

Tehnisko zinātņu kandidāts

A. KRĒSLIŅŠ

GAISA KONDICIONĒŠANA RŪPNIECĪBAS UN SABIEDRISKAJĀS ĒKĀS



IZDEVNIECĪBA «LIESMA»
RĪGA 1975

В книге рассмотрены устройство, проектирование, наладка, эксплуатация и технико-экономическое обоснование систем кондиционирования воздуха. Главное внимание обращено на применение систем кондиционирования воздуха в общественных и промышленных зданиях, расположенных в климатических условиях Латвийской ССР.

Книга рассчитана на всех, кто занимается проектированием, наладкой и обслуживанием систем кондиционирования воздуха.

Vāku zīmēja A. Kļodāns

IEVADS

Gaisa *kondicionēšana* ir gaisa apstrādes process un automātiska gaisa temperatūras, mitruma, kustības ātruma un tīrības uzturēšana slēgtā telpā vai telpas daļā neatkarīgi no ārējiem meteoroloģiskajiem apstākļiem un mainīgiem telpas siltuma un mitruma izdalījumiem.

Par *gaisa kondicionēšanas sistēmu* sauc tehnisko līdzekļu kompleksu, ar kura palīdzību gaisu kondicionē. Svarīgākos no šiem tehniskajiem līdzekļiem parasti apvieno īpašā aparātā, ko sauc par *kondicionētāju*. Atsevišķos gadījumos, kad visi šie tehniskie līdzekļi ir apvienoti vienā agregātā, jēdzieni «gaisa kondicionēšanas sistēma» un «kondicionētājs» kļūst līdzvērtīgi.

Izšķir *komforta* gaisa kondicionēšanas sistēmas, kuru uzdevums ir radīt cilvēkiem komfortablus apstākļus darbam un atpūtai, un *tehnoloģiskās* gaisa kondicionēšanas sistēmas, kuru galvenais uzdevums ir nodrošināt tehnoloģisko procesu norisei vai materiālo vērtību glabāšanai vēlamos gaisa parametrus.

Parasti gaisa kondicionēšanas sistēma rada un automātiski uztur noteiktus gaisa parametrus ne visā telpā, bet tikai tā sauktajā *darba zonā*, kur atrodas cilvēki, tehnoloģiskās iekārtas vai materiālās vērtības. Komforta kondicionēšanas sistēmās darba zona ir telpas daļa 2 m augstumā virs grīdas un 0,5 m no sienām.

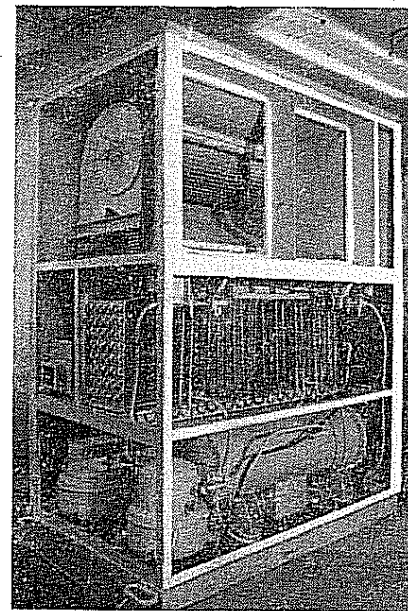
Šīs grāmatas mērķis ir dot ieskatu par gaisa kondicionēšanas sistēmu projektēšanu, regulēšanu un apkalpošanu sabiedriskajās un rūpniecības ēkās. Tā būs noderīga kā praktiķiem, tā arī inženiertehniskajiem darbiniekiem.

Grāmatā nav apskatītas ventilatoru konstrukcijas un to izvēle, gaisa vadu dimensionēšanas metodes, kaitīgo izdalījumu aprēķini (izņemot saules starojuma, gaismas ķermeņu un cilvēku izdalītā siltuma un mitruma noteikšana) un to elementu aprēķini, projektēšana un ieregulēšana, kas neatšķiras no attiecīgajiem ventilācijas sistēmu elementiem (kaloriferi, noplūdes gaisa filtri u. tml.).

1. ISS VĒSTURISKS APSKATS UN PERSPEKTIVAS

Gaisa kondicionēšana kā patstāvīga tehnikas nozare pastāv jau no mūsu gadsimta sākuma, tomēr mūsu valstī tā līdz piecdesmito gadu vidum attīstījās ļoti lēni. Nebija sērijveidā ražotu kondicionētāju, speciālas automātiskās regulēšanas aparātūras, nepieciešamās ražības saldēšanas mašīnu.

Tikai 1956. gadā kondicionētājus sāka ražot specializētā rūpnīcā Harkovā, bet vēlāk arī rūpnīcās Domodedovā,



1. zīm. 1973. gadā RPI izstrādātais specializētais
skaitļošanas centru kondicionētājs

Baku un Jelgavā (no 1966. gada Jelgavā kondicionētāju ražošana pārtraukta). Pēdējos gados atsevišķas ministrijas noorganizējušas kondicionētāju ražošanu nelielās sērijās savu uzņēmumu specifiskām vajadzībām. No 1961. gada Orlā ražo speciālu automatiskās regulēšanas aparāturu gaisa kondicionēšanas sistēmām.

Kondicionētāju ražošanas attīstības tempus PSRS raksturo sekojoši skaitļi:

Gads	līdz 1959.	1960.	1961.	1967.	1970.	1974.	1975.
Ražoto kondicionētāju kopīgais ražīgums miljonos m ³ /h	30	45	100	200	237	299	385

Statistika rāda, ka periodā no 1966.—1968. gadam ražotie kondicionētāji tika sadalīti pa atsevišķām tautsaimniecības nozarēm sekojoši: administratīvām un sabiedriskām ēkām — 15,4, tekstilrūpniecībai — 11,5, elektrotēhniskajai rūpniecībai — 10,9, ķīmiskajai rūpniecībai — 10,3, mašīnbūvniecībai — 9,6, metalurģijai — 8,3, vieglajai rūpniecībai — 5,6, lauksaimniecībai — 4,1, precizajai aparātbūvei — 3,9 un pārtikas rūpniecībai — 3,9% no kopējā skaita.

Pieprasījums pēc kondicionētājiem pārsniedz pašreizējo rūpnīcu jaudu, tādēļ celtniecības normas pagaidām gaisa kondicionēšanas ierīkošanu stingri reglamentē.

Gaisa kondicionēšanas sistēmas rūpniecības ēkās atļauts izbūvēt, ja tehnoloģiskā procesa norise iespējama tikai pie stingri noteiktas gaisa temperatūras un relatīvā mitruma.

Saskaņā ar celtniecības normām gaisa kondicionēšana jāierīko šādās sabiedriskās ēkās:

- slimnīcu palātās un operāciju zālēs,
- teātros skatītāju zālēs un foajē,
- kinoteātros, klubos un kultūras namos ar 600 un vairāk vietām,
- pirmās kategorijas restorānos un ēdnīcās ar 250 un vairāk vietām,
- veikalos ar vairāk par 75 pārdevējiem,
- viesnīcās,

Vissavienības nozīmes gleznu galerijās, muzejos, grāmatu krātuvēs un arhīvos, administratīvās ēkās, skaitļošanas centros.

Dzīvojamās ēkās, mācību iestādēs un bērnudārzos gaisa kondicionēšanu pagaidām izmanto tikai dienviņu republikās.

