L. Paal

HOONETE soojavee-varustus

Tallinn 1970

TALLINNA POLÜTEHNILINE INSTITUUT

Sanitaartehnika kateeder

L. Paal

HOONETE SOOJAVEEVARUSTUS

Loengukonspekt

Tallinn
1970

ТАЛЛИНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
Кафедра санитарной техники

Л.Л. Пааль

ГОРЯЧЕЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ ЗДАНИЙ

Конспект лекций
На эстонском языке

2
Tartu Riikliku Ülikooli
Raamatukogu
77470

ARHIIVKOGU

Kordustrükk

Vastutav toimetaja H. Tibar

Trükkimisele antud 30. III 1979. Paber 60x84/16
Trükipg. 5,75. Tingpg.5,35. Tiraaz 300.MB-03539.Tell.153
TPI rotaprint, Tallinn, Koskla 2/9.

Hind 18 kop.

S i s s e j u h a t u s

Ehitustegevuse kiire arenguga sõjajärgsetel viisaastakutel esitatakse täiendavaid nõudeid hoonete sanitaartehniliste süsteemide ja seadmete osas. Kahjuks peab aga märkima, et mitte kõik hoonetes kasutatavad sanitaarseadmed ei vasta enam neile esitatud nõuetele nii töökindluse kui ka väliskujunduse poolest. Sageli kasutatakse sanitaarseadmeid, mis on aegunud ja väikese töökindlusega. Sama tuleb öelda ka hoonete sanitaartehniliste süsteemide, eriti aga soojaveevarustuse süsteemide projekteerimise ja ehitamise kohta. Nii pööratakse veel vähe tähelepanu süsteemi korrosiooni küsimustele ja kasutatakse vähe abinõusid selle vältimiseks. Sama kehtib ka vee pehmendamise osas, sest väga sageli on meil kas terve soojaveevarustuse süsteem või selle üksikud osad täitunud setetega, mille tagajärjel tarbijate normaalne varustamine sooja veega on häiritud. On selge, et nii nendele kui ka muudele küsimustele mitteküllaldase tähelepanu pööramine teeb süsteemi ekspluateerimise kalliks.

Kui veel kümmekond aastat tagasi ei ehitatud hoonetesse alati tsentraliseeritud soojaveevarustuse süsteemi, siis praegu on juba ehituslike normidega ette nähtud, et tsentraliseeritud soojaveevarustus tuleb kõikidesse hoonetesse, mis saavad soojuse kohalikust katlamajast või soojusvõrgust. Seepärast on meie otseseks ülesandeks tundma õppida sooja vee valmistamise ja süsteemide töökindla ekspluateerimise kaasaegseid meetodeid.

Käesolev loengukonspekt on ette nähtud eelkõige veevarustuse ja kanalisatsiooni ning kütte ja ventilatsiooni eriala üliõpilastele. Allpool toodu moodustab ühe osa kursusest "Hoonete sanitaartehnilised seadmed".

Kuna konspekti koostamisel on võimaluse piirides kasutatud nii meie kui ka välismaa kogemusi ja on antud vajalikul määral teatmematerjali, siis on toodu küllaldane hoonete soojaveevarustuse süsteemide projektide koostamiseks. Loengukonspekt on kirjutatud kooskõlas kehtivate standarditega (ГОСТ) ja ehituslike normidega (СНиП).

I

VEE KVALITEET

1. Nõuded vee kvaliteedile

Elamute ja ühiskondlike hoonete, aga ka tööstuse majandus-joogivee soojaveevõrkudes kasutatav vesi peab olema joogivee kvaliteediga ja vastama ГОСТ 2874-54 nõuetele. Nõudeid, mida esitatakse joogiveele standardis ГОСТ 2874-54, ei ole siin vaja korrata, kuna need tuuakse kursuses "Veevarustus". Siin käsitletakse ainult neid erinõudeid veele, mis on vajalikud soojaveevarustuse süsteemide häireteta tööks.

Soojaveevarustuse süsteemi normaalse töö tagamiseks pööratagu erilist tähelepanu kasutatava vee karedusele ja hapnikusisaldusele. Viimased põhjustavad süsteemi pindade kattumist mittelahustuvate sooladega (katlakiviga) ja materjali korrosiooni. Korrosiooni ja soolade eraldumise protsess on soojaveevarustuse süsteemides väga keeruline ja seda on vähe uuritud. Oletatakse, et mineraalsoolade tekkimist soojaveevõrkudes põhjustavad vees leiduvad süsihappe soolad.

Peamiseks korrosiooni põhjuseks soojendatavas vees on lahustunud hapnik. Korrosiooni kiirendavad veel vees esinevad süsihape, vaba kloor ja selle soolad, väävelvesinik jne. Kui näiteks vees on 150 mg/l väävelvesinikku (H_2S), muutuvad kuni 25 mm läbimõõduga torud kasutamiskõlbmatuks juba ühe aasta jooksul.

Kaltsium ja magneesium esinevad vees väga mitmesuguste ühenditena, kuid peamiselt on setete tekkimise allikaks soojaveevarustuse süsteemides kaltsiumi ja magneesiumi süsihappe soolad (karbonaadid). Külmas vees esinevad süsihapu kaltsium ja magneesium bikarbonaatidena ($Ca(HCO_3)_2$ ja $Mg(HCO_3)_2$). Juba väheselgi vee soojenemisel muutuvad bikarbonaadid karbonaatideks ja eraldub süsihappegaas järgmiste reaktsioonide kohaselt:

$$Ca(HCO)_3 = CaCO_3 + H_2O + CO_2,$$

$$Mg(HCO_3)_2 = MgCO_3 + H_2O + CO_2.$$

Karbonaadid, eriti aga $CaCO_3$, lahustuvad väga vähe ja langevad veest välja, moodustades enamikel juhtudel torude ja seadmete seintele tugeva kihi. Karbonaatide väljalangemine veest algab ligikaudu 40° temperatuuri juures ja lõpeb täielikult 100° juures.

Mis puutub väävelhappe sooladesse, siis kaltsiumi ühend kips ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) langeb veest välja tunduvalt kõrgema temperatuuri (120° - 160°) juures ja rõhul üle 5 atü. Selliseid tingimusi esineb aga ainult aurukateldes.

Harilikult on külm vesi hapnikuga küllastunud ja olenevalt temperatuurist on vee hapnikusisaldus 9 - 13 mg/l. Temperatuuri tõusul vee küllastatus hapnikuga väheneb (70° juures on 5 mg/l), mistõttu osa hapnikku vabaneb ja reageerib rauaga. Tuleb märkida, et vaba hapniku toimel ei teki korrosioon ühtlaselt kogu süsteemi ulatuses, vaid esineb intensiivselt üksikutes kohtades ja punktides. Sellised üksikud korrosioonipesad, mis ilmuvad väga ootamatult, võivad rivist välja viia kogu soojaveevarustuse süsteemi. On täheldatud, et korrosioon on eriti intensiivne kohtades, kus on suurem rõhk ja kõrgem temperatuur. Peale selle oleneb korrosiooni intensiivsus veel vee voolamise kiirusest; väikese kiiruse puhul on hapnikumullikesed väga pikka aega kokkupuutes metalliga ja sellepärast on mahtboilerites korrosioon tugevam kui kiirboilerites.

Toodust selgub, et sageli on vaja vett enne töödelda, mida tehakse kahte moodi:

1) vee karbonaatse kareduse vähendamine ja

2) hapniku kõrvaldamine veest.

Kuna nimetatud abinõud teevad soojaveevarustuse süsteemi kallimaks ja ekspluatatsiooni keerulisemaks, siis tuleks neid kasutada vaid erandjuhtudel. Kui sooja veega varustamine toimub otse soojusvõrgust, ei tohiks vees lahustunud hapnikku olla enam kui 0,05 mg/l ja karbonaatne karedus mitte suurem kui 1,5 mg ekv/l (СНиП II-Г.10-62).

2. Meetodid vee kareduse vähendamiseks

Soojendatava vee kareduse vähendamiseks on vaja bikarbonaadid muuta karbonaatideks, millel on palju väiksem lahustuvus. Tingituna väikesest lahustuvusest langevad nad veest välja settebasseinides, kus vesi liigub aeglaselt. Kasutatavamate kareduse vähendamise meetodite hulka kuuluvad lubi-, lubi-sooda- ja sööbenaatrium-sooda-meetodid. Kõikidel juhtudel koosneb kareduse vähendamise aparatuur reaktiivide doseerimise ning veega segamise ja pehmendatud vee selgimise reservuaaridest ja paakidest. Tuleb märkida, et selliste seadmete ekspluateerimine nõuab pidevat ja tähelepanelikku hooldamist. Reaktiivide doseerimist ja juhtimist segamispaaki reguleeritakse kogu aeg vee analüüside järgi pärast pehmendamist. Seepärast on selge, et nende meetodite kasutamine on mõeldav vaid tsentraalsetes katlamajades-soojussõlmedes, kus vastavad inimesed on olemas. Hoonete soojaveevarustuse süsteemides neid meetodeid ei kasutata.

Karbonaatsoolad võib aga muuta sooladeks, mis täielikult lahustuvad vees, või sooladeks, mis ei anna kivistunud setet. Selleks võib vette lisada naatriumfosfaati (Na_3PO_4), mis väldib aurukateldes katlakivi tekkimist, tekib ainult mudataoline sete. Soojaveevarustuse süsteemides seda meetodit ei kasutata.

Laialdaselt kasutatakse vee pehmendamiseks kationiitfiltreid. Vesi juhitakse läbi filtrite (glaukoniit jt.mineraalained), kus toimub üldkareduse soolade ioonide vahetus.

On kaks veepehmendamise kationiitmeetodit: naatriumkationiit- ja vesinikkationiitmeetod.

Naatriumkationiitide kasutamisel eemaldatakse filtris olev naatrium aluseliste metallidega, mida leidub pehmendatavas vees ja mis põhjustavad kareduse. Kui filtri keha hakkab küllastuma kaltsiumi ja magneesiumiga ning kaotab oma puhastava toime, on vaja filter taastada. Selleks pestakse filtrit keedusoola lahusega, kusjuures tekib vastupidine reaktsioon: kaltsium ja magneesium ühinevad uhtelahusega ning suunatakse kanalisatsiooni. Filtrite läbipesemisel läheb naatrium omakorda keedusoola lahusest kationiidi koostisse, taastades selle omadused. Kationiidi taastamist nimetatakse sageli ka filtri regenereerimiseks.

Keemilised reaktsioonid, mis seejuures toimuvad, võib esitada järgmiste võrranditega:

vee pehmendamisel:

$$Na_2R + Ca(HCO_3)_2 \rightleftarrows CaR + 2NaHCO_3,$$

$$Na_2R + Mg(HCO_3)_2 \rightleftarrows MgR + 2NaHCO_3,$$

$$Na_2R + CaSO_4 \rightleftarrows CaR + Na_2SO_4,$$

$$Na_2R + MgSO_4 \rightleftarrows MgR + Na_2SO_4.$$

Siinjuures CaR ja MgR püütakse kinni filtriga ja $NaHCO_3$ ning Na_2SO_4 viib kaasa pehmendatud vesi;

regenereerimisel keedusoolaga toimuvad järgmised reaktsioonid:

$$CaR + 2NaCl \rightleftarrows Na_2R + CaCl_2,$$

$$MgR + 2NaCl \rightleftarrows Na_2R + MgCl_2.$$

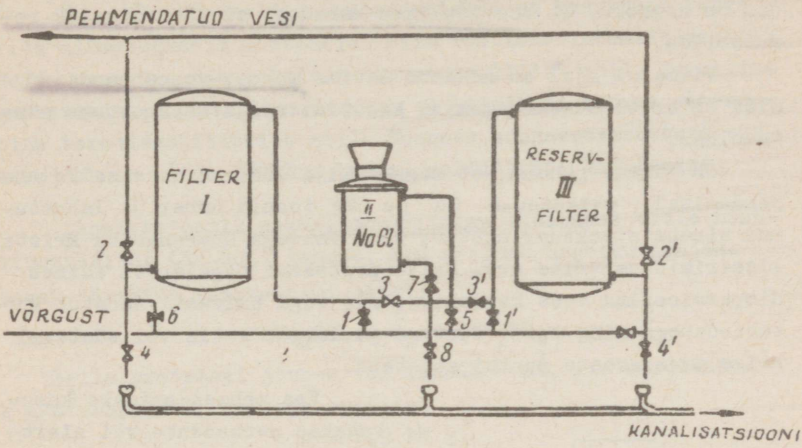
Kationiitfiltri skeem on toodud joonisel 1.

Kationiitfiltri regenereerimise protsess koosneb kolmest üksteisele järgnevast operatsioonist:

1) filtri kobestamine ja pesemine, milleks vesi juhitakse läbi filtri alt üles ja edasi kanalisatsiooni. Seejuures on avatud siibrid 6, 3 ja 8; kõik ülejäänud on suletud;

2) filtri taastamine NaCl lahusega, mis juhitakse läbi filtri ülevalt alla. Selle protsessi ajal on avatud siibrid 5, 7, 3 ja 4;

3) filtri pesemine puhta veega, milleks vesi juhitakse läbi filtri ülalt alla. Avatud on siibrid 1 ja 4.



Joon. 1. Kationiitfiltri skeem:
I - filter, II - keedusool, III - reservfilter.

Vesinikkationiite ei taastata aga mitte keedusoolaga, vaid väävelhappega. Reaktsioonid, mis toimuvad vesinikkationiitide puhul, on järgmised:

vee pehmendamisel:

$$H_2R + Ca(HCO_3)_2 = CaR + 2H_2O + 2CO_2 ,$$

$$H_2R + CaSO_4 = CaR + 2H_2SO_4 ,$$

$$H_2R + CaCl_2 = CaR + 2HCl,$$

regenereerimisel:

$$CaR + H_2SO_4 = H_2R + CaSO_4 ,$$

$$MgR + H_2SO_4 = H_2R + MgSO_4 .$$

Nii naatrium- kui ka vesinikkationiitfiltritega saab peaaegu täielikult kõrvaldada üldise kareduse. Soojaveevarustuse süsteemides on soovitav kasutada Na-kationiite.

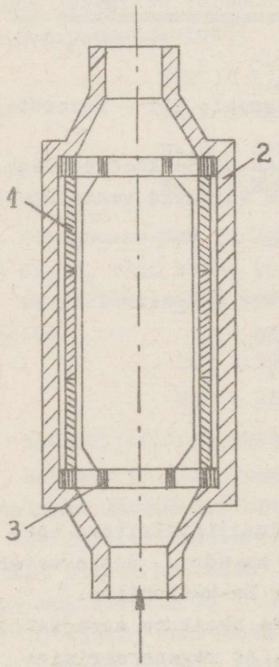
Filtrite mõõtmed ja arv, aga ka üksikute agregaatide maht määratakse lähtudes tingimusest, et regenereerimine ei toimuks sagedamini kui 2 - 3 korda ööpäevas. Kationiit-

filtrite kasutamisel on vaja ette näha ka reservagregaadid.

Kationiitfiltrite puuduseks soojaveevarustuse süsteemides on asjaolu, et vee lõplikku karedust ei ole võimalik reguleerida.

Viimasel ajal on hakanud levima magnet-veepehmendajad, mida on eriti otstarbekohane kasutada soojaveevarustuse süsteemides.

On tähele pandud, et magnetvälja läbinud vees selle soojendamisel paigutuvad Ca ja Mg ioonid ümber ja lahustunud ainete struktuur muutub. Koos sellega suureneb ka kristalliseerimistsentrite arv. Selle protsessi tagajärjel esineb dispersioonina vees katlakivi, mis väga halvasti seostub küttepindadega ning toru seintega ja langeb katla või süsteemi kõige madalamasse punkti setetena.



Vee pehmendamiseks kasutatakse permanent- või elektromagnetit. Soojaveevarustuse süsteemides on levinum permanentmagnet-veepehmendaja (joon. 2), mis monteeritakse külma vee torustikule enne boilerit vertikaalselt. Vesi liigub läbi pehmendaja suunaga alt üles. Kasutatakse peamiselt karbonaatse kareduse kõrvaldamiseks.

Peale magnet-veepehmendaja on vee pehmendamisel katsetatud veel ultraheli ja kõrgsagedusvoolu, kuid neid meetodeid ei ole seni veel tööstuslikult rakendatud.

Joon. 2. Magnet-veepehmendaja:
1 - magnet, 2 - kere,
3 - suundketas.

3. Meetodid vee hapnikusisalduse vähendamiseks

Vee hapnikusisalduse vähendamiseks on kasutusel terve rida mitmesuguseid meetodeid. Siin vaatleme lähemalt meetodeid, nagu vee deaeratsioon naatriumsulfiidi abil, termiline gaseerimine, vaakuumdeaeratsioon ja hapnikusisalduse vähendamine teraslaastfiltrite abil. Hoonete soojaveevarustuse süsteemides on kõige levinum teraslaastfiltrite kasutamine.

Deaeratsioonil naatriumsulfiidiga lisatakse veele naatriumsulfiidi (Na_2SO_3) lahust, mis eraldab hapniku soojast veest järgmise reaktsiooni järgi:

$$2Na_2SO_3 + O_2 = 2Na_2SO_4 .$$

Selle protsessi juures vee mahule W m^3, mis sisaldab k g/m^3 hapnikku, on vaja sulfiiti

$$g = 7{,}9\ kW\ g.$$

Nagu näitavad praktilised kogemused, on sulfiidikulu mõnel määral suurem. Kuigi nimetatud meetod on lihtne, on tal ka mõningaid puudusi. Neist tähtsamad on järgmised:

1) vett on vaja enne soojendada (külma veega toimub reaktsioon väga aeglaselt);

2) pidevalt tuleb jälgida dosaatori tööd, mida eriti raskendab sooja vee muutuv vooluhulk;

3) vee omadused muutuvad.

Nimetatud meetod on leidnud laialdast kasutamist soojuskandja pehmendamisel, kuid sooja vee pehmendamiseks teda ei kasutata.

Termilisel degaseerimisel soojendatakse vett kuni 102° - 104° erilistes seadmetes - deaeraatorites, kus hapniku partsiaalrõhk väheneb. Meetod on laialdaselt kasutusel soojuselektrijaamades katelde toitevee ettevalmistamiseks.

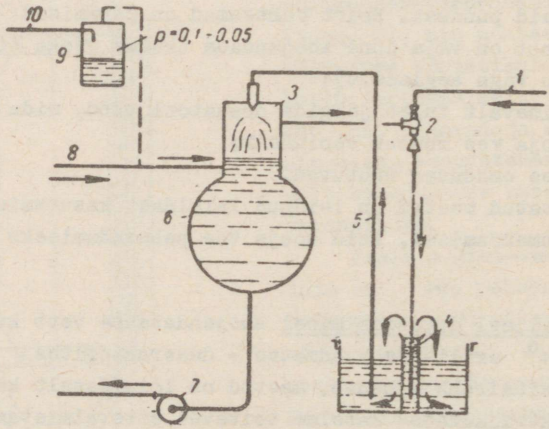
Soojaveevarustuse süsteemides on vee termilisel degaseerimisel mõningaid puudusi. Peamine puudus seisab selles, et on vaja spetsiaalseid toitepumpasid, kuna esialgne veevõrgu rõhk kaob voolamisel deaeraatorisse. Peale selle tuleb, kuna

degaseerimisel on vajalik küllalt kõrge temperatuur, sooja vett enne tarbijatele andmist segada külma veega.

Kuigi termilise degaseerimise protsess on hästi automatiseeritav, on see küllalt keeruline ja selle ekspluateerimine on majanduslik vaid suurte seadmete puhul.

Vaakuumdeaeratsiooni skeem on toodud joonisel 3.

Vesi veevõrgust läbib kõigepealt ejektori 2, imedes gaasi deaeraatori peast ja luues seal vaakuumi. Seejärel juhitakse vesi avatud anumasse - gaasieraldisse, kus osa gaasi eraldub veest. Edasi juhitakse vesi toru 5 kaudu deaeraatorisse, kus ta aeraatori peas pihustatakse. Viimases protsessis, tingituna suurest kontaktpinnast, eraldub hapnik veest. Deaeratsiooni intensiivistamiseks juhitakse deaeraatorisse toru 8 kaudu auru. Kui auru ei ole, saadakse teda soojast veest spetsiaalses aurustis 9, kuhu soe vesi juhitakse toru 10 kaudu. Protsessi tulemusel deaereeritud vesi langeb reservuaari 6, millest ta pumbaga 7 pumbatakse soojaveevarustuse süsteemi.

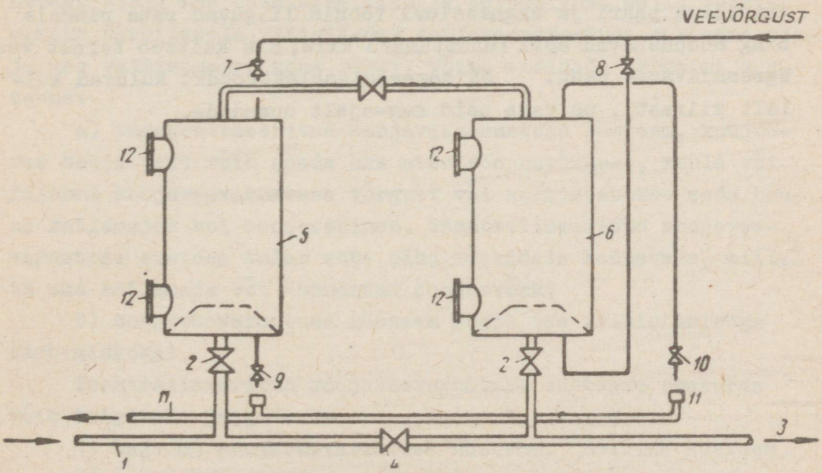


Joon. 3. Vaakuumdeaeraator:
1 - veetoru veevõrgust, 2 - ejektor, 3 - deaeraatori pea, 4 - gaasieraldi, 5 - imitoru, 6 - deaereeritud vee kogunemisreservuaar, 7 - pump, 8 - aurutoru, 9 - auruti, 10 - sooja vee toru.

Vaakuumdeaeraatori töö on hästi automatiseeritav. Süsteemi peamiseks puuduseks on seadme kõrgus (vajab ruumi kõrgusega 8 - 10 m), mille tõttu ei ole hoonetes kasutatav. Vaakuumdeaeraatoreid kasutatakse peamiselt rajooni soojussõlmedes vee hapnikusisalduse vähendamiseks.

Teraslaastfiltrit kasutatakse edukalt hoonetes vee hapnikusisalduse vähendamiseks, kuna seadme ekspluateerimine on väga lihtne. Töötamispõhimõte seisneb selles, et soojendatud vesi juhitakse enne tarbimist läbi teraslaastfiltrite. Külma vee juhtimine läbi filtrite ei anna soovitud tulemusi, kuna reaktsioon raua ja hapniku vahel toimub väga aeglaselt.

Teraslaastfiltri skeem on toodud joonisel 4, mida on edukalt kasutatud Moskvas kõrghoonete soojaveevarustuse süsteemis. Teraslaastfilter koosneb kahest reservuaarist, millest esimeses on teraslaastud ja teises kvartsfilter. Kvartsfilter on mõnede autorite arvates vajalik vees esinevate



Joon. 4. Teraslaastfilter:
1 - sooja vee toru boilerist, 2 - siibrid, 3 - filtreeritud sooja vee toru, 4 - siiber, 5 - teraslaastfilter, 6 - liivafilter, 7 ja 8 - ventiilid filtrite pesemiseks, 9 ja 10 - ventiilid filtrite pesuvee eemaldamiseks, 11 - kanalisatsioon, 12 - luugid filtrite täitmiseks ja tühjendamiseks.

roosteosakeste kinnipüüdmiseks. Kuigi liivafiltri kasutamisel saame puhtama vee, teeb ta skeemi keerulisemaks. Nagu näitavad teraslaastfiltrite kasutamise kogemused Tallinnas, võib liivafiltrist loobuda. Liivafiltri ärajätmine oluliselt vee kvaliteeti ei halvenda.

Kuigi sooja vee deaeratsioon vähendab vee hapnikusisaldust, mille tagajärjel väheneb süsteemi elementide korrosioon, ei tohi siiski unustada, et hapnikuvaba vesi võib põhjustada elektrokeemilist korrosiooni. Iga vesi, eriti aga soe vesi, on mingisugusel määral elektrolüüt. Selle nähtuse vältimiseks on hakatud kasutama nn. anoodkaitset, mis on väga efektiivne.

