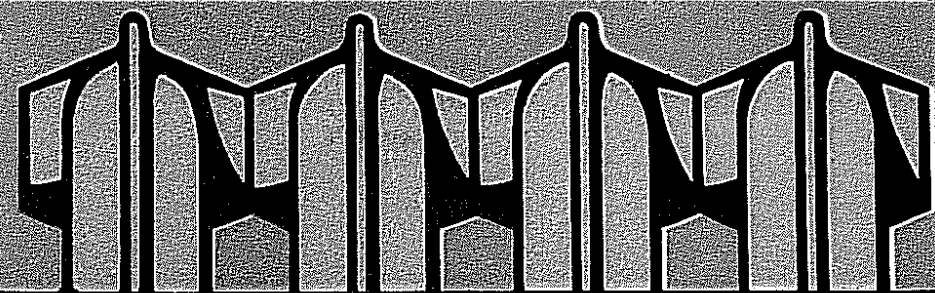


55 kap

Nr. G 212

Vieta AT 7

A. KRĒSLINŠ
J. KIGURS



ĒKU APKURES SISTĒMAS



Recenzents doc. A. Krūmiņš
Vāku zīmēja A. Drāznieks

SATURS

Ievads	5
1. Celtniecības siltumfizikas pamati	7
1.1 Būvmateriālu siltumtehniskās īpašības	7
1.2 Ēku norobežojošo konstrukciju nepieciešamā siltuma pār- ejas pretestība	11
1.3 Grīdu virsmas nepieciešamā siltumapgaves spēja	15
1.4 Ēkas norobežojošo konstrukciju gaisa caurlaidība	16
1.5 Atsevišķu telpu siltuma zudumu aprēķins	19
1.6 Ēkas siltuma zudumu aptuvena noteikšana	21
1.7 Kā novērst kondensātu uz telpu sienām un griestiem	22
1.8 Kā novērst mitrumu ēkas norobežojošo konstrukciju ma- sīvā	24
1.9 Ēkas norobežojošo konstrukciju izvēles tehniski ekono- miskais pamatojums	27
2. Sildķermeņi	28
2.1 Sildķermeņu veidi	29
2.2 Sildķermeņu siltumtehniskie un ekonomiskie rādītāji	33
2.3 Sildķermeņu sildvirsmas aprēķins	35
2.4 Metāla sildķermeņu novietošana telpā	39
2.5 Sildvirsmu izvietoējums staru-paneļu apkures sistēmās	41
2.6 Sildķermeņu siltuma atdeves regulēšana	43
3. Ūdens apkures sistēmas	44
3.1 Ūdens apkures sistēmu darbības princips	44
3.2 Ūdens apkures sistēmu klasifikācija un shēmas	45
3.3 Valējas un slēgtas izplešanās tvertnes	51
3.4 Apkures sistēmu atgaisošana	52
3.5 Ūdens apkures sistēmu cauruļvadi un armatūra	54
3.6 Ēku apkures sistēmu pievienošana siltuma tīkliem	55
3.7 Elevators	56
3.8 Cirkulācijas sūkņi	57
3.9 Ūdens apkures sistēmu tehniski ekonomiskie rādītāji	58
3.10 Ūdens apkures sistēmu hidrauliskā aprēķina metodes	59
3.11 Ūdens apkures sistēmu hidrauliskais aprēķins	63
4. Tvaika apkures sistēmas	70
4.1 Tvaika apkures sistēmu klasifikācija	70
4.2 Zemspiediena tvaika apkures sistēmas	72
4.3 Augstspiediena tvaika apkures sistēmas	74
4.4 Vakuuma tvaika apkures sistēmas	76

4.5. Tvaika apkures sistēmu elementi	77
4.6. Tvaika apkures sistēmu aprēķins	79
5. Dzīvokļu centrālapkure	83
5.1. Dzīvokļu ūdens apkures sistēmas	83
5.2. Dzīvokļu ūdens apkures sistēmu aprēķins	87
5.3. Kombinētās dzīvokļu apkures un karstā ūdens apgādes sistēmas	90
5.4. Dzīvokļu apkures sistēmu siltuma generatori	93
5.5. Dzīvokļu apkures sistēmu pieslēgšana centralizētam siltumapgādes tīklam	96
5.6. Dzīvokļu gaisa apkures sistēmas	97
5.7. Plastmasas caurules un radiatori dzīvokļu apkures sistēmās	99
5.8. Saules enerģijas izmantošana ēku apkurē	100
6. Krāsns apkure, kamīni, elektriskā un gāzes apkure	102
6.1. Krāsns apkure	102
6.2. Kamīni	105
6.3. Elektriskā apkure	114
6.4. Gāzes apkure	116
Literatūra	119

IEVADS

Gaisa sastāvs, temperatūra, mitrums un kustības ātrums, kā arī apkārtējo virsmu — sienu, grīdas un griestu temperatūra būtiski ietekmē cilvēka labsajūtu un darbaspējas, dzīvnieku produktivitāti, rūpniecības tehnoloģisko procesu norisi. Tā kā ārējie klimatiskie apstākļi mainās plašās robežās, nepieciešams dzīvojamo, sabiedrisko, rūpniecības ēku telpās radīt mākslīgo mikroklimatu. To panāk ar apkures un ventilācijas sistēmām, kā arī pareizi izvēloties ēku konstrukcijas.

Apkures sistēmas nodrošina telpās vēlamo gaisa temperatūru, bet ventilācijas sistēmas — vēlamos gaisa parametrus. Sienu, grīdas un griestu virsmu temperatūra ir atkarīga no to konstruktīvā izveidojuma, kuru izvēlas pēc celtniecības siltumfizikas likumiem. Pašreizējais tehnikas līmenis ļauj radīt telpās jebkuru vajadzīgo mikroklimatu.

Apkures sistēmas trīs galvenās sastāvdaļas: siltuma generators; sildķermeņi, kas atdod siltumu telpas gaisam; caurules, vadi vai kanāli, pa kuriem siltumu no generatora piegādā sildķermeņiem.

Ja visas trīs apkures sistēmas sastāvdaļas apvienotas vienā agregātā, piemēram, apkures krāsnī, tad apkures sistēmu sauc par *vietējo apkures sistēmu*. Šāda sistēma var apsildīt ne vairāk kā 3—4 telpas. Ēku centrālā apkures sistēma no viena generatora ar siltumu apgādā visu ēku. Centralizētās siltuma apgādes sistēmas no viena generatora (rajona katlu māja vai TES) apsilda rajonu vai veselu pilsētu.

Atkarībā no siltuma nesēja izšķir dūmgāzu, gaisa, ūdens, tvaika, elektriskās un gāzes apkures sistēmas.

Dūmgāzes kā siltuma nesēju izmanto tikai krāšņu apkurē.

Gaisu kā siltuma nesēju parasti izmanto tikai vienas ēkas robežās, tā pārvietošana pa kanāliem saistīta ar lieliem enerģijas patēriņiem, bet paši kanāli aizņem daudz vietas.

Ūdens pašreiz ir visplašāk lietotais siltuma nesējs. Izšķir ūdens apkures sistēmas ar dabisku (gravitācijas spēku ietekmē) un piespiedu (ar sūkņu palīdzību) cirkulāciju.

Tvaiku salīdzinājumā ar ūdeni ir daudz vieglāk pārvietot pa caurulēm, un nepieciešamo cauruļu diametri ir mazāki. Tomēr tvaiku apkurei lieto salīdzinoši maz, tikai atsevišķās rūpniecības un lauksaimniecības ēkās, jo tvaika apkuri ir grūti regulēt un tā nav higiēniska: sildķermeņu virsmas temperatūra ir pārāk augstu un uz tās sadeg organiskas izcelsmes putekļi, izdalot kaitīgas gāzes.

Elektrisko apkures sistēmu ekspluatācija pagaidām ir dārga, bet to izmantošana ir ļoti perspektīva. Tās ir higiēniskas, lēti izbūvējamas un viegli regulējamas.

Gāzes apkuri lieto atsevišķās rūpnīcu un lauksaimniecības ēku telpās. Dzīvojamās un sabiedriskās ēkās tās nelieto sanitāri higiēnisku apsvērumu dēļ.

Apkures tehnikas sākumi meklējami ļoti senos laikos. Arheoloģiskie izrakumi liecina, ka senajā Romā jau pirms mūsu ēras tika būvētas ēkas ar tā sauktajām «hipokaustum» (no lejas sildāmās) centrālajām dūmgāzu apkures sistēmām. Vēlāk šis apkures veids tika aizmirsts.

XVIII gadsimta beigās ēkās sāka lietot tvaika un ūdens centrālās apkures sistēmas, bet XIX gadsimta sākumā izveidoja pirmās rajona siltumapgādes sistēmas.

Padomju zinātnieku ieguldījums šajā jomā ir plaši pazīstams visā pasaulē. Viņi trīsdesmitajos gados radīja celtniecības siltumfizikas teorētiskos pamatus. PSRS ieņem pirmo vietu pasaulē centralizētās siltumapgādes apjomu ziņā.

1. CELTNIECĪBAS SILTUMFIZIKAS PAMATI

1.1. Būvmateriālu siltumtehnikas īpašības

Būvmateriālu siltumtehnikas īpašības — siltumvadītspēja, siltumietilpība, siltumapgādes spēja, tvaika caurlaidība — ir atkarīgas no to tilpumsvara, porainības un mitruma.

Tilpumsvars γ (kg/m^3) ir materiāla 1 m^3 svars dabiskā stāvoklī. Tilpumsvaru nedrīkst jaukt ar īpatnējo svaru g (kg/m^3) — vielas 1 m^3 svaru absolūti blīvā stāvoklī (bez porām). Būvmateriālu tilpumsvars var būt robežās no 2800 (granītam) līdz 20 kg/m^3 (porolonam).

Porainība $p = \frac{g - \gamma}{g}$ būvmateriāliem var būt robežās no $p=0$

(granītam) līdz $p=98\%$ (porolonam).

Izšķir būvmateriālu svara mitrumu un tilpuma mitrumu. *Svara mitrums*

$$\omega = \frac{P_1 - P_2}{P_2} 100\%, \quad (1.1)$$

kur

P_1 — materiāla parauga svars;

P_2 — tā paša parauga svars pēc izžāvēšanas.

Tilpuma mitrums

$$\omega_t = \frac{V_1}{V_2} 100\%, \quad (1.2)$$

kur

V_1 — tilpums, ko paraugā aizņem ūdens;

V_2 — paša parauga tilpums.

Pie viena un tā paša tilpuma mitruma svara mitrums var būt dažāds atkarībā no materiāla tilpumsvara.

Parasti vieglāk noteikt svara mitrumu, bet tilpuma mitrumu aprēķina pēc tā:

$$\omega_t = \frac{\omega \gamma}{1000}, \%, \quad (1.3)$$

Ēku konstrukcijas nekad nav pilnīgi sausas. Jauniem betona paneļiem $\omega = 12-20\%$, ķieģeļu sienām $\omega = 5\%$, bet normāls mitrums $\omega \approx 1,5\%$ iestājas tikai pēc pāris gadiem, ja konstrukcijas ir pareizi aprēķinātas un tiek normāli ekspluatētas.

Siltumvadītspēju raksturo *siltumvadītspējas koeficients* λ . Būvmateriāliem tas var būt robežās no 0,04 (porolonam) līdz $3,5 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$

(granītam). Metāliem λ ir vēl lielāks: tēraudam $\lambda=58$, bet alumīnijam $\lambda=220 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$.

Jo mazāk materiālā poru, proti, jo lielāks tā tilpumsvars, jo lielāka arī tā siltumvadītspēja. Tas viegli izskaidrojams, ņemot vērā, ka koeficients λ materiālu pamatvielai ir apmēram 100 reizes lielāks nekā gaisam porās [$\lambda=0,023-0,031 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$].

Mitriem būvmateriāliem λ ir lielāks nekā sausiem. Piemēram, ķieģļu mūra siltumvadītspēja atkarībā no mitruma mainās šādi:

$\omega, \%$	0,1	0,7	2,4	4	9
$\lambda, \text{W/(m}\cdot\text{K)}$	0,53	0,72	0,81	1,01	1,37

Tas izskaidrojams ar to, ka ūdenim, kas izspiež no porām gaisu, $\lambda=0,58 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$, apmēram 20 reizes lielāks nekā gaisam. Ja ūdens porās sasilst, koeficients λ palielinās lēcienveidā, jo ledum λ ir 4 reizes lielāks nekā ūdenim.

Konstrukcijas temperatūrai paaugstinoties, nedaudz pieaug arī būvmateriālu siltumvadītspēja. Siltumvadītspējas koeficients pie temperatūras $t^\circ\text{C}$ ir

$$\lambda_t = \lambda_0(1 + 0,0029t), \text{ W/(m}\cdot\text{K)}, \quad (1.4)$$

kur λ_0 — siltumvadītspējas koeficients pie temperatūras 0°C , $\text{W/(m}\cdot\text{K)}$.

Koksne paralēli šķiedrām siltumu vada apmēram 2 reizes labāk nekā perpendikulāri šķiedrām. Tas pats novērojams, lietojot būvkonstrukcijās dažus presētus un šķiedrveida izolācijas materiālus.

Celtniecības normās [23] būvmateriāliem dotas trīs koeficienta λ vērtības — sausam materiālam, ekspluatējot normālos apstākļos un ekspluatējot mitrā klimatā. Gandrīz visa mūsu republikas teritorija saskaņā ar celtniecības normās doto karti atrodas mitrā klimata joslā. Tādēļ 1.1. tabulā uzrādītas tikai Latvijas PSR klimatiskajiem apstākļiem raksturīgās būvmateriālu siltumtehniko parametru vērtības.

Siltumietilpība c [$\text{kJ/(kg}\cdot\text{K)}$] rāda, cik kJ siltuma jāpievada vienam kg materiāla, lai paaugstinātu tā masas temperatūru par vienu grādu. Būvmateriālu siltumietilpība var būt robežās no 0,75 (minerālvatei) līdz 2,3 $\text{kJ/(kg}\cdot\text{K)}$ (kokam). Visaugstākā siltumietilpība [$c=4,19 \text{ kJ/(kg}\cdot\text{K)}$] ir ūdenim.

Siltumietilpību aprēķina pēc formulas

$$c = \frac{c_0 + 0,04\omega}{1 + 0,04\omega}, \quad (1.5)$$

kur c_0 — sausa materiāla siltumietilpība, $\text{kJ/(kg}\cdot\text{K)}$.

Siltumapgaves spēju raksturo materiāla siltumapgaves koeficients S [$\text{W/(m}^2\cdot\text{K)}$]. Tas rāda, par cik J jāmaina siltuma plūsma sekundē, lai materiāla virsmas 1 m^2 temperatūru izmainītu par 1°C .

Būvmateriālu un būvkonstrukciju siltumtehnikie parametri [32]

Materiāla nosaukums	Sausa materiāla īpašības			Aprēķinos lietojamās vērtības			
	tilpumsvars γ_0 kg/m^3	siltumietilpība c_0 $\text{kJ/(kg}\cdot\text{K)}$	siltumvadītspēja λ_0 $\text{W/(m}\cdot\text{K)}$	svara mitrums, $\omega, \%$	siltumvadītspēja λ $\text{W/(m}\cdot\text{K)}$	siltumapgaves spēja S $\text{W/(m}^2\cdot\text{K)}$	Odens tvaiku caurlaidība μ , $\mu\text{g/(m}\cdot\text{s}\cdot\text{Pa)}$
1	2	3	4	5	6	7	8
Betoni un javas							
Dzelzsbetons	2500	0,84	1,69	3	2,04	18,72	0,008
Oļu vai akmens šķembu betons	2400	0,84	1,51	3	1,86	17,63	0,008
Keramzītbetons	1800	0,84	0,66	10	0,92	12,25	0,025
	1400	0,84	0,46	10	0,65	9,09	0,027
	1000	0,84	0,27	10	0,41	6,08	0,037
	600	0,84	0,16	10	0,26	3,73	0,073
Izdedžu betons	1800	0,84	0,70	8	0,93	11,91	0,021
	1400	0,84	0,47	8	0,65	8,79	0,025
	1000	0,84	0,29	8	0,44	6,12	0,037
Vermikulīta betons	800	0,84	0,21	13	0,26	4,52	0,031
	400	0,84	0,09	13	0,13	2,26	0,052
Gāzbetons vai putu betons	1000	0,84	0,29	15	0,47	7,01	0,031
	600	0,84	0,41	12	0,26	3,85	0,048
	300	0,84	0,08	12	0,13	1,93	0,073
Smilšu-cementa java	1800	0,84	0,58	4	0,93	11,03	0,025
Smilšu-kaļķu java	1600	0,84	0,47	4	0,81	9,72	0,033
Izdedžu-cementa java	1400	0,84	0,41	4	0,64	8,06	0,031
	1200	0,84	0,35	4	0,58	6,82	0,037
Ģipša plātnes	1200	0,84	0,35	6	0,47	6,63	0,027
	1000	0,84	0,23	6	0,35	5,23	0,029
Sausais apmetums	800	0,84	0,15	6	0,21	3,63	0,021
Ķieģļu vai akmens mūris							
Parastie māla vai silikāta ķieģeļi	1800	0,88	0,56	2	0,81	10,09	0,029
	1600	0,88	0,47	4	0,70	9,19	0,042
Caurumotie silikāta ķieģeļi	1500	0,88	0,35	4	0,52	6,9	0,035
Caurumotie keramikas ķieģeļi	1400	0,88	0,29	4	0,47	5,93	0,037
Trepela vai izdedžu ķieģeļi	1200	0,88	0,64	4	0,81	9,61	0,052
	1000	0,88	0,52	4	0,76	8,59	0,062
Granīts	2800	0,88	3,49	0	3,49	24,91	0,002
Kaļķakmens	1800	0,88	0,7	3	1,05	11,7	0,021
	1400	0,88	0,49	3	0,58	7,69	0,029
Koks un citi dabiskie materiāli							
Skuju koki, perpendikulāri šķiedrām	500	2,3	0,09	20	0,17	4,44	0,017

1.1 tab. turpinājums

1	2	3	4	5	6	7	8
Skuju koki, paralēli šķiedrām	500	2,3	0,17	20	0,35	6,29	0,09
Ozols, perpendikulāri šķiedrām	700	2,3	0,1	15	0,23	5,82	0,015
Ozols, paralēli šķiedrām	700	2,3	0,23	15	0,41	7,77	0,083
Apdares kartons	1000	2,3	0,17	10	0,23	6,76	0,017
Daudzslāņu būvkartons	550	2,3	0,13	12	0,17	4,79	0,023
Koka skaidu plates	1000	2,3	0,15	12	0,29	7,68	0,033
	600	2,3	0,1	12	0,16	4,45	0,035
	200	2,3	0,58	12	0,08	1,81	0,067
Kūdras siltumizolācijas plates	300	2,3	0,064	20	0,08	2,35	0,052
	200	2,3	0,052	20	0,06	1,7	0,135
Pakulas	150	2,3	0,047	12	0,07	1,45	0,135
Siltumizolācijas materiāli							
Cauršūti minerālvates paklāji	125	0,75	0,056	5	0,07	0,72	0,083
	75	0,75	0,052	5	0,064	0,6	0,135
	50	0,75	0,048	5	0,058	0,47	0,146
Minerālvates plates	300	0,75	0,084	5	0,09	1,45	0,115
	200	0,75	0,07	5	0,08	1,1	0,135
	100	0,75	0,056	5	0,07	0,72	0,156
	50	0,75	0,048	5	0,058	0,47	0,167
Stikla šķiedras paklāji	150	0,75	0,06	5	0,07	0,88	0,146
Putu polistirols	150	1,34	0,047	5	0,058	0,99	0,012
	100	1,34	0,041	10	0,052	0,81	0,012
	40	1,34	0,038	10	0,047	0,49	0,012
Putuplasts	125	1,26	0,052	10	0,064	0,99	0,062
	100	1,26	0,041	10	0,052	0,79	0,062
un mazāk							
Putu poliuretāns	80	1,47	0,041	5	0,046	0,67	0,015
	60	1,47	0,035	5	0,041	0,55	0,015
	40	1,47	0,029	5	0,035	0,41	0,015
Perlīta plastbetons	200	1,05	0,041	3	0,058	0,99	0,002
Dubulto sienu pildījuma vai bēniņu segkārtas materiāli							
Keramzīts	800	0,84	0,17	3	0,23	3,59	0,058
	400	0,84	0,12	3	0,14	1,97	0,067
	200	0,84	0,1	3	0,12	1,28	0,071
Izdedži	800	0,84	0,17	4	0,26	3,77	0,058
	600	0,84	0,15	4	0,21	2,95	0,062
	400	0,84	0,12	4	0,16	2,13	0,067
Porainais vermikulīts	200	0,84	0,08	3	0,1	1,21	0,062
	100	0,84	0,064	3	0,08	0,76	0,083
Smillis	1600	0,84	0,35	2	0,58	7,87	0,046
Putu stikls	400	0,84	0,1	2	0,14	1,93	0,006
	300	0,84	0,09	2	0,12	1,52	0,006
	200	0,84	0,07	2	0,09	1,12	0,008

1.1 tab. turpinājums

1	2	3	4	5	6	7	8
Hidroizolācijas, apdares, jumtu seguma un grīdu klājuma materiāli							
Asbocementa loksnes	1800	1,26	0,35	3	0,52	8,09	0,008
Bitumens	1200	1,67	0,22	0	0,22	5,66	0,002
Asfaltbetons	2100	1,67	1,05	0	1,05	16,31	0,002
Ruberoīds vai pape	500	1,67	0,17	0	0,17	3,56	sk.
Daudzslāņu polivinilhlorīda linolejs	1800	1,47	0,38	0	0,38	8,55	1.10. tab. 0,0004
Linolejs ar auduma pamatni	1600	1,47	0,33	0	0,33	7,43	0,0004
	1800	1,47	0,35	0	0,35	8,15	0,0004
	1600	1,47	0,29	0	0,29	7,01	0,0004
	1400	1,47	0,23	0	0,23	5,87	0,0004
Metāli un stikls							
Tērauds	7850	0,48	58	0	58	126,1	0
Alumīnijs	2600	0,84	220	0	220	186,4	0
Varš	8500	0,42	400	0	400	323,3	0
Logu stikls	2500	0,84	0,76	0	0,76	10,69	0

Siltumapgaves koeficientu aprēķina pēc formulas

$$S = 0,27 / \lambda \gamma_0 (c_0 + 0,04\omega), \quad W/(m^2 \cdot K). \quad (1.6)$$

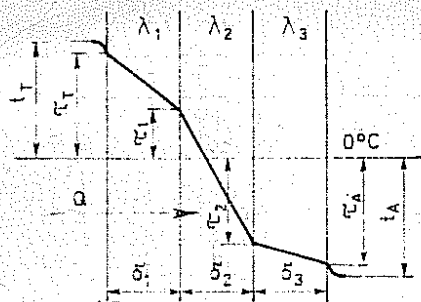
Betonam $S=19$, bet priežu dēļiem $S=4,5$ $W/(m^2 \cdot K)$. Metāliem siltumapgaves koeficients ir ievērojami lielāks, bet siltumizolācijas materiāliem — vēl mazāks kā kokam.

Materiāla siltumapgaves spēju var noteikt subjektīvi, pieskaroties tā virsmai: metāli, akmeņi un betons šķiet auksti, bet koks un audumi — silti, jo siltuma plūsma no cilvēka ķermeņa, ieplūstot materiāla virsmā, materiālus ar mazu siltumapgaves koeficientu ātri silda.

Ūdens tvaika caurlaidību raksturo materiāla *ūdens tvaika caurlaidības koeficients* μ [$\mu g/(m \cdot s \cdot Pa)$], kas rāda, cik mikrogramu ūdens tvaika izplūst caur 1 m biezās sienas 1 m^2 sekundē, ja ūdens tvaiku daļējo spiedienu starpība iekšpusē un ārpusē ir 1 Pa. Koeficients μ stiklam un metāliem ir 0, dzelzsbetonam — 0,008, izdedžu betonam — 0,021, minerālvatei — 0,15, nekustīgam gaisam — 0,17, gaisam, kurā notiek konvektīvas plūsmas, — 0,28 $\mu g/(m \cdot s \cdot Pa)$.

1.2. Ēku norobežojošo konstrukciju nepieciešamā siltuma pārejas pretestība

Ja āra gaisa temperatūra ir t_A °C, telpas gaisa temperatūra — t_T °C un $t_A < t_T$, tad cauri norobežojošām konstrukcijām (sienām, logiem, durvīm, grīdai, griestiem) plūst siltums virzienā no telpas uz āru.



1.1. zīm. Temperatūras sadalījums sienā, kas sastāv no trīs dažādu materiālu slāņiem

1.1. zīm. parādīts, kā siltuma plūsmas virzienā samazinās temperatūra sienā, kas sastāv no trīs dažādu materiālu slāņiem. Būvmateriālu slāņi izrāda *termisko pretestību* R siltuma plūsmai, kas ir atkarīga no materiāla siltumvadītspējas un slāņa biezuma δ (m), to aprēķina pēc formulas

$$R = \frac{\delta}{\lambda}, \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}.$$

Iekšējās virsmas temperatūra $< t_T$ un ārējās virsmas temperatūra $t_A > t_A$. Tas norāda, ka siltuma plūsmai jāpārvar noteikta pretestība, arī ieejot norobežojošā konstrukcijā un izejot no tās.

Kopējo pretestību, kas jāpārvar siltuma plūsmai izejot caur norobežojošo konstrukciju, sauc par *siltuma pārejas pretestību*:

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_T} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{gs} + \frac{1}{\alpha_A}, \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}, \quad (1.7)$$

kur α_T — telpas norobežojošās konstrukcijas iekšējās virsmas siltumatdeves koeficients, $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
 α_A — norobežojošās konstrukcijas ārējās virsmas siltumatdeves koeficients, $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
 $R_1, R_2, \dots, R_n$ — atsevišķu norobežojošās konstrukcijas slāņu termiskās pretestības, $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$;
 R_{gs} — gaisa starpslāņa termiskā pretestība, $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$ (1.2. tab.).

1.2. tabula

Noslēgtu gaisa starpslāņu termiskā pretestība R_{gs} , $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$

Gaisa starpslāņa biezums, cm	Gaisa starpslānis atrodas			
	sienā vai griestos		grīdā	
	Gaisa temperatūra starpslānī			
	>0 °C	<0 °C	>0 °C	<0 °C
1	0,13	0,15	0,14	0,15
2	0,14	0,15	0,15	0,19
3	0,14	0,16	0,16	0,21
5	0,14	0,17	0,17	0,22
10	0,15	0,18	0,18	0,23
15	0,15	0,18	0,19	0,24
20—30	0,15	0,19	0,19	0,24

Gaisa starpslānim jābūt hermētiski slēgtam, tas nedrīkst savienoties ar āra gaisu. Termiskā pretestība palielinās divkārt, ja vienu vai abas gaisa starpslāņa sienas apīmē ar alumīnija foliju.

Siltumatdeves koeficients α_T sienām, grīdām un gludiem griestiem ir 8,7; ribotiem griestiem — 7,6, griestiem ar kesona veida iedobumiem — 7 $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Siltumatdeves koeficients α_A virsmām, kas tieši saskaras ar āra gaisu, ir 23, bēniņu pārsedzēm — 12, pagraba pārsedzēm — 6 $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Logu, balkona durvju, kā arī virsgaismas logu siltuma pārejas pretestības dotas 1.3. tabulā.

1.3. tabula

Logu, balkona durvju un virsgaismas logu siltuma pārejas pretestība

Stiklojums	R_0 , $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$
Vienkāršs metāla rāmī	0,15
Vienkāršs koka rāmī	0,17
Dubults vienā metāla rāmī	0,31
Dubults vienā koka rāmī vai divos atsevišķos metāla rāmjos	0,34
Dubults divos atsevišķos koka rāmjos	0,38
Trīskāršs metāla rāmjos	0,48
Trīskāršs koka rāmjos	0,52
Dobi 194×194×98 mm stikla bloki	0,31
Dobi 244×244×98 mm stikla bloki	0,33
Dubult-T veida profilēts stikls	0,16
U-veida profilēts stikls	0,36
Divu kārtu stikla paketes metāla rāmī	0,31
Divu kārtu stikla paketes koka rāmī	0,34

Siltuma daudzums, ko 1 sekundē caur norobežojošās konstrukcijas vienu m^2 zaudē telpa, ir

$$Q = \frac{t_T - t_A}{R_0} = (t_T - t_T) \alpha_T = \frac{t_T - t_1}{R_1} = \frac{t_1 - t_2}{R_0} = \dots = \frac{t_{n-1} - t_A}{R_n} = (t_A - t_A) \alpha_A, \text{ W/m}^2, \quad (1.8)$$

kur $t_1, t_2, \dots, t_{n-1}$ — atsevišķu norobežojošās konstrukcijas slāņu ārējās virsmas temperatūra, °C. (Slāņus numurē pēc kārtas virzienā no telpas uz āru, kā parādīts 1.1. zīmējumā).

Sienu, griestu un grīdu siltumpārejas pretestības nedrīkst būt mazākas par *normēto siltumpārejas pretestību*, ko nosaka pēc formulas

$$R_{0N} = \frac{n(t_T - t_A)}{\Delta t_N \alpha_T}, \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}, \quad (1.9)$$

kur n — koeficients, kuru nosaka norobežojošās konstrukcijas novietojums attiecībā pret āra gaisu (āra sienām, grīdām, jumliem bez bēniņiem tas ir 1; bēniņu pārsedzēm — 0,9; pārsedzēm virs pagraba ar logiem — 0,75; pārsedzēm virs pagraba ar logiem — 0,75; pārsedzēm virs pagraba bez logiem — 0,6);

Δt_N — normētā temperatūru starpība ($t_T - t_T$) (atkarībā no gaisa mitruma telpās dzīvojamo ēku sienām tā ir 6, pārsedzēm — 4; sabiedrisko ēku sienām 7; pārsedzēm — 5,5; rūpnīcu un lauksaimniecības ēku sienām — 8—12; pārsedzēm — 7—12).

Telpas gaisa temperatūru izvēlas saskaņā ar attiecīgu celtniecības normu norādījumiem. Tā, piemēram, t_T dzīvojamo ēku istabām pieņem 18°C, virtuvēm — 15°C, vannas istabām — 25°C, tualetes telpām — 16°C. Ja telpā ir divas āra sienas (stūra istabas), tad t_T vērtība jāpalielina par 2°C.

Būvkonstrukciju siltumtehnikajos aprēķinos āra gaisa temperatūru t_A izvēlas atkarībā no norobežojošās konstrukcijas *siltuma inerce*

$$D = R_1 S_1 + R_2 S_2 + \dots + R_n S_n, \quad (1.10)$$

kur $R_1, R_2 \dots R_n$ — konstrukcijas atsevišķu slāņu termiskā pretestība, $m^2 \cdot K/W$;
 $S_1, S_2 \dots S_n$ — konstrukcijas atsevišķu slāņu siltumapgaves koeficients, $W/(m^2 \cdot K)$.

1.4. tabula

Klimatiskie dati dažām pilsētām

Ģeogrāfiskais punkts	Āra gaisa temperatūra, °C					Apkures perioda ilgums "ap- dien- naktis"
	viszemākā āra gaisa temperatūra, $t_{A \min}$	visaukstākās diennakts vi- dējā tempera- tūra, t_{A1}	triju visauk- stāko dien- nakšu vidējā temperatūra, t_{A3}	piecu visauk- stāko dien- nakšu vidējā temperatūra, t_{A5}	apkures perioda vidējā tempe- ratūra, t_{Ap}	
Arhangeļska	-45	-36	-34	-32	-4,7	251
Daugavpils	-43	-30	-29	-27	-1,5	203
Gulbene	-39	-30	-28	-25	-1,6	215
Jelgava	-34	-24	-22	-20	-0,3	201
Kaļiņin- grada	-33	-22	-20	-18	+0,6	195
Kauņa	-36	-24	-22	-20	-0,5	192
Klaipēda	-35	-22	-20	-18	+0,4	194
Liepāja	-33	-23	-21	-18	+0,8	202
Leņingrada	-36	-28	-27	-25	-2,2	219
Maskava	-40	-32	-29	-25	-3,2	205
Minska	-39	-30	-28	-25	-1,2	203
Panevėža	-37	-25	-24	-22	-0,7	199
Pērnavā	-35	-26	-24	-22	-0,8	211
Pleskava	-41	-31	-29	-26	-2,0	212
Priekule	-38	-26	-25	-24	-1,3	209
Rīga	-35	-25	-23	-20	-0,6	205
Sauļi	-36	-25	-23	-21	-0,9	200
Tallina	-32	-25	-23	-21	-0,8	221
Tartu	-35	-29	-26	-23	-1,5	214
Taurupe	-37	-29	-27	-25	-1,4	211
Taškenta	-30	-18	-17	-15	+2,4	130
Tbilisi	-23	-10	-9	-7	+4,2	152
Tinda	-56	-45	-43	-41	-15,2	254
Tjumeņa	-50	-41	-38	-35	-5,7	220
Valka	-39	-27	-26	-25	-1,5	214
Ventspils	-32	-23	-21	-18	+0,7	207
Vilņa	-37	-25	-24	-23	-0,9	194

Uzskata, ka siltuma inerce praktiski nav, ja $D \leq 1,5$, inerce ir maza, ja $1,5 < D \leq 4$, vidēja, ja $4 < D \leq 7$, un liela — ja $D > 7$.

Lielas siltuma inerce gadījumā aprēķinos lieto piecu visaukstāko diennakšu vidējo temperatūru t_{A5} , *vidējas siltuma inerce* gadījumā — triju visaukstāko diennakšu vidējo temperatūru t_{A3} , *mazas siltuma inerce* gadījumā — visaukstākās diennakts vidējo temperatūru t_{A1} , bet, ja *siltuma inerce nav*, tad viszemāko āra gaisa temperatūru, kāda ir novērota dotajā ģeogrāfiskajā punktā $t_{A \min}$ (1.4. tab.).

Ārdurvju un vārtu siltumpārejas pretestība nedrīkst būt mazāka par $0,6 R_{0N}$, kas aprēķināta sienām pie piecu visaukstāko diennakšu vidējās temperatūras t_{A5} .

Logu, balkona durvju un virsgaismas logu minimālās pieļaujamās siltuma pārejas pretestības dotas 1.5. tabulā.

1.5. tabula

Logu, balkona durvju un virsgaismas logu minimālā nepieciešamā siltuma pārejas pretestība

Ēkas vai telpas raksturs	Telpas gaisa temperatūras un piecu visaukstāko diennakšu vidējās temperatūras starpība, K	$R_{0N}, m^2 \cdot K/W$		
		logiem un balkon durvīm	ar vertikālu stiklojumu	ar horizontālu stiklojumu
Dzīvojamās ēkas, medicīnas iestādes, skolas, bērnudārzi un mazbērnu novielnes	<25	0,17	—	0,15
	25—44	0,34	—	0,31
	44—49	0,38	—	0,31
	>49	0,52	—	0,48
Sabiedriskās ēkas un rūpniecības uzņēmumu palīgēkas un palīgtelpas, kurās gaisa relatīvais mitrums ziemā nepārsniedz 60%	<30	0,15	—	0,15
	30—49	0,31	—	0,31
	>49	0,48	—	0,31
Rūpniecības ēkas, kurās gaisa relatīvais mitrums ziemā nepārsniedz 60%	<35	0,15	0,15	0,15
	35—49	0,31	0,15	0,31
	>49	0,31	0,15	0,48
Ēkas un telpas, kurās gaisa relatīvais mitrums ziemā var būt lielāks par 60%	<30	0,15	0,15	—
	>30	0,31	0,15	—
	jebkura	0,15	0,15	—
Rūpniecības ēkas, kurās izdalās liels siltuma daudzums (vairāk par 23 W/m³) un gaisa relatīvais mitrums nepārsniedz 50%				

1.3. Grīdu virsmas nepieciešamā siltumapgaves spēja

Grīdas virsmas siltumapgaves spējas rādītājam Y ir tāda pati mērvienība kā būvmateriālu siltumapgaves spējas koeficientam S — $W/(m^2 \cdot K)$. Saskaņā ar Celtniecības normām [32] Y vērtība ir normēta: dzīvojamās ēkās, medicīnas iestādēs, skolās, bērnu dārzos un

mazbērnu iestādēs tā nedrīkst pārsniegt $12 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$, sabiedriskās ēkās, rūpniecības uzņēmumu palīgēkās un palīgtelpās, kā arī fiksētās darba vietās ražošanas telpās, kurās veic vieglu darbu, — $14 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$, fiksētās darba vietās ražošanas telpās, kurās veic viēji smagu darbu, — $17 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$.

Grīdu virsmas siltumapgaves spēja nav normēta ražošanas telpām, kurās veic smagu darbu, ievērojot noteikumu, ka fiksētajās darba vietās uz grīdas ir koka vairogē vai silti paklāji, un sabiedrisko ēku telpām, kurās cilvēki uzturas īsu brīdi, piemēram, muzeju un izstāžu zālēs, teātru un kinoteātru vestibilos.

Lai aprēķinātu Y faktisko vērtību, jānosaka grīdas seguma trīs virsējo slāņu siltuma inerces:

$$D_1 = R_1 S_1; \quad D_2 = R_2 S_2; \quad D_3 = R_3 S_3,$$

kur R_1, R_2, R_3 — slāņu termiskā pretestība, $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$ (aprēķina pēc formulas $R = \delta/\lambda$); S_1, S_2, S_3 — slāņu materiāla siltumapgaves koeficienti, $\text{W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ (1.4. tabula).
Ja $D_1 \geq 0,5$, tad

$$Y = 2 S, \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}; \quad (1.11)$$

ja $D_1 < 0,5 \leq (D_1 + D_2)$, tad

$$Y = \frac{2R_1 S_1^2 + S_2}{0,5 + R_1 S_1}, \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}; \quad (1.12)$$

ja $(D_1 + D_2) < 0,5 \leq (D_1 + D_2 + D_3)$, tad

$$Y = \frac{4R_1 S_1^2 (0,5 + R_2 S_3) + 2R_2 S_2^2 + S_3}{0,5 + R_2 S_3 + R_1 (2R_2 S_2^2 + S_3)}, \text{ W (m}^2 \cdot \text{K)}. \quad (1.13)$$

1.4. Ēkas norobežojošo konstrukciju gaisa caurlaidība

Ēkas norobežojošās konstrukcijas parasti nav absolūti blīvas un laiž cauri gaisu. No higiēniskā viedokļa to vērtē pozitīvi, jo telpās rodas zināma gaisa apmaiņa. No siltumtehnikas viedokļa gaisa caurlaidība ir negatīva parādība, jo aukstā gaisa sasildīšanai ziemā jāpatērē papildu siltums.

Gravitācijas spēku ietekmē daudzstāvu ēku apakšējos stāvos novērojama *infiltrācija*, āra gaisa ieplūšana caur norobežojošo konstrukciju neblīvumiem, bet augšstāvos — *eksfiltrācija* — telpas gaisa pastāvīga izplūšana caur neblīvumiem norobežojošās konstrukcijās. Rezultātā apakšējos stāvos siltuma zudumi palielinās, bet augšstāvos — samazinās. Vēja iedarbē infiltrācija un eksfiltrācija var pastiprināties.

Infiltrācijas gadījumā aukstais āra gaiss atdzesē norobežojošās konstrukcijas masīvu, bet eksfiltrācijas gadījumā siltais telpas gaiss to sasilina. Rezultātā mainās konstrukcijas atsevišķu slāņu temperatūra (1.2. zīm.) un tās siltuma pārejas pretestība.

Daudzslāņu norobežojošās konstrukcijas pretestība gaisa caurlaidībai

$$R_G = R_{G1} + R_{G2} + \dots + R_{Gn}, \text{ mN} \cdot \text{s/kg}, \quad (1.14)$$

kur $R_{G1}, R_{G2}, \dots, R_{Gn}$ — atsevišķu norobežojošās konstrukcijas slāņu pretestība gaisa caurlaidībai, $\text{mN} \cdot \text{s/kg}$ (1.6. tab.).

Precīzi izgatavotu un pareizi lietotu logu, balkona durvju un virsgaismas logu pretestība gaisa caurlaidībai uzrādīta 1.7. tabulā.

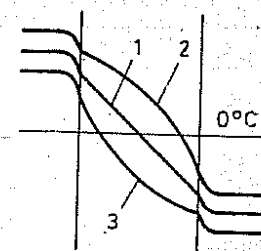
Saskaņā ar Celtniecības normām [23] ēku sienu un griestu pretestība gaisa caurlaidībai nedrīkst būt mazāka par

$$R_{GN} = \frac{\Delta p}{G_N}, \text{ mN} \cdot \text{s/kg}, \quad (1.15)$$

bet dzīvojamo un sabiedrisko ēku logiem un balkonu durvīm — mazāka par

$$R_{GN} = \frac{(\Delta p)^{2/3}}{G_N}, \text{ mPa}^{2/3} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s/kg}, \quad (1.16)$$

kur Δp — gaisa spiedienu starpība norobežojošās konstrukcijas iekšpusē un ārpusē, Pa;
 G_N — normētā gaisa caurlaidība, kuru pieņem šādu: dzīvojamo un sabiedrisko ēku, kā arī rūpniecības uzņēmumu palīgtelpu un palīgēku ārsienām, griestiem un grīdām — 0,14; rūpniecības ēku sienām, griestiem un grīdām — 0,28; dzīvokļu ārdurvīm — 0,42; logiem un balkonu durvīm dzīvojamās un sabiedriskās ēkās — 2,8 $\text{g/(m}^2 \cdot \text{s)}$.



1.2. zīm. Temperatūras sadalījums norobežojošā konstrukcijā:

1 — konstrukcija ir gaisa necaurlaidīga; 2 — eksfiltrācijas gadījumā; 3 — infiltrācijas gadījumā

1.6. tabula

Materiālu un konstrukciju pretestība gaisa caurlaidībai

Materiāls vai konstrukcija	Slāņa biezums, mm	$R_G, \text{ mN} \cdot \text{s/kg}$
1	2	3
Izdedžu slānis, minerālvate, skaidas	jebkurš	0
Pilnšķautņu dēļu klājums	20—25	0,4
Fibrolīta vai koka skaidu mīksto plašu klājums ar vajējam šuvēm	15—70	1,8
Pusķieģeli biezs mūris uz cementa izdedžu javas	120	3,6
Vieglobetona bloku mūris uz cementa izdedžu javas	400	3,6
Rievdeļu klājums	20—25	5,3
Pusķieģeli biezs mūris uz cementa-smilšu javas	120	7,1
Mīkstās minerālvates plātnes	50	7,1
Fibrolīta vai koka skaidu mīksto plašu klājums ar slēgtām šuvēm	15—70	8,8
Kalkakmens	500	21
Ķieģeļu mūris uz cementa-izdedžu javas	250 un vairāk	32

1.6. tab. turpinājums

1	2	3
Vieglobetona bloku mūris uz cementa-smilšu javas	400	46
Izdedžu betons (bez šuvēm)	100	49
Kaļķu-gīpša apmetums uz skaliņiem	20	60
Ķieģeļu mūris uz cementa-smilšu javas	250 un vairāk	64
Parastās papīra tapetes	—	71
Sausais gīpša apmetums ar slēgtām šuvēm	10	71
Cietās koka skaidu plates ar slēgtām šuvēm	10	120
Būvkartons (bez šuvēm)	1,3	230
Putu polistirols	50—100	280
Dēļu klājums divās kārtās ar būvpapīru starp tām	50	350
Kaļķu apmetums uz akmens vai ķieģeļu mūra	15	500
Azbestcimenta loksnes ar slēgtām šuvēm	6	700
Parastais putu betons	100	700
Cementa-smilšu apmetums uz akmens vai ķieģeļu mūra	15	1300
Jumtu pape	1,5	1800
Autoklāva putu betons (bez šuvēm)	100	7000
Līmēts saplāksnis (bez šuvēm)	3—4	10500
Betons (monolīts bez šuvēm)	100	70000
Putu stikls (monolīts bez šuvēm)	120	gaīsa necaur-laidīgs
Ruberoīds	1,5	gaīsa necaur-laidīgs

1.7. tabula

Logu, balkona durvju un virsgaīsmas logu pretestība gaisa caurlaidībai

Stiklojums	Putu poliuretāna blīvju skaīts logu rāmjos	R_G , $\text{mPa}^{2/3} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s/kg}$
Vienkārsš vai dubults vienā koka rāmī	1	43
Dubults divos atsevišķos koka rāmjos	1	48
	2	63
Trīskārsš divos koka rāmjos	1	49
	2	73
	3	92

Metāla rāmjiem pretestība gaisa caurlaidībai ir par 10% lielāka, bet balkonu durvīm — par 20% mazāka. Virsgaīsmas logiem ar vertikālu stiklojumu tabulā uzrādītās R_G vērtības jāreīzina ar 0,1. Logiem, kurus nevar atvērt, $R_G=165$, bet noblīvētiem neveramiem virsgaīsmas logiem — $82 \text{ mPa}^{2/3} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s/kg}$.

Dzīvojamā ēku ārīsienu paneļu spraugu gaisa caurlaidība nedrīkst pārsniegt $0,14 \text{ g/(m} \cdot \text{s)}$.

Logu pretestība gaisa caurlaidībai rūpniecības ēkās, kurās izdalās daudz siltuma (vairāk par 23 W/m^3), jābūt 16, ja izdalās nedaudz siltuma — 41, ja ir gaisa kondicionēšanas iekārta — $58 \text{ mPa}^{2/3} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s/kg}$.

Virsgaīsmas logiem ar vertikālu stiklojumu, ja telpā izdalās daudz siltuma, R_G jābūt 2, bet neliela izdalītā siltuma daudzuma gadījumā — $4 \text{ mPa}^{2/3} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s/kg}$. Virsgaīsmas logiem ar horizontālu stiklojumu jebkurā gadījumā jānodrošina $R_G \geq 58 \text{ mPa}^{2/3} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s/kg}$.