Šie norādījumi attiecas tikai uz celtnēm, kuru būvdarbus finansē no valsts budžeta. Attiecībā uz sabiedriskajām un dzīvojamām ēkām, kuras ceļ privātpersonas, kooperatīvi vai kolhozi, un ēkām, kuru būvdarbus finansē no rūpniecības uzņēmumu peļņas atskaitītā dzīvojamo ēku celtniecības fonda, nekādu ierobežojumu nav.

Kondicionētāju būves rūpniecībai tālāk attīstoties, arvien vairāk cels objektus, kuros būs gaisa kondicionēšanas sistēmas.

2. MITRĀ GAISA TERMODINAMIKAS PAMATI

2.1. SAUSA GAISA ĪPAŠĪBAS

Apkārtējais atmosfēras gaiss ir sausā gaisa, kura sastāvs ir nemainīgs, un mainīga ūdens tvaiku daudzuma maisījums.

Gaisa kondicionēšanas tehnikas aprēķinos mitro gaisu ar pietiekamu precizitāti var uzskatīt par ideālu gāzi un aprēķinos izmantot fizikas likumus, kas ir spēkā ideālu gāzu maisījumiem. Katra gāze, tai skaitā arī ūdens tvaiks, ieņem tikpat lielu tilpumu kā viss maisījums. Visu gāzu temperatūra ir vienāda, un katra no gāzēm atrodas zem sava parciālā spiediena. Saskaņā ar Daltona likumu visu maisījumā ietilpstošo gāzu parciālo spiedienu summa ir vienāda ar maisījuma pilno jeb barometrisko spiedienu

$$B = P_{sg} + P_{tv}, \quad (2.1)$$

kur P_{sg} — sausā gaisa parciālais spiediens;
 P_{tv} — ūdens tvaika parciālais spiediens.

Pie $B = 1,013 \text{ bar} = 760 \text{ mm Hg}$ sausā gaisa blīvums

$$\gamma_{sg} = \frac{353}{273+t} [\text{kg/m}^3], \quad (2.2)$$

kur t — gaisa temperatūra, °C.

Sausā gaisa siltumietilpība c_{sg} pie pastāvīga spiediena ir atkarīga no tā temperatūras, tomēr, ņemot vērā, ka temperatūras svārstības gaisa kondicionēšanas sistēmās nepārsniedz $-50 \text{ — } +50 \text{ °C}$, var uzskatīt, ka $c_{sg} = 1,005 \text{ kJ/(kg} \cdot \text{deg)} = 0,236 \text{ kcal/(kg} \cdot \text{deg)} = \text{const.}$

Pieņem, ka pie 0 °C sausā gaisa entalpija $i_{sg} = 0$, tad

$$i_{sg} = c_{sg}t. \quad (2.3)$$

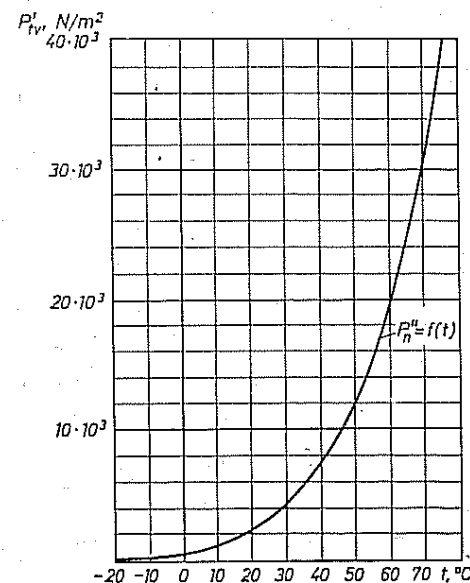
2.2. ŪDENS TVAIKA ĪPAŠĪBAS

Ūdens tvaiks gaisā parasti atrodas pārkarsētā stāvoklī, bet var sasniegt arī piesātinājumu. Jo augstāka ir mitrā gaisa temperatūra, jo lielāks ir piesātināta ūdens tvaika spiediens (sk. 3. un 4. pielikumu un 2. zīm.).

Kā redzams 2. zīmējumā, gaisa spēja saturēt sevī ūdens tvaiku, palielinoties temperatūrai, strauji pieaug.

Ja gaisu, kas satur lielāku vai mazāku ūdens tvaika daudzumu, atdzesē pie pastāvīga spiediena, tad pie stingri noteiktas temperatūras šis tvaiks kļūst piesātināts. Sasniegto stāvokli sauc par *rasas punktu* un atbilstošo gaisa temperatūru — par *rasas punkta temperatūru* t_R .

Ūdens tvaiku, tāpat kā sausu gaisu, neatkarīgi no tā, vai tas ir pārkarsēts vai piesātināts, praktiski var uzskatīt par ideālu gāzi. Var pieņemt, ka tā siltumietilpība pie pastāvīga spiediena $c_{tv} = 1,8 \text{ kJ/(kg} \cdot \text{deg)} = 0,46 \text{ kcal/(kg} \cdot \text{deg)} = \text{const.}$



2. zīm. Piesātināta ūdens tvaika parciālais spiediens P'_{tv} atkarībā no temperatūras t

Ūdens tvaika entalpija i_{tv} sastāv no ūdens entalpijas pie mitrā gaisa temperatūras t un iztvaikošanas siltuma r :

$$i_{tv} = c_{H_2O} t + r, \quad (2.4)$$

kur c_{H_2O} — ūdens siltumietilpība [4,1868 kJ/(kg deg) jeb 1 kcal/(kg deg)].

Ūdens iztvaikošanas siltums savukārt ir atkarīgs no ūdens temperatūras

$$r = 2495 - 2,36 t \text{ [kJ/kg]}. \quad (2.5)$$

Tātad

$$i_{tv} = 4,1868 t + 2495 - 2,36 t = 2495 + 1,8268 t \text{ (kJ/kg)}. \quad (2.6)$$

2.3. SAUSA GAISA UN ŪDENS TVAIKA MAISIJUMA ĪPAŠĪBAS

Par gaisa *relatīvo mitrumu* φ sauc faktiskā ūdens tvaika koncentrācijas attiecību pret piesātināta ūdens tvaika koncentrāciju pie dotās gaisa temperatūras. Koncentrāciju attiecības var izteikt ar attiecīgo blīvumu vai parciālo spiedienu attiecību

$$\varphi = \frac{\gamma_{tv}}{\gamma'_{tv}} = \frac{P_{tv}}{P'_{tv}}, \quad (2.7)$$

kur γ'_{tv} un P'_{tv} — piesātināta ūdens tvaika blīvums un parciālais spiediens.

Par gaisa *mitruma saturu* d sauc ūdens tvaika daudzumu, ko satur viena sausā gaisa masas vienība. Parasti mitruma saturu izsaka gramos, un tādēļ šī parametra mērvienība ir g/kg. Mitrā gaisa blīvums

$$\gamma = \gamma_{sg} + \gamma_{tv} = \gamma_{sg} \left(1 + \frac{d}{1000} \right) \text{ [kg/m}^3\text{]}. \quad (2.8)$$

Var pierādīt, ka pie vienas un tās pašas temperatūras un atmosfēras spiediena mitrā gaisa blīvums vienmēr ir mazāks par sausa gaisa blīvumu. Tomēr starpība ir pārāk niecīga, lai to ņemtu vērā gaisa kondicionēšanas tehnikas aprēķinos.