Elektrokeemilise korrosiooni vastu on välja töötatud rida meetodeid, kuid kõige levinum nendest on magneesiumi kasutamine. Anoodiks on siinjuures magneesiumist varras kaaluga 400 - 700 g. Magneesium ja raud moodustavad galvaanilise paari ja magneesiumi ioonid liiguvad raua pinnale ning moodustavad seal lahustumatu kile, mis kaitseb terast vee agressiivsuse eest. Et magneesiumelektroodid kuluvad küllalt kiiresti, on vaja neid aeg-ajalt uuendada.

II

SOOJAVEEVARUSTUSE SÜSTEEMID JA SKEEMID

4. Soojaveevarustuse süsteemide liigitus

Hoone soojaveevarustuse süsteem koosneb harilikult seadmetest sooja vee valmistamiseks ja torustikust selle juhtimiseks tarbijatele. Liigitades soojaveevarustuse süsteeme sooja vee valmistamise koha järgi, võime eraldada järgmisi süsteeme:

a) tsentraliseeritud soojaveevarustuse süsteem, kusjuures sooja vett võib saada kas otse soojusvõrgust, asula või rajooni soojaveevarustuse võrgust või valmistatakse seda hoone katlamajas või soojussõlmes. Tsentraliseeritud soojaveevarustuse süsteem tuleb ette näha kõikidele hoonetele, millel on oma katlamaja või ühendatud soojusvõrk;

b) soojaveevarustuse süsteem sooja vee valmistamisega tarbimiskohal.

Tsentraliseeritud soojaveevarustuse süsteeme omakorda võib liigitada järgmiselt:

1. Rajooni soojaveevarustuse süsteem. Selline süsteem teenindab üksikuid linna rajoone, kvartaleid, üksikuid hoonete gruppe või tervet asulat. Sellised süsteemid on tsentraalsed soojaveevarustuse süsteemid, kuna sooja vee valmistamine toimub rajooni või kvartali katlamajas, kust soe vesi antakse pumpade abil torustiku kaudu üksikutele hoonetele ja tarbijatele.

2. Hoone tsentraliseeritud soojaveevarustuse süsteem sooja vee valmistamisega hoones. Selle süsteemi juures soe vesi valmistatakse kas hoone katlamajas või soojussõlmes ja antakse torustiku kaudu tarbijatele. Vajalik soojus sooja vee valmistamiseks saadakse siin hoone kateldest või soojusvõrgust.

3. Soojaveevarustuse süsteem, kus vesi saadakse vahetult soojusvõrgust, s.t. soojusvõrgu vett kasutatakse nii hoone kütteks kui ka sooja vee tarbimise rahuldamiseks. Tingimuseks selle süsteemi juures on, et soojusvõrgu vesi oleks joogivee kvaliteediga.

Küsimus, millist tsentraliseeritud soojaveevarustuse süsteemi valida, lahendatakse tehnilis-ökonoomiliste arvestustega.

Soojaveevarustuse süsteemides sooja vee valmistamisega tarbimiskohal võib kasutada vee soojendamiseks mitmesuguseid seadmeid, nagu gaasiboilereid, vanniahjusid tahkel kütusel jne. Kohalikke seadmeid sooja vee valmistamiseks ei ole aga ökonoomne kasutada kui soojushulk, mis on vajalik vee soojendamiseks, ületab 50 000 kcal/h. Kasutatakse peamiselt järgmisi seadmeid vee soojendamiseks:

1. Gaasiboilerid, mida elamutes lubatakse kasutada korruste arvust olenemata, kui on olemas võimalus põlemisgaaside ärajuhtimiseks. Gaasiboilereid ei lubata kasutada hotellinumbrite vannitubades, koolides (välja arvatud einelauad ja korterid), spordihoonete duširuumides, s.t. kohtades, kus boilerite kasutajad on juhuslikud, vastavate kogemusteta isikud.

2. Vanniahjusid tahkel kütusel on lubatud kasutada ainult kuni 5 korruselistes (kaasa arvatud) elamutes juhtudel, kui hoone ei ole gasifitseeritud.

3. Elektriboilerite kasutamine sooja vee saamiseks peab alati olema põhjendatud tehnilis-ökonoomiliste arvutustega. Elektriboilerite kasutamisel hoone korruste arvu ei piirata.

Elamutes lubatakse СНиПII-Г.8-62 tingimuste põhjal kasutada ainult ühte ülalnimetatud soojaveevarustuse süsteemi: kas tsentraliseeritud või kohalikku süsteemi.

Peale toodud jaotuse võib soojaveevarustuse süsteeme

liigitada veel sooja vee akumuleerimise viisi ja vee saamise viisi järgi veevõrgust. Sooja vee akumuleerimise viisi järgi võib eraldada järgmisi süsteeme:

1) süsteemid, kus soe vesi akumuleeritakse suurtes lahtistes või kinnistes reservuaarides (akudes) konstantse mahu või konstantse temperatuuri juures;

2) süsteemid, kus soe vesi akumuleeritakse suure soojusmahtuvusega kateldes;

3) süsteemid, millel ei ole seadmeid sooja vee akumuleerimiseks.

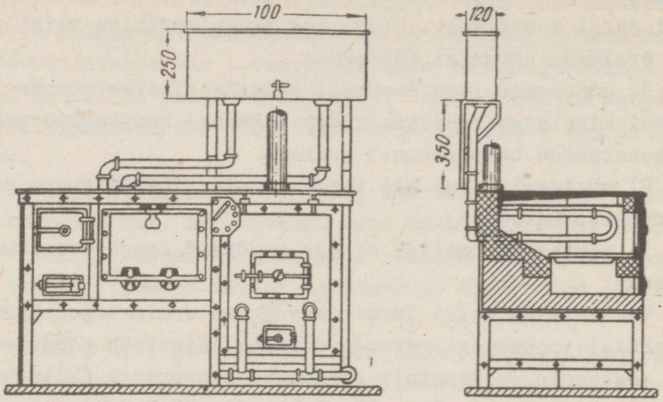
Vee saamise viisi järgi veevõrgust eraldatakse kinnisi ja lahtisi soojaveevarustuse süsteeme. Kinnised soojaveevarustuse süsteemid on vahetult ühendatud veevõrguga (külm vesi) ja töötavad viimase rõhu all. Lahtistes süsteemides aga juhitakse vesi veevõrgust reservuaaridesse ujukklappide kaudu. Lahtise soojaveevarustuse süsteemi rõhk oleneb seega reservuaari asukohast. Viimasel ajal on rohkem levinud kinnine süsteem, mille ekspluateerimine on tunduvalt lihtsam.

5. Kohalikud seadmed sooja vee valmistamiseks

Kõige lihtsam viis ühe korteri sooja vee vajaduse rahuldamiseks on põlemisgaaside ärakasutamine küttekolletes. Üks selliseid skeeme on toodud joonisel 5.

Selle skeemi puhul asetatakse soojendustorud pliidi küttekoldesse või suitsulõõri. Soojendustorud on harilikult läbimõõduga 32 - 50 mm, kusjuures ühte küttekoldesse võib paigutada torusid üldpindalaga kuni 0,4 - 0,6 m^2. Soojendustorud omakorda ühendatakse reservuaariga. Sellise süsteemiga võib valmistada 2 - 3 tunni jooksul 200 - 300 l sooja vett temperatuuriga 65 - 70°C, millest jätkub üheks-kaheks vanniks.

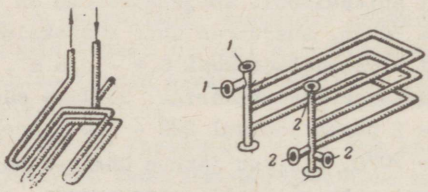
Reservuaari maht võib olla mitmesugune, olenevalt sooja vee vajadusest. Vanni olemasolul valitakse reservuaari maht suurem, kuid mitte üle 350 - 400 l, sest vastasel korral läheb vajaliku temperatuuriga vee saamiseks kütmise aeg liiga pikaks. Reservuaari soojuskadude vähendamiseks tuleb kasutada



Joon. 5. Pliidi küttegaaside kasutamine sooja vee valmistamiseks.

soojusisolatsiooni. Külma vett võidakse reservuaari saada kas otse veevõrgust (töötab veevõrgu rõhul) või ujukklapiga paagi kaudu. Viimasel juhul oleneb rõhk vahepaagi asukohast hoones.

Soojendustorud küttekoldes võivad olla mitmesuguse kujuga. Joonisel 6 on toodud 2 võimalikku varianti ja nende valik oleneb küttekolde konstruktsioonist.

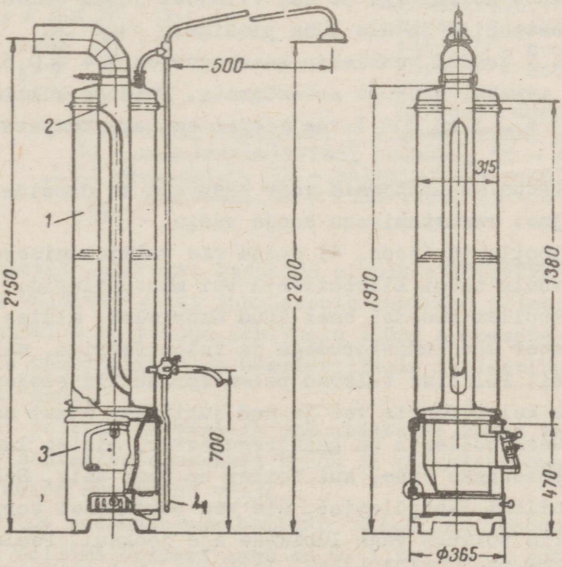


Joon. 6. Soojendustorude kujud küttekoldes.
1 ja 2 - avad tsirkulatsioonitorude ühendamiseks.

Harilikult tsirkuleerib soojendustorudes soojendatav vesi. Kui aga vesi on väga kare (> 7 mg ekv/l), on soovitatav asetada ka boilerisse soojendustorud ja soojuskandjaks kasutada pehmemat vett. Viimasel juhul soojuskandja omadused kinnises süsteemis ei muutu ja vett on vaja lisada ainult kadude (auramise ja lekkimise) kompenseerimiseks.

Küttekollete baasil sooja vee valmistamine on ökonoomne ainult kõrgeväärtusliku kütuse kasutamisel. Halva kvaliteediga niiske kütuse kasutamisel(külm vesi soojendustorudes omakorda vähendab temperatuuri küttekoldes) võib põlemine muutuda ebapüsivaks. Madalakvaliteedilise kütte kasutamisel on soovitavam soojendustorud monteerida suitsulõõri, kusjuures torude pindala peaks olema 3–4 korda suurem. Harilikult võib suitsulõõri asetada torusid üldpindalaga kuni 2,5 m^2.

Tahke kütusega vanniahjusid kasutatakse sooja vee valmistamiseks ainult ühele korterile (joon. 7).



Joon. 7. Vanniahi:
1 – vee reservuaar, 2 – suitsutoru, 3 – küttekolle, 4 – külma vee toru.

Siin koosneb süteem vee reservuaarist ja küttekoldest, kusjuures vee soojendamiseks kasutatakse küttegaase, mis juhitakse toru kaudu läbi reservuaari. Vanniahi on harilikult dušiga ja segajakraaniga vanni täitmiseks. Reservuaari maht on 90 - 100 l, ja kui sooja vee temperatuur on 70°C, jätkub sellest veest üheks vanniks.

Vee reservuaar valmistatakse lehtterasest ja kaetakse mõlemalt poolt emailiga. Küttekolle on malmist.

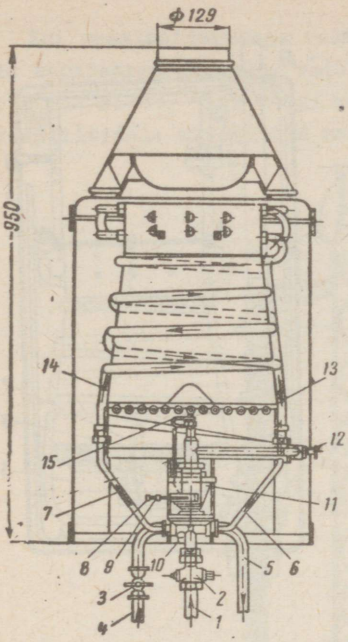
Vanniahjud monteeritakse vannituppa (harva ka kööki) põrandale, kui viimane on mittepõlevast materjalist. Põlevast materjalist (puidust jt.) põrandate puhul tuleb ahju alla ehitada vundament, kas betoonist või kahest kihist tellistest savimördil. Vundamendi suurus olgu 45x45 cm. Küttekolde ukse ette põrandale tuleb panna plekk asbestalusel mõõtmetega 50x70 cm. Mittepõlevast materjalist seinte puhul peab ahju ja seina vahe olema vähemalt 5 cm, põlevast materjalist seinte korral aga 30 cm. Viimasel juhul tuleb sein katta asbestpapiga ja üle lüüa plekiga.

Joon. 7 toodud vanniahju kasutegur on 0,4 - 0,5, ruumi kütmiseks minevat soojust arvestamata. Puiduga kütmisel on küttekulu 4 - 5 kG 100 l vee soojendamiseks temperatuurini 70°.

Nimetatud vanniahjusid võib kasutada ka dušše, pesukausside jne. varustamiseks sooja veega.

Gaasiboilerid (joon. 8) sooja vee valmistamiseks võivad olla läbivoolu tüüpi kiirboilerid või mahtboilerid.

Gaasiboiler koosneb emailitud ümbrisest, milles paiknevad põlemiskamber soojendustorudega ja kalorifeeriga, milledes voolab vesi. Põletist tulevad põlemisproduktid soojendavad torudes ja kalorifeeris vee ja nad juhitakse edasi suitsukanalisse. Gaasiboileril on gaasiregulaator, mis ei lase gaasil suunduda põletisse enne, kui boiler on vett täis. Sellega välditakse boileri läbipõlemist, mis vee puudumisel torudes ja kalorifeeris toimuks väga lühikese aja jooksul. Peale selle väldib regulaator gaasi voolu põletisse, kui viimases on leek kustunud.



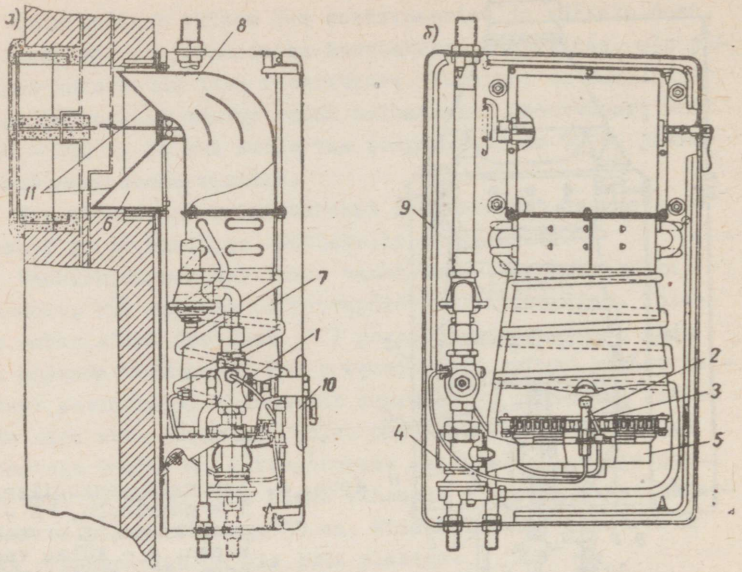
Joon. 8. Automaatgaasiboiler: 1 - gaasitoru, 2 - gaasikraan, 3 - veekraan, 4 - külma vee toru, 5 - sooja vee toru, 6 - sooja vee ühendustoru, 7 - külma vee ühendustoru, 8 - süütaja käepide, 9 - gaasikraani käepide, 10 - reguleerimisvindi summuti, 11 - gaasi rõhu regulaator, 12 - põlemisdüüsi regulaator, 13 - soe vesi, 14 - külm vesi, 15 - bimetallplaat.

Tänapäeval lubatakse kasutada ainult automaatgaasiboilereid, mis väldivad gaasi juurdevoolu kustunud põletisse.

Joonisel 9 on toodud läbivoolu tüüpi automaatgaasiboiler, mille gaasijuhtmed on hermeetiliselt isoleeritud ruumist, kus boiler asub.

Gaasi põlemiseks vajalik õhk juhitakse ruumi välisseinas oleva horisontaalse õhukanali kaudu ja põlemisproduktid sama kanali ülemise ava kaudu välja.

Mahuline automaatgaasiboileri skeem on toodud joonisel 10. Sellise boileri maht on 80 l. Boiler on automatiseeritud vee temperatuuri reguleerimise ja gaasi väljalülimise osas leegi kustumise korral.



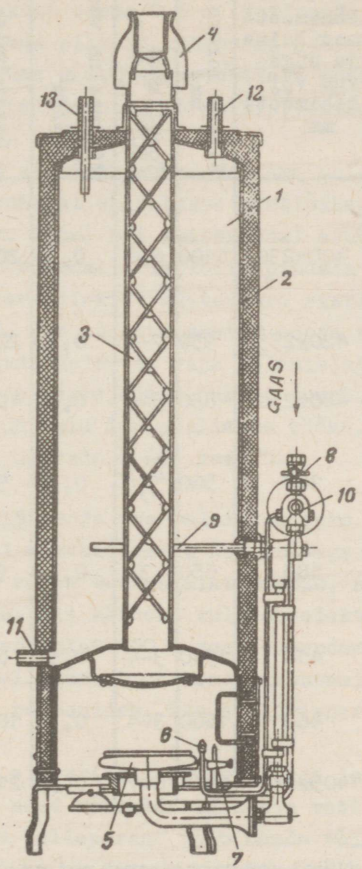
Joon. 9. Automaatgaasiboiler hermeetilise kerega:
1 - elektromagnetilise klapi lülitusnupp,
2 - põletipea, 3 - termopaar, 4 - plokk-kraan,
5 - poleti, 6 - õhutoru, 7 - radiaator, 8 - põlemisproduktide kanal, 9 - boileri kere,
10 - ava süütamiseks, 11 - sulgemisklapp.

Gaasiboilerid mitmesuguste sanitaarseadmete varustamiseks sooja veega paigaldatakse vannituppa või kööki. Neid toidetakse külma veega otse veevõrgust, seega töötavad nad veevõrgu rõhul.

Gaasiboilerite tehnilised andmed on toodud tabelis 1.

Gaasiboilerid paigutatakse ventileeritavasse vannituppa, kusjuures kiirboilerite puhul peab ruumi maht olema vähemalt 7,5 m^3 ja mahuliste boilerite puhul 6,0 m^3. Peab olema tagatud värske õhu juurdevool ruumi, milleks nähakse ette seina võre pindalaga 0,02 m^2 või jätakse ukse ja põranda vahele pilu laiusega 30 mm. Ruumi uks peab avanema väljapoole.

Kui gaasiboileritega valmistatakse sooja vett ka teistele sanitaarseadmetele, võib gaasiboileri paigutada kööki. Seejuures ei ole vaja köögi mahtu suurendada, vaid piisab gaasipliitidele ettenähtud mahust.



Joon. 10. Mahuline gaasiboiler (tüüp AГВ-80):
1 - veereservuaar, 2 - boileri kere, 3 - soojendustoru, 4 - tõmbekatkesti, 5 - peapõleti, 6 - abipõleti, 7 - termopaar, 8 - gaasikraan, 9 - termostaat, 10 - elektromagnetiline klapp, 11 - külma vee torustik, 12 - sooja vee torustik, 13 - termomeeter.

Tabel 1

Gaasiboilerite tehnilised andmed

Gaasiboileri nimetus	Põhimõõtmed (laius ja sügavus või läbimõõt) mm	Üldine kõrgus mm	Tootlikkus (500°C) l/min.	Minimaalne veerohk kG/cm²	Gaasi hulk kcal/h	Gaasitoru läbimõõt mm	Suitsugaasitoru läbimõõt	Veetoru läbimõõt	Kaal kG
Poolautomaatgaasiboiler KГ	400x230	1100	6–8	0,5	20 000	25	120	15	25
Automaatgaasiboiler КГ-И-56	420x255	950	7–8	0,35	22 500	20	130	15	25
Gaasiboiler "Cupuyc"	480x250	850	5–6	0,35	16 000	25	250 210	15	40
Väike gaasiboiler pesukausile	160	560	2,3–3	0,5	9 000	20	–	15	5,5
Poolautomaatne väike gaasiboiler 1-ВК-2	185	650	3	0,5	9 000	20	120	15	10
Mahuline gaasiboiler АГВ-80, maht 80 l	410	1540	3–4	0,5	6 000	15	80	15	80
Mahuline gaasiboiler АГВ-120	460	1600	3–4	0,5	10 600	15	130	15	100
Gaasiboiler "Ленинград 5"	405x250	1010	6–7	0,35	21 600	20	130	15	23

Läbivoolu tüüpi gaasiboilerid paigutatakse mittepõlevale seinale, kusjuures pilu seina ja boileri vahel peab olema 20 mm ja boileri kõrgus põrandast 1200 mm (kuni veekraanini). Boileri monteerimisel poolpõlevale seinale (krohvitud puitsein) on vaja jätta 30-mm pilu seina ja boileri vahele ja sein isoleerida plekiga kaetud 3-mm paksuse asbestpapiga. Isolatsioo-

nikiht peab olema igas suunas 10 cm suurem kui boileri gabariidid.

Gaasiboiler ühendatakse suitsukanaliga plekist toru abil, mille läbimõõt peab olema vähemalt 125 mm. Parema tõmbe saamiseks gaasiboileri juures peab vertikaalse toruosa pikkus kuni esimese käänakuni olema 0,5 m (kui ruumi kõrgus on kuni 2,7 m, lubatakse seda pikkust lühendada 0,25 m). Suitsutoru tuleb asetada languga >0,01 gaasiboileri poole. Gaasiboileri asukoht tuleb aga valida nii, et plekist suitsutoru ei oleks pikem kui 3 m.

Suitsukanalid seintes peavad vastama tuletõrje nõuetele. Tellisseinas suitsukanal ehitatakse ristlõikega 14 x 14 cm ehk $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$ tellist. Juhul kui suitsukanal asub betoonist plokkides, ei tohi suitsukanali ristlõike pindala olla väiksem kui temaga ühendatava plekist suitsutoru ristlõike pindala.

Gaasiboilerid, mis on ette nähtud sooja vee valmistamiseks ainult pesukaussidele, ei vaja põlemisjääkide ärajuhtimiseks suitsutoru, põlemisjäägid jäävad ruumi. Sellised boilerid on ette nähtud vaid lühiajaliseks tööks, kusjuures nende koormus ei tohi ületada 8 000 kcal/h.

Elektriboilerid sooja vee valmistamiseks võivad olla kas läbivoolu tüüpi või mahtboilerid. Nad on väga mugavad ja hügieenilised seadmed sooja vee valmistamiseks, kuid on küllalt suure energiakuluga. Nii näiteks kulutab elektriline kiirboiler 14 kWh elektrienergiat 100 l vee soojendamiseks kuni temperatuurini 35°. Sellepärast on nende kasutamine praegu ökonoomne üksnes neis rajoonides, kus elektrienergia omahind on madal.

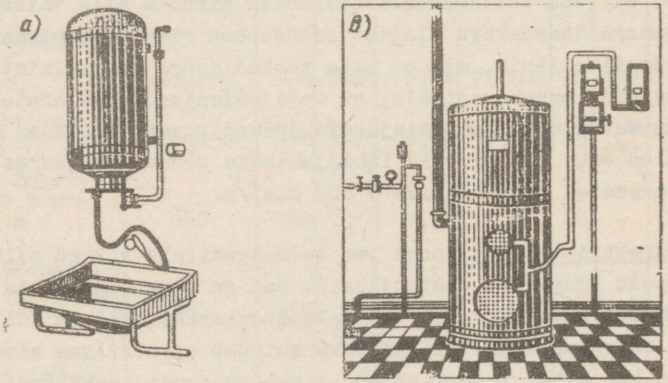
Tänapäeval on elektriboileritest kõige levinumad mahulised boilerid, sest need võimaldavad sooja vett valmistada pikema aja jooksul ja sellepärast võib nende võimsus olla väiksem. Elektriboileritel on teiste kohalike sooja vee valmistamise seadmetega võrreldes väga kõrge kasutegur (0,95).