Abās R_{GN} aprēķina formulās (1.15) un (1.16) spiedienu starpība

$$\Delta p = 0,55H(\gamma_A - \gamma_T) + 0,03\gamma_A V_A^2, \text{ Pa},$$

kur H — ēkas augstums (no zemes līdz dzegas augšmalai), m;

$$\gamma_A = \frac{353}{273 + t_{A5}} \text{ kg/m}^3; \quad \gamma_T = \frac{353}{273 + t_T} \text{ kg/m}^3.$$

(t_{A5} vērtības dotas 1.4. tabulā);

v_A — vidēji vislielākais vēja ātrums janvārī, m/s (Gulbenē — 3,8, Rīgā — 4,5, Daugavpilī — 5,1, Liepājā — 8,6, Ventspilī — 9,7, Klaipēdā — 10,5 m/s).

1.5. Atsevišķu telpu siltuma zudumu aprēķins

Telpas siltuma zudumus, kurus izmanto apkures sistēmas jaudas aprēķināšanai, atrod, summējot visu norobežojošo konstrukciju siltuma zudumus, kas noteikti pēc formulas

$$Q = \frac{t_T - t_{A5}}{R_0} nF, \text{ W}, \quad (1.17)$$

kur t_T — telpas temperatūra, °C;

t_{A5} — piecu visaukstāko diennakšu vidējā temperatūra, °C (1.4. tab.);

R_0 — attiecīgās norobežojošās konstrukcijas siltuma pārejas pretestība, $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$;

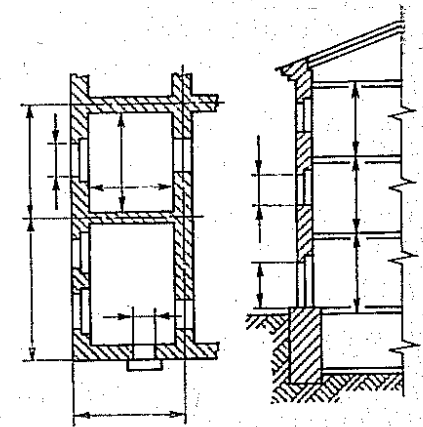
F — attiecīgās norobežojošās konstrukcijas laukums, m^2 ;

n — korekcijas koeficients, kura vērtību pieņem tāpat kā vienādojumā (1.9).

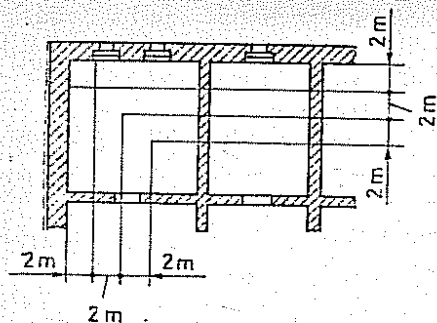
Sienu, pārsedžu, logu un durvju virsmas laukumu F mēra, kā parādīts 1.3. zīmējumā. Pagarinot sienas, kas veido ārējos ēkas stūrus, kompensē papildu siltuma zudumus, kas rodas šajās vietās.

Sienām, logiem un griestiem R_0 aprēķina un pārbauda, vai tā atbilst sakarībai $R_0 \geq R_{0N}$ (sk. 1.2. nodaļu).

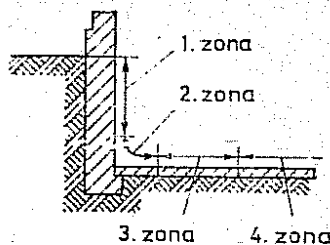
Siltuma zudumus caur grīdu, kas balstās tieši uz grunts, nosaka atsevišķi 2 m platām zonām (1.4. zīm.), pieņemot R_0 pirmajai zonai (2 m attālumā no ārīsenas) — 2,1, otrajai zonai (no 2 līdz 4 m no ārīsenas) — 4,3, trešajai zonai (no 4 līdz 6 m no ārīsenas) — 8,6, visam pārējam grīdas laukumam —



1.3. zīm. Norobežojošo konstrukciju mērišana siltuma zudumu noteikšanai



1.4. zīm. Uz grūnīs balstītas grīdas mērīšana siltuma zudumu noteikšanai



1.5. zīm. Pagraba sienu un grīdas mērīšana siltuma zudumu noteikšanai

14,3 m²·K/W. Pirmās zonas grīdas laukumu kaktā pie ārējā ēkas stūra aprēķinā ņem 2 reizes.

Ja daļa ārējas iegremdēta zemē un aiz tās ir grūnīs, tad tās siltuma zudumus aprēķina kā grīdai (1.5. zīm.), uzskatot šo sienas daļu par grīdas turpinājumu.

Virsmu laukumus mēra ar precizitāti līdz 0,1 m, bet aprēķina rezultātus pieraksta ar precizitāti līdz 0,1 m². Telpu siltuma zudumu aprēķinus veic ar precizitāti līdz 10 W.

Aprēķinot telpas siltuma zudumus, papildus jāievēro šādi faktori: norobežojošās konstrukcijas orientācija (pēc debespusēm); valdošo vēju virziens; aukstā āra gaisa iekļūšana telpā caur durvīm, tās atverot; palielināti siltuma zudumi, kas rodas stūra telpās; palielināti siltuma zudumi telpās, kas augstākas par 4 m; infiltrācija vai eksfiltrācija.

Uzskaitītos faktoros ņem vērā, palielinot aprēķinātos siltuma zudumus caur norobežojošo konstrukciju par lielumu, ko sauc par *piešķaitījumu siltuma zudumiem* un izsaka procentos.

Vertikālām norobežojošām konstrukcijām, kas vērstas uz ziemeļiem, austrumiem, ziemeļaustrumiem un ziemeļrietumiem, siltuma zudumus palielina par 10%, bet konstrukcijām, kas vērstas uz dienvidaustrumiem un rietumiem, par 5%.

Vertikālo konstrukciju siltuma zudumus palielina par 5%, ja vidējais vēja ātrums janvārī ir mazāks par 5 m/s, par 10%, ja tas ir no 5 līdz 10 m/s, un par 15%, ja tas ir lielāks par 10 m/s (sk. 19. lpp.). Ja ēka novietota atklātā vietā, piemēram, kalnā, ezera vai jūras krastā, tad šo pieskaitījumu vērtību dubulto.

Āra gaisa daudzums, kas iekļūst caur pastāvīgi lietojamām ārdurvīm, ir atkarīgs no ēkas stāvu skaita n_{st} . Tā dzesējošo ietekmi ņem

vērā, palielinot durvju siltuma zudumus n_{st} par 65%, ja tās ir vienkāršas un bez vējtvera, par 80%, ja tās ir dubultas ar vējtveri starptām, par 60%, ja tās ir trīskāršas ar diviem vējtveriem. Sabiedriskajās ēkās, kopmītnēs un viesnīcās, ja galvenās ieejas durvis nav aprīkotas ar siltā gaisa aizkaru, to siltuma zudumiem pieskaita 500%.

Stūra telpu sienu un logu siltuma zudumus palielina par 5%.

Sabiedrisko ēku telpām, kas augstākas par 4 m (izņemot kāpņu telpas), kopējos siltuma zudumus caur visām norobežojošām konstrukcijām palielina par 2% uz katru metru — virs 4 m, bet ne vairāk kā par 15%. Augstās rūpnīcu telpās gaisa temperatūra jāaprēķina dažādiem līmeņiem un pēc tam jānosaka siltuma zudumi sienām, logiem un pārsedzēm atsevišķi katram līmenim.

Infiltrācijas un eksfiltrācijas ietekmi uz pareizi projektētām norobežojošām konstrukcijām neaprēķina, bet ņem vērā, palielinot vai samazinot kopējos siltuma zudumus atbilstoši šai tabulai:

Stāvu skaits	Atsevišķa stāva siltuma zudumu korekcija, %							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
3	5	—	—	—	—	—	—	—
4	10	5	—	—	—	—	—	—
5	10	10	5	—	—	—	—	—
6	15	10	5	5	—	—	—	—
7	20	15	10	5	—	—	—5	—
8	20	15	10	10	5	—	—	—5

Celtniecības normās [20] ir norādīts, ka, aprēķinot siltuma zudumus dzīvojamās ēkās, jāņem vērā izdalītais *sadzīves siltums* un telpas siltuma zudumi jāsamazina par 30 W uz katru grīdas laukuma kvadrātmētru.

1.6. Ēkas siltuma zudumu aptuvena noteikšana

Siltuma zudumus aptuveni var noteikt pēc formulas

$$\Sigma Q = a q_0 (t_T - t_{A5}) V, \text{ W}, \quad (1.18)$$

kur V — ēkas tilpums, m³;

q_0 — ēkas īpatnējais siltuma raksturojums, W/(m³·K) (1.8. tab.);

a — koeficients, kuru nosaka t_{A5} .

$t_{A5}, ^\circ\text{C}$	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40
a	1,45	1,29	1,17	1,08	1	0,95	0,9

1.8. tabula

Dažu apkurināmu ēku īpatnējie siltuma raksturojumi q_0 , W/(m³·K)

Ēkas veids	Ēkas kubatūra, tūkst. m ³				
	5	10	20	50	100
Dzīvojamā	0,44	0,38	0,34	0,3	—
Administratīva	0,5	0,44	0,37	0,34	0,3
Skola	0,45	0,41	0,38	—	—
Slimnīca	0,47	0,42	0,35	0,33	—
Rūpniecības	0,7	0,58	0,52	0,47	0,41

1.7. Kā novērst kondensātu uz telpu sienām un griestiem

Gaisā vienmēr ir ūdens tvaiks. Tā daudzumu var izteikt ar *ūdens tvaika parciālo spiedienu*, kas rāda, kādu daļu no kopējā atmosfēras spiediena rada ūdens tvaiks. Maksimāli iespējamais ūdens tvaika parciālais spiediens E (Pa) iestājas, ja gaisa relatīvais mitrums $\varphi=100\%$, tas ir atkarīgs no gaisa temperatūras (1.6. zīm.). Ja gaisa relatīvais mitrums $\varphi<100\%$, tad ūdens tvaika parciālais spiediens

$$e = \frac{E\varphi}{100}, \text{ Pa.} \quad (1.19)$$

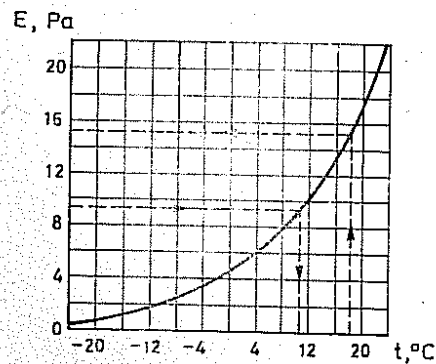
Pēc šīs formulas, zinot gaisa relatīvo mitrumu un temperatūru, var aprēķināt faktisko ūdens tvaika parciālo spiedienu un pēc grafika (1.6. zīm.) atrast, līdz kādai temperatūrai jāatdzesē gaiss, lai tā relatīvais mitrums sasniegtu 100%. Šo temperatūru sauc par *rasas punkta temperatūru* t_R (°C). Ja norobežojošo būvkonstrukciju virsmas temperatūra ir zemāka par rasas punkta temperatūru, tad no gaisa uz aukstajām virsmām izdalās kondensāts un tās kļūst mitras.

Tā kā saskaņā ar vienādojumu (1.8)

$$\frac{t_T - t_A}{R_0} = (t_T - \tau_T) \alpha_T,$$

tad norobežojošās konstrukcijas iekšējās virsmas temperatūra

$$\tau_T = t_T - \frac{t_T - t_A}{R_0 \alpha_T}, \text{ } ^\circ\text{C.} \quad (1.20)$$

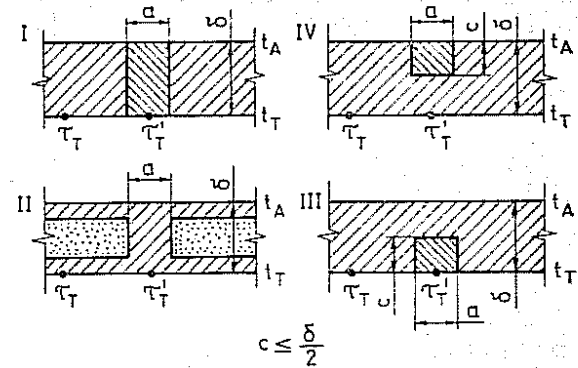
1.6. zīm. Maksimāli iespējamais ūdens tvaika parciālais spiediens E atkarībā no mitrā gaisa temperatūras t

Visbiežāk sienas noraso un uz tām veidojas pelējums vietās, kur sienas konstrukcijā ir kāds labs siltuma vadītājs (tā sauktais «aukstuma tilts»). 1.7. zīm. parādītas dažas modernajai celtniecībai raksturīgas sienu konstrukcijas, kurām atsevišķās vietās siltuma pārejas pretestība R'_0 ir jūtami mazāka nekā visā pārējā sienas laukumā, kur tā ir R_0 .

Zemāko iespējamo temperatūru uz sienas virsmas tad rēķina pēc formulas

$$\tau_T = t_T - \frac{t_T - t_A}{R_0 \alpha_T} \left[1 + \eta \left(\frac{R_0}{R'_0} - 1 \right) \right] \text{ } ^\circ\text{C.} \quad (1.21)$$

Koeficientu η nosaka pēc 1.9. tabulas.



1.7. zīm. «Aukstuma tiltu» shēmas moderno ēku norobežojošās konstrukcijās

1.9. tabula

Koeficients η vienādojumam (1.21) un 1.7. zīmējumā attēlotajām konstrukcijām

Konstrukcijas tips	Attiecība a/δ								
	0,02	0,06	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,5
I	0,12	0,24	0,38	0,55	0,74	0,83	0,87	0,9	0,95
II	0,07	0,15	0,26	0,42	0,62	0,73	0,81	0,85	0,94
III	0,25	0,5	0,96	1,26	1,27	1,21	1,16	1,1	1
IV	0,04	0,1	0,17	0,32	0,5	0,62	0,71	0,77	0,89

Lai uz norobežojošo konstrukciju virsmas neizkristu kondensāts, tās jāprojektē tā, lai būtu $t_R > \tau_T$. Ja pārbaudes aprēķins rāda, ka $t_R \leq \tau_T$, tad jāpalielina R_0 vai α_T .

Siltuma pārejas pretestību R_0 var palielināt, palielinot atsevišķu slāņu biezumu vai izvēloties materiālu ar mazāku siltumvadāmības koeficientu λ .

Lai palielinātu siltumatdeves koeficientu α_T , norobežojošās konstrukcijas virsma jāappūš ar gaisa plūsmu. Šādu gaisa plūsmu var radīt, novietojot pie ārsienas apkures sildķermeņus vai virzot uz auksto

virsmu gaisa strūklu no ventilatora (tā rīkojas, piemēram, lai neaizsvīstu un neaizsaltu veikala vitrīnas). Ārsienas nedrīkst noklāt ar segām un paklājiem vai novietot pie tām mēbeles, tas pilnīgi pārtrauc gaisa kustību un ievērojami samazina sienas siltuma atdeves koeficientu.

1.8. Kā novērst mitrumu ēkas norobežojošo konstrukciju masīvā

Ziemā ūdens tvaika daļējais spiediens āra gaisam vienmēr ir zemāks nekā telpas gaisam, tādēļ ūdens tvaiks difūzijas ceļā pastāvīgi izplūst no telpas cauri norobežojošām konstrukcijām, pārvarot to pretestību. Šīs pretestības dēļ ūdens tvaika daļējais spiediens e samazinās. To var attēlot grafiski (1.8. zīm.), analogi tam, kā attēlo temperatūras pazemināšanos, siltuma plūsmai pārvarot norobežojošās konstrukcijas siltuma pārejas pretestību.

Atsevišķu norobežojošās konstrukcijas slāņu mitruma pretestības aprēķina šādi:

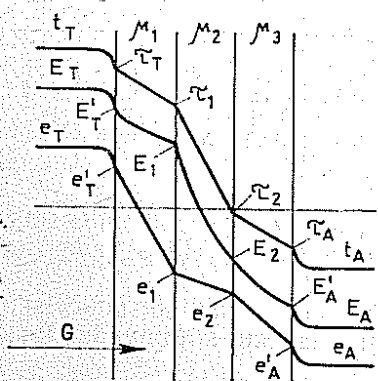
$$R_{M1} = \frac{\delta_1}{\mu_1}; \quad R_{M2} = \frac{\delta_2}{\mu_2}; \quad \dots \quad R_{Mn} = \frac{\delta_n}{\mu_n}, \text{ GN} \cdot \text{s/kg},$$

kur $\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n$ — atsevišķu slāņu biezums, m;
 $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$ — slāņu materiāla ūdens tvaika caurlaidības koeficienti, $\mu\text{g}/(\text{m} \cdot \text{s} \cdot \text{Pa})$ (1.1. tab.).

Dažiem bieži lietotiem mitruma izolācijas slāņiem R_M vērtības dotas 1.10. tabulā.

Kopējā konstrukcijas mitruma pārejas pretestība

$$R_{M0} = R_{M1} + R_{M2} + \dots + R_{Mn}, \text{ GN} \cdot \text{s/kg}. \quad (1.22)$$



1.8. zīm. Ūdens tvaika daļējā spiediena sadalījums sienā, kas sastāv no trīs dažādu materiālu slāņiem

Ūdens tvaika daudzums, kas 1 stundā izplūst cauri norobežojošās konstrukcijas 1 m², ir

$$G = \frac{e_T - e_A}{R_{M0}} = \frac{e_T - e_1}{R_{M1}} = \frac{e_1 - e_2}{R_{M2}} = \dots = \frac{e_{n-1} - e_A}{R_{Mn}}, \text{ mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}), \quad (1.23)$$

kur e_T, e_A — ūdens tvaika daļējais spiediens attiecīgi telpas un āra gaisam, kPa;
 $e_1, e_2, \dots, e_n$ — ūdens tvaika daļējais spiediens konstrukcijas masīvā aiz 1., 2., ... n slāņa (skaitot pēc kārtas no iekšējās virsmas), kPa.

Ja ir zināms telpas vai āra gaisa relatīvais mitrums ϕ , % un tempera-

Lokšņu materiālu un mitruma izolācijas kārtu mitruma pārejas pretestība R_M

Materiāls	Kārtas biezums, mm	$R_M \cdot \text{GN} \cdot \text{s/kg}$
Parastais kartons	1,3	0,06
Mīkstās kokšķiedras loksnes	12,5	0,19
Cietās kokšķiedras loksnes	10	0,38
Ģipša apdares loksnes (sausais apmetums)	10	0,43
Līmēts trīskārtu saplāksnis	3	0,82
Azbestcimenta loksnes	6	0,96
Karsta bitumena pārklājums (krāsots vienu reizi)	2	0,96
Jumta pergamins	0,4	1,2
Jumta pape	1,9	1,4
Karsta bitumena pārklājums (krāsots divas reizes)	4	1,7
Emaljas krāsas pārklājums	—	1,7
Emaljas krāsas pārklājums (krāsots divas reizes pēc špaktelešanas un gruntēšanas)	—	2,3
Kukersīta bitumena mastikas pārklājums vienā kārtā	1	2,3
Kukersīta bitumena mastikas pārklājums divās kārtās	2	3,9
Ruberoids	1,5	4
Polietilēna plēve	0,16	26

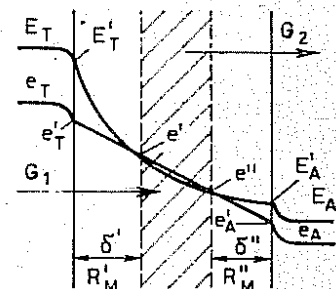
tūra t , °C, tad pēc 1.6. zīm. nosaka maksimāli iespējamo ūdens tvaika daļējo spiedienu E pie dotās temperatūras t un ūdens tvaika daļējo spiedienu aprēķina pēc formulas

$$e = \frac{E\phi}{100}, \text{ kPa}. \quad (1.24)$$

Vienlaikus ar e pazeminās temperatūra τ un maksimāli iespējamais ūdens tvaika daļējais spiediens E (1.8. zīm.). Līnijas, kas attēlo E un e , nav paralēlas, jo dažādu būvmateriālu koeficientu λ un μ vērtības nav proporcionālas.

Ja grafiskā attēlā e un E līnijas krustojas, tad tas nozīmē, ka būvkonstrukcijas masīvā notiks kondensāta izkrišana: rajonā, kur $e > E$, būvkonstrukcijas temperatūra ir zemāka par rasas punkta temperatūru.

1.9. zīm. parādīta šāda situācija. Iesvītoto zonu, kurā notiek kondensāta izkrišana, sauc par kondensācijas zonu. Apzīmējot ūdens tvaika daļējo spiedienu kondensācijas zonas sākumā ar e' , bet kondensācijas zonas beigās ar e'' un



1.9. zīm. Kondensācijas zonas novietojums ēkas norobežojošā konstrukcijā

pieņemot, ka mitruma pretestība δ m biežajam konstrukcijas slānim līdz kondensācijas zonai ir R'_M , bet δ'' m biežajam slānim aiz kondensācijas zonas — R''_M GN·s/kg, ūdens tvaika daudzumu, kas ieplūst konstrukcijā, var aprēķināt pēc formulas

$$G_1 = (e_T - e') \frac{\mu}{\delta'} = \frac{e_T - e'}{R'_M}, \text{ mg/(m}^2 \cdot \text{s)}, \quad (1.25)$$

bet ūdens tvaika daudzumu, kas izplūst no konstrukcijas, — pēc formulas

$$G_2 = (e'' - e_A) \frac{\mu}{\delta''} = \frac{e'' - e_A}{R''_M}, \text{ mg/(m}^2 \cdot \text{s)}. \quad (1.26)$$

Ūdens daudzums, kas kondensējas norobežojošās konstrukcijas masīvā, ir

$$G_3 = G_1 - G_2, \text{ mg/(m}^2 \cdot \text{s)}. \quad (1.27)$$

Ūdens uzkrāšanās norobežojošo konstrukciju masīvā ziemas aukstākajās dienās ir parasta parādība un ir pieļaujama, ja aprēķini rāda, ka ūdens pilnīgi iztvaikos vasarā. Būvkonstrukciju normētā mitruma pārejas pretestība nedrīkst būt mazāka par lielāko no divām pēc sekojošām formulām aprēķinātām vērtībām:

$$R_{MN} = \frac{(e_T - E) R_M}{E - e_A}; \quad (1.28)$$

$$R_{MN} = \frac{8,64 Z_K (e_T - E_K)}{\gamma_0 \delta_M \Delta W + \frac{8,64 (E_K - e_{AK}) Z_K}{R_M}}, \quad (1.29)$$

kur R_M — mitruma pārejas pretestība konstrukcijas daļai no kondensācijas zonas līdz ārējai virsmai, GN·s/kg; vienslāņu konstrukcijām pieņem, ka šī daļa ir $1/3$ no kopējā slāņu biezuma, bet daudzslāņu konstrukcijām — no siltumizolācijas ārējās virsmas līdz konstrukcijas ārējai virsmai;

γ_0 — tilpumsvars, kg/m³, materiālam, kurā notiek kondensācija (1.1. tab.); δ_M — kondensācijas zonas biezums, m; vienslāņa konstrukcijām pieņem, ka tas ir $2/3$ no kopējā slāņa biezuma, bet daudzslāņu konstrukcijām tas ir vienāds ar izolācijas materiāla slāņa biezumu;

ΔW — maksimāli pieļaujamais svara mitruma pieaugums, %, materiālam, kurā notiek kondensācija (1.11. tab.);

e_T — telpas gaisa ūdens tvaika parciālais spiediens, kPa;

e_A — gada vidējais āra gaisa ūdens tvaika parciālais spiediens, kPa;

e_{AK} — vidējais ūdens tvaika parciālais spiediens mēnešos, kuru vidējā temperatūra ir zemāka par 0°C, kPa;

Z_K — kondensāta uzkrāšanās perioda ilgums (kad āra gaisa temperatūra ir zemāka par 0°C) diennaktīs (Liepājā — 100, Rīgā — 120, Gulbenē — 139);

E — gada vidējais ūdens tvaika parciālais spiediens kondensācijas zonā, kuru aprēķina pēc formulas

$$E = \frac{1}{12} (E_Z Z_Z + E_{p-r} Z_{p-r} + E_V Z_V), \text{ kPa};$$

Z_Z , Z_{p-r} , Z_V — attiecīgi ziemas, pavasara — rudens un vasaras ilgums mēnešos; šeit par ziemas periodu uzskata tos mēnešus, kuru vidējā temperatūra ir zemāka par -5°C, par pavasara — rudens mēnešiem, kad gaisa temperatūra ir robežās no -5 līdz +5°C, bet par vasaras mēnešiem, kad gaisa temperatūra ir augstāka par +5°C;

E_K , E_Z , E_{p-r} , E_V — ūdens tvaika parciālais spiediens pie āra gaisa vidējās temperatūras attiecīgi kondensāta uzkrāšanās periodā, ziemas, pavasara — rudens un vasaras mēnešos, kPa. Aprēķinot E_V , temperatūru kondensācijas zonā pieņem vienu ne zemāku par vasaras vidējo temperatūru, bet e_T — ne zemāku par vasaras mēnešu vidējo āra gaisa ūdens tvaika parciālo spiedienu e_{AV} .

Lielumus e_A , e_{AK} , e_{AV} , Z_Z , Z_{p-r} , Z_V , E_K , E_Z , E_{p-r} , E_V var atrast Celtniecības normās [22].

1.11 tabula

Maksimāli pieļaujamais svara mitruma pieaugums ΔW būvkonstrukcijas materiālam, kurā uzkrājas mitrums

Būvkonstrukcijas materiāls	ΔW , %
Māla ķieģeļu vai keramikas bloku mūris	1,5
Putu stikls	1,5
Silikātķieģeļu mūris	2
Smagie betoni	2
Minerālvates plātnes un paklāji	3
Keramzīta, šungizīta, izdedžu siltumizolācijas slānis	3
Keramzīta, šungizīta, perlīta, penzas un citi vieglie betoni	5
Gāzbetons, putu betons, gāzes silikātbetons un citi šūnu betoni	6
Cementa fibrolīts	7,5
Putu polistirols un putu poliuretāns	2,5

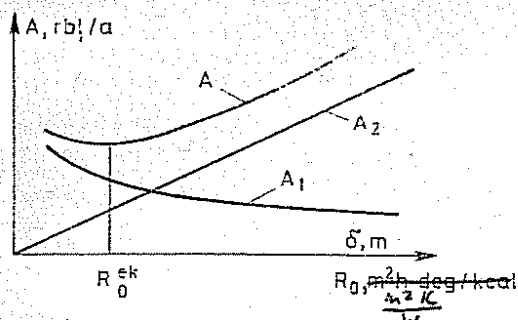
Pēc formulas (1.28) pārbauda, vai uzkrātais mitrums spēj izžūt vasarā, bet pēc formulas (1.29) — vai konstrukcija spēj uzsūkt sevi visu ziemā uzkrāto mitrumu.

Formulā (1.29) lielums 8,64 ir mērvienību pārveidošanas koeficients (diennaktis — sekundēs, procenti — daļās, kilopaskāli — gigapāstos uz kvadrātmetru).

1.9. Ēkas norobežojošo konstrukciju izvēles tehniski ekonomiskais pamatojums

Norobežojošo konstrukciju nepieciešamo stiprību, siltuma pārejas pretestību, mitruma režīmu un gaisa caurlaidību var nodrošināt, dažādi variējot materiālus un to izvietojumu konstrukciju masīvā. Iespējamie norobežojošo konstrukciju varianti jāsalīdzina un jāizvēlas tas variants, kurš rada vismazākos summāros izdevumus (kapitālieguldījumu un ekspluatācijas izdevumu summu).

Siltuma pārejas pretestību R_0 var pieņemt lielāku par normēto R_{0n} , ja tas ir ekonomiski izdevīgi, t. i., ja apkurei patērētās siltuma enerģijas ekonomija kompensē papildu kapitālieguldījumus, kas saistīti ar



1.10. zīm. Norobežojošo konstrukciju izmaksa A atkarībā no tā siltuma pārejas pretestības R_0 vai biezuma

Dzīvojamās vai sabiedriskās ēkas norobežojošās konstrukcijas siltuma izolācijas slāņa optimālais biezums

$$\delta_1 = 0,32\lambda_1 = \frac{(t_T - t_{ap})Z_{ap}C_s}{\lambda_1 C_1 E}, \text{ m}, \quad (1.30)$$

kur t_T — gaisa temperatūra telpā, °C;

t_{ap} — apkures perioda vidējā temperatūra, °C (1.4. tab.);

Z_{ap} — apkures perioda ilgums, diennaktis gadā (1.4. tab.);

C_s — siltuma enerģijas vienības izmaksas, rub./GJ;

C_1 — izolācijas materiāla cena, rub./m³;

λ_1 — izolācijas materiāla siltumvadītspējas koeficients, kW/(m·K);

E — dažādos laika periodos veikto uzdevumu reducēšanas normatīvs, 1/a, kuru pieņem vienādu ar 0,08.

Rūpniecības ēkām optimālo biezumu pieņem par 10% mazāku sakarā ar īsāku ēkas ekspluatēšanas laiku.

2. SILDĶERMEŅI

Viens no apkures sistēmas pamatelementiem ir sildķermenis, kas ar siltumnesēja starpniecību pievada siltumu apkurināmajām telpām. Sildķermeni siltumu telpai atdod radiācijas un konvekcijas ceļā. Ja siltumu telpai pievada konvekcijas ceļā, sasildušais gaiss paceļas uz augšu un sasilda telpas augšējo daļu. Ja pārsvarā ir radiācijas siltuma atdeve, labāk sasilst telpas apakšējā zona un gaiss telpā sasilst vienmērīgāk. Tātad priekšroka dodama sildķermeņiem, kuri siltumu telpā izstaro.

Sildķermeņiem jāatbilst augstām siltumtehnikas un sanitāri higiēniskām prasībām un jābūt ekonomiskiem; tiem iespējami labi jāpievada siltums telpai, nodrošinot tajā komfortablus darba apstākļus, sildķermeņiem jābūt glītiem, ar nelieliem gabarītiem un minimālu metālietilpību.

2.1. Sildķermeņu veidi

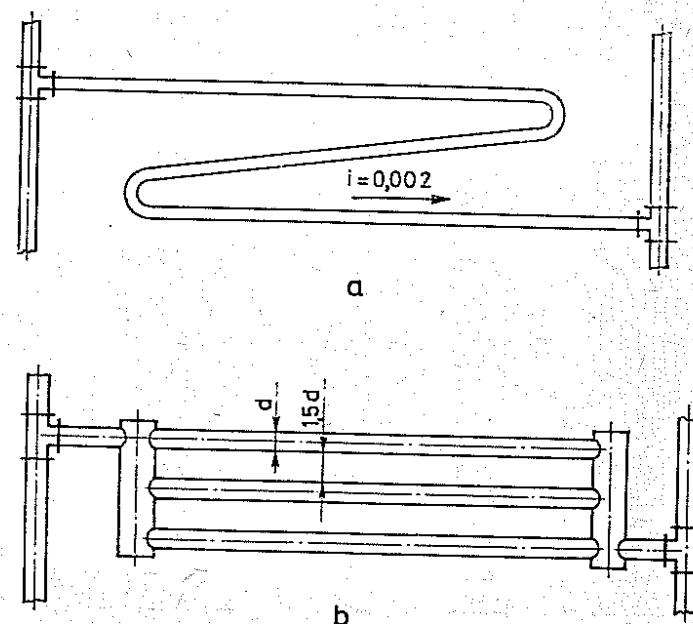
Kā pirmos centrālapkures sistēmās sāka lietot no *gludām caurulēm* izlocītus (lodenes) vai režģu veidā sametinātus sildķermeņus (2.1. zīm.). Gludās sildcaurules viegli tirāmas, tāpēc tās uzstāda putekļainās rūpnīcu telpās (piemēram, kokapstrādes un pulēšanas iecirkņos), siltumnīcās, oranžērijās, veikalu vitrīnās utt.

Gludām sildcaurulēm ir samērā liels siltumpārejas koeficients, kurš samazinās, palielinoties cauruļu skaitam un diametram režģī. Šo sildķermeņu galvenais trūkums ir relatīvi neliela sildvirsmas, kuru var ievērojami palielināt, piemētot caurules metāla plāksnei (2.2. zīm.) vai aprīkojot tās ar ribām.

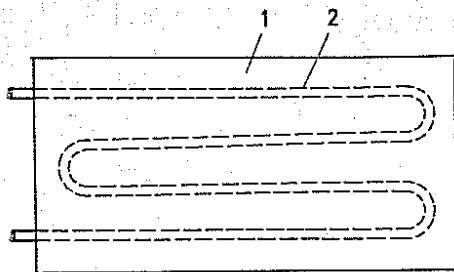
Ribu sildcaurules izgatavo no pelēkā čuguna (2.3. zīm.). Ribu sildcaurules sildvirsmas ir daudz lielāka par tāda paša diametra gludas caurules sildvirsmu, bet tās virsmas temperatūra ir zemāka. Ribu sildcaurules grūti tirāmas, nehygiēniskas, tāpēc tās uzstāda telpās, kurās cilvēki uzturas īslaicīgi, kā arī telpās, kurās ir maz putekļu. Ribu sildcaurules lieto arī telpās, kurās pastiprināti izdalās mitrums, piemēram, veļas mazgātavās, pirtīs u. c.

Ribu sildcauruļu siltumatdeve notiek galvenokārt konvekcijas ceļā.

Patlaban ražo ribu sildcaurules (iekšējais diametrs 70 mm) ar apaļām ribām (diametrs 175 mm) un garumu no 0,75 līdz 2 m. Izstrādātas čuguna tērauda ribu sildcaurules ar taisnstūra ribām. Šis sildķermenis sastāv no tērauda caurules (diametrs 20 mm) un 3—4 mm

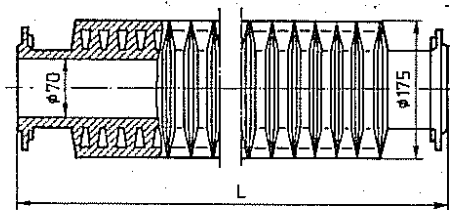


2.1. zīm. Gludās sildcaurules:
a — lodene; b — režģis



2.2. zīm. Tērauda vienloksnes paneļa tipa sildķermenis:

1 — tērauda loksne; 2 — lodene

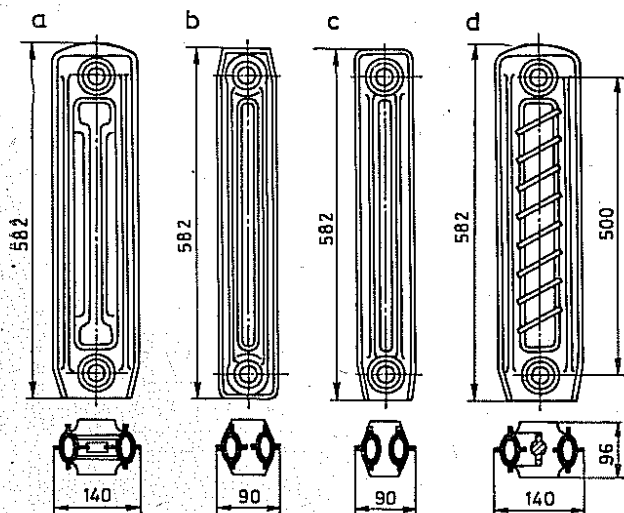


2.3. zīm. Čuguna ribu sildcaurule

biezām čuguna ribām, kuru izmēri 70×130 mm. Čuguna-tērauda ribu sildcauruļu galvenā priekšrocība ir vienkārša izgatavošana un samērā neliela masa.

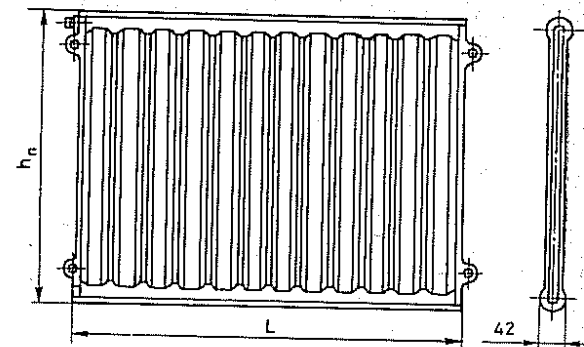
Čuguna radiatoru sastāv no atsevišķām sekcijām, kuras ar nipeļu starpniecību montē sekciju radiatoros. Radiatoru sekcijas atkarībā no vertikālo kanālu skaita var būt viinkanāla, divkanāla vai daudzkanāla. Vienkanāla radiatoriem ir gluda, viegli tirāma virsma, tāpēc tos uzskata par higiēniskiem sildķermeņiem (divkanāla radiatoriem grūti tīrīt starpkanālu posmu).

Apmēram 25% siltuma radiatori izstaro un 75% atdod telpai konvekcijas ceļā. Tādā veidā radiatoru nosaukums neatbilst to siltumatdeves veidam.



2.4. zīm. Daži čuguna sekciju radiatoru veidi:

a — M-140 (M-140 A);
b — PD-90; c — M-90;
d — M-140-AO



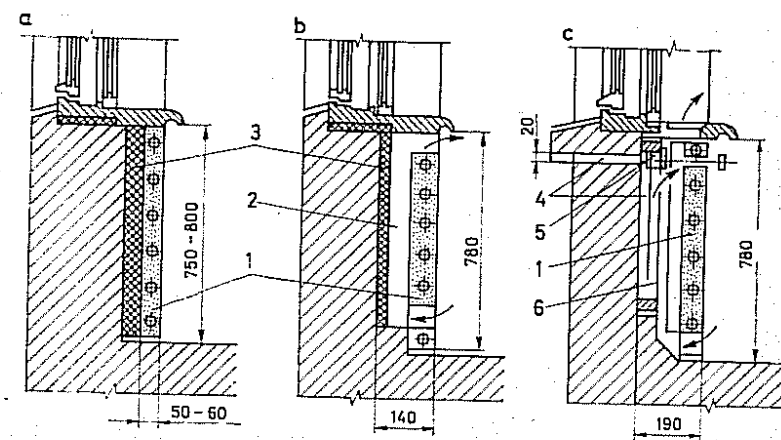
2.5. zīm. Štancēts tērauda radiators M3

Radiatoru metālietilpība ir liela un montāža samērā sarežģīta. Ar laiku radiatoros nogulsņējas duļķes, kurās bieži vien sāk vairoties siltumizturīgas baktērijas.

Līdz šim čuguna radiatoru bija vieni no visizplatītākajiem sildķermeņiem dzīvojamās un sabiedriskajās ēkās.

PSRS patlaban ražo galvenokārt M-140-AO tipa radiatorus. Lai palielinātu sildvirsmu, radiatoriem izveidotas slīpas starpkanālu ribas. Ražo arī M-140 tipa un seklos M-90 un PD-90 tipa radiatorus (2.4. zīm.). Tuvākajā laikā ražos «Standart 90» un MC-140 tipa radiatorus.

Ražo arī keramikas un porcelāna radiatorus. Tie ir glīti, ar gludu, viegli tirāmu virsmu un samērā augstiem siltumtehnikiem rādītājiem, pie tam to virsmas temperatūra ir zemāka nekā metāla sildķermeņiem.



2.6. zīm. Betona sildpaneļi:

a — ar vienaspusēju siltuma atdevi; b — ar divpusēju siltuma atdevi; c — ar divpusēju siltuma atdevi un kanālu ārējā gaisa padevci; 1 — sildpanelis; 2 — konvekcijas kanāls; 3 — siltumizolācija; 4 — pieplūdes gaisa kanāls; 5 — alvars; 6 — metāla ekrāns

Sie radiatori nav plaši izplatīti nepietiekamas stiprības dēļ. Tos galvenokārt uzstāda vienstāva ēkās, apkures sistēmās ar nelielu ūdens statisko spiedienu.

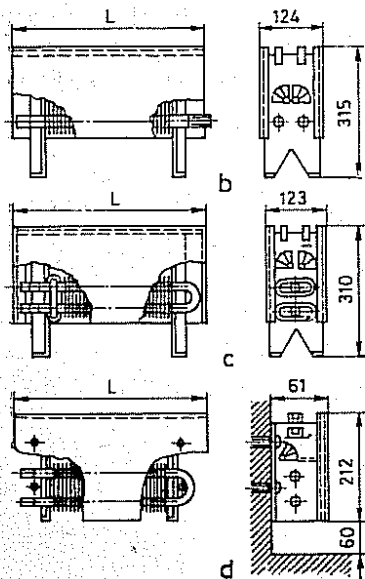
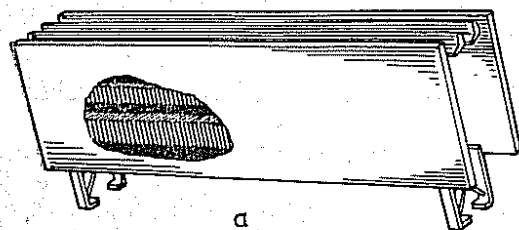
Tērauda radiatorus (2.5. zīm.) izgatavo no augstvērtīga nerūsējoša tērauda loksnēm. To masa ir 4—6 reizes mazāka par čuguna radiatoru masu. Izgatavo divu veidu tērauda radiatorus: ar horizontāliem kolektoriem, savienotiem ar vertikāliem kanāliem, un ar horizontāliem virknē savienotiem kanāliem. Priekšroka dodama radiatoriem ar vertikāliem kanāliem. Tērauda radiatoru izgatavošanu viegli mehanizēt, un to montāža ir vienkāršāka par čuguna radiatoru montāžu.

Pateicoties gludajai virsmai, tērauda radiatori ir higiēniski, atbilst mūsdienu ēku celtniecības tehnoloģijai un telpu interjeram.

Perspektīvi ir jaunie PFC-2 tipa tērauda radiatori, kuru ražošanu apgūs tuvākajā nākotnē.

Betona sildpaneļus (2.6. zīm.) izgatavo, iestrādājot betonā tērauda, stikla vai plastmasas caurules, kā arī izveidojot betonā bezcauruļu ejas ūdens cirkulācijai. Paneļus izgatavo no smagā betona, kuram ir pietiekami liela siltumvadītspēja. Iebetonēto cauruļu siltuma atdeve ir ievērojami lielāka salīdzinājumā ar atklāti montētu cauruļu siltuma atdevi. Lietojot betona paneļus ar iebetonētām tērauda caurulēm, metāla patēriņš salīdzinājumā ar čuguna radiatoriem samazinās 2—3 reizes.

Betona sildpaneļus iebūvē sienās, uzstāda zem palodzēm, kā arī, izmantojot atstarotājus, piestiprina pie griestiem. Vasarā caur betona sildpaneļiem var laist aukstu ūdeni un tādā veidā atvēsināt telpu. Betona sildpaneļi atbilst visaugstākajām arhitektūras, būvniecības un sanitāri tehniskajām prasībām.



2.7. zīm. Konvektors «Komforts»: a — kopskats; b — grīdas sekcija; c — tās pats, gala sekcija; d — sienas gala sekcija

Šo sildķermeņu galvenais trūkums ir sarežģīts remonts gadījumā, ja radusies ūdens noplūde, tāpēc ēku apkures sistēmās betona sildpaneļi nav plaši izplatīti.

Konvektorus (2.7. zīm.) izgatavo no neliela diametra ribotām tērauda vai čuguna caurulēm. Caur sasilušo ribojumu veidojas konvektīva gaisa plūsma, kuras ātrumam pieaugot palielinās konvektora siltuma atdeve. Konvektoriem ir samērā neliels metāla patēriņš, to izgatavošanu viegli mehanizēt un automatizēt.

Ribojuma dēļ konvektoru virsma ir samērā grūti tīrāma, tāpēc tie nav visai higiēniski. Konvektorus neiesaka uzstādīt telpās ar paaugstinātām sanitāri higiēniskajām prasībām (slimnīcās, bērnu iestādēs).

Padomju Savienībā izstrādāti vairāki konvektoru veidi: grīdlīstes bez apvalka, zemie konvektori bez apvalka, zemie konvektori ar apvalku. Apvalks paātrina gaisa plūsmu un palielina konvektora siltuma atdevi. Virs ribotajām caurulēm apvalkā ierīko vāku, ar kuru var regulēt konvektora siltuma atdevi.

Dažreiz konvektorus aprīko ar speciāliem beztrokšņa ventilatoriem, kuri nodrošina intensīvu gaisa plūsmu caur ribotajām caurulēm un ievērojami paaugstina konvektora siltuma atdevi. Laižot caur šādiem konvektoriem aukstu ūdeni, sistēmu var izmantot arī telpu atvēsināšanai.

Konvektoriem ir nelieli gabarīti, tos var ērti izvietot arī zem lieliem logiem ar zemām palodzēm.

Padomju Savienībā dzīvojamā ēku apkurei ražo sienas konvektorus «Komforts 20», sabiedrisko ēku apkurei — zemos konvektorus «Ritms» un kāpņu telpu apkurei — augstos konvektorus KB. Tuvākajā laikā sāks ražot konvektorus «Ritms 1500» un atvieglotas konstrukcijas konvektorus «Sever» ar štancētām dūralumīnija ribām.

Sildķermeņu veidu izvēlas, ņemot vērā telpas nozīmi un arhitektonisko risinājumu, cilvēku atrašanās ilgumu telpā, apkures sistēmas veidu, sildķermeņa tehniski ekonomiskos un sanitāri higiēniskos rādītājus. Ieteicamie sildķermeņu veidi dažādām telpām doti 2.1. tabulā.

2.2. Sildķermeņu siltumtehnikie un ekonomiskie rādītāji

Sildķermeņu siltumtehniko efektivitāti raksturo siltuma pārejas koeficients k , $W/m^2 K$. Jo lielāks sildķermeņa siltuma pārejas koeficients, jo pilnīgāks ir sildķermenis. Mūsdienu sildķermeņiem k ir 4,5—17 $W/(m^2 K)$.

Sildķermeņa konstrukcijas pilnību raksturo metāla patēriņš, kuru raksturo sildķermeņa metāla siltuma spriegums M , $W/(kg K)$.

$$M = \frac{Q}{G \Delta t}, \quad (2.1)$$

kur Q — siltuma daudzums, kas plūst caur sildķermeni, W ;
 G — sildķermeņa masa, kg ;
 Δt — siltumnesēja un telpas gaisa temperatūru starpība, K .