Izmantojot ideālo gāzu termodinamiskā stāvokļa vienādojumus,

$$d = 622 \frac{P_{tv}}{P_{sg}} = 622 \frac{P_{tv}}{B - P_{tv}} = 622 \frac{\varphi P'_{tv}}{B - \varphi P'_{tv}}, \quad (2.9)$$

vai pārveidojot,

$$P_{tv} = \frac{Bd}{622 + d}. \quad (2.10)$$

Tātad ūdens tvaika parciālo spiedienu gaisā, ja $B = \text{const}$, nosaka mitruma saturs, un tas nav atkarīgs no gaisa temperatūras.

Mitrā gaisa entalpija sastāv no sausā gaisa un ūdens tvaika entalpijas

$$I = i_{sg} + i_{tv}. \quad (2.11)$$

Ievietojot attiecīgas vērtības no vienādojumiem (2.3) un (2.4), atrodam, ka

$$I = 1,005 t + (2495 + 1,8268 t) \frac{d}{1000} \text{ [kJ/kg]} \text{ vai}$$

$$I = 0,236 t + (595 + 0,46 t) \frac{d}{1000} \text{ [kcal/kg]}. \quad (2.12)$$

Iegūtie vienādojumi pilnīgi raksturo mitrā gaisa termodinamisko stāvokli, ja ir doti divi tā parametri, piemēram, t un φ , t un d , I un d . Tomēr analītiskie aprēķini aizņem daudz laika, tāpēc visus gaisa kondicionēšanas aprēķinus veic grafoanalītiski ar I - d diagrammas palīdzību, kuru 1918. gadā saslādījis padomju zinātnieks L. Ramzins.

2.4. I - d DIAGRAMMA

Lai racionālāk izmantotu diagrammas laukumu, to būvē slīpenķa koordinātu sistēmā (sk. 5., 6., 7. un 8. pielikumu). Uz vertikālās ass izvēlēta mērogā atliek entalpiju vērtības, pieņemot par koordinātu sākumu absolūti sausa gaisa termodinamisko stāvokli pie 0°C. Mitruma satura vērtības atliek uz ass, kura ar vertikāli veido leņķi $\alpha = 135^\circ$; tad var izdarīt precīzus aprēķinus gaisa stāvokļiem, kādus parasti sastop gaisa kondicionēšanas tehnikā. Aukstumtehnikas aprēķinos lieto I - d diagrammas ar lielākām leņķa α vērtībām, bet, aprēķinot kaltes, — ar mazākām vērtībām.

Rasas punkta temperatūra t_R ir izolīniju d un $\varphi=1,0$ krustpunktā.

Piesātināta ūdens tvaika parciālais spiediens P'_{tv} pie dotās gaisa temperatūras ir izoterma un izolīnijas $\varphi=1,0$ krustpunktā.

Mitrā termometra jutīgā daļa (dzīvsudraba rezervuārs) ir aptīta ar plānu audumu (marle, batists), kura gals iegremdēts ūdens trauciņā. Apkārtējais gaiss, lai nokļūtu pie rezervuāra, iziet cauri mitrajam audumam, un tā relatīvais mitrums praktiski kļūst vienāds ar $\varphi=1,0$. No auduma ūdens iztvaiko, atņemot siltumu apkārtējam gaisam (pazeminot tā entalpiju), bet iztvaikojušais ūdens tvaiku veidā atgriežas gaisā, paaugstinot tā entalpiju. Rezultātā entalpija gaisam, kas saskaras ar mitrā termometra jutīgo daļu,

$$I' = I + \frac{\Delta d}{1000} t' c_{H_2O} \text{ [kJ/kg]}. \quad (2.13)$$

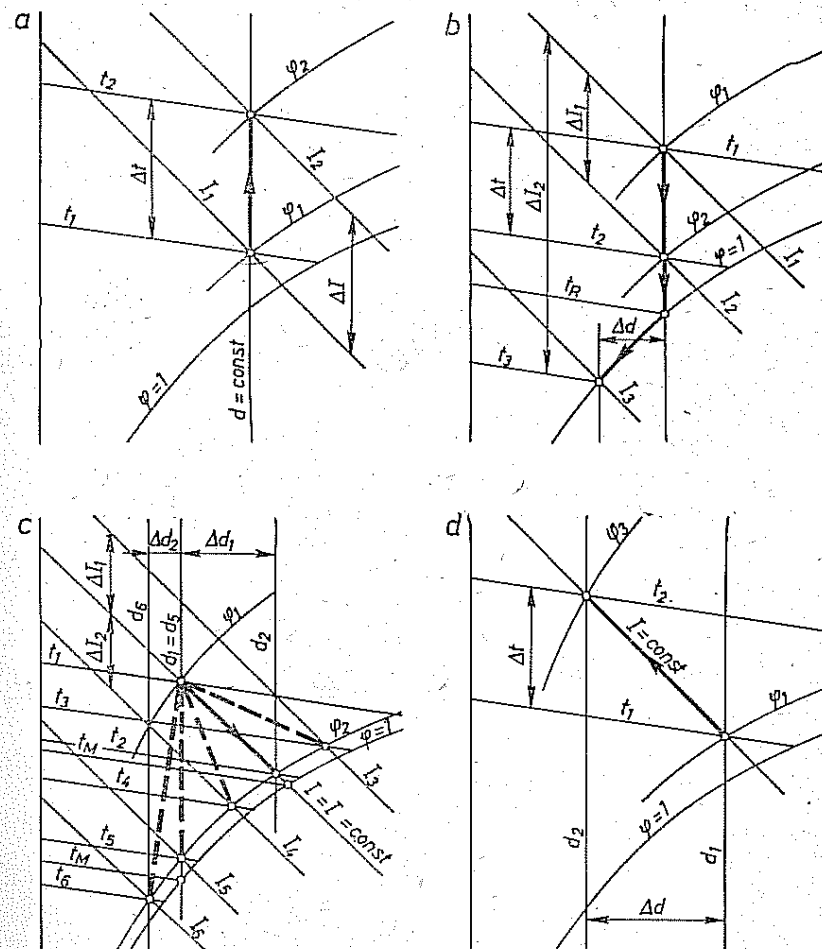
Taisne t_M 4. zīmējumā ir mitrā termometra rādījumu izoterma. Aprēķinot kaltes, lielo I - d diagrammas, kurās ir līnijas $t_M = \text{const}$. Gaisa kondicionēšanas aprēķinos locekli $\frac{\Delta d}{1000} t' c_{H_2O}$ vienādojumā (2.13) parasti neņem vērā tā niecīgās vērtības dēļ un uzskata, ka pietiekami precīzi t_M var noteikt izoentalpas I un līknes $\varphi=1,0$ krustpunktā.

Dažkārt, piemēram, amerikāņu praksē, I - d diagrammas vietā lieto tā sauktās psihrometriskās kartes jeb diagrammas, ko būvē pēc līdzīga principa koordinātēs t - t_M [23]. Iepazīšanās ar tām ir nepieciešama, lasot oriģinālā ārzemju speciālo literatūru.

Gaisa kondicionēšanas sistēmu apkalpes personāls bieži lieto psihrometriskās tabulas (9. pielikums), pēc kurām ātri var noteikt gaisa relatīvo mitrumu (pēc sausā un mitrā termometra rādījumiem).