Läbivoolu tüüpi elektriboileri (joon.11 a) maht on 6 - 10 l. Harilikult sellised boilerid kinnitatakse seinale ja neid kasutatakse sooja vee valmistamiseks pesukaussidele. Seejuures on nendega võimalik 15 min.jooksul valmistada 10 l

50 - 70°C sooja vett (võimsus 1,5 - 2 kW).

Mahulistel elektriboileritel (joon. 11 b) on 65 - 100 l reservuaar. Nad võivad olla kas põrandal või seinale kinnitatud. Soojuskadude vähendamiseks on reservuaaril hea soojusisolatsioon (klaasvatt jt. materjalid). Mahulised boilerid, mida kasutatakse sooja vee valmistamiseks vannidele, on mahuga 80 - 120 l ja võimaldavad 2 - 3 tunni jooksul saada vett temperatuuriga 75°.

Elektriboilerid võivad olla vahetult ühendatud veevõrguga, töötades viimase rõhul, või lahtist tüüpi. Viimasel juhul sooja vee rõhk sanitaarseadme juures oleneb boileri asendist.

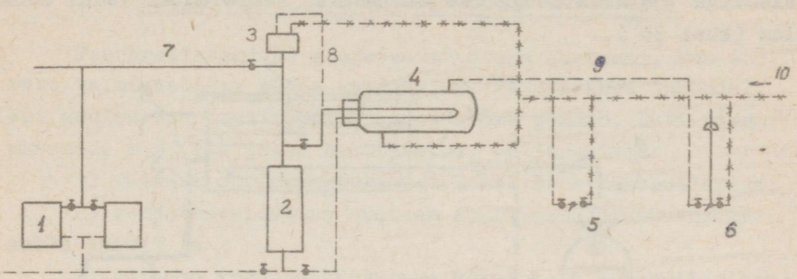


Joon. 11. Elektriboilerid:
a - kiirboiler, b - mahtboiler.

6. Väikese võimsusega soojaveevarustuse süsteemid

Väikese võimsusega soojaveevarustuse süsteeme kasutatakse vähekorruselistes hoonetes ja individuaalelamutes. Nende skeemide juures on otstarbekas ühendada hoone küte sooja vee valmistamisega. Väikese võimsusega soojaveevarustuse süsteeme peaks hakatama laialdasemalt kasutama põllumajanduslikes asulates ja teistes väikeasulates, kus soojusvõrgu ehitamine ei ole põhjendatud.

Harilikult selline süsteem koosneb väikese soojusmahtuvusega katlast ja mahtboilerist (joon.12).



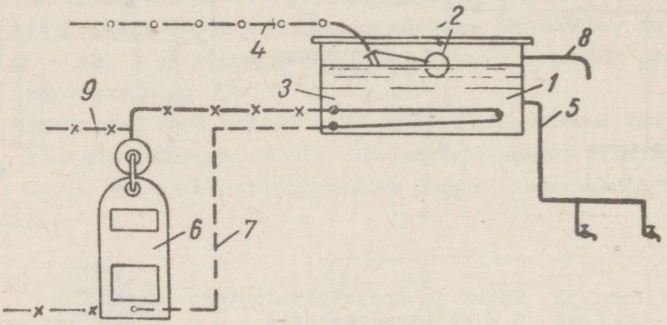
Joon. 12. Kütte ja soojaveevarustuse skeem:
1 - kütteradiaatorid, 2 - katel, 3 - laiend, 4 - mahtboiler, 5 - segajakraan pesukausile, 6 - segajakraan koos dušiga vannile, 7 - küttetorustik, 8 - õhutoru, 9 - sooja vee torustik, 10 - külm vesi.

Selle skeemi juures on soojuskandjale ette nähtud omaette torustik, kusjuures sama soojuskandja tsirkuleerib ka küttesüsteemis. See süsteem väldib korrosiooni ja katlakivi tekkimise katlas, kuna soojuskandjaks võime kasutada pehmendatud vett. Mahtboileri kasutamine aga võimaldab katta sooja vee tarbimise tippkoormusi katla võimsust suurendamata. Skeemi peamiseks puuduseks on sooja vee temperatuuri kõikumine olenevalt tarbimisest (maksimaalne temperatuur 80° ja minimaalne 45°).

Huvitav on märkida, et joon.12 toodud skeemi puhul saame küttesüsteemi anda palju madalama temperatuuriga vett kui boilerisse. See saavutatakse küttesüsteemi tsirkulatsioonitorul enne katelt olevaventiili drosseldamise teel.

Kui joon. 12 on toodud soojaveevarustuse süsteem, mis töötab veevõrgu rõhul, siis joon. 13 esitatud skeem on lahtise boileriga. Siin antakse külm vesi ujukkraani kaudu sooja vee reservuaari ülemisse osasse, kus ta seguneb sooja veega. Soojaveevõrk töötab siin rõhuga, mille määrab boileri asukoht hoones.

Joon. 13 toodud skeemi võib kasutada ka tööstushoonetes gruppduššidele sooja vee valmistamisel. Võrreldes eelmise skeemiga on siin sooja vee minimaalne temperatuur veidi madalam (kuni 35°).



Joon. 13. Lahtine väikese võimsusega soojaveevarustuse skeem:
1 - sooja vee paak, 2 - ujukkraan, 3 - soojendustorud, 4 - külm vesi, 5 - sooja vee jaotustorustik, 6 - katel, 7 - soojuskandja tsirkulatsioonitoru, 8 - ülevoolutoru, 9 - küttesüsteemi toitetoru.

Toodud väikese võimsusega soojaveevarustuse süsteemide skeemidel ei ole näidatud tsirkulatsioonitoru soojale veele. Juhul kui sanitaarseadmed on boileri lähedal, ei ole viimasel mõtet, kuna see teeb montaaži keerulisemaks. Kui aga sanitaarseadmed on boilerist küllalt kaugel, tuleks ette näha ka tsirkulatsioonitorustik.

Siin vaatlesime ainult kaht väikese võimsusega soojaveevarustuse süsteemi, kuid olenevalt kohalikest tingimustest ja hoone otstarbest on mõeldavad veel teisedki skeemid, nagu näiteks sooja vee valmistamise skeem suure soojusmahtuvusega katlas. Viimasel juhul ei ole aga küttesüsteemi ühendamine soojaveevarustuse süsteemiga otstarbekas ja kütteks tuleb ette näha teine katel.

7. Tsentraliseeritud soojaveevarustuse süsteemid sooja vee valmistamisega hoone katlamajas

Tsentraliseeritud soojaveevarustuse süsteemi, kus soe vesi valmistatakse hoone katlamajas, kasutatakse juhtudel, kui asulas tsentraliseeritud soojusvõrk puudub. Levinumad skeemid, mida sel juhul kasutatakse, on järgmised:

1) väikese soojusmahtuvusega katel koos mahtboileriga;

2) soojaveevarustuse süsteem suure soojusmahtuvusega katla baasil ja

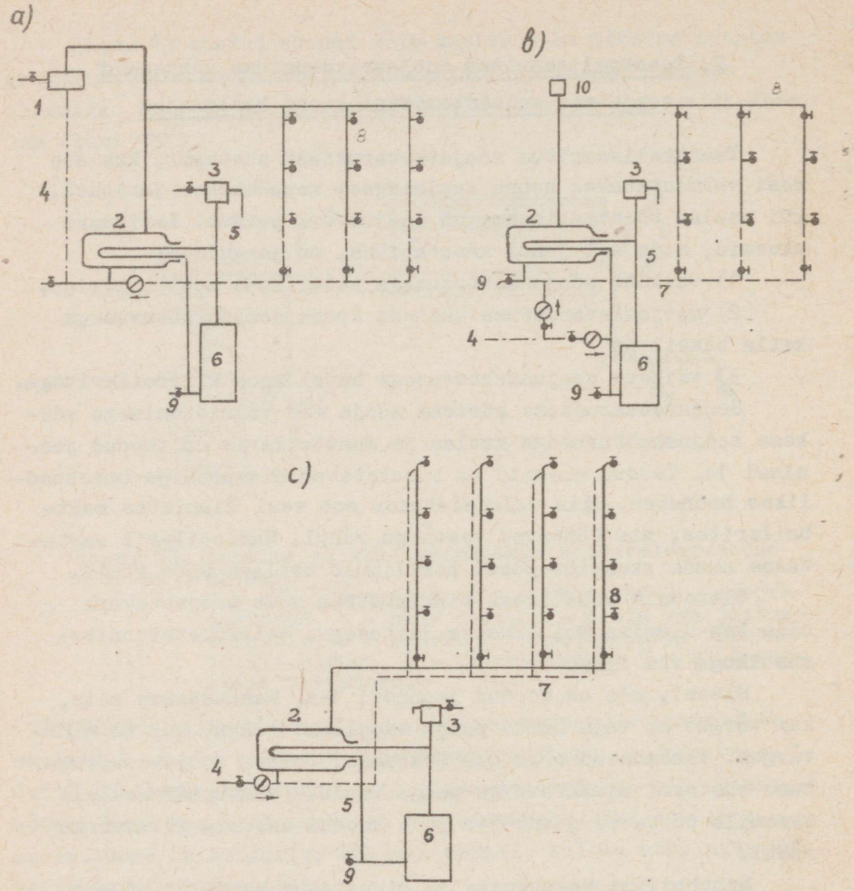
3) väikese soojusmahtuvusega katel koos kiirboileritega.

Soojaveevarustuse süsteem sooja vee valmistamisega väikese soojusmahtuvusega katlas ja mahtboileris on toodud joonisel 14. Toodud skeemid on kasutatavad elamutes ja ühiskondlikes hoonetes. Siin valmistatakse soe vesi kinnistes mahtboilerites, mis töötavad veevõrgu rõhul. Mahtboilerid asetatakse nende skeemide puhul harilikult katlaga ühte ruumi.

Olenevalt kohalikest tingimustest võib soojaveevõrk olla kas ülemise või alumise jaotusega, tsirkulatsioonitorustikuga või ilma.

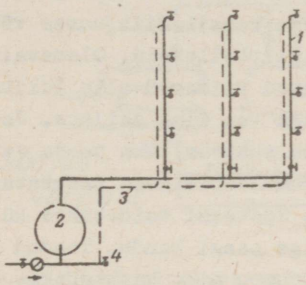
Skeemi, mis on toodud joonisel 14a, kasutatakse siis, kui võrgus on vaja hoida palju madalamat rõhku, kui on välisvõrgus. Vähendatud rõhk saavutatakse, toites soojaveevarustuse süsteemi ujukkraaniga paagi kaudu. Vastupidi sellele skeemile töötavad joon. 14b ja c toodud skeemid välisvõrgu rõhul.

Mahtboileri kasutamine on õigustatud nendel juhtudel, kui sooja vett tarbitakse väga ebaühtlaselt. Siis mahtboiler täidab ka sooja vee reservuaari - akumulaatori ülesandeid ja võimaldab vähendada katla võimsust. Peale selle tagab mahtboiler katla ühtlase tööreziimi ja väldib järske temperatuuri kõikumisi võrgus.



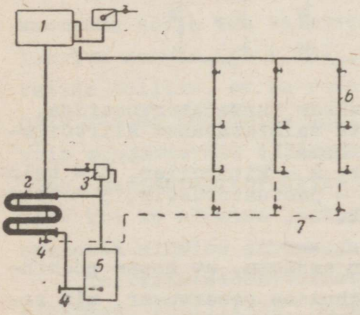
Joon. 14. Soojaveevarustuse skeemid väikese soojusmahtuvusega katla ja mahtboileriga:
a - võrgu toitmine ujukklapiga paagi kaudu (lahtine süsteem), b - kinnine süsteem ülemise jaotusega, c - kinnine süsteem alumise jaotusega:
1 - ujukkraaniga paak, 2 - mahtboiler, 3 - laiend, 4 - toitetoru, 5 - soojuskandja torustik, 6 - katel, 7 - tsirkulatsioonitorustik, 8 - jaotustorustik, 9 - kraan soojuskandja väljalaskmiseks, 10 - automaatne õhueraldaja.

Sooja vee valmistamisel suuremahulistes (nn. suure soojusmahtuvusega) kateldes täidab viimane ka akumulaatori ülesannet (joon. 15). Seda skeemi kasutatakse elamutes ja ühiskondlikes hoonetes, kus sooja vee tarbimine on ebaühtlane. Kuigi skeem on väga lihtne, tingib ta suuremahuliste ja kalliste terasest katelde kasutamist.



Joon. 15 . Soojaveevarustuse süsteem suure soojusmahtuvusega katlaga: 1 - jaotustorustik, 2 - katel, 3 - tsirkulatsioonitorustik, 4 - kraan süsteemi tühjendamiseks.

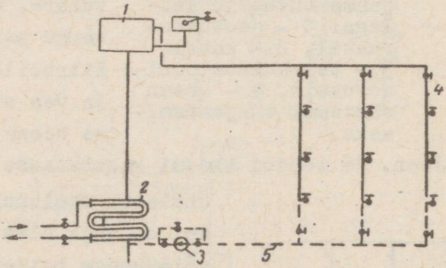
Joonisel 14 toodud skeemide variandina kasutatakse sooja vee valmistamiseks kiirboilereid koos väikese soojusmahtuvusega katlaga. Kui sooja vee tarbimine hoones on ebaühtlane, kasutatakse sooja vee valmistamiseks kas kinnisi reservuaare, mis lülitatakse võrku paralleelselt kiirboileriga, või sooja vee survereservuaare hoone pööningul (joon. 16). Joon. 16 toodud skeemi kasutatakse suurte ja ebaühtlaste vooluhulkade puhul, kui on vaja üles seada suure võimsusega boiler. Kiirboileril on mahtboileriga võrreldes pealegi suurem kasutegur. Nagu näeme eespool, kasutatakse selliseid skeeme sageli saunade ja pesumajade sooja veega varustamiseks, kusjuures süsteemi toidetakse külma veega ujukkraaniga paagi kaudu.



Joon. 16. Soojaveevarustuse süsteem kiirboileriga ja väikese soojusmahtuvusega katlaga. 1 - survepaak, 2 - kiirboiler, 3 - laiend, 4 - väljalaskekraan, 5 - katel, 6 - jaotustorustik, 7 - tsirkulatsioonitorustik.

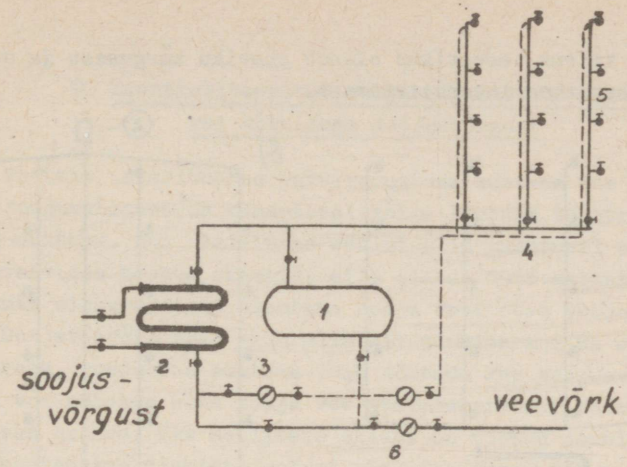
8. Tsentraliseeritud soojaveevarustuse süsteemid sooja vee valmistamisega hoones soojusvõrgu baasil

Ülaltoodud skeemid muutuvad mõnel määral, kui sooja vett valmistatakse hoones soojusvõrgu baasil. Siinjuures võib kasutada nii mahtboilereid kui ka kiirboilereid. Olenevalt sooja vee tarbimise ebaühtlusest võivad viimased olla lülitatud kas paralleelselt akumulaatoriga või ilma selleta. Joonisel 17 on toodud soojaveevarustuse süsteem, kus sooja vett valmistatakse kiirboileriga ja akumuleerimiseks kasutatakse surevereservuaari hoone pööningul. Süsteemi toidetakse külma veega surevereservuaari ujukkraaniga paagi kaudu. Toodud skeemil on näidatud ka tsirkulatsioonipump, mida kasutatakse sooja vee tsirkulatsiooni tagamiseks võrgus. Õhueraldajana töötab käesoleval juhul surevereservuaar.



Joon. 17. Soojaveevarustuse skeem surevereservuaariga, kusjuures sooja vett valmistatakse kiirboileritega soojusvõrgu baasil:
1 - surevereservuaar, 2 - kiirboiler, 3 - tsirkulatsioonipump, 4 - jaotustorustik, 5 - tsirkulatsioonitorustik.

Nimetatud skeemi puuduseks on asjaolu, et hoone pööningule tuleb asetada küllalt suuremahuline reservuaar, mis sageli nõuab spetsiaalset kandekonstruktsiooni. Sellest puudusest on vaba joon. 18 toodud skeem, kus sooja vee varud hoitakse kiirboileriga paralleelselt lülitatud akumulaatoris.



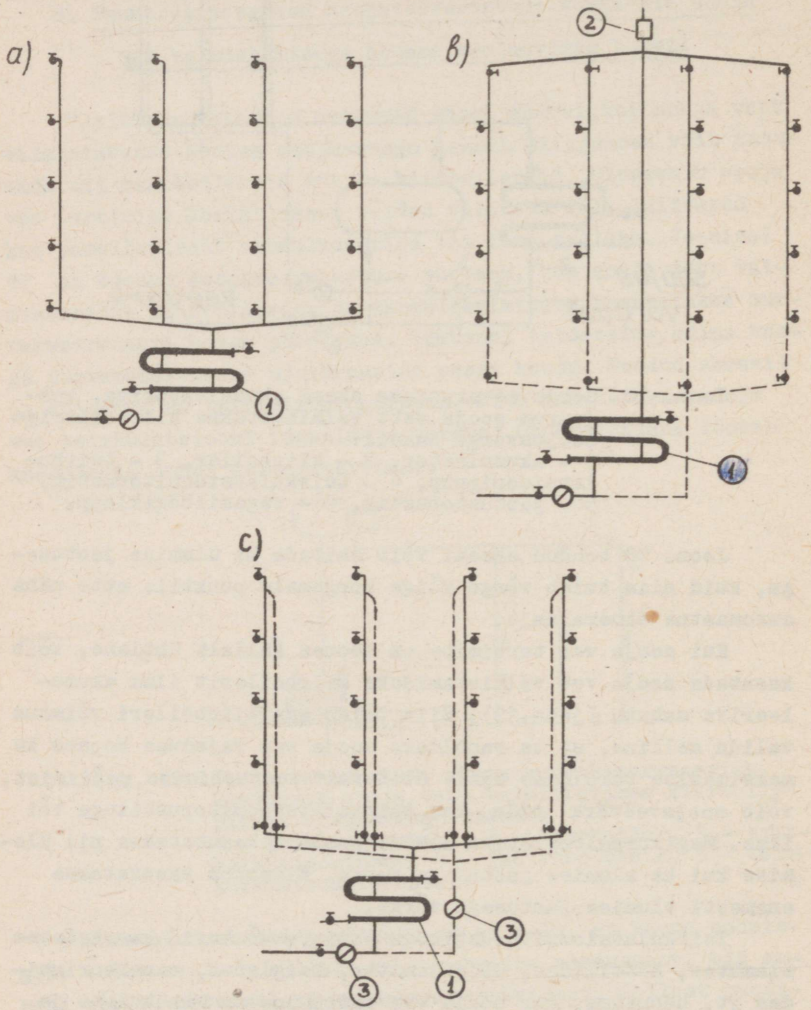
Joon. 18. Soojaveevarustuse skeem akumulaatoriga, kusjuures sooja vett valmistatakse kiirboileriga soojusvorgu baasil:
1 - akumulaator, 2 - kiirboiler, 3 - tsirkulatsioonipump, 4 - tsirkulatsioonitorustik, 5 - jaotustorustik, 6 - tagasilöögiklapp.

Joon. 18 toodud skeemi võib ehitada ka ülemise jaotusega, kuid siis tuleb võrgu kõige kõrgemale punktile ette näha automaatne õhueraldaja.

Kui sooja vee tarbimine on hoones küllalt ühtlane, võib kasutada sooja vee valmistamiseks kiirboilerit ilma akumuleeriva mahuta (joon.19). Siis tuleb aga kiirboileri võimsus valida selline, et ta rahuldaks sooja vee vajaduse hoones ka maksimaalse tarbimise ajal. Olenevalt veetarbimise režiimist, võib soojaveevõrk olla kas tsirkulatsioonitorustikuga või ilma. Magistraaltorustiku asendi poolest kasutatakse nii ülemise kui ka alumise jaotusega võrke. Elamutes kasutatakse enamasti alumise jaotusega võrke.

Tsirkulatsioonitorustikuga soojaveevõrkusid kasutatakse elamutes, hotellides, ühiselamutes, haiglates, sanatooriumides jt. hoonetes, kus sooja vee tarbimine on ebaühtlane ja lühiajaline. Vesi tsirkuleerib võrgus harilikult erikaaludest tingitud rõhu mõjul. Kui aga magistraaltorud on pikad, tuleb tsirkulatsiooniks kasutada tsirkulatsioonipumpa. Tsirkulat-

siooni kiirus torustikus oleneb püstiku kõrgusest ja sooja vee kasutamise intensiivsusest.

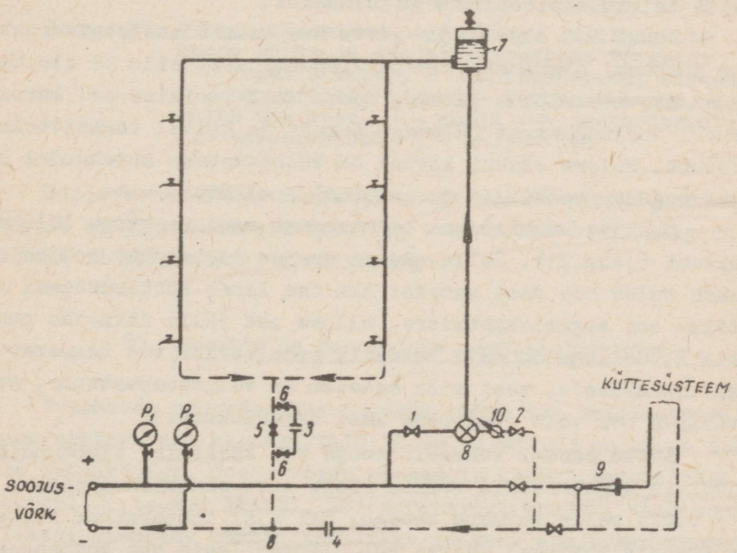


Joon. 19. Soojaveevarustuse skeem kiirboileriga:
a - alumise jaotusega ilma tsirkulatsioonitorustikuta süsteem, b - ülemise jaotusega süsteem.
c - alumise jaotusega süsteem koos tsirkulatsioonitorustikuga: 1 - kiirboiler, 2 - õhueraldaja, 3 - tagasilöögiklapp.

9. Tsentraliseeritud soojaveevarustuse süsteemid vee võtmisega soojusvõrgust

Tsentraliseeritud soojaveevarustuse süsteem vee võtmisega soojusvõrgust on tänapäeval kõige lihtsam tsentraliseeritud süsteem. Kui Tallinnas senini olid kasutusel eelmistes paragrahvides toodud skeemid, siis alates 1966.aastast hakati Mustamäe elamurajoonis kasutama sooja vett otse soojusvõrgust.

Soojaveevõrk võib siin olla nii alumise kui ka ülemise jaotusega, kusjuures süsteem võib töötada kas soojusvõrgu rõhul või nähakse ette sooja vee survereservuaar rõhu vähendamiseks hoones. Üks selliseid skeeme on toodud joonisel 20, kus kasutatakse ülemist jaotust. Sellise võrgu töö on erinev



Joon. 20. Tsentraliseeritud soojaveevarustuse süsteem vee võtmisega soojusvorgust:
1 ja 2 - ventiilid soojaveevõrgu ühendamiseks soojusvorguga, 3 ja 4 - drosselseibid, 5 - ventiil (avatud talvel), 6 - ventiil (avatud suvel), 7 - ohueraldaja, 8 - automaatsegaja, 9 - küttesüsteemi elevaator, 10 - tagasilöögiklapp.