Jo lielāka M vērtība, jo mazāks ir sildķermeņa izgatavošanai nepieciešamais metāla daudzums. Mūsdienu sildķermeņiem M ir robežās no 0,25 (ribu sildcaurulēm) līdz 1,32 (betona sildpaneļiem).

k un M vērtības, kā arī daži citi sildķermeņus raksturojoši dati doti 2.2. tabulā.

Ieteicamie sildķermeņu veidi dažādām telpām

2.1. tabula

Telpu nosaukums	Ieteicamais sildķermenis	Sildķermeņa virsmas maksimālā temperatūra, °C
Dzīvojamās un administratīvās ēkas	Radiatori, konvektori, sildpaneļi	95
Bērnu iestādes, slimnīcas, dzemdību nami	Radiatori, sildpaneļi	85
Muzeji, gleznu galerijas, lasītavas, grāmatu glabātavas	Radiatori, sildpaneļi	95
Ražošanas telpas: bez putekļu izdalījumiem	Radiatori, konvektori, sildpaneļi, ribu sildcaurules	130
ar putekļu izdalījumiem	Radiatori, sildpaneļi, gludās sildcaurules	110
Rūpnīcu palīgtelpas	Radiatori, konvektori, sildpaneļi, ribu sildcaurules, gludās sildcaurules	95

Sildķermeņu raksturojums

2.2. tabula

Sildķermeņa veids	Siltuma pārejas koeficients k , W/(m²K)	Maksimālais spiediens, MPa	Metāla siltuma spriegums M , W/(kg·K)	Virsmas temperatūra	Sildķermeņa kopšanas iespēja	Ārējais izskats	Izgatavošanas izmaksa
Gludas tērauda sildcaurules	10,5—14	1	0,68	augsta	laba	slikts	liela
Ribu sildcaurules	4,7—5,8	0,6	0,25	zema	slikta	slikts	neliela
Čuguna radiatori	9,1—10,6	0,6	0,28	augsta	laba	slikts	liela
Tērauda radiatori	10,5—11,5	0,6	0,55—0,8	augsta	laba	labs	neliela
Konvektori	4,7—6,5	1	0,8—1,3	zema	slikta	labs	neliela
Betona sildpaneļi	7,5—11,5	1	0,74	zema	laba	labs	neliela

Lai savstarpēji salīdzinātu dažādus sildķermeņus, sākot ar 1957. gadu, sildķermeņu sildvirsmu izsaka ekvivalentajos kvadrātmetros (ekm). Par ekvivalento kvadrātmētru sauc sildķermeņa sildvirsmu, kura atdod telpai 505 W (435 kcal/h) siltuma pie vidējās siltumnesēja un gaisa temperatūras starpības 64,5 K.

Par etalona sildķermeni pieņēma pie ārējās sienas uzstādītu H-136 tipa čuguna sekciju radiatoru, kura četru sekciju fiziskā un ekvivalentā sildvirsmā ir 1 m² un siltuma atdeve ir 505 W. Cauruļvadus

sildķermeņim pievienoja vienpusēji, siltumnesēja plūsma — «no augšas uz apakšu».

Sildķermeņa siltuma pārejas koeficientu eksperimentāli nosaka pēc formulas

$$k = m \Delta t^n G_r^p, \quad (2.2)$$

kur Δt — sildķermeņa vidējās ūdens temperatūras un telpas gaisa temperatūras starpība, K;

G_r — relatīvais sildķermeņa ūdens patēriņš;

m, n, p — eksperimentāli koeficienti.

Kanālu sekciju radiatoriem un sildpaneļiem

$$G_r = \frac{G}{17,4}, \quad (2.3)$$

ribu sildcaurulēm

$$G_r = \frac{G}{35}, \quad (2.4)$$

pārējiem sildķermeņiem

$$G_r = \frac{G}{300}, \quad (2.5)$$

kur G — faktiskais ūdens patēriņš kg/h.

Viena ekvivalentā kvadrātmetra (ekm) siltuma atdevi aprēķina pēc formulas

$$g_0 = k \Delta t = m \Delta t^{n+1} G_r^p. \quad (2.6)$$

2.3. Sildķermeņu sildvirsmas aprēķins

Sildķermeņu sildvirsmas laukumu aprēķina pēc cauruļvadu hidrauliskā aprēķina, kad ir zināms cauruļvadu sildvirsmas laukums telpā. Sildķermeņu sildvirsmas laukums atkarīgs no izvēlēta sildķermeņa veida, tā izvietojuma telpā un cauruļvadu pievienošanas shēmas.

Nepieciešamo sildķermeņu siltuma atdevi aprēķina pēc formulas

$$Q_{n.s} = Q_s - Q_c, \quad (2.7)$$

kur Q_s — telpas siltuma zudumi, W;

Q_c — cauruļvadu siltuma atdeve, W.

Cauruļvadu siltuma atdevi nosaka pēc formulas

$$Q_c = \sum f_0 l g_0 \beta_c, \quad (2.8)$$

kur f_0 — 1 m gara neizolēta cauruļvada virsmas laukums, ekm (ja $d \leq 32$ mm — $f_0 = 1,78 \pi d$; ja $d > 32$ mm — $f_0 = 1,56 \pi d$, kur d — cauruļvada ārējais diametrs, m);

l — cauruļvada garums, m;
 β_c — koeficients, kuru nosaka cauruļvada atrašanās vieta telpā (stāvvadiem $\beta_c=0,5$, maģistrālēm pie griestiem $\beta_c=0,25$, maģistrālēm virs grīdas $\beta_c=0,75$);
 g_0 — cauruļvada 1 ekm siltuma atdeve, W.

$$g_0 = (5,6 + 0,035\Delta t)\Delta t, \quad (2.9)$$

kur Δt — siltumnesēja vidējās temperatūras un telpas gaisa temperatūras starpība, K.

Nepieciešamo sildķermeņa sildvirsmas laukumu, ekm, nosaka pēc formulas

$$F_0 = \frac{Q_{n.s.}}{g_0} \beta_1 \beta_2 \beta_3 \beta_4, \quad (2.10)$$

kur g_0 — izvēlēta sildķermeņa viena ekm siltuma atdeve, W;

β_1 — koeficients, kuru izvēlas atkarībā no sildķermeņa sekciju skaita. Ja sekciju skaits ir <5 , $\beta_1=0,95$, ja $5-10$, $\beta_1=1$, ja $10-20$, $\beta_1=1,05$, ja >20 , $\beta_1=1,1$;

β_2 — koeficients, kuru nosaka ūdens aizsīšanas pakāpe cauruļvados (2.3. tabula);

β_3 — koeficients, kuru nosaka sildķermeņa uzstādīšanas shēma (2.8. zīm.);

β_4 — koeficients, kuru nosaka siltumnesēja pievadīšanas shēma un sildķermeņa relatīvais patēriņš G_r (2.4. tabula).

2.3. tabula

Koeficienta β_2 vērtības

Stāvu skaits ēkā	Virknē savienoto sildķermeņu skaits	Koeficients β_2 aprēķina stāvam vai sildķermenim ūdens plūsmas virzienā								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Viencaurules sistēmas ar augšējo sadali										
3	—	1,04	1	1	—	—	—	—	—	—
4	—	1,04	1,03	1	1	—	—	—	—	—
5	—	1,04	1,03	1	1	1	—	—	—	—
6	—	1,05	1,04	1,03	1	1	1	—	—	—
Viencaurules sistēmas ar apakšējo sadali										
—	3	1	1	1,04	—	—	—	—	—	—
—	4	1	1	1,03	1,04	—	—	—	—	—
—	5	1	1	1,02	1,03	1,04	—	—	—	—
—	6	1	1	1	1,02	1,03	1,04	—	—	—
—	7	1	1	1	1	1,02	1,03	1,04	—	—
—	8	1	1	1	1	1	1,02	1,03	1,04	—
—	9	1	1	1	1	1	1	1,02	1,03	1,04
Divcauruļu sistēmas ar augšējo sadali										
2	—	1,05	1	—	—	—	—	—	—	—
3	—	1,05	1,03	1	—	—	—	—	—	—
4	—	1	1	1	1	—	—	—	—	—
5	—	1	1	1	1	1	—	—	—	—
6	—	1	1	1	1	1	1	—	—	—
Divcauruļu sistēmas ar apakšējo sadali										
2	—	1	1,05	—	—	—	—	—	—	—
3	—	1	1	1,05	—	—	—	—	—	—
4	—	1	1	1,05	1,1	—	—	—	—	—
5	—	1	1	1,05	1,05	1,1	—	—	—	—
6	—	1	1	1	1,05	1,05	1,1	—	—	—

Nepieciešamo sildķermeņa sekciju skaitu nosaka pēc izteiksmes

$$N = \frac{F_0}{f_0}, \quad (2.11)$$

kur f_0 — vienas sekcijas sildvirsmas laukums, ekm (2.5. tabula);
 F_0 — nepieciešamais sildķermeņa sildvirsmas laukums, ekm.

2.4. tabula

Koeficienta β_3 vērtība

Siltumnesēja pievadīšanas shēma	Relatīvais ūdens patēriņš G_r						
	1	2	3	4	5	6	≥ 7
No augšas uz leju	1	0,98	0,97	0,96	0,95	0,95	0,94
No apakšas uz augšu	1,28	1,22	1,18	1,18	1,14	1,12	1,09
No apakšas uz apakšu	1,11	1,04	1	0,96	0,95	0,93	0,92

2.5. tabula

Dažu sildķermeņu tehniskais raksturojums

Sildķermeņa nosaukums un veids	1 sekcijas vai sildpaneļa sildvirsmas laukums, ekm	Izmēri, mm		
		augstums	platums	dziļums
1	2	3	4	5
<i>Cuguna sekciju radiatori</i>				
M-140-A0	0,35	582	96	140
M-140	0,31			140
M-140-A0-300	0,217			140
M-90	0,26			90
PД-90c	0,275			90
<i>Cuguna sekciju radiatori «Standarts»</i>				
140-500	0,31	590	96	140
140-300	0,2	390		140
90-800	0,36	890		90
90-500	0,25	590		90
90-300	0,17	390		90
<i>Tērauda radiatori</i>				
M3-500-1	0,83		518	
M3-500-2	1,25	564	766	18
M3-500-3	1,56		952	
M3-500-4	2,08		1262	
<i>Cuguna ribu sildcaurules garums, m</i>				
0,75	1,03	diametrs 175		
1	1,38			
1,5	2,07			
2	2,76			

1	2	3	4	5
Konvektori ar apvalku «Komforts-20»				
gala sekcija				
KH20-0,75 K	0,75	275	500	160
KH20-0,95 K	0,95		600	
KH20-1,1 K	1,1		500	
KH20-1,4 K	1,4		600	
KH20-1,7 K	1,7		700	
KH20-2 K	2		800	
KH20-2,3 K	2,3		900	
Tas pats, caurplūdes sekcija				
KH20-0,8 П	0,8	275	500	160
KH20-1 П	1		600	
KH20-1,2 П	1,2		500	
KH20-1,5 П	1,5		600	
KH20-1,8 П	1,8		700	
KH20-2,1 П	2,1		800	
KH20-2,4 П	2,4		900	
Zemie tērauda divcauruļu konvektori «Progress-15»				
N1	0,5	200	517	70
N2	0,63		617	
N3	0,25		717	
N4	0,88		817	
N5	1,0		917	
Zemie tērauda divcauruļu konvektori «Progress-20»				
N1	0,48	200	517	70
N2	0,6		617	
N3	0,72		717	
N4	0,84		817	
N5	0,96		917	
Grīdas augstie konvektori KB kāpņu telpu apkurei				
KB-20-10-600	10	600	1400	400
KB-20-12-900	12	900		
KB-20-13-1200	13	1200		

Aprēķināto sekciju skaitu noapaļo līdz veselam skaitlim, pie tam, aprēķināto sildvirsmas laukumu noapaļojot, nedrīkst samazināt vairāk par 5% (ne vairāk kā par 0,1 ekm). Šī iemesla dēļ sildķermeņa faktiskais sildvirsmas laukums parasti ir nedaudz lielāks par aprēķināto.

Sildķermeņiem ar gludu virsmu siltuma pāreju ietekmē arī virsmas krāsa. Krāsas ar paaugstinātu izstarošanas spēju palielina siltuma pāreju — un otrādi. Piemēram, ar cinka balto krāsu nokrāsota čuguna radiatora siltuma pāreja telpā palielinās par 2,2%, bet nitrolakā atšķaidīta alumīnija pulvera krāsa pazemina to par 8,5%. Krāsa praktiski neiespāido ribu sildcauruļu un konvektoru siltuma atdevi.

2.4. Metāla sildķermeņu novietošana telpā

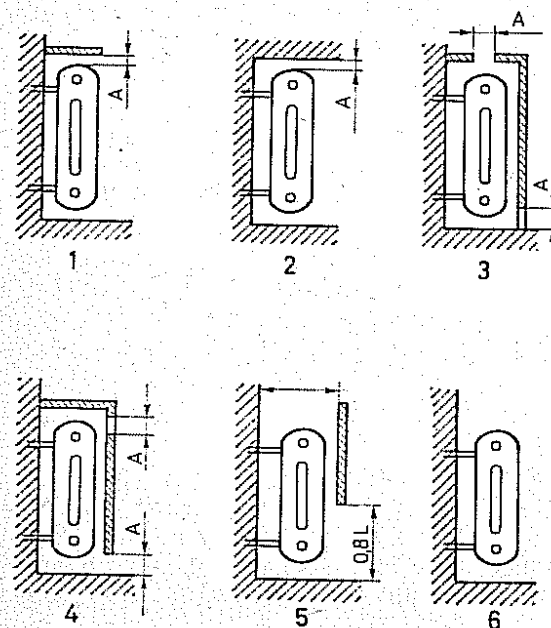
Sildķermeņus parasti uzstāda pie telpu ārējām sienām zem logiem. Šāds sildķermeņa novietojums aizkavē aukstā gaisa plūsmu no loga, kā arī paaugstina ārējās sienas un loga virsmu temperatūru. Tas samazina cilvēku atvēsināšanos telpā un uzlabo komforta sajūtu.

Sildķermeņi jānovieto pēc iespējas tuvāk grīdai (minimālais atstātums — 60 mm). Ja attālums starp sildķermeni un grīdu ir pārāk liels, tad virs grīdas izveidojas vēsāka gaisa slānis, jo siltā gaisa plūsma praktiski izbeidzas sildķermeņa līmenī, nesasniedzot telpas apakšējo zonu.

Telpās ar griestu augstumu, lielāku par 6 m, $\frac{1}{3}$ sildķermeņu vēlams novietot telpas augšējā zonā. Ja šādā telpā uzstāda konvektorus, tad tos novieto tikai apakšējā zonā, jo konvektori rada spēcīgu vertikālu siltā gaisa plūsmu.

Kāpņu telpās sildķermeņus uzstāda apakšējā zonā netālu no ieejas durvīm. Daudzstāvu ēkās kāpņu telpu apsildīšanai izmanto recirkulācijas gaisa sildītājus, kurus veido no kalorifieriem, radiatoriem vai apvalkā iebūvētām ribu sildcaurulēm. Kāpņu telpu apsildīšanai ražo arī speciālus konvektorus KB.

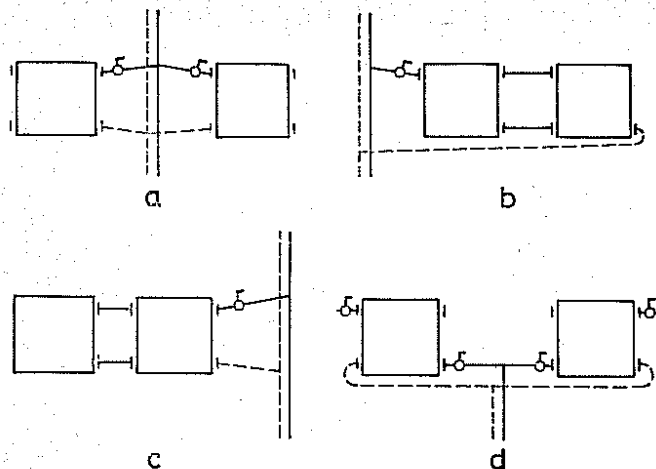
Nav vēlams sildķermeņu priekšā novietot mēbeles, tas pasliktina siltuma atdevi un tīrīšanas iespējas.



Shēmas N	A, mm	β_4
1	40	1,05
	80	1,03
	100	1,02
2	40	1,11
	80	1,07
	100	1,06
3	220	1,13
4	130	1,2
5	—	0,9
6	—	1

2.8. zīm. Sildķermeņu uzstādīšanas shēmas:

1 — zem palodzes; 2 — nišā; 3, 4 — iebūvēts skapis; 5 — aizsegts ar vertikālu ekrānu; 6 — atklāti uzstādīts



2.9. zīm. Sildķermeņu pievienošana stāvvadiem:
a — divpusēja; b — sakabinātā diagonālā; c — sakabinātā vienaspusējā; d — no apakšas uz apakšu

Dažreiz sildķermeņus uzstāda nišās vai aizklāj ar dekoratīvām nosedzēm. Ja tas ir nepieciešams, nosedzes konstrukcija jāizveido tā, lai siltuma izstarošanas samazināšanos kompensētu ar konvektīvās siltuma atdeves palielināšanu. Piemēram, vertikāls vai rogs ar spraugām, uzstādīts radiatora priekšā, samazina radiatora siltuma izstarošanu un vienlaikus palielina konvektīvo plūsmu caur spraugām, rezultātā radiatora siltuma atdeve nemainās (2.8. zīm.).

Slēgposmus sildķermenim var pievienot no vienas vai no abām pusēm (2.9. zīm.).

No siltumtehnikas viedokļa ieteicama divpusēja slēgposmu pievienošana. Vertikālajās apkures sistēmās konstruktīvu apsvērumu dēļ racionālāka ir vienaspusēja pievienošana.

Dzīvojamās telpās sildķermeņus slēgt virknē drīkst tikai vienas telpas robežās; palīgtelpās (noliktavas, koridori u. c.) virknē var savienot arī sildķermeņus, kas atrodas dažādās telpās.

Ja sildķermeņu sekciju skaits ir lielāks par 25, kā arī ja virknē saslēgti vairāk nekā 2 sildķermeņi, tad slēgposmi jāpievieno no abām pusēm.

Vertikāli pievienotā sildķermenī siltuma atdeve atkarīga no ūdens cirkulācijas shēmas.

Vismazākā siltuma atdeve sildķermeņiem ir cirkulācijas shēmai no apakšas uz augšu. No siltumtehnikas viedokļa viencaurules un divcauruļu sistēmām, ja $G_r/F < 5$ (G_r — relatīvais ūdens patēriņš; F — aprēķinātais sildvirsmas laukums, ekm), izdevīgāka ir shēma no augšas uz apakšu. Shēma no apakšas uz apakšu ir izdevīga tikai viencaurules sistēmām, ja $G_r/F > 5$.

2.5. Sildvirsmu izvietoums staru-paneļu apkures sistēmās

Staru-paneļu apkures sistēmās kā sildvirsmas izmanto apsildāmās telpas sienas, griestus un grīdas, kā arī pie sienām uzstādītus paneļus.

Virsmu apsildīšanai norobežojošajās konstrukcijās vai paneļos iebūvē sildcaurules (lodeņu vai režģu veidā), pa kurām cirkulē siltumnesējs.

Ja sildpaneļi iebūvēti griestos, tad siltuma pāreja telpā notiek galvenokārt radiācijas ceļā. Ja paneļi ierīkoti grīdās vai sienās, siltuma pāreja notiek gan radiācijas, gan konvekcijas ceļā.

No paneļiem izstarotais siltums vienmērīgi sasilina telpas gaisu un visus telpā esošos priekšmetus. Vidējā telpas norobežojošo konstrukciju virsmu temperatūra ir augstāka nekā telpas gaisa temperatūra. Šāds temperatūras sadalījums paaugstina telpā esošo cilvēku komforta sajūtu (samazinoties ķermeņa radiācijas siltuma atdevei, cilvēka pašsajūta uzlabojas).

Staru-paneļu apkures efektivitāti no higiēniskā viedokļa raksturo norobežojošo konstrukciju virsmu vidējā temperatūra, kuru nosaka pēc formulas

$$\tau_R = \frac{\tau_{grie} F_{grie} + \tau_{ās} F_{ās} + \tau_l F_l + \tau_{ies} F_{ies} + \tau_{grī} F_{grī}}{F_{grie} + F_{ās} + F_l + F_{ies} + F_{grī}}$$

kur τ_{grie} , $\tau_{ās}$, τ_l , τ_{ies} , $\tau_{grī}$ — griestu, ārsienu, logu, iekšsienu, grīdu vidējā temperatūra, $^{\circ}\text{C}$;

F_{grie} , $F_{ās}$, F_l , F_{ies} , $F_{grī}$ — atbilstoši norobežojošo konstrukciju virsmu laukumi, m^2 .

Lai aukstajā gadalaikā dzīvojamās telpās nodrošinātu normālus siltuma apstākļus, jāievēro sakarība

$$\tau_R \approx 29 - 0,57/t_T$$

kur t_T — telpas gaisa temperatūra, $^{\circ}\text{C}$.

Telpās ar staru-paneļu apkuri gaisa temperatūra var būt par $1-2^{\circ}\text{C}$ zemāka nekā telpās ar radiatoru un konvektoru apkuri.

Kā siltumnesēju staru-paneļu apkures sistēmās izmanto samērā zemas temperatūras siltu ūdeni ($85-95^{\circ}\text{C}$). Staru-paneļu apkures sistēmas atbilst visaugstākajām sanitāri higiēniskajām un arhitektoniskajām prasībām. Pateicoties radiācijas siltumapmaiņai un paaugstinātai telpu norobežojošo konstrukciju temperatūrai, telpās ar šādu apkuri uzlabojas cilvēka komforta sajūta. Staru-paneļu apkures sistēmas ierīko bērnudārzos, operāciju zālēs, dzemdību namos un dažās citās medicīnisko iestāžu telpās, peldbaseinos, sporta zālēs, sabiedrisko ēku vestibilos.

Staru-paneļu apkures sistēmas siltajā gadalaikā var izmantot telpu atvēsināšanai (pa caurulēm laiž aukstu ūdeni). Apkures sistēmas ar parastajiem sildķermeņiem šim nolūkam nav izmantojamas, jo uz sildķermeņu virsmas kondensējas telpas gaisa mitrums.

Staru-paneļu apkures sistēmu galvenie trūkumi ir liela siltumietilpība un siltuma inerce, tas apgrūtina siltuma atdeves regulēšanu, kā arī grūtības atrast un novērst cauruļu bojājumus. Šo iemeslu dēļ staru-paneļu apkures sistēmas dzīvokļu celtniecībā nav plaši izplatītas.

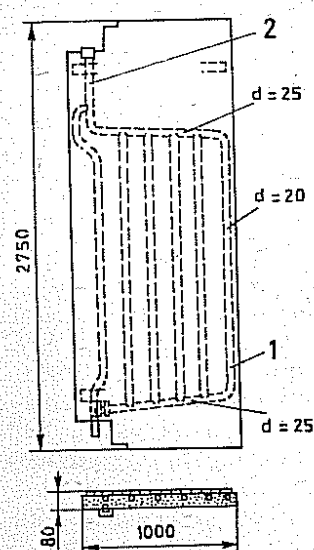
Lai samazinātu cauruļu koroziju un palielinātu to kalpošanas laiku, staru-paneļu apkures sistēmās lieto mikstinātu un atgaisotu ūdeni.

Apkures sistēmās ar sildošām grīdām un griestiem caurules iebetonē pārsegumā, ievieto spraugās starp betona plātnēm vai zem piekārtiem griestiem. Ja sildcaurules iebūvētas starpstāvu pārsegumā, tad tās vienlaikus silda apakšējā stāva griestus un augšējā stāva grīdu.

Ja telpās griestu augstums ir līdz 3 m, vidējo temperatūru griestu zonā pieņem 30°C , bet grīdas zonā — $25\text{--}28^{\circ}\text{C}$.

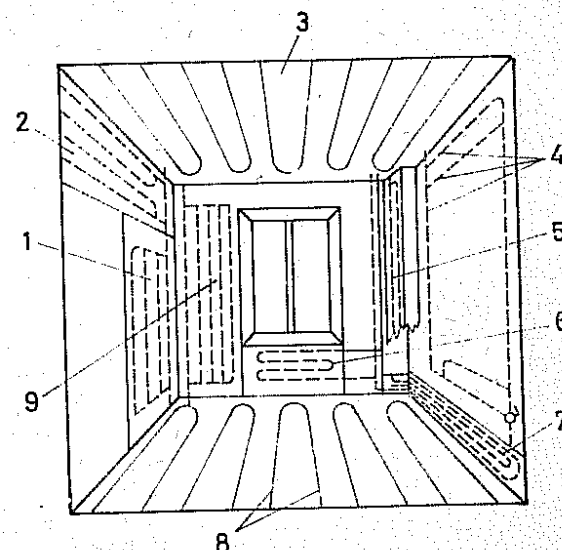
Staru-paneļu apkures sistēmās visplašāk izplatīti betona sildpaneli, kurus ievieto ārējās sienās vai telpu starpsienās. Šos paneļus izgatavo rūpnīcās, to montāžu viegli mehanizēt.

2.6. zīm. attēlotie betona sildpaneli uzstādīti zem loga tajās pašās vietās, kur uzstāda metāla sildķermeņus. Sildpanelis var būt uzstādīts tieši pie sienas vai ar gaisa spraugu starp sildpaneli un sienu. Pēdējā gadījumā palielinās sildpaneļa siltuma atdeve un samazinās siltuma zudumi caur ārējo sienu.



2.10. zīm. Viencaurules apkures sistēmas starpsienas betona sildpanelis:

1 — režģa caurules; 2 — stāvvars



2.11. zīm. Sildcauruļu izvietošana telpā:

1 — starpsienās; 2 — spraišļos; 3 — griestos; 4 — sienu kontūrā; 5 — kolonnās; 6 — zem palodzēm; 7 — grīdlistēs; 8 — grīdā; 9 — ārējās sienās

2.10. zīmējumā attēlots betona sienas sildpanelis, kuru uzstāda telpu starpsienās. Šādam sildpanelim nav nepieciešama siltumizolācija, siltuma atdeve notiek divpusēji.

Kā trūkumu var minēt vienādu siltuma atdevi abās telpās, kuru starpsienā sildpanelis uzstādīts, kaut gan abām telpām siltuma zudumi var būt dažādi. Siltuma atdeves regulēšana katrā telpā šādam panelim nav iespējama. Sienu sildpaneļu virsmas temperatūru pieņem 45°C , bet zem logiem uzstādīto sildpaneļu — 95°C . Sienu sildpaneļu virspusi var apmest vai apdarināt ar flīzēm, kā arī krāsot ar līmes un eļļas krāsām vai aplīmēt ar tapetēm. Pateicoties augstākai virsmas temperatūrai, nepieciešamais sildvirsmas laukums un metāla patēriņš sienas sildpaneļiem ir mazāks nekā griestu un grīdas sildpaneļiem.

2.11. zīm. parādītas iespējamās sildpaneļu uzstādīšanas vietas telpā.

Staru-paneļu sistēmās cauruļvadus montē pēc viencaurules vai divcauruļu shēmām gan pēc apakšējās, gan pēc augšējās ūdens cirkulācijas shēmas. Sistēmās ar griestu un grīdu sildpaneļiem parasti izmanto divcauruļu shēmu, bet sistēmās ar sienu un zemlogu sildpaneļiem — viencaurules shēmu ar apakšējo sadali, šajā sistēmā atvieglojas gaisa izvadīšana no cauruļvadiem. Paneļu virsmas laukumu, m^2 , orientējošiem aprēķiniem var noteikt pēc formulas

$$F = \frac{Q}{\alpha(t_p - t_T)}$$

kur Q — telpas siltuma zudumi, W;

t_T — ar staru-paneļu apkures sistēmu apsildāmās telpas aprēķina temperatūra, $^{\circ}\text{C}$;

t_p — sildpaneļa virsmas temperatūra, $^{\circ}\text{C}$;

α — ārējās siltuma apmaiņas koeficients, kuru pieņem šādu: griestu sildpaneļiem — $7,9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, grīdu sildpaneļiem — $9,9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, sienu sildpaneļiem — $11,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

2.6. Sildķermeņu siltuma atdeves regulēšana

Sildķermeņu sildvirsmas laukumu nosaka atbilstoši apkures aprēķina temperatūrai, kura apkures sezonas laikā gadās samērā reti (piemēram, Rīgai apkures aprēķina temperatūra ir -20°C). Tāpēc, ekspluatējot apkures sistēmu, paredz sildķermeņu siltuma atdeves regulēšanu.

Kvalitatīvo regulēšanu ūdens apkures sistēmās izdara, mainot siltumnesēja temperatūru atbilstoši āra gaisa temperatūras izmaiņām. Tvaika apkures sistēmas kvalitatīvi neregulē.

Kvantitatīvo regulēšanu veic, mainot caur sildķermeņiem plūstošā siltumnesēja daudzumu. Tvaika apkures sistēmās siltuma atdevi kvantitatīvi regulē centralizēti, padodot tvaiku sistēmā periodiski, kā arī individuāli — mainot ar ventiļiem tvaika daudzumu, kas plūst caur sildķermeni.

Ūdens apkures sistēmu siltuma atdevi kvalitatīvi regulē individuāli, mainot sildķermeņu pagriežņu stāvokli.

Sildķermeņu siltuma atdeves regulēšanu var samērā viegli automatizēt. Individuālai sildķermeņu regulēšanai izstrādāti dažādi automātiskie regulatori, kuri atkarībā no telpas temperatūras maina caur sildķermeni plūstošā ūdens daudzumu. Siltuma atdeves individuālā automatiskā regulēšana ievērojami ekonomē apkures vajadzībām nepieciešamo siltuma enerģiju, kā arī uzlabo siltuma režīmu telpās.

Pagaidām šādi automatiskie regulatori nav plaši ieviesti mūsu apkures sistēmu būves praksē.

3. ŪDENS APKURES SISTĒMAS

3.1. Ūdens apkures sistēmas darbības princips

3.1. zīm. parādīta vienkārša dabiskās cirkulācijas ūdens apkures sistēmas shēma. Ūdens siltuma ģeneratorā (piemēram, katlā) sasilst no temperatūras t_a līdz temperatūrai t_k , bet sildķermenī atdziest līdz temperatūrai t_a . Tā kā atdzisušais ūdens, kas atrodas ar svitrliņiju parādītajās caurulēs, ir smagāks, tad tas slid uz leju un izspiež karsto (vieglāko) ūdeni no siltuma ģeneratora. Tā sistēmā rodas dabiskā (gravitācijas) cirkulācija: ūdens izplūst no ģeneratora 1 pa galveno stāvvadu 2, pēc tam pa turpgaitas maģistrāli 3 un stāvvadiem 4 nonāk sildķermenī 5 un atgriežas katlā pa atpakaļgaitas maģistrāli 6.

Caurules šķēsgriezumā I-I spiediens no labās puses ir lielāks par spiedienu no kreisās puses. Spiedienu starpība (ja neņem vērā, ka ūdens caurulēs atdziest) ir

$$\Delta p_1 = h_1 (\rho_a - \rho_k), \text{ Pa}, \quad (3.1)$$

kur ρ_a — atpakaļgaitas ūdens tilpuma masa (blīvums), kg/m^3 ;

ρ_k — turpgaitas ūdens tilpuma masa, kg/m^3 ;

h_1 — attālums no siltuma ģeneratora centra līdz sildķermeņa centram, m.

Ūdens tilpuma masa atkarībā no tā temperatūras:

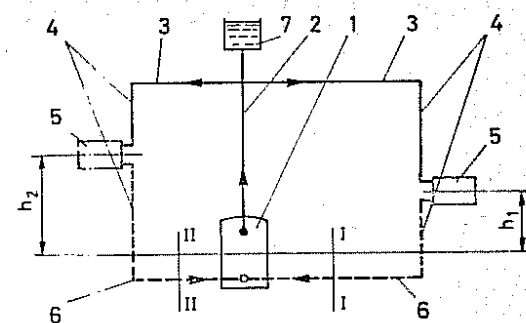
t, °C	65	70	75	80	85	90	95	100
ρ , kg/m^3	980	978	975	972	969	965	962	957

Spiedienu starpība Δp_2 šķēsgriezumā II-II ir lielāka, jo $h_2 > h_1$.

Spiedienu starpību Δp izmanto cauruļu hidrauliskās pretestības pārvarēšanai. Ja pieņem, ka 3.1. zīmējumā parādītās apkures sistēmas visu cauruļu diametri ir vienādi, tad cirkulācijas sistēmas kreisajā pusē notiks intensīvāk, t. i., caur augstāk novietoto sildķermeni izplūdis vairāk ūdens un sildķermenis apkārtējai videi atdos lielāku siltuma daudzumu.

Ūdens sasilstot izplešas, un no tā izdalās gaisa burbulīši. Lai tas varētu notikt, galvenā stāvvada galā ir novietots izplešanās trauks 7. Ja sistēma būtu hermētiski slēgta, tad gaiss, kas izdalās no ūdens, sakrātos turpgaitas maģistrālē un pēc kāda laika pārtrauktu cirkulācijas sistēmā.

Atpakaļgaitas maģistrālē var iebūvēt sūkni, kas nodrošina piespiedu cirkulāciju, kuras intensitāte praktiski nav atkarīga no sildķermeņu izvietošanas un ūdens temperatūras starpības.



3.1. zīm. Dabiskās cirkulācijas ūdens apkures sistēmas shēma

Dabiskās cirkulācijas sistēmu trūkums ir cirkulācijas intensitātes atkarība no radiatora augstuma virs siltuma ģeneratora un liels metāla patēriņš cauruļvadu sistēmas izbūvei. Šī iemesla dēļ modernajās ēkās lieto tikai piespiedu cirkulācijas sistēmas. Dabiskās cirkulācijas sistēmas atļauts lietot tikai nelielās ēkās ar iebūvētu katlu māju, ja noteikti zināms, ka perspektīvā ēku nepievienos centralizētai siltuma apgādes sistēmai. Dabiskās cirkulācijas sistēmas darbības rādiuss nedrīkst pārsniegt 30 m un attālums (pa vertikāli) no katla centra līdz apakšstāva sildķermeņa centram nedrīkst būt mazāks par 3 m.

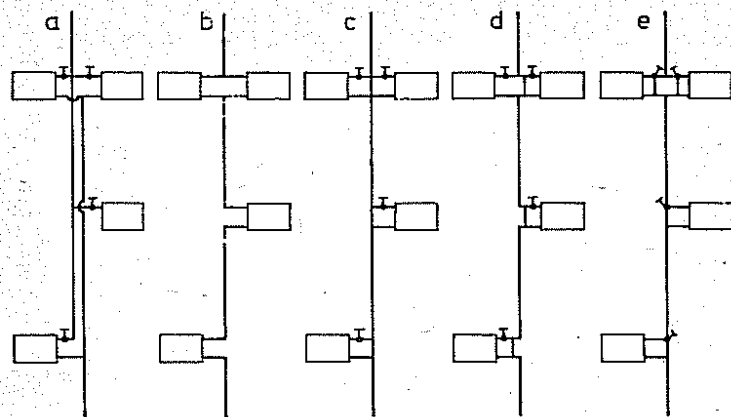
3.2. Ūdens apkures sistēmu klasifikācija un shēmas

Ūdens apkures sistēmas atkarībā no konstruktīvā izveidojuma var iedalīt šādi: divcauruļu un viencaurules sistēmas; sistēmas ar augšējo un apakšējo sadali; vertikālās un horizontālās sistēmas; strupceļa un līdzgaitas sistēmas; sistēmas ar dabisko un piespiedu ūdens cirkulāciju, sistēmas ar parasto un pretējo ūdens cirkulācijas virzienu (3.1. tabula).

Daudzstāvu ēkās stāvvadi vertikālajās apkures sistēmās vai nozarojumi horizontālajās sistēmās ar sildķermeņiem un savienojošajiem cauruļvadiem (sildķermeņu mezgliem) atkārtotas daudzas reizes. Šie elementi veido sistēmu un nosaka tās darbības principu. Lai industrializētu apkures sistēmu montāžu, šos elementus maksimāli unificē.

Divcauruļu sistēmās sildķermeņus pievieno stāvvadam tā, kā parādīts 3.2. zīm. a, bet viencaurules — kā parādīts 3.2. zīm. b-e.

Divcauruļu sistēmās visos sildķermeņos ieplūst karsts ūdens, bet viencaurules sistēmās ūdens temperatūra augšstāvos ir augstāka un apakšējos stāvos — zemāka.



3.2. zīm. Sildķermeņu pievienošana stāvvadiem

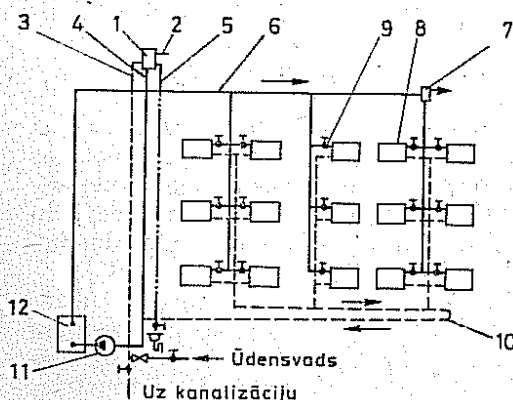
Dīvcauru sistēmas ar apakšējo sadali (3.3. zīm.) ir hidrauliski stabīlākas, bet ir sarežģītāka to atgaisošana. Neatkarīgi no shēmas dīvcauru sistēmās rodas papildus dabīgais ūdens spiediens cirkulācijas cilpās caur sildķermeņiem, kuri uzstādīti dažādos stāvos. Šī iemesla dēļ augšējo stāvu sildķermeņos cirkulē vairāk siltumnesēja nekā apakšējo stāvu sildķermeņos.

Lai dīvcauru sistēmās sildķermeņi siltu vienmērīgi, slēgposmos paredz dubultiestādāmus krānus, ar kuriem regulē siltumnesēja caurplūdi. Apkures sistēmu regulēšana ir darbietilpīgs process un pilnībā

neatrisina problēmu, jo ekspluatācijas laikā, mainoties ūdens temperatūrai, mainās papildus dabiskais spiediens un caurplūstošā ūdens daudzums — sistēma ir hidrauliski nestabila.

Sakarā ar plašo dzīvojamo, rūpniecības un sabiedrisko ēku celtniecību mūsu valstī ievērojami pilnveidojušās ūdens apkures sistēmas. Galvenā tendence ir dīvcauru sistēmu nomaiņa ar viencaurules sistēmām un arvien jaunu, pilnīgāku šo sistēmu shēmu ieviešana celtniecības praksē.

Vertikālajās viencaurules sistēmās (3.4. zīm.) papildu dabiskais ūdens spiediens, kas rodas, atdziestot ūdenim



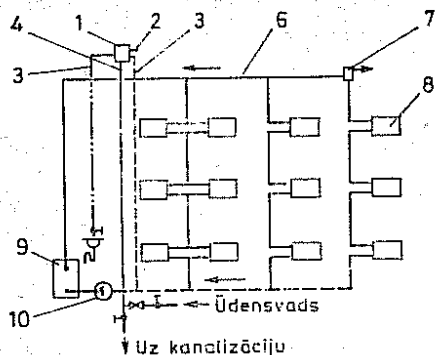
3.3. zīm. Shēma dīvcauru ūdens apkures sistēmai ar piespiedu cirkulāciju un augšējo sadali: 1 — izplešanās tvertne; 2, 3, 4, 5 — izplešanās tvertnes pārplūdes (signāla) savienošo un cirkulācijas caurules; 6 — maģistrālais turpgaitas vads; 7 — gaisa savācējs; 8 — sildķermenis; 9 — krāns; 10 — maģistrālais atpakaļgaitas vads; 11 — sūkņš; 12 — katls

Ūdens apkures sistēmu klasifikācija

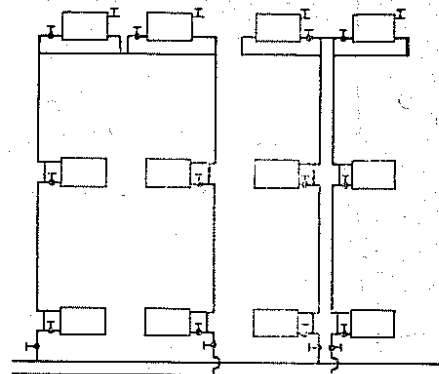
Klasifikācijas pazīmes	Sistēmas galvenās pazīmes	Sistēmas nosaukums
Ūdens cirkulācijas ierīksme	Gravitācijas spiediena ietekmē	Dabiskās cirkulācijas
	Sūkņa vai elevatora ietekmē	Ar piespiedu cirkulāciju
Cauru/vadu un sildķermeņu savienojuma shēma	Sildķermeņi savienoti virknē	Viencaurules
	Sildķermeņi savienoti paralēli	Dīvcauru
Sildķermeņu savienošo cauru/vadu stāvoklis	Vertikāls	Vertikālā
	Horizontāls	Horizontālā
Maģistrālo cauru/vadu izvietojums	Turpgaitas maģistrāle novietota augstāk, bet atpakaļgaitas maģistrāle zemāk par sildķermeņiem	Ar augšējo sadali
	Turpgaitas un atpakaļgaitas maģistrāles atrodas zemāk par sildķermeņiem	Ar apakšējo sadali
	Turpgaitas maģistrāle novietota zemāk, bet atpakaļgaitas maģistrāle augstāk par sildķermeņiem	Ar pretējo cirkulāciju
Cirkulējošā ūdens virziens turpgaitas un atpakaļgaitas maģistrālēs	Turpgaitas un atpakaļgaitas vados ir pretplūsma	Strupceļi
	Turpgaitas un atpakaļgaitas vados ir līdzplūsma	Līdzgaitas
	Sildķermeņa divās daļās ir pretplūsma	Bifilārā (divplūsmas)

sildķermeņos, summējas un ietekmē caurplūstošā ūdens daudzumu visā stāvvadā, kurš ir vienāds visos stāvvada posmos un sildķermeņos. Viencaurules vertikālās sistēmas ir hidrauliski stabīlas, un nav nepieciešama to montāžas regulēšana.

Bez tam viencaurules sistēmām ir šādas priekšrocības: mazāks cauruļu patēriņš, iespēja pilnīgāk unificēt atsevišķus mezglus un detaļas, mehanizēt to izgatavošanu un industrializēt sistēmu montāžu. Mūsdienās dīvcauru sistēmas lieto tikai ēkās, kurām nav vairāk par 3 stāviem.



3.4. zīm. Shēma viencaurules, caurplūdes neregulējamai ūdens apkures sistēmai ar augšējo sadali un piespiedu cirkulāciju: 1 — izplešanās tvertne; 2, 3, 4, 5 — izplešanās tvertnes pārplūdes (signāla) savienojošā un cirkulācijas caurules; 6 — cauruļvadi; 7 — gaisa savācējs; 8 — sildķermenis; 9 — katls; 10 — sūkņi



3.5. zīm. Shēma vertikālai viencaurules sistēmai ar apakšējo sadali

Vertikālās viencaurules sistēmas ar augšējo sadali (3.4. zīm.) lieto daudzstāvu ēkās ar stāvu skaitu 4—9 un vairāk.

Neregulējamas viencaurules caurplūdes sistēmas (3.2. zīm.) lieto ēkās, kur atsevišķās telpās nav nepieciešama individuāla temperatūras regulēšana.

Ja temperatūra jāregulē individuāli, tad pie katra sildķermeņa pie-rīko krānu. Tie var būt caurplūdes (3.2. zīm. c, d) vai trīscelšu (3.2. zīm. e). Slēgposmus, pa kuriem karstais ūdens regulējamā viencaurules sistēmā virzās garām sildķermenim, novieto centrāli (3.2. zīm. c) vai atvirzīti no centra (3.2. zīm. d). Stāvvadus ar centrāli novietotiem slēgposmiem vieglāk montēt. Attiecība starp ūdens daudzumu, kas izplūst caur sildķermeni un ūdens daudzumu, kas plūst pa stāvvadu, ir lielāka, ja slēgposms ir nobīdīts no centra; tātad nobīdīti slēgposmi ļauj nedaudz samazināt sildķermeņa gabarītus.

Vertikālās viencaurules sistēmas ar apakšējo sadali sāka plaši lietot 60. gados sakarā ar masveida ēku celtniecību, kurām nav bēniņu. Šajās sistēmās kā turpgaitas, tā arī atpakaļgaitas maģistrāles novieto pagrabā (3.5. zīm.). Gaisu no sistēmām ar apakšējo sadali izvada caur augšstāva sildķermeni, tas apgrūtina sistēmu apkalpošanu un ir būtisks tās trūkums. Lai nerastos cauruļu pārtērīnš, stāvvadus apakšējās sadales sistēmās veido burta II veidā, kā parādīts 3.5. zīm.

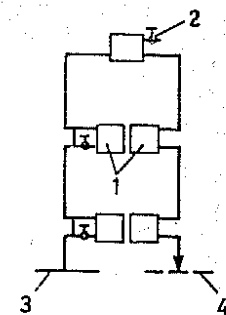
II veida stāvvadus dažreiz veido pēc divplūsmu (bifilārās) shēmas (3.6. zīm.), kurā katrs telpas sildķermenis sadalīts divās daļās: kreisajā pusē cirkulē karsts, bet labajā — atdzisušais ūdens; caurmērā visos sildķermeņos ieplūst vienādas temperatūras ūdens.

Atsevišķos gadījumos, kad nepieciešams temperatūru atsevišķos ēku stāvos regulēt individuāli, lieto horizontālās sistēmas (stāvvadi novietoti horizontāli) (3.7. zīm.). Horizontālās sistēmas lieto arī tad, ja jāapsilda ēkas apakšējie stāvi, kad augšējo stāvu izbūve vēl nav pabeigta. Salīdzinājumā ar vertikālajām sistēmām (stāvvadi novietoti vertikāli) horizontālajām sistēmām ir sarežģītāka apkalpe, jo gaiss jāizvada no katra sildķermeņa. Bez tam horizontālajās sistēmās ūdens caur sildķermeņiem plūst nevienmērīgāk, to siltuma atdeve samazinās.

