompressid, edaspidi kasutada soojendavaid kompresse.

Haavad. Haavade sidumisel tuleb taotleda maksimaalset puhtust. Mitteküllaldase puhtuse tagajärjeks võivad olla: veremürgitus, kangestuskramptõbi, roos, tuberkuloos jne.

Töötaja, kes asub kannatanul haava siduma, peab oma käed põhjalikult puhtaks pesema vähemalt vee ja seebiga. Soovitav on käsi hõõruda ka piiritusega.

Haava veega mitte loputada. Kui kohapeal on võimalusi haava pesemiseks, tuleb seda teha lahjendatud piirituse või 0,3-protsendilise rivanoolilahusega. Soovitav on haavale raputada valget streptotsiidpulbrit. Haav tuleb siduda steriilse marliga .

On haavast tugev (purskav) verejooks, tuleb viimane enne haava sidumist sulgeda. Selleks võib kasutada käterätikut, püksitrakse, -rihma jne., milliste vahenditega on võimalik pulga abil pealtpoolt haava (õlavarrel või reiel) arter vastu luud kinni suruda. Niriseva verejooksu puhul veenidest (tume veri) ei tule kasutada kirjeldatud veresulgemise viisi. Siin on tähtis kõrvaldada kõik pigistavad rõivastusesemed.

Haavale tuleb asetada steriilne lapp ja tubli kord ligniini või vatti. Jäse tuleb asetada kõrgemale teistest kehaosadest.

Luumurded. Murdunud luuga kehaosale tuleb kindlustada liikumatus ja rahu. Selleks tuleb jäse lahasse panna. Lahase materjaliks võib kasutada kitsaid lauatükke, keppe, pappi, plekki jne., mille külge või vahele liiges seotakse. Lahast ei tohi siduda

vastu paljast ihu. Lahtise luumurde puhul (luuots murdekohal tunginud läbi naha) tuleb haav enne lahastamist siduda.

Võõrkeha silmas. Võõrkeha sattumisel silma tuleb viimase hõõrumisest kategooriliselt loobuda. Samuti ei tohi lubada abistama kaastöölisi, kes ei oma selleks küllaldast vilumust. On võõrkeha sattunud silma ja lau vahele, siis on võimalik laugu ripsmete abil eemale venitada ja kõrvaldada võõrkeha õrnalt steriilse sideme või rätiku nurgaga.

On võõrkeha tunginud silmamunasse, siis on igasugused eemaldamiskatsed keelatud. Silm tuleb katta sidemega ja pöörduda viivitamatult arsti poole.

Soojuslöök. Soojuslöögi puhul on nahk kuiv ja kuum. Hingamine on kiire. Kannatanu tuleb toimetada kiiresti vilusse, vabastada rõivastest ja uhta jaheda veega. Tuleb anda rohkesti vett juua. Ähvardab hingamine lakata, siis tuleb teha kunstlikku hingamist.

Elektrilöök. Voolu läbimisel organismist tekib kramp, mistõttu voolu alla sattunu ei suuda end ise vabastada. Esimeseks tegevuseks olgu voolu väljalülitamine seadme sellest osast, mille küljes on kannatanu kinni. Kui seda pole võimalik teha küllalt kiiresti, siis tuleb kannatanu lahutada voolu juhtivatest osadest. Madalpinge puhul võib selleks kasutada kuivi riideid, kuiva nööri, kuiva keppi, lauda või mingit teist kuiva isoleerivat ainet. Enda isoleerimiseks tuleb panna kätte kummikindad, jalga kalossid, mähkida käed villastesse rõivastesse jne. Kõrgepinge puhul tuleb kannatanu eraldamiseks maast või voolu juhtivatest osadest kasutada kummisaapaid, kummikindaid ja tegutseda pingele vastavate isoleeritud tangidega.

Kannatanule tuleb teha kunstlikku hingamist (15 välja- ja sissehingamist minutis). Enne seda tuleb vabastada kannatanu ülakeha rõivastest ja lõdvendada vööd. Selja alla tuleb asetada rindkere tõstmiseks kokkukeritud rõivad.

Elektrilöögi puhul tuleb kunstlikku hingamist sageli teha 4—5 tundi. Otstarbekas on teha samaaegselt kunstliku hingamisega ka südamemassaaži. Selleks tuleb põlvitada kannatanust paremale poole ja lüüa kiiresti ning tugevasti parema käe põidlaga haige südamepiirkonda.

Põletused. Põletuste puhul on otstarbekaim valada põlenud kohale lubjavee ja linaõli segu (lubjalinimenti). Samuti on soovitav põlenud kohta määrida boorvaseliini või rasvaga. Peale tuleb asetada lapp ja siduda soojalt kinni.

On põletuskohal villid, siis ei tohi neid purustada. Lubatud on desinfitseeritud nõelaga vedelik villidest välja lasta.

Suuremate põletuste korral, kui on süttinud rõivad, tuleb need lahti lõigata ja ettevaatlikult kehalt eemaldada. Nõrkuse vastu tuleb anda Hoffmanni tilku (15—20 tilka veega).

Söövitused. Hapetega söövitatud kohta tuleb uhta soodaveega.

Peale võib raputada kriiti, põletatud magneesiumi või hambapulbrit. Nimetatud ainete puudumisel tuleb uhta söövitatud kohta puhta veega, lahjendades seega hapet.

Kangete leelistega söövitatud haavu tuleb uhta lahja happega (näit. äädikaveega). Söövitatud kohale tuleb asetada õlilapp.

Mürgitused. Bensiini (petrooleumi) mürgitusel tekivad kõhus ja lihastes valud, hingamine on korratu ja raskendatud. Tekib peapööritus, silmaavad vähenevad.

Mürgitatu tuleb viia värskesse õhku. Anda kanget oakohvi, piima. Hingamise seismajäämisel tuleb teha kunstlikku hingamist.

Hapete (väävel-, sool-, salpeeter-, karbolhape jne.) mürgitusel tekivad suus, huultel jm. põletushaavad, verine okse ja valud maos.

Mürgitatule tuleb anda rohkesti piima, vett või leelisevett (näit. supilusikatäis põletatud magneesiumi klaasi vee kohta). Soodat sisse mitte anda. Maoseinte kaitseks tuleb anda tärkliskiislit või provanksõli.

Leeliste (ammoniaak, seebikivi jne.) mürgitusel tekivad suus ja neelus haavad ning valu, millega kaasub verine okse.

Mürgitatule tuleb anda happelisi jooke (lahja söögiäädikas, sidrunimahl, hapupiim). Nende puudumisel võib leelise lahjendamiseks anda ka ainult vett või rõõska piima. Maoseinte kaitseks tuleb anda tärkliskiislit või provanksõli.