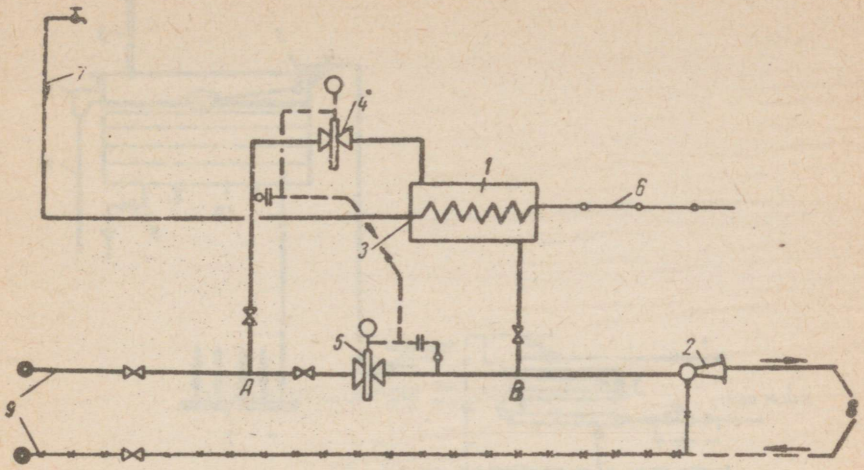
suvel ja talvel. Kütteperioodil on rõhk segamiskambris võrdne rõhuga soojusvõrgu tagasivoolutorus (ventiil 2 on avatud) ja sellepärast soojusvõrgus tsirkulatsiooni ei ole. Suvel, kui sooja vee temperatuur soojusvõrgus on konstantne ega olene välistemperatuurist, ventiil 2 suletakse ja soojaveevarustuse võrku toidetakse ventiili 1 kaudu. Viimasel juhul on rõhk soojaveevõrgus tsirkulatsiooni loomiseks küllaldane. Et saada ka kütteperioodil vajalikku rõhku sooja vee tsirkulatsiooniks hoone sisevõrgus, asetatakse mõnikord soojusvõrgu tagasivoolutorule drosselseib 4, kusjuures arvestatakse rõhukadu 0,2 - 0,3 m.

On selge, et toodud skeemil on tsirkulatsioonirõhk suvel liiga suur. Selle vähendamiseks suletakse siiber 5 ja vesi juhitakse läbi drosselseibi 3, mille abil on võimalik viia tsirkulatsioonirõhk miinimumini.

Juhul kui sisevõrgus jätta ära tsirkulatsioonitorustik, on süsteemi ekspluateerimine lihtsam, sest siis ei ole vajadust drosselseibide järele. Sooja vett võetakse sel korral suvel soojusjaamast tulevast torust ja talvel tagasivoolutorust. Mõlema skeemi korral on küttesüsteem suvekuudel soojusvõrgust (ventiilid on suletud) eraldatud.

Moskvas kasutatakse teistsugust soojaveevõrgu lülitusskeemi (joon.21). Selle skeemi juures jaotatakse soojusjaamast tulev soe vesi kaheks: üks osa läheb küttesüsteemi ja teine osa segamiskambrisse, hiljem nad jälle ühinevad punktis B. Sellega on meil võimalik reguleerida vee temperatuuri küttesüsteemis, sest mida madalam on välistemperatuur, seda väiksem osa vett juhitakse läbi segamiskambri.

Antud skeemi kohaselt sooja vee tarbimise tipptundidel juhivad regulaatorid rohkem sooja vett segamiskambrisse, mille tõttu selle võimsus tõuseb. Sel ajal temperatuur küttesüsteemis mõningal määral küll langeb, kuid see kompenseeritakse küttekehade kõrgema temperatuuriga sooja vee minimaalse tarbimise tundidel (termorelee 3 suleb klapi 4 ja avab klapi 5).



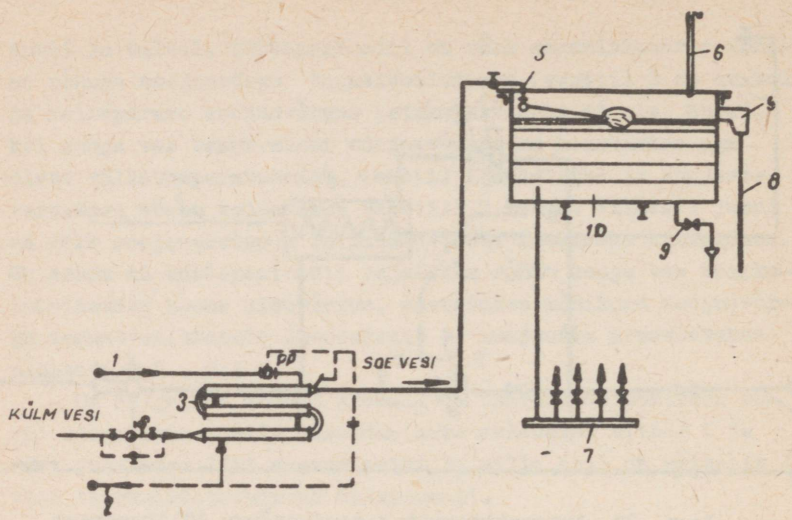
Joon. 21. Automatiseeritud soojusvõrgu lülitusskeem hoone kütte- ja soojaveevarustuse võrguga: 1 - segamiskamber, 2 - küttesüsteemi elevaator, 3 - termorelee, 4 ja 5 - automaatklapid, 6 - külma vee toru, 7 - sooja vee jaotustorustik, 8 - küttesüsteem, 9 - soojusvõrk.

Soojaveevarustuse süsteemi sooja vee võtmisega soojusvõrgust on lihtne ekspluateerida, kuid alati tuleb jälgida, et vesi oleks joogivee kvaliteediga.

10. Saunade ja pesumajade soojaveevarustus

Vanemates saunades kasutatakse sooja vee valmistamiseks suure mahtuvusega teraskatlaid, mille sisepinda on kerge puhastada katlakivist. Soojusvõrgu olemasolu korral kasutatakse joonisel 22 toodud skeemi. Kui soojusvõrk puudub, võib soojusallikana kasutada samuti kohalikku väikese soojusmahtuvusega katelt, kusjuures soojuskandjaks võib olla vesi või aur.

Kuna sageli linnade soojusvõrgud projekteeritakse soojuskandja temperatuuri langusele 80° - 40°, siis joon. 22 toodud skeem on hästi ratsionaalne. Selle skeemi kohaselt töötab kiirboiler vastupidiselt harilikule töörežiimile. Skeemi tööprintsiip on järgmine: soojendatav vesi antakse rõhu all



Joon. 22. Saunade ja pesumajade soojaveevarustuse skeem: 1 ja 2 - soojusvõrgu torud, 3 - kiirboiler, 5 - ujukkraan, 6 - aurutoru, 7 - sooja vee jaotusvõrk, 8 - ülevoolutoru, 9 - tühjendustoru, 10 - sooja vee paak.

läbi kiirboileri 3 paaki 10. Paagist juhitakse soe vesi jaotustorustiku 7 kaudu veevõtupunktidesse. Akumulaatori osa täidab selle skeemi kohaselt paak 10. Kuna külma vee vooluhulk boileris on konstantne, on ka soojendatud vee temperatuur paagis konstantne. Et kergendada süsteemi ekspluateerimist, kasutatakse automaatset temperatuuriregulaatorit, mis reguleerib soojuskandja vooluhulka. Sooja vee paagil on ujukkraan. Avarii vältimiseks peavad paagil olema ka ülevoolutoru ja signalisatsiooniseadmed, sest ujukkraan ei ole sooja vee puhul eriti töökindel.

Peale toodud skeemi kasutatakse saunade ja pesumajade sooja veega varustamiseks veel teisi lihtsamaid skeeme. Skeemi valik oleneb kasutatavast soojusallikast ja vajalikust sooja vee vooluhulgast.

III

SOOJAVEEVARUSTUSE SÜSTEEMI EHITUS

11. Akumulaatorid

Reservuaare-akumulaatoreid kasutatakse sooja vee ebaühtlase tarbimise korral, eesmärgiga vähendada katelde ja boilerite võimsust ja mõõtmeid. Nad tagavad boilerite ja katelde ühtlase töörežiimi ning väldivad süsteemis järske temperatuuri kõikumisi.

Sooja vee akumulaatorid võivad töötada kas konstantse mahuga või konstantse temperatuuriga. Esimesel juhul, kui akumulaatoris on vee maht konstantne, kõigub sooja vee temperatuur olenevalt tarbimisest. Seega, kui boiler on valitud keskmise tarbimise järgi, on vee temperatuur ajal, mil tarbimine ületab keskmise, madalam arvutuslikust ja vastupidi. Vee temperatuur ei tohi aga langeda alla 60 - 65°C, mida loetakse sooja vee minimaalseks temperatuuriks.

Kui akumulaator töötab konstantse temperatuuriga režiimil, muutub ebaühtlasel sooja vee tarbimisel vee maht akumulaatoris. Konstantne vee temperatuur tagatakse automaatsete temperatuuriregulaatoritega. Enamasti töötavad sooja vee akumulaatorid kombineeritud režiimil, s.t. akumulaatoris muutub nii vee maht kui ka temperatuur.

Kui sooja vett valmistatakse suure soojusmahtuvusega teraskateldes, siis akumulaatorit ei ole vaja, sest katla maht on küllaldane ebaühtluse katmiseks. Soojaveevarustuse süsteemides, mis töötavad soojusvõrgu baasil, või kui katelt kõe-

takse gaasiga, akumulaatoreid ei ole vaja. Küll aga tuleb sel juhul boilerid valida nii, et nad rahuldaksid hoones ka maksimaalse tarbimise.

Akumulaatorid soojaveevarustuse süsteemis võivad olla kas lahtised või kinnised. Mõlemal juhul valmistatakse nad **4-6 mm lehtterasest** keeviskonstruktsioonina.

Lahtised paagid (akumulaatorid) asetatakse pööningule või ülemistesse ruumidesse, et kindlustada vajalikku rõhku veevõtupunktide ees. Need ruumid peavad vastama samadele nõuetele, mis esitatakse külma vee puhul. Ka on samad paakide konstruktsioon ja armatuur. Pealt suletakse paak äravõetava kaanega. Igal juhul peab paagil olema soojusisolatsioon, et vältida sooja vee jahtumist.

Sooja vee paakide kasutamisel tuleb arvestada, et sulgemisarmatuur võib kokkupuutel sooja veega kiiresti muutuda ebatihedaks ja kinni roostetada. Sellepärast tuleb kasutada armatuuri, mis on valmistatud mittekorrodeeruvast metallist.

Konstantse mahuga paakide puhul ühendatakse jaotustoru 150 mm allpool veepinda, et saaks maksimaalse temperatuuriga vett. Muutuva mahuga töötavatel paakidel ühendatakse jaotustoru 100 mm põhjast kõrgemal. Peale selle peab sooja vee paagil olema 50-75 mm läbimõõduga aurutoru.

Kinnised akumulaatorid on oma konstruktsioonilt sarnased mahtboileritega.

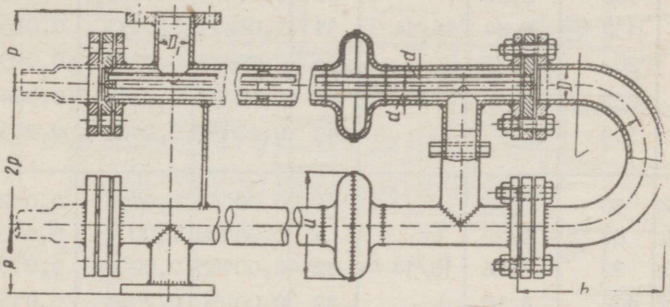
12. Boilerid

Nagu nägime juba, võivad boilerid oma töö iseloomult olla kahesugused: kiirboilerid ja mahtboilerid. Esimestel mingisugust mahtu ei ole ja nad on ette nähtud ainult sooja vee valmistamiseks. Teised aga, vastupidi, peale sooja vee valmistamise töötavad veel akumulaatoritena.

Kiirboilerid on seadmed, millest soojendatav vesi voolab suure kiirusega (0,5 - 2,5 m/s) läbi ja selle aja jooksul saab soojuskandjalt vajaliku temperatuuri. Kui soojuskandjaks on vesi, siis kasutatakse kõige rohkem sektsioonidest koosne-

vaid kiirboilereid, kusjuures sektsioonide arv oleneb tootlikkusest.

Boileri iga sektsioon kujutab endast äärikutega terastoru, milles on kimp peeni torusid. Boileri kere läbimõõt, olenevalt tüübist, võib kõikuda 50 kuni 325 mm piires ja soojuskandja torude arv võib olla 7-140. Viimased on kas vask- või terastorud läbimõõduga 14-16 mm. Ühe sektsiooni pikkus on harilikult 4 m. Joonisel 23 on toodud ühe sektsiooni skeem koos detailidega.



Joon. 23. Sektsioonidest koosnev kiirboiler.

Kuna vesi voolab boilerist läbi suure kiirusega, siis peab ka boileri soojusülekandetegur olema suur (k = 1000 - 2600 kcal/hm^2 °C). Tingituna kõrgest soojusülekandetegurist on boiler konstruktsioonilt väga kompaktne ja võtab soojussõlmes vähe ruumi. Kiirboileri puuduseks on suur tundlikkus katlakivi suhtes, mis vähendab boileri soojusülekannet. Viimase põhjuse tõttu voolabki soojuskandja peentes torudes ja soojendatav vesi nende vahel olevas ruumis.

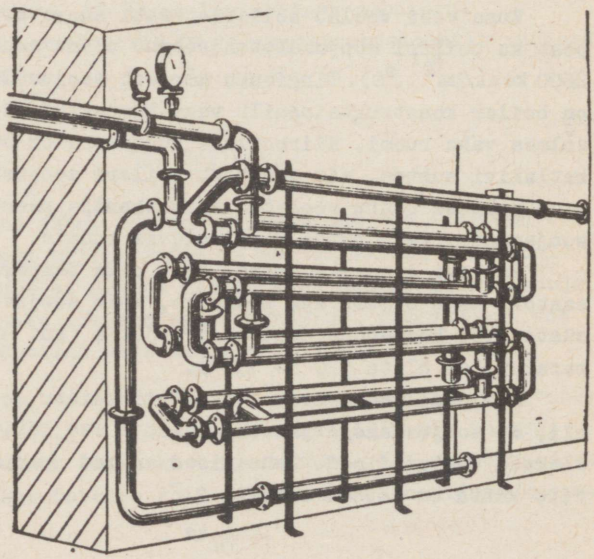
Boileri iga sektsioonil võib olla temperatuuri kompensaator. Nagu näitab aga praktika, võib soojaveevarustuse süsteemist kompensaatorid ka ära jätta (kui soojuskandja temperatuur ei ületa 120° - 130°).

Soojussõlmes monteeritakse kiirboiler seinale (joon.24) nii, et soojuskandja ja soojendatava vee läbivoolu suunad oleksid vastupidised. Tehnilised andmed sektsioonkiirboilerite kohta on toodud tabelis 2.

Tabel 2

"Мосэнерго" tüüpi kiirboilerite tehnilised andmed

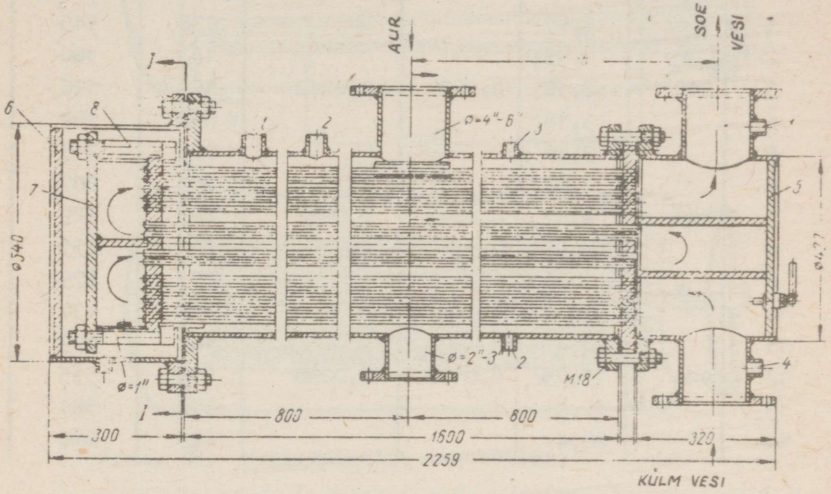
Tüüp	Kere siseläbimõõt D_s mm	Ühe sektsiooni küttepind m^2	Torude sise- ja välisläbimõõt d_v/d_s mm	Torude arv z	Torude ristloike pindala m^2	Torude vahelise osa pindala m^2	$d_{ekv} = \frac{D_s^2 - zd_s^2}{D_s + zd_s}$
3	83	1,32		7	0,00108	0,0040	0,0214
4	100	2,26		12	0,00185	0,0055	0,0237
6	150	5,84	16/14	31	0,00477	0,0115	0,0237
8	203	10,35		55	0,00846	0,0213	0,0250
10	252	16,6		88	0,01354	0,0321	0,0246
12	309	26,4		140	0,02153	0,0468	0,0234
ВВП-50	50	0,75		4	0,00061	0,0016	0,0129
ВВП-60	64	1,32		7	0,00108	0,00181	0,0131
ВВП-80	82	2,26	16/14	12	0,00185	0,00284	0,0133
ВВП-100	106	3,58		19	0,00292	0,0050	0,0155
ВВП-150	156	5,95		37	0,00568	0,0117	0,0198



Joon. 24
Kiirboileri asend soojussõlmes.

"Мосэнерго" tüüpi kiirboilerite kasutamisel soojaveevarustuse süsteemis juhitakse soojuskandja läbi torudevahelise ruumi ja soojendatav vesi läbi torude.[1]

Kui soojuskandjaks on aur, kasutatakse eelmisest erineva konstruktsiooniga kiirboilereid. Ühe neljakäigulise boileri skeem on toodud joonisel 25.



Joon. 25. Neljakäiguline kiirboiler:
1 - kaitseklapi kinnitusmuhv, 2 - õhueraldaja muhv, 3 - muhv manomeetri kinnitamiseks, 4 - avad diferentsiaalmanomeetri ühendamiseks, 5 ja 6 - kaaned, 7 - kaas veeruumi eraldamiseks, 8 - kaane kinnituspoldid.

Boiler koosneb kerest, esimesest ja tagumisest veekambrist ning torustiku süsteemist, mis kinnitatakse võre abil. Külm vesi juhitakse sisse alumisest torust, läbinud boileri neli korda, väljub soe vesi ülevalt. Aur omakorda juhitakse sisse ülemisest keskmisest torust ja kondensaat väljub alt. Need boilerid on kasutatavad kuni 5 atü aururõhu puhul. Boileri maksimaalne küttepind on 20,4 m^2. Tehnilised andmed kahe- ja neljakäiguliste boilerite kohta on toodud tabelis 3.

[1] Põhjalikud andmed boilerite kohta on toodud käsiraamatus Ж.Я. Лейв, И.С. Либер, В.А. Евдокимова. Справочная книга по санитарной технике, 1966.

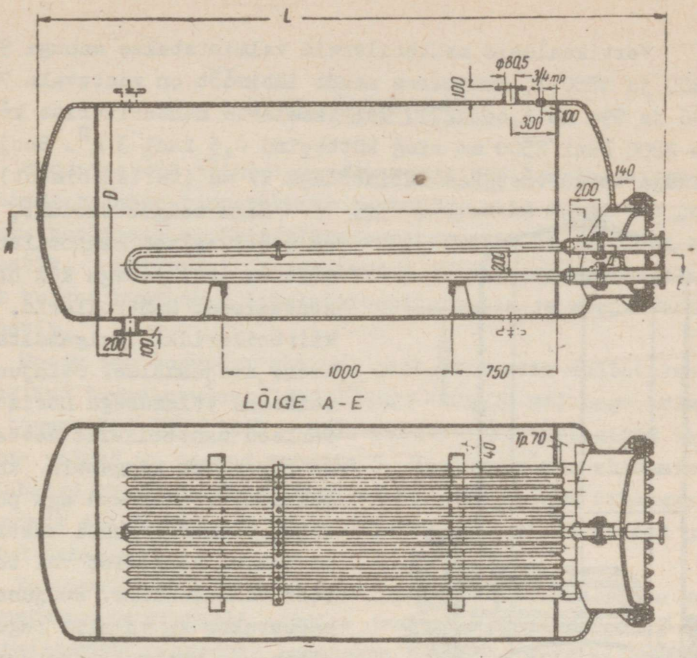
Tabel 3

Kahe- ja neljakäiguliste boilerite tehnilised andmed

Boileri nr.	Välislläbimoot mm	Kütteping m^2	Ristlõike pindala m^2		Boileri kaal kG	
			kahekäiguline	neljakäiguline	kahekäiguline	neljakäiguline
1		1,47			138	145
2		1,95			153	160
3	219	2,56	0,0024	0,0012	169	176
4		3,18			187	194
5		3,80			206	213
6		3,88			200	207
7	265	4,47	0,0043	0,0022	225	229
8		5,66			248	255
9		6,66			271	279
10		7,87			418	437
11		10,4			460	479
12	414	13,75	0,0132	0,0066	516	535
13		17,1			572	591
14		20,4			627	646

Mahtboilerid on kasutatavad sooja vee valmistamiseks ja akumuleerimiseks. Neid kasutatakse väiksema võimsusega soojaveevarustuse süsteemis, kus tarbimine on väga ebaühtlane. Soojuskandjana võib mahtboilerites kasutada nii vett kui ka auru. Konstruktsioonilt jagatakse nad horisontaalseteks ja vertikaalseteks.

Horisontaalne mahtboiler (joon. 26) kujutab endast horisontaalset suletud reservuaari, mille alumisse ossa on paigutatud kimp teras- või malmtorusid soojuskandja jaoks. Harilikult on torude läbimõõt 40 mm ja nende arv oleneb boileri tüübist ning võimsusest (3 - 12 toru). Reservuaaril on kaks ava, millede külge kinnitatakse ääriku abil külma ja sooja vee toru. Siinjuures külma vee torustik ühendatakse alumise avaga ja sooja vee oma ülemisega. Enamasti töötab boiler veevõrgu rõhul, kusjuures nii vee kui ka soojuskandja rõhk ei tohiks ületada 5 atü.



Joon. 26. Horisontaalne mahtboiler.

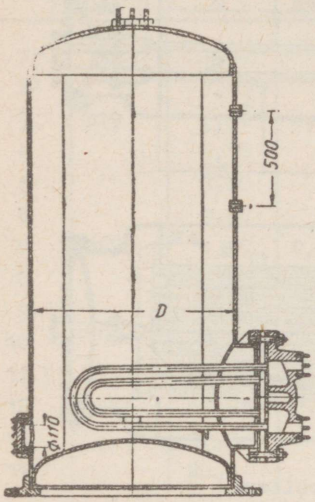
Horisontaalsete mahtboilerite tehnilised andmed on toodud tabelis 4. Nende andmete kasutamisel tuleb arvestada, et boileri töömaht moodustab 90% üldisest mahust.

Tabel 4

Horisontaalsed mahtboilerid

Jrk nr.	Maht l	Pikkus mm	Läbimõõt mm	Kütte-pind m^2	Torude arv	Soojendustorud pikkus m	Soojendustorud laius m	Kaal kG
1	490	1875	620	1,2-2	3-5	1,3	0,24-0,4	276
2	680	2500	620	1,2-3	3-5	1,3-2	0,24-0,4	356
3	1000	2600	730	1,2-3,7	3-6	1,3-2,1	0,24-0,46	420
4	1480	2800	920	1,6-3,7	3-6	1,3-2,1	0,32-0,46	590
5	2000	3150	1000	2,4-5,3	4-8	2 -2,2	0,32-0,6	750
6	3250	3750	1140	3 -8,1	5-10	2 -2,7	0,4 - 0,75	1100
7	5290	4000	1400	3,7-10,5	6-12	2,1-2,9	0,46-0,9	1550

Vertikaalseid mahtboilereid valmistatakse mahuga 925, 1300 ja 1750 l, kusjuures nende läbimõõt on vastavalt 725, 916 ja 994 mm (joon.27). Vertikaalsete mahtboilerite kõrgus on 2200 kuni 2500 mm ning küttepind 0,5 kuni 3 m^2. Soojuskandja torud võetakse läbimõõduga 27 mm (välisläbimõõt).



Nagu selgub toodust, on vertikaalsed mahtboilerid väiksema võimsusega kui horisontaalsed. Mahtboilerid, nagu kiirboileridki, paigaldatakse hoone soojussõlme. Siinjuures väiksema võimsusega horisontaalsed mahtboilerid asetatakse põrandast kõrgemale kronsteinidele, suuremad aga põrandale. Viimasel juhul asetatakse boiler betoonist või tellistest vundamendile. Soojussõlme asetatakse ka vajalik reguleerimis- ja kontrollarmatuur.