Pēdējos gados daudzstāvu ēku apkurei sāk lietot horizontālās viencaurules divplūsmu sistēmas (3.8. zīm.).

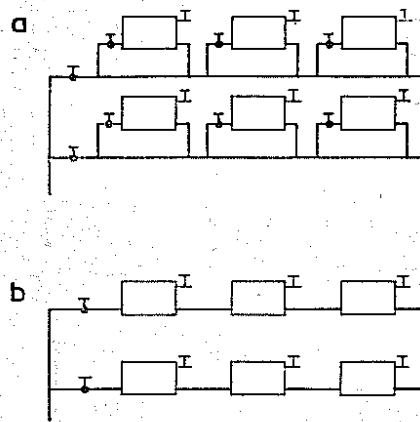
60. gadu vidū daudzstāvu (vairāk par 10) ēkās sāka lietot viencaurules sistēmas ar apakšējo sadali un augšējo atpakaļgaitas maģistrāli, tā saucamās sistēmas ar pretējo cirkulāciju. Stāvvadus sistēmās paredz caurplūdes vai ar no centra atvirzītiem slēgposmiem. Šīs sistēmas ir hidrauliski stabilas un tās uzlabo siltuma režīmu ēku apakšējos stāvos.

Strupceļa sistēmās (3.9. zīm. a) ūdens plūsmi, kas virzās uz stāvvadiem, kas novietoti tālāk no siltuma ģeneratora, jānoiet garāks ceļš un tātad jāpārvar lielāka cauruļu hidrauliskā pretestība nekā ūdens



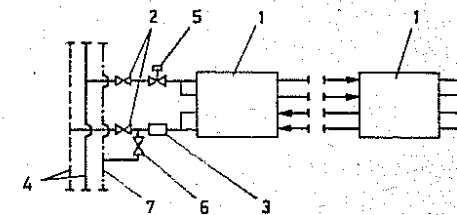
3.6. zīm. Shēma vertikālai viencaurules divplūsmu (bifilārai) sistēmai ar apakšējo sadali:

1 — sildķermenis; 2 — atgaisošanas krāns; 3 — turpgaitas maģistrāle; 4 — atpakaļgaitas maģistrāle

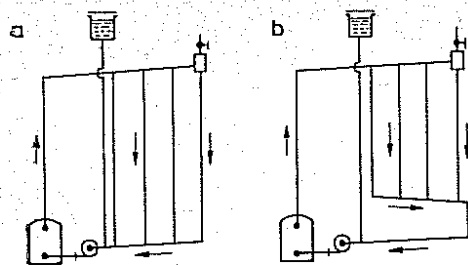


3.7. zīm. Horizontālās viencaurules sistēmas shēma:

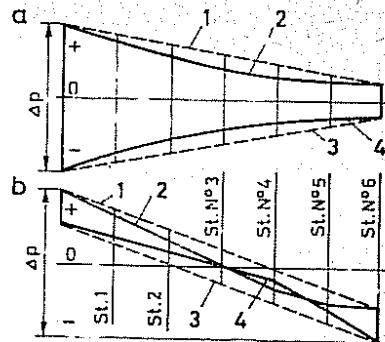
a — ar slēgposmiem un caurplūdes krāniem; b — neregulējama



3.8. zīm. Horizontālās divplūsmu (bifilārās) ūdens apkures sistēmas nozarojums ar siltumatdeves regulēšanu pa stāviem: 1 — sildķermenis; 2 — noslēgšanas krāns; 3 — temperatūras regulators; 4 — divcauruļu stāvvads; 5 — regulēšanas krāns; 6 — sistēmas iztukšošanas krāns; 7 — drenāžas cauruļvads



3.9. zīm. Piespiedu cirkulācijas ūdens apkures sistēmas shēma:
a — strupceļā; b — līdzgaitas



3.10. zīm. Apkures sistēmas pjezometriskais grafiks:
a — strupceļa sistēmai; b — līdzgaitas sistēmai;
1 — teorētiskais spiediens turpgaitas maģistrālē;
2 — tas pats, faktiski; 3 — teorētiskais spiediens atpakaļgaitas maģistrālē; 4 — tas pats, faktiski;
Δp — cirkulācijas sūkņa radītā spiedienu starpība

plūsmā, kas virzās caur stāvvadiem, kas novietoti tuvāk siltuma ģeneratoram. Lai izlīdzinātu ūdens caurplūdi, tālāk novietoto stāvvadu diametriem jābūt lielākiem.

Līdzgaitas sistēmās (3.9. zīm. b) ūdens plūsmas noietais ceļš līdz visiem stāvvadiem ir vienāds un cauruļu diametrus var pieņemt vienādus. Tas samazina metāla patēriņu un atvieglo sistēmas regulēšanu.

Līdzgaitas sistēmām piemīt būtisks trūkums, iespējama pretēja virziena cirkulācija atsevišķos stāvvados. Lai izskaidrotu šo parādību, 3.10. zīmējumā attēloti spiediena jeb pjezometriskie grafiki strupceļa un līdzgaitas sistēmām. Ūdens pa stāvvadiem no turpgaitas uz atpakaļgaitas maģistrāli virzās, pateicoties spiedienam starpībai šajās maģistrālēs stāvvadu pievienojuma vietās. Ideālā gadījumā katram maģistrālo vadu posmam, varētu izvēlēties noteiktu diametru ar tādu aprēķinu, lai spiediena zudums berzes rezultātā (kPa uz 1 m) būtu vienāds visā maģistrāles garumā; spiediena grafiks šādai sistēmai būtu taisne (pārtrauktā līnija 3.10. zīm.). Praktiski to realizēt nav iespējams, jo cauruļu diametri ir standartizēti. Tādēļ spiediena grafiks turpgaitas maģistrālei ir uz leju izliekta, bet atpakaļgaitas maģistrālei — uz augšu izliekta lauza līnija. Šāda faktiskā spiediena izmaiņa strupceļa sistēmas darbību netraucē. Līdzgaitas sistēmā turpgaitas un atpakaļgaitas spiedienam grafiki var krustoties; tas nozīmē, ka atsevišķos stāvvados (stāvvadā nr. 3) cirkulācijas vispār nebūs vai pat (stāvvadā nr. 4) būs vērsta pretējā virzienā — ūdens plūdis no atpakaļgaitas maģistrāles turpgaitas maģistrālē.

Līdzgaitas sistēmas saskaņā ar celtniecības normu norādījumu drīkst lietot tikai tad, ja strupceļa sistēmu no standartizētām cauruļlēm nevar izveidot.

3.3. Vaļējas un slēgtas izplešanās tvertnes

Parasti izplešanās tvertne ir apaļš vai taisnstūrains metāla trauks (3.11. zīm.), kura nepieciešamo derīgo tilpumu (litros) aprēķina pēc formulas

$$V = 0,0006(95 - 20) V_{\text{slst.}} = 0,045 V_{\text{slst.}}, \quad (3.2)$$

kur 0,0006 — vidējais ūdens termiskās izplešanās koeficients, 1/K;

95 — ūdens maksimālā temperatūra, °C;

20 — ūdens minimālā temperatūra, °C;

$V_{\text{slst.}}$ — apkures sistēmas kopējais tilpums, l.

Apkures sistēmas atsevišķu elementu aptuvenais tilpums (litrs uz 1 kW sistēmas jaudas) ir

radiatoriem — 9, ribotām sildcaurulēm — 6, betona sildpaneļiem — 2, konvektoriem — 0,5, apkures katliem — 3, dabiskās cirkulācijas sistēmas cauruļvadiem — 14, piespiedu cirkulācijas sistēmas cauruļvadiem — 7.

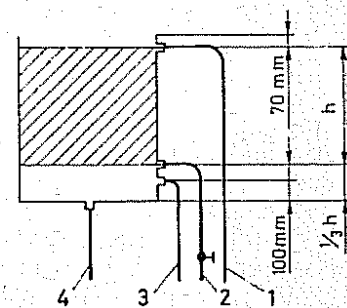
Ēkās ar iebūvētu katlu māju pārplūdes un signalizācijas vadi jāpievieno izlietnei, kas atrodas katlu mājā, lai kurinātājs varētu kontrolēt ūdens daudzumu apkures sistēmā un pēc vajadzības to papildināt.

Centralizētas siltumapgādes sistēmās, kad viena katlu māja apkalpo vairākas ēkas, izplešanās tvertni uzstāda visaugstākajā ēkā, bet pārplūdes vada pievieno kanalizācijai. Signalizācijas vada vietā uzstāda elektrisku līmeņrādi, kas nepieciešamības gadījumā dod skaņas vai gaismas signālu uz katlu māju.

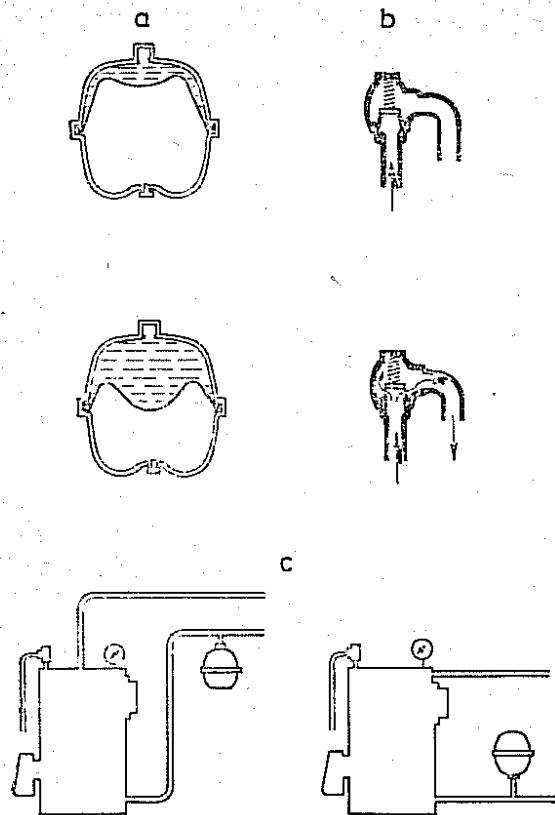
Izplešanās tvertni dabiskās cirkulācijas sistēmās ar augšējo sadali pievieno galvenajam stāvvadam, sistēmās ar apakšējo sadali — jebkuram turpgaitas maģistrāles punktam tā, lai cauruļvadu posmā starp tvertni un apkures katlu nebūtu noslēdzošas armatūras. Piespiedu cirkulācijas sistēmas izplešanās tvertni pievieno atpakaļgaitas maģistrālei tieši pirms cirkulācijas sūkņa.

Izplešanās tvertni novieto bēniņos vai kāpņu telpā. Lai tā neaizsaltu, to izolē un ar cirkulācijas vada starpniecību pievieno atpakaļgaitas maģistrālei ne tuvāk kā 2 m no izplešanās vada pievienojuma vietas.

Modernajās dzīvojamās ēkās bez bēniņiem grūti atrast vietu izplešanās tvertnei. Tādēļ ārzemju praksē pēdējā laikā plaši lieto ar inerti gāzi pildītas hermētiskas izplešanās tvertnes (3.12. zīm. a). Ūdenim sasilstot, spiediens hermētiski slēgtajā apkures sistēmā palielinās un gumijas membrāna saspiež gāzi. Ja



3.11. zīm. Izplešanās tvertne:
1 — pārplūdes vads; 2 — signalizācijas vads; 3 — cirkulācijas vads;
4 — pievienojums apkures sistēmai (izplešanās vads). Iesvītrotais laukums — tvertnes derīgais tilpums



3.12. zīm. Hermētiska izplešanās tvertne (a), drošības vārsts (b) un to uzstādīšana (c)

30 mg gaisa, bet pie $+95^{\circ}\text{C}$ tikai 3 mg. Ūdenī esošais gaiss sekmē pastiprinātu cauruļvadu koroziju un traucē ūdens cirkulāciju cauruļvados. Lai atgaisotu centrālās apkures sistēmu, jāievēro vairāki noteikumi: cauruļvadi jāmontē ar kritumu, augstākajos cauruļvadu punktos jāuzstāda gaisa savācēji, sistēmās ar apakšējo sadali augstāko stāvu sildķermeņi jāapriko ar atgaisošanas krāniem.

Ūdens apkures sistēmās horizontālos cauruļvadus montē ar kritumu, kas nodrošina sistēmas atgaisošanu, kā arī cauruļvadu iztukšošanu paštēces ceļā. Sistēmās ar augšējo sadali maģistrāles ierīko ar kritumu, kas vērsts pretēji ūdens plūsmai. Sistēmās ar apakšējo sadali turpgaitas un atpakaļgaitas maģistrāles vienmēr ierīko ar kritumu siltuma mezgla virzienā.

spiediens pārsniedz maksimālo robežu, liekais ūdens izplūst caur drošības vārstu (3.12. zīm. b), bet, ja spiediens kļūst zemāks par minimālo robežu, sistēmā papildina ūdeni no ūdensvada. Hermētisko izplešanās tvertni var pievienot jebkuram sistēmas punktam (3.12. zīm. c). Parasti to novieto katlu mājā.

Ja apkures sistēmas jauda ir lielāka par 5 GW, tad izplešanās tvertnes neierīko, bet katlu mājā uzstāda sūkni cirkulējošā ūdens daudzuma automātiskai papildināšanai atkarībā no tā spiediena sistēmā.

3.4. Apkures sistēmu atgaisošana

Ūdens nelielos daudzumos satur gaisu un citas gāzes. Gaisa daudzums ir atkarīgs no ūdens temperatūras un spiediena. 1 kg ūdensvada ūdens pie $+5^{\circ}\text{C}$ satur apmēram

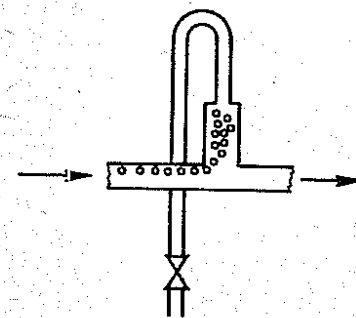
leteicamais maģistrālo vadu kritums ūdens apkures sistēmām ar sūkņu cirkulāciju ir 0,002—0,005. Dabiskās cirkulācijas ūdens apkures sistēmās maģistrālo vadu, kā arī jebkuru sistēmu slēgposmu (ar kuriem pievieno sildķermeņus pie stāvvadiem) minimālajam kritumam jābūt ne mazākam par 0,005.

Dabiskās cirkulācijas sistēmās gaisa burbulīši var virzīties kā ūdens kustības, tā arī pretējā virzienā, jo ūdens kustības ātrums ir neliels (nepārsniedz 0,2 m/s). Piespiedu cirkulācijas sistēmās gaisa burbulīši var virzīties tikai ūdens kustības virzienā, tas jāņem vērā, izvēloties cauruļvadu krituma virzienu. Piespiedu cirkulācijas sistēmās, arī augšējās sadales gadījumā, gaisu caur izplešanās trauku izvadīt nevar, tādēļ katras turpgaitas maģistrāles galā jāuzstāda gaisa savācējs (3.13. zīm.). No savācēja gaisu periodiski izlaiž, atverot krānu vai automātiski caur speciālu ierīci — vantuzi, kas izlaiž atmosfērā gaisu, bet neļauj ieplūst ūdenim. Parastās konstrukcijas vantuzis (3.14. zīm.) normāli darbojas, ja ūdens spiediens ir ne mazāks par 3 kPa, tādēļ vantuzim jāatrodas vismaz 0,3 m zemāk par izplešanās trauka dibenu.

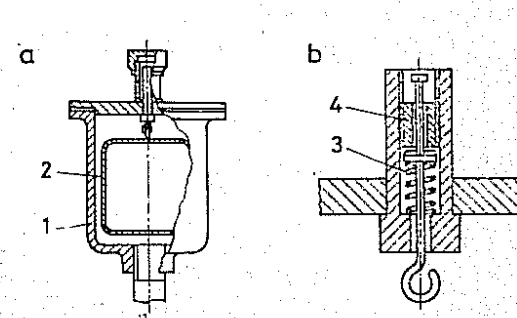
Sistēmās ar apakšējo sadali gaisa izvadišanai gar augšstāva griestiem novieto cauruli (diametrs 15 mm), kurai pievieno stāvvadu (3.15. zīm.). Šo sistēmas atgaisošanas cauruli ievada galvenajā stāvvadā. Lai pa atgaisošanas cauruli nerastos neparedzēta ūdens cirkulācija, pirms tās ievadišanas stāvvadā veido cilpu.

Atgaisošanas caurule bojā telpu interjeru, un dažkārt to konstruktīvi nav iespējams ierīkot. Tādēļ bieži gaisu no katra augšstāva sildķermeņa izvada caur atgaisošanas korķiem. 3.16. zīm. a parādīta biežāk lietojamā atgaisošanas korķa konstrukcija. To ieskrūvē radiatora baterijas augšējā korķa vietā un atver ar speciālu atslēgu (lai to nevarētu atvērt nejauši). Sādu atgaisotāju apkalpošana ir ļoti neērta, jo kopā ar gaisu vienmēr iztek arī daļa ūdens.

Ārzemju praksē pēdējā laikā lieto automātiskus atgaisošanas korķus (3.16. zīm. b). Tajos ievietots speciāls ūdeni ātri briestošs kartons;

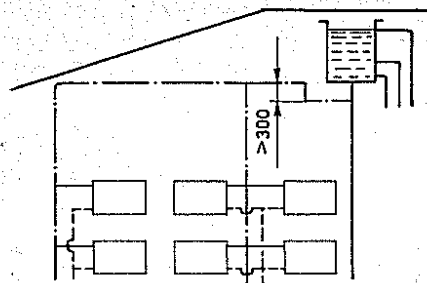


3.13. zīm. Gaisa savācējs

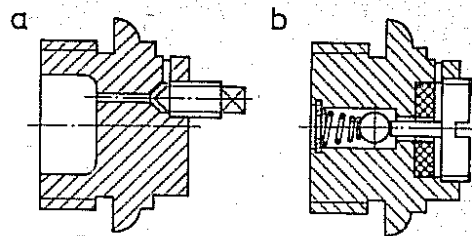


3.14. zīm. Vantuzis:

a — kopskats; b — atspervārsts; 1 — korpus; 2 — pludinājs; 3 — atspere; 4 — sprauga gaisa izvadišanai



3.15. zīm. Sistēmas atgaisošanas caurules pievienošana galvenajam stāvvadam



3.16. zīm. Sildķermeņu atgaisošanas korķi: a — parasti lietotās konstrukcijas; b — automātisks

ja pie korķa sakrāties gaiss, tad kartons izžūst un izlaiž to caur spraugu, bet jau pirmais ūdens piliens kartonu samitrina, tas sabriest un sprauga aizveras.

3.5. Ūdens apkures sistēmu cauruļvadi un armatūra

Apkures sistēmās lieto necinkotas tērauda caurules. Tās savieno ar vītņu un čuguna veidgabalu palīdzību, ja caurules diametrs ir mazāks par 50 mm, un ar atlokiem vai sametinot, ja diametrs lielāks par 50 mm.

Ūdens apkures sistēmās sildķermeņu montāžas un ekspluatācijas regulēšanai jāparedz: divcauruļu sistēmās — paaugstinātas pretestības «Termis» vai КРД tipa krāni, viencaurules sistēmās — mazas pretestības krāns. Konvektoriem, kas aprīkoti ar gaisa vārstiem, regulēšanas armatūru neparedz.

Daudzstāvu ēkās stāvvadu atslēgšanai paredz caurplūdes krānus vai ventiļus, kurus uzstāda 120 mm attālumā no turpgaitas un atpakaļgaitas maģistrālēm. Cauruļvadus, kuru diametrs ir lielāks par 50 mm, ventiļu vietā uzstāda aizbīdņus.

Apkures sistēmas cauruļvadus vispārējas nozīmes telpās montē atklāti.

Stāvvadus ar diametru līdz 32 mm montē 35 mm no sienas, bet stāvvadus ar lielāku diametru — 50 mm no sienas. Slēptā montāža, iemūrējot sienā vai izvietojot caurules vertikālos kanālos, atļauta, ja par sildķermeņiem izmanto betona sildpaneļus, kā arī interjera un tehnoloģisku vai sanitāri higiēnisku apsvērumu dēļ.

Izvēloties stāvvadu izvietojumu ēkas plānā, jācenšas novietot tos visos ēkas ārējos stūros, kur uz sienu iekšējās virsmas parasti novērojama viszemākā temperatūra. Kāpņu telpām paredz atsevišķus stāvvadus, kuriem citu telpu sildķermeņus nepievieno.

Daudzstāvu tipveida ēkās stāvvadi ar sildķermeņiem un savienojošiem cauruļvadiem (sildķermeņu mezgliem) atkārtojas daudzas reizes.

Lai industrializētu apkures sistēmu montāžu, maksimāli unificē apkures sistēmu elementus. Tā neatkarīgi no logu un sienas platuma izmanto viena garuma horizontālos slēgposmus, kuru garums ir 360 un 400 mm u. c. Pie sienām cauruļvadus stiprina ar āķu vai kronšteinu palīdzību, piešaujot ar celtnieku pistoli. Vietās, kur cauruļvadi šķērso norobežojošās konstrukcijas, tos ietver metāla čaulās.

Turpgaitas un atpakaļgaitas maģistrāles dzīvojamās un sabiedriskās ēkās izvieto pagrabos, bēniņos un, ja tādu nav, speciālos kanālos zem pirmā stāva grīdas.

Maģistrālie vadi, kas novietoti neapkurināmās telpās, bēniņos, pagrabā vai grīdas kanālos, jāizolē. Izolācijas slāņa biezums parasti ir no 40 līdz 60 mm.

Mainoties siltumnesēja temperatūrai, mainās apkures sistēmas cauruļvadu garums. Tā, piemēram, plūstot karstajam siltumnesējam pa aukstiem vadiem, katrs metrs cauruļu pagarinās par 1—1,75 mm. Lai kompensētu cauruļvadu garuma izmaiņas, paredz vairākus konstruktīvus pasākumus: cauruļvadus stiprina tā, lai tie varētu brīvi pārvietoties, mainoties siltumnesēja temperatūrai, sildķermeņu slēgposmos paredz speciālus izliekumus, stāvvadus maģistrālēm pievieno ar liektiem posmiem. Daudzstāvu ēkās ar to ir par maz un ir jāierīko speciāli II veida kompensatori.

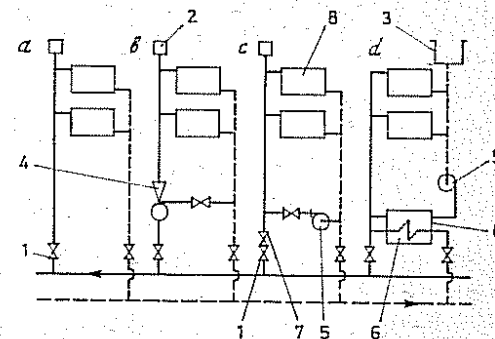
3.6. Ēku apkures sistēmu pievienošana siltuma tīkliem

Siltuma tīklos ūdens temperatūra var būt 150° vai 130 °C, bet ēkas apkures sistēmā tā nedrīkst pārsniegt 95 °C.

Lieto dažādas pievienošanas shēmas (3.17. zīm.).

1) Tiešā pievienošana iespējama tikai tad, ja ēkas apkures sistēmā var lietot ūdeni, kura temperatūra ir vienāda ar ūdens temperatūru siltuma tīklos (parasti virs 100 °C), kā arī, ja sildķermeņos un armatūrā pieļaujams paaugstināts hidrostatiskais spiediens.

2) Atkarīgā pievienošanas shēma ar ūdens piejaukšanu no apkures sistēmas atpakaļgaitas vada. Ūdens sajaukšanai izmanto elevatoru vai sūkni. Priekšroka dodama shēmai ar sajaukšanas-sūkni, jo tad ir iespējams kvalitatīvi un kvantitatīvi regulēt apkures sistēmas siltuma atdevi. Plaši izplatīta ir ūdens sajaukšanas



3.17. zīm. Abonentu pievienošana siltuma tīkliem:

a — tieši; b — ar elevatoru; c — ar sūkni; d — ar ūdenssildītāju; 1 — aizbīdnis; 2 — gaisa savācējs; 3 — izplešanās tvertne; 4 — elevator; 5 — sūkns; 6 — ūdenssildītājs; 7 — vienvirziena vārsts; 8 — sildķermeņi

shēma ar elevatoru (pateicoties drošumam, vienkāršai apkalpošanai un zēmam trokšņu līmenim).

3) Neatkarīgā pievienošanas shēma — apkures sistēmu pievieno ar siltumapmainītāja starpniecību. Ūdens cirkulāciju nodrošina ar sūkni. Apkures sistēmu parasti piepilda ar atgaisotu ūdeni no ārējiem siltuma tīkliem. Shēmas galvenās priekšrocības: iespēja kvalitatīvi un kvantitatīvi regulēt apkures sistēmas siltuma atdevi, nav paaugstināts hidrostatiskais spiediens, iespēja sistēmā saglabāt cirkulāciju, ja tā pārtraukusies siltuma tīklā avārijas dēļ.

Iekārtas, kas paredzētas atsevišķu abonētu pievienošanai siltuma tīkliem, novieto īpašā telpā ēkas pirmajā stāvā vai pagrabā — siltummezglā. Minimālie siltummezgla izmēri 3×6 m, minimālais griestu augstums — 1,8 m.

3.7. Elevators

Elevators (3.18. zīm.) sastāv no korpusa 1, sprauslas 2 un sajaukšanas konusa 3. Augstas temperatūras ūdens no ārējiem siltumtīkliem caur sprauslu ieplūst sajaukšanas konusā, radot retinājumu gredzenveida atvērumā starp sprauslu un konusu. Atdzisušo ūdeni no apkures sistēmas atpakaļgaitas vada iesūc sajaukšanas kamerā, kur tas sajaucas ar karsto ūdeni. Sajauktais ūdens pa difuzoru ieplūst apkures sistēmas turpgaitas vadā.

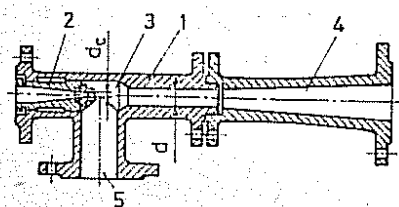
Lai elevators darbotos, spiedienu starpībai siltuma tīklu turpgaitas un atpakaļgaitas cauruļvados jābūt 700—800 kPa. Elevatorus izmanto apkures sistēmās ar spiediena zudumiem, ne lielākiem par 15 kPa. Elevatora lietderības koeficients ir zēms, tāpēc spiedienam siltumtīklos pirms elevatora jābūt 5—10 reizes lielākam nekā vietējā apkures sistēmā.

Elevatoru raksturo sajaukšanas koeficients g , kuru nosaka piejauca mā atdzisušā ūdens masas G_a attiecība pret karstā G_k ūdens masu

$$g = \frac{G_a}{G_k} = \frac{t_s - t_k}{t_k - t_a}, \quad (3.3)$$

kur t_s — no siltumtīkliem izplūstošā karstā ūdens temperatūra, °C;
 t_k — sajauktā, apkures sistēmai pievadītā ūdens temperatūra, °C;
 t_a — apkures sistēmas atpakaļgaitas ūdens temperatūra.

Piemēram, ja elevatorā karstu (150 °C) ūdeni sajauc ar līdz 70 °C atdzisušo ūdeni un maisījuma tem-



3.18. zīm. BTI tipa tērauda elevatori:
 1 — korpus; 2 — sprausla; 3 — sajaukšanas kamera; 4 — difuzors; 5 — iscaurule atpakaļgaitas vada pievienošanai

peratūrai jābūt 95 °C, tad karstā un atdzisušā ūdens attiecībai jābūt

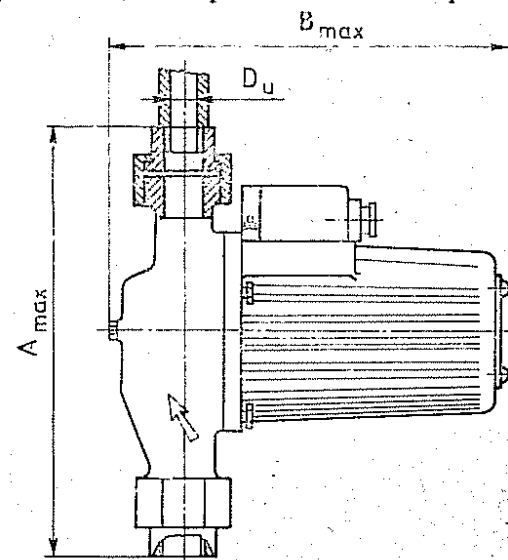
$$g = \frac{t_s - t_k}{t_k - t_a} = \frac{150 - 95}{95 - 70} = 2,2.$$

Tas nozīmē, ka katrai augstas temperatūras ūdens vienībai jāpiejauca 2,2 vienības atdzisušā ūdens.

3.8. Cirkulācijas sūknis

Ūdens apkures sistēmās ar piespiedu cirkulāciju ūdens plūsmas radīšanai cauruļvados izmanto cirkulācijas sūkni. Parasti paredz divus sūknus, no kuriem viens ir rezerves sūknis. Sūknus pievieno atpakaļgaitas maģistrālei, jo, pārsūknējot vēsāku ūdeni, sūknis darbojas labāk. Ābus sūknus aprīko ar apvadlīniju, lai elektroenerģijas atslēgšanas gadījumā sistēmā turpinātos dabiskā ūdens cirkulācija.

Ūdens apkures sistēmās izmanto centrālās un diagonālās sūknus. 3.19. zīm. attēlots LBLI tipa sūknis, kurš paredzēts ūdens apkures sis-



Sūkņa marka	Sūkņa izmēri, mm			Sūkņa masa, kg
	D _u	A	B	
LBLI 2,5-2	25	245	250	8
LBLI 4-2,8	32	273	284	10
LBLI 5-3,5	40	332	287	11
LBLI 16-6,7	50	310	379	38

3.19. zīm. LBLI tipa bezpamatu centrālās sūknis

tēmām. Sūknis izveidots kā mazgabarīta monobloks ar iebūvētu, isi slēgtu motoru. Uz elektromotora vārpstas uzmontēts sūkņa darba rats, gulņus dzesē un eļļo pārsūknējams ūdens. Sūkni montē cauruļvados ar nipeļu vai atloku palīdzību. Pamatī sūknim nav vajadzīgi. Strādājoša sūkņa trokšņa līmenis nepārsniedz 40—55 dB.

Sūkņa ražīgumu nosaka pēc formulas

$$G_s = \frac{Q}{4187(t_k - t_a)} \quad \text{kg/s}, \quad (3.4)$$

kur Q — sistēmas siltuma jauda, W;
 t_k — karstā ūdens temperatūra, °C;
 t_a — atpakaļgaitas ūdens temperatūra, °C.

Ūdens tilpums m^3/s , kuru pārsūknē sūknis

$$V = \frac{G}{\rho}, \quad (3.5)$$

kur ρ — ūdens blīvums, kg/m^3 .

Sūkņa piedziņas elektromotora jauda

$$N = \frac{kVP}{1000\eta_s}, \quad (3.6)$$

kur P — sūkņa spiediens, Pa;
 η_s — sūkņa lietderības koeficients;
 k — rezerves koeficients, kuru izvēlas atkarībā no elektromotora jaudas (sūknis atrodas uz vienas vārpstas ar elektromotoru)

N, kW	0,5	0,5—1	1,01—2	2,01—5	5
k	1,5	1,3	1,2	1,15	1,1

3.9. Ūdens apkures sistēmu tehniski ekonomiskie rādītāji

Ūdens apkures sistēmu galvenie tehniski ekonomiskie rādītāji ir kapitālieguldījumi sistēmu izbūvei un ekspluatācijas izdevumi.

Kapitālieguldījumi ūdens apkures sistēmām ar piespiedu cirkulāciju ir ievērojami mazāki nekā sistēmām ar dabisko cirkulāciju, jo, pateicoties lielākam spiedienam, maģistrālo cauruļvadu šķērsriezuma lūkumi ir 3—4 reizes mazāki nekā sistēmām ar dabisko cirkulāciju. Toties ekspluatācijas izdevumi sistēmām ar piespiedu cirkulāciju ir lielāki nekā sistēmām ar dabisko cirkulāciju (sūkņa patērētās elektroenerģijas izmaksa).

Mūsdienu celtniecībā galvenokārt būvē ūdens apkures sistēmas ar piespiedu cirkulāciju. Šādu sistēmu tehniski ekonomiskie rādītāji sniegti 3.2. tabulā.

No tabulas izriet, ka visekonomiskākās ir viencaurules sistēmas ar apakšējo sadali un trīsceļu krāniem.

3.2. tabula

Vertikālo ūdens apkures sistēmu ar piespiedu cirkulāciju tehniski ekonomiskie rādītāji, %

Rādītāji	Divcauruļu sistēmas ar apakšējo sadali, ar sildķermeņu pieslēgšanu stāvvadiem		Viencaurules sistēmas ar vienkāršu sildķermeņu pieslēgšanu stāvvadiem					
			ar augšējo sadali			ar apakšējo sadali		
			slēgposmi novietoti centrāli	slēgposmi atvērāti centrāli	ar trīsceļu krāniem	slēgposmi atvērāti centrāli	ar trīsceļu krāniem	
Radiatoru virsma ekm	100	97	108	100	96	100	85	
Cauruļvadi:								
garums, m	100	124	95	94	92	84	84	
masa, kg	100	118	100	99	97	93	83	
Patēriņš uz 1000 W:								
radiatoru, ekm	100	97	103	100	95	101	95	
cauruļvadu, m	100	126	94	95	94	86	85	
cauruļvadu, kg	100	118	100	100	98	96	96	
Siltuma spriegums:								
radiatoriem, $\text{W}/\text{ekm} \cdot \text{h}$	100	101	92	100	103	95	103	
cauruļvadiem, $\text{W}/\text{kg} \cdot \text{h}$	100	85	100	100	100	104	104	
Darba patēriņš uz 1000 W, $\text{cilv.}/\text{dien.}$	100	100	100	100	97	97	97	

3.10. Ūdens apkures sistēmu hidrauliskā aprēķina metodes

Ūdens apkures sistēmās cauruļvados siltumnesēja plūsma tiek sadalīta un piegādāta katram sildķermenim. Mūsdienu ūdens apkures sistēmas ir ļoti sazaroti, daudzkontūru tīkli, kuru katrā posmā jāizplūst noteiktam karstā vai atdzesētā ūdens daudzumam. Šāda tīkla aprēķins ir sarežģīts hidraulikas uzdevums, kuru inženieru praksē risina pēc izvēles metodes.

Aprēķinātos cauruļvadu diametrus pieņem pēc esošā cauruļu sortimenta, tāpēc tīkla aprēķins vienmēr saistīts ar kļūdām. Dažādām sistēmām un to elementiem pieļaujamas nesakritības, kas jāievēro aprēķinā.

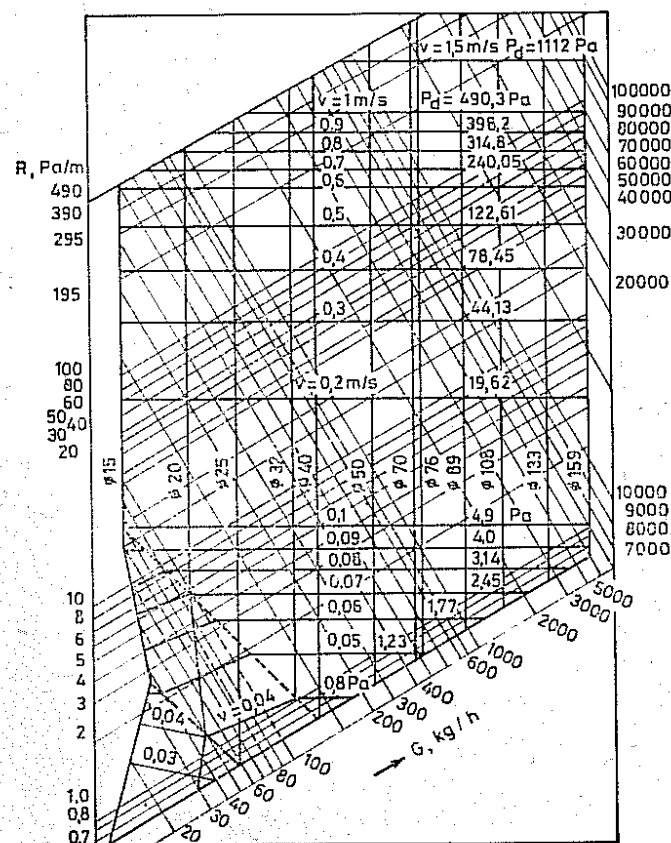
Praktiskiem aprēķiniem izstrādātas vairākas cauruļvadu aprēķinu metodes: īpatnējo spiedienu zudumu, dinamisko spiedienu un pretestību raksturojuma metodes. Izmantojot dažādas aprēķinu metodes, spiediena zudumus cauruļvados, Pa, nosaka pēc šādām formulām:

1. Īpatnējo spiediena zudumu metode

$$\Delta p = \frac{\lambda P_d}{d} l + \xi P_d = Rl + z, \quad (3.7)$$

kur $R = \frac{\lambda}{d} P_d$ — īpatnējie lineārie spiediena zudumi 1 m garā cauruļvada posmā, Pa;
 λ — hidrauliskās pretestības koeficients, kas atkarīgs no cauruļvada iekšējās virsmas raupjuma un no ūdens plūsmas režīma;
 d — cauruļvada diametrs, m;
 $P_d = \frac{\rho v^2}{2}$ — dinamiskais spiediens, Pa;
 v — ūdens ātrums, m/s;
 ρ — ūdens blīvums, kg/m³;
 $z = \xi P_d$ — spiediena zudumi vietējās pretestības dēļ, Pa;
 ξ — vietējo pretestību koeficients.

Īpatnējos spiediena zudumus R nosaka pēc nomogrammām (3.20. zīm.) vai tabulām. Vietējo pretestību koeficientu vērtības dažādiem cauruļvadu elementiem sniegtas 3.3. tabulā.



3.20. zīm. Nomogramma ūdens apkures sistēmu cauruļvadu dimensionēšanai

Spiediena zudumus virknē savienotajiem posmiem summē

$$\Delta p = \sum_{i=1}^N \Delta p_i = \sum_{i=1}^N (Rl + z). \quad (3.8)$$

Paralēli savienotajos posmos spiediena zudumi ir vienādi.

3.3. tabula

Vietējo pretestību koeficients ξ dažādiem apkures sistēmu elementiem

Apkures sistēmu elementi	ξ	Apkures sistēmu elementi	ξ , ja caurules diametrs d , mm					
			15	20	25	32	40	50
Divkolonnu radiatori	2	Ventīļi:	16	10	9	9	8	7
Kaļļi:		parastie	3	3	3	2,5	2,5	2
čuguna	2,5	taisnplūdes	—	—	0,5	0,5	0,5	0,5
tērauda	1	Aizbīdņi	4	2	2	2	—	—
Pēkšņs paplašinājums	1	Caurplūdes krāni	4	2	2	—	—	—
Pēkšņs sašaurinājums	0,5	Dubultiestādāms krāns	1,5	1,5	1	1	0,5	0,5
Kompensatori:		Līkņi 90°	3	3	4,5	—	—	—
Π — veida	2	Trīsceļu krāni:	2	1,5	2	—	—	—
blīvslēga	0,5	plūsmas pagriezienā	—	—	—	—	—	—
T-veidgabali:		taisnā plūsmā	—	—	—	—	—	—
caurplūdē	1		—	—	—	—	—	—
atzarojumā	1,5		—	—	—	—	—	—
pretplūsmā	3		—	—	—	—	—	—
Krustgabali:			—	—	—	—	—	—
caurplūdē	2		—	—	—	—	—	—
atzarojumā	3		—	—	—	—	—	—
Atkāpe	0,5		—	—	—	—	—	—

Aprēķinot ūdens apkures sistēmas cauruļvadus pēc īpatnējo spiediena zudumu metodes, visos stāvvados un nozarojumos ūdens temperatūras kritums ir vienāds. Šo metodi var izmantot divcauruļu un viencaurules sistēmu aprēķiniem.

2. Dinamisko spiedību metodes gadījumā lineāros hidrauliskos zudumus aizstāj ar ekvivalentiem vietējo pretestību zudumiem

$$\frac{\lambda}{d} l P_d = \xi_{ek} P_d; \quad (3.9)$$

$$\Delta p = (\xi_{ek} + \Sigma \xi) P_d = \xi_{aiz} P_d. \quad (3.10)$$

Šajā aprēķinā $\frac{\lambda}{d}$ vērtības pieņem pastāvīgas, tas samazina aprēķina precizitāti. Šo metodi lieto, ja sistēmas lineārās un vietējās pretestības apmēram vienādas.

3. Pretestību raksturojumu metode. Šīs metodes gadījumā izmanto hidrauliskās pretestības koeficientu vidējās vērtības un spiediena zudumus nosaka pēc vienkāršotas izteiksmes kā ūdens daudzuma funkciju

$$\Delta p = A \left(\frac{\lambda}{d} l + \sum \xi \right) G^2 = S G^2, \quad (3.11)$$

kur G — ūdens daudzums, kg/h;
 S — posma pretestības raksturojums, kas vienāds ar spiediena zudumiem ūdens daudzumam 1 kg/h, Pa/(kg/h)²;

$\bar{A} = \frac{16}{3600^2 2\pi^2 d^4 S}$ — īpatnējais dinamiskais spiediens, ja cauruļvadā plūst 1 kg/h ūdens (3.4. tabula).

Spiediena zudumus posmā nosaka pēc izteiksmes

$$\Delta p = \left(\frac{G}{\sigma} \right)^2, \text{ Pa} \quad (3.12)$$

kur σ — posma vadāmība, $\frac{\text{kg}}{\text{h} \cdot \text{Pa}^{0,5}}$, kura ir vienāda ar ūdens patēriņu (kg/h), ja spiediena zudumi posmā ir 1 Pa,

$$\sigma = \frac{1}{\sqrt{S}} \quad (3.13)$$

Virknē savienotu posmu kopējo pretestības raksturojumu aprēķina, summējot atsevišķu posmu pretestību raksturojumus

$$S_z = S_1 + S_2 + \dots + S_n. \quad (3.14)$$

Paralēli savienotu posmu vadāmību aprēķina, summējot atsevišķu posmu vadāmību

$$\sigma_z = \sigma_1 + \sigma_2 + \dots + \sigma_n. \quad (3.15)$$

Paralēli savienotu posmu kopējo pretestības raksturojumu nosaka pēc formulas

$$S_z = \frac{1}{(\sigma_1 + \sigma_2 + \dots + \sigma_n)^2}. \quad (3.16)$$

Ja paralēli savienoti divi posmi, tad

$$\frac{G_1}{G_2} = \sqrt{\frac{S_2}{S_1}} = \frac{\sigma_1}{\sigma_2} \quad (3.17)$$

Kā jau minēts iepriekš, mūsdienu būvniecībā plaši izmanto unificētu stāvvadu montāžas elementus, kuru konstrukcija un izmēri ir pastāvīgi. Katru no šiem elementiem hidrauliskā aprēķinā var uzskatīt par aprēķina posmu.

Pretestību raksturojumi dažiem unificētiem viencaurules sistēmu elementiem sniegti 3.5. tabulā.

Izmantojot pretestību raksturojumu metodes formulas, var noteikt pilnos spiediena zudumus katrā elementā.

3.4. tabula

Īpatnējais dinamiskais spiediens un pretestības raksturojums ūdens apkures sistēmu caurulēm

Cauruļu diametrs, mm	$\frac{G}{v}, \frac{\text{kg}}{\text{h}} / \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$	$\frac{A \cdot 10^3}{P_a} / \left(\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right)^2$	$\frac{\lambda}{d}, 1/\text{m}$	$\frac{S \cdot 10^3}{m} / \left(\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right)^2$
15	690	1060	2,7	2860
20	1250	318	1,8	572
25	2000	123	1,4	172
32	3500	30,2	1	39,2
40	4650	23	0,8	18,5
57×3,5	6000	11,3	0,6	6,8
76×3	13400	2,68	0,4	1,7
89×3,5	18000	1,425	0,3	0,43
108×4	27600	0,643	0,23	0,148
133×4	43000	0,265	0,18	0,0475
159×4,5	61000	0,1355	0,15	0,203

Pretestību raksturojumu metodi parasti izmanto viencaurules sistēmu aprēķinos, kā arī nosakot plūsmas sadalījumu sistēmās pie noteiktiem cauruļu diametriem. Pēc šīs metodes ūdens temperatūras kritums stāvvados un nozarojumos var būt dažāds.

3.11. Ūdens apkures sistēmas hidrauliskais aprēķins

Ūdens apkures sistēmas hidraulisko aprēķinu veic pēc tam, kad ir aprēķināti telpu siltuma zudumi, izvēlēts sildķermeņu veids, izvēlēts stāvvadu un sistēmas veids.

Ūdens apkures sistēmas hidrauliskā aprēķina secība, izmantojot īpatnējo spiediena zudumu metodi, ir:

1. Stāvu plānos atzīmē sildķermeņus un stāvvadus. Galveno stāvvadu pēc iespējas izvieto ēkas centrā (neapdzīvotā telpā, parasti kāpņu telpā). Pārējos stāvvadus izvieto atkarībā no sildķermeņu novietojuma, vēlamā pie ēkas ārējām sienām.

2. Bēniņu plānā atzīmē maģistrālo turpgaitas vadu un gaisa savācēju, bet pagraba stāvā maģistrālo atpakaļgaitas vadu un siltuma mezglu. Uz maģistrālēm atzīmē cauruļvadu kritumu, bet pēc tam, kad pabeigts aprēķins, arī cauruļvadu diametrus.