Vingugaasi (CO) mürgitusel tekib peavalu, südame tugev kloppimine, pööritus, kohin kõrvus ja üldine nõrkus. Raskematel juhtudel tekib iiveldus, oksendamine, tuikuv kõnnak, meelemärkusetus ja halvatus.

Mürgitatu tuleb viia värskesse õhku, vabastada ta hingamist takistavatest rõivastest ja anda talle hingata hapnikku. Teha kunstlikku hingamist koos keha soojendamisega. Anda nuusutada nuuskpiiritust või eetrit; sisse anda kuuma oakohvi.

Pliimürgitusel (pliivalge, mennik jm.) tekib äge kõhuvalu ja kõhulahtisus.

Mürgitatu tuleb ajada oksele. Anda talle piima, glaubrisoola (1 supilusikatäis klaasi vee kohta) ja provanksõli.

XXIII. KATELDE JÄRELEVALVE JA ÜLDISED OHUTUSTEHNILISED TINGIMUSED

141. KATLARUUMIDELE ESITATAVAD NÕUDED

Aurukatlad, ülekuumendid ja ökonomaiserid tuleb üles seada ilma pööninguta eraldi ruumidesse. Katlamaja peab olema ehitatud ja varustatud vastavalt kehtivatele üleliidulistele tuletõrje-, ehitus- ja sanitaarnormidele.

Katlamaja seinad, vaheseinad ja põrandad peavad olema tulekindlast materjalist.

Katlaesine põrand, mis on ette nähtud katla otseseks teenindamiseks, ei tohi asuda katlamaja vahetu ümbruse maapinnast madalamal.

Tuha eemaldamiseks peab katlamajas olema isoleeritud tuharuum. Kui kõigi katelde keskmine ööpäevane tuhakogus kõige külmemas kuus ei ületa 0,1 t/h või kui tuha eemaldamine on mehhaniseeritud, võib ehitada katlamaja ilma tuharuumita.

Juhul kui tuharuumi põrand asub katlamaja vahetu ümbruse maapinnast madalamal, peab tuhakeldri otstest olema kaks väljapääsu, mis viivad kinnistesse trepikodadesse või vähemalt 2×2 m suuruse podesti kaudu väljaviivale trepile. Podest ja trepp peavad olema kaitstud sademete ja põhjavee eest. Keldriruumidel peab olema hea ventilatsioon ja vajalik valgustus teenindavale personalile normaalsete töötingimuste loomiseks.

Katlamaja juures peavad olema kõrvalruumid personali jaoks. Juhul kui need asuvad katlamajast eraldi hoones, peab nende juurde viima soe käik.

Katlainspektsiooni nõusolekul lubatakse katla sõrestikku kasutada hoone konstruktsiooniosade kandmiseks.

Katlaruumi välisuksed peavad avanema väljapoole ning ei tohi katla töötamise ajal olla lukus ega riivis. Uksed kõrvalruumidesse peavad avanema katlamaja poole.

Katlamaja igal välisuksel peab väljaspool olema kiri, mis keelab kõrvalistele isikutele sisenemise katlamajja.

Uste juures, mille kaudu kütust sisse toimetatakse või tuhka välja viiakse, peavad olema tulekindlast materjalist esikud.

Ruumidest, kus asuvad katlad, peab igalt korruselt olema

vähemalt kaks väljapääsu. Kui katlamaja põrandapind on alla 200 m², lubatakse teha igalt korruselt üks väljapääs, kui on olemas varuväljapääs välisele tuletõrjetrepile või -redelile.

Ühekorruselistes katlamajades, kus katelde esikülgede kogupikkus ei ületa 12 m, võib olla ainult üks väljapääs.

Õlipaagid tuleb asetada väljapoole katlamaja. Äärmisel juhul, kui paakide suurus ei ületa katla ööpäevast tarvidust ega ole üle 10 t, lubatakse neid paigutada katlamajja. Sel juhul tuleb paak tulekindlalt isoleerida, eraldada vaheseinaga katlaruumist ja paagiruum varustada otsese väljapääsuga. Paak peab olema varustatud väljalaske- ja ülejooksutorudega, mis väldivad paagi ületäitmist.

Katlamajja on lubatud üles seada kinnisi õlipaake mahuga kuni 0,5 m³. Paak ei tohi asuda katla, ülekuumendi või ökonomaiseri kohal ja peab olema ühenduses välisõhuga vähemalt 50 mm läbimõõduga toru kaudu.

Katlamajas on keelatud üles seada selliseid masinaid ja aparaate ning teha niisuguseid töid, mis ei ole otseselt ühenduses katla või katlaruumi teenindamisega ega remondiga.

Katla ülesseadmisel tuleb kinni pidada järgnevas tabelis toodud mõõtmetest.

Tabel 66

Aurukatelde ülesseadmisel lubatavad gabariidid

Vahe	Minimaalne mõõde m
Katla või eeskolde esiküljest kuni seinani	3*
Katla või eeskolde esiküljest esiküljeni, kui katlad asuvad esikülgedega vastakuti	5
Katla esiküljest kuni selle ette asetatud pumbani, kilbini või muude seadmeteni	1,5
Katla küljest katla küljeni või katla küljest seinani, kui puudub kolde teenindamine küljelt	1
Katelde müüritisest väljaulatuvate osade vahel ning katelde ja seinte väljaulatuvate osade vahel	0,8
Katla küljest katla küljeni või katla küljest seinani katelde juures tootlikkusega kuni 4 t/h, kui kollet teenindatakse küljelt	1,5
Samal juhul, kui katla tootlikkus on üle 4 t/h	2
Katla tagumisest müüritisest kuni seinani	1
Külgmüüritisest kuni seinani, kui puudub läbikäik	0,07
Katla teenindamise ülemisest rõdust kuni katuse kandekonstruktsiooni alumiste osadeni	2
Katla trumli või aurukoguja ülemisest äärest kuni katuse kandekonstruktsiooni alumiste osadeni	0,7
Tuharuumi kõrgus	2
Tuharuumi käigu laius	Vagoneti laius pluss 0,7 m mõlemale poole

Vahe	Minimaalne mõõde m
Vaba läbipääs püstkatelde ees	2
Vaba läbipääs püstkatelde vahel ning katla ja katlamaja seina vahel	1

* Kuni 2 m kateldel aurutootlikkusega kuni 2 t/h, kui katlaid köetakse gaas- või vedelkütusega, kui puudub tarvidus teenindada katelt esikülje poolt ning kui eest teenindatava kolde pikkus ei ole üle 1 m.

Katlamajad ei tohi olla eluruumidega kokku ehitatud.

Katlaruum, tuharuum ning kõik abi- ja kõrvalruumid peavad olema köetavad ja ventileeritavad.