Joon. 27. Vertikaalne mahtboiler.

Mahtboilerite peamiseks puuduseks on madal soojusülekandetegur (k = 500 - 650 kcal/m^2h^oC). Harilikult kasutatakse neid sooja vee valmistamiseks lasteaedades ja sõimedes, sööklates, ambulatooriumides jt. kohtades, kus sooja vett tarbitakse väga ebaühtlaselt.

Boileritel on termomeetrid sooja vee ja soojuskandja temperatuuri kontrollimiseks. Mahtboileritel peavad olema veel kaitseklapid, kui aururõhk on üle 0,7 atü või vee temperatuur kõrgem kui 115°C. Tänapäeva soojaveesüsteemides on boileritel temperatuuri reguleerimise automaatseadmed.

13. Soojaveevõrk

Soojaveevõrk võib, olenevalt sooja vee saamise viisist, koosneda kolmest torustikust: jaotustorustik sooja vee juhtimiseks tarbijatele, tsirkulatsioonitorustik ja soojuskandja torustik. Olenevalt kasutatavast soojaveevarustuse skeemist võivad puududa tsirkulatsioonitorustik ja soojuskandja torustik.

Sooja vee torustik või nn. jaotustorustik ehitatakse tsingitud terastorudest (läbimõõduga kuni 70 mm) nagu külma vee torustikki (ГОСТ 3262 - 62). Kasutatavate tsingitud terastorude andmed on toodud tabelis 5. Soojaveevõrgu ehitamiseks on lubatud kasutada ka polüetüleentorusid (kõrge tihedusega vastavalt standardile МРТУ6 nr. 05-917-63), mille andmed on toodud tabelis 6.

Vastavalt СНиП II-Г. 8 - 62 projekteeritakse sooja vee jaotustorustik enamasti alumise jaotusega tupikvõrguna. Magistraaltorude ringvõrku lubatakse kasutada vaid siis, kui see on põhjendatud tehnilis-ökonoomiliste näitajatega. Üksikjuhtudel lubatakse kasutada ka ülemise jaotusega süsteeme, kus torustik on asetatud pööningule koos küttetorustikuga või lae alla.

Sooja vee torustik paigutatakse hoones külma vee torustiku lähedale. Siinjuures, nagu teistegi torustike korral, võivad torud olla paigaldatud kas lahtiselt või kaetult. Kui torud paigutatakse varjatult, tuleb sulgemisarmatuuri ja haruühenduste kohale ette näha äravõetavad luugid.

Soojaveevõrgu projekteerimisel tuleb ette näha võimalused temperatuurist tingitud jõudude kompensatsiooniks. Selleks kasutatakse kas П -kujulisi või S-kujulisi kompensaatoreid (joon.28) või spetsiaalset tihendiga kompensaatorit (joon.29). Kompensaatorid pannakse pikkadele sirgetele torustikuosadele jäikade kinnituste vahele. Sellised kinnitused on vajalikud ühe kompensaatori teenindada oleva torustiku pikkuse vähendamiseks.

Tabel 5

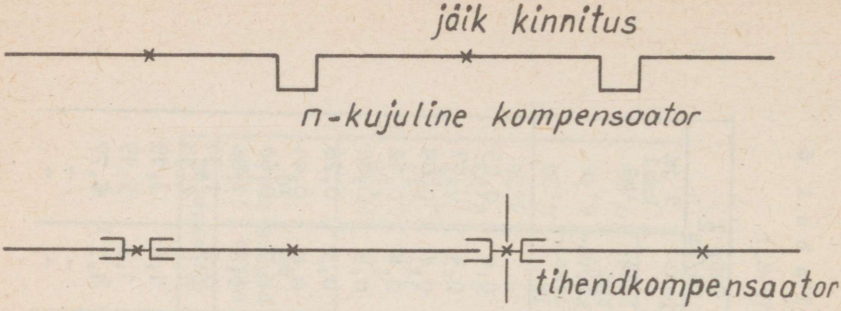
Tsingitud terastorud (ГОСТ 32 62-62)

Tingläbimoot mm	Vislläbimoot mm	Kerged		Harilikud						Tugevdatud	
		seina paksus mm	1 jm kaal kG	seina paksus mm	1 jm kaal kG	sisemoot mm	ristlõike pindala cm^2	1 jm maht l	1 jm vislispind m^2	seina paksus mm	1 jm kaal kG
10	17	2	0,74	2,2	0,8	12,6	1,2	0,12	0,054	2,8	0,98
15	21,3	2,5	1,16	2,8	1,28	15,7	1,9	0,19	0,067	3,2	1,43
20	26,8	2,5	1,5	2,8	1,66	21,2	3,5	0,35	0,084	3,2	1,86
25	33,5	2,8	2,12	3,2	2,39	27,1	5,7	0,57	0,105	4	2,91
32	42,3	2,8	2,73	3,2	3,09	36,2	10	1	0,133	4	3,78
40	48	3	3,33	3,5	3,84	41	13,2	1,32	0,151	4	4,38
50	60	3	4,22	3,5	4,88	53	22	2,2	0,188	4,5	6,16
70	75,5	3,2	5,71	4	7,05	67,5	35,6	3,56	0,237	4,5	7,88

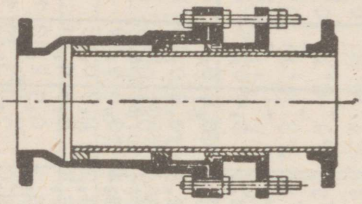
Tabel 6

Polüetüleentorud (MPTÜ 6 nr. 05-917-63)

Tingläbimoot mm	Välisläbimoot mm		Tüüp A 2,5 kG/cm²			Tüüp C 6 kG/cm²			Tüüp T 10 kG/cm²		
	nominaalne	lubatud korvalekalle	seina paksus mm		1 jm kaal kG	seina paksus mm		1 jm kaal kG	seina paksus mm		1 jm kaal kG
			nominaalne	lubatud korvalekalle		nominaalne	lubatud korvalekalle		nominaalne	lubatud korvalekalle	
6	10	0,5	–	–	–	–	–	–	2,0	0,4	0,05
8	12	0,6	–	–	–	–	–	–	2,0	0,4	0,07
10	16	0,7	–	–	–	–	–	–	2,0	0,4	0,09
15	20	0,8	–	–	–	–	–	–	2,0	0,4	0,12
20	25	1,0	–	–	–	2,0	0,4	0,15	2,3	0,5	0,18
25	32	1,2	1,6	0,4	0,17	2,0	0,4	0,20	2,9	0,5	0,28
32	40	1,4	1,6	0,4	0,21	2,3	0,5	0,29	3,7	0,6	0,44
40	50	1,7	1,6	0,4	0,26	2,9	0,5	0,45	4,6	0,7	0,68
50	63	2,1	1,8	0,4	0,37	3,6	0,6	0,70	5,8	0,8	1,08
70	75	2,5	2,0	0,4	0,49	4,3	0,7	0,99	6,9	0,9	1,51
80	90	2,9	2,1	0,5	0,63	5,1	0,8	1,41	8,2	1,0	2,15
100	110	3,5	2,7	0,5	0,96	6,3	0,9	2,12	10,0	1,2	3,19
125	140	4,4	3,5	0,6	1,57	8,0	1,0	3,39	12,8	1,5	5,19
150	160	5,0	4,0	0,6	2,03	9,1	1,1	4,42	14,6	1,7	6,77
175	200	6,2	5,0	0,7	3,16	11,4	1,4	6,80	–	–	–
200	225	7,0	5,5	0,8	3,93	12,8	1,5	8,40	–	–	–



Joon. 28. Kompensaatorite paigutamise skeem.



Joon. 29. Tihendkompensaator.

Kompensaatorite käänakud paiknegu tingimata horisontaalselt, et vältida neisse õhu kogunemist. Kui paigutada nad vertikaalselt, peavad kompensaatoril olema veest tühjendamise kraanid ja õhueraldajad. Toodud kompensaatorid on väga ekspluatatsioonikindlad ega vaja teenindamist. Nad võtavad aga küllalt palju ruumi. Seevastu tihendkompensaatorid nõuavad pidevat kontrolli ja tihendite uuendamist. Neid kasutatakse ainult kohtades, kus käänakukujulisi kompensaatoreid ei saa kasutada.

Sisevõrgul, kus sirgeid torustikke on vähe, kuid on palju käänakuid, kompensaatoreid ei kasutata. Neil juhtudel töötavad loomulike kompensaatoritena torustiku käänakud.

Ligikaudu võib arvestada terastorude pikenemiseks soojaveevõrgus 1 mm ühe meetri toru kohta. Soojuskandja torustikul, kus kasutatakse auru või ülekuumendatud vett, aga 1,5 mm ühe meetri toru kohta. Kompensaatorite valikul võib arvestada, et üks ⊓-kujuline kompensaator võtab vastu pikenemise 50 mm. Seega pikkadel torustikel tuleks kompensaatorid asetada iga 50 m tagant. Kui on olemas käänakud, võib ühele käänakule lubada pikenemist ca 10-20 mm.

Jäikade kinnitustena kasutatakse kompensaatoritel range. Et torud hästi tühjeneksid veest ja õhk välja läheks,

tuleb kõik horisontaalsed torud paigaldada languga mitte vähem kui 0,002. Külma vee soojaveevarustuse võrku sattumise takistamiseks ja sooja vee voolamise takistamiseks veevarustusvõrku nähakse ette tagasilöögiklapid järgmistesse kohtadesse:

a) külma vee torule enne boilerit,
b) tsirkulatsioonitorule enne boileriga ühendamist,
c) gruppsegaja kraanide juurde viivatele torudele.

Soojaveevarustuse võrku ei ole lubatud ühendada süsteemidega, kus kasutatakse mitte joogivee kvaliteediga vett.

Kui kasutatakse ülemise jaotusega süsteemi, tuleb võrgu kõrgemates punktides ette näha automaatsed õhueraldajad. Alumise jaotusega võrkude puhul spetsiaalseid seadmeid võrgust õhu väljalaskmiseks ei ole vaja, sest õhk väljub veevõtuarmatuuri kaudu.

Sulgemisarmatuur tuleb ette näha kõikidele harutorudele, mis hargnevad magistraaltorust, kõikidele püstikutele, kui hoone kõrgus on kolm või enam korrust, kõikide korterite harutorudele ja harutorudele, mis teenindavad üle viie veevõtupunkti.

Soojuskadude vähendamiseks soojaveevarustuse süsteemis tuleb kõik magistraaltorud ja peamised püstikud varustada soojusisolatsiooniga. Isolatsioonimaterjaliks kasutatakse väikese mahukaaluga (200 - 600 kG/m^3) aineid, millede soojusjuhtivuse koefitsient on piirides 0,05 - 0,15. Tarvitatakse kuiva, tambitavat ja pealemääritavat isolatsiooni.

Kuiv isolatsioon on nendest kõige parem, kuna tema kasutamine on lihtne ja kiirendab montaaži. Kuiv isolatsioon asetatakse torudele segmendi, plokkide, telliste jt. kujul, mis on valmistatud asbestist, treepelist, penobetoonist ja teistest materjalidest. Edukalt kasutatakse ka mineraalvatist matte. Kuiv isolatsioon pannakse külmale torule, mis on eelnevalt puhastatud roostest ja kaetud asfaltlakiga. Isolatsioonivuugid määritakse kinni treepeliga või mõne teise ainega. Isolatsioon kinnitatakse torule terastraadiga, kaetakse kotiriidega ja värvitakse õlivärviga. Mittejuurdepääsetavates kohtades kaetakse isolatsioon pealt asbesttsementkoorikuga,

TRU Raamatukogu

mis kantakse metallvõrgule. Isolatsioonikihi paksus oleneb toru läbimõõdust ja vee temperatuurist ning võetakse piiri-des 40 - 60 mm.

Tambitavad isolatsioonimaterjalid, nagu penobetooni pulber, freesturvas, mineraalvatt jt. materjalid, vajavad spetsiaalset ümbrist. Viimane tehakse kas asbesttsementtoru-dest, betoonist või harvem ka laudadest. Seejuures ei ole aga soovitatav kasutada isolatsioonimaterjalina šlakki, kuna see sisaldab väävlit ja teisi ühendeid, mis niiskes kesk-konnas kiirendavad torustiku korrosiooni.

Pealemääritavat isolatsiooni saab panna ainult kuumale torule, kusjuures toru peab olema ette valmistatud nagu kui-vagi isolatsioonimaterjali puhul. Siin kasutatakse isolat-sioonimaterjalina soveliiti, asbosuriiti, savi segatuna tak-kudega jne. Isolatsioon kantakse torule niiskelt 15 - 25 mm kihtide kaupa. Pealt kaetakse isolatsioon kotiriidega ja värvitakse õlivärviga.

Tsirkulatsioonitorustik soojaveevarustuse süsteemis püütakse projekteerida selliselt, et oleks kindlustatud loo-mulik tsirkulatsioon. Kui aga loomulik tsirkulatsioon on vä-ga nõrk või puudub üldse, nähakse tsirkulatsioonitorustikule enne boilerit ette pump kunstliku tsirkulatsiooni loomiseks. Viimane on alati vajalik siis, kui on tegemist pikkade hori-sontaalsete magistraaltorudega.

Tsirkulatsioonitorustik ehitatakse samast materjalist kui jaotustorustik.

Elamute vannitubades on soovitatav kasutada käterätiku-kuivateid, mis ühendatakse tsirkulatsioonitorustikuga. Hoo-netes, kus tsirkulatsioonitorustik puudub, lubatakse käte-rätikukuivateid ühendada jaotustorustikuga. Ainult erandjuh-tudel ühendatakse käterätikukuivatid küttesüsteemidega.

Soojuskandja torustik ühendab katla boileriga. See toru-stik on eraldi soojaveevarustuse võrgu teistest torustikest.

Kui boilerit on võimalik paigutada katlast kõrgemale, toimub soojuskandja tsirkulatsioon loomulikul teel. Katla ja boileri suure horisontaalse vahekauguse puhul soojuskandja

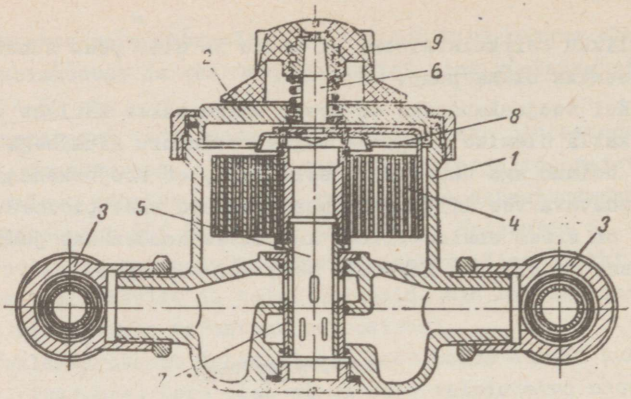
loomulikku tsirkulatsiooni ei toimu ja siis peab sundtsirkulatsiooniks olema pump.

Kui soojuskandjaks on vesi, ühendatakse katlast väljuv toru katla ülemise avaga ja tagasivoolutoru alumisega. Boileris toimub aga ühendamine selliselt, et soojuskandja ja soojendatava vee liikumise suund oleksid vastupidised. Auru puhul on skeem analoogiline, kusjuures kondensaat juhitakse katlasse tagasi kas isevoolu teel või pumbaga.

14. Armatuur

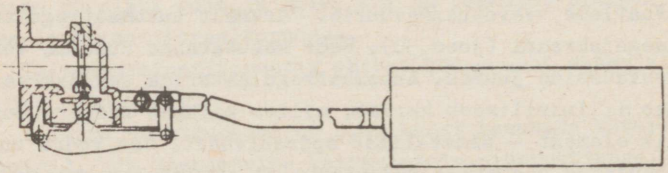
Soojaveevarustuse süsteemis kasutatav armatuur ei erine konstruktsioonilt hoone veevarustus- ja küttesüsteemides kasutatavast. Mõningane erinevus on armatuuri materjalis. Nii on nahast ja kummist tihendid ventiilidel ja veevõtuarmatuuril asendatud kuumuskindla kummiga, plastmassidega ja pronksiga. Eeltoodu tõttu on kohalike takistuste mõju soojaveevõrgus sama mis külma veegi puhul. Soojaveevarustuse süsteemides levinumast armatuurist tuleb mainida veevõtukraane, segajakraane, dušše, ujukkraane ja klappe, tagasilöögiklappe ja käterätikukuivateid. Et veevõtu- ja sulgemisarmatuuri on juba veevarustuse osas käsitletud, siis siin me nendel enam ei peatu.

Vaatleme veevõtuarmatuurist lähemalt automaatregulaatoriga segajakraani (joon.30). Seda kasutatakse dušside, vannide ja pesukausside juures. Automaatregulaatoriga segajakraan koosneb silindrilisest kerest, milles paikneb temperatuuritundlik element - bimetallist spiraalvedru. See vedru on keskel ühendatud pööratava südamikuga ja servadel reguleerimispeaga. Südamikul on all ja üleval neli ava, kusjuures soe vesi läbib ülemised ja külm alumised avad. Soe ja külm vesi, segunenud südamikus, väljub kambrisse, kus asub termoelement. Olenevalt segunenud vee temperatuurist põhjustab termoelement spiraalvedru pinge vähenemist või tugevnemist. Vedru pinge tõttu südamik pöördub, lastes vähem sisse sooja või külma vett. Segatud vee temperatuuri saab muuta kerel oleva käepideme abil, mis on kinnitatud skaalaga alusele.



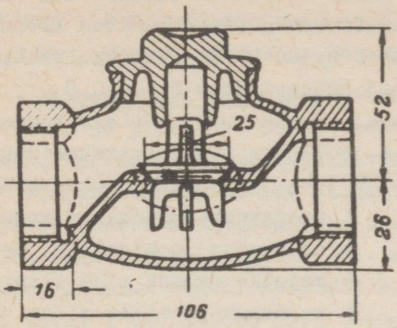
Joon. 30. Automaatregulaatoriga segajakraan:
1 - kere, 2 - kaas, 3 - külgtorud veetorustikuga ühendamiseks, 4 - termoelement, 5 - südamik, 6 - reguleerimispea, 7 - südamiku pesa, 8 - kamber, 9 - käepide temperatuuri reguleerimiseks.

Veepinna konstantse kõrguse hoidmiseks reservuaarides kasutatakse ujukkraane (joon. 31). Toodud konstruktsiooni juures on ujuk kinnitatud šarniiriga. Veepinna langemisel vajub ujuk alla ja klapp avaneb ning vastupidi. Ujukkraane on väga mitmesuguse konstruktsiooniga, kuid töötamispõhimõte on kõigil sama.

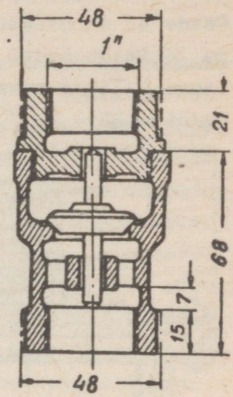


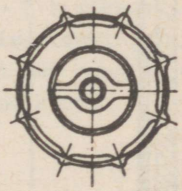
Joon. 31. Ujukkraan.

Tagasilöögiklappidest kasutatakse soojaveevarustuse süsteemis nii taldriktagasilöögiklappe kui ka vertikaalseid klappe. Joonisel 32 on toodud hariliku taldrikklapi lõige, mis on monteeritav horisontaalsele torule, ja joonisel 33 vertikaalne tagasilöögiklapp.



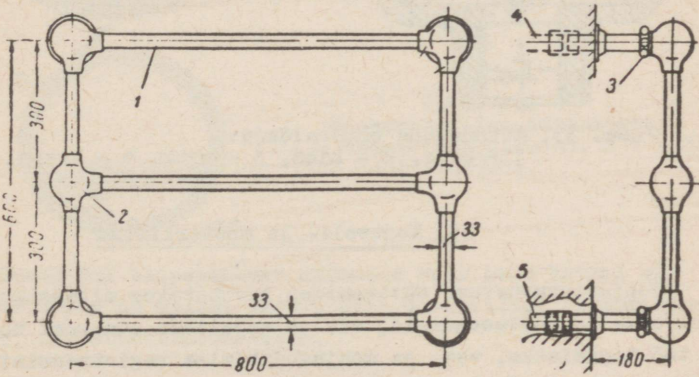
Joon. 32.
Taldriktagasilöögiklapp.





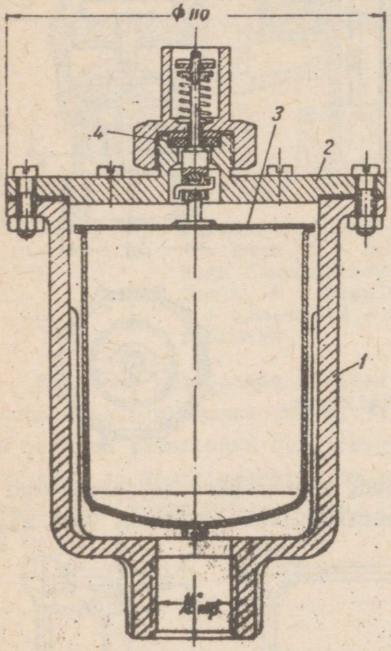
Joon. 33.
Vertikaalne tagasilöögiklapp.

Nagu juba eespool mainitud, kasutatakse soojaveevõrgu olemasolul vannitubades käterätikukuivateid (joon. 34), mis



Joon. 34. Käterätikukuivati:
1 - terastoru, 2 - ühendusosad, 3 - tihendusmutter, 4 ja 5 - torud tsirkulatsioonitoruga ühendamiseks.

monteeritakse tsirkulatsioonitorule. Käterätikukuivati valmistatakse kas vask- või terastorust, mis on kaetud kroomiga. Seade on varustatud äärikutega seina külge kinnitamiseks, toru läbimõõt on 40 mm. Kuivati küttepind on 0,4 - 0,5 m^2, mis teoreetiliste arvutuste põhjal ei ole ruumi kütteks temperatuurini 22 - 23°C küllaldane, küll aga ruumi kuivatamiseks.



Automaatne õhueraldaja soojaveevarustuse võrkudele on toodud joonisel 35. Seade kujutab endast sfäärilist malmanumat, mille sisse on asetatud ujuk. Kui ujuk on ülemises asendis, on klapp suletud. Ujuki allasendis klapp avaneb ja laseb õhu välja. Automaatne õhueraldaja asetatakse ülemise jaotusega võrgu kõige kõrgemasse punkti.

Joon. 35. Automaatne õhueraldaja:
1 - kere, 2 - kaas, 3 - ujuk, 4 - klapp.

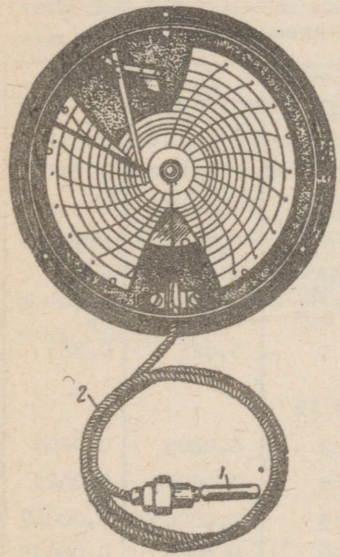
15. Kontroll- ja mõõteriistad

Soojaveevarustuse süsteemides kasutatakse mitmesuguseid kontroll- ja mõõteseadmeid, mis on vajalikud süsteemi normaalse töö tagamiseks, vee- ja soojustarbimise registreerimiseks, vooluhulkade ebaühtluse kindlaksmääramiseks jne. Kuigi need seadmed ei tee süsteemi ehitamist märkimisväärselt kallimaks, on neid seni lubamatult vähe kasutatud. Siia tuleks lugeda ka

seadmed süsteemi töö automatiseerimiseks ja reguleerimiseks. Vaatleme üksikuid seadmeid, millede kasutamine soojaveevarustuse süsteemides oleks hädavajalik.

Temperatuuri mõõtmiseks võib kasutada kõige lihtsamaid elavhõbe- ja piiritustermomeetreid. Kui nad on asetatud seadmetele, kaetakse nad purunemise vältimiseks metallümbrisega.