3. Konstruē sistēmas aksonometrisko shēmu, kurā uzrāda sildķermeņu un stāvvadu siltuma patēriņu.

4. Izvēlas galveno cirkulācijas cilpu. Par galveno cirkulācijas cilpu pieņem to, kurā spiediens uz vienu cauruļvada metru ir vismazākais

$$P_1 = P_c / \Sigma l = \min. \quad (3.18)$$

Viencaurules sistēmu unificēto mezglu pretestību raksturojumi

Mezгла shēma	Diametrs, mm			$S \cdot 10^4$ $\frac{\text{Pa}}{(\text{kg/h})^2}$	Mezгла shēma	Diametrs, mm			$S \cdot 10^4$ $\frac{\text{Pa}}{(\text{kg/h})^2}$
	slā- vad- am	apē- slē- pos- mam	sild- ker- meņa slē- pos- mam			slā- vad- am	apē- slē- pos- mam	sild- ker- meņa slē- pos- mam	
	15 20 25	— — —	— — —	126 28,4 10,4		15 20 25	— — —	— — —	84 15,9 5,5
	15 20 25 25	15 20 20 25	15 20 25/20 25	130,8 155,4 30,9 37 14,8 18,5 10,3 12,3		15 20 25 25	15 20 20 25	15 20 25	101,8 123,9 31,2 37 9,3 11,2
	15 20 25 25	15 20 20 25	15 20 25/20 25	49,3 73,5 14,3 20,4 10,7		15 20 25 25	15 20 20 25	15 20 25	23 43,1 15 20,1 4,71 6,28

Piezīme: skaitļajā
likumiem

Vertikālajās viencaurules strupceļa sistēmās tas ir visvairāk noslogotais no visattālākajiem stāvvadiem. Līdzgaitas sistēmās tas ir visvairāk noslogotais vidējais stāvvads.

Vertikālajās divcauruļu strupceļa sistēmās par galveno cilpu pieņem visvairāk noslogotā, visattālākā stāvvada apakšējā sildkermēna cilpu.

Vertikālajās divcauruļu līdzgaitas sistēmās par galveno cilpu pieņem visvairāk noslogotā vidējā stāvvada apakšējā sildkermēna cilpu.

5. Galveno cirkulācijas cilpu sadala posmos. Par aprēķina posmu sauc cauruļvada daļu, kurā diametrs un siltumnesēja daudzums paliek nemainīgs. Posmus numurē un uzrāda siltuma patēriņu.

6. Ūdens daudzumu (kg/h), kas cirkulē posmā, nosaka pēc formulas

$$G = \frac{3,6Q}{4,187(t_k - t_a)}, \quad (3.19)$$

kur Q — siltuma jauda W;

t_k ; t_a — turpgaitas un atpakaļgaitas ūdens temperatūra, °C.

7. Nosaka aprēķina cirkulācijas spiedienu galvenajai cirkulācijas cilpai.

Cirkulācijas spiedienu P_c ūdens apkures sistēmās ar piespiedu cirkulāciju nosaka pēc formulas

$$P_c = P_s + B(P_{ds} + P_{dc}), \quad (3.20)$$

kur P_s — cirkulācijas sūkņa vai elevatora radītais spiediens, Pa;

P_{ds} — dabiskais cirkulācijas spiediens, kurš rodas ūdenim atdziestot sildkermēnos, Pa;

P_{dc} — papildu dabiskais spiediens, kurš rodas ūdenim atdziestot cauruļvados (3.21. zīm.);

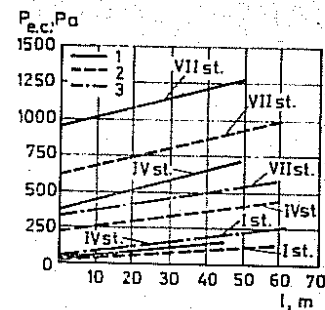
B — korekcijas koeficients.

Tehniski ekonomisku apsvērumu dēļ sūkņa vai elevatora spiedienu pieņem (ja cilpu garums ir apmēram 120 m) $P_s = 10\,000 \div 12\,000$ Pa. Citam cilpu garumam šo spiedienu nosaka pēc formulas

$$P_s = 80 \Sigma l, \quad (3.21)$$

kur l — aprēķina cilpas posmu garumu summa.

Viencaurules horizontālām un vertikālām sistēmām ar apakšējo sadali $B = 0,4$, ar augšējo sadali $B = 1$, divcauruļu sistēmām $B = 0,5 \div 0,7$.



3.21. zīm. Nomogramma papildus gravitācijas spiediena, kas rodas ūdenim atdziestot cauruļvados, noteikšanai:

1 — divcauruļu ar dabīgo cirkulāciju; 2 — divcauruļu ar piespiedu cirkulāciju; 3 — viencaurules ar piespiedu cirkulāciju

Dabisko cirkulācijas spiedienu nosaka pēc šādām formulām:

a) divcauruļu sistēmās

$$P_{ds} = gh_s(\rho_a - \rho_k), \quad (3.22)$$

kur h_s — atstatums (pa vertikāli) no generatora centra līdz sildķermeņa centram, m;
 ρ_a ; ρ_k — atdzisušā un karstā ūdens blīvums, kg/m³;

b) viencauruļu sistēmās ar augšējo sadali

$$P_{ds} = gh'_1(\rho_{s1} - \rho_k) + gh'_2(\rho_{s2} - \rho_k) + \dots + gh'_s(\rho_a - \rho_k), \quad (3.23)$$

kur h'_1 ; h'_2 — atstatums (pa vertikāli) no sildķermeņa zemākā punkta vienā stāvā līdz sildķermeņa zemākajam punktam nākošajā stāvā, m;
 h'_s — atstatums (pa vertikāli) no generatora centra līdz pirmā stāva sildķermeņa zemākajam punktam, m;
 ρ_k ; ρ_a ; ρ_{s1} — turpgaitas, atpakaļgaitas un sajauktā (atbilstošajā posmā) ūdens blīvums, kg/m³;

c) viencauruļu sistēmās ar apakšējo sadali

$$P_{ds} = gh'_1(\rho_{s1(l)} - \rho_{s1(a)}) + gh'_2(\rho_{s2(l)} - \rho_{s2(a)}) + \dots + gh_s(\rho_a - \rho_k), \quad (3.24)$$

kur h'_1 ; h'_2 — atstatums (pa vertikāli) no sildķermeņa centra vienā stāvā līdz sildķermeņa centram nākošajā stāvā, m;
 h_s — atstatums pa vertikāli no generatora centra līdz 1. stāva sildķermeņa centram, m;
 $\rho_{s1(a)}$; $\rho_{s2(a)}$... $\rho_{sn(a)}$ — sajauktā ūdens blīvums pirmā, otrā un n-tā stāva stāvvada zarā ar ūdens plūsmu uz augšu, kg/m³;
 $\rho_{s1(l)}$; $\rho_{s2(l)}$... $\rho_{sn(l)}$ — sajauktā ūdens blīvums pirmā, otrā un n-tā stāva stāvvada zarā ar ūdens plūsmu uz leju, kg/m³;

8. Aprēķina orientējošos īpatnējos lineāros spiediena zudumus R_{or} galvenās cilpas 1 metram.

$$R_{or} = 0,9kP_c/\Sigma l, \quad (3.25)$$

kur k — lineāro spiediena zudumu daļa: sistēmās ar dabisko cirkulāciju $k=0,5$; sistēmās ar piespiedu cirkulāciju $k=0,65$;
 Σl — aprēķina posmu garumu summa, m.

9. Pēc dotajiem ūdens daudzumiem un R_{or} pēc nomogrammas (3.20. zīm.) izvēlas ūdens ātrumus, cauruļu diametrus un faktiskos īpatnējos lineāros spiediena zudumus. Nosaka vietējo pretestību koeficientus, kā arī Rl un z katrā posmā.

Zinot Rl un z katrā posmā, aprēķina summāros spiediena zudumus visos galvenās cirkulācijas cilpas posmos $\Sigma(Rl+z)$. Rezultātus ienes aprēķina veidlapā (3.6. tabula).

10. Izvēloties ūdens ātrumus cauruļvados, jāņem vērā, ja cauruļu pagriezienu vietās ūdens ātrumi ir lieli, armatūrā un sildķermeņos var rasties troksnis. Tādēļ celtniecības normas norāda maksimālo pieļaujamo ūdens ātrumu atkarībā no cauruļu diametra:

Cauruļu diametrs, mm	<15	15	20	25	32	≥ 40
Maksimālais ūdens ātrums, m/s	0,3	0,5	0,65	0,8	1	1,5

Odens apkures cauruļvadu aprēķina veidlapa

3.6. tabula

Posma nr.	Siltuma daudzums Q , W	Ūdens daudzums G , kg/s	Posma garums L , m	Iepriekšējais aprēķins						Galīgais aprēķins											
				Diametrs d , m	Ūdens ātrums v , m/s	Īpatnējie lineārie spiediena zudumi R , Pa	Lineārie spiediena zudumi R_L , Pa	Vietējo pretestību koeficientu summa $\Sigma \xi$	Dinamiskais spiediens P_d , Pa	Zudumi vietējās pretestībās z , Pa	Lineāro un vietējo pretestību summa R_L+z , Pa		Diametrs d , m	Ūdens ātrums v , m/s	Īpatnējie lineārie spiediena zudumi R , Pa	Lineārie spiediena zudumi R_L , Pa	Vietējo pretestību koeficientu summa $\Sigma \xi$	Dinamiskais spiediens P_d , Pa	Zudumi vietējās pretestībās z , Pa	Lineāro un vietējo pretestību summa R_L+z , Pa	

11. Iegūtos rezultātus salīdzina ar esošo cirkulācijas spiedienu P_c . Cauruļvadiem galvenajā cirkulācijas cilpā jābūt aprēķinātiem tā, lai summārie spiediena zudumi cilpā būtu par 5—10% mazāki nekā esošais cirkulācijas spiediens. (5—10% rezerve ņem vērā papildus pretestības, kas var rasties montējot sistēmu).

Ja, izdarot iepriekšējo aprēķinu, šis noteikums nav ievērots, dažos posmos jāizmaina cauruļvadu diametri.

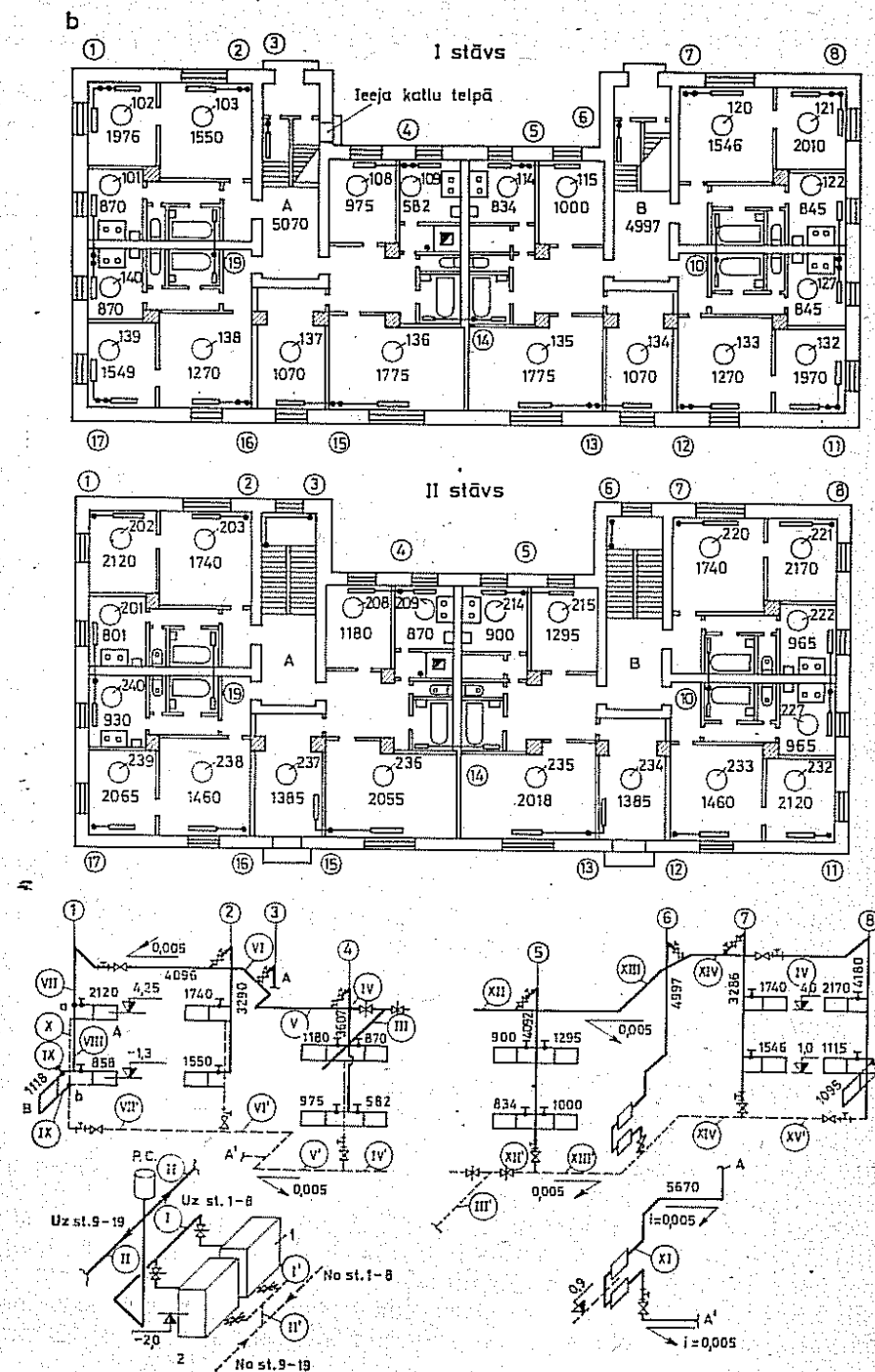
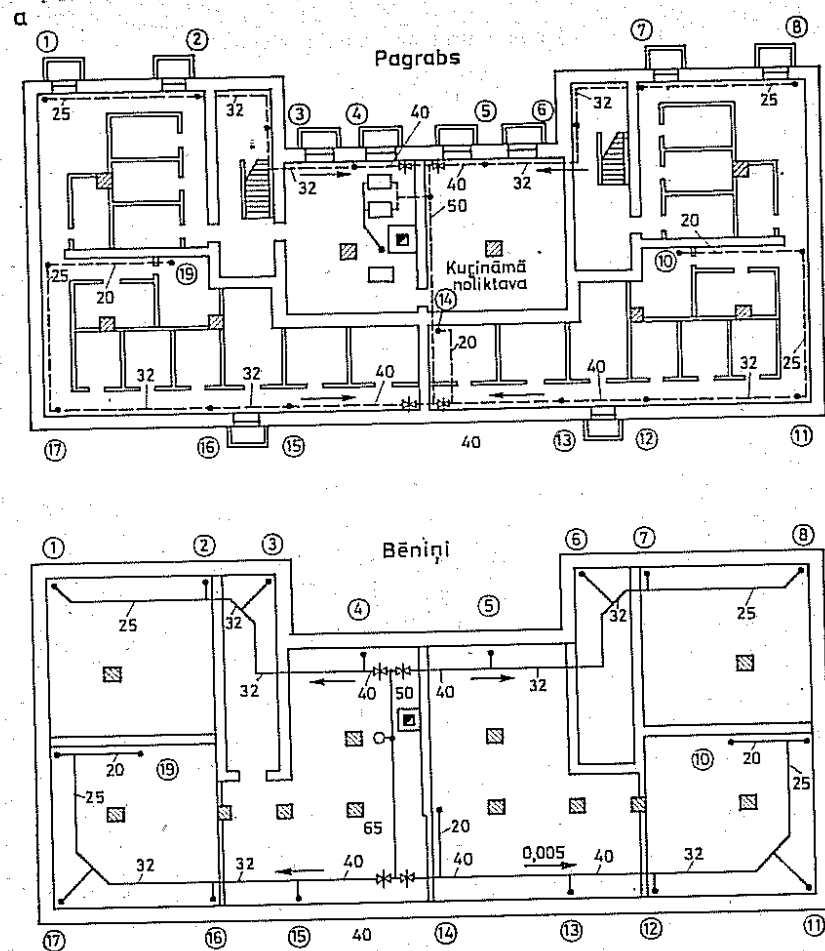
12. Aprēķina spiediena zudumus cirkulācijas cilpās caur pārējiem stāvvadiem, pieņemot galveno cirkulācijas cilpu par etalonu. Nesaiste starp galveno un pārējām cilpām drīkst būt ne lielāka par ±15%. Divcauruļu sistēmās nesaiste starp spiediena zudumiem cilpās caur sildķermeņiem dažādos stāvos netiek normēta, jo tā ir jālikvidē izdarot montāžas regulēšanu ar dubultiestādāmiem krāniem.

13. Pēc aprēķinātiem spiediena zudumiem katrā posmā ieteicams konstruēt spiediena kritumu grafiku sistēmas turpgaitas un atpakaļgaitas maģistrālēs, kas uzskatāmi parāda spiediena sadalījumu sistēmā.

Cauruļu dimensionēšana lielām apkures sistēmām prasa daudz laika, un tādēļ projektēšanas organizācijās to veic ar ESM.

3.22. zīm. parādīts apkures sistēmas projekts divstāvu ēkai ar bēniņiem un pagrabu. Telpas ir numurētas, un katrā uzrādītas siltuma zudumu vērtības kW. Šie dati ir nepieciešami aprēķinam, un tos parasti darba rasējumos neuzrāda.

Darba rasējumos vienmēr uzrādīti visu cauruļvadu diametri, sekciju skaits radiatora baterijā (konvektora vai cita sildķermeņa izmēri), visu cauruļvadu posmu krituma virziens un lielums un uz cauruļvadiem uzstādītā armatūra. Stāvvadus kā plānos, tā arī aksonometriskajā shēmā numurē.



3.22. zīm. Ūdensapgādes sistēmas projekts:
a, b — plāns; c — aksonometriskā shēma

Turpgaitas maģistrāle novietota bēniņos, atpakaļgaitas maģistrāle un katli — pagrabā.

Sildķermeņus — divkolu čuguna radiatorus — paredzēts uzstādīt zem palodzēm. Lai varētu regulēt siltuma atdevi, pie katra sildķermeņa ieprojektēti individuāli regulatori.

Atbilstoši sildķermeņu izvietojumam, kā arī lai papildus apsildītu ēkas stūrus, tajos un gar ārējām sienām novietoti stāvvadi. Stāvvadu atslēgšanai paredzēti krāni. Sistēma ieprojektēta ar divcauruļu (kreisajā pusē) un viencauruļu (labajā pusē) stāvvadiem ar dabisko ūdens cirkulāciju.

4. TVAIKA APKURES SISTĒMAS

4.1. Tvaika apkures sistēmu klasifikācija

Tvaika apkures sistēmās kā siltumnesēju izmanto tvaiku. No katla pa cauruļvadiem tvaiku pievada sildķermeņiem, kur tas atdziest un kondensējas, izdalot iztvaikošanas siltumu. Kondensātu pašteses ceļā vai ar sūkni novada katlā un no jauna pārvērš tvaikā.

Tvaika apkures sistēmās parasti izmanto sausu piesātinātu tvaiku (4.1. tabula).

Tvaika apkures sistēmas iedala šādi: vakuuma tvaika sistēmas — spiediens mazāks par 0,1 MPa ($<1 \text{ kg/cm}^2$), zemspiediena sistēmas — spiediens 0,005–0,07 MPa ($0,05\text{--}0,7 \text{ kg/cm}^2$) un augstspiediena sistēmas — spiediens $>0,07 \text{ MPa}$ ($>0,7 \text{ kg/cm}^2$).

Vakuuma tvaika apkures sistēmas ārzemēs lieto augstceltņu apkurei. Padomju Savienībā tās nelieto.

Zemspiediena apkures sistēmas lieto rūpnīcu ēku, sporta zāļu, peldbaseinu, kinoteātru, teātru, klubu, veikalu, restorānu utt. apkurei. Augstspiediena apkures sistēmas ierīko rūpnīcu ēkās, kurās augsta spiediena tvaiku izmanto ražošanas vajadzībām.

Tvaika apkures sistēmās parasti izmanto divcauruļu shēmu: pa tvaika vadiem tvaiku pievada sildķermeņiem un kondensātu novada pa kondensāta vadiem. Viencauruļu sistēmās ar vertikāliem stāvvadiem kondensāts plūst pretēji tvaika plūsmai un var aizpildīt visu cauruļvada atvērsumu. Tas rada hidrauliskos triecienus un troksni. Tāpēc šādas viencauruļu sistēmas lieto reti.

Lielu telpu apkurei, kurās nav nepieciešama sildķermeņu individuāla regulēšana, lieto horizontālās viencauruļu sistēmas ar tvaika un kondensāta plūsmu vienā virzienā.

Padomju Savienībā plašāk lieto divcauruļu sistēmas ar augšējo sadali. Sistēmas ar apakšējo sadali izveido gadījumos, ja tvaika vadu nevar izvietot pie griestiem vai bēniņos.

Ja katla līmenis ir zemāks par sildķermeņiem un kondensātu novada katlā pašteses ceļā, sistēmas sauc par slēgtām apkures sistēmām.

Sausa piesātināta ūdens tvaika fizikālās īpašības

Spiediens, MPa	Temperatūra, °C	Blīvums, kg/m^3		Entalpija, kJ/kg		Iztvaikošanas siltums, kJ/kg
		ūdens	tvaiks	ūdens	tvaiks	
0	99,09	959	0,58	416	2677	2261
0,02	104,25	955,3	0,687	438	2685	2247
0,04	108,74	952	0,794	457	2691	2234
0,06	112,73	949	0,9	475	2698	2223
0,08	116,33	946,1	1,005	489	2703	2214
0,1	119,62	943,4	1,109	502	2718	2206
0,12	122,65	941	1,212	515	2712	2197
0,14	125,46	938,7	1,315	527	2716	2189
0,16	128,08	936,5	1,417	538	2720	2182
0,18	130,55	934,5	1,52	550	2724	2174
0,2	132,88	932,3	1,621	558	2726	2168
0,25	138,19	927,7	1,873	581	2734	2153
0,3	142,92	923,4	2,124	602	2740	2138
0,35	147,2	919,5	2,373	620	2745	2125
0,4	151,11	915,9	2,62	637	2750	2113
0,5	158,08	909,3	3,111	668	2758	2090
0,6	164,17	903,3	3,6	694	2765	2071
0,7	169,61	897,8	4,085	718	2770	2052
0,8	174,53	892,7	4,568	739	2775	2036
0,9	179,04	888	5,051	759	2779	2020
1	183,2	883,5	5,531	779	2783	2004

Ja nav iespējams katlu šādi novietot, kondensātu katlā pārsūknē ar sūkni. Tādas sistēmas sauc par vaļējām apkures sistēmām.

Ja kondensāts pilnīgi neaizpilda kondensāta vada šķērsgrīzumu, tad to sauc par sauso kondensāta vadu; ja kondensāts aizpilda visu cauruļvada šķērsgrīzumu, vadu sauc par slapjo kondensāta vadu. Ja pa cauruļvadu kopā ar kondensātu plūst tvaiks, tad to sauc par divfāžu vai emulsijas vadu.

Tvaika apkures sistēmu priekšrocības:

pateicoties lielākam siltum pārveides koeficientam, sildķermeņu sildvirsmas ir par 30% mazākas nekā ūdens apkures sistēmās; mazāki cauruļvadu šķērsgrīzumi nekā ūdens apkures sistēmās; maza siltuma inerce (sistēma ātri sasilst un atdziest).

Tvaika apkures sistēmu trūkumi:

sarežģītāka sildķermeņu siltumatdeves regulēšana (siltumatdevi maina, periodiski pārtraucot tvaika padevi); siltumnesēja temperatūru var regulēt ļoti šaurās robežās; augsta sildķermeņu temperatūra (parasti $\sim 100^\circ\text{C}$); hidrauliskie triecieni cauruļvados un ar tiem saistītie trokšņi; cauruļvadi ātrāk nolietojas pastiprinātas korozijas dēļ, sevišķi sausie kondensāta vadi.

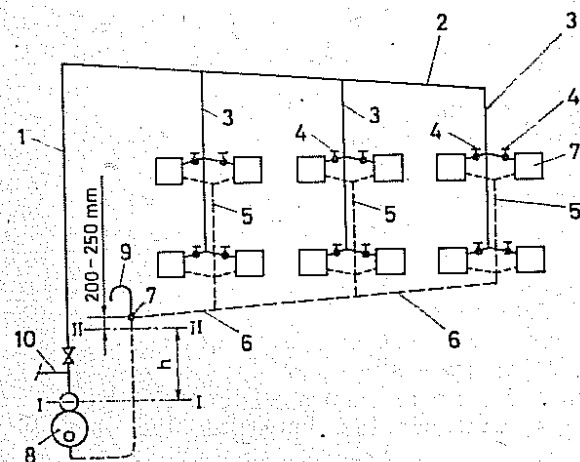
4.2. Zemspiediena tvaika apkures sistēmas

4.1. zīm. attēlota zemspiediena tvaika apkures sistēma ar augšējo sadali un sauso kondensāta vadu. Ūdeni katlā silda līdz vārīšanās temperatūrai (piemēram, pie spiediena $P=0,7 \text{ MPa}$ līdz $114,7^\circ\text{C}$) un pārvērš tvaikā. Pa tvaika vadiem tvaiks nokļūst sildķermeņos, kur tas kondensējas, izdalot iztvaikošanas siltumu telpā. Kondensāts pa kondensāta vadu satek atpakaļ katlā. Sistēmu palaižot, tvaiks no cauruļvadiem izspiež gaisu, kurš ir smagāks par tvaiku. Gaisu no sistēmas izvada caur kondensāta vadu un speciālu atgaisošanas cauruli, kuru pievieno 200—300 mm augstāk par kondensāta līmeni kondensāta vadā (šķēlums II-II).

Siltuma atdeves rezultātā tvaiks daļēji kondensējas tvaika vados. Sevišķi daudz kondensāta izdalās, sistēmu palaižot, kad tvaiks plūst pa aukstiem cauruļvadiem. Lai kondensāts neaizsprostotu atvērumu tvaikam un lai nerastos hidrauliskie triecieni, tvaika vadus montē ar kritumu 0,002—0,003 tvaika plūsmas virzienā. Kondensāta vadu montē ar tādu pašu kritumu katla vai kondensāta tvertnes virzienā. Tvaika vados pirms sildķermeņiem uzstāda ventiļus tvaika padeves noslēgšanai.

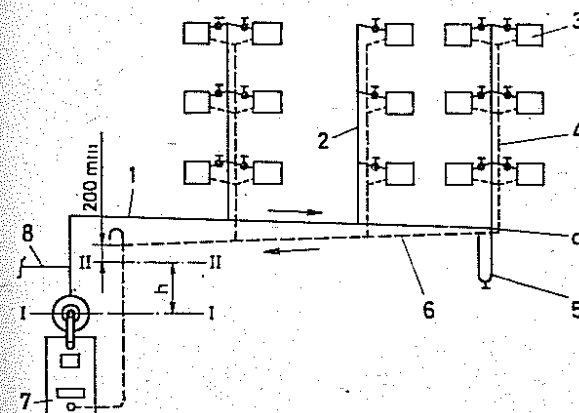
Augšējās sadales sistēmu lieto, ja ir bēniņu telpa vai iespēja maģistrālo vadu montēt augšējā stāvā zem griestiem. Ja šādu iespēju nav, izmanto apakšējās sadales sistēmu. Dažreiz lieto arī tvaika apkures sistēmas ar vidējo tvaika sadali (augšējo un apakšējo), maģistrālo tvaika vadu montē vienā no ēkas vidējiem stāviem.

4.2. zīm. attēlota zemspiediena tvaika apkures sistēma ar augšējo sadali un slapjo kondensāta vadu. Kā redzams zīmējumā, kondensāta vads pastāvīgi aizpildīts ar kondensātu. Salīdzinājumā ar sauso kondensāta vadu slapjais kondensāta vads mazāk korodē. Sistēmās ar slapjo kondensāta vadu gaisa novadīšanai jāierīko speciāls cauruļvads, kuru jānovieto augstāk par kondensāta līmeni sistēmā.



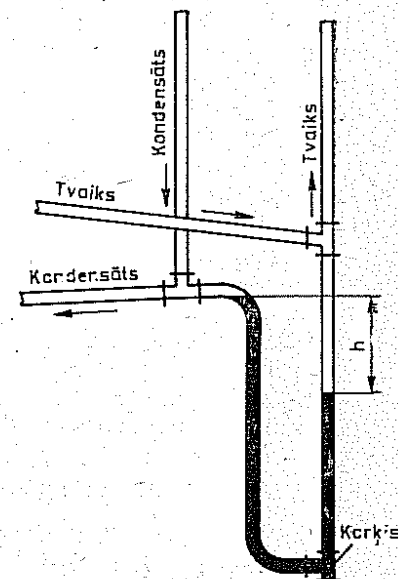
4.1. zīm. Zemspiediena tvaika apkures sistēma ar augšējo sadali un sauso kondensāta vadu:

1 — galvenais tvaika stāvvads; 2 — tvaika maģistrāle; 3 — tvaika stāvvads; 4 — ventiļi; 5 — kondensāta stāvvads; 6 — kondensāta maģistrāle; 7 — sildķermenis; 8 — katls; 9 — atgaisošanas caurule; 10 — drošības ierīces pievads

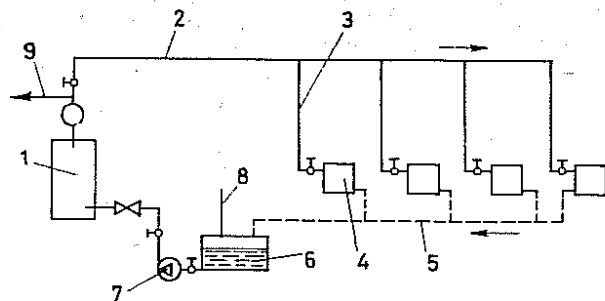


4.3. zīm. Zemspiediena tvaika apkures sistēma ar apakšējo sadali un sauso kondensāta vadu:

1 — tvaika maģistrāle; 2 — tvaika stāvvads; 3 — sildķermenis; 4 — kondensāta stāvvads; 5 — hidrauliskais slēdzis; 6 — kondensāta maģistrāle; 7 — katls; 8 — drošības ierīces pievads



4.4. zīm. Hidrauliskais slēdzis



4.5. zīm. Valējās zemspiediena tvaika apkures sistēmas shēma:

1 — katls; 2 — tvaika maģistrāle; 3 — tvaika stāvvads; 4 — sildķermeņi; 5 — kondensāta vads; 6 — kondensāta tvertne; 7 — sūknis; 8 — atgaisošanas caurule; 9 — uz drošības ierīci

4.3. zīm. attēlota zemspiediena tvaika apkures sistēma ar apakšējo sadali un sauso kondensāta vadu. Lai novadītu kondensātu, kurš var rasties tvaika vadā, tvaika vadu punktā *a* savieno ar kondensāta vadu, izmantojot hidraulisko slēdzi (4.4. zīm.). Sistēmas darbības laikā starpība ūdens stabu augstumos hidrauliskajā slēdžī līdzsvaro tvaika spiedienu, un tādā veidā tvaiks kondensāta vadā neiekļūst.

Hidrauliskā slēdža augstumu (m) nosaka pēc formulas

$$H = 100(P_1 - P_2) + 0,15, \quad (4.1)$$

kur P_1 — tvaika spiediens hidrauliskā slēdža pievienošanas punktā, MPa;

P_2 — tvaika spiediens kondensāta vadā, MPa;

P_1 un P_2 vērtības iegūst, aprēķinot spiediena zudumus cauruļvados.

Katla kurināšanas laikā kondensāta līmenis kondensāta vadā sasniedz līmeni *II-II*. Ūdens stabs, kura augstums ir *h*, līdzsvaro tvaika spiedienu katlā. Pie spiediena 0,02 MPa (0,2 kg/cm²) ūdens staba augstums ir 2 m. Ja tvaika spiediens ir augstāks par 0,02 MPa, lai katlu māja nebūtu pārāk jāiedziļina, lieto dalītās sistēmas, kurās kondensātu savāc kondensāta tvertnē un ar sūkni pārsūknē katlā.

4.5. zīm. attēlota valējā tvaika apkures sistēma ar kondensāta tvertni un sūkni kondensāta pārsūknēšanai katlā. Sistēmā sildķermeņi var atrasties vienā līmenī ar katlu un arī zemāk par to. Gaisu no sistēmas izvada pa kondensāta vadu caur kondensāta tvertni.

Sūknis jānovieto zemāk par ūdens līmeni kondensāta tvertnē. Lai tvaiks neizplūstu atmosfērā caur kondensāta vadu, sistēmās ar spiedienu, lielāku par 0,04 MPa (0,4 kg/cm²), pirms kondensāta tvertnes uzstāda tvaika slēdzi, kas aiztur tvaiku un laiž cauri kondensātu.

Cauruļvadā, pa kuru kondensātu novada katlā, pirms katla uzstāda vienvirziena vārstu, lai ūdens no katla neieplūstu kondensāta tvertnē gadījumā, ja nedarbojas ūdens sūknis.

4.3. Augstspiediena tvaika apkures sistēmas

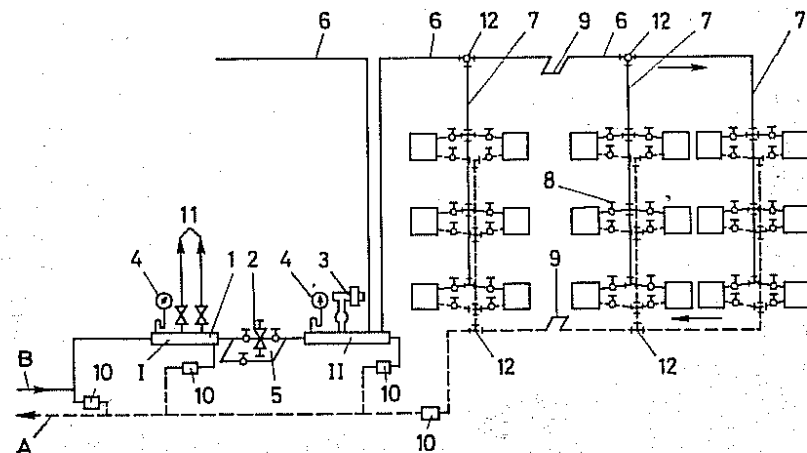
Augstspiediena tvaika apkures sistēmās parasti lieto tvaiku ar spiedienu 0,2–0,3 MPa (2–3 atm.). Ja tvaika spiediens ir lielāks, uzstāda redukcijas vārstu, kas pazemina tvaika spiedienu līdz nepieciešamam lielumam.

4.6. zīm. attēlota augstspiediena tvaika apkures sistēma ar augšējo sadali. Augstspiediena tvaiku pa cauruļvadu *B* no katlu mājas pievada tvaika sadales mezglam *I*. Pa vadu *II* tvaiku novada tehnoloģiskām vajadzībām. Tvaika apkures sistēmā un ventilācijas kalorifieriem tvaika spiedienu redukcijas vārstā samazina līdz 0,2–0,3 MPa un pievada tvaika sadales mezglam *II*, kurš aprīkots ar drošības vārstu un manometru. Ja spiediens sadales mezglā *II* palielinās virs 0,3 MPa, atveras drošības vārsts un liekais tvaiks izplūst atmosfērā. No sadales mezgla *II* tvaiku ievada apkures sistēmas stāvvados un sildķermeņos, kā arī ventilācijas kalorifieros. (Apkures sistēmu nedrīkst savienot ar gaisa apkures un ventilācijas sistēmu kalorifieriem.)

Kondensāta vadā aiz sildķermeņu grupas uzstāda tvaika slēdzi. Lai no tvaika sadales mezgliem novadītu kondensātu, šos mezglus ar cauruļvadu starpniecību pievieno kondensāta vadam, kurā uzstāda tvaika slēdzi.

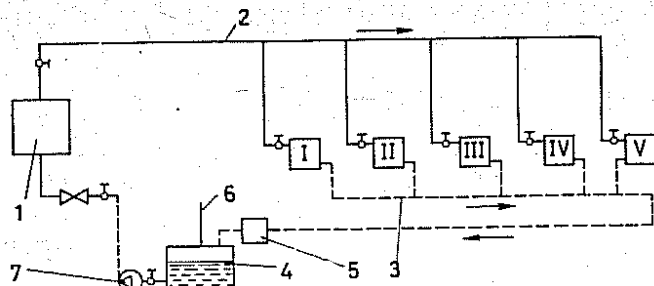
Lai kompensētu tvaika un kondensāta vadu pagarinājumus, kuri rodas temperatūras paaugstināšanās dēļ, cauruļvados ierīko kompensatorus. Augstspiediena tvaika apkures sistēmās pirms un aiz katra sildķermeņa uzstāda ventīļus. Ja tvaika apkures sistēmā uzstādīti pagriežņi, tad starp korpusu un nogriežamo daļu nogulsņējas sīkas sāļu daļiņas, kuras vienmēr satur tvaiks, un pagrieznis drīz vien nedarbojas, tāpēc tvaika apkures sistēmās pagriežņu vietā uzstāda ventīļus.

Augstspiediena tvaika sistēmās tvaiks tuvāk izvietotajos sildķermeņos ieplūst ar lielāku spiedienu nekā attālāk izvietotajos sildķermeņos. Daļa tvaika no tuvākajiem sildķermeņiem var noplūst kondensāta



4.6. zīm. Augstspiediena tvaika apkures sistēma:

1 — tvaika sadales mezgls; 2 — redukcijas vārsts; 3 — drošības vārsts; 4 — manometrs; 5 — apvadināja; 6 — tvaika maģistrāle; 7 — tvaika stāvvads; 8 — ventīlis; 9 — kompensators; 10 — tvaika slēdzis; 11 — tvaika ražošanas vajadzībām; 12 — nekustīgs atbalsts; A — kondensāts uz katlu māju; B — tvaiks ($P=0,6$ MPa) no katlu mājas



4.7. zīm. Tvaika apkures sistēma ar tvaika un kondensāta līdzplūsmu:

1 — katls; 2 — tvaika vads; 3 — kondensāta vads; 4 — kondensāta tvertne; 5 — tvaika slēdzis; 6 — atgaisošanas caurule; 7 — sūkņš

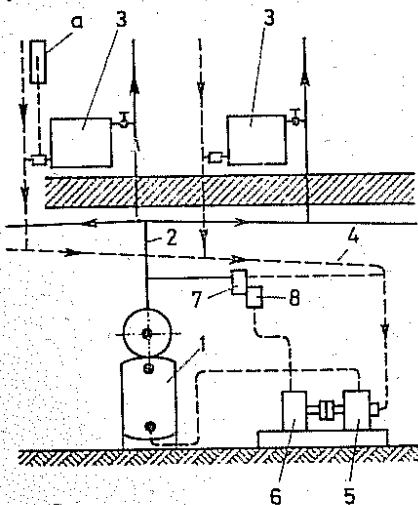
vadā, aizsprostojot eju kondensātam no attālākajiem sildķermeņiem, tādā veidā pasliktinot to siltuma atdevi.

Lai novērstu šādu parādību, ierīko sistēmas ar tvaika un kondensāta līdzplūsmu (4.7. zīm.). Tādas sistēmas var lietot, ja tvaika spiediens pārsniedz 0,03 MPa (0,3 kg/cm²).

Augstspiediena tvaika sistēmās kondensāta spiediens kondensāta vados bieži pārsniedz atmosfēras spiedienu, bet temperatūra ir augstāka par 100°C. Samazinot spiedienu, kondensāts vārās un izdala otrreizējās vārīšanās tvaiku. Lai iegūtu šādu tvaiku, uzstāda speciālu tvertni separatoru, kurā ievada augstas temperatūras kondensātu. Daļa kondensāta no jauna pārvēršas tvaikā, kuru var izmantot dažādām vajadzībām (piemēram, zemspiediena apkures sistēmās).

4.4. Vakuuma tvaika apkures sistēmas

Kā jau minēts, viens no tvaika apkures sistēmu būtiskākajiem trūkumiem ir paaugstināta sildķermeņa temperatūra. Šis trūkums nepiemīt vakuuma tvaika apkures sistēmām (4.8. zīm.), kurās uztur spiedienu, zemāku par atmosfēras spiedienu (kā zināms, samazinot tvaika spiedienu, pazeminās tā temperatūra). Vakuuma radīšanai no sistēmas ar vakuumsūkni nosūc kondensātu. Lai nerastos piesūces, sistēmām jābūt hermētiskām, to nodrošina augstas kvalitātes montāža. Sistēmās lieto atvieglota tipa sildķermeņus. Aiz katra sildķermeņa uzstāda termiskas



4.8. zīm. Vakuuma tvaika sistēma:

1 — zemspiediena tvaika katls; 2 — tvaika vads; 3 — sildķermenis; 4 — kondensāta vads; 5 — vakuumsūkņš; 6 — elektromotors; 7 — regulators; 8 — slēdzis; 9 — termostats

darbības kondensāta atdalītāju, kurš laiž cauri ūdeni un gaisu, bet aiztur tvaiku. Tas viss ievērojami sarežģī sistēmas montāžu un ekspluatāciju.

Vakuuma tvaika apkures sistēmas lieto ārzemēs daudzstāvu ēkās, kurās ir paaugstinātas sanitāri higiēniskās prasības un kurās liela statiskā spiediena dēļ ūdens apkures sistēmas ir jādala vairākās zonās. Padomju Savienībā vakuuma tvaika sistēmas nelieto.

4.5. Tvaika apkures sistēmu elementi

Tvaika apkures sistēmās lieto regulēšanas un kontroles armatūru: tvaika slēdzus, kondensāta tvertnes, drošības un redukcijas vārstus, ventīļus, manometrus, kompensatorus.

Tvaika slēdži. Kondensāta novadīšanai augstspiediena tvaika apkures sistēmās lieto dažāda tipa tvaika slēdzus (kondensāta atdalītājus).

4.9. zīm. a parādīts termodinamiskais tvaika slēdzis.

Tvaika slēdzis darbojas normāli, ja spiediens pirms tā ir ne mazāks par 0,1 MPa un pretspiediens nepārsniedz 50%. Ja tvaika spiediens mazāks par 0,1 MPa, lieto tvaika slēdzus ar apgrieztu plūdiņu.

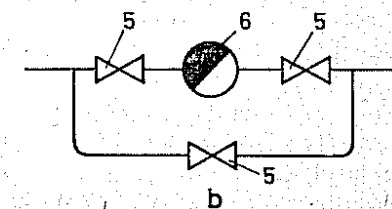
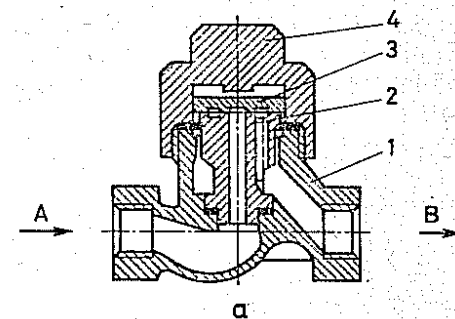
Kondensāta novadīšanai gadījumā, ja tvaika slēdzis ir remontā, jāparedz apvadlīnija. Tvaika slēdža uzstādīšanas shēma sniegta 4.9. zīm. b.

Par tvaika slēdžiem dažreiz izmanto diafragmas, kuru darbības princips pamatojas uz to, ka pie nemainīga spiediena pirms un aiz diafragmas caur to izplūst kondensāts un tiek aizturēts tvaiks. Lai diafragmas atvērums neaizsērētu, pirms tās uzstāda metāla sieta vai otru lielāka diametra diafragmu. Diafragmas tvaika slēdzus izgatavo no nerūsējošā tērauda.

Kondensāta tvertne. 4.10. zīmējumā attēlota atklātā kondensāta tvertne, kura aprīkota ar hermētiski noslēdzamu tīrīšanas lūku, pārplūdes un noplūdes cauruli un ūdens līmeņa rādītāju.

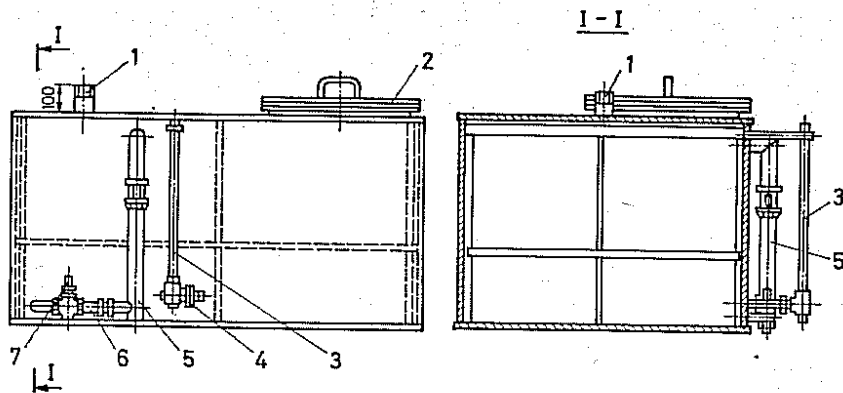
Zemspiediena tvaika apkures sistēmās kondensāta tvertnes tilpumu pieņem vienādu ar kondensāta daudzumu, kurš izdalās sistēmā vienas stundas laikā:

$$V_{kt} = \frac{3,6Q}{rp} \quad (4.2)$$



4.9. zīm. Termodinamiskais kondensāta atdalītājs (tvaika slēdzis):

a — kopskats; b — uzstādīšanas shēma; 1 — korpusa; 2 — vārsts; 3 — disks; 4 — vāks; 5 — ventīlis; 6 — kondensāta atdalītājs; A — kondensāta ieeja; B — kondensāta izeja



4.10. zīm. Kondensāta tvertne:

1 — atmosfēras caurule; 2 — lūka; 3 — ūdens līmeņa rādītājs; 4 — līmeņa pārbaudes krāns; 5 — pārplūdes caurule; 6 — noplūdes caurule; 7 — krāns

kur Q — sistēmas siltuma jauda, W;
 r — iztvaikošanas siltums, kJ/kg;
 ρ — kondensāta blīvums, kg/m³.

Zemspiediena sistēmās pie temperatūras $t=90^\circ\text{C}$, $r=2260$ kJ/kg, $\rho=965$ kg/m³.