Teenindamiseks peavad katlal olema tulekindlast materjalist ehitatud alatised rõdud ja lavad, mis võimaldavad kergelt juurde pääseda kõikidele süstemaatilist järelevalvet vajavatele osadele, nagu armatuurile, mõõteriistadele, reguleerimisseadmetele ja tahmapuhuritele.

Teenindamise metallrõdusid ja trepiastmeid võib valmistada rihvelplekist, kärg- või ribaterasest. Tavalise teraspleki kasutamise korral peab selle pealispind olema kas punktide pealekeevitamise või mingil muul teel karedaks tehtud.

Treppide laius peab olema vähemalt 600 mm, astmete kõrgus mitte üle 200 mm ja laius vähemalt 80 mm. Kõrgetel treppidel peavad iga 3—4 m tagant olema vahepodestid.

Üle 50° tõusuga treppe lubatakse ehitada ainult paakidele, deaeraatoritele ja muudele abiseadmetele, mis ei vaja süstemaatilist teenindamist.

Rõdusid ja lavasid piirava käsipuu kõrgus peab olema vähemalt 1 m.

Katlaruumis, käikudes ja lavadel peab olema küllaldane loomulik valgustus. Kohtades, kus see on tehniliselt võimatu, tuleb üles seada kunstlik valgustus tabelis 67 toodud normide kohaselt.

Kohaliku ja üldvalgustuse elektrilampidele, mis riputatakse alla põrandast või rõdudest 2,5 m kõrgusele, lubatakse rakendada pinget kuni 36 volti.

Avariivalgustusega tuleb varustada katla esikülg, vahekäigud, lülituskilbid, veeklaasid, tuha-, õhu- ning tõmbeventilaatorite, pumpade ja paakide ruumid, lavad ja katlarõdud. Avariivalgustus peab olema toidetav iseseisvast energiaallikast, näiteks akumulaatoripatareist, sisepõlemismootoriga töötavast

Katlaruumi valgustusnormid

Tabel 67

Koha nimetus	Minimaalne valgustustihedus luksides *
Mõõteriistade skaalad, veeseisunäitajad, õlimõõtmise vaateklaasid	50
Katla esikülg, pumba-, ventilaatori-, tõmbeventilaatori-, kompressori- ja punkriruumid, automaadid, keemilise veepuhastuse, katla toitmise ja kütuse etteandmise reguleerimisruumid	20
Paakide ja deaeraatorite ruum, tuharuum, katelde teenindamisrõdud, katlatagune ruum	10
Koridorid, trepid	5

* Mõõdetakse luksmeetriga.

generaatorist jm. Kuni 250 m² suuruse põrandapinnaga katlamajades võib avariivalgustusena kasutada kantavaid elektrilampe või tormilaternaid.

Katlamajal peavad olema küllalt suured aknad ruumide heaks valgustamiseks ja avariide puhul katlamajja tungiva auru väljavoolu kindlustamiseks, mis vastasel korral võiks tekitada suuri purustusi.

Katlaruumis asuva tahkekütuse tagavara ei tohi ületada ööpäevast tarvidust ega segada kütja tööd.

Igas katlamajas peavad olema riietusruum, riietehoid, dušš, käimla ja joogianumad keedetud veega.

Katlamajas peab olema tulekustutusvahendeid vastavalt kehtivatele tuletõrjenormidele, samuti individuaalseid ja üldisi tulekaitsevahendeid. Vedelkütuse kasutamisel peavad katlamaja vastavates kohtades olema kinnised kastid vähemalt 1 m³ kuiva liivaga.

Katlamajas peab olema telefon või vastav signalisatsiooniseade, et erakorralistel juhtudel oleks võimalik kohale kutsuda katlamaja juhatajat, mehaanikut jt., ning et saaks pidada sidet katlamaja ja peamiste aurutarbijate vahel.

142. AURUKATELDE JÄRELEVAATUSED

Eesti NSV territooriumil asuvad aurukatlad kuuluvad üldreeglina kõik Riikliku Tehnilise ja Mäejärelevalve Inspektsiooni järelevalve alla ja peavad olema seal registreeritud. Registreerimisele ei kuulu raudtee veereva koosseisu, mere- ja jõelaevade ning elektriküttega katlad.

Registreerimisavaldusele tuleb lisada:

1) ettenähtud vormi kohane katla pass;
2) akt katla korrasoleku kohta, kui katel saabus valmistajatehasest kohale (või paigutati ühest asukohast teise) kokkumonteerituna;
3) katelt monteerinud organisatsiooni poolt välja antud tunnistus montaaži kvaliteedi kohta;
4) katlamaja ruumide joonised (plaanid, piki- ja ristlõiked);
5) toitevee laboratoorne analüüs või projekti andmed vee kohta, kui on ette nähtud katlaeelne toitevee ettevalmistus;
6) tõend toiteseadmete olemasolu kohta koos nende karakteristikutega.

Iga katel tuleb tehniliselt järele vaadata enne käikulaskmist ja ekspluatatsiooni kestel. Katla tehniline järelevaatus koosneb sisemisest ülevaatusest ja veesurveproovist.

Sisemise ülevaatuse eesmärgiks on kindlaks teha, kas katel vastab kehtivatele eeskirjadele ja kas selle edasine töötamine on kindel.

Veesurveproovi eesmärgiks on kontrollida katla rõhu all töötavate elementide tugevust ja ühenduskohtade tihedust.

Katel tuleb enne sisemist ülevaatust ja veesurveproovi maha jahutada ning hoolikalt puhastada katlakivist, tahmast ja tuhast. Kui trumli siseseadmed takistavad ülevaatust, tuleb need eemaldada. Sisemisel ülevaatusel tuleb tähelepanu pöörata pragudele, ebatihedustele, sidepoltide seisukorrale, korrosioonile ja müüritise seisukorrale. Defektide avastamisel tuleb kindlaks teha nende põhjused ja määrata abinõud nende kõrvaldamiseks.

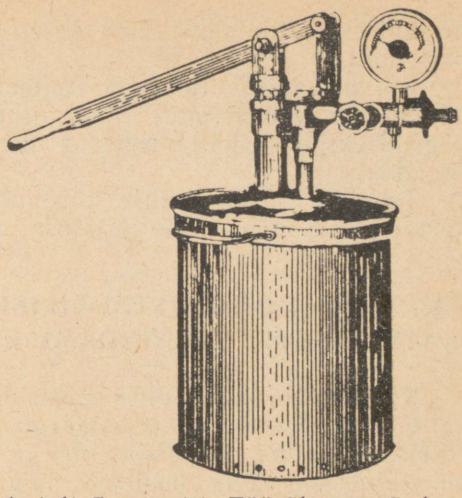
Veesurveprooviks tuleb katel esitada koos temale ülesseatud armatuuriga.

Veesurveproovi tehakse veega, kusjuures õhk peab olema katlast täielikult eemaldatud. Tabelis 68 on toodud katla ja selle osade proovirõhu suurused.