Temperatuuri pidevaks jälgimiseks ja üleskirjutamiseks soojaveevarustuse süsteemis on otstarbekas kasutada manomeetrilisi termomeetreid (joon. 36). Manomeetriline termomeeter koosneb kolmest osast: kergesti keeva vedelikuga (klooretüül, kloormetüül, petrooleum jt.) täidetud termoballoonist, metalltorust ja isekirjutaja manomeetrist. Kuna aururõhk oleneb temperatuurist, võib manomeetrilt lugeda ka temperatuuri. Kasutades 6 - 7 m pikkust metalltoru, võime isekirjutaja asetada hästi nähtavasse ja ligipääsetavasse kohta.



Joon. 36.
Manomeetriline termomeeter:
1 - andur-termoballoon, 2 - metallist kapillaarjuhe.

Juhul kui temperatuuri mõõtmise koht asub kaugel või mõõtmispuhkte on palju, kasutatakse elektrilisi termomeetreid ehk nn. takistustermomeetreid.

Rõhu mõõtmiseks kasutatakse manomeetreid, mis ühendatakse süsteemiga kolmekäiguliste kraanide abil. Mõõtes manomeetriga rõhku mingisuguses süsteemi punktis, tuleb arvestada

punkti kõrgust, s.t. mõõta rõhku mingisuguse kindla kontrolltasapinna suhtes.

Kui on vaja mõõta rõhkude vahet, on sobivam kasutada diferentsiaalmanomeetrit (elavhõbe-, kallutatavad jne. tüüpi diferentsiaalmanomeetrid).

Vooluhulga mõõtmiseks võib kasutada tiivik- ja turbiinveearvesteid, mis on ette nähtud töötamiseks kuuma veega ($t > 30^{o}C$). Siinjuures tiivikarvesti tüüp "Kosmos" on monteeritav vaid horisontaalsele torule, turbiinveearvesti võib aga asetada nii horisontaalsele kui ka vertikaalsele torule. Veearvestid valitakse tabelis 7 toodud andmete alusel.

T a b e l 7

Veearvestite tehnilised andmed

Veearvesti kaliiber mm	Vooluhulk m^3/h			Koefitsient B	
	pikaajaline maksimaalne	lühiajaline maksimaalne	minimaalne	Q - m^3/h	Q - l/s
	Tiivikveearvestid				
15	0,5	1,5	0,15	1,11	14,36
20	0,8	2,5	0,25	0,4	5,18
30	1,7	5	0,5	0,1	1,3
40	3,3	10	1	0,025	0,325
	Turbiinveearvestid				
50	8	20	3	0,0203	0,0263
80	25	60	8	0,00016	0,0021
100	42	100	15	0,000052	0,00067
150	104	250	30	0,00001	0,00013
200	167	400	50	0,0000035	0,000045

Rõhukaod on arvutatavad veearvestis valemiga

$$h = B Q^2 \text{ m},$$

kus B - takistuskoefitsient (vt.tabel 7),

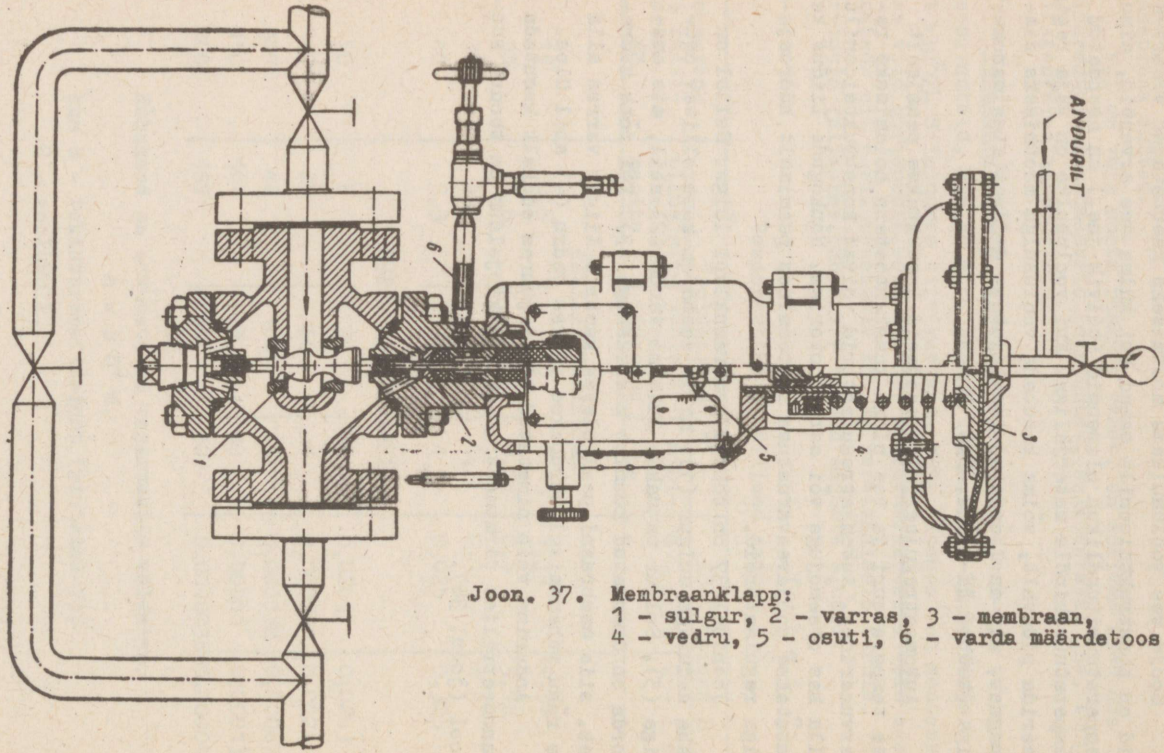
Q - vooluhulk.

Sooja vee vooluhulkade mõõtmiseks kasutatavad veearvestid on konstruktsioonilt samad kui külma vee arvestid, ainult temperatuuritundlikud elemendid (tiivik jne.) on asendatud temperatuurikindla materjaliga. Kui vooluhulka on vaja registreerida pidevalt, võime kasutada vooluhulga mõõtmiseks diafragmat, mis on ühendatud isekirjutava diferentsiaalmanomeetriga (tüübid ДК-Ф, ДФ, ВФС jt).

Automaatreguleerimise seadmeid kasutatakse peamiselt vee temperatuuri ja vee pinna konstantsetena hoidmiseks reservuaarides. Automaatregulaatorid võivad konstruktsioonilt olla kas otsemõjuga või servamootoriga. Nõukogude Liidus kasutatakse soojaveevarustuse süsteemides peamiselt hüdroajamiga regulaatoreid.

Joonisel 37 on toodud membraanklapi lõige. Sellel on kahe sadulaga sulgur (1), mille asend on kontrollitav osutiga (5). Sulgur pannakse liikuma varda (2) abil, mis omakorda on ühendatud kummist membraaniga (3). Kui rõhk suureneb, siis membraani peal olevas kambris liigub varras alla ja rõhu vähenemisel surutakse varras vedru (4) abil üles.

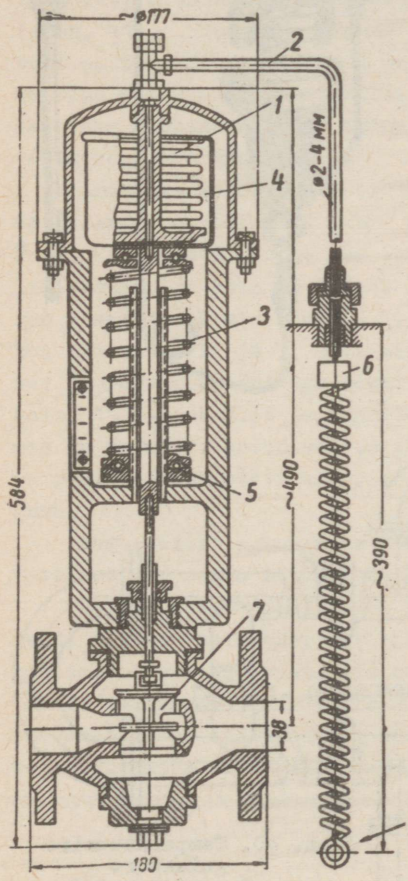
Andurina võib nimetatud klapi juures edukalt kasutada manomeetrilist termomeetrit, mille kirjeldus on toodud eespool (joon. 36).



Joon. 37. Membraanklapp:
1 - sulgur, 2 - varras, 3 - membraan,
4 - vedru, 5 - osuti, 6 - varda määrdetoos.

Temperatuuriregulaatoritest tuleks kõigepealt nimetada otsemõjuga regulaatorit, mis on toodud joonisel 38.

Regulaatori peamiseks elemendiks on tundlik padrun, mis asetatakse kohta, kus peab temperatuuri reguleerima. Teiseks tähtsamaks elemendiks on ventiil, mis peab reguleerima soojuskandja vooluhulka. Kui soojuskandja on liiga soe ja vesi soojeneb üle nõutud temperatuuri, siis vedelik padrunis paisub ja rõhk suureneb. Rõhk antakse kapillaartoru 2 kaudu edasi silfoonkambrisse. Viimase mõjul hakkab tööle ventiili klapp 7 ja suleb soojuskandja voolamise.

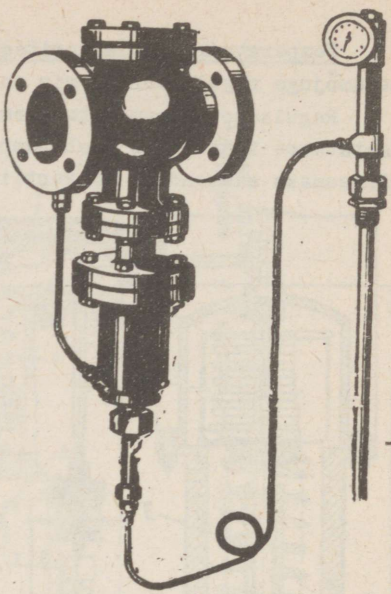


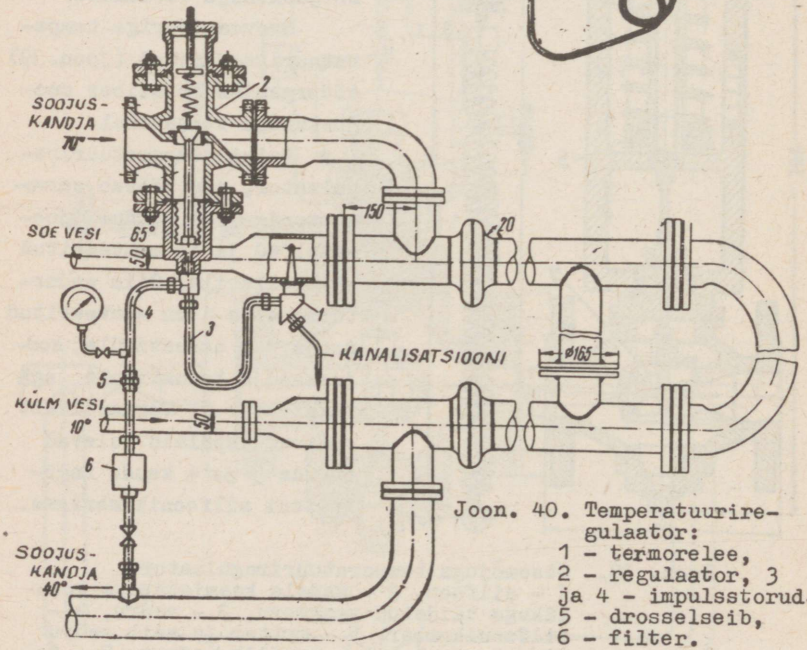
Servomootoriga temperatuuriregulaatori (joon. 39) tööorganiks on siiber soojuskandja torustikul.

Teine temperatuuriregulaator, mis töötab servomootoriga, on toodud joonisel 40 ja on monteeritud kiirboilerile. Siin andurtermorelee 1 on monteeritud sooja vee torustikule, soojuskandja torustikule aga regulaator 2. Termoreleelt antavad impulsid tulevad torude 3 ja 4 kaudu regulaatori silfoonikambrisse.

Joon. 38. Otsemõjuga temperatuuriregulaator: 1 - silfoon, 2 - madala keemistäpiga vedelikuga täidetud vasktoru, 3 - vedru, 4 - silfoonikamber, 5 - mutter ja seib vedru pingutamiseks, 6 - tundlik padrun, 7 - tasakaalustav klapp.

Joon. 39. Servomeetriga temperatuuriregulaator.





Joon. 40. Temperatuuriregulaator:
1 - termorelee,
2 - regulaator, 3 ja 4 - impulsstorud,
5 - drosselseib,
6 - filter.

Toodud temperatuuriregulaatoriga võib küllalt hästi hoida sooja vee temperatuuri võrgus konstantsena. Peale toodute on veel terve rida analoogilisi konstruktsioone, mille töötamispõhimõte on peaaegu kõigil samasugune.

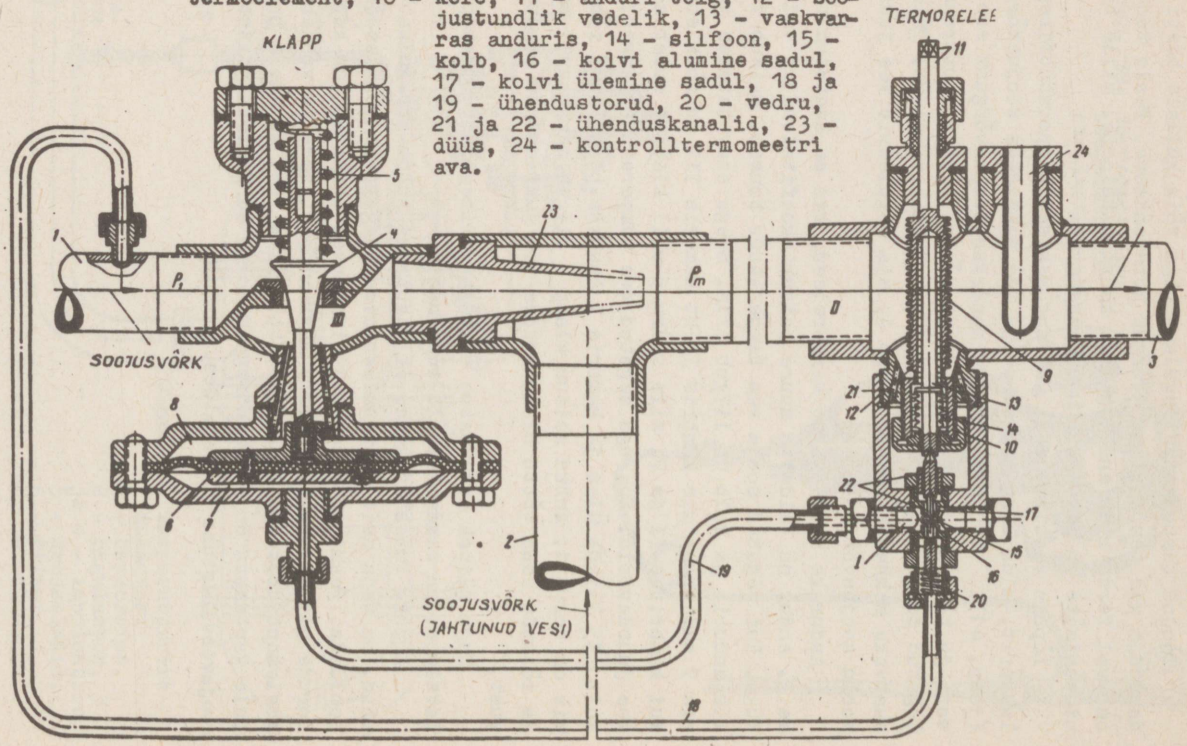
Lõpuks vaatleme veel üht automaatset temperatuuriregulaatorit, mida kasutatakse sooja vee saamiseks soojusvõrgust (joon. 41). Toru 1 kaudu saadakse soojusvõrgust sooja vett ja toru 2 on ühendatud soojusvõrgu tagasivoolutoruga. Segatud soe vesi suundub mööda toru 3 soojaveevõrku. Täidesaatvaks mehhanismiks on klapp 4, mis reguleerib vee juurdevoolu soojusvõrgust.

Anduriks kasutatakse termoreleed, mis on asetatud torusse 3. Andur on täidetud suure paisumiskoefitsiendiga vedelikuga. Kui segatud sooja vee temperatuur tõuseb, paisub vedelik anduris ja kolb 15 liigub alla. Seega saavutatakse kambris 7 sama rõhk mis kambris I. Et kambris III on rõhk suurem kui kambrites II ja 7, siis vedru 5 abil klapp 4 suleb sooja vee juurdevoolu. Kui aga segatud vee temperatuur langeb, siis kolb 15 liigub üles ja kambris I luuakse peagu sama rõhk, mis on torus 1. Antud seisus klapp 4 liigub membraanil tekkiva rõhkude vahe tõttu üles, avades vee juurdevoolu soojusvõrgust.

Nagu näitab automaatse temperatuuriregulaatori ekspluatatsioon, on seade küllalt töökindel.

Lõpuks tuleb märkida, et kasutades automaatregulaatoreid, on vaja neid ekspluateerimisel aeg-ajalt reguleerida ja hooldada. Peamised vead, mis siinjuures esinevad, on kapillaartorude ummistused, silfoonide mõlgistumised, vedelik voolab termoelementidest ebatiheduste tõttu välja jne. Mõnedele puudustele vaatamata on automaatregulaatorid edukalt kasutatavad soojaveevarustuse süsteemides.

Joon. 41. Automaatne temperatuuriregulaator:
1 - soojusvõrguga ühendatav toru, 2 - soojusvõrgu tagasivoolutoruga ühendatav toru, 3 - soojaveevõrk, 4 - regulaatori klapp, 5 - vedru, 6 - membraan, 7 ja 8 - membraani kambrid, 9 - suure paisumiskoefitsiendiga vedelikuga täidetud termoelement, 10 - kere, 11 - anduri telg, 12 - soojustundlik vedelik, 13 - vaskvarras anduris, 14 - silfoon, 15 - kolb, 16 - kolvi alumine sadul, 17 - kolvi ülemine sadul, 18 ja 19 - ühendustorud, 20 - vedru, 21 ja 22 - ühenduskanalid, 23 - düüs, 24 - kontrolltermomeetri ava.



IV

SOOJAVEEVARUSTUSE SÜSTEEMI ARVUTAMINE

16. Sooja vee tarbimise norm ja režiim

Soojaveevarustuse süsteemi arvutamine seisneb veevõtupunktide kaudu tarbijatele antavate sooja vee arvutuslike vooluhulkade määramises, reservuaaride mahu ja mõõtude, boilerite võimsuse ning mõõtude ja torustiku läbimõõdu määramises. Kui hoones on vaja pumpasid, määratakse nende toodang ja tõstekõrgus ning valitakse vajalik pumba tüüp.

Ligikaudu moodustab sooja vee tarbimine elamutes, kus on tsentraliseeritud soojaveevarustus, 50 - 60 % kogu vee tarbimisest; kommunaalettevõtetes (saunad, pesumajad jne.) aga 70 - 80%.

Sooja vee vooluhulk ühe inimese kohta ööpäevas oleneb asula sanitaarse heakorrastuse astmest, sooja vee valmistamise viisist, juhtimisest tarbijatele jm. Sooja vee tarbimise normid on toodud tabelis 8.

T a b e l 8

Sooja vee tarbimise normid

(СНиП II-Г.8-62)

Tarbija liik	Tarbija ühik	Norm l/ööp. kui t=65°C
1	2	3
Elamud, milles on pesukausid köögis ja vannitoas ning dušid	1 elanik	80 - 100

Tabel 8 järg

1	2	3
Sama istevannidega ja dušiga	1 elanik	100 - 110
Sama vannidega (1500-1700 mm) koos dušiga	1 elanik	110 - 130
Väikekorteritega elamud	1 elanik	10 - 120
Ühiselamud üldkasutatavate dušširidega	1 elanik	40 - 50
Ühiselamud üldkasutatavate dušširidega, sööklaga ja pesuruumiga	1 elanik	50 - 60
Hotellid ja pansionaadid üldkasutatavate vannide ja dušširidega	1 elanik	50 - 60
Sama vannidega numbritubades:		
kuni 25% tubade arvust on vannidega	1 elanik	80 - 100
kuni 75% tubade arvust on vannidega	1 elanik	120 - 160
vannid kõikides numbritubades	1 elanik	160 - 200
Haiglad, üldtüüpi sanatooriumid ja puhkekodud (üldkasutatavate vannide ja dušširidega)	1 voodikoht	150 - 180
Sanatooriumid ja puhkekodud vannidega kõigis tubades	1 voodikoht	180 - 200
Haiglad ja sanatooriumidmudaravilad	1 voodikoht	200 - 250
Polikliinikud ja ambulatooriumid	1 külastaja	5
Duširuumid klubides, kultuurimajades ja teatrites:		
üldriietusruumides	1 dušš tunnis	160 - 180
individuaalsete dušikabiinidega	1 dušš tunnis	90 - 110
Tööstuste ja spordihoonete duširuumid	1 dušš tunnis	270

Tabel 8 järg

1	2	3
Vene saun ilma basseinita	1 külastaja	90 - 110
Kombineeritud saun ilma basseinita	1 külastaja	140 - 170
Vanni- ja dušiplokid:		
dušikabiinid	1 külastaja	240
vannikabiinid	1 külastaja	300
Mehhaniseeritud pesumajad	1 kG kuiva pesu	20 - 25
Mehhaniseerimata pesumajad	1 kG kuiva pesu	15
Internaatkoolid	1 koht	80 - 100
Üldhariduslikud koolid ja õppeasutused duširuumidega võimlate juures	1 õpilane vahetuses	7
Päevalasteaiad ja -sõimed	1 laps ööpäevas	25
Ööpäevalasteaiad ja -sõimed	1 laps ööpäevas	30
Toitlustusettevõtted:		
toidu kasutamisel sööklas	1 roog	4
toidu viimisel koju	1 roog	3
Veevõtupunktid sööklate, kohvikute ja kaupluste tehnoloogiliste seadmete või pesukausside juures	1 veevõtupunkt tunnis	250 - 300
Üldkasutatavad pesukaussidega veevõtupunktid toitlustamisettevõtetes	1 veevõtupunkt tunnis	55 - 65
Juuksuritöökojad	1 töökoht	40 - 60

Tabel 8 järg

1	2	3
Garaažid, kus autosid pestakse käsitsi: sõiduautod	1 auto	150 - 200
veoautod	1 auto	200 - 300
autobussid	1 auto	250 - 350

Tabelis 8 toodud sooja vee tarbimise norme on juba arvesse võetud üldiste veetarbimise normide juures (СНиП II-Г. 1-62 ja СНиП II-Г. 2-62).

Maksimaalne sooja vee temperatuur ei tohi ületada 75°C ja minimaalne temperatuur tarbijate juures ei tohi olla madalam kui 60°C. Ka sooja, nagu külmagi vett tarbitakse ebaühtlaselt. Maksimaalne on vooluhulk harilikult hommiku- ja õhtutundidel. Peale selle on täheldatud suuremat sooja vee tarbimist laupäevadel ja pühapäevadel ning pühade-eelsetel päevadel.

Sooja vee tarbimise tunni ebaühtluse koefitsient on lähedane külma vee tarbimise ebaühtluse koefitsiendile.

Sooja vee arvutuslik vooluhulk määratakse samade valemite põhjal, mis on kasutusel hoone külmaveevõrgu projekteerimisel (СНиП II-Г. 1-62 ja СНиП II-Г. 2-62). Ekvivalendid ja vabarõhud on samad kõikidele veevõtupunktidele. Kuna need arvutusvalemid on toodud hoonete veevarustuse juures, ei ole neid siin otstarbekohane korrata.

17. Vajaliku soojushulga määramine sooja vee valmistamiseks

Vajalik soojushulk sooja vee valmistamiseks oleneb sooja vee vooluhulgast ja vee temperatuurist. Juhul kui sooja vee tarbimine on täiesti ühtlane, määratakse vajalik soojus-

hulk valemiga:

$$Q_s = Q(t_s - t_k) \text{ kcal/h}, \qquad (1)$$

kus Q - sooja vee vooluhulk m^3/h,

t_s - sooja vee temperatuur (vt. § 16),

t_k - külma vee arvutuslik temperatuur, mis harilikult võetakse $t_k = 5^oC$.

Kui sooja vee tarbimine on ebaühtlane, on ebaühtlane ka ööpäevas vajatava soojushulga jaotus.