Sūknis kondensāta pārsūkņēšanai. Zemspiediena tvaika apkures sistēmās kondensāta pārsūkņēšanai no kondensāta tvertnes katlā uzstāda sūkni, kura ražīgumu pieņem vienādu ar kondensāta daudzumu, kas izdalās 2 stundu laikā:

$$V_s = 2V_{k.t.} \quad (4.3)$$

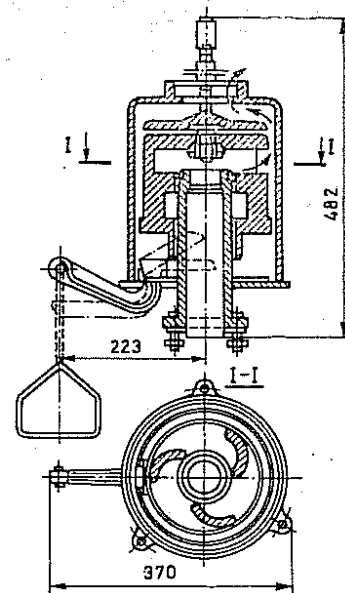
Spiedienu, kāds jāattīsta sūknim, aprēķina pēc formulas

$$P_s = P_k + \Sigma(Rl + z) + \rho g(\Delta h + 1),$$

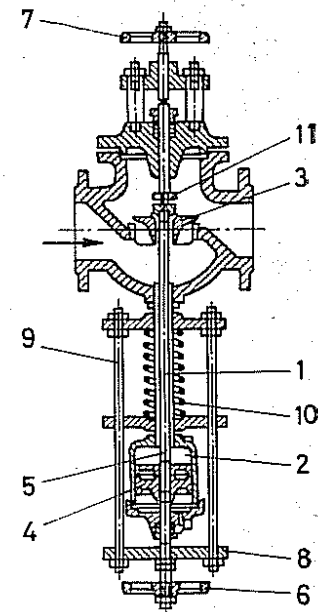
kur P_k — tvaika spiediens katlā, Pa;
 $\Sigma(Rl + z)$ — spiediena zudumu summa sūces un spiediena vados, Pa;
 Δh — starpība starp zemāko ūdens līmeni kondensāta tvertnē un ūdens līmeni katlā, m;
 ρ — kondensāta blīvums, kg/m³.

Lai kondensāts sūces vadā nevārtos, sūknis jāuzstāda zemāk par kondensāta zemāko līmeni tvertnē, pie tam kondensāta staba spiedienam no tvertnes dibena līdz sūkņa centram jābūt lielākam par sūces vada pretestību. Ja kondensāta temperatūra $t_k=70^\circ\text{C}$, sūkni novieto par 0,5 m zemāk, nekā atrodas kondensāta tvertne.

Drošības ierīce. Lai tvaika spiediens katlā nepaaugstinātos virs projektā paredzētā spiediena, zemspiediena tvaika apkures sistēmās uzstāda hidrauliskos slēdžus vai KCH-0,7-810 tipa pašpieslēpējošos bezsviras drošības vārstus. (4.11. zīm.). Vārstu uzstāda cauruļvadā, pa kuru tvaiku izvada no katla.



4.11. zīm. Pašpieslēpējošs bezsviras drošības vārsts KCH-0,7-810



4.12. zīm. Redukcijas vārsts:

1 — vadcaurule; 2 — cilindrs;
 3 — noslēgšķāvis; 4 — virzulis;
 5 — virzula kāts; 6, 7 — rokrati;
 8 — traversa; 9 — bultā;
 10 — atsperē; 11 — uzgalis

Lai pazeminātu tvaika spiedienu līdz nepieciešamam lielumam (parasti 0,3 MPa), augstspiediena tvaika apkures sistēmās lieto redukcijas vārstus, kuros tvaiku droselē, t. i., samazina tā plūsmas šķērsgriezumu (4.12. zīm.). Parasti lieto atsperes tipa redukcijas vārstus.

Augstspiediena tvaika apkures sistēmās lieto sviras tipa drošības vārstus, kurus uzstāda arī tvaika sadales mezglos aiz redukcijas vārsta.

4.6. Tvaika apkures sistēmu aprēķins

Zemspiediena tvaika apkures sistēmu aprēķins. Tvaiks cauruļvados un sildķermeņos pārvietojas, pateicoties spiediena starpībai tvaika vada sākumā un beigās. Spiedienu katlā izvēlas atkarībā no sistēmas tvaika vada garuma:

ja $l < 100$ m, $p = 0,005$ MPa (0,05 kg/cm²);
 ja $l = 100$ m, $p = 0,005 - 0,01$ MPa (0,05 - 0,1 kg/cm²);
 ja $l = 100 - 200$ m, $p = 0,01 - 0,02$ MPa (0,1 - 0,2 kg/cm²);
 ja $l = 200 - 300$ m, $p = 0,02 - 0,03$ MPa (0,2 - 0,3 kg/cm²).

Ja sistēmai pieslēgti kaloriferi un tvaika ūdens sildītāji, spiedienu pieņem 0,03—0,07 MPa (0,3—0,7 kg/cm²).

Lai apkures sistēmā nerastos troksnis, maksimālo tvaika ātrumu pieņem atbilstoši 4.2. tabulā uzrādītiem lielumiem.

4.2. tabula

Tvaika maksimālais kustības ātrums apkures sistēmās, m/s

Tvaika vada diametrs, mm	Tvaika spiediens <0,07 MPa, tvaiks un kondensāts plūst		Tvaika spiediens >0,07 MPa, tvaiks un kondensāts plūst	
	vienā virzienā	pretējos virzienos	vienā virzienā	pretējos virzienos
15	14	10	25	18
20	18	12	40	28
25	22	14	50	35
32	23	15	55	39
40	25	17	60	42
50	30	20	70	49
50	30	20	80	56

Zemspiediena tvaika apkures sistēmu aprēķinā pieņem, ka 65% spiediena tiek patērēti berzes pretestību un 35% vietējo pretestību pārvarēšanai.

Aptuvenos aprēķinos īpatnējo berzes pretestību 1 m garam cauruļvadam (Pa/m) aprēķina pēc formulas

$$R = \frac{0,65(P - 1500)}{l}, \quad (4.4)$$

kur l — tvaika vada garums no katla līdz dotajam sildķermenim, m;

P — tvaika spiediens katlā, Pa;

1500 — tvaika spiediens pirms sildķermeņa, Pa.

Precizēto aprēķinu veic pēc formulas

$$p = \Sigma(Rl + \Sigma \xi Hd), \quad (4.5)$$

kur R — īpatnējie spiediena zudumi berzes pretestības pārvarēšanai, Pa/m (4.3. tabula);

l — cauruļvada posma garums, m;

$\Sigma \xi$ — posma vietējo pretestību koeficientu summa;

Hd — dinamiskais spiediens, Pa.

Spiediena zudumu nosaka visattālāk izvietotā sildķermeņa nozarojumam un salīdzina ar izvēlēto spiedienu katlā, kuram jābūt ar 10% rezervi dažādu aprēķinā neparedzētu pretestību pārvarēšanai. Pēc tam aprēķina spiediena zudumus citu sildķermeņu nozarojumos. Sistēma jāaprēķina tā, lai spiediena zudumi paralēlos nozarojumos atšķirtos ne vairāk kā par 25%.

Zemspiediena apkures sistēmu sauso un slapjo kondensāta vadu diametrus izvēlas atkarībā no siltuma daudzuma, kas izdalās, kon-

densējoties tvaikam (4.4. tabula). Tātad zemspiediena tvaika apkures sistēmas cauruļvadu aprēķina īpatnība ir tā, ka tvaika un kondensāta vadus dimensionē atsevišķi.

4.3. tabula

Īpatnējie lineārie spiediena zudumi zemspiediena (p no 0,005 līdz 0,02 MPa) tvaika apkures sistēmu cauruļvados

Īpatnējie lineārie spiediena zudumi R , Pa/m	Siltuma daudzums Q , W (augšējais skaitlis), tvaika plūsmas ātrums v , m/s (apakšējais skaitlis), ja izmanto tērauda gāzes caurules (ГОСТ 3262-75) ar diametru, mm						
	15	20	25	32	40	50	70
5	790 2,92	1510 2,92	2380 2,92	5260 3,67	8010 4,23	15 760 5,1	30 050 5,75
10	918 3,43	2066 3,89	3541 4,34	7727 5,4	11 457 6,05	23 015 7,43	43 200 8,35
15	1090 4,07	2490 4,88	4395 5,45	10 000 6,65	14 260 7,64	28 500 9,31	53 400 10,35
20	1239 4,55	2920 5,65	5240 6,41	11 120 7,8	16 720 8,83	33 050 10,85	61 900 12,1
30	1500 5,55	3615 7,01	6340 7,77	13 700 9,6	20 750 10,95	40 800 13,2	76 600 14,95
40	1759 6,51	4220 8,2	7330 8,98	16 180 11,3	24 190 12,7	47 800 15,3	89 400 17,35
60	2219 8,17	5130 9,94	9310 11,4	20 500 14	29 550 15,6	58 900 19,03	110 700 21,4
80	2570 9,55	5970 11,6	10 630 13,15	23 100 16,3	34 400 18,4	67 900 22,1	127 600 24,8
100	2900 10,7	6820 13,2	11 900 14,6	25 650 17,9	38 400 20,35	76 000 24,6	142 900 27,6
150	3520 13	8323 16,1	14 678 18	31 707 22,15	47 358 25	93 495 30,2	168 200 33,4
200	4052 15	9703 18,8	16 975 20,9	36 545 25,5	55 568 29,4	108 210 35	202 800 38,9
300	5049 18,7	11 939 23,2	20 778 25,6	45 140 31,6	68 360 35,6	132 870 42,8	250 000 48,2

Augstspiediena tvaika apkures sistēmu aprēķins. Augstspiediena tvaika apkures sistēmās, tvaikam plūstot pa cauruļvadiem, ievērojami mainās tvaika spiediens un blīvums. Ņemot vērā šo apstākli, aprēķinos katram tvaika vada posmam pieņem blīvumu, kas atbilst vidējam tvaika spiedienam posmā.

Augstspiediena tvaika vada aprēķinam sastādītās nomogrammas atbilst tvaika blīvumam $\rho = 1 \text{ kg/m}^3$.

4.4. tabula

Sauso un slapjo kondensāta vadu diametrs atkarībā no siltuma daudzuma zemspiediena tvaika apkures sistēmā

Caurulvada diametrs, mm	Siltuma daudzums, kas izdalās, tvaikam kondensējoties, kW				
	sausais kondensāta vads		slapjais kondensāta vads, ja horizontālo un vertikālo posmu garums, m		
	horizontālais	vertikālais	<50	50—100	>100
15	4,7	7	33	21	9,3
20	17,5	26	82	53	29
25	33	49	145	93	47
32	79	106	310	200	100
40	120	180	440	290	135
50	250	370	760	465	250
76×3	580	875	1750	1250	580
89×3,5	870	1300	2650	1750	875
108×4	1050	2150	4100	2700	1450

Lai atrastu faktiskos īpatnējos spiediena zudumus R (Pa/m) cauruļvados un tvaika kustības ātrumu V (m/s), nomogrammā nolasītās R_n un V_n vērtības jādaļa ar faktisko tvaika blīvumu pie dotā spiediena p_t :

$$R = R_n / \rho_t, \quad (4.6)$$

$$V = V_n / \rho_t. \quad (4.7)$$

Aprēķinos izmanto metodi, pēc kuras vietējās pretestības aizstāj ar ekvivalentiem garumiem l_{ekv} :

$$p = R(1 + l_{ekv}) = R(1 + \sum \xi d / \lambda), \quad (4.8)$$

kur $\sum \xi$ — vietējo pretestību koeficientu summa;
 d / λ — attiecības vērtības dotas 4.5. tabulā.

4.5. tabula

d / λ vērtības, ja cauruļu diametrs, mm

Caurulvada diametrs, mm	15	20	25	32	40	50	70	76	89	102	108
d / λ	0,5	0,7	1	1,4	1,7	2,3	3,1	3,3	4	4,7	5,1

Dimensionējot pašteses kondensāta cauruļvadus, augstspiediena tvaika apkures sistēmu aprēķina spiedienu (Pa) nosaka pēc formulas

$$\Delta p = \rho g \Delta h \eta, \quad (4.9)$$

kur ρ — kondensāta blīvums, kg/m³;

Δh — augstumu starpība starp kondensāta vada beigām un sākumu, m;

η — koeficients, kuru nosaka emulsijas daudzums kondensāta vadā. Emulsija rodas gaisa un tvaika piejaukuma dēļ; apkures sistēmu kondensāta vados $\eta = 0,65$; ārējo apkures tīklu kondensāta vados $\eta = 0,75$.

Pēc aprēķina spiediena noteikšanas tālāko cauruļvadu dimensionēšanu veic analogi ūdens apkures sistēmu cauruļvadiem, izmantojot tās pašas tabulas un nomogrammas.

5: DZĪVOKĻU CENTRĀLAPKURE

Par dzīvokļu apkuri sauc atsevišķa dzīvokļa vai individuālās ēkas centrāl apkures sistēmu ar patstāvīgu siltuma generatoru vai siltummaiņu. Dzīvokļu apkuri var iekārtot jaunbūvējamās individuālajās mājās, kā arī vecās ēkās krāsns apkures vietā, jo, ierīkojot centrāl apkuri, nav nepieciešama ēkas kapitāla pārbūve. Ierīkojot dzīvokļa apkuri krāsns apkures vietā, kurināmā patēriņš samazinās par 15—20%, ievērojami samazinās arī laika patēriņš dzīvokļa apkurei. Paralēli tam rodas iespēja apgādāt dzīvokli ar karsto ūdeni, kā arī uzlabot mikroklimatu un sanitāri higiēniskos apstākļus telpās.

Dzīvokļu apkurei var lietot sistēmas, kurās par siltumnesēju izmanto ūdeni vai gaisu, tās var būt ar dabisko vai piespiedu siltumnesēja cirkulāciju, tās var aprīkot ar sildķermeņiem vai sildošām grīdām un griestiem.

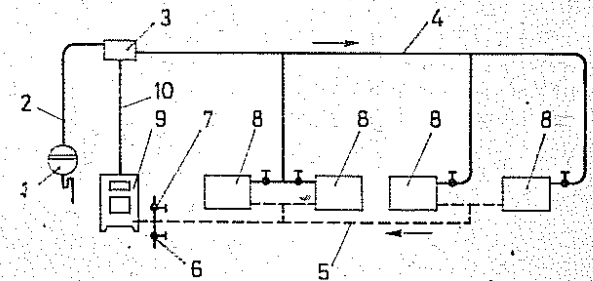
Dzīvokļu apkures sistēmu apkalpošanai jābūt vienkāršai, tādai, lai nebūtu nepieciešama nepārtraukta uzraudzība, lai to varētu veikt nekvalificēts personāls. Tā kā siltuma generators atrodas netālu no apdzīvojamām telpām, tas nedrīkst dūmot.

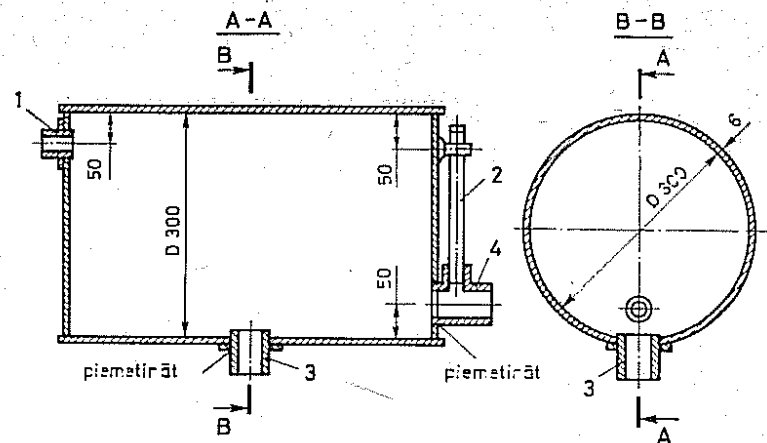
5.1. Dzīvokļu ūdens apkures sistēmas

Visizplatītākais dzīvokļu apkures sistēmas veids ir ūdens apkures sistēma ar dabisko cirkulāciju. Turpgaitas vadu parasti montē zem griestiem, bet atpakaļgaitas vadu — virs grīdas zem sildķermeņiem (5.1. zīm.). Siltuma generatoru novieto pēc iespējas zemāk, tas

5.1. zīm. Dzīvokļa ūdens apkures sistēma ar augšējo sadali un atpakaļgaitas vadiem, novietotiem zem sildķermeņiem:

1 — izlētne virtuvē; 2 — gaisa un pārplūdes vads (cauruļu diametrs 18 mm); 3 — izplešanās tvertne; 4 — turpgaitas vads; 5 — atpakaļgaitas vads; 6 — siltumnesēja ar ventilu sistēmas iztukšošanai; 7 — ūdensvads sistēmas bērošanai; 8 — sildķermenis; 9 — siltuma generators; 10 — galvenais stāvvars.





5.2. zīm. Izplešanās tvertne:

1 — iscaurule gaisa un pārplūdes vada pievienošanai; 2 — ūdens līmeņa rādītājs; 3 — iscaurule galvenā stāvvada pievienošanai; 4 — iscaurule turpgaitas vada pievienošanai

pastiprina ūdens cirkulāciju sistēmā. Ja šāds izvietojums nav iespējams (mājai nav pagraba, augsts gruntsūdeņu līmenis), tad siltuma generatoru var novietot arī vienā līmenī ar sildķermeņiem vai pat nedaudz augstāk par tiem.

Šādā gadījumā cirkulācija sistēmā notiek, tikai atdziestot ūdenim cauruļvados. Tāpēc cauruļvadus telpās montē atklāti.

Lai palielinātu ūdens cirkulācijas spiedienu, šādās dzīvokļu apkures sistēmās izmanto sildķermeņus ar palielinātu augstumu. Šī iemesla dēļ nelieto zemus sildķermeņus, piemēram, konvektorus. Lai gaiss brīvi ieplūstu izplešanās tvertnē, turpgaitas un atpakaļgaitas vadus montē ar kritumu ūdens plūsmas virzienā. Vienkāršotas konstrukcijas caurteces izplešanās tvertni uzstāda vienā no apkurināmām telpām (parasti telpā, kurā uzstādīts siltuma generators). Šādu izplešanās tvertni var izgatavot no caurules (diametrs 300 mm), kuras galos piemetināta tērauda plāksne (5.2. zīm.).

Ūdens uzpildīšanai sistēmu pieslēdz ūdensvadam. Ja nav ūdensvada, sistēmu var piepildīt ar rokas sūkni vai piepildīt caur izplešanās tvertni, kurā šajā gadījumā jāparedz speciāls atvērums ar vāku.

5.1. zīmējumā sniegtajai shēmai ir būtisks trūkums: ja sildķermeņi izvietoti pie ārējām sienām, dažreiz, montējot atpakaļgaitas vadu zem durvīm, rodas grūtības, jo jāierīko zemgrīdas kanāls.

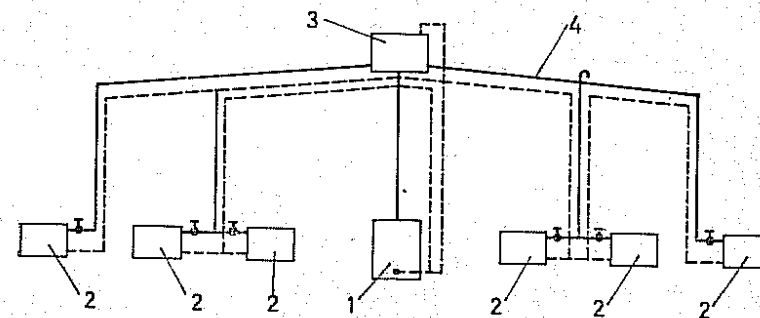
Diezgan plaši lieto ūdens apkures shēmu, kurā atpakaļgaitas vadu montē virs sildķermeņiem parasti blakus turpgaitas vadam pie griesiem (5.3. zīm.). Šādas shēmas trūkumi — sarežģītāka ūdens izlaišana no sistēmas (šim nolūkam pie katra sildķermeņa paredz speciālu krānu), lielāks cauruļu patēriņš salīdzinājumā ar 5.1. zīm. parādīto sistēmu, sarežģītāka atgaisošana.

Dzīvokļu apkures sistēmās ar dabisko ūdens cirkulāciju ūdens ātrums cauruļvados ir mazs (0,03—0,06 m/s), bet cauruļu diametri ir samērā lieli. Lai samazinātu cauruļvadu diametrus, dažreiz lieto piespiedu ūdens cirkulāciju (ar sūkni). Šim nolūkam ražo mazgabarīta beztrokšņa ūdens sūkņus, kuri ar atloku palīdzību iemontējami cauruļvados un kuriem nav pamatu. Sūkni montē atpakaļgaitas vadā pirms siltuma generatora. Konstruēts arī sūknis, kuru uzstāda apkures sistēmas izplešanās tvertnē un kurš ir vienkāršāks ekspluatācijā salīdzinājumā ar cauruļvados montējamiem sūkņiem. Padomju Savienībā dzīvokļu ūdens apkures sistēmas ar piespiedu ūdens cirkulāciju nav izplatītas, jo nav apgūta mazgabarīta sūkņu sērijveida ražošana.

Lai samazinātu cauruļvadu garumu, dzīvokļu apkures sistēmas izveido kā caurplūdes sistēmas, kurās sildķermeņi savienoti virknē un karstais ūdens izplūst pēc kārtas cauri visiem sildķermeņiem. Karsto ūdeni šādai sistēmai padod no izplešanās tvertnes, kura novietota tieši virs siltuma generatora. Sistēmas sildķermeņiem jābūt ar minimālu augstumu (izmanto gludās caurules vai KΠ tipa konvektorus). Sistēmas galvenie trūkumi: tās nav estētiskas, jo horizontālie cauruļvadi starp sildķermeņiem tiek montēti redzamā vietā, nav iespējams atslēgt vai regulēt atsevišķu sildķermeņu siltuma atdevi.

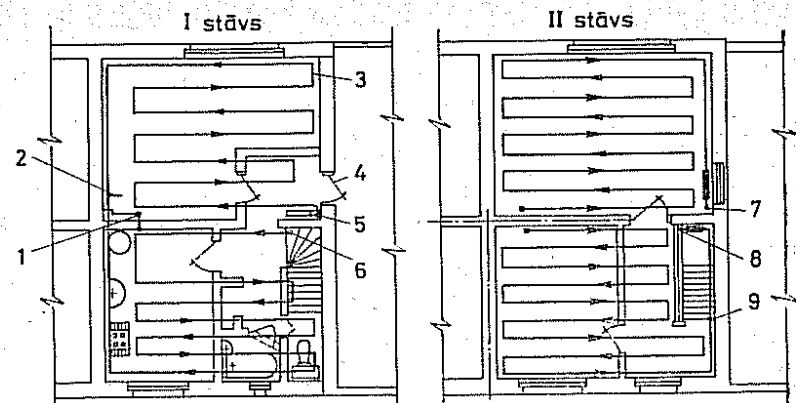
Divstāvu ēkās dzīvokļu apkures sistēmas ierīkošana vienkāršojas, jo šajā gadījumā ievērojami lielāks gravitācijas spiediens. Divstāvu ēkās parasti būvē sistēmas ar augšējo sadali. Pateicoties ūdens atdzišanai stāvvados, šajā shēmā cirkulācijas spiediens ir lielāks nekā sistēmās ar apakšējo sadali.

Divstāvu individuālajās ēkās iesaka lietot viencaurules caurplūdes sistēmas un viencaurules sistēmas ar savienojošiem posmiem. Viencaurules sistēmu galvenās priekšrocības ir šādas: vienkāršāka montāža un mazāks cauruļu patēriņš nekā divcauruļu sistēmām, vienkāršāka regulēšana, jo pirmā un otrā stāva sildķermeņiem ir vienādi cirkulācijas



5.3. zīm. Dzīvokļa ūdens apkures sistēma ar turpgaitas un atpakaļgaitas vadiem, montētiem augstāk par sildķermeņiem:

1 — siltuma generators; 2 — sildķermeņi; 3 — izplešanās tvertne; 4 — cauruļvadi



5.4. zīm. Dzīvokļu apkures sistēma ar apsildāmu grīdu:

1 — cauruļvads, kas savieno siltuma generatoru un lodeni, iebūvētu 2. stāva grīdā; 2 — cauruļvads no sistēmas uz siltuma generatoru; 3 — 1. stāva lodene; 4 — veranda; 5 — cauruļvadi no 2. stāva lodenes; 6 — cauruļvads no radiatora, kas uzstādīts 2. stāva kāpu telpā; 7 — cauruļvads uz radiatoru, kas uzstādīts 1. stāvā; 8 — cauruļvads uz lodeni, iebūvētu 1. stāva grīdā; 9 — cauruļvads no lodenes, iebūvētas 2. stāva grīdā uz siltuma generatoru

spiedieni. Viencauruļu sistēmu apakšējo stāvu sildķermeņu sildvirsmai jābūt lielākai par otrā stāva sildķermeņu sildvirsmu.

Lai samazinātu cauruļvadu garumu, dažreiz dzīvokļu apkures sistēmās sildķermeņus uzstāda pie iekšējām sienām nelielā attālumā no siltuma generatora. Kaut gan šādi montēta sistēma ir kompaktāka un lētāka, tomēr priekšroka dodama shēmai, kurā radiatori uzstādīti pie ārējām sienām zem logiem. Ja radiatori izvietoti zem logiem, samazinās vilkme no logiem un ir vienmērīgāks gaisa temperatūras sadalījums telpā.

Tā kā dzīvokļu apkures sistēmās cirkulācijas spiediens ir neliels, nekādu noslēgarmatūru stāvvados un maģistrālēs pirms un aiz katla neuzstāda, jo tai ir liela vietējā pretestība. Siltuma atdeves regulēšanai sildķermeņu slēgposmos uzstāda dubultās regulēšanas krānus.

Ūdens apkures sistēmas individuālajās ēkās var veidot kā staru paneļu sistēmas ar sildāmu grīdu vai griestiem. Šādās sistēmās siltuma atdeve notiek galvenokārt starojuma veidā. Salīdzinājumā ar parastajām sistēmām staru apkures sistēmas ir estētiskākas (telpā nav sildķermeņu un cauruļu), tās uzlabo sanitāri higiēniskos apstākļus telpās. Kā trūkumu var minēt šo sistēmu sarežģīto remontu, jo caurules ir iebūvētas sienās vai pārsegumos. Maskavā kādā eksperimentālā dzīvojamā ēkā izstrādāta apkures sistēma (5.4. zīm.) ar grīdā iebūvētām polietilēna caurulēm ($d=20$ mm), pa kurām cirkulē ūdens (parametri $80/60^\circ\text{C}$). Ūdens cirkulācijas radīšanai uzstādīts sūkņis. Ilgstoša sistēmas ekspluatācija pierādīja tās darbaspēju, drošumu un iespēju nodrošināt komfortablus apstākļus telpā.

Dzīvokļu apkures sistēmās siltuma generatora kurināšanu veic paši iedzīvotāji. Ja par kurināmo izmanto gāzi, šķidro kurināmo vai lēni degošu augstvērtīgu cieto kurināmo (antracīts, kokss, briketes), nepārtraukta siltuma generatora uzraudzība nav nepieciešama.

Ja lieto zemas kvalitātes akmeņogles, malku, kūdras utt., tad uzstāda katlus ar speciālu kurtuvi, kas paredzēta šāda kurināmā nepārtrauktai sadegšanai bez uzraudzības, vai arī jāparedz palielināta tilpuma apkures sistēma, kurā kurināšanu veic periodiski. Kurināšanas laikā sistēma akumulē siltumu un atdod to telpām kurināšanas pārtraukumos. Sistēmas akumulēto siltumu palielina, lietojot speciālus no tērauda loksņēm metinātus liela tilpuma sildķermeņus vai iebūvējot sistēmā tvertni siltuma akumulēšanai. Centralizētu tvertni dažreiz aizstāj ar mazāka tilpuma elementiem, kas ievietoti cauruļvadu sistēmā. Siltuma akumulatora tilpumu parasti izvēlas apmēram 50 l uz katrām 1000 W (850 kcal/h) telpu siltuma zudumiem vai arī apmēram 20 l uz iebūvēto sildķermeņu sildvirsmas 1 m².

5.2. Dzīvokļu ūdens apkures sistēmu aprēķins

Dzīvokļu apkures sistēmās cirkulācijas spiedienu (Pa) nosaka pēc empīriskas formulas

$$\Delta p = [bh_G(l+h_G) \pm 0,64h_1\Delta t]g, \quad (5.1)$$

kur b — koeficients, kuru izvēlas sekojoši: ja stāvvads izolēts un pārējie siltumvadi neizolēti — $b=0,4$ kg/m⁻⁴; ja stāvvads un atpakaļgaitas vadi izolēti — $b=0,34$ kg/m⁻⁴; ja visi siltumvadi izolēti — $b=0,16$ kg/m⁻⁴; h_G — turpgaitas maģistrāles augstums virs ūdens sildīšanas centra katlā, m; l — atstatums pa horizontāli no aprēķina stāvvada līdz katlam, m; h_1 — atstatums pa vertikāli no sildķermeņa centra līdz ūdens sildīšanas centram katlā (plusa zīme, ja sildķermeņa centrs atrodas augstāk par katla centru; mīnusa zīme, ja sildķermeņa centrs atrodas zemāk par katla centru), m; Δt — ūdens temperatūras kritums, ūdenim atdziestot sildķermenī, K (sākot aprēķinu, pieņem $\Delta t=20$ K); g — brīvā krituma paātrinājums, m/s².

Nosakot h_G un h_1 , par ūdens sildīšanas centru katlā pieņem plakni, kura atrodas 250 mm virs ārdiem. Lai palielinātu augstumu h_G , ierīko caurplūdes izplešanās tvertni.

Dzīvokļu apkures sistēmu aprēķins, izmantojot formulu (5.1), ir diezgan sarežģīts un dažreiz nav pa spēkam individuālo ēku būvētājiem. Šī iemesla dēļ apkures sistēmas bieži vien slikti darbojas, jo ir montētas vispār bez aprēķina.

Sniedzam profesora I. Livčaka izstrādāto vienkāršoto dzīvokļa apkures sistēmas aprēķinu, kuru var izmantot individuālo ēku būvētāji (ja nav pieejams precizēts aprēķins).

Aprēķins attiecas uz visizplatītākajām dzīvokļu apkures sistēmām ar dabisko ūdens cirkulāciju, normālu tilpumu, neizolētu turpgaitas vadu, montētu zem griestiem, un atpakaļgaitas vadu, montētu virs grīdas vai zemgrīdas kanālā.

Dzīvokļu apkures sistēma paredzēta vienstāva ēkai ar 4—5 istabām (siltuma zudumi aptuveni ir 17,45 kW — 15 000 kcal/h), siltuma ģenerators atrodas vienā līmenī ar sildķermeņiem.

Dzīvokļa apkures sistēmas aprēķinu sāk ar siltuma zuduma aplēsi pēc vienkāršotas formulas

$$Q_z = Vq(t_{ie} - t_{A5}), \quad (5.2)$$

kur V — telpas iekšējā kubatūra, m^3 ;

q — īpatnējie siltuma zudumi, attiecināti pret telpas iekšējo kubatūru, $W (m^3, ^\circ C)$ (stūra istabām un koridoriem ar durvīm uz āru $q=0,93-1$; istabām ar vienu ārējo sienu $q=0,58-0,82$; istabām bez ārējās sienas $q=0,23-0,35$);

t_{ie} — telpas temperatūra, $^\circ C$ ($t_{ie}=18-22^\circ C$);

t_{A5} — āra gaisa aprēķina temperatūra, $^\circ C$ (1.4. tab.).

Cauruļvadu diametrus pieņem šādus: stāvvadiem un slēgposmiem ar vienu sildķermeni — 25 mm; stāvvadiem un slēgposmiem ar diviem sildķermeņiem — 32 mm; turpgaitas (pie griestiem) un atpakaļgaitas (virs vai zem grīdas) maģistrālēm — 38 mm. Ūdens ātrums cauruļvados pie šādiem cauruļu diametriem ir 0,15 m/s, bet berzes pretestība cauruļvada vienam metram 8,5 Pa (0,85 kg/m²). Cauruļu diametri izvēlēti ar rezervi, tas pazemina hidraulisko pretestību un nodrošina ūdens cirkulāciju nelabvēlīgos apstākļos, kā arī samazina sistēmas izmaksu (cauruļu izmaksa salīdzinājumā ar sildķermeņa izmaksu viena un tā paša siltuma daudzuma pievadīšanai caurulēm ir ievērojami mazāka).

Izplešanās tvertnes darba tilpumu (l) nosaka pēc formulas

$$V=2,3 Q,$$

kur Q — siltuma ģenerators siltuma ražīgums, kW.

Darba tilpumu aprēķina no cirkulācijas caurules līdz pārplūdes caurulei, kuru pievieno izplešanās tvertnes augšējai daļai. Pārplūdes caurules diametru pieņem 15—20 mm.

Dzīvokļu apkures sistēmās cauruļvadu siltuma atdeve var sastādīt 50% no nepieciešamās sildķermeņu siltuma atdeves, tāpēc aprēķinos tā jāņem vērā.

Cauruļvadu siltuma atdevi telpai aprēķina pēc formulas

$$Q_c = 0,8 (l_1 q_1 + l_2 q_2 + \dots + l_n q_n) + 0,2 l q, \quad (5.3)$$

kur l_1, l_2, l_n — telpā atklāti montēta cauruļvada (turpgaitas zem griestiem, stāvvadu, slēgposmu, atpakaļgaitas vada virs grīdas) posmu garums, m;

l — zem grīdas montēta atpakaļgaitas vada garums, m;

$q, q_1, q_2, \dots, q_n$ — cauruļvada 1 m siltuma atdeve, W (5.1. tabula). Ūdens temperatūru turpgaitas vados pieņem $80^\circ C$, atpakaļgaitas vados — $60^\circ C$.

Sildķermeņa siltuma atdevi aprēķina pēc formulas

$$Q_s = Q_z - Q_c, \quad (5.4)$$

kur Q_z — siltuma zudumi telpā;

Q_c — cauruļvadu siltuma atdeve telpā.

5.1. tabula

Cauruļvadu siltumatdeve, W/m

Cauruļvadu diametrs, mm	Ūdens temperatūra, $^\circ C$	
	80	60
25	87	58
32	110	76
40	126	86
50	151	102
70	180	122

Pie ārējām sienām atklāti uzstādītu radiatoru sekciju skaitu nosaka pēc vienkāršotas formulas

$$n = \frac{Q_s}{320 f_0}, \quad (5.5)$$

kur f_0 — radiatora vienas sekcijas sildvirsmas, ekm (2.5. tabula).

Iegūtos rezultātus noapaļo līdz veselam skaitlim.

Ja sildķermeņi ir no gludām caurulēm sametināti režģi, to garumu nosaka pēc formulas

$$l = \frac{Q_s}{320 f'_0}, \quad (5.6)$$

kur f'_0 — gludas caurules viena metra sildvirsmas, ekm (5.2. tabula).

5.2. tabula

Gludu cauruļu 1 m sildvirsmas, ekm

Cauruļu skaits režģī	Cauruļu diametrs, mm				
	40	50	70	80	100
1	0,244	0,304	0,384	0,45	0,48
2	0,195	0,243	0,306	0,358	0,462

Sildķermeņus uzstāda 4 cm attālumā no sienas un 15 cm attālumā no grīdas. Ja sekciju skaits sildķermenī lielāks par 15, slēgposmi jāpievieno no abām pusēm.

Sildķermeņu savienošana virknē pieļaujama tikai palīgtelpās.

Izmantojot vienkāršotu apkures sistēmas aprēķinu, visus sistēmas elementus izvēlas ar rezervi. Pēc sistēmas palaišanas ekspluatācijā papildus regulē sildķermeņu siltuma atdevi, mainot pagriežņu stāvokli sildķermeņu slēgposmos, kā arī samazinot vai palielinot kurināšanas intensitāti katlā.

5.3. Kombinētās dzīvokļu apkures un karstā ūdens apgādes sistēmas

Ūdens apkures sistēmu var samērā viegli apvienot ar karstā ūdens apgādes sistēmu dzīvoklī.

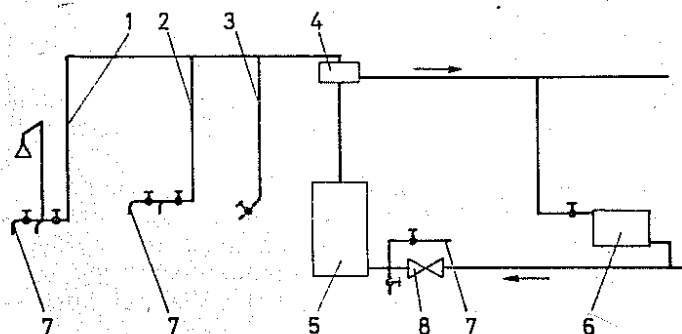
Lai nodrošinātu apkures un karstā ūdens apgādes sistēmas ar nepieciešamo siltumu, nav jāuzstāda siltumģenerators, kura jauda vienāda ar summāro siltuma patēriņu šīm vajadzībām, jo maksimālais karstā ūdens patēriņš gadās samērā reti. Šāds siltuma ģenerators bieži būtu nenoslogots, pasliktinātos tā lietderības koeficients, bet ūdens sistēmā varētu sākt vārīties.

Parasti uzstāda siltuma ģeneratoru, kura jauda aprēķināta siltuma zudumu segšanai, bet karstā ūdens vajadzībām paredz akumulatoru (var būt apvienots ar siltuma ģeneratoru).

Atkarībā no ūdens cietības izmanto divas principiāli atšķirīgas karstā ūdens apgādes shēmas. Ja ūdens cietība nepārsniedz 3–3,5 mg-ekv/l, tad ūdeni var sildīt apkures sistēmas katlā; ja cietība ir lielāka, tad ūdens jāsilda speciālā ūdens siltumapmainītājā (lietojot cietu ūdeni, uz siltumģenerators iekšējām sienām nogulsņējas katlakmens, kas pasliktina siltuma pāreju no karstām dūmgāzēm uz ūdeni un pazemina katla efektivitāti).

Kombinētā apkures un karstā ūdens apgādes sistēma ar ūdens sildīšanu siltuma ģeneratorā. 5.5. zīm. attēlota kombinētā apkures un karstā ūdens apgādes sistēma, kurā ūdeni silda palielināta tilpuma siltuma ģeneratorā (siltuma ģenerators apvienots ar siltuma akumulatoru). Ja sistēma pievienota ūdensvadam, visu sistēmas elementu izturības pakāpei jāatbilst ūdensvada spiedienam. Izplešanās tvertnes vietā uzstāda slēgtu gaisa savācēju, kuram augšējā daļā pievieno cauruļvadu, pa kuru vannai vai izlietnei pievada karsto ūdeni, kā arī izlaiž sakrājušos gaisu.

Apkures sistēmas atslēgšanai paredz ventili, kuru aizverot pārtrauc ūdens cirkulāciju apkures kontūrā. Lai, lietojot karsto ūdeni, neapplau-



5.5. zīm. Kombinētā dzīvokļa ūdens apkures un karstā ūdens apgādes sistēma ar ūdens sildītāju AFB: 1 — karstā ūdens pievadē vannai un dušai; 2, 3 — karstā ūdens pievadē izlietnēm; 4 — gaisa savācējs; 5 — ūdens sildītājs AFB; 6 — sildķermenis; 7 — no ūdensvada; 8 — pagrieznis

cētos, ūdeni siltuma ģeneratorā uzsilda ne augstāk par 80°C. Šī iemesla dēļ apkures sistēmas aprēķina temperatūru pieņem 80/60°C.

Diametru caurulēm uz vannu, izlietni un citiem karstā ūdens krāniem pieņem 15–18 mm.

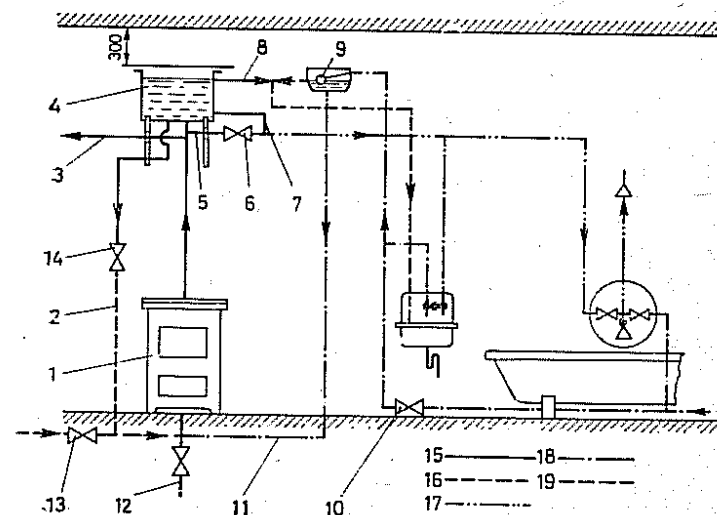
Sistēmas siltuma ražīgumu aprēķina pēc apkures maksimālā siltuma patēriņa. Siltuma ģenerators tilpumu aprēķina pēc maksimālā karstā ūdens patēriņa (parasti atbilstoši ūdens patēriņam vienas vannas vajadzībām).

Ja pieņem, ka vienai vannai patērē 250 l karstā ūdens, kura temperatūra ir 40°C, ka aukstā ūdens temperatūra ir +10°C, bet ūdens temperatūra siltuma ģeneratorā +80°C, tad siltuma ģenerators tilpums

$$g_s = \frac{250(40-10)}{80-10} = 107 \text{ l.}$$

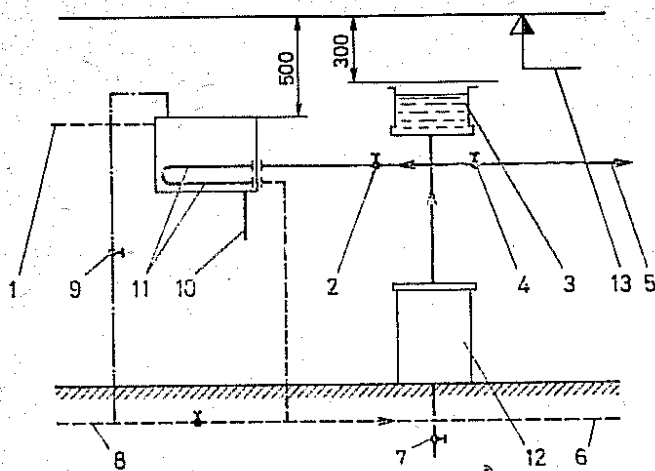
Laiks, kas nepieciešams ūdens uzsildīšanai, atkarīgs no siltuma ģenerators siltuma ražīguma. Tā, piemēram, ja uzstādīts siltuma ģenerators AFB-120, kura siltuma ražīgums ir 14 kW (12 000 kcal/h), ūdens uzsildīšanai nepieciešamais laiks ir 45 min.

Ja kaut kādu iemeslu dēļ nevar uzstādīt palielināta tilpuma siltuma ģeneratoru, karstā ūdens akumulēšanai izmanto palielināta



5.6. zīm. Kombinētā siltumapgādes sistēma ar ūdens sildīšanu siltumģeneratorā un palielināta tilpuma izplešanās tvertni:

1 — siltuma ģenerators; 2 — cirkulācijas vads; 3 — turpgaitas vads; 4 — izplešanās tvertne; 5 — cauruļvads; 6, 10, 13, 14 — ventili; 7 — līnija; 8 — pārplūdes līnija; 9 — plūdinātve; 11 — barojošā līnija; 12 — cauruļvads sistēmas iztukšošanai; 15 — apkures sistēmas turpgaitas vads; 16 — atpakaļgaitas vads; 17 — karstā ūdens padeve; 18 — ūdensvads; 19 — pārplūde



5.7. zīm. Kombinētā siltumapgādes sistēma ar ūdens sildīšanu ūdens-ūdens tipa siltumapmaiņtājā:

1 — pārplūdes caurule (diametrs 25 mm); 2 — ventilis karstā ūdens sildītāja noslēgšanai; 3 — izplešanās tvertne; 4 — ventilis apkures atslēgšanai; 5 — turpgaitas vads; 6 — atpakaļgaitas vads; 7 — caurule sistēmas iztukšošanai; 8 — ūdensvads; 9 — ventilis; 10 — karstā ūdens vads; 11 — lodene; 12 — katls; 13 — griestis

tilpuma izplešanās tvertni (5.6. zīm.). Sistēmu automātiski papildina ar ūdeni no ūdensvada caur atsevišķu pludīntvertni. Ja nav ūdensvada, ūdeni sistēmā var papildināt ar rokas sūkni. Pie maksimālā karstā ūdens patēriņa uz laiku var atslēgt apkures kontūru, aizverot ventili 13. Ja karstā ūdens sistēma nedarbojas, cirkulācijas cauruļvadā 2 jāaizver ventili 14.

Kombinētā apkures un karstā ūdens apgādes sistēma ar ūdens sildīšanu ūdens-ūdens tipa siltumapmaiņtājā. Ja ūdens cietība ir lielāka par 3–3,5 mg-ekv/l, tad ūdeni karstā ūdens apgādes sistēmā silda nevis katlā, bet ūdens-ūdens tipa siltumapmaiņtājā (boilerā, 5.7. zīm.). Boiler sastāv no tvertnes, kurā iemontēta lodene. Tvertnē iepilda auksto ūdeni no ūdensvada, pa lodenes caurulēm cirkulē katlā sasildītais karstais ūdens. Lai pastiprinātu ūdens cirkulāciju starp katlu un boileru, pēdējais jāuzstāda pēc iespējas augstāk.

Boilera sildvirsmu (m^2) aprēķina pēc šādas izteiksmes

$$F = \frac{Q}{\Delta t k} \quad (5.7)$$

kur Q — ūdens sildīšanai nepieciešamais siltuma patēriņš, W;

k — siltuma pārejas koeficients (aptuvenos aprēķinos $k \approx 290 + 410 \text{ W/m}^2 \text{ deg}$);

$\Delta t = \frac{t_k + t_a}{2} - t_u$ — temperatūru starpība, $^{\circ}\text{C}$;

t_k — no katla plūstošā ūdens temperatūra pirms boilerā ($t_k \approx 95^{\circ}\text{C}$);

t_a — no katla plūstošā ūdens temperatūra aiz boilerā ($t_a \approx 85^{\circ}\text{C}$);

t_u — ūdens temperatūra boilerā ($t_u \approx 80^{\circ}\text{C}$).