Tabel 68

Veesurveproovil kasutatav rõhk

Osa nimetus	Katla töörõhk p_t atü	Proovirõhk p atü
Aurukatel	Kuni 5	1,5 p_t, kuid mitte alla 2 at
Aurukatel	Üle 5	1,25 p_t, kuid mitte alla p_t+3 at
Auruülekuumendi	Olenemata rõhust	Võrdne katla proovirõhuga
Väljalülitatav ökonomaiser	„	1,25 p_t+5 at
Veekatel	„	1,25 p_t, kuid mitte alla p_t+3 at



Joon. 290. Hüdrauliline press.

Proovirõhu all tuleb hoida katelt 5 minutit. Töörõhuga võrdne rõhk hoitakse katlas nii kaua, kui see on ülevaatuseks vajalik.

Vee rõhk veega täielikult täidetud katlas tekitatakse käsipumbaga (joon. 290), mida nimetatakse ka hüdrauliliseks pressiks.

Katel loetakse veesurvekindlaks, kui ei esinenud lekkimist, purunemist ega jäävaid deformatsioone. Lekkimiseks ei loeta vee väljatulekut neetõmblustest väikeste pisaratena, samuti vee väljatulekut armatuuri ebatiheduse tõttu, kui see ei sega vajaliku proovirõhu hoidmist. Pisarate või higistamise ilmnemisel keevisõmblustel või katla seintel loetakse katel veesurveproovi mittetalunuks.

Ennetähtaegselt tuleb veesurveproov teha kateldele, mis on seisnud üle ühe aasta, mis on demonteeritud ja uuesti üles seatud ja millele on tehtud järgmisi remonte:

1) on vahetatud kas või osa lehte või on keevitatud katla osi, mis töötavad rõhu all, välja arvatud küttepinna torud;

2) on tasandatud väljapaisumisi katla põhiosade juures (leegitorud, sisekollete seinad, trumlid, kollektorid jne.);

3) on uuendatud 15 või rohkem kõrvuti olevat neeti või vahetatud üle 25% õmbluse neetidest;

4) on vahetatud üle 15% sidepoltidest;

5) on korraga vahetatud üle 50% katla- või ekraanitorudest; kõik ülekuumendi-, ökonomaiseri- või suitsutorud;

6) on vahetatud ekraani, ülekuumendi või ökonomaiseri kollektor.

Otstarbetu on teha veesurveproovi sagedamini ja tõsta rõhku kõrgemale ettenähtust. See võib tekitada katlale nähtamatuid vigastusi ja vähendada katla tööiga.

Peale luukide või üksikute torude vahetust on tiheduse kont-

rollimiseks küllaldane lasta katelt seista töörõhu all pool kuni üks tund.

Kui ülevaatuse tulemuste põhjal tekib kahtlus katla kindlas töötamises või vajadus tema osade tugevuse kontrollarvutuse tegemiseks, võib katlainspektor nõuda materjali mehaanilist katsetamist.

Tehnilise järelevaatuse tulemused kantakse katla passi ja nende alusel määratakse järgmise järelevaatuse tähtaeg.

143. ÜLDISI OHUTUSTEHNILISI NÕUDEID KATELSEADME TEENINDAMISEL

Kütja peab valves olles olema hoolikas ja tähelepanelik ning mitte tegelema kõrvaliste asjadega. Kütja peab tundma ja täitma «Eeskirju katlamaja personalile» ja katlamaja seadmete teenindamise juhiseid ning hoolikalt jälgima auru rõhku ja veetaset katlas.

Kütja peab jälgima, et katlamaja valgustus, eriti katelde manomeetrite ja veeklaaside oma, oleks korras. Katlaruumis tuleb hoida alaliselt varuks akumulaatorilamp, petrooleumilamp, latern või küünlaid kasutamiseks elektrivalgustuse katkemisel.

Katlamajas tuleb hoida korda ja puhtust. Katlaruumi sissekäikudesse ja katlaruumi pole lubatud asetada kõrvalisi esemeid, materjale, seadmeid jm., mis takistavad vaba läbipääsu. Katlaruumis on keelatud hoida kergestisüttivaid aineid (petrooleum, bensiin, õlid, puulaastud jm.). Jooksvaks tarviduseks vajalik kogus petrooleumi ja määrdeõli tuleb hoida eriruumis raudkastis või kappides tugevas metallnõus.

Kõrvalistel isikutel on katlamajja minek keelatud.

Katla sissekütmisel, mil kütmisrežiim pole veel kindlaks kujunenud, peab kolde teenindamisel olema väga ettevaatlik: mitte seista vaateavade ja pääsuluukide ees, jälgides tuld koldes kasutada kaitseprille.

Puhastusluukide ja muude kinnituspoltide täiendavat pingutamist tuleb teha kohe katla soojenemisel, rõhul mitte üle 3 atü — kateldel töörõhuga üle 6 atü ja rõhul mitte üle 50% töörõhust — kateldel töörõhuga kuni 6 atü; pingutamiseks võib kasutada ainult harilikku mutrivõtit ilma lisahoobadeta.

Veeklaaside, proovikraanide ja muu armatuuri käsitsemisel tuleb kasutada kindaid. Veeklaaside läbipuhumisel tuleb pöörata nägu kõrvale. Rõhu all oleva katla ventiile ja siibreid tuleb avada ning sulgeda sujuvalt ja ettevaatlikult. Toimingutel armatuuriga peab olema tagatud töökoha küllaldane valgustus.

Katla küttepindade puhastamise eel tahmapuhuriga tuleb suurendada tõmmet ja kindlustada püsiv põlemisrežiim koldes. Et vältida põletushaavu ja silmade vigastust tuliste gaaside ja

tuha väljaviskumisel luukidest ning vaateavadest, tuleb küttepindade puhumisel kasutada kindaid ja kaitseprille. Käsipuhuri voolikusse ei tohi auru lasta enne, kui puhuri ots on asetatud korralikult suitsukäiku. Puhumine tuleb lõpetada gaaside ja tuha pideval väljapaiskumisel luukidest ning tahmapuhuri rikke korral.

Katlaid ei tohi läbi puhuda armatuuri rikke korral ja puuduliku valgustuse juures; kinnasteta töötamine on keelatud.

Enne koldeuste avamist (käsitsi teenindatavad kolded) tuleb vähendada õhupuhumist; koldeuste ja luukide avamisel tuleb seista ustest ja luukidest kõrval nende avanemise poole. Mehhanismide liikuvad osad, nagu sidurid, rihmad jne., peavad olema varustatud kaitsekatetega.

Kaitsevõrede ning -katete eemaldamine töötavate katelde veeklaasidelt ja töötavate ajamite rihmadelt, elektrimootorite siduritelt jne. on keelatud.