2.6. GAISA STĀVOKĻA IZMAIŅU ATTEĻOSANA I - d DIAGRAMMA

Gaisa kondicionēšanas sistēmās āra gaisu silda, dzesē, mitrina, sausa, sajauc ar gaisu, kas ir jau iepriekš apstrādāts vai atgriežas no telpas. Ejot cauri telpai, gaiss asimilē (uzņem sevī) cilvēku un tehnoloģisko iekārtu



5. zīm. Vienkāršāko gaisa apstrādes procesu attēli I - d diagrammā:
a — sildīšana; b — dzesēšana; c — kontaklēšana ar ūdeni; d — sausināšana, kontaktējot ar adsorbentu

izdalīto mitrumu un siltumu. Rezultātā gaisa termodinamiskais stāvoklis, ko raksturo apskatītie gaisa parametri, mainās. Visas šīs parametru izmaiņas var noteikt pēc I - d diagrammas.

2.6.1. Sildīšana

Gaisu sildot kaloriferos (siltuma apmaiņas aparāts, kurā gaiss saskaras ar sausu sakarsētu virsmu), tā mitruma saturs nemainās, pieaug entalpija un temperatūra, samazinās relatīvais mitrums (5. zīm. a). Siltuma daudzums, kas jāpievada gaisam, lai paaugstinātu tā entalpiju no I_1 līdz I_2 kJ/kg,

$$Q = L_{sg}(I_2 - I_1) = L_{sg}\Delta I [\text{kW}], \quad (2.14)$$

kur L_{sg} — gaisa daudzums, kg/s.

Jāatceras, ka L_{sg} nav visa apstrādātā gaisa, bet tikai tā sausās daļas masa, pie kam

$$L_{sg} = \frac{L}{1 + \frac{d}{1000}} [\text{kg/s}], \quad (2.15)$$

kur L — mitrā gaisa faktiskā masa, kg/s.

Praktiski gaisa kondicionēšanas aprēķinos pieņem, ka $L = L_{sg}$, un siltuma patēriņu aprēķina pēc formulas

$$Q = L\Delta I [\text{kW}] \quad (2.16)$$

$$\text{jeb } Q = L(t_2 - t_1) [\text{kW}]. \quad (2.17)$$

Formulu (2.17) bieži lieto ventilācijas un gaisa kondicionēšanas aprēķinos, bet tā ir aptuveni pareiza tikai pie lielām mitruma satura d vērtībām, kad izoterma var uzskatīt par praktiski paralēlām taisnēm.

2.6.2. Dzesēšana

Atdzesējot gaisu virsmas dzesētājos (siltuma apmaiņas aparāts, kurā gaisa plūsma saskaras ar sausu, aukstu virsmu), tā temperatūra un entalpija samazinās, mitruma saturs paliek nemainīgs, bet relatīvais mitrums kļūst lielāks (5. zīm. b). Siltuma daudzums, kas jāatņem gaisam, lai pazeminātu tā entalpiju no I_1 līdz I_2 ,

$$Q = L(I_1 - I_2) = L\Delta I_1 [\text{kW}]. \quad (2.18)$$

Ja turpina gaisa dzesēšanu, tad tā relatīvais mitrums palielinās līdz $\varphi = 1,0$. Turpinot atdzesēšanu, no gaisa uz dzesētāja virsmas izkrīt kondensāts, kura daudzumu var noteikt pēc formulas

$$G_K = L(d_1 - d_3) = L\Delta d [\text{g/s}]. \quad (2.19)$$

Šis ir viens no iespējamajiem gaisa sausināšanas paņēmieniem — *izsaldēšana*. Ja iegūto gaisu pēc tam uzsilda kaloriferā līdz sākuma temperatūrai t_1 , tad iegūst par Δd g/kg sausāku gaisu.

2.6.3. Mitrināšana

Gaisa mitrināšanu veic, izsmidzinot gaisa plūsmā ūdens pilienus vai ļaujot gaisa plūsmai saskarties ar atklātu ūdens virsmu. Ja ūdens temperatūra ir aptuveni vienāda ar mitrā termometra temperatūru, tad gaisa relatīvais mitrums un mitruma saturs pieaug, temperatūra samazinās, bet entalpija paliek praktiski nemainīga (5. zīm. c). Teorētiski gaisa relatīvais mitrums var pieaugt līdz $\varphi = 1,0$, bet praktiski $\varphi < 1,0$. Mitruma satura starpība Δd_1 ir atkarīga no tā, cik liela ir gaisa un ūdens kontakta virsma un ilgums.

Ja kontaktējošā ūdens sākuma temperatūra $t_{a1} > t_M$, tad gaisa entalpija pieaugs, bet, ja $t_{a1} < t_M$, — pazemināsies. 5. c zīmējumā parādīti iespējamie raksturīgie gaisa stāvokļa izmaiņas procesi, kontaktējot tam ar ūdeni.

Lai paaugstinātu gaisa entalpiju no I_1 līdz I_3 kJ/kg, tad gaisam ar ūdeni jāpievada siltuma daudzums $Q = L\Delta I_1$ kW, bet, lai pazeminātu tā entalpiju no I_1 līdz I_4 kJ/kg, — jāatņem siltuma daudzums $Q = L\Delta I_2$ kW.

Kontaktējot gaisu ar pietiekami aukstu ūdeni, tā entalpiju var pazemināt līdz I_5 kJ/kg, pie kuras gaisa mitruma saturs paliks nemainīgs, lai gan gaiss joprojām būs saskarē ar ūdeni. Pie vēl zemākas ūdens temperatūras gaisa entalpiju var pazemināt līdz I_6 kJ/kg un tā mitruma saturs var samazināties pat par Δd_2 , t. i., var panākt gaisa no-sausināšanu ar aukstu ūdeni.

So negaidīto parādību var izskaidrot ar to, ka ūdens tvaiku daļiņās spiediens gaisa slānim, kas tieši saskaras ar aukstā ūdens virsmu, ir zemāks par P_{t+} gaisā. Tādēļ ūdens tvaiks no gaisa virzās uz ūdens virsmu un izkrīt uz tās kondensāta veidā.

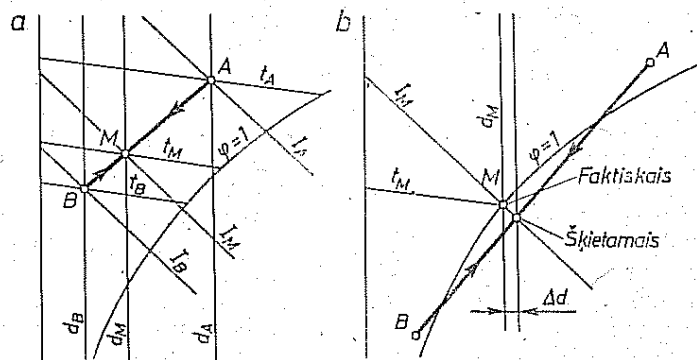
2.6.4. Sausināšana

Bez diviem apskatītajiem gaisa sausināšanas paņēmieniem lieto trešo — sausināšanu, laižot gaisu caur materiāliem, kuri adsorbē ūdens tvaiku (aktivizētais silīcijs u. c.). Tā kā šādā gaisa apstrādes procesā siltums gaisa plūsmai netiek ne pievadīts, ne atņemts, tad tas notiek pie nemainīgas entalpijas. Kā redzam 5.d zīmējumā, gaisa relatīvais mitrums un mitruma saturs samazinās, bet temperatūra pieaug. Mitruma satura starpība Δd ir atkarīga no tā, cik biezs ir adsorbenta slānis un cik ātri gaiss caur to izplūst.