Aptuvenos aprēķinos pieņem $\Delta t \approx 10^{\circ}\text{C}$.

Sasildītā ūdens izvadīšanai boilerā apakšējā daļā pievieno cauruļvadu. Ūdenssildītāja konstrukcijai jābūt tādai, lai lodeni varētu viegli demontēt un attīrīt no katlakmens. Šīs sistēmas galvenais trūkums ir

tas, ka, papildinot boilerā ūdeni, tas sajaucas ar jau uzsildīto ūdeni tvertnē.

Šo trūkumu var novērst, ja karstā ūdens izvadīšanas cauruļvadu pievieno boilerā augšējā daļā. Sistēmas papildināšanai boilerā apakšējai daļai pieslēdz ūdensvadu (shēma lietojama tikai gadījumā, ja ir ūdensvads). Aukstais ūdens uzsilst un uzkrājas boilerā augšējā daļā, no kurienes to aizvada patērētājiem.

5.4. Dzīvokļu apkures sistēmu siltuma ģeneratori

Padomju Savienībā nelielu apkures sistēmu vajadzībām (to skaitā dzīvokļu un individuālo ēku apkurināšanai) ražo čuguna sekciju mazlitrāžas ūdens sildīšanas katlus KЧММ-2 ar sildvirsmu 0,9—1,44 m^2 un KЧМ-2 ar sildvirsmu 1,67—4,23 m^2 .

Katlus montē no čuguna sekcijām un savieno ar nipeļiem. Katli paredzēti kurināšanai ar cieto kurināmo, maksimālais ūdens spiediens 0,2 MPa. Pārbūvējot katlu, tajā var dedzināt arī gāzi vai šķidro kurināmo.

Katls KЧМ-2 sastāv no atsevišķām sekcijām, apvalka, siltuma izolācijas, durtiņām un īscaurulēm cauruļvadu pieslēgšanai. Katlu ražo Kaunas Greifenbergera vārdā nosauktajā rūpnīcā (tehniskais raksturojums sniegts 5.3. tabulā).

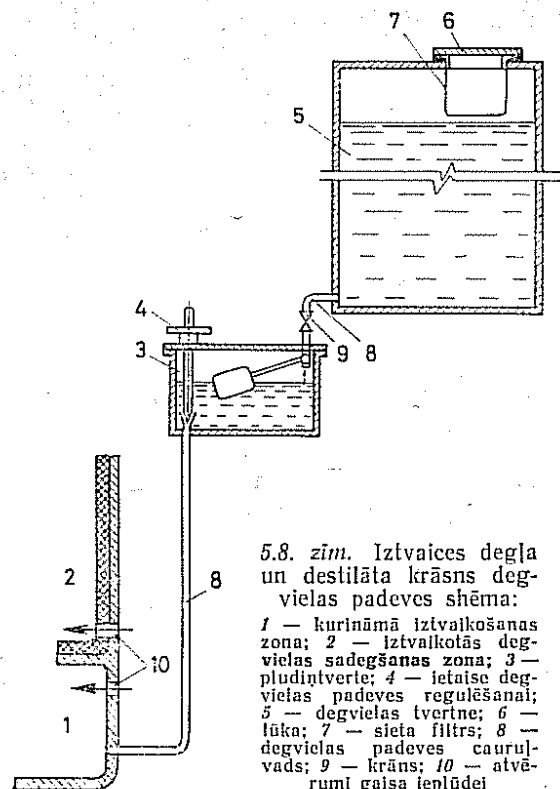
KЧМ-2 katls ar 4 sekcijām un sildvirsmu 1,67 m^2 var apsildīt ēku, kuras kubatūra ir 445 m^3 un pieslēgto radiatoru sildvirsmā 41 ekm; tāds pats katls ar 6 sekcijām un sildvirsmu 2,5 m^2 var apsildīt ēku, kuras kubatūra ir 690 m^3 un pieslēgto radiatoru sildvirsmā 62,8 ekm. Katla kurināmā patēriņš, ja siltumspēja s ir 27 600 KJ/kg (6600 kcal/kg), ir 0,2 t gadā.

KЧММ-2 tipa katlu ražo Maskavas P. Voikova vārdā nosauktajā čuguna liešanas rūpnīcā. Katlu piegādā samontētā veidā komplektā ar kurinātāja piederumiem.

Minskas rūpnīcā «Udarņik» ražo tērauda apkures ūdens sildīšanas katlus KC-2, kas paredzēti dzīvojamā telpu ar platību līdz 100 m^2 (kubatūra līdz 350 m^3) apkurei. Katla kurtuve paredzēta cietam kurināmajam (antracīts, akmeņogles, malka). Lietojot antracītu, katls var darboties bez kurināmā papildināšanas 8 stundas. Katla siltuma ražīgums ir 16 kW (13,7 Mcal/h), lietderības koeficients 0,77, maksimālais ūdens spiediens 0,3 MPa (3 kg/cm 2). Katla gabarīti 675×410×850 mm, masa 130 kg.

Padomju Savienībā dzīvokļu un individuālo ēku apkurei ražo arī dažādus cita veida siltuma ģeneratorus.

Pēdējos gados dzīvokļu apkures katlos lieto šķidro destilāta krāsns degvielu (sastāvs — 86% ogļūdeņraža un 13% ūdeņraža, siltumspēja 41 868 KJ/kg). Teorētiski nepieciešamais gaisa daudzums degvielas sadedzināšanai ir 11,2 m^3 /kg, un teorētiskais dūmgāzu daudzums



5.8. zīm. Izlvaices degļa un destilāta krāsns degvielas padeves shēma:
1 — kurināmā izlvaicošanas zona; 2 — izlvaiktās degvielas sadegšanas zona; 3 — plūdinātve; 4 — ietaise degvielas padeves regulēšanai; 5 — degvielas tvertne; 6 — lūka; 7 — sieta filtrs; 8 — degvielas padeves cauruļvads; 9 — krāns; 10 — atvērumi gaisa ieplūdei

telpās, kuru kubatūra ir ne mazāka par 6 m³. Ar sildītāju AFB-80 var apsildīt 60 m², bet ar sildītāju AFB-120—100 m² apdzīvojamās platības.

Dūmeņa šķērsgriezuma laukumu F (cm²) dzīvokļu apkures siltuma generatoriem nosaka pēc formulas

$$F = 0,035Q/\gamma h, \quad (5.8)$$

kur Q — siltuma generatora maksimālais siltuma ražīgums, W;
 h — dūmeņa augstums (attālums no ārdiem līdz dūmvada galam), m.

Dūmeņa minimālajam šķērsgriezumam jābūt 12,5×12,5 cm. Dūmvadā jāierīko noslēgaizvars vai aizbīdnis.

Siltuma generators jāizvieto tā, lai atstatums no kurtuves durtiņām līdz pretējai sienai būtu ne mazāks par 1 m, atstatumam no siltumgeneratora sānu un aizmugures virsmām līdz sienām jābūt ne mazākam par 30 cm. Ja telpā, kur uzstādīts siltuma generators, izdalās pārāk liels siltuma daudzums, siltuma generators jāizolē ar siltumizolāciju.

Ekspluatējot ūdens apkures sistēmu, cauruļvados, sildķermeņos un katlā sakrājas duļķes (sāļi, metāla korozijas produkti). Tāpēc ietei-

12,8 m³/kg. Šo degvielu ērti sadedzināt izlvaices degļos (5.8. zīm.). Mehāniskās rotācijas vai pneimatiskās sprauslas nav ieteicamas, jo tās ir sarežģītas un rada lielu troksni.

Gazificētās mājās, kurās apkures sistēmu kurināšanai lieto gāzi, par siltuma generatoriem izmanto sērijveidā ražotos automatizētos gāzes ūdens sildītājus AFB-80 un AFB-120 (5.4. tabula). Sildītājiem ir neliela hidrauliskā pretestība, tāpēc tos var lietot apkures sistēmās ar dabisko ūdens cirkulāciju. Ūdens sildītājā no 20 °C līdz 90 °C sasilst 75 minūtēs. Sildītājam ir termoregulators, ar kuru var iestādīt vajadzīgo ūdens uzsildīšanas temperatūru (no 40 °C līdz 90 °C). Ūdens sildītājus drīkst uzstādīt

Dažu mazlitrāžas katlu raksturojums

Rādītājs	Katls KЧММ-2			Katls KЧМ-2		
	Katla sildvirsmas, m²					
	0,9	1,17	1,44	1,67	2,11	2,5
Siltuma ražīgums (sadedzinot šķīrotu antracītu), kW	10,5	14	17,5	19,8	24,4	29
Lietderības koeficients, %	ne mazāks par 75			78	77	77
sekciju skaits	4	5	6	4	5	6
Katla tilpums, l	16,7	19,7	22,7	27,4	30,8	34,2
Ardu virsma, m²	0,048	0,064	0,08	0,066	0,093	0,12
Kurtuves tilpums, m³	0,015	0,02	0,025	0,0495	0,068	0,105
Katla gabarīti, mm:						
garums	590	670	750	345	435	525
platums	450	450	450	450	450	450
augstums	680	680	680	1040	1040	1040
Katla masa, kg	150	172	192	278	322	365
Nepieciešamais retinājums, Pa	10—15			12	12	15

5.4. tabula

Ūdens sildītāju AFB tehniskais raksturojums

Rādītājs	Ūdens sildītājs	
	AFB-80	AFB-120
Siltuma ražīgums, kW	7,0	14
Karstā ūdens temperatūra, °C	līdz 95	līdz 95
Lietderības koeficients, %	75	75
Tvertnes tilpums, l	80	120
Sildītāja augstums, mm	1540	1600
Sildītāja ārējais diametrs, mm	410	460
Cauruļvadu diametrs, mm:		
gāzes vada	15	18
ūdensvada	38	38
Sildītāja masa, kg	85	100

cams periodiski sistēmu skalot: kad beidzas apkures sezona, no sistēmas izlaiž visu ūdeni, pēc tam no jauna uzpilda un sasilda līdz 95 °C, atdzesē un atstāj ūdeni sistēmā uz visu vasaru (ar ūdeni pildīti cauruļvadi mazāk korodē).

Lai samazinātu kurināmā patēriņu, ārzemēs tiek izstrādāti jauni efektīvi mazlitrāžas siltuma generatori. Zinātniskos pētījumus šajā jomā veicina lielais pieprasījums pēc siltuma generatoriem individuālajām ēkām (ASV no visām jaunceljamām dzīvojamām ēkām individuālo ēku īpatsvars ir 67 %, VFR — 80 %).

Tā, piemēram, radīts principiāli jauns pulsējošas degšanas apkures siltuma generators, kura lietderības koeficients sasniedz 95%. Katls sastāv no apvalka, kurā izvietots izolēts ūdens sildīšanas cilindrs un sadegšanas kamera. Gaisa-degvielas maisījumu periodiski iesūc sadegšanas kamerā, kur tas sadeg, atdodot siltumu ūdenim.

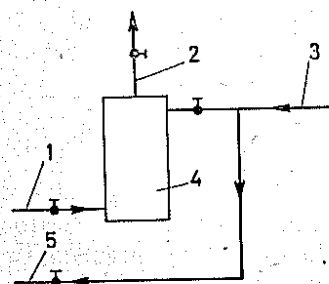
Pēc darbības principa pulsējošas degšanas siltuma generators analogs iekšdedzes dzinējam. Katls ir drošs ekspluatācijā, tam nav vajadzīgs dūmenis, jo labi atdziestie degšanas produkti tiek izvadīti atmosfērā pa nelielu plastmasas cauruli. Katla ražīgums ir 60 kW, tā gabarīti: platums un garums 580 mm, augstums 1100 mm.

5.5. Dzīvokļu apkures sistēmu pieslēgšana centralizētam siltumapgādes tīklam

Individuālo ēku ūdens apkures sistēmas var pieslēgt arī centralizētam siltumapgādes tīklam (ja tāds atrodas ēkas tuvumā).

Ja apkures sistēma nav paredzēta paaugstinātam spiedienam, kāds ir siltuma tīklos, kā arī ja apkures sistēma apvienota ar karstā ūdens apgādes sistēmu, izmanto «neatkarīgo» pieslēgšanas sistēmu; siltuma generatora vietā uzstāda ūdens-ūdens tipa boileru, kura siltuma ražīgums vienāds ar telpu siltuma zudumiem. Tā kā individuālajās ēkās izmanto galvenokārt apkures sistēmas ar dabisko ūdens cirkulāciju, boileram jābūt ar nelielu hidraulisko pretestību (parasti izmanto boileru ar spirālveida caurulēm, pa kurām ar lielu ātrumu cirkulē sildošais ūdens, sildāmais apkures sistēmas ūdens ar nelielu ātrumu cirkulē starp caurulēm).

Ja sistēma var izturēt paaugstinātu spiedienu, to pievieno centralizētam siltumapgādes tīklam, izmantojot ūdens sajaukšanas ietaisi, kura attēlota 5.9. zīmējumā.



5.9. zīm. Ūdens sajaukšanas ietaises shēma:

1 — siltumtīkla turpgaitas vads;
2 — apkures sistēmas turpgaitas vads;
3 — apkures sistēmas atpakaļgaitas vads;
4 — sajaukšanas ierīce;
5 — siltumtīkla atpakaļgaitas vads

Uzskata, ka arī daudzstāvu dzīvojamās ēkās lietderīgi katrā dzīvoklī ierīkot atsevišķu apkures un karstā ūdens apgādes sistēmu, pieslēdzot to centralizētam siltuma tīklam. Šādu sistēmu galvenās priekšrocības ir

vieglāk organizēt patērētā siltuma uzskaiti un apmaksu, tas sekmē enerģijas taupīšanu;

vieglāk regulēt apkures sistēmas siltuma atdevi (salīdzinājumā ar centralizētajām sistēmām);

samazinās karstā ūdens cauruļu garums, samazinās to korozija.

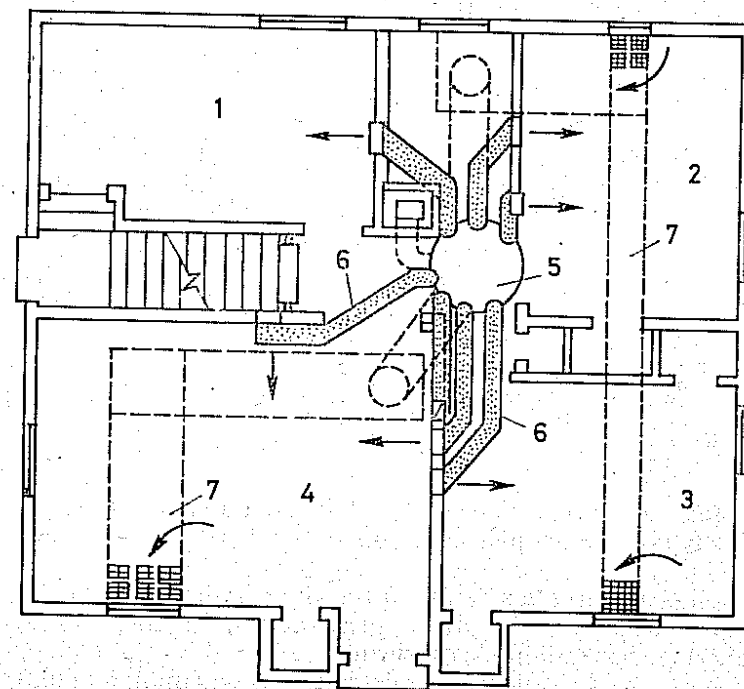
Daudzstāvu ēkas dzīvokļu siltumapgādes sistēma sastāv no turpgaitas un atpakaļgaitas maģistrālēm, izvietotām

pagrabā, un stāvvadiem, kuriem pievienoti dzīvokļu apkures sistēmas un siltuma apmaiņtāji (karstā ūdens apgādei). Siltumnesēju līdz temperatūrai 95—105°C atdziest neliela ražīguma elevatoros. Sistēmas siltuma atdevi regulē paši iedzīvotāji, samazinot vai palielinot karstā ūdens patēriņu dzīvokļa siltuma punktā. Karsto ūdeni no siltuma punkta radiatoriem pievada pa neliela diametra (15—10 mm) caurulēm, kuras montē zem grīdas vai virs grīdas gar sienām.

5.6. Dzīvokļu gaisa apkures sistēmas

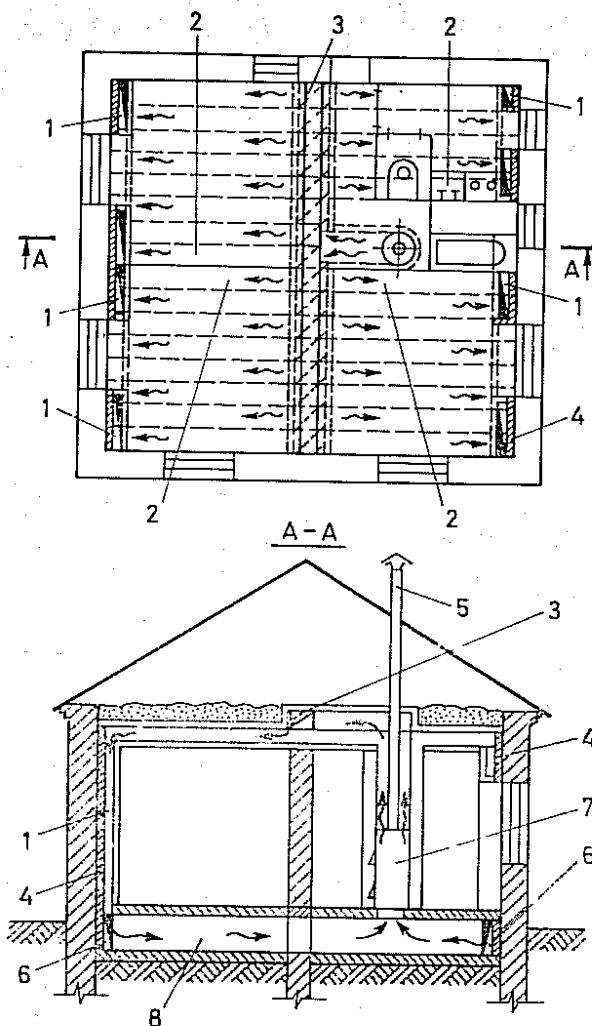
Gaisa apkures sistēmā kā siltumnesēju izmanto gaisu, kuru uzsilda kaloriferā un ar ventilatoru ievada apkurināmajās telpās. Siltais gaiss, plūstot caur telpām, atdziest, daļu no tā izvada atmosfērā caur sanitārajiem mezgliem un virtuvi, bet lielāko daļu no jauna uzsilda kaloriferā un ievada telpās (recirkulē).

Gaisa apkures sistēmām mazāks metāla patēriņš un mazāki kapitālieguldījumi nekā ūdens apkures sistēmām, tām ir neliela siltuma inerce, un tās var apvienot ar ventilācijas sistēmām.



5.10. zīm. Vienstāva ēkas gaisa apkures sistēma ar dabisko cirkulāciju:
1 — virtuve; 2, 3, 4 — istabas; 5 — gaisa sildītājs; 6 — pieplūdes gaisa vadi;
7 — recirkulācijas gaisa vadi

7 — Ēku apkures sistēmas



5.11. zīm. Dzīvokļa staru apkures sistēma ar siltumnesēja (gaisa) dabisko cirkulāciju:

1 — vertikālie recirkulācijas gaisa kanāli; 2 — siltā gaisa kanāli pārsegumā; 3 — karstā gaisa sadales vadi bēniņos; 4 — siltumizolācija; 5 — dūmvads; 6 — zemgrīdas recirkulācijas gaisa kanāli; 7 — gaisa sildītājs; 8 — zemgrīdas kanāls recirkulācijas gaisa padevei gaisa sildītājā

Izšķir gaisa apkures sistēmas ar dabisko gaisa cirkulāciju (gravitācijas sistēmas) un ar piespiedu gaisa cirkulāciju (mehāniskās sistēmas).

Gravitācijas apkures sistēmās (5.10. zīm.) gaisu uzsilda līdz 70°C , tas nodrošina iespēju paaugstināt gravitācijas spiedienu sistēmā, kā arī samazināt gaisa kanālu šķērsgriezumu.

Karsto gaisu pa kanāliem pievada katrai apkurināmai telpai. Gaisu var padot telpas apakšējā zonā apmēram 30 cm virs grīdas, kā arī zem griestiem, kuri sasilst un izstaro siltumu pārējai telpas daļai. Gravitācijas gaisa apkures sistēmas darbojas bez trokšņa, tās ir vien-

kāršas un drošas ekspluatācijā. Mehāniskajās sistēmās, kurās gaisa cirkulāciju nodrošina ar ventilatoriem, gaisa spiediens ir lielāks nekā gravitācijas sistēmās. Tas ļauj samazināt gaisa vadu šķērsgriezumu, gaisa attīrīšanai var uzstādīt putekļu filtru. Elektrodzinēja jauda ventilatora piedziņai parasti nepārsniedz 400–600 W. Galvenais šo sistēmu trūkums ir trokšnis, kuru var radīt ventilators sliktas centrēšanas vai citu bojājumu dēļ.

Gaisa vadus apkures sistēmās izgatavo no skārda, azbestcimenta vai keramiskajām caurulēm, dažādām plātnēm, ķieģeļiem utt.

Gaisa sildīšanai izmanto ūdens-gaisa, kā arī uguns-gaisa kaloriferus (pēdējos gaisu sasilda tieši ar karstām dūmgāzēm). Siltuma apmaiņa starp gaisu un karstām dūmgāzēm kaloriferos notiek caur metāla sienīgu. Uguns-gaisa kaloriferu galvenā priekšrocība, ka tie neaizsalst pie jebkuras minimālās āra gaisa temperatūras.

Padomju Savienībā piecdesmitajos gados eksperimenta veidā gaisa apkures sistēmas ierīkoja vairākās daudzstāvu ēkās. Šo sistēmu ekspluatācija apstiprināja gaisa sistēmu pozitīvās īpašības un pierādīja, ka tās ir darbaspējīgas un drošas. Vienlaikus atklājās arī šo sistēmu galvenais trūkums — gaisa sadales grūtības daudzstāvu dzīvojamās ēkās.

Individuālajās dzīvojamās ēkās, pateicoties samērā īsiem gaisa vadiem, šīs grūtības neeksistē. Padomju Savienībā dzīvokļu gaisa apkures sistēmas nav izplatītas galvenokārt tāpēc, ka sērijveidā neražo piemērotus uguns-gaisa kaloriferus.

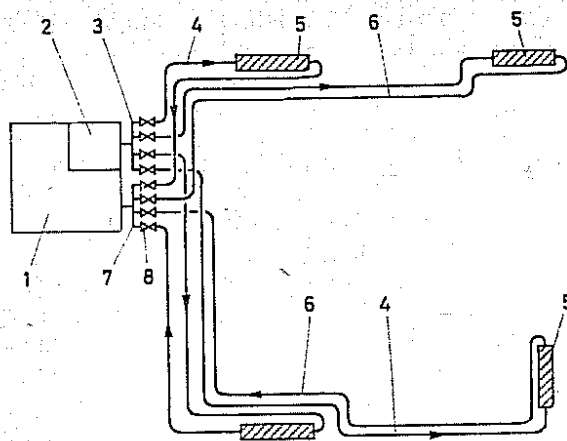
Gaisa apkures sistēmas var veidot kā staru-paneļu sistēmas. 5.11. zīmējumā attēlotajā sistēmā silto gaisu pievada starpgriestu kanāliem, kur tas atdziest, sasildot dzīvokļa telpas. Atdzisušo gaisu pa zemgrīdas kanāliem pievada gaisa sildītājam. Gaisa sistēmā cirkulē gravitācijas spiediena iedarbē. Galvenais sistēmas trūkums — samērā lieli gaisa kanālu izbūves kapitālieguldījumi.

5.7. Plastmasas caurules un radiatori dzīvokļu apkures sistēmās

Pēdējos gados ārzemēs dzīvokļu apkures sistēmās tērauda cauruļu vietā plaši lieto plastmasas caurules. Tā VFR 20% jaunbūvēto sistēmu ir ar polietilēna caurulēm.

Plastmasas cauruļu galvenās priekšrocības: izturība pret koroziju, viegli lokāmas karstā un aukstā veidā, neliels svars, mazāka izmaksa, vienkāršāka montāža.

Jā ūdens temperatūra sistēmā nepārsniedz 70°C , var izmantot parastās polietilēna caurules. Augstākai ūdens temperatūrai izmanto speciāli apstrādātas caurules. Individuālo dzīvojamo māju apkures sistēmās lieto tā sauktās staru sistēmas, kurās radiatorus ar plastmasas caurulēm pievieno paralēli siltuma generatoram (5.12. zīm.).



5.12. zīm. Dzīvokļa apkures sistēma ar paralēli pieslēgtiem sildķermeņiem, izmantojot plastmasas caurules:

1 — siltuma ģenerators; 2 — izplešanās tvertne ar sūkni; 3 — karstā ūdens sadale; 4 — turpgaitas vads; 5 — sildķermenis; 6 — atpakaļgaitas vads; 7 — atdzisušā ūdens sadale; 8 — krāns

Cauruļu diametrs 10—15 mm. Ūdens cirkulāciju nodrošina ar sūkni, kuru iemontē izplešanās tvertnē vai cauruļvados.

Par perspektīviem ārzemēs uzskata arī plastmasas radiatorus, kuri ievērojami lētāki par čuguna radiatoriem. Plastmasas radiatorus izgatavo no gastalena RR, sienīņu biezums 2 mm, vienas sekcijas masa 0,36—0,48 kg, maksimālā ūdens temperatūra 80°C un maksimālais spiediens 250 KPa (~2,5 at.).

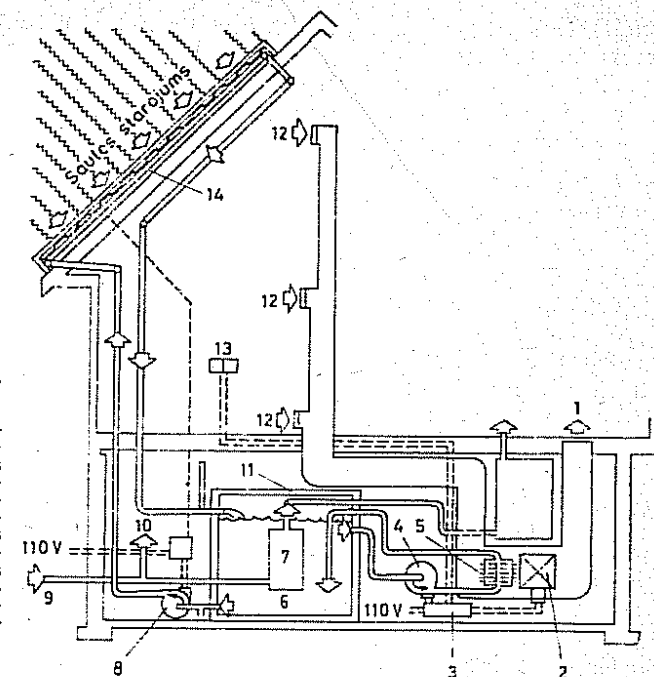
Padomju Savienībā apkures sistēmas ar plastmasas caurulēm pagaidām nav izplatītas.

5.8. Saules enerģijas izmantošana ēku apkurē

Pēdējos gados tiek veikti pētījumi un strauji attīstās iekārtas saules enerģijas izmantošanai apkures un karstā ūdens apgādes vajadzībām. Ja agrāk uzskatīja, ka saules enerģiju izdevīgi izmantot zemēs ar siltu klimatu, tad tagad pierādīts, ka vidējā platuma grādos ar samērā lielu apmākušos dienu skaitu (Francijā, VFR, Anglijā un pat Zviedrijā) arī var izmantot saules enerģiju.

Apkures sistēma, kurā izmanto saules enerģiju, sastāv no saules kolektora, siltuma akumulatora, caurulēm un siltumnesēja cirkulācijas sūkņa. Saules kolektors sastāv no caurspīdīgiem elementiem, kuros iebūvēti metāla absorberi. Siltuma enerģiju no saules sasildītajiem absorberiem ar siltumnesēja starpniecību pievada apkures sistēmai (karstā ūdens apgādes sistēmai) vai akumulatoram, kurš veidots kā ūdens tvertne vai kamera ar akmeņiem, betona blokiem un citiem siltumu akumulējošiem materiāliem. Kā siltumnesēju izmanto ūdeni, etilēnglikolu, gaisu. Saules enerģijas siltuma apgādes sistēma nodrošina tikai daļu no maksimālā siltuma patēriņa (30—70%), tāpēc papildus paredz siltuma ģeneratoru, kurā izmanto elektroenerģiju vai parastos kurināmos.

5.13. zīmējumā attēlotā saules siltuma apgādes sistēma darbojas sekojoši. Saules kolektorā 14 cirkulējošais ūdens sasilst un uzkrājas akumulatorā 6. Siltais ūdens cirkulē caur kaloriferu 5, kurā sasilst



5.13. zīm. Saules siltumapgādes sistēmas shēma:

1 — sasilušais gaiss; 2 — papildu sildītājs; 3 — papildu sildītāja ieslēgšanas relejs; 4 — siltumnesēja cirkulācijas sūknis; 5 — kalorifers; 6 — siltuma akumulators; 7 — karstā ūdens apgādes sildītājs; 8 — cirkulācijas sūknis; 9 — ārējais ūdensvads; 10 — iekšējais ūdensvads; 11 — akumulatora siltumizolācija; 12 — atdzisušais gaiss; 13 — termoregulators; 14 — saules kolektors

gaiss apkures vajadzībām. Akumulatorā uzkrāto silto ūdeni izmanto arī karstā ūdens apgādei.

Tā kā saules kolektors atsevišķos periodos nenodrošina pietiekamu ūdens sasildīšanu, paredzēts papildu gaisa sildītājs 2 apkurei un ūdens sildītājs 7 karstā ūdens apgādei.

Saules enerģiju var izmantot daudzstāvu ēku apkurei. Piemēram, Parīzē uzbūvēta 50 dzīvokļu piecstāvu ēka ar saules karstā ūdens apgādes sistēmu. Kā siltumnesējs sistēmā izmantots antifrīzs. Saules kolektori izvietoti uz mājas jumta un sastāv no melni krāsotām metāla caurulēm, pārklātām ar stiklu. Vasarā pie āra gaisa temperatūras 33°C un saules radiācijas intensitātes 940 W/m² ūdens kolektorā sasilst līdz 76°C. Saules enerģijas izmantošanas sistēma ļauj ietaupīt 20% ēkas gada siltuma patēriņa.

Sevišķi efektīvi saules enerģiju var izmantot ūdens sildīšanai atklātos peldbaseinos, jo šajā gadījumā nav vajadzīgs akumulators. Tā Zviedrijā atklāta peldbaseina helioiekārta nodrošina 70% no nepieciešamā siltuma daudzuma peldsezonas laikā.

Dzīvokļu apkures sistēmās ārzemēs diezgan plaši izmanto (apvienojot ar saules siltumapgādes sistēmām vai patstāvīgi) siltuma sūkņus. Kā zināms, par siltuma sūkni sauc salīdzināmo mašīnu, ar kuras palīdzību var iegūt karstu ūdeni vai gaisu no zemas temperatūras siltuma avotiem (āra gaiss, vaļējas ūdenskrātuves vai apakšzemes ūdens,

mehāniski attīrīti pilsētas kanalizācijas un rūpnīcu notekūdeņi, saules starojums un grunts).

Tā, sildot siltuma sūkņa iztvaikotāju ar ūdeni, kura temperatūra nav zemāka par $+6^{\circ}\text{C}$, kondensatorā ūdeni var sakarsēt līdz $+61^{\circ}\text{C}$.

Siltuma sūkņa efektivitāti raksturo transformācijas koeficients

$$\varepsilon = \frac{Q+N}{N}, \quad (5.9)$$

kur Q — iegūtais siltuma daudzums, kas atņemts zemas temperatūras siltuma avotam, kW;

N — siltuma sūkņa patērētā elektroenerģija, kW.

Apkures sistēmas transformācijas koeficients ir 2—3,5. Tas liecina, ka ar siltuma sūkni var ievērojami samazināt apkures enerģijas patēriņu.

6. KRĀSNS APKURE, KAMĪNI, ELEKTRISKĀ UN GĀZES APKURE

6.1. Krāsns apkure

Krāsns apkure mūsdienās plaši izplatīta lauku mājās. Padomju Savienībā $\sim 30\%$ dzīvojamo ēku apkurina ar krāsnīm. Krāsns apkuri diezgan plaši lieto arī Rietumeiropas zemēs (VFR, Norvēģijā, Somijā u. c.).

Krāsns apkurei ir šādas priekšrocības: vienkārša konstrukcija, samērā zema izmaksa, var lietot dažādus kurināmos, augsts lietderības koeficients (mūsdienu krāsnīm līdz 0,85), siltumpāreja telpā notiek galvenokārt izstarošanas ceļā, kurinot krāsni, vienlaikus vēdinās telpa.

Galvenie krāsns apkures trūkumi: krāsns un kurināmais aizņem samērā lielu platību, nevienmērīga siltuma atdeve, nepieciešamība periodiski tīrīt krāsni no kvēpiem un pelniem, telpas piesārņošana, tīrot un kurinot krāsni, telpā var iekļūt dūmi un tvana gāze, ugunsdrošība.

Krāsns apkuri saskaņā ar celtniecības normām CHuII-33-75 var lietot dzīvojamās ēkās ar stāvu skaitu ne lielāku par diviem, kopmītnēs ar vietu skaitu līdz 25, nelielās lauku skolās, bērnudārzos, ēdnīcās utt. Krāsns apkuri nedrīkst lietot rūpnīcu telpās ar ugunsdrošības kategoriju A, B, B, E.

Atkarībā no siltuma akumulēšanas spējām krāsns iedala siltumietilpīgās un siltumneietilpīgās.

Siltumietilpīgajām krāsnīm, kurinot 1,5—2 stundas vienu vai divas reizes diennaktī, jānodrošina temperatūras svārstības telpā ne lielākas par $\pm 3^{\circ}\text{C}$. Lai palielinātu siltuma akumulāciju, ierīko dūmu ejas un palielina krāsns masu.

Siltumietilpīgās krāsns savukārt iedala krāsnīs ar plānām sienām (līdz 12 cm) un krāsnīs ar biežām sienām (biezākām par 12 cm).

Siltumneietilpīgās krāsns izgatavo no čuguna vai tērauda, dažreiz ar 4—6 cm biezu iekšējo oderējumu.

Krāsns ar biežām sienām mūrē uz vietas no sarkanajiem ķieģeļiem. No ārpusē krāsns var apšūt ar podiņiem. Ja nav pieejami podiņi, krāsni var ietvert metāla apvalkā, apmest vai apšūt ar azbestcements plātnēm. Siltumietilpīgām krāsnīm ir vajadzīgi masīvi vai speciāli stiprināti pamati, to dūmvads var balstīties uz krāsns konstrukciju. Ja eksistē sienā iebūvēts dūmvads, krāsni var pievienot tam.

Siltumietilpīgās krāsns atklāto virsmu siltumatdeve, kurinot krāsni divas reizes dienā, ir 580—640 W/m², bet, kurinot vienu reizi dienā, — 410—470 W/m².

Kombinētās krāsns ar pavardu paredzētas vienlaikus kā telpas apkurināšanai, tā ēdiena gatavošanai. Pavardā parasti iebūvē cepeškrāsni un ūdens sildīšanas katlu. Lai krāsns nesiltu siltajā gadalaikā, iebūvē pārslēdzamu kanālu, caur kuru dūmgāzes no pavarda izvada dūmenī pa īsāko ceļu.

Kurtuves grīdā ierīko ārdus (restes), caur kuriem ieplūst degšanai nepieciešamais gaiss un izbirst pelni.

Projektējot krāsns apkuri, jāizvēlas pārbaudītas tipveida krāsns ar augstu lietderības koeficientu. Darba rasējumi šādām krāsnīm pieejami projektu organizācijās.

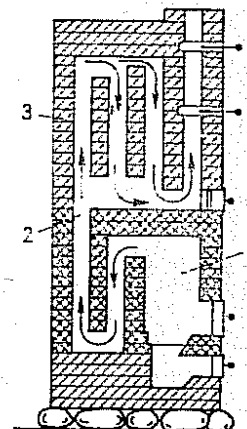
6.1. zīm. attēlota siltumietilpīga krāsns ar biežām sienām, kuras siltuma atdeve, kurinot divas reizes diennaktī, ir 3070 W. Krāsns kurtuve mūrēta no ugunsizturīgiem ķieģeļiem, pārējie krāsns elementi no māla ķieģeļiem.

Krāsnij ir 3 durtiņas: kurtuvei, pelnu kamerai un dūmvadu tīrīšanai (pēdējā var būt aizmūrēta ar ķieģeli), iebūvēti divi aizbīdņi: viens velkmes regulēšanai, otrs — dūmvada noslēgšanai.

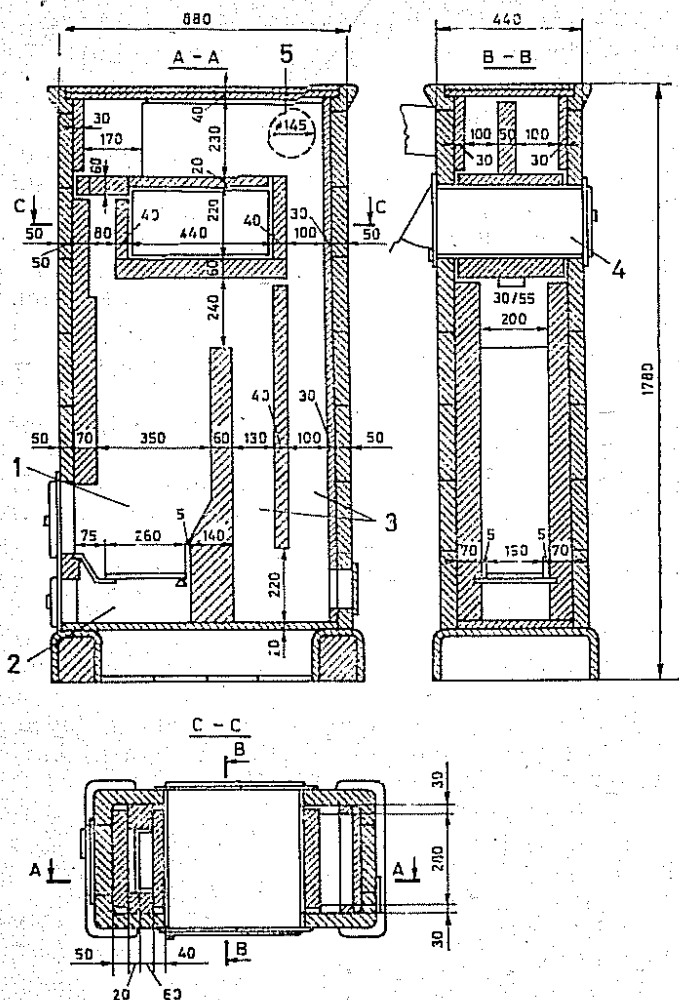
6.2. zīm. parādīta VDR plaši izplatītā stacionārā podiņu krāsns ar kanālu gaisa sildīšanai.

Siltumietilpīgās krāsns ar plānām sienām parasti izgatavo rūpnīcu apstākļos no betona blokiem vai no ķieģeļiem, ietvertiem metāla rāmī. Šādām krāsnīm ir mazāka masa un nav vajadzīgi atsevišķi pamati. Transportē tās gatavā veidā. Rūpnieciski ražotas krāsns plaši izplatītas Rietumeiropas valstīs. Krāsns apkurē ievieš automātiku, kas regulē degšanas procesu un ievērojami atvieglo krāšņu ekspluatāciju.

Krāsns ar masu līdz 750 kg var uzstādīt tieši uz nedegoša pārseguma bez speciāliem pamatiem. Krāsnīm ar masu, lielāku par 750 kg,



6.1. zīm. Istabas siltumkrāsns:
1 — kurtuve; 2 — dūmejas; 3 — sienas



6.2. zīm. VDR plaši izplatīta stacionāra podiņu krāsns ar kanālu gaisa sildīšanai;

1 — kurtuve; 2 — pelnu kamera; 3 — dūmejas; 4 — kanāls gaisa sildīšanai; 5 — dūmvads

jāierīko atsevišķi pamati. Kā materiālu pamatiem var izmantot laukakmeņus, betona blokus, ķieģelus.

Katrai krāsnij jāparedz atsevišķs dūmvads. Vienam dūmvadam var pievienot divas krāsnis, ja tās atrodas vienā dzīvoklī.

Dūmvada šķērsgriezuma laukumu F izvēlas atkarībā no krāsns siltuma atdeves Q : ja $Q < 3500$ W, dūmvada šķērsgriezuma laukumam jābūt ne mazākam kā $F \geq 0,14 \times 0,14$ m², ja $Q = 3500 \div 5200$ W, $F \geq 0,14 \times 0,2$ m², ja $Q = 5200 \div 7000$ W, $F \geq 0,14 \times 0,27$ m².

Ēkās ar bēniņiem dūmvada augstumam jābūt ne mazākam par 5 m. No ķieģeļiem mūrēta dūmvada sieniņu biezumam jābūt ne mazākam par 120 mm.

Ierīkojot krāsnis, jāievēro ugunsdrošības noteikumi, kuru galvenā prasība ir noteiktu atstatumu gaisa spraugu nodrošināšana starp krāsni un ugunsnedrošām ēkas konstrukcijām. Ugunsnedrošās ēkas daļas jāapriko ar nedegošu materiālu. Krāsnīm ar sienu biezumu līdz 7 cm gaisa spraugām jābūt no visām pusēm. Krāsnīm ar sienu biezumu 12 cm gaisa spraugas no sāniem un no augšas var aizmūrēt ar ķieģeļiem vai citu nedegošu materiālu, atstājot no augšas un apakšas atvērumus ar restītēm gaisa cirkulācijai.

Atstatumam no kurtuves durtiņām līdz pretējai sienai jābūt ne mazākam kā 1,25 m. Ja grīda ir no degoša materiāla, tad kurtuves priekšā jāpiesit metāla loksne, kuras izmēri ir ne mazāki par 70×50 cm.

6.2. Kamīni

Pēdējos gados arvien biežāk pilsētu un lauku mājās būvē kamīnus. Kamīnu popularitāte izskaidrojama ar cilvēku dabisko tieksmi pēc siltuma un mājīguma.

Kamīnā degošās liesmas un kvēlojošās ogles rada patīkamu komforta sajūtu un sevišķi intīmu noskanojumu. Kamīna galvenais uzdevums ir telpas sildīšana, bez tam, pateicoties velkmei, kamīns vēdina telpu, bet kamīna dekoratīvais veidojums izdaiļo to. Var apgalvot, ka, ievērojot kompozīcijas principus, labi un mākslinieciski projektēts un veidots kamīns pēc estētiskās nozīmes atgādina dekoratīvu skulptūru.

Kamīnu lietderības koeficients ir $\sim 10\%$, tāpēc nav izdevīgi izmantot tos kā vienīgo apkurināšanas ietaisi telpā.

Mūsu zemē izstrādāti vairāki lauku individuālo māju un dārza māju tipveida projekti, kuros paredzēts arī kamīns.

Ārzemēs individuālo dzīvojamo ēku un kotedžu arhitektūrā kamīns ir kļuvis par gandrīz vai neatņemamu interjera sastāvdaļu.

Kamīnu popularitāti apliecina arī plaši ražotie elektrokamīni, kuros elektropuldzes imitē uguns liesmu un kvēlojošu ogļu zaigošanu. Tos var iegādāties jebkurā saimniecības preču veikalā. Tomēr elektrokamīns, neskatoties uz savām priekšrocībām, nekad nevar aizstāt īstu kamīnu.

Kamīnus var būvēt individuālajās dzīvojamās mājās, dārza mājās, vasarnīcās, daudzstāvu dzīvojamās ēkās, kurās bijusi krāsns apkure un saglabājušies dūmvadi. Diemžēl kamīnus nevar būvēt mūsdienu daudzstāvu dzīvojamās ēkās, jo tajās nav dūmvadu.

Kamīna uzbūve. Kamīns ir atklāta istabas krāsns, kurā malka sadeg tāpat kā ugunskurā. Siltuma atdeve telpai notiek, galvenokārt izstarojot siltumu no degošā kurināmā un sakarsētām kurtuves virsmām.

Kamīnos neierīko dūmejas siltuma akumulēšanai, kā tās iebūvē krāsnīs, dūmus no kamīna izvada atmosfērā pa taisnu dūmvadu.

Tāpēc kamīns silda tikai tik ilgi, kamēr deg kurināmais, toties telpas sasilda ļoti ātri.

Kamīns jāprojektē tā, lai tas būtu vienkāršs ekspluatācijā un viegli kopjams, kad to nekurina.

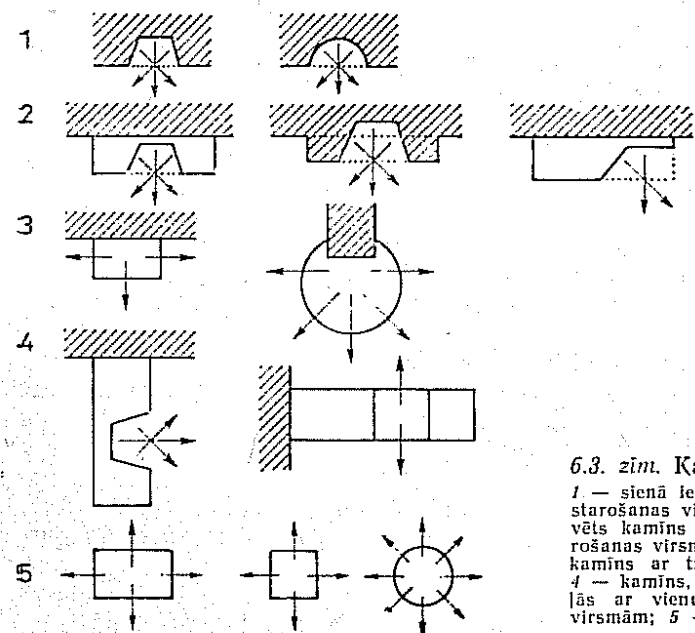
Ļoti svarīga ir kamīna vietas izvēle telpā. Kā savdabīgs atpūtas centrs kamīns vislabāk iederas viesistabā, ēdamistabā, retāk guļamistabā. Kamīns jāizvieto tā, lai tā portāla priekšā pēc iespējas mazāk staigātu un lai tur varētu mierīgi pasēdēt, pat ja kamīnu nekurina. Nelielās telpās tas ir grūts uzdevums.