Elektrimootorite sisse- ja väljalülitamisel tuleb kasutada kummikindaid.

Keelatud on räbu- ja tuhapunkrite sulgureid avada kütjaid hoiatamata. Punkrisulgurite avamise juures ei tohi viibida kõrvalised isikud. Sulgureid tuleb avada aeglaselt, eriti alghetkel, et vältida põletushaavade saamist tuhas olevate kütuseosakeste põlema plahvatamisest tuha järsul väljalaskmisel. Vagonettidesse lastud tuhk ja räbu tuleb vooliku abil kustutada veega.

Keelatud on tarvitada mittekorras vagonette, seista tuhaveo teedel, vagonettide vahel ja kaasa sõita vagonettide raamil.

Töölised, kes töötavad räbu ja tuha koristamisel, peavad olema varustatud presentüülkondadega ja peakottidega (kiivritega). Jalatsid (nahksed) peavad olema terved, püksid tõmmatud üle saabaste. Töötamine kinnasteta pole lubatud.

Enne koldesse ja suitsukäikudesse ronimist tuleb neid tuulutada 10—15 minutit, milleks avada täielikult korstnasiiber. Kolletes ja suitsukäikudes on töötamine lubatud ainult temperatuuril kuni 60° C, mõõdetud 0,5 m kaugusel kolde tagaseinast ja 1,5 m kõrgusel puhastamisele kuuluvast kohast. Töölise kuumas koldes viibimise aeg ei tohi ületada 20 minutit, järgnev puhkeaeg ei tohi olla alla 20 minuti. Koldes ja suitsukäikudes peab üheaegselt töötama vähemalt 2 inimest. Kolde ja suitsukäikude puhastamisel tuleb kanda eririietust, kindaid ja kaitseprille.

Enne katlatrumlisse ronimist tuleb veenduda, et oleksid asetatud pimeäärikud auru-, toite- ja läbipuhumistorustikule (kui katlamajas on peale puhastatava või remonditava katla veel ka töötavaid katlaid).

Inimeste katlasse minekuks ja katlatrumlit torustikust eraldavate siibrite avamiseks pärast inimeste väljumist katlast peab igal üksikjuhul olema katlamaja juhataja kirjalik luba.

Töötamisel katla sees tuleb valgustamiseks kasutada ainult küünlaid või elektrilampi pingega mitte üle 12 V.

Petrooleumilampide kasutamine on kategooriliselt keelatud.

Katlatrumlites töötamisel on maksimaalseks lubatavaks temperatuuriks 40—45° C. Töölise katlas viibimise aeg ei tohi olla üle 20 minuti, järgnev puhkeaeg mitte alla 20 minuti. Katlas peab töötama üheaegselt vähemalt kaks inimest.

Enne katla pääsuluukide avamist tuleb õhukraani, proovikraani või veeklaasi kraani avamise teel veenduda, et katlas poleks rõhku (alarõhku).

143. OHUTUSTEHNILISED NÕUDED GAASIGA KÜTMISEL

Gaasiga kütmisel peab kütja täitma järgmisi ohutustehnika nõudeid.

On keelatud:

1) suitsetada, sisse või välja lülitada elektrivalgustust ning käivitada või seisata elektrimootoreid, kui ruumis on tunda gaasi lõhna, sest põlev tikk, pabeross või elektrisäde võib esile kutsuda plahvatusohtliku gaasisegu plahvatuse;

2) otsida gaasi väljavoolukohti lahtise tulega;

3) koormata gaasitorustikke raskustega või kasutada neid tugedena;

4) enne kolde tuulutamist lähendada sellele tuld.

Töötamisel gaseeritud ruumis tuleb vajaduse korral kasutada pika voolikuga (10—12 m) gaasitorbikut. Vooliku ots tuleb ruumist välja viia ja asetada vastutuult. Gaseeritud ruumis töötajat tuleb pidevalt jälgida väljastpoolt, et vajaduse korral teda abistada. Gaasitorbikus ei tohi töötada järjest üle 20 minuti. Seejärel tuleb töötajal puhata värskes õhus 5 minutit. Voolikuga gaasitorbiku asemel võib kasutada ka hapnikuaparaati.

Gaseeritud ruumis tuleb kasutada vask- või vasega kaetud tööriistu; avade läbitorkimiseks — vasktraati, mis ei põhjusta sädet. Terastööriistade kasutamisel tuleb need paksult määrida tavotiga. Katlamajas peavad olema tulekaitsevahendid: keemilised tulekustutajad, hüdrantide voolikud, liivakastid, tekk süttinud seljariiete kustutamiseks ja muud tulekaitse eeskirjades nõutud esemed. Kõik nimetatud vahendid tuleb hoida täielikus korras.

Gaasitorustiku osade pikemaajalisel väljalülitamisel tuleb need eraldada pimeäärikuga.

Katla remondi ajaks tuleb gaasitorustiku vahele asetada pimeäärik.

Gaasisiibreid tuleb avada ja sulgeda sujuvalt.

Tulekahju korral tuleb viivitamata sulgeda lähem gaasisiiber väljaspool katlamaja, välja kutsuda tuletõrje ja asuda tule kustutamisele olemasolevate vahenditega.

Gaasiseadme kõikidest korratustest ja töötamise ebanormaalsustest tuleb kohe teatada gaasiseadmete eest vastutavale isikule.

XXIV. TÖÖ ORGANISEERIMINE KATLAMAJAS

145. KATLAMAJA TÖÖ PLAANIMINE JA ARUANDLUS

Katlamaja ülesandeks on anda vajalikul hulgal nõutud parameetritega ja madala omahinnaga auru. Selle tagamiseks koostatakse katlamaja toodangu kohta aasta-, kvartali- ja kuuplaanid, kus arvestatakse tööstuse aurutarvidust, kavatsetavaid ümberehitusi, remonte jne. Plaanide alusel koostatakse graafikud kogu katlamaja toodangu kohta, mis näitavad koormuse muutumist ööpäeva jooksul. Graafikute põhjal plaanitakse üksikute katelde töötamine, kusjuures võetakse arvesse katelde seismajätmise ja reservis hoidmise (kuumas, külmas) majanduslikkust madala koormuse perioodidel.

Katelde töögraafiku ja nõutud tehnilis-majanduslike näitajate täitmine väljendub katlamaja dokumentatsioonis, mille hulka kuuluvad mitmesugused raamatud, nagu ööpäevaraamat, vahetuseraamat, ülevaatuseraamat ja isekirjutavate mõõteriistade lindid.