2.6.5. Sajaukšana

Ja L_A kg/s gaisa, kura stāvokli I - d diagrammā attēlo punkts A (6. zīm. a), sajauc ar L_B kg/s gaisa, kura stāvokli attēlo punkts B , tad maisījuma termodinamisko stāvokli attēlos punkts M , kas atrodas uz taisnes, kas novilkta caur punktiem A un B . Nogriežņu garumu attiecības

$$\frac{\overline{BM}}{\overline{MA}} = \frac{L_A}{L_B}. \quad (2.20)$$



6. zīm. Gaisa sajaukšanas procesu attēli I - d diagrammā:
 a — no maisījuma kondensāts neizdalās; b — no maisījuma izdalās kondensāts

Izmantojot šo vienkāršo likumu, grafiski pēc I - d diagrammas var uzreiz noteikt visus maisījuma parametrus.

Bieži, sajaucot auksto āra gaisu ar silto un mitro telpas gaisu, taisne, kas savieno abus punktus, krusto līkni $\varphi=1,0$. Ja punkts M atrodas zem šīs līknes (6. zīm. b), tad tas nozīmē, ka sajaukšanas rezultātā veidojas pārsātināts gaiss, kura termodinamiskais stāvoklis nav noturīgs. No tā nekavējoties izdalīsies liekais mitrums ledus vai kondensāta veidā, un tas kļūs par piesātinātu gaisu, kam $\varphi=1,0$. Tādēļ punkts M diagrammā šajā gadījumā attēlo maisījuma šķietamo stāvokli. Lai atrastu maisījuma faktisko stāvokli, kāds radīsies pēc liekā mitruma izdalīšanās, apskatīsim sīkāk kondensēšanās procesu.

Izdaloties kondensātam, gaiss zaudē daļu siltuma un tā entalpija samazinās par

$$\frac{\Delta d}{1000} t_M c_{H_2O} \text{ [kJ/kg]}, \quad (2.21)$$

kur $\frac{\Delta d}{1000}$ — kondensāta daudzums, kg;
 t_M — kondensāta temperatūra, °C.

Izkrītot ledum, gaisa entalpija samazinās par

$$\frac{\Delta d}{1000} (2,1 t_M + 335) \text{ kJ/kg}, \quad (2.22)$$

kur 2,1 — ledus siltumietilpība, kJ/kg deg;
335 — ledus kušanas siltums, kJ/kg.

Abi šie lielumi parasti ir niecīgi, un tādēļ, neņemot tos vērā, var uzskatīt, ka maisījuma entalpija pēc liekā mitruma izdalīšanās praktiski neizmainās. Tas ļauj grafiski atrast faktisko maisījuma temperatūru t_M un izkritušā kondensāta daudzumu Δd g/kg (6. zīm. b).

2.7. GAISA STĀVOKĻA IZMAIŅAS IESPĒJAMIE VIRZIENI

Lai atvieglotu grafoanalītiskos aprēķinus, I - d diagrammā lieto *leņķa koeficientu* jeb *procesa virzienu* ε — entalpijas pieauguma attiecība pret mitruma satura pieaugumu gaisa stāvokļa izmaiņas rezultātā. Piemēram, ja gaiss no stāvokļa I_1, d_1 pāriet stāvoklī I_2, d_2 , tad šī procesa virziens

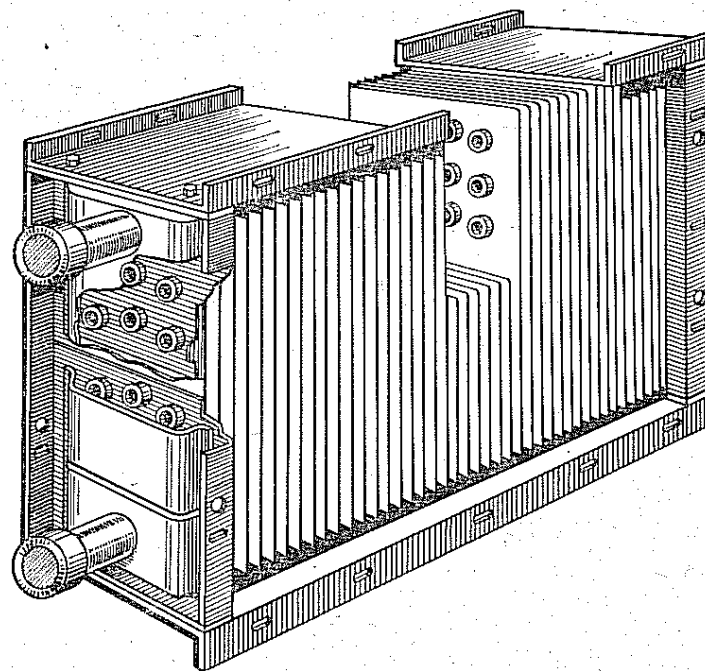
$$\varepsilon = \frac{I_2 - I_1}{d_2 - d_1}. \quad (2.23)$$

3. GAISA APSTRĀDES METODES

Sajā nodaļā apskatīta aparatūra un paņēmieni, ar kuriem kondicionētajos apstrādā gaisu. Kondicionētajā pēc vajadzības izmaina gaisa parametrus, kontaktējot to ar aukstām vai karstām virsmām, ūdeni vai ūdens tvaiku, sāls šķīdumiem ūdenī, higroskopiskām vielām, kā arī piejaucot gaisu ar citiem parametriem. Bez tam gaisu var attīrīt no nevēlamiem piejaukumiem un smakām.

3.1. GAISA SILDĪŠANA UN DZESĒŠANA

Atkarībā no tā, vai pa caurulītēm cirkulējošā šķidruma temperatūra ir augstāka vai zemāka par gaisa temperatūru, siltuma apmaiņas aparātu, kas parādīts 8. zīmējumā, sauc par kaloriferu vai par gaisa dzesētāju, bet šķidrumu — par siltuma nesēju vai aukstuma nesēju. Siltuma nesēji ir karsts vai pārkarsēts ūdens (tvaiku kondicionētajos nelielo), bet aukstuma nesēji — ūdens, dažādu sāļu šķīdumi ūdenī vai freons. Caurulišu iekšējām virsmām siltumatdeves koeficients ir daudzkārt lielāks nekā ārējām virsmām, tādēļ ārējā virsma jāpalielina. To panāk ar plāksnītēm, kuras uzpresē un pēc tam pie caurulītēm pielodē un nocinko kopā ar caurulītēm; ar metāla lentu, kuru sakarsētu spirāliski uztin caurulītēm, tā panākot labu kontaktu; no stieplu spirālēm, kuras spirāliski uztin caurulītēm, pielodē un pēc tam kopā ar caurulītēm cinko. Vispilnvērtīgākais paņēmiens ir izvalcēt plāksnītes tieši no caurules sienām; parasti šādu paņēmieni lieto bimetāla caurulītēm, kuru iekšējā daļa ir melnā vai speciāla misiņa, bet ārējā — vara vai alumīnija. Lai samazinātu aparāta aerodinamisko pretestību, dažreiz lieto piliena formas, ovālas vai četrstūrainas caurulītes. Bez tam caurulišu kūlī var dažādi sakārtot gaisa plūsmā, kā arī dažādi organizēt siltuma vai aukstuma nesēja cirkulāciju pa caurulītēm.



8. zīm. Kalorifera vai dzesētāja kopskats

Pašreiz ventilācijas un gaisa kondicionēšanas sistēmās gaisa sildīšanai un dzesēšanai lieto vairāk nekā 100 dažāda tipa aparātus.