Kui soojaveevarustuse süsteemis puudub akumulaator, peab boileri võimsus vastama sooja vee maksimaalsele vooluhulgale, et ka maksimaalse tarbimise tundidel ööpäeva kestel oleks tagatud vajaliku temperatuuriga soe vesi tarbijatele. Olenevalt hoone liigist on vajaliku soojushulga määramise arvutusvalemid erinevad.

Arvutuslik soojushulk sooja vee valmistamiseks elamutes, üldtüüpi haiglates ja hotellides määratakse valemiga

$$Q_s = k \frac{m\, a(t_s - t_k)}{24} \text{ kcal/h}, \qquad (2)$$

kus k - tunnis tarbitava sooja vee ebaühtluse koefitsient, mis võetakse olenevalt hoone tüübist tabelitest 9, 10 ja 11;

m - arvutuslik tarbijate arv;

a - sooja vee tarbimise norm l/ööp. (tabel 8);

t_s - sooja vee arvutuslik temperatuur;

t_k - külma vee arvutuslik temperatuur.

T a b e l 9

Tunnis tarbitava sooja vee ebaühtluse koefitsient elamutes

Elanike arv elamus m	50	100	150	200	250	300	500	1000	3000	6000
Koefitsient k	4,5	3,5	3,0	2,9	2,8	2,7	2,5	2,3	2,1	2,0

Tabel 10

Tunnis tarbitava sooja vee ebaühtluse koefitsient hotellides

Elanike arv hotellis m	60	150	300	450	600	900
Koefitsient k	4,6	3,8	3,3	3,1	3,0	2,9

Tabel 11

Tunnis tarbitava sooja vee ebaühtluse koefitsient üldtüüpi haiglates

Voodikohtade arv m	35	50	75	100	200	300	500	1000
Koefitsient k	3,2	2,9	2,6	2,4	2,0	1,9	1,7	1,6

Kommunaalkorteritega elamutes (ühes korteris elab mitu perekonda), kus on vannid, arvutatakse vajalik soojushulk sooja vee valmistamiseks valemiga

$$Q_s = 10\,000\ n\alpha \text{ kcal/h}, \qquad (3)$$

kus n – korterite arv elamus või elamute grupis;

α – sooja vee tarbimise üheaegsuse koefitsient, mis võetakse tabeli 12 järgi.

Tabel 12

Sooja vee tarbimise üheaegsuse koefitsient olenevalt korterite arvust

Korterite arv hoones n	6	10	25	50	100	150	200	300	400	1000
Koefitsient α	0,6	0,49	0,38	0,34	0,31	0,29	0,27	0,26	0,25	0,24

Arvutuslik soojushulk sooja vee valmistamiseks saunadele, pesumajadele ja ühiskondlikele toitlustamisettevõtetele on määratav valemitega:

a. Saunadele ja ühiskondlikele toitlustamisettevõtetele:

$$Q_s = m\ a\ (t_s - t_k) \quad \text{kcal/h}, \qquad (4)$$

kus a - sooja vee tarbimise norm (tabel 8 järgi),
m - ettevõtte läbilaskevõime tunnis (sama külastajate arv tunnis või realiseeritavate roogade arv tunnis).

Siinjuures tuleb saunade tunni läbilaskevõime võtta võrdseks kohtade arvuga riietusruumis. Ühiskondlikes toitlustamisettevõtetes realiseeritav roogade arv tunnis määratakse valemiga

$$m = 2{,}2\ Np, \qquad (5)$$

kus N - külastajate kohtade arv;
p - külastajate arv tunnis ühe koha kohta, mis võetakse:
avalikud sööklad ja kohvikud p = 2,
restoranid p = 1,5.

b. Mehhaniseeritud pesumajadele:

$$Q_s = \frac{m\ a\ (t_s - t_k)}{T} \quad \text{kcal/h}, \qquad (6)$$

kus a - sooja vee tarbimise norm 1 kG kuiva pesu kohta (tabel 8),
m - pesumaja läbilaskevõime vahetuses (kG kuiva pesu),
T - vahetuse kestus tundides.

Koolide, spordisaalide ja tööstusettevõtete duširuumide jaoks valmistatava sooja vee arvutuslik soojushulk arvutatakse valemiga (1). Siinjuures arvestatakse, et kõik ülesseatud dušid töötavad üheaegselt.

18. Boilerite ja akumulaatorite arvutamine ja valik

Boilerite ja akumulaatorite arvutamisel määratakse vajalik küttepind boilerites, valitakse boileri tüüp ja mahtboileritel ka maht. Akumulaatoritel on vaja määrata nende arvutuslik maht, lähtudes sooja vee tarbimise režiimist ja valmistamise viisist.

Boilerite küttepind arvutatakse valemiga

$$F_b = \frac{1{,}1\, Q_s}{k\,\Delta t} \quad m^2, \qquad (7)$$

kus Q_s - arvutuslik soojushulk kcal/h (vt. § 17),

k - soojusülekande koefitsient kcal/m^2h°C (tabel 13),

Δt - arvutuslik soojuskandja ja sooja vee temperatuuride erinevus.

T a b e l 13

Soojusülekande koefitsiendid

Boileri tüüp	Soojuskandja iseloomustus	Kiirus m/s		k kcal/m^2h°C	
		soojuskandja	soe vesi	teras- ja malmtorud	vasktorud
Mahtboiler	Aur rõhuga 0,7 - 2,0 atü	-	0,1	600	720
	Vesi temperatuuriga 80-115°C	0,5	0,1	250	300
Kiirboiler	Aur rõhuga 0,7 - 20 atü	-	0.75-1,5	-	2200-3000
	Vesi temperatuuriga 80-115°C	0,5-2,5	0,5-2,0	-	1000-2600

M ä r k u s. Kui boilerite torudele tekib katlakivi, tuleb tabelis 13 toodud soojusülekande koefitsiente kiirboilerites vasktorude puhul vähendada 20% ja terastorude kasutamisel 30%.

Arvutuslik soojuskandja ja sooja vee temperatuuride erinevus Δt määratakse erinevalt maht- ja kiirboileritele.

Mahtboilerite arvutamisel võetakse Δt kui soojuskandja ja sooja vee temperatuuride aritmeetiliste keskmiste vahe,

$$\text{seega} \quad \Delta t = \frac{T_a + T_l}{2} - \frac{t_a + t_l}{2}, \qquad (8)$$

kus T_a ja T_l - soojuskandja (vee) alg- ja lõpptemperatuur kraadides,

t_a ja t_l - sooja vee alg- ja lõpptemperatuur kraadides.

Kui soojuskandjaks on aur, siis

$$\frac{T_a + T_l}{2} = T_{aur}, \qquad (9)$$

kus T_{aur} - küllastunud auru temperatuur.

Kiirboilerite arvutamisel võetakse Δt võrdseks temperatuuride keskmise logaritmilise vahega, mis arvutatakse valemiga

$$\Delta t = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{2{,}3 \lg \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}}, \qquad (10)$$

kus Δt_1 ja Δt_2 - suurim ja väikseim temperatuuride vahe boileri otstel.

Kuna kiirboileritel nende paremaks kasutamiseks ja vee intensiivsemaks soojendamiseks on soojuskandja ning soojendatava vee voolu suund vastupidised, siis Δt_1 ja Δt_2 on arvutatavad kui

$$\Delta t_1 = T_l - t_k \qquad (11)$$

$$\text{ja} \quad \Delta t_2 = T_a - t_s, \qquad (12)$$

kus T_a ja T_l - soojuskandja alg- ja lõpptemperatuur,
t_s ja t_k - sooja vee ja külma vee temperatuur.

Harilikult võetakse arvutuslikeks temperatuurideks: külm vesi $t_k = +5^{\circ}C$ ja soe vesi $t_s = 75^{\circ}C$. Kogemused on näidanud, et boileri kasutamine on efektiivne, kui $\Delta t_2 \geqslant 10^{\circ}C$ ja suhe $\frac{\Delta t_1}{\Delta t_2} = 3{,}5\text{–}4$.

Elektriboilerite võimsus arvutatakse valemiga

$$N = \frac{Q_s}{864\eta} \quad kW, \qquad (13)$$

kus Q_s - arvutuslik soojushulk,
η - elektriboileri kasutegur ja
$\eta = 0{,}95\text{–}0{,}98$.

Teades boileri vajaliku küttepinna suurust, võime tabeli 2 ja 3 põhjal valida kiirboileri tüübi ja pikkuse. Mahtboilerite valikul (tabel 4 järgi) tuleb määrata veel boileri maht.

Enamikel juhtudel mahtboileri mahtu eraldi ei arvutata, vaid boiler valitakse selle järgi, kui palju antud boilerisse saab mahutada küttepinda. Sellise valiku puhul on boileri maht juba automaatselt määratud.

Kui mahtboiler peab töötama akumulaatorina, võib boileri mahu võtta võrdse vajaliku akumulaatori mahuga, mille arvutus on toodud allpool.

Akumulaatorite ja sooja vee reservuaaride mahu arvutamine on hõlpus, kui meil on teada sooja vee tarbimise graafik hoones. Sel juhul määratakse akumulaatori maht integraalgraafikute abil (analoogiliselt veevarustuses veetorni ja teiste reservuaaride mahu määramisel).

Praktikas aga enamikel juhtudel sooja vee tarbimise graafikut ei ole. Siis kasutatakse eksperimentaalseid tulemusi analoogilistel süsteemidel ja akumulaatorite maht määratakse empiiriliste valemitega.

Vaatleme siin akumulaatorite mahu arvutamist eri tüüpi hoonetes.

1. Vannidega elamutes ja ühiselamutes, kus sooja vee tarbimise norm on 80–120 l/ööp.el., arvutatakse akumulaatori maht

$$W_a = Q_v\, n_v \beta \quad l, \qquad (14)$$

kus Q_v – sooja vee vajadus ühele vannile l,

n_v – vannide arv hoones,

β – üheaegne vannide kasutamise koefitsient (tabel 14).

T a b e l 14

Üheaegne vannide kasutamise koefitsient

n_v	6	10	25	50	100	150	200	300	400
β	0,6	0,49	0,39	0,34	0,31	0,29	0,27	0,26	0,25

Siinjuures on teada, et eri vannidel on sooja vee vajadus erinev. Arvutuse lihtsustamiseks võib aga võtta ühele vannile vajalikuks sooja vee hulgaks temperatuuri juures 65°–70°C 150 l. Väikesegabariidilistel vannidel võib seda suurust vähendada 15–20% võrra.

2. Saunadele ja pesumajadele määratakse akumulaatori maht vastavalt normidele СНиП II-Л. 13-62 ja СНиП II-Л.14-62 ("Saunad". Projekteerimise normid, "Pesumajad". Projekteerimise normid). Ligikaudsel arvutamisel võib saunades akumulaatori mahu võtta võrdseks tarbimise maksimaalse tunniga, kui sooja vett saadakse linna või asula võrgust. Kohalike seadmete kasutamisel sooja vee valmistamiseks võetakse aga akumulaatori maht võrdseks 1,5-tunnilise tarbimisega.

Pesumajades peaks akumulaatori maht vee temperatuuri juures 65°C vastama vähemalt 45-minutilisele veetarbimisele ehk 15-25 l vett vahetuses iga kilogrammi kuiva pesu kohta.

3. Sooja vee vajaduse rahuldamiseks tööstushoonete elukondlikes ruumides peab akumulaatori maht vastama 45-minutilisele tarbimisele vahetuse lõpul (töötavad kõik dušid ja pesukausid).

Toodu põhjal valitavad akumulaatorite mahud võimaldavad katelde ja boilerite võimsust tunduvalt vähendada ja tagada nende ühtlase töörežiimi. Akumulaatoritest loobumisel peab aga boileri võimsus vastama sooja vee maksimaalsele tarbimisele hoones.

Rõhukaod mahtboileris määratakse valemiga

$$h_t = 1{,}5\,\frac{v^2}{2g}\,, \qquad (15)$$

kus v - keskkiirus sissevoolutorus.

Kiirboilerites tuleks arvutada rõhukadu niisamuti, nagu seda tehakse lühikeste torustike puhul, kusjuures arvestatagu nii liinikadusid kui ka kohalikke takistusi.

Ligikaudu võib rõhukadu määrata 4 m pikkuse sektsiooni ulatuses järgmiselt:

kui vesi voolab torudes kiirusega v_1, siis

$$h_t = (12...13)\,\frac{v_1^2}{2g}\,, \qquad (16)$$

ja kui vesi voolab torudevahelises ruumis kiirusega v_2, siis

$$h_t = (18...20)\,\frac{v_2^2}{2g}\,. \qquad (17)$$

Valemite (16) ja (17) järgi saadud tulemust korrutatagu veel sektsioonide arvuga üldise rõhukao määramiseks kiirboilerites.

19. Jaotustorustiku arvutamine

Jaotustorustikuks nimetatakse sooja vee torustikku, mille kaudu vesi juhitakse soojussõlmest või soojusvõrgust tarbijateni. Jaotustorustiku hüdraulilise arvutusega määratakse toru läbimõõt ja rõhukaod arvutuslikest vooluhulkadest. Hüdraulilisteks arvutusteks jaotatakse võrk arvutuslikeks osadeks (nagu külmaveetorustiku puhul), lähtudes tingimusest, et antud osa ulatuses oleks vooluhulk konstantne. Edasi määratakse igale arvutuslikule osale vooluhulk (vt. § 16).

Torude läbimõõdu valikul lähtutakse lubatud kiirustest torudes. Nii ei tohiks magistraaltorudes ja püstikus kiirus olla suurem kui 1,5 m/s ja harutorudes 2,5 m/s. Alati ei ole aga läbimõõdu valikul soovitatav võtta maksimaalset lubatavat kiirust. Kui näiteks vabarõhk välisvõrgus on 20–25 m, siis 4–5 korruselise hoone soojaveevõrgus on soovitatav võtta arvutuslikuks kiiruseks 0,4–0,7 m/s.

Pärast torude läbimõõdu valikut arvutatakse rõhukaod torudes igale arvutuslikule võrguosale eraldi. Rõhukadude arvutamiseks kasutatakse harilikult Ševeljovi tabeleid (vt. lisa I).

Summaarne rõhukadu arvutatakse kõige kaugema ja kõige kõrgema punkti jaoks. Erinevalt külmaveevõrgust suurendatakse soojaveevõrgus rõhukadusid 20% võrra, arvestades katlakivi tekkimise võimalust torustikus. Rõhukaod kohalikest takistustest võrgus võetakse 30% summaarsest liinikaost. Seega katlakivi ja kohalike takistuste arvel suurendatakse liinikadusid 50%.

Peale rõhukadude võrgus tuleb arvutada veel rõhukadu hoonesisendis ja veearvestis, kus arvutuslikuks vooluhulgaks on külma ja sooja vee vooluhulkade summa. Ei tohi ka unustada rõhukadusid boileris ja teistes seadmetes, mis on monteeritud soojaveevõrgule.

Kui arvutamisel selgub, et vajalik rõhk soojaveevõrgus on suurem garanteeritud rõhust välisvõrgus hoonesisendi ühendamise kohas, siis tuleb hoones ette näha kohalikud seadmed rõhu tõstmiseks. Reservuaari kasutamisel arvutatakse täiendavalt vajalik reservuaari kõrgus, lähtudes nõutud vabarõhkudest seadmete ees. Juhul kui vabarõhk välisvõrgus on tunduvalt suurem sisevõrgule vajalikust, võib vähendada torustiku läbimõõtu, suurendades sellega torudes kiirust ja rõhukadu.

20. Tsirkulatsioonitorustiku arvutamine

Elamute, haiglate, polikliinikute, hotellide jms. hoonete soojaveevõrgul peab olema tsirkulatsioonitorustik, et hoida vee temperatuuri veevõtupunktides ühtlasena kogu ööpäeva jooksul. Elamutes kõrgusega kuni neli korrust nähakse ette tsirkulatsioonitorustik ainult magistraaltorude ulatuses. Suurema korruste arvu puhul varustatakse tsirkulatsioonitorustikuga ka püstikud. Hoonetes, kus sooja vee tarbimine on väga ühtlane (saunad, pesumajad jne.), tsirkulatsioonitorustikku ei ole vaja.

Harilikult tsirkulatsioonitorustiku läbimõõtu ei arvutata, vaid see võetakse võrdne jaotustorustiku läbimõõduga või üks kuni kaks mõõtu väiksem (vastavalt torude sortimendile, vt. § 13). Nii võetakse tsirkulatsioonipüstik kogu hoone kõrguses sama läbimõõduga (harilikult 20-25 mm), aga magistraal- ja horisontaaltorudel mitte alla 25 mm.

Tsirkulatsioonitorustiku täpsemaks määramiseks tuleb see arvutada. Arvutuse aluseks on, et tsirkuleeriv vesi saaks boilerilt ajaühikus sellise soojushulga, mis on võrdne soojuskadudega tsirkulatsioonil. Soojuskaod torustikus olenevad omakorda toru läbimõõdust, vee ja õhu temperatuuride erinevusest ning soojusisolatsioonist.

Soojuskaod soojaveevarustuse süsteemi jaotustorustikus arvutatakse valemiga:

$$Q_k = \sum_{i=i}^{n} Q_{ki} l_i (1-\eta) \text{ kcal/h}, \qquad (18)$$

kus l_i - arvutusliku torustikuosa pikkus meetrites,

η - koefitsient, mis iseloomustab soojusisolatsiooni; normaalse, 50-60 mm isolatsiooni olemasolul võetakse $\eta = 0{,}6\text{-}0{,}8$, isoleerimata torudele $\eta = 0$.

$$Q_{ki} = K_T \pi D_i \left(\frac{t_a + t_l}{2} - t_o\right) \text{ kcal/hm.} \qquad (19)$$

Viimases valemis Q_{ki} väljendab soojuse erikadu kcal/hm, s.o. jaotustorustiku soojuskadu kcal tunnis 1 meetri pikkuse toru kohta. Tabelis 15 on toodud eri läbimõõduga torude soojuse erikaod.

T a b e l 15

Isoleerimata torude soojuse erikaod

$\frac{t_a+t_l}{2} - t_o$	Soojuse erikadu Q_i kcal/hm toru läbimõõdu korral											
	15	20	25	32	40	50	70	80	100	125	150	200
30	22	28	35	44	50	54	68	80	97	119	145	173
32	23	30	37	47	52	58	72	85	103	127	152	185
34	25	32	39	50	56	61	77	91	110	135	162	196
36	26	33	42	53	58	65	81	95	116	143	171	208
38	28	35	44	56	63	68	86	102	123	151	181	219
40	29	37	46	59	65	72	90	107	129	159	190	231
42	31	39	49	63	70	76	96	114	137	169	202	242
44	33	42	52	66	74	81	102	121	145	179	214	254
46	34	44	54	70	77	85	107	127	154	189	226	265
48	36	46	57	73	81	90	113	134	162	199	238	277
50	38	48	60	77	86	94	119	140	170	209	250	288
52	40	51	66	81	90	99	125	147	179	220	263	300
54	42	53	68	85	94	104	131	155	188	230	276	312
56	44	56	70	88	97	108	137	162	197	241	289	323
58	46	58	73	92	101	113	143	170	206	252	302	335
60	48	61	76	95	107	118	149	177	215	263	315	347

Soojuse erikao arvutamisel valemiga (19) on kasutatud järgmist tähistust:

K_T - soojusülekande koefitsient veest läbi toru seina ümbritsevasse õhku. Harilikult see suurus võetakse $K_T = 10$ kcal/m^{2}h°C;

D_i - toru välisläbimõõt arvutuslikul osal (tabelis 15 on antud toru tingläbimõõt, kuid Q_i on arvutatud välisläbimõõdu järgi);

t_a - sooja vee temperatuur arvutusliku osa algul;

t_l - sooja vee temperatuur arvutusliku osa lõpul;

t_o - ümbritseva keskkonna temperatuur.

Arvutustel võetakse ümbritseva keskkonna temperatuur järgmiselt:

kanalites ja nišših	$t_o = +40°C$,
kütmata keldrites	$t_o = +5°C$,
pööningutel	$t_o = -10°C$.

Harilikult arvutustes temperatuuri lang jaotustorustiku alguse ja lõpu vahel võetakse piirides 5° - 10°, kuid mitte üle 15°.

Tsirkulatsioonitorustikku arvutatakse loomuliku tsirkulatsiooni puhul järgmises järjekorras:

1. Arvutusskeemil jaotatakse jaotustorustik ja tsirkulatsioonitorustik arvutuslikeks osadeks, kusjuures enne antakse ette tsirkulatsioonitoru läbimõõt. Harilikult võetakse samad arvutuslikud osad, mida kasutatakse jaotustorustikus rõhukadude määramiseks.

2. Andes ette temperatuuri langu jaotustorustiku ulatusel, arvutatakse soojuskaod jaotustorustiku arvutuslikele osadele.

3. Arvutatakse kogu soojuskadu jaotustorustiku ulatusel arvutuslike osade soojuskadude summana. Kui on vaja täpsustada jahtunud vee temperatuuri ja erikaalu tsirkulatsioonitorus, määratakse ka soojuskaod viimases, võttes nad võrdseks 40-50% soojuskadudest jaotustorustikus.

4. Määratakse tsirkuleeriva vee hulk soojaveevarustuse torustikus. See määratakse vee soojuskadude alusel järgmise

valemiga:

$$G_{ts} = \frac{Q_k}{\Delta t} \quad l/h, \qquad (20)$$

kus Q_k - vee soojuskaod jaotustorustikus, mis arvutatakse valemiga (18),

Δt - arvutuslik temperatuuri lang, mis võetakse piirides 5° - $15^\circ C$, olenevalt torustiku pikkusest.

Elamutes võib mõnikord soojuskaod jaotustorustikus määrata orienteeruvalt valemiga:

$$Q_k = 0{,}05\ Q_s \quad kcal/h, \qquad (21)$$

kus Q_s - arvutuslik soojushulk sooja vee valmistamiseks, mis on määratud § 17 toodud valemitega.

5. Arvutatakse tsirkulatsioonirõhk soojaveevõrgus. Loomuliku tsirkulatsiooni puhul on see määratav järgmiselt:

alumise jaotusega võrgule:

$$H_{ts} = h(\gamma_j - \gamma_s) + h_1 (\gamma_s - \gamma_{sp}) \ mm \qquad (22)$$

ja ülemise jaotusega võrgule, kui magistraaltoru asub pööningul:

$$H_{ts} = h(\gamma_s - \gamma_{sp}) \ mm, \qquad (23)$$

kus h - kõrguste vahe boileri tsentrist kuni arvutusliku püstiku ülemise otsani;

γ_s - sooja vee mahukaal kõige kaugemas püstikus,

γ_{sp} - sooja vee mahukaal peapüstikus,

γ_j - jahtunud vee mahukaal tagasivoolupüstikus (või kui viimane puudub, siis horisontaalses torus);

h_1 - kõrguste vahe boileri tsentrist kuni arvutusliku püstiku alumise otsani.

Sooja vee mahukaalu leidmiseks, olenevalt vee temperatuurist, võib kasutada tabelis 16 toodud andmeid.