Ööpäevaraamatusse kannab kütja iga tund auru rõhu, temperatuuri, aurumõõtja ja veemõõtja näidud, toitevee temperatuuri ökonomaiseri ees ja taga, gaasianalüsaatorite näidud, suitsugaaside temperatuuri katla, ökonomaiseri ja õhueelsoojendi taga, korstnagaaside temperatuuri, tõmbemõõtjate näidud kolde juures, katla, ökonomaiseri ja õhueelsoojendi taga, õhu rõhu ja temperatuuri õhueelsoojendi ees ja taga ning õhu- ja tõmbeventilaatori elektrimootorite koormuse.

Vahetuse üleandmine ja vastuvõtmine kinnitatakse kütjate allkirjadega ööpäevaraamatus.

Vahetuseraamatusse märgib vahetuse ülem või vanemkütja vahetuse jooksul teostatud operatsioonid, ümberlülitused, seadmete seisukorra, tööreżiimi, vahetuse jooksul esinenud korratused ja avariid, seadmete perioodilised proovimised, märkused remondi kohta ja kõik korraldused, mille tähtaeg on alla ühe päeva, ning kirjutab alla vahetuse üleandmisel.

Ülevaatuseraamatusse märgitakse seadmete defektid, mida vahetuse personal ei suutnud kõrvaldada.

Remondiraamatusse (iga katelagregaadi kohta) märgi-

takse tehtud remondid, millele katlamaja juhataja või meister alla kirjutab. Küttepinna vigastuste korral tuleb märkida, millal, missuguses reas ja missugused torud on vahetatud või ummistatud. Ühtlasi tuleb säilitada kõik aktid ja dokumendid katla remondist vastuvõtmise kohta.

Korralduste raamat koosneb kahest osast. Esimesse kantakse pikemat aega kehtivad korraldused, mis pole ette nähtud vastavate instruktsioonidega. Teine osa sisaldab jooksvaid korraldusi (näiteks märkused personali töö kohta jms.).

Väikestes katlamajades on lubatav aruandlust lihtsustada.

Katlamaja töötamise kohta koostatakse ööpäeva- ja kuuaruanded, millest nähtub plaani täitmine, seadmete töörežiim, saavutatud edusammud kütuse ja elektrienergia säästmise alal, seadmete tehnilis-majanduslik töötamine ja ülesannete täitmine personali poolt.

Näitajad ülesannete täitmise ja toodangu kohta tuleb töökohale välja panna hiljemalt järgmisel päeval.

146. KATLAMAJA PERSONALI TÖÖ KORRALDAMINE

Katlamaja või liikuvate katelde pargi töö juhatamise võib usaldada tehnilise erihariduse või praktiliste kogemustega töötajale pärast viimase poolt vastava eksami sooritamist kvalifikatsioonikomisjoni ees, mille koosseisu peab kuuluma katlainspektor.

Katlamaja juhataja ülesandeks on:

a) kindlaks määrata katlamaja teenindavale personalile nende kohustused ja kontrollida nende täitmist;

b) hoida katelseadmed korras, kindlustada seadmete katkestamatu ja ohutu töötamine ning remont ja hoida katlamajas vajalikku puhtust.

Katlaid võivad teenindada mõlemast soost isikud, kes on vähemalt 18 aastat vanad, arstlikult läbi vaadatud (nägemine, kuulmine ja üldine tervislik seisund) ja omavad tunnistust eksami sooritamise kohta katlainspektsiooniga kooskõlastatud kava ulatuses ning eksamikomisjoni poolt nõutavat staaži kütjaabina. Eksamikomisjoni koosseisu peab kuuluma katlainspektor.

Naistöötajate kasutamine on keelatud käsitsi kütmisel, samuti roopijatena ja katla puhastajatena.

On keelatud anda kütjale katla töötamise ajaks lisaülesandeid, nagu toimetada katlamajja kütust, teha remonte jne. Katlainspektori loal võib kütja teenindada aurumasinat või mootorit, mis asub katlamaja ruumis.

Kütja ülesandeks on jälgida kolde, katla ja armatuuri töötamist, mõõteriistade näitusid, veeseisu katlas ja toita katelt veega.

Ta ei tohi jätta katelt järelevalveta, kui koldes on tuli või katla rõhk on kõrgem atmosfäärilisest rõhust.

Vahetuses olles vastutab katlamaja personal kõikide vigastuste, avariide ja tööõnnetuste eest, mis tekivad kehtivate eeskirjade täitmata jätmisest. Vahetuse vastuvõtmisel peab personal kontrollima katla, armatuuri ja abiseadmete korrasolekut.

Kehtestatud eeskirjad ja agregaatide teenindamise juhised peavad katlamajas olema välja pandud.

Käitise administratsioon peab vähemalt kord aastas kontrollima kütjate teadmisi.

Valvepersonali tööd juhib vahetuse ülem, tuhakoristajate, tahmapuhujate jt. tööd aga vanemkütja.

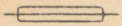
Iga töötaja katlamajas peab olema teadlik, kellele ta allub ja kellele temal on õigus teha korraldusi.

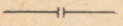
Katlamaja personali tööviljakuse tõstmist kindlustab katlamajade lülitumine sotsialistlikku võistlusse. Et saada töö-eesrindlaseks, peab kütja õppima täielikult tundma katla, kolde ning abiseadmete konstruktsiooni, nende töötamist ja katelseadme teenindamise eeskirju. Kõrgete töönäitajate saavutamiseks ja katlamaja töö parandamiseks peab kütja-eesrindlane andma eeskuju õigeks töötamiseks ja kontrollima selle järgimist, peab tõstma ise ja abistama oma kaastöölisi kvalifikatsiooni tõstmisel, töötama läbi erialast tehnilist kirjandust, katelseadme teenindamise eeskirju ja kuulama loenguid; tegema ratsionaliseerimisettepanekuid, mille eesmärgiks on kütuse, elektrienergia ja ekspluatatsioonimaterjalide säästmine, soojuskadude vähendamine miinimumini, agregaatide jõudluse ja töökindluse tõstmine, töötingimuste parandamine, ohutu töötamine ning avariide vältimine.

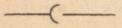
Katlamaja tööprotsesside mehhaniseerimisega, kütja töökohale kontrollmõõteriistade ülesseadmisega, mehhanismide töötamise kaugjuhtimise ja signalisatsiooniseadmete kasutamisega on võimalik vähendada abipersonali suurust, üle minna mitme katla teenindamisele ühe kütja poolt. Tööviljakuse tõstmiseks tuleb tundma õppida ja rakendada novaatorite töövõtteid, anda töökaaslastele edasi oma teadmisi ning kogemusi ja leida uusi võimalusi töö parandamiseks. Kogu personali loominguliste võimete kasutamine kindlustab seadmete maksimaalse tootlikkuse ja nende kindla, ohutu ning ökonoomse töötamise.