Siltumapmaiņas aparāta tipu un tā sildvirsmu izvēlas pēc katalogiem. Katalogos ir uzrādītas arī siltuma pārejas koeficienta K vērtības un dati siltumapmaiņas aparātu aerodinamiskās pretestības noteikšanai.

Gaisa dzesēšanas process var būt apvienots ar gaisa sausināšanu, ja no gaisa izkrīt kondensāts. Tādā gadījumā caurulišu ārējās virsmas siltumatdeves koeficienta vērtība jāpareizina ar kondensāta izdalīšanās koeficientu

$$\xi = \frac{I_1 - I_2}{(t_1 - t_2)}, \quad (3.1)$$

kur I_1 un I_2 — gaisa entalpija, kJ/kg pirms un pēc gaisa dzesēšanas;
 t_1 un t_2 — gaisa temperatūra, °C, pirms un pēc gaisa dzesēšanas.

Ja kondensāts izdalās vienmēr, tad siltuma pārejas koeficients pastāvīgi ir augstāks par katalogos uzrādīto un var izvēlēties gaisa dzesētāju ar attiecīgi mazāku sildvirsmu. Lai panāktu intensīvāku siltuma apmaiņu un tā samazinātu aparāta sildvirsmu, var speciāli apsmidzināt tā virsmu ar ūdeni. Tādus gaisa dzesētājus, kurus ievieto centrālajos sekciju kondicionētājos komplektā ar sūkni, sprauslām ūdens izsmidzināšanai un tvertni kondensāta uztveršanai, ražo Harkovas kondicionētāju būves rūpnīca. Ar ūdeni apsmidzināmus gaisa dzesētājus dažreiz izmanto arī autonomos kondicionētājos. Svarīga to priekšrocība ir iespēja ziemā, kad gaisa dzesētājs nedarbojas, izmantot sprauslas gaisa adiabatiskai mitrināšanai.

Tuvākajā laikā sāks ražot arī ar ūdeni apsmidzināmus kaloriferus centrālo kondicionētāju komplektēšanai.

Gaisa dzesētājiem, kuros izdalās kondensāts, aerodinamiskā pretestība pieaug apmēram 1,5 reizes, bet kalorifieriem un gaisa dzesētājiem, kurus speciāli apsmidzina ar ūdeni, — 1,8÷2 reizes.

Pie gaisa kustības ātruma, lielāka par 5 m/s, ūdens pilieniņi no gaisa dzesētāja ārējās virsmas sāk atrauties un līdzīgi gaisa plūsmai, pie ātruma 8 m/s atrašanās notiek intensīvi, bet pie ātruma 10 m/s praktiski visa ūdens kārtiņa no virsmas tiek norauta. Lai tas nenotiktu, gaisa kustības ātrums jāpieņem ne lielāks par 6 m/s.

Ja aukstuma nesēja temperatūra ir negatīva, uz virsmas uzkrīt sarma un veidojas «sniega kažoks». Tas krasi samazina siltuma pārejas koeficientu un palielina aerodinamisko pretestību. Sniega kažoku periodiski atkausē, pārtraucot uz brīdi aukstuma nesēja padevi.

3.2. GAISA APSTRĀDE, KONTAKTĒJOT TO AR ŪDENI

Kontaktējot ar ūdeni, gaisa relatīvais mitrums vienmēr palielinās, bet entalpija, mitruma saturs un temperatūra var gan palielināties, gan arī samazināties atkarībā no gaisa sākuma parametriem un ūdens temperatūras (sk. 5.c zīm.). Pateicoties gaisa un ūdens temperatūru t_g un t_u un ūdens tvaiku parciālo spiedienu P_g un P_u starpībai, starp gaisu un ūdeni vienlaicīgi notiek siltuma apmaiņa un masas apmaiņa. Ūdens tvaiku parciālais spiediens P_u uz ūdens virsmas ir vienāds ar piesātināta ūdens

tvaika spiedienu pie noteiktas ūdens temperatūras, to var atrast pēc 3. pielikuma.

Ja pieņem, ka siltuma un masas apmaiņa notiek virzienā no gaisa uz ūdeni, tad siltuma plūsma, kas rodas temperatūru starpības rezultātā,

$$dQ_1 = \alpha (t_g - t_u) dF [\text{kW}], \quad (3.2)$$

bet ūdens tvaika plūsma, kas rodas tā parciālo spiedienu starpības rezultātā,

$$dG = \beta (P_g - P_u) dF = \sigma (d_g - d_u) dF [\text{kg/s}], \quad (3.3)$$

kur α — siltumapmaiņas koeficients, $\text{kW}/(\text{m}^2 \cdot \text{deg})$;

β — masas apmaiņas koeficients, $\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ uz N/m^2 ;

σ — masas apmaiņas koeficients, $\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ uz g/kg ;

d_g — patiesais gaisa mitruma saturs, g/kg ;

d_u — piesātināta gaisa mitruma saturs pie noteiktās ūdens temperatūras, g/kg ;

F — kontakta virsmas laukums, m^2 .

Ūdens tvaikiem pārejot šķidrā stāvoklī, no gaisa uz ūdeni tiek pārņemts to iztvaikošanas siltums (sk. (2.5.) vienādojumu)

$$dQ_2 = r dG [\text{kW}]. \quad (3.4)$$

Angļu zinātnieka Luisa (1922. gadā) un vēlākie prof. A. Gogoļina, prof. J. Stefanova u. c. pētījumi pierādījuši, ka

$$\frac{\alpha}{\sigma} = c'_p, \quad (3.5)$$

kur c'_p — mitrā gaisa īpatnējā siltumietilpība, $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{deg})$.

Attiecību $Le = \frac{\alpha}{\sigma c'_p}$ sauc par Luisa kritēriju. Izmantojot to no vienādojumiem (3.2), (3.3) un (3.4), var atrast, ka pilnā siltuma apmaiņa starp gaisu un ūdeni

$$dQ = Q_1 + Q_2 = \sigma [c'_p (t_g - t_u) + r (d_g - d_u)] dF \cong \cong \sigma (I_g - I_u) dF [\text{kW}], \quad (3.6)$$

kur I_g — patiesā gaisa entalpija, kJ/kg ;

I_u — piesātināta gaisa entalpija pie noteiktas ūdens temperatūras, kJ/kg .

Aprēķinot siltuma un masas apmaiņas procesu norisi reālos kontakta aparātos, nepieciešams vienādojumus

(3.3) un (3.6) integrēt pa kontakta virsmu. Lai to varētu izdarīt, nepieciešams zināt patieso kontakta virsmas formu un laukumu F , kā arī gaisa un ūdens parametrus katram virsmas elementam. Tā kā šos datus precīzi iegūt gandrīz nekad nav iespējams, tad aprēķinos lieto dažādus vienkāršolus paņēmienus, piemēram, faktisko temperatūru starpību vietā ņem vidējās logaritmiskās starpības. Visgrūtāk ir precīzi noteikt patieso kontakta virsmas laukumu.

Praktiskos aprēķinos izmanto empīriskas sakarības

$$\sigma = f(v_{\gamma}, \mu, T_0) \quad (3.7)$$

vai

$$\sigma = f_1(v_{\gamma}, \mu, M_1), \quad (3.8)$$

kas ir pareizas tikai konkrētai kontakta aparāta konstrukcijai un gaisa masas ātruma v , mitrināšanas koeficienta μ un temperatūras parametru T_0 vai M_1 vērtību svārstībām salīdzinoši šaurā diapazonā, kurā ir veikti eksperimenti.