Loomuliku tsirkulatsiooni tagamiseks tegelik tsirkulatsioonirõhk H_{ts} (valemid 22 ja 23) peab olema suurem hüdraulilistest rõhukadudest torustikus, s.t.

$$H_{ts} \geq (1000il + h_k) \ mm, \qquad (24)$$

kus 1000i - rõhukadu ühe meetri toru ulatuses mm-tes, mis määratakse lisas I toodud tabelite alusel,

Tabel 16

Vee mahukaal olenevalt temperatuurist

°C	kG/m³	°C	kG/m³	°C	kG/m³	°C	kG/m³	°C	kG/m³	°C	kG/m³
40	992,24	50	988,07	60	983,24	70	977,81	80	971,83	90	965,34
40,5	992,05	50,5	987,84	60,5	982,98	70,5	977,52	80,5	971,52	90,5	965,01
41	991,86	51	987,62	61	982,72	71	977,23	81	971,21	91	964,67
41,5	991,66	51,5	987,38	61,5	982,46	71,5	976,95	81,5	970,89	91,5	964,88
42	991,47	52	987,15	62	982,2	72	976,66	82	970,57	92	963,99
42,5	991,27	52,5	986,92	62,5	981,94	72,5	976,36	82,5	970,25	92,5	963,65
43	991,07	53	986,69	63	981,67	73	976,07	83	969,94	93	963,3
43,5	990,86	53,5	986,45	63,5	981,4	73,5	975,77	83,5	969,62	93,5	962,96
44	990,66	54	986,21	64	981,13	74	975,48	84	969,3	94	962,61
44,5	990,46	54,5	985,97	64,5	980,86	74,5	975,18	84,5	968,98	94,5	962,27
45	990,25	55	985,73	65	980,59	75	974,89	85	968,65	95	961,92
45,5	990,03	55,5	985,49	65,5	980,32	75,5	974,59	85,5	968,33	95,5	961,57
46	989,82	56	985,25	66	980,05	76	974,29	86	968	96	961,51
46,5	989,61	56,5	985	66,5	979,77	76,5	973,98	86,5	967,67	96,5	960,51
47	989,4	57	984,75	67	979,5	77	973,68	87	967,34	97	960,51
47,5	989,18	57,5	984,5	67,5	979,22	77,5	973,37	87,5	967,01	97,5	960,16
48	988,96	58	984,25	68	978,94	78	973,07	88	966,68	98	959,81
48,5	988,74	58,5	984	68,5	978,66	78,5	972,76	88,5	966,01	98,5	959,46
49	988,52	59	983,75	69	978,38	79	972,45	89	966,01	99	959,09
49,5	988,29	59,5	983,5	69,5	978,1	79,5	972,14	89,5	965,68	100	958,38

l - toru pikkus meetrites,

h_k - rõhukaod kohalikest takistustest, mis on arvutatav, kui

$$h_k = \sum \zeta \frac{v^2}{2g}, \qquad (25)$$

kus ζ - kohaliku takistuse koefitsient,

v - keskkiirus torus.

Kui arvutamisel saadakse, et tsirkulatsioonirõhk H_{ts} on väiksem kui rõhukaod süsteemis, siis võib suurendada tsirkulatsioonitoru läbimõõtu ühe-kahe mõõdu võrra. Kui aga ka see ei kindlusta loomulikku tsirkulatsiooni, tuleb ette näha tsirkulatsioonipump.

Nagu praktilised kogemused näitavad, on loomulik tsirkulatsioonirõhk küllalt väike ja seepärast saab loomulik tsirkulatsioon kulgeda vaid lühikestes horisontaalsetes torudes. Kui näiteks püstiku kõrgus on 20 m, siis loomuliku tsirkulatsiooni tagamiseks horisontaalsete torude pikkus ülemise jaotuse puhul ei tohiks ületada 50-60 m ja alumise jaotuse korral 30-35 m. Seega on väga sageli vaja kasutada tsirkulatsioonipumpa kunstliku tsirkulatsiooni loomiseks süsteemis.

Sundtsirkulatsiooni korral rõhukaod süsteemis ja pumba vajalik rõhk määratakse tingimusest, et süsteemis osa vett tarbitakse ära, nimelt 15-30% arvutuslikust vooluhulgast. See on vajalik, et külm vesi ei tuleks tsirkulatsioonitorustiku kaudu kraanidesse ega oleks rikutud tsirkulatsioon võrgus. Seega üldine tsirkulatsiooni vooluhulk on siis:

$$G = G_{ts} + (0{,}15 \ldots 0{,}30)Q, \qquad (26)$$

kus G_{ts} - tsirkulatsiooni vooluhulk loomulikul tsirkulatsioonil (valem 20),

Q - arvutuslik sooja vee vooluhulk ($Q = \frac{Q_s}{t_s - t_k}$).

Valemiga (26) arvutatav vooluhulk ongi aluseks tsirkulatsioonipumba valikul. Peale selle tuleb veel määrata vajalik pumba rõhk. Arvutuslik pumba rõhk määratakse valemiga:

$$H_p = H_1 \left(\frac{0{,}15Q + G_{ts}}{G_{ts}}\right)^2 + H_2 \quad m, \qquad (27)$$

kus H_1 - rõhukaod jaotustorustikus ja seadmetes vooluhulga G_{ts} juures,

H_2 - rõhukaod tsirkulatsioonitorustikus.

Vee tsirkulatsioon soojaveevarustuse süsteemis, kus soe vesi võetakse vahetult soojusvõrgust, tagatakse järgmiselt:

a) vee võtmisel soojusvõrgu tagasivoolutorust (talvine režiim) luuakse tsirkulatsioon rõhkude vahega, mida põhjustab tagasivoolutorule asetatud diafragma. Diafragma pannakse soojusvõrgu tagasivoolutorule sooja vee jaotustorustiku ja tsirkulatsioonitorustiku ühenduskohtade vahele;

b) vee võtmisel soojusvõrgu juurdevoolutorust (suvine režiim) luuakse tsirkulatsioon rõhkude vahe abil diafragmas, mis on asetatud sooja vee tsirkulatsioonitorustikule.

Siinjuures diafragma ava suurus arvutatakse valemiga

$$d = 11{,}3\sqrt{\frac{Q_d}{\sqrt{H_d}}} \quad \text{mm}, \qquad (28)$$

kus Q_d - vooluhulk, mis läbib diafragmat m^3/h,

H_d - rõhukadu diafragmas m.

Talvisel režiimil, kui diafragma on asetatud soojusvõrgu tagasivoolutorule, arvutatakse rõhukadu diafragmas H_d valemiga (27). Talvise režiimi korral võetakse diafragmat läbiv vooluhulk võrdne hoone küttesüsteemi vooluhulgaga.

Suvisel režiimil, kui diafragma on asetatud tsirkulatsioonitorustikule, arvutatakse rõhukadu diafragmas nii:

$$H_d = H_s - H_p \quad \text{m}, \qquad (29)$$

kus H_s - rõhkude vahe soojusvõrgu juurdevoolu- ja tagasivoolutorus meetrites,

H_p - arvutuslik pumba rõhk, mis arvutatakse valemiga (27).

Siinjuures suvisel režiimil diafragmat läbiv vooluhulk

$$Q_d = 0{,}00015Q \quad m^3/h. \qquad (30)$$

kus Q - sooja vee arvutuslik vooluhulk.

Tehnilised andmed kasutatavate tsirkulatsioonipumpade kohta on toodud lisas II.

Elamute ja ühiskondlike hoonete soojaveevarustuse süsteemi tsirkulatsioonitorustikku võib sundtsirkulatsiooni korral

arvutada lihtsustatud skeemi järgi. Arvutuse käik oleks järgmine:

1. Tsirkulatsioonitorustiku läbimõõt võetakse kas võrdne või üks-kaks mõõtu väiksem vastava osa jaotustorustiku läbimõõdust.

2. Arvutatakse soojuskaod Q_k jaotustorustikus, võttes need 5% kogu soojushulgast Q_s, mis on vajalik sooja vee valmistamiseks. Kui aga elamutes on ette nähtud käterätikukuivatid, mis on ühendatud soojaveevõrguga, võetakse soojuskaod 10% vajalikust soojushulgast Q_s.

3. Arvutatakse valemiga (26) kogu tsirkuleeriva vee vooluhulk.

4. Määratakse tsirkulatsioonipumba vooluhulk (võetakse võrdseks eelmises punktis saadud vooluhulgaga).

5. Määratakse arvutuslik tsirkulatsioonipumba rõhk valemiga (27).

6. Valitakse tsirkulatsioonipump (vt.lisa II).

21. Soojuskandja torustiku arvutamine

Soojaveevarustuse süsteemi projekteerimisel on vaja arvutada soojuskandja torustikku ainult juhtudel, kui vajalik soojus saadakse hoones väikese soojusmahtuvusega katlas. Selle skeemi kohaselt soojuskandja torustik ühendab katla boileriga.

Soojuskandja vooluhulk, mis peab voolama katlast boilerisse, arvutatakse järgmiselt:

kui soojuskandjaks on vesi:

$$Q_v = \frac{Q_s}{\Delta t} \quad l/h \qquad (31)$$

ja kui soojuskandjaks on aur:

$$Q_a = \frac{Q_s}{r} \quad kG/h, \qquad (32)$$

kus Q_s - vajalik soojushulk sooja vee valmistamiseks kcal/h,

Δt - temperatuuri lang soojuskandja torustikus,

r - auru temperatuur.

Temperatuuri lang soojuskandja torustikus Δt arvutatakse kui soojuskandja temperatuuride vahe:

$$\Delta t = t_{sk} - t_{kk}, \qquad (33)$$

kus t_{sk} - soojuskandja maksimaalne temperatuur,

t_{kk} - soojuskandja temperatuur katlasse tagasivoolamisel.

Harilikult soojuskandja maksimaalne temperatuur võetakse $t_{sk} = 95^{\circ}C$, kui on aga tegemist ülekuumendatud veega (pikkade torustike juures), siis $t_{sk} = 110^{\circ}-150^{\circ}C$. Katlasse tagasivoolamisel võetakse soojuskandja temperatuuriks $t_{kk} = 70^{\circ}C$.

Seega soojuskandja temperatuuri lang Δt koigub piiride $\Delta t = 25^{\circ}-80^{\circ}C$.

Soojuskandja torustiku läbimõõt määratakse analoogiliselt tsirkulatsioonitorustiku läbimõõduga, s.t. rõhukao ja vooluhulga järgi.

Vajalik soojuskandja tsirkulatsioonirõhk loomulikul tsirkulatsioonil

$$H = h(\gamma_{sk} - \gamma_{kk}) \quad mm, \qquad (34)$$

kus h - katla ja boileri telgede kõrguste vahe,

γ_{sk} - soojuskandja mahukaal temperatuuril t_{sk} ja

γ_{kk} - soojuskandja mahukaal temperatuuril t_{kk}.

Kui tegemist on sundtsirkulatsiooniga, siis valemiga (34) saadud tsirkulatsioonirõhu järgi valitakse tsirkulatsioonipump.

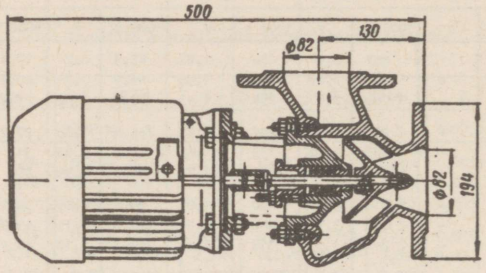
Soojuskandja torustiku läbimõõdu valikul võetakse rõhukaod 50% tsirkulatsioonirõhust H.

Tabel torustiku hüdrauliliste takistuste arvutamiseks

Q	Q	d = 15 mm		d = 20 mm		d = 25 mm		d = 32 mm		d = 40 mm		d = 50 mm	
l/h	l/s	1000 i	v	1000 i	v	1000 i	v	1000 i	v	1000 i	v	1000 i	v
18	0,025	0,424	0,04	0,056	0,02	0,013	0,01	0,0029	0,006	0,0012	0,004	-	-
36	0,01	1,69	0,08	0,222	0,03	0,052	0,02	0,012	0,012	0,005	0,008	0,0013	0,005
54	0,015	3,81	0,11	0,504	0,05	0,117	0,05	0,027	0,018	0,011	0,013	0,0029	0,008
72	0,02	6,78	0,15	0,897	0,07	0,207	0,041	0,047	0,028	0,019	0,017	0,005	0,01
90	0,025	10,6	0,19	1,4	0,09	0,324	0,051	0,074	0,029	0,03	0,021	0,008	0,013
108	0,03	15,3	0,23	2,02	0,11	0,466	0,061	0,106	0,035	0,044	0,025	0,012	0,015
126	0,035	20,8	0,26	2,75	0,12	0,635	0,071	0,145	0,04	0,059	0,029	0,016	0,018
144	0,04	27,1	0,3	3,59	0,14	0,829	0,081	0,189	0,047	0,077	0,033	0,021	0,02
162	0,045	34,3	0,34	4,54	0,16	1,05	0,092	0,239	0,053	0,098	0,038	0,026	0,028
180	0,05	42,4	0,38	5,6	0,18	1,29	0,1	0,295	0,058	0,121	0,042	0,032	0,025
198	0,055	51,3	0,41	6,78	0,2	1,57	0,11	0,357	0,064	0,146	0,046	0,039	0,028
216	0,06	61	0,45	8,07	0,21	1,86	0,12	0,425	0,07	0,174	0,05	0,046	0,031
234	0,065	71,6	0,49	9,47	0,23	2,19	0,13	0,499	0,076	0,204	0,054	0,054	0,033
252	0,07	83,1	0,53	10,9	0,25	2,54	0,14	0,578	0,082	0,237	0,059	0,063	0,036
270	0,075	95,4	0,57	12,6	0,26	2,91	0,15	0,664	0,087	0,272	0,063	0,073	0,038
288	0,08	108	0,6	14,3	0,28	3,32	0,16	0,755	0,093	0,31	0,067	0,082	0,041
306	0,085	122	0,64	16,2	0,3	3,74	0,17	0,853	0,099	0,35	0,071	0,093	0,043
324	0,09	137	0,68	18,2	0,32	4,2	0,18	0,956	0,1	0,392	0,075	0,104	0,046
342	0,095	153	0,72	20,2	0,33	4,68	0,19	1,06	0,11	0,437	0,08	0,116	0,048
360	0,1	169	0,75	22,4	0,35	5,18	0,2	1,18	0,12	0,484	0,084	0,129	0,051
396	0,11	205	0,83	27,1	0,38	6,27	0,22	1,43	0,13	0,586	0,092	0,156	0,056
432	0,12	244	0,9	32,3	0,42	7,46	0,24	1,7	0,14	0,697	0,1	0,186	0,061
468	0,13	287	0,98	37,9	0,46	8,76	0,26	1,99	0,15	0,818	0,11	0,218	0,066
504	0,14	332	1,06	43,9	0,49	10,2	0,28	2,31	0,16	0,949	0,12	0,252	0,071
540	0,15	381	1,03	50,4	0,53	11,7	0,31	2,65	0,17	1,09	0,125	0,29	0,076
576	0,16	434	1,21	57,4	0,56	13,3	0,33	3,02	0,19	1,24	0,13	0,329	0,081
612	0,17	490	1,28	64,8	0,6	14,9	0,35	3,41	0,2	1,4	0,14	0,372	0,087
648	0,18	549	1,36	72,6	0,63	16,8	0,37	3,82	0,21	1,57	0,15	0,417	0,092
684	0,19	612	1,43	80,9	0,67	18,7	0,39	4,26	0,22	1,75	0,16	0,464	0,097
720	0,2	678	1,51	89,7	0,7	20,7	0,41	4,72	0,23	1,94	0,17	0,515	0,1
900	0,25	1 060	1,88	140	0,88	32,4	0,51	7,37	0,29	3,02	0,21	0,804	0,13
1 080	0,3	1 526	2,26	202	1,06	46,6	0,61	10,6	0,35	4,26	0,25	1,16	0,15
1 260	0,35	2 077	2,64	275	1,23	63,5	0,71	14,5	0,41	5,93	0,29	1,57	0,18
1 440	0,4	2 713	3,01	359	1,41	82,9	0,81	18,9	0,47	7,74	0,33	2,06	0,2
1 620	0,45	3 434	3,39	454	1,59	105	1,92	23,9	0,52	9,8	0,38	2,6	0,23
1 800	0,5	4 239	3,77	560	1,76	129	1,02	29,5	0,53	12,1	0,42	3,22	0,25
1 980	0,55	-	-	678	1,94	157	1,12	35,7	0,64	14,6	0,46	3,9	0,28

Q l/h	Q l/s	d= 15 mm		d = 20 mm		d = 25 mm		d = 32 mm		d = 40 mm		d = 50 mm	
		1000 i	v	1000 i	v	1000 i	v	1000 i	v	1000 i	v	1000 i	v
2 160	0,6	-	-	807	2,12	186	1,22	42,5	0,7	17,4	0,5	4,64	0,31
2 340	0,65	-	-	947	2,29	219	1,32	49,9	0,76	20,4	0,54	5,45	0,33
2 520	0,7	-	-	1 099	2,47	254	1,43	57,8	0,82	23,7	0,59	6,31	0,36
2 700	0,75	-	-	1 261	2,65	291	1,53	66,4	0,88	27,2	0,63	7,24	0,38
2 880	0,8	-	-	1 435	2,82	332	1,63	75,5	0,93	31	0,67	8,24	0,41
3 060	0,85	-	-	1 620	3	374	1,73	85,3	0,99	35	0,71	9,3	0,43
3 240	0,9	-	-	1 816	3,17	420	1,83	95,6	1,05	39,2	0,75	10,4	0,46
3 420	0,95	-	-	2 023	3,35	468	1,94	106	1,11	43,7	0,8	11,6	0,48
3 600	1	-	-	2 242	3,53	518	2,04	118	1,17	48,4	0,84	12,9	0,51
3 780	1,05	-	-	2 472	3,7	571	2,14	130	1,28	53,4	0,88	14,2	0,53
3 960	1,1	-	-	2 713	3,88	627	2,24	143	1,29	58,6	0,92	15,6	0,56
4 140	1,15	-	-	-	-	685	2,34	156	1,34	64	0,96	17,1	0,57
4 320	1,2	-	-	-	-	746	2,44	170	1,4	69,7	1	18,5	0,61
4 500	1,25	-	-	-	-	810	2,55	184	1,46	75,6	1,05	20,1	0,64
4 680	1,3	-	-	-	-	876	2,65	199	1,52	81,8	1,09	21,8	0,66
4 860	1,35	-	-	-	-	944	2,75	215	1,58	88,2	1,13	23,5	0,69
5 040	1,4	-	-	-	-	1 016	2,85	231	1,64	94,9	1,17	25,2	0,71
5 220	1,45	-	-	-	-	1 089	2,95	248	1,09	102	1,21	27	0,74
5 400	1,5	-	-	-	-	1 166	3,06	265	1,75	109	1,26	28,9	0,76
5 580	1,55	-	-	-	-	1 245	3,16	283	1,81	116	1,3	30,9	0,79
5 760	1,6	-	-	-	-	1 326	3,26	302	1,87	124	1,34	32,9	0,81
5 940	1,65	-	-	-	-	1 411	3,36	321	1,93	132	1,38	35	0,84
6 120	1,7	-	-	-	-	1 497	3,46	341	1,99	140	1,42	37,2	0,87
6 300	1,75	-	-	-	-	1 587	3,56	361	2,05	148	1,46	39,4	0,89
6 480	1,8	-	-	-	-	-	-	382	2,1	157	1,51	41,7	0,92
6 660	1,85	-	-	-	-	-	-	404	2,16	166	1,55	44	0,94
6 840	1,9	-	-	-	-	-	-	426	2,22	174	1,59	46,4	0,97
7 020	1,95	-	-	-	-	-	-	449	2,28	184	1,63	48,9	0,98
7 200	2	-	-	-	-	-	-	472	2,34	194	1,67	51,5	1,02
7 560	2,1	-	-	-	-	-	-	520	2,45	213	1,71	56,8	1,07
7 920	2,2	-	-	-	-	-	-	571	2,57	234	1,84	62,8	1,12
8 280	2,3	-	-	-	-	-	-	624	2,69	256	1,92	68,1	1,17
8 640	2,4	-	-	-	-	-	-	680	2,81	279	2,01	74,2	1,22
9 000	2,5	-	-	-	-	-	-	737	2,92	302	2,09	80,5	1,27
9 360	2,6	-	-	-	-	-	-	798	3,04	327	2,18	87	1,32
9 720	2,7	-	-	-	-	-	-	860	3,16	353	2,26	93,8	1,37
10 080	2,8	-	-	-	-	-	-	925	3,27	379	2,34	101	1,43
10 440	2,9	-	-	-	-	-	-	992	3,39	407	2,43	108	1,48
10 800	3	-	-	-	-	-	-	-	-	436	2,51	116	1,53

ЦНИПС tüüpi diagonaalpump



Joon. 42

Pump					Elektriajam			Kaal kG
tüüp	toodang Q		rõhk H	kasutegur	tüüp	võimsus	pöörete arv	
	m^3/h	l/s	m			kW	p/min	
ЦНИПС -10	2	0,56	2,5	0,13	АОЛБ-31-4	0,27	1450	35
	4	1,11	2,4	0,23				
	6	1,67	2,2	0,30				
	8	2,22	1,9	0,37				
	10	2,77	1,6	0,37				
	12	3,33	1,3	0,34				
	14	3,90	0,9	0,28				
	16	4,45	0,5	0,18				
ЦНИПС -20	2	0,56	2,40	0,09	АОЛБ-31-4	0,27	1450	35
	4	1,11	2,45	0,19				
	6	1,67	2,40	0,26				
	8	2,22	2,35	0,35				
	10	2,77	2,25	0,40				
	12	3,33	2,10	0,45				
	14	3,90	2,00	0,48				
	16	4,45	1,80	0,49				
	18	5,00	1,50	0,47				
	20	5,56	1,35	0,43				
	22	6,10	1,10	0,36				

Tsentrifugaalpump ЦНШ

Pumba mark	Pump				Elektriajam		
	toodang		rõhk m	lub H_{vac} m	tüüp	võimsus kW	pööre-te arv p/min
	m^3/h	l/s					
ЦНШ -40	10,8	3,0	26	8	A 42-2	4,5	2870
	15	4,2	24				
	18,6	5,15	22				
	21	5,8	20				
	24	6,7	18				
	8	2,21	6		A 32-4	1,0	1410
	10,6	2,96	5				
	12,6	3,5	4				
ЦНШ-65	30	8,3	30	7	A 52-2	10,0	2890
	43	12,0	28				
	53	14,7	26				
	60	16,7	24				
	65	18,3	22				
	70	19,4	20				
	26	7,2	6		A 42-4	2,8	1426
	32	8,9	5				
	37	10,3	4				
ЦНШ -80	28	7,8	22	6	A 42-4	2,8	1420
	36	10,0	20				
	49	13,6	18				
	50	13,9	38		A 61-2	4	2920
	72	20,0	34				
	86	23,9	30				
	92	25,6	28				
	98	27,2	26				
	103	28,6	24				

K i r j a n d u s

1. А.В. Хлудов. Горячее водоснабжение, Москва, Госстройиздат, 1957.
2. Н.Н. Репин. Санитарно-технические устройства и газоснабжение зданий. Москва, Госстройиздат, 1964.
3. Ж.Я. Лейв, И.С. Либер, В.А. Евдокимова. Справочная книга по санитарной технике. Москва, Россельхозиздат, 1966.
4. Ehituste projekteerimise normid (СНиП).

   СНиП II-Г. 1-62 Внутренный водопровод жилых и общественных зданий.

   СНиП II-Г. 2-62 Внутренный водопровод производственных и вспомогательных зданий промышленных предприятий.

   СНиП II-Г. 8-62 Горячее водоснабжение.

   СНиП II-Г. 10-62 Тепловые сети.

   СНиП II-Л. 13-62 Бани.

   СНиП II-Л. 14-62 Прачечные.

S i s u k o r d

SISSEJUHATUS 3

I. VEE KVALITEET

1. Nõuded vee kvaliteedile 5

2. Meetodid vee kareduse vähendamiseks 7

3. Meetodid vee hapnikusisalduse vähendamiseks 11

II. SOOJAVEEVARUSTUSE SÜSTEEMID JA SKEEMID

4. Soojaveevarustuse süsteemide liigitus 15

5. Kohalikud seadmed sooja vee valmistamiseks . 17

6. Väikese võimsusega soojaveevarustuse süsteemid 26

7. Tsentraliseeritud soojaveevarustuse süsteemid sooja vee valmistamisega hoone katlamajas 29

8. Tsentraliseeritud soojaveevarustuse süsteemid sooja vee valmistamisega hoones soojusvõrgu baasil 32

9. Tsentraliseeritud soojaveevarustuse süsteemid vee võtmisega soojusvõrgust 35

10. Saunade ja pesumajade soojaveevarustus . . . 37

III. SOOJAVEEVARUSTUSE SÜSTEEMI EHITUS

11. Akumulaatorid 39

12. Boilerid 40

13. Soojaveevõrk 47

14. Armatuur 53

15. Kontroll- ja mõõteriistad 56

IV. SOOJAVEEVARUSTUSE SÜSTEEMI ARVUTAMINE

16. Sooja vee tarbimise norm ja režiim . . . 65

17. Vajaliku soojushulga määramine sooja vee valmistamiseks 68

18. Boilerite ja akumulaatorite arvutamine ja valik 71

19. Jaotustorustiku arvutamine 76

20. Tsirkulatsioonitorustiku arvutamine . . . 77

21. Soojuskandja torustiku arvutamine 84

Lisa I 86

Lisa II 88

Kirjandus 90

Hind 18 kop.

A-
30894
77 470

TÜ RAAMATUKOGU
1 0300 00485668 0