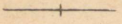
TORUSTIKU, ARMATUURI, SOOJUSSEADMETE JA APARAATIDE TINGMÄRGID

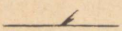
Isoleerimata toru

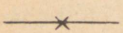

Isoleeritud toru

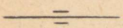

Äärikühendus

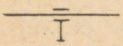

Muhvühendus

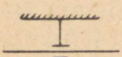

Keermeühendus

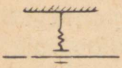

Keevisühendus

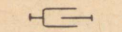

Toru kohtkindla punktiga

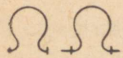

Toru liikuval toel

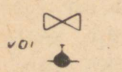

Toru juhttoel


Riputus


Vedruriputus


Tihenduspuks-kompensaator


Lüürakujuline kompensaator



Ventiil


Nurkventiil


Siiber


Läbivoolukraan


Läbivoolukraan veetorustikul


Kolmikkraan


Veekraan, harilik

Tagasilöögiklapp


Toiteventiil


Nurk-toiteventiil


Nurk-toiteventiil sulguriga


Automaatne sulgklapp


Automaatne sulgklapp käsisulguriga


Reduktsiooniklapp


Rõhuregulaator


Drosselklapp


Diafragma (drosselseib)


Vedru-kaitseklapp


Vedru-kaitseklapp äravooluta


Nurk-kaitseklapp tasakaalustava raskusega


Kaitseklapp tasakaalustava raskusega, äravooluta


Kaitseklapp ujukiga


Toiteregulaator «Kopes»


Automaatne õhuklapp


Õhukraan


Vee-eraldaja (separaator)


Kondenspott

Ülekuumendatud auru niisuti

Õlieraldaja

Mudaeraldaja, filter


Aurukatel ülekuumendiga


Auruülekuumendi


Toitevee-ökonomaiser


Auruturbiin



Aurumasin


Pindkondensaator


Segunemiskondensaator


Toitepaak deaeraatoriga


Paisumispaak


Õhupaak


Tööstuslik aurutarbija


Soojusvahendaja


Aurujahuti


Auruseparaator


Boiler


Radiaator


Ribitoru

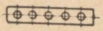

Kalorifeer


Tsentrifugaalpump


Käsipump


Inžektor


Ežektor, auru- või vee-joapump


Kollektor


Maapealne hüdrant


Veevõtusammas


Termostaat


Termomeeter



Manomeeter



Vaakuummeeter



Diferentsiaal-manomeeter



Isekirjutav manomeeter



Isekirjutav vaakuum-meeter



Isekirjutav diferentsiaal-manomeeter



Aurumõõtja



Isekirjutav aurumõõtja



Veemõõtja



Isekirjutav veemõõtja

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Ohutustehnika eeskirjad. Aurukatlad. Survemahutid. Tõsteseadmed. Kirjastus «Valgus» 1965.
2. E. Targo. Tehniline joonestamine. Kirjastus «Valgus» 1965.
3. Автоматические приборы и регуляторы. Справочные материалы. Издательство «Машиностроение». 1964.
4. Бобровский Г. С. Котельные установки малой мощности. Машгиз. 1961.
5. Бекетов П. Н. Обслуживание котельных, работающих на газовом топливе. Издательство МКХ РСФСР. 1963.
6. Гуторов В. Г. Аварии и повреждения котельных агрегатов. Госэнергоиздат. 1962.
7. Друскин Л. И. Сжигание газа в промышленных печах и котлах. Гостоптехиздат. 1962.
8. Зиборов Н. М., Мишустин М. Е., Попов Г. С. Промышленные паровые котлы малой мощности. Госэнергоиздат. 1961.
9. Киселев Н. А. Промышленные котельные установки. Издательство «Энергия». 1965.
10. Либерман Г. Р. Предупреждение аварий и неполадок котельного оборудования. Издательство МКХ РСФСР. 1962.
11. Мордхелович И. И. и Халдеев П. И. Механизация и автоматизация промышленных котельных. Госэнергоиздат 1961.
12. Панин В. И. Котельные установки малой и средней мощности. Издательство литературы по строительству. 1964.
13. Стоцкий Л. Р. Кочегар котельных на жидком и газообразном топливе. Издательство «Недра» 1964.
14. Чепель В. М., Виткин В. М. В помощь кочегару. Издательство МКХ РСФСР. 1963.
15. Шкурин Г. П. Справочник по электроизмерительным и радиоизмерительным приборам. Военные издательство Министерство обороны. СССР. 1960.

SISUKORD

Sissejuhatus 3

I. **Põhimõisteid füüsikast ja keemiast**

1. Rahvusvaheline mõõtühikute süsteem (SI) 5
2. Füüsikalisi üldmõisteid 12
3. Rõhu mõiste. Vedelikkude omadused 13
4. Õhk ja selle omadused 15
5. Jõud, töö, võimsus, energia 18
6. Soojus 18
7. Veeaur 25
8. Gaasi oleku seadused 28
9. Aine ehitus. Keemilised nähtused 31
10. Elektrilised põhisuurused 34

II. **Kütused**

11. Koostis ja omadused. Kütteväärtus 36
12. Kütuste põhilised liigid 40
13. Kütuse keskmise proovi võtmine 47
14. Kütuste säilitamine 50

III. **Toitevesi ja selle ettevalmistus**

15. Looduslik vesi ja vee lisandid 53
16. Katlakivi tekkimine 58
17. Toitevee ettevalmistamine 61
18. Vee pehmendamine katlas 73
19. Reagentide sisseviimine katlasse 78
20. Muda eemaldamine katlast 80
21. Toitevee puhastamine õlist 89
22. Veekatelde toitevee ettevalmistamine 89

IV. **Kütuste põlemine**

23. Põlemisprotsessi füüsikalis-keemilisi nähtusi 91
24. Põlemiseks vajaliku õhu ja põlemisproduktide hulk . . . 94
25. Põlemisprotsess tahke- ja vedelkütuste põlemisel 97
26. Põlemisprotsess gaasikütuste põlemisel 100

V. **Kolded**

27. Kollete jaotus ja tüübid 105
28. Kolde põhiosad 106
29. Käsitsi teenindatavad kolded 109
30. Poolmehaanilised kolded 118
31. Mehaanilised kolded 122

32. Sahtveskiga kolded 133
33. Tolmuküttekolded 135
34. Freesturbakolded 138
35. Keeriskolded 139
36. Kaheastmelise põlemisega kolded 141
37. Õliküttekolded 144
38. Gaasiküttekolded 157

VI. **Aurukatlad**

39. Aurukatelde iseloomustus 173
40. Üldmõisteid aurukatlast ja tema töötamisest 176
41. Leegitorukatlad 181
42. Suitsutorukatlad 184
43. Kombineeritud katlad 186
44. Veetorukatlad 195
45. Väikese võimsusega veetorukatlad 209
46. Sundtsirkulatsiooniga katlad 216
47. Väikekatelde aurutootlikkuse tõstmise võimalusi 220
48. Auru separeerimine 221
49. Astmeline aurustamine 223
50. Madalrõhuaurukatlad ja veekatlad 225