Par mitrināšanas koeficientu μ sauc kontaktējošo ūdens un gaisa masu kg/s attiecību.

Biežāk lietotie temperatūras parametri:

$$T_0 = \frac{t_1 - t_{M1}}{t_1 - t_{ū1}}, \quad (3.9)$$

$$M_1 = \frac{t_{R1} - t_{ū1}}{t_1 - t_{R1}}, \quad (3.10)$$

kur t_1 , t_{M1} un t_{R1} — gaisa temperatūra pēc sausā un mitrā termometra un gaisa rasas punkta temperatūra pirms kontaktēšanas ar ūdeni, °C;

$t_{ū1}$ — ūdens temperatūra pirms kontaktēšanas ar gaisu, °C.

Ideāla kontaktēšanas procesa beigās gaisa relatīvais mitrums $\varphi_2 = 1$, bet temperatūra kā pēc sausā termometra t_2 , tā arī pēc mitrā termometra t_{M2} ir vienāda ar ūdens beigu temperatūru $t_{ū2}$. Praktiski $\varphi_2 < 1$, un gaisa parametru izmaiņas procesa virziens nav vērsts tieši uz punktu, kas $I-d$ diagrammā raksturo ūdens beigu temperatūru. Lai noteiktu patieso gaisa beigu entalpiju, lieto pilnās siltumapmaiņas efektivitātes koeficientu

$$E = 1 - \frac{t_{M2} - t_{ū2}}{t_{M1} - t_{ū1}}, \quad (3.11)$$

bet, lai noteiktu gaisa beigu temperatūru, — siltumapmaiņas koeficientu

$$E' = 1 - \frac{t_2 - t_{M2}}{t_1 - t_{M1}}. \quad (3.12)$$

Izoentalpiskas gaisa mitrināšanas gadījumā $t_{M2} = t_{M1}$ un

$$E' = E_A = 1 - \frac{t_2 - t_{M1}}{t_1 - t_{M1}}. \quad (3.13)$$

Atsevišķu kontakta aparātu konstrukcijām eksperimentāli iegūtas E , E' un E_A vērtības atkarībā no v_{γ} , μ un citiem faktoriem, piemēram, sprauslu kamerām — sprauslu daudzuma, izvietojuma kamerā, diametra un ūdens spiediena pirms sprauslām.

Veidojot kontakta aparātus, cenšas pēc iespējas palielināt kontakta virsmu, kā arī ūdens un gaisa relatīvos kustības ātrumus attiecībā vienam pret otru. Lai to panāktu, lieto šādus principiāli atšķirīgus paņēmienus:

ūdeni izsmidzina gaisa plūsmā no sprauslām vai ar ro-tējošu aparātu palīdzību;

ūdeni lej plānā kārtiņā uz kontakta slāņa — izvērstu virsmu, gar kuru virza gaisa plūsmu;

gaisa plūsmu laiž cauri ūdens slānim, kurš saputojas, tā veidojot lielu kontakta virsmu.

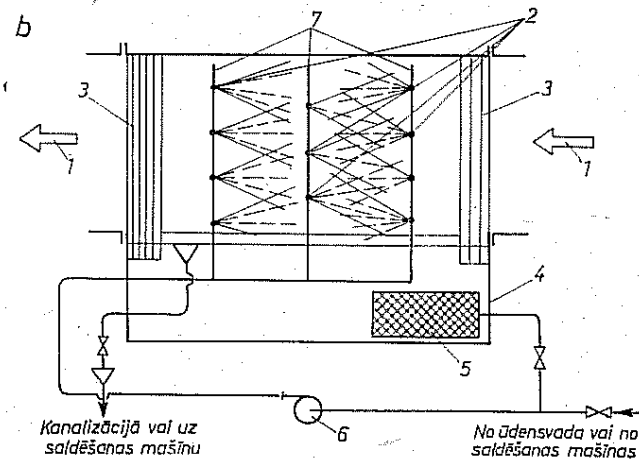
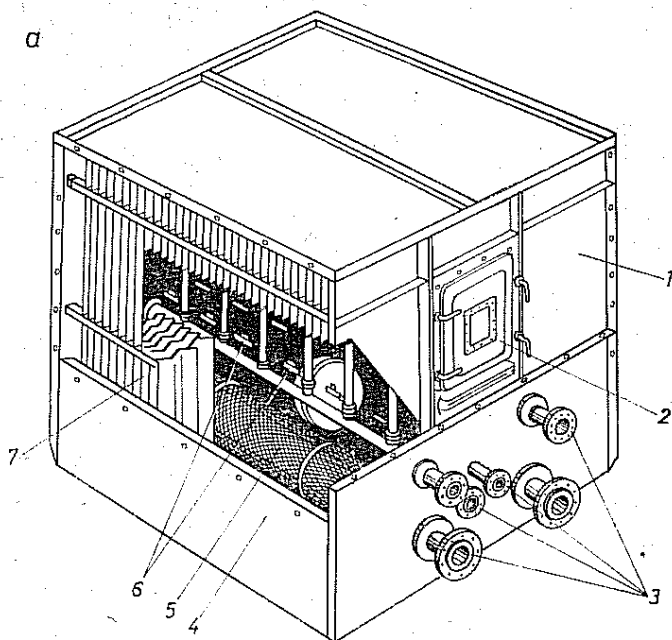
Ar šiem trim paņēmieniem gaisu var vienlaicīgi mitrināt un sildīt (paaugstināt tā entalpiju) vai arī atdzesēt (pazemināt tā entalpiju), vienlaicīgi pēc vajadzības mitrinot vai sausinot.

Gadījumā, kad gaiss tikai jāsilda un jāmitrina, vislielāko kontakta virsmu iegūst, ievadot gaisa plūsmā iztvaikotu ūdeni. Ļoti efektīva šajā gadījumā ir arī pārkarsēta ūdens izsmidzināšana gaisa plūsmā.

3.2.1. Sprauslu kameras

Sprauslu kamera (9. zīm.) ir visplašāk lietotais kontakta aparāts tādēļ, ka ar tām komplektē gandrīz visus pašreiz sērijveidā ražotos gaisa kondicionētājus.

Ūdens izsmidzināšanai lieto centrālās sprauslas. Ūdeni tajās ievada no sāniem, un tādēļ tas izplūst savērtas strūkļas veidā; strūkļas centrālā daļa ir tukša, to



9. zīm. Spraustu kamera:

a — konstrukcija: 1 — korpuss; 2 — hermētiskas durvis; 3 — atloki cauruļvadu plevienošanai; 4 — izmantotā ūdens tvertne; 5 — filtrs izmantotā ūdens attīrīšanai; 6 — spraustas ūdens izsmidzināšanai; 7 — separators;
b — principiālā shēma: 1 — gaisa plūsmas virziens; 2 — spraustas; 3 — separatori; 4 — ūdens tvertne; 5 — filtrs; 6 — sūknis; 7 — stāvvasi

aizpilda savērpta gaisa strūklu. Vienas spraustas izsmidzinātā ūdens daudzums jeb spraustas ražīgums

$$g_{sp} = 0,0108 d_{sp}^{1,38} P_{sp}^{0,48} \text{ kg/s,} \quad (3.14)$$

kur d_{sp} — spraustas diametrs, mm;

P_{sp} — ūdensspiediens pirms spraustas, bar.