Kamīnu telpā var novietot dažādi: pilnīgi vai daļēji iebūvēt sienās, novietot pie sienas vai telpas vidū (6.3. zīm.). Nelielās telpās ieteicams pirmais variants, jo kamīns aizņem mazāku telpas platību.

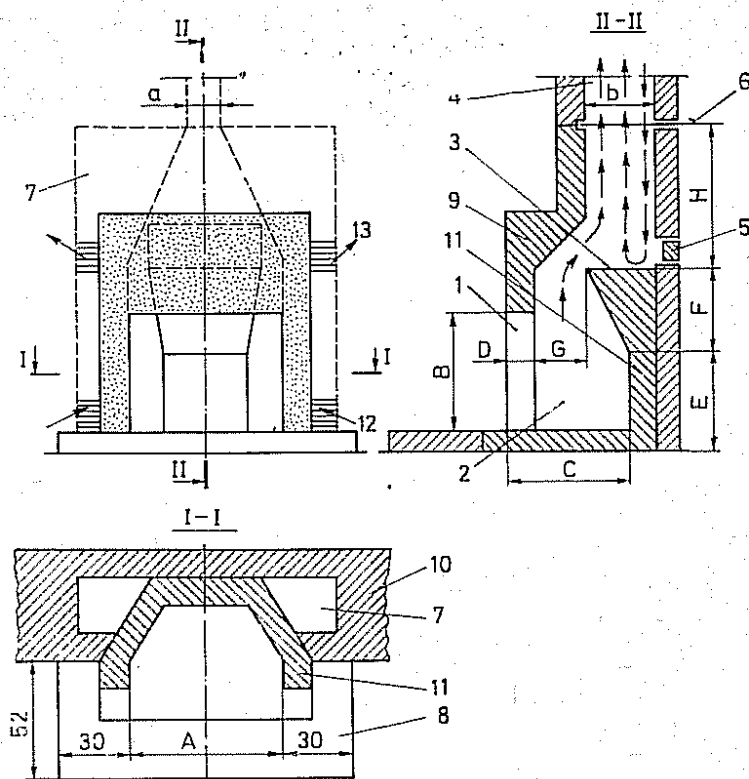
Kamīna portāla laukums (6.4. zīm.) jāsaprāta ar telpas kubatūru. Attiecībai starp kamīna portāla laukumu (m^2) un telpas kubatūru (m^3) jābūt 0,01—0,003.

Kamīna portālu veido kā paralēlskaldni, kura augstuma un platuma attiecība ir 2:3 lieliem kamīniem un 3:4 maziem kamīniem. Portāla atstatumam no grīdas jābūt 300—500 mm. Dažreiz portālu aprīko ar nolaižamu aizkaru, kas samazina portāla laukumu kamīna iekurināšanas laikā.

Kurtuves dziļumam jābūt 1/2—2/3 no kamīna portāla augstuma. Ja kurtuve ir par seklu, telpā var iekļūt dūmi, un otrādi — ja tā ir par dziļu, kamīns izstaro pārāk maz siltuma.



6.3. zīm. Kamīna izvietošana telpā:
1 — sienā iebūvēts kamīns ar vienu izstarošanas virsmu; 2 — pie sienas būvēts kamīns ar vienu vai divām izstarošanas virsmām; 3 — pie sienas būvēts kamīns ar trim izstarošanas virsmām; 4 — kamīns, kas sadala telpu divās daļās ar vienu vai divām izstarošanas virsmām; 5 — atklāts, telpas vidū novietots kamīns



6.4. zīm. Angļu kamīns:

1 — portāls; 2 — kurtuve; 3 — dūmu kāpulis; 4 — dūmvads; 5 — kvēpu tīrīšanas lūka; 6 — aizbīdnis; 7 — siltumkamera; 8 — dekoratīvs mūris kamīna priekšā; 9 — kamīna fasādes mūris; 10 — sarkanie ķieģeļi; 11 — šamota ķieģeļi; 12 — vēsā gaisa ieplūdes atvere; 13 — siltā gaisa izplūdes atvere

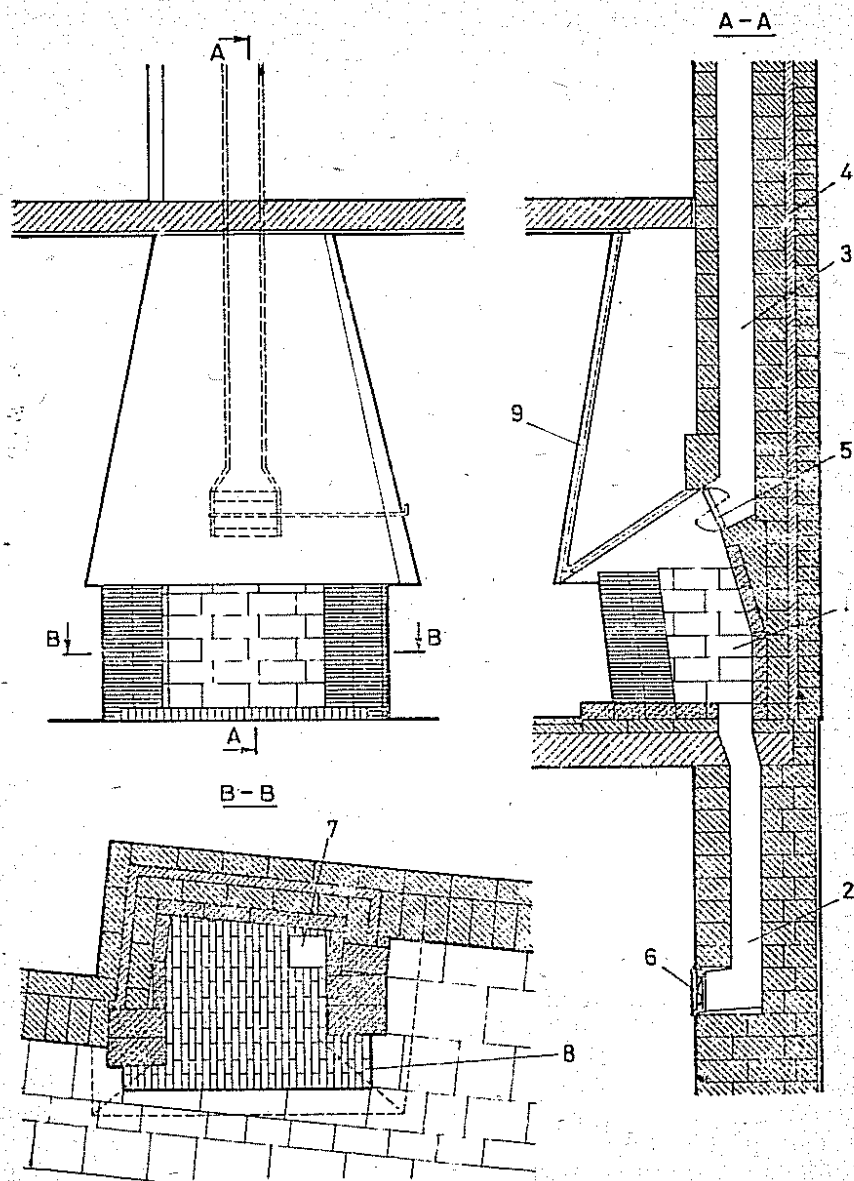
Kurtuves sānu sienas attiecībā pret aizmugures sienu veido slīpas, lai atstarotu siltumu telpā. Aizmugures sienas 1/3—1/2 mūrē vertikāli, bet augšējo daļu slīpi uz priekšu, lai siltums atstarotos uz telpas grīdas un uz kamīna priekšā sēdošo cilvēku kājām.

Kurtuves grīdai noteikti jābūt paceltai virs telpas grīdas līmeņa, tas aizkavē vēsā gaisa ieplūdi kamīnā un novērš iespējamo dūmu izplūdi caur portālu telpā.

Kamīna aizmugures sienu mūrē par 15—20 cm augstāk nekā portālu. Šīs sienas augšējā daļa veido dūmu kameru un dūmu kāpuli (6.4. zīm.). Dūmu kāpulis, pateicoties kanāla sašaurinājumam, aizšķērso aukstā gaisa ieplūdi kurtuvē no dūmvada, kā arī uzlabo velkmi.

Aiz dūmu kāpļa dūmvadā ierīko lūku kvēpu tīrīšanai.

Lai kamīnā nodrošinātu labu velkmi, kurtuves grīdā ierīko ārdus un zem tiem pelnu tvertni, kura nodrošina arī nepieciešamo gaisa



6.5. zīm. Kamīns ar pelnu tvertni pagrabā:

1 — kurtuve (šamota ķieģeļu); 2 — pelnu šahta; 3 — dūmvads; 4 — siltumizolācija;
5 — kamīna atzvars; 6 — durklīnās pelnu tīrīšanai; 7 — ārds; 8 — ugunsizturīgi ķieģeļi;
9 — apmests rabica siets

pieplūdi. Lai atvieglotu pelnu aizvākšanu, pelnu tvertnē var ievietot no skārda izgatavotu kastīti. Pelnu tvertne var atrasties ēkas pagrabā stāvā (6.5. zīm.).

Lai samazinātu kamīna kurināšanas laikā radīto pastiprināto gaisa apmaiņu, nelielās telpās dažreiz ierīko gaisa vadu, kas pievada ārā gaisu tieši kurtuvē. Gaisa vadā iemontē vārstu, kuru aizver, kad kamīnu nekurina. Šādā kamīnā malka deg labāk, bet no telpas dūmvadā aizplūst mazāk sasīlušā gaisa.

Projektējot kamīnu, vēlams paredzēt arī malkas novietni, kura var atrasties blakus kamīnam vai zem kamīna kurtuves. Ja izvēlas pēdējo variantu, tad kurtuve attiecīgi jāpaceļ augstāk, bet ugunsdrošības nolūkos kurtuves grīda jābūvē no ugunsdrošiem ķieģeļiem un māla, kā arī jāparedz metāla pārsedze.

Grīdas laukumu kamīna kurtuves priekšā vismaz 500 mm platumā mūrē no ķieģeļiem. Grīdu var arī noklāt ar cinkoto skārdu vai ar kādu citu ugunsdrošu materiālu, kas pasargā grīdu no izkritušām oglēm.

Divu metru augstumā no grīdas (lai varētu aizsniegt ar roku) dūmvadā ierīko aizbīdni vai vārstu, kuru atver kamīna kurināšanas laikā. Lai siltais gaiss neaizplūstu caur dūmeni atmosfērā un lai apgrīzta cirkulācijas gadījumā sodrēji no dūmeņa neiekļūtu telpā, pēc kurināšanas aizbīdni aizver.

Sevišķa vērtība jāvelti kamīna dekoratīvajam noformējumam, jo tas ir svarīgs telpas interjera elements. Kamīnu fasādes apdarei var lietot Lodē ražotos sarkanos ķieģeļus vai Igaunijā ražotos okera krāsas dekoratīvos ķieģeļus. Ļoti krāšņi izskatās kamīni, kuru fasādes apdarei izmantoti glazēti krāsni podiņi, glazētās keramiskās plāksnītes, mozaika, marmors. Var izmantot dabīgos laukakmeņus, dažādus metāla kalumus vai pulētu koksni. Kamīna ārējā apdare jāsakrāj ar telpas arhitektūru un apdari.

Kamīna dekoratīvajā noformējumā jāiekļauj mākslinieciski izpildīti kamīna piederumi: ogļu knaibles, kurtuves krukis, cepšanas iesmi, pelnu lāpstīņa.

Kamīna dūmvads. Kamīna darbības efektivitāte lielā mērā atkarīga no velkmes dūmvadā. Velkme rodas, pateicoties gaisa un karsto dūmgāzu īpatnējo masu starpībai. Dūmgāzu temperatūra reti pārsniedz 150°C. Jo augstāka temperatūra, jo labāka velkme.

Katram kamīnam paredz atsevišķu vertikālu dūmvadu, kuram jāatrodas tieši virs kamīna kurtuves centra. Pieļaujams arī nedaudz slīps dūmvads.

Dūmvada šķērsriezuma laukumu F_s aprēķina pēc formulas

$$F_s = \frac{F_p e}{\sqrt{h}} \quad \text{m}^2, \quad (6.1)$$

kur h — dūmvada augstums, m;
 e — koeficients, kura vērtības sniegtas 6.1. tabulā;
 F_p — portāla laukums.

6.1. tabula
Koeficienta e vērtība

Dūmvada stāvoklis	e
Vertikāls dūmvads iekšējā sienā	0,2
Vertikāls dūmvads ārējā sienā	0,3
Slīps dūmvads iekšējā sienā	0,3
Slīps dūmvads ārējā sienā	0,4

Dūmvada sienu biezumam jābūt 270 mm. Ja dūmvadu ierīko ārējā sienā, tas jāizolē ar minerālvati vai jāparedz gaisa sprauga, tas novērš mitruma kondensācijas iespēju.

Velkmes uzlabošanai dūmvada galu nedaudz koniski sašaurina. Tā kā kamīnu dūmvadiem ir samērā liels šķērsgriezuma laukums, tad, lai dūmvadā neiekļūtu atmosfēras nokrišņi, tos aprīko ar cinkotā skārda jumtiņu.

Daži kamīnu veidi. 6.4. zīm. attēlots angļu kamīns ar taisnu dūmvadu. 6.2. tabulā doti šī kamīna izmēri atkarībā no portāla izmēriem. Lai palielinātu siltuma atdevi, kamīnam ierīko siltuma kameru, kurā telpas gaiss, saskaroties ar kamīna karstajām sienām, papildus sasilst.

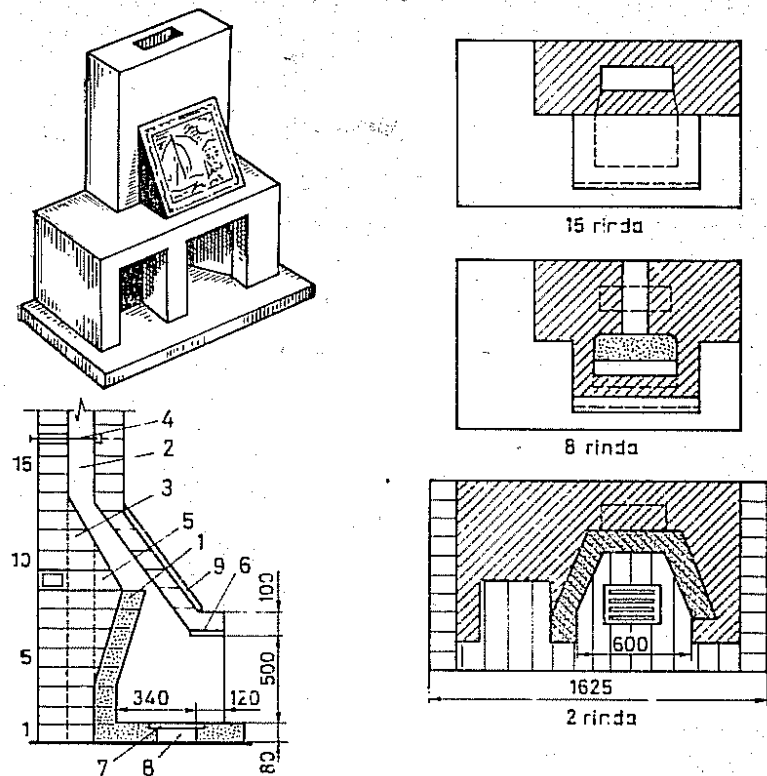
Kamīna portāla priekšā ierīko laukumu no šamota vai parastiem ķieģeļiem.

6.6. zīm. redzams kamīns ar slīpu dūmvadu. Šādu kamīnu iesaka ierīkot rekonstruējamās ēkās, kur, pateicoties slīpajam dūmvadam, kamīnu var viegli pieslēgt esošajiem dūmvadiem kapitālajās sienās. Blakus portālam ierīkota dekoratīva niša malkas novietošanai. Kamīna fasādi var izdaiļot ar kalnu metāla plāksni.

6.7. zīm. parādīts kamīns ar dekoratīvu sienu. Šādu kamīnu izvieto telpas vidējā daļā. Dekoratīvajā sienā ierīkotas divas nišas, bet ka-

6.2. tabula
Angļu kamīna izmēri, cm

Portāls		Kurtuve				Dūmu kamera		Dūmvads	
A	B	C	D	E	F	G	H	neapmests $a \times b$	apmests $a \times b$
66	51	41	10	36	36	22	61	14×27	14×27
70	64	41	13	36	42	22	61	27×27	14×27
76	71	41	13	36	51	22	63	27×27	27×27
81	71	41	13	36	51	22	66	27×27	27×27
86	76	41	13	36	51	22	71	27×27	27×27
91	76	46	13	36	51	22	71	27×40	27×27
102	76	46	13	36	51	22	81	27×40	27×27
107	76	46	13	36	51	22	89	27×40	27×27
122	81	46	13	36	58	22	102	27×40	27×40
137	91	51	13	36	66	22	107	40×40	27×40



6.6. zīm. Kamīns ar slīpu dūmvadu:

1 — šamota ķieģeļi; 2 — dūmvads; 3 — esošais dūmvads; 4 — aizbīdnis;
5 — tīrīšanas lūka; 6 — metāla armatūra; 7 — ārds; 8 — pelnu tvertne; 9 — kalta dekoratīva plātne

mīna portāla priekšā ķieģeļa biezumā uz mūrēts laukums, kas aizsargā grīdu no izbīrušām ogleņiem. Kamīna fasāde noklāta ar kalnu metāla plāksni. Kamīns ar dekoratīvo sienu sadala telpu divās daļās.

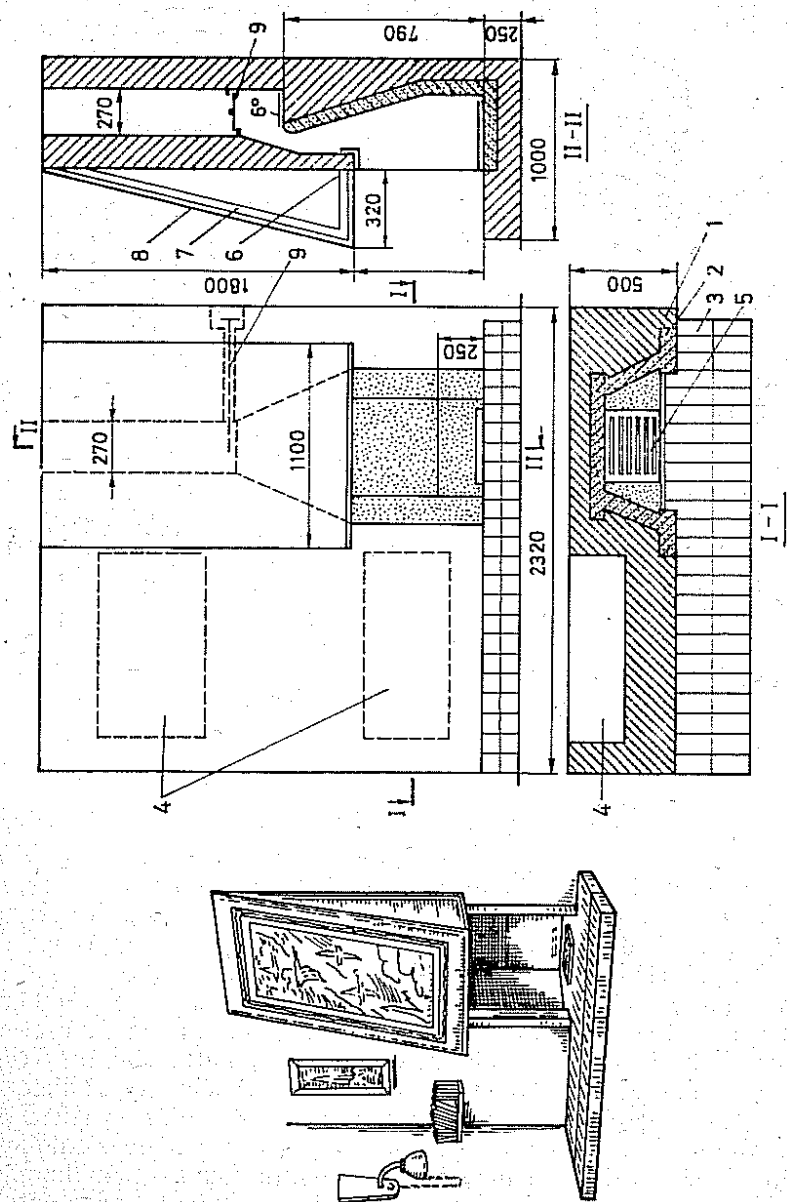
Materiāla patēriņš dažu kamīnu būvei dots 6.3. tabulā.

Pastāv daudzas citas kamīnu konstrukcijas. Piemēram, kombinēts kamīns-krāsns. Krāsns izmanto ēdienu gatavošanai un pastāvīgai telpas sildīšanai, bet kamīnu — kā dekoratīvu elementu. Kamīnu-krāsns mūrē uz viena pamata, ierīko vienu dūmeni ar diviem dūmvadiem.

Vēl var minēt apaļu atklātu kamīnu telpas vidū, pie griestiem piekarināmu kamīnu bez atbalsta uz grīdas, kamīnu bez sānu sienām u.c.

Ievērojot kamīnu lielo pieprasījumu, ārzemju firmas ražo kamīnus no saliekamiem būvelementiem, kas ievērojami atvieglo un paātrina kamīnu būvi.

Pēdējos gados kamīnus arvien vairāk būvē arī dārzos, tie pieskaitāmi dekoratīvajiem dārza mazās arhitektūras elementiem.



6.7. zīm. Kamīns ar dekoratīvu sienu:

1 — sarkano ķieģeļu mūris; 2 — šamota ķieģeļi; 3 — dekoratīvs mūris; 4 — dekoratīva niša; 5 — restes; 6 — tērauda lenķprofila; 7 — no metāla izgatavots apvalka rāmis; 8 — dekoratīvi kalts apvalks; 9 — alūbidijs

Dārza kamīnus parasti novieto dārza atpūtas zonā, nojumē, lapenē vai arī dārza mājīnā. Dārza kamīna konstrukcija var būt ievērojami vienkāršāka nekā istabas kamīniem, tiem var izmantot arī vienkāršākus materiālus. Tā dārza kamīnu var uzmūrēt tikai no akmeņiem, izmantojot māla-grants javu. Var lietot arī ķieģeļus.

Dārza kamīna pamatus vēlams iedziļināt grunts sasalšanas dziļumā. Pamatu betonēšanai lieto portlandcementu M 400—500, kuram pievieno rupju granti un oļus attiecībā 1:5 vai 1:6.

6.3. tabula

Kamīna būvei nepieciešamais materiāla daudzums

Materiāla nosaukums	Mērvienība	Kamīns ar taisnu vai slīpu dūmvadu	Kamīns ar dekoratīvu sienu	Angļu (atklātais) kamīns
Sarkanie (necaurumotie) ķieģeļi	gab.	250—300 (bez pamatiem)	200 (bez pamatiem)	400 (ar sienu)
Šamota ķieģeļi	gab.	120	60—65	100—120
Parastie māli	spaiņi	7—8	3—5	8—10
Šamota māli	spaiņi	1—2	1—2	1—2
Grants	spaiņi	12—14	6—10	16—20
Cements	spaiņi	1	1	2
Aizbīdnis	gab.	1	1	1
Durtiņas kvēpu tīrīšanas lūkam	gab.	1	1	1
Ārdi	gab.	1	1	1
Cinkotais skārds	m ²	0,5	0,6	0,5
Lenķprofila tērauds		pēc apstākļiem	pēc apstākļiem	pēc apstākļiem

Dārza kamīna portālu parasti paceļ 60—80 cm virs zemes līmeņa, bet dūmvadu saīsina.

No ķieģeļiem mūrēts dārza kamīns jāapriko ar nojumi, jo pretējā gadījumā to izskalos lietus. Ja kamīna būvei izmantoti akmeņi un metāls, to var būvēt atklātā vietā.

Norādījumi kamīnu būvētājiem un lietotājiem. Pirms kamīna būves jāizstrādā projekts, ņemot par pamatu kāda jau uzbūvēta un pārbaudīta kamīna projektu. Izmantojot šīs nodaļas norādījumus, kamīnu var izprojektēt un uzbūvēt pašu spēkiem. Projektējot kamīnu, vēlams izgatavot katras ķieģeļu kārtas plānu (6.6. zīmējumā redzami daži ķieģeļu kārtu plāni).

Kamīna būvi sāk ar pamatu mūrēšanu. Pamatiem izmanto laukakmeņus vai sarkanos ķieģeļus. Vienstāva ēkās kamīna pamatu dziļumam jābūt 0,5 m, bet divstāvu ēkās (ņemot vērā, ka dūmvads smagāks) 0,7—1,0 m.

Ja kamīnu uzstāda otrajā stāvā, tam paredz atsevišķus pamatus vai to mūrē uz sijām, kuru galus iestiprina kapitālajās sienās ne mazāk kā 1,5 ķieģeļa dziļumā.

Ja pamatiem izmantoti laukakmeņi, pamatu mūrēšanu noslēdz ar 14 cm biezu 2 ķieģeļu kārtu. Hidroizolāciju veido no 2 kārtām

ruberoīda, kuru uzklāj virs ķieģeļiem. Hidroizolācija jāparedz arī gadījumā, ja pamatiem izmantoti tikai sarkanie ķieģeļi.

Kamīnu mūrē no sarkanajiem ķieģeļiem, kuru marka ir ne zemāka par M-100. Kamīnu būvei nav izmantojami nepietiekami apdedzināti, kā arī pārdedzināti ķieģeļi, jo pirmie ātri sadrūp, bet pie otriem nepielip java. Kamīnus nedrīkst būvēt no silikāta ķieģeļiem, jo tie neiztur augstu temperatūru. Ķieģeļus pirms iemūrēšanas mērcē ūdenī. Mūrēšanai izmanto mālu un grants javu. Šuvju biezums — 5 mm.

Kurtuves sienas un grīdu mūrē no ugunsizturīgiem ķieģeļiem. Pirms mūrēšanas tiem noskalo putekļus, bet nemērcē, jo šamota ķieģeļi neuzsūc ūdeni, bet, atrodoties mitrumā ilgāku laiku, var saplaisāt.

Java izgatavošanai izmanto kvarca granti — graudiņu maksimālais izmērs 1 mm. Java sastāvs: 1 daļa mālu uz 1 daļu grants, ja māli trekni, tad 1 daļa mālu uz 2 daļām grants. Lai māli un grants labi izmirktu, java jāpagatavo diennakti pirms kamīna mūrēšanas.

Šamota ķieģeļus mūrē ar javu, kas izgatavota no šamota māliem un kam grants vietā pievienoti sīki sasmalcināti šamota ķieģeļi (attiecība 1:1). Šuvju biezums šamota ķieģeļiem 3 mm.

Kā kurināmo kamīnos izmanto sausu bērzu, apšu vai alkšņu malku. Priekšroka dodama apšu malkai, kura deg ar vienmērīgu baltu liesmu bez sodrējiem. Atzīmēsim, ka, kurinot apšu malku, izdeg sodrēji, kas sakrājušies dūmenī, kurinot bērzu vai citas koksnes malku.

6.3. Elektriskā apkure

Elektriskajai apkurei ir šādas priekšrocības: vienkārša ekspluatācija, iespēja pilnīgi automatizēt apkures sistēmas darbību un uzskaitīt patērētās enerģijas daudzumu, augsts lietderības koeficients, netiek piesārņota apkārtējā vide ar degšanas produktiem un kurināmā atkritumiem, tā nav atkarīga no kurināmā apgādes.

Pagaidām ar elektrisko apkuri aprīkot visas ēkas nav iespējams, jo elektroenerģija vēl ir dārgāka salīdzinājumā ar citiem enerģijas veidiem un tā ir deficīta.

Elektrisko apkuri izmanto vietās, kur ir grūtības ar kurināmā transportu, piemēram, Tāļajos Ziemeļos, kā arī rajonos, kur ir lētas elektroenerģijas pārpalikums.

Dažreiz elektroapkuri izmanto vietējai darbavietu apsildīšanai lielos cehos (infrasarkanie izstarotāji). Pie šādas apkures temperatūra telpā ir zemāka nekā konvektīvās apkures gadījumā, pateicoties tam, siltuma enerģijas patēriņš samazinās apmēram par 30% salīdzinājumā ar ūdens apkuri.

Sildvirsmu augstās temperatūras dēļ elektroapkuri nedrīkst lietot telpās, kas atbilst ugunsdrošības kategorijai A, B vai B, telpās, kurās ir materiāli, kas pie augstas temperatūras var veidot toksiskas vai sprāgstošas vielas, kā arī noliktavās, kur glabā degošas vai sprāgstošas vielas.

Elektroapkures sistēmas iedala šādās grupās: staru apkures sistēmas (izmanto reflektorus ar infrasarkanā starojumu);

staru-konvekcijas apkures sistēmas (izmanto elektroradiatorus, sienu elektropaneļus, elektrību vadošas tapetes un krāsas); gaisa apkures sistēmas (gaisu uzsilda elektrokāloriferos).

Staru apkures sistēmās lieto gaišos infrasarkanos reflektorus (izstarošanas virsmas temperatūra ir līdz 2000 °C), kurus vienlaikus izmanto telpu apkurei un apgaismošanai, un tumšos infrasarkanos reflektorus (izstarošanas virsmas temperatūra ir no 300 līdz 1100 °C), kuri apgaismošanai nav paredzēti.

Gaišais reflektors ir speciāla elektrospuldze (jauda 250 un 500 W), kuras kolbas aizmugure noklāta ar alumīnija kārtu starojuma koncentrēšanai 25—30° kūlī.

Tumšais reflektors sastāv no sildspirāles, kas pārklāta ar elektroizolācijas slāni un ievietota metāla, kvarca vai keramiskā caurulītē. Lai starojumu koncentrētu darba zonas virzienā, caurulītes apriņķis ir paraboliskas formas atstarotājiem. Tumšos reflektorus lieto telpās, kurās nav pieļaujama redzamā gaisma, piemēram, fotolaboratorijās, kinoteātros, kā arī gadījumos, ja apgaismojums traucē darbu.

Lokālās staru apkures reflektora jaudu kW, aprēķina pēc formulas

$$P_b = \frac{E_p h^2 P}{1000 J}, \quad (6.2)$$

kur E_p — pieļaujamais starojums atkarībā no telpas gaisa temperatūras. Ja $t = +18^\circ\text{C}$, $E_p = 32 \text{ W/m}^2$; ja $t = +15^\circ\text{C}$, $E_p = 45 \text{ W/m}^2$; ja $t = +10^\circ\text{C}$, $E_p = 100 \text{ W/m}^2$;

h — atstatums no reflektora līdz cilvēka galvai, m;

P — vienas sekcijas (spuldzes) jauda, W;

J — reflektora starojuma intensitāte (gaišajiem reflektoriem 180, tumšajiem — 115), W/sr.

Ja apkurināmā iecirkņa platība F lielāka par h^2 , tad reflektoru skaits

$$n = \frac{F}{h^2}. \quad (6.3)$$

Lokālās apkures reflektoru kopējā jauda, kW,

$$P = n P_b. \quad (6.4)$$

Rietumeiropas valstīs diezgan plaši izplatītas elektriskās apkures sistēmas, kurās elektrisko enerģiju izmanto nakts stundās pēc pazemināta tarifa, lietojot siltuma akumulējošus sildķermeņus.

Piemēram, VFR naktī no pulksten 22 līdz 6 elektrības izmaksa pēc nakts tarifa ir 40—50% no izmaksas dienas laikā.

Siltumu akumulējoši sildķermeņi sastāv no masīviem akmens vai ķieģeļu blokiem, kuri ievietoti nedegoša materiāla apvalkā un no

ārpusē apdarināti ar keramikas plāksnītēm vai kādu citu dekoratīvu materiālu. Nakts stundās blokus silda ar elektrisko strāvu, bet dienā, analogi krāsnīm, tie atdod siltumu telpām.

Elektriskajās apkures sistēmās pēdējos gados arvien plašāk lieto elektrotapetes un elektrību vadošas krāsas.

Elektrotapetes sastāv no vairākām kārtām: iekšējā kārtā izgatavota no elektrību vadoša lokšņu kaučuka, kurš no abām pusēm noklāts ar stikla šķiedras audumu un galos pievienots elektrodiem. Pie sienām piestiprinātus elementus no virspuses noklāj ar 50 mm biezu minerālās vates vai cita analoga materiāla siltumizolācijas slāni. Elementa masa 458 g/m^2 , maksimālā temperatūra 120°C , vidējā darbības temperatūra $32\text{--}38^\circ\text{C}$, uzstādītā jauda $193\text{--}255 \text{ W/m}^2$.

Izstrādātas elektrību vadošas krāsas, kuras elektriskās apkures sistēmās izmanto kā sildelementu. Krāsas sastāvā ietilpst grafiits, sodrēji un polimēru savienojumi. Tā kā krāsa ir melna vai pelēka, to noklāj vēl ar kādu citu krāsu vai uzlīmē tapetes. Krāsas slānim pievieno divus horizontālus elektrodus — vienu pie grīdas, otru pie griestiem.

Plūstot elektrībai no viena elektroda uz otru, krāsa sasilst līdz $30\text{--}40^\circ\text{C}$ un izstaro telpā siltumu. Viena m^2 krāsotās virsmas siltum-atdeve ir $130\text{--}160 \text{ W/m}^2$, maksimālais spriegums — 40 V .

Galvenais šādas apkures sistēmas trūkums ir nepieciešamība uzstādīt samērā dārgus transformatorus. Kapitālieguldījumi apkures sistēmas ierīkošanai ir apmēram 2 reizes mazāki nekā parastai ūdens apkures sistēmai ar radiatoriem.

Apkures sistēmas ar elektrību vadošu krāsu var lietot dzīvojamo, rūpnīcu un lauksaimniecības ēku apkurei. Krāsu var izmantot apledojuma novēršanai uz lidostu skrejceļiem, tiltiem, televīzijas torņiem, kā arī veidņu apsildīšanai betonēšanas darbiem ziemā.

6.4. Gāzes apkure

Gāzi plaši lieto kā kurināmo apkures katlos, rūpnīcu krāsnīs, dzīvokļu pavados, kā arī tieši telpu apkurei. Gāzi viegli pārvadīt lielos attālumos, tā sadeg pilnīgi, minimāli piesārņojot gaisu. Tomēr paredzams, ka gāzes kā kurināmā izmantošana pakāpeniski samazināsies, jo lietderīgāk gāzi izmantot kā izejvielu ķīmiskajā rūpniecībā. Kurināšanai lieto dabisko un mākslīgo gāzi. Pēdējo iegūst no cietā un šķidrā kurināmā (piemēram, propāna C_3H_8 un butāna C_4H_{10} maisījums). Gāze, kuru lieto dedzināšanai, ir kaitīga veselībai un sprādziennedroša.

Pēdējos gados mūsu valstī un sevišķi ārzemēs plaši izplatījušās gāzes staru apkures sistēmas ar infrasarkaniem gāzes degļiem. Sistēmas sevišķi efektīvas ražošanas telpās atsevišķu darba vietu lokālai apkurei. Infrasarkanās apkures gadījumā lielākā daļa siltuma tiek izstarota ar keramiskiem vai metāla degļu uzgaliem, sakarsētiem līdz $800\text{--}900^\circ\text{C}$. Šādas apkures lietderības koeficients sasniedz $90\text{--}99\%$.

Gāzes degļus stiprina pie griestiem, fermām un sienām. Telpās ar griestu augstumu līdz 4 m atstatumam no gāzes degļiem līdz griestiem jābūt $0,3\text{--}0,4 \text{ m}$. Atstatumam starp gāzes degļiem un degošām konstrukcijām jābūt ne mazākam par 1 m .

Infrasarkanā starojuma gāzes deglis redzams 6.8. zīmējumā.

Infrasarkanajos degļos gāzes un gaisa maisījums izplūst caur keramiskās plāksnes caurumiņiem un sadeg uz tās virsmas.

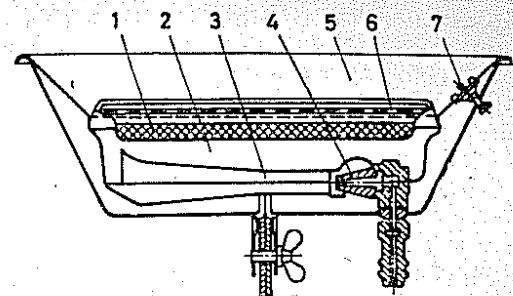
Gāzei sadegot, degšanas produkti izdalās tieši telpā, tāpēc ēkās ar gāzes apkuri jāparedz pieplūdes-nosūces ventilācija, kurai telpā jānodrošina gaisa apmaiņa, lai tvaņa gāzes koncentrācija nebūtu lielāka par 6 mg/m^3 .

Gāzes apkures sistēmās siltuma atdevi regulē, atslēdzot daļu degļu (nav pieļaujama siltuma atdeves regulēšana, mainot gāzes spiedienu).

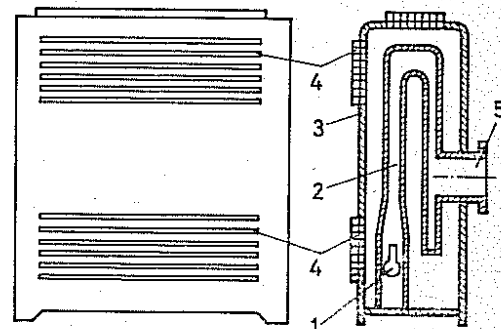
Lai palielinātu gāzes apkures sistēmas darbības drošumu, gāzes degļus aprīko ar ierīcēm, kuru uzdevums ir distances aizdedze, degšanas procesa kontrole un gāzes atslēgšana degļu bojājuma gadījumā.

Izmantojot gāzes infrasarkano apkuri, enerģijas patēriņš ir aptuveni par 40% mazāks nekā ar konvektīvo apkuri.

Gāzes apkures sistēmās izmanto arī konvektorus (6.9. zīm.), no kuriem gāzes degšanas produktus izvada dūmvadā. Konvektors sastāv no iekšējās un ārējās kameras. Iekšējā kamerā sadedzina gāzi, un kameras sienas temperatūra sasniedz 450°C . Caur ārējo kameru cirkulē gaiss, kas ieplūst kamerā un izplūst no tās caur speciālām restītēm. Pateicoties gaisa cirkulācijai, konvektora ārējās sildvirsmas temperatūra ir aptuveni 120°C . Dūmvadi degšanas produktu aizvādīšanai ievērojami sadārdzina gāzes izmantošanu, tāpēc gāzes konvektorus ēku apkurei izmanto samērā reti.



6.8. zīm. Infrasarkanā starojuma gāzes deglis: 1 — caurumota keramikas plāksne; 2 — sajaucšanas kamera; 3 — inžektors-sajaucējs; 4 — uzgalis; 5 — reflektors; 6 — metāla siets; 7 — distances aizdedzes ietaise



6.9. zīm. Gāzes apkures konvektors: 1 — deglis; 2 — siltumapmaiņtājs; 3 — dekoratīvs apvalks; 4 — restītes gaisa ieplūšanai un izplūšanai; 5 — degšanas produktu aizvadišanas caurule

Gāzi dažreiz izmanto arī krāsns apkurei cietā kurināmā (ogļu, malkas, kūdras) vietā. Pārbūvējot krāsni uz gāzes apkuri, krāsni rekonstruē, lai tā atbilstu šādām prasībām:

krāsni jāpievada degšanas procesam nepieciešamais gaisa daudzums;

dūmejās nedrīkst rasties nevēdināmi posmi;

kurtuve jāizmūrē ar ugunsizturīgiem ķieģeļiem;

kurtuves un dūmeju siltuma uztverošajām virsmām jānodrošina nepieciešamā siltuma atdeve, lai kurinot krāsni 1,5—2 stundas dūmgāzu temperatūra pie izejas no dūmvada nepārsniegtu 130 °C;

kurtuvei jāatrodas neapdzīvotā telpā.

LITERATŪRA

1. *Grišlis V.* Centrālā ūdens apkure individuālajās dzīvojamās mājās. — R.: LVI, 1958. — 91 lpp.
2. *Kražovskis M., Ramāns M.* Kurināmais un tā lietderīga izmantošana. — R.: LVI, 1959. — 120 lpp.
3. *Krēsliņš A.* Gaisa kondicionēšana rūpnieciskajās un sabiedriskajās ēkās. — R.: Liesma, 1975. — 256 lpp.
4. *Krēsliņš A.* Ēku sanitārtehniskās iekārtas: I daļa: Apkure. — R., 1976. — 88 lpp. — (Latv. Republikāniskais neklātienes lauksaimniecības teknikums).
5. *Krēsliņš A., Manusovs J., Pētersons G.* Siltumtehnika, siltumapgāde, gāzes apgāde un ventilācija: I daļa: Kurināmais un katlu iekārtas, gāzes apgāde, celtniecības siltumfizika. — R., 1979. — 72 lpp. — (Rīgas Politehniskais institūts).
6. *Krūmiņš A., Novinska R.* Civilekas centrālā apkure. — R., 1981. — 55 lpp. — (Rīgas Politehniskais institūts).
7. *Kulakovs M., Marčenko A.* Sanitārās tehnikas meistara īsa rokasgrāmata. — R.: Liesma, 1974. — 320 lpp.
8. *Kīgurs J.* Ventilācija. — R.: Liesma, 1976. — 215 lpp.
9. *Manusovs J.* Dzīvojamās ēkas apkure un ventilācija. — R., 1977. — 78 lpp. — (Rīgas Politehniskais institūts).
10. *Ogorodņikovs G. S.* Centrālās apkures katlu iekārtas un to ekspluatācija / tulk. no krievu val. — R.: LVI, 1961. — 150 lpp. (2. izd. 1964. 167 lpp.)
11. *Paegle K.* Centrālā apkure un tās ekspluatācija. — R.: LVI, 1951. — 99 lpp. — (2. izd. 1957. 139 lpp.)
12. *Paegle K.* Siltuma izolācijas materiāli. — R.: LVI, 1955. — 111 lpp.
13. *Plaude K., Grišlis V.* Termoficēto ēku abonentu centru automātika. — R.: LPSR ZA izd., 1960. — 31 lpp.
14. Siltumtehnika rokasgrāmata / tulk. no krievu val. — R.: Liesma, 1966. — 300 lpp.
15. *Skrodelis J.* Centrālās apkures iekārtas. — R.: Liesma, 1966. — 216 lpp.
16. *Skrodelis J.* Katlu iekārtas un centrālā apkure. — R.: Liesma, 1970. — 240 lpp. — (2. izd. 1974. 310 lpp.)
17. *Skrodelis J.* Katlu iekārtas un to ekspluatācija. — R.: Liesma, 1979. — 274 lpp.
18. *Štraks Z.* Siltuma apgāde. — R.: Liesma, 1973. — 216 lpp.
19. *Zēbergs V.* Kolhozu siltumapgāde. — R.: LPSR ZA izd., 1959. — 118 lpp.
20. СНиП II-33-75. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: Нормы проектирования. — М.: Стройиздат, 1976. — 112 с.
21. СНиП III-28-75. Санитарно-техническое оборудование зданий и сооружений: Правила производства и приемки работ. — М.: Стройиздат, 1976. — 61 с.
22. СНиП II-A. 6-72. Строительная климатология и геофизика: Нормы проектирования. — М.: Стройиздат, 1973. — 320 с.
23. СНиП II-3-79*. Строительная теплотехника: Нормы проектирования. — М.: Стройиздат, 1982. — 40 с.
24. Справочник проектировщика: Внутренние санитарно-технические устройства: Часть I: Отопление, водопровод, канализация. — М.: Стройиздат, 1975. — 429 с.

mal
kon
l
dzur
c
l
k
piec
tem
k

Дружн 4.80 - не митат мити

Креслинъ Андрис Янович,
Кигурс Юрис Николаевич
СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ ЗДАНИЙ

Рига «Авотс» 1983

На латышском языке

Рецензент доц. А. Круминь

Обложка А. Дразинька

ИБ № 654

Креслинъс Андрис Яна дэls,
Кигурс Юрис Николаја дэls

ĒKU APKURES SISTEMAS

Redaktore Dz. Birnbauma
Mākslinieciskais redaktors V. Kovaļevs
Tehniskā redaktore K. Kozachenko
Korektore R. Pokrotniece

Nodota salikšanai 28.04.82. Parakstlīta iespiešanai 22.12.82. JT 00957
Formāls 60×84/16. Tipogr. papīrs № 2. Literatūras garnitūra. Augst-
spiedums. 6,97 uzsk. iespiedl.; 7,26 uzsk. kr. nov.; 7,80 izdevn. l.
Metiens 3500 eks. Pasūt. № 821. Cena 55 kap. Izdevniecība «Avots»,
226047 Rīgā, Padomju bulv. 24. Izdevn. № 665-R-21. Iespiesta Lat-
vijas PSR Valsts izdevniecību, poligrāfijas un grāmatu tirdzniecības
lietu komitejas tipogrāfijā «Cīņa», 226011 Rīgā, Blaumaņa ielā 39/40.

Креслинъс А., Кигурс Ј.

Кг 452 Ēku apkures sistēmas. — R.: Avots, 1983.—119 lpp.

Grāmata aplūkotas plašāk lietotās apkures sistēmas: ūdens, tvaika, gā-
zes u. c. Sniegti ieteikumi ekonomiskākās apkures sistēmas izvēlei dažādās
rūpniecības un dzīvojamās ēkās. Doti apkures sistēmu aprēķina un projektēša-
nas pamati. Atsevišķa nodaļa veltīta siltumkrāšņu un kaminu izbūvei. Grāmata
paredzēta speciālistiem, kas nodarbojas ar apkures sistēmu projektēšanu un
ekspluatāciju, kā arī individuālo māju īpašniekiem un būvētājiem.

30210—665
M803(11)—83 87.83.320 6000000

6C9.4
38.762.1