VII. **Auruülekuumendi**

51. Ülekuumendi ehitus ja töötamine 240

VIII. **Toitevee ökonomaiser**

52. Ökonomaiseri ehitus ja töötamine 246

IX. **Õhueelsoojendi**

53. Õhueelsoojendi ehitus ja töötamine 252

X. **Katla armatuur ja garnituur**

54. Armatuuri jaotus. Kaitseklapid 256
55. Manomeetrid 261
56. Veeseisunäitajad 263
57. Ventiilid ja siibrid 267
58. Tagasilöögiklapp 268
59. Katla garnituur 269

XI. **Katlaehituse materjalid**

60. Metallid 274
61. Müüritise materjalid 283
62. Tihendusmaterjalid 289
63. Soveldusmaterjalid 291
64. Isoleermaterjalid 292
65. Määrdeained 294
66. Abimaterjalid 295

XII. **Toiteseadmed**

67. Kolbpumbad 297
68. Tsentrifugaalpumbad 301
69. Pöörispumbad 304
70. Inžektorid 306
71. Toiteseadmete arv ja tootlikkus 309

XIII. **Tõmbe- ja õhupuhumisseadmed**

72. Korsten 311
73. Tõmbeventilaatorid 312
74. Õhupuhumisseadmed 315

XIV. **Suitsu puhastamine lendtuhast**

75. Lendtuha püüdeseadmete jaotus. Mehaanilised püüdeseadmed . 318
76. Märjad püüdeseadmed 321
77. Elektrifiltrid 322

XV. **Torustikud**

78. Aurutorustikud 325
79. Toed ja kompensaatorid 328
80. Toite- ja läbipuhumistorustikud 328
81. Üldandmeid torustike kohta 329
82. Gaasitorustikud 331
83. Vee-eraldajad ja kondenspotid 335
84. Reduktsiooniklapid 337

XVI. **Soojustehnilised mõõtmised ja mõõteriistad**

85. Soojustehniliste mõõtmiste eesmärk 339
86. Temperatuuri mõõtmine 340
87. Koguse mõõtmine 344
88. Rõhu mõõtmine 349
89. Gaasianalüüs 352
90. Elektrilised mõõteriistad 365

XVII. **Katelseadmete töötamise automatiseerimine**

91. Automaatregulaatorite kasutamise eesmärk 369
92. Toiteregulaatorid 371
93. Veeseisu signalisaatorid 381
94. Põlemise automaatregulaatorid 382

XVIII. **Kütmise põhijooni ja kollete teenindamine**

95. Kütmistehnika üldisi põhimõtteid 392
96. Kütja tööriistad 394
97. Plaanrestiga kolded kivisöe-, antratsiidi-, turba- ja puiduküttel 395
98. Kald- ja liikumatu treppristiga kolded turba- ning puiduküttel 397
99. Šahtkolded 398
100. Käpprestiga ja liigutatava treppristiga kolded põlevkiviküttel 399
101. Kettrestiga kolded kivisöeküttel 400
102. Kettrestiga šahtkolded turbaküttel 402
103. Mehaanilise treppristiga kolded põlevkiviküttel 403
104. Šahtveskiga kolded 405
105. Kivisöetolmu küttekolded 407
106. Õliküttekolded 409
107. Gaasiküttekolded 410

XIX. **Aurukatelde teenindamine**

108. Katla ettevalmistamine sissekütmiseks 415
109. Katla sissekütmine 416
110. Katla järelevalve töötamisel 418
111. Ökonomaiseri, õhueelsoojendi ja ülekuumendi hooldamine . 421
112. Õhu- ja tõmbeventilaatorite hooldamine 421
113. Aurutorustiku hooldamine 422

114. Tahma puhumine küttepindadelt 423
115. Katla läbipuhumine 424
116. Tuhaärastamine 425
117. Katelseadme lühi- ja pikaajaline seiskamine 430
118. Katla avariiline seiskamine 431
119. Vahetuse üleandmine ja vastuvõtmine 432
120. Küttepindade sisemine ja välimine puhastamine 434

XX. **Katla soojusbilanss**

121. Soojuskaod ja katla kasutegur 439
122. Aurutusarv 443
123. Auru omahind 443

XXI. **Katelseadme vigastused ja remont**

124. Remondiliigid 445
125. Trumlite ja leegitorude remont 447
126. Katlatorude ja ülekuumendi remont 449
127. Ökonomaiseri remont 450
128. Torustiku remont 451
129. Armatuuri remont 452
130. Katelagregaadi remondist vastuvõtmine 454
131. Aurukatlaosade vigastused 455
132. Katlametalli juurespragude avastamine 464

XXII. **Katelseadme avariid**

133. Avariiseisukord katlamajas 467
134. Veeseisu langus ja tõus 468
135. Torude vigastused 469
136. Müüritise varisemine ja põlemine ning plahvatused gaasikäikudes 471
137. Vee keemine malmökonomaiseris 471
138. Aurukatla lõhkemine 471
139. Tulekahju katlamajas 472
140. Tööõnnetused ja esmaabi 472

XXIII. **Katelde järelevalve ja üldised ohutustehnilised tingimused**

141. Katlaruumidele esitatavad nõuded 476
142. Aurukatelde järelevaatused 479
143. Üldisi ohutustehnilisi nõudeid katelseadme teenindamisel . 482
144. Ohutustehnilised nõuded gaasiga kütmisel 484

XXIV. **Töö organiseerimine katlamajas**

145. Katlamaja töö plaanimine ja aruandlus 485
146. Katlamaja personali töö korraldamine 486
Lisa 1. Torustiku, armatuuri, soojusseadmete ja aparaatide tingmärgid 488
Kasutatud kirjandus 490

Ирак Арнольд Юханович и Вейде Харри Мартинович. ПАРОВЫЕ КОТЛЫ. На эстонском языке. Оформление Г. Пант. Издательство «Валгус». Таллин, Пярнуское шоссе, 10.

*

Toimetaja P. Sarevet. Kunstiline toimetaja R. Tungla. Tehniline toimetaja A. Muna. Korrektor M. Pall. Laduda antud 5. I 1967. Trükkida antud 10. X 1967. Paber 60×90/16. Trükipaber nr. 3 — M. Gorki nim. Paberivabrik nr. 1 — Leningrad. Trükipoognaid 31. Arvestuspoognaid 31,33. Trükiarv 3000. MB-06072. Tellimise nr. 162. Hans Heidemanni nim. trükikoda, Tartu, Ülikooli 17/19. I

Hind rbl. 1.50.

Kontrolleksemplar

Rbl. 1.50

A
28830
71061

TÜ RAAMATUKOGU
1 0300 00449091 0