Tipveida spraustu kamerās lieto spraustas ar diametru no 3 līdz 5,5 mm, kuras izvieto divās vai trīs rindās gaisa kustības virzienā (18 vai 24 uz 1 m² gaisa plūsmas šķēsgriezuma). To ražīgumu var nolasiņ pēc 3.1. tab.

3.1. tabula

Vienas centrālās spraustas ražīgums g_{sp} , g/s atkarībā no tās diametra d_{sp} un ūdens spiediena P_{sp} pirms spraustas

P_{sp} , bar	d_{sp} , mm				
	3	3,5	4,5	5	5,5
1	49	61	86	93	113
1,2	54	67	94	108	123
1,4	58	71	101	117	131
1,6	62	75	108	124	141
1,8	65	81	115	131	148
2,0	69	85	120	138	154
2,2	72	89	126	144	164
2,4	75	92	131	150	170

Veidojas dažāda diametra d_p pilieni. Piemēram, sprausta ar diametru $d_{sp}=5$ mm pie spiediena $P_{sp}=1,5$ bar veido pilienus, kuru masa g_p , % no kopējās spraustas ražības ir aptuveni sekojoši:

d_p , mm	<0,1	0,1÷0,2	0,2÷0,3	0,3÷0,4	0,4÷0,5	>0,5
g_p , %	0,5	2,3	4,7	5,9	6,7	79,9

Sīko pilienu relatīvā masa pieaug, palielinot spiedienu P_{sp} un samazinot spraustas diametru d_{sp} . Pilieni, kuru diametrs $d_p < 0,3$ mm, aizlido kopā ar gaisa plūsmu un nokļūst separatorā, bet lielākie pilieni nokrīt izmantotā ūdens tvertnē. Paši rupjākie pilieni ātri krīt uz leju un tādēļ nepaspēj pilnvērtīgi piedalīties siltuma un masas apmaiņas procesā. Paši sīkākie pilieni pilnīgi iztvaiko gaisā, tas nav

vēlams gadījumos, kad ar sprauslu kamerām veic gaisa sausināšanu.

Nevienmērīgs pilienu lielums ir būtisks sprauslu kameras trūkums. Bez tam sprauslu kamera aizņem daudz vietas; tas saistīts ar to, ka praktiski nevar lietot gaisa ātrumu, lielāku par 2,5 m/s, jo pie lielāka ātruma kopā ar gaisa plūsmu separatorā nokļūst arī rupjie pilieni, stipri palielinot sprauslu kameras aerodinamisko pretestību.

Aprēķinot sprauslu kameru, nosaka nepieciešamo sprauslu novietojuma blīvumu (18 vai 24 uz 1 m²), diametru d_{sp} un ūdens spiedienu P_{sp} . Ir zināmas trīs aprēķinu metodes, kuras izstrādājuši tehn. zin. kand. B. Barkalovs [30], prof. J. Karpis [7] un tehn. zin. kand. L. Zusmanovičs [11].

Pirmā metode dod tikai aptuvenus rezultātus, un to vairs nelieto.

Sprauslu kameru aprēķinu pēc otrās metodes veic šādā secībā:

dots apstrādājamā gaisa daudzums L , kg/s, tā sākuma parametri t_1 , t_{M1} , I_1 , beigu parametri t_2 , t_{M2} , I_2 , aukstuma nesēja temperatūra t_a (ja nepieciešama gaisa sildīšana vai dzesēšana), sprauslu kameras tips (3.2. tab.), sprauslu diametrs d_{sp} un skaits n_{sp} .

1. Aprēķina E' vai E_A pēc formulām (3.12) vai (3.13).

2. No 3.3. tabulas atrod pilnās siltumapmaiņas koeficientu E un nepieciešamo mitrināšanas koeficientu μ .

3.2. tabula

Tipveida sprauslu kameru raksturojums

Sprauslu kameras tips	Nominālais kameras ražīgums, kg/s	Sprauslu rindu skaits	Kopējais sprauslu skaits, ja blīvums vienā rindā, gab/m ²	
			18	24
КД-10	3,4	2	36	48
КД-20	6,6	2	54	72
		3	72	96
КТ-30	9,5	3	108	144
КТ-40	13,3	2	108	144
КТ-60	21,0	2	144	192
КТ-80	26,6	2	234	312
КТ-120	41,6	2	312	416
КТ-160	53,3	2	468	624
КТ-200	66,6	2	624	832
КТ-250	83,3	2	720	960
			960	1280

3.3. tabula

Siltumapmaiņas koeficienti E , E' un E_A tipveida sprauslu kamerām atkarībā no mitrināšanas koeficienta, ja gaisa masas ātrums $v \geq 3$ kg/(m²s)

Gaisa ap- strādes procesa raksturo- jums	Sprauslas diametrs d_{sp} , mm	Koefi- cients nosau- kums	Mitrināšanas koeficients μ													
			0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8
$I_1 = I_2$	$\leq 3,5$	$E_A = E'$	0,71	0,76	0,80	0,82	0,86	0,89	0,91	0,93	0,96	—	—	—	—	—
	$\geq 4,5$	E	—	—	—	0,75	0,77	0,79	0,82	0,84	0,85	0,86	0,89	0,90	0,92	—
$I_1 > I_2$	$\leq 3,5$	E'	—	—	—	0,78	0,81	0,84	0,87	0,90	0,92	—	—	—	—	—
	$\geq 4,5$	E	—	—	—	0,79	0,82	0,86	0,89	0,92	0,95	—	—	—	—	—
$I_1 < I_2$	$\leq 3,5$	E'	—	—	—	0,73	0,75	0,77	0,79	0,81	0,83	0,85	0,86	0,88	0,89	0,90
	$\geq 4,5$	E	0,76	0,78	0,80	0,81	0,82	0,84	0,86	0,86	0,87	—	—	—	—	—
	$\leq 3,5$	E'	0,81	0,83	0,85	0,86	0,87	0,89	0,90	0,90	0,91	—	—	—	—	—
	$\geq 4,5$	E	—	—	—	0,80	0,82	0,83	0,84	0,85	0,85	0,85	0,86	0,87	0,87	0,88
		E'	—	—	—	0,78	0,79	0,81	0,82	0,83	0,84	0,86	0,87	0,88	0,89	—

Tabulā uzrādītas vērtības, ja $v \geq 2,8$ kg/(m²s), jāreizina ar 0,955, ja $v \geq 2,6$, — ar 0,95, ja $v \geq 2,4$, — ar 0,94, ja $v \geq 2,2$, — ar 0,93, un, ja $v \geq 2$, — ar 0,925.

3. Atrod ūdens temperatūras izmaiņu sprauslu kamerā

$$\Delta t_{\bar{u}} = t_{\bar{u}2} - t_{\bar{u}1} = \frac{I_1 - I_2}{4,2 \mu} [\text{deg}]. \quad (3.15)$$

4. No vienādojuma (3.11) izsaka ūdens sākuma temperatūru $t_{\bar{u}1}$.

$$t_{\bar{u}1} = \frac{t_{M2} - \Delta t_{\bar{u}} - t_{M1}(1-E)}{E} [^{\circ}\text{C}]. \quad (3.16)$$

Ūdens beigu temperatūra $t_{\bar{u}2}$ būs

$$t_{\bar{u}2} = t_{\bar{u}1} + \Delta t_{\bar{u}}, ^{\circ}\text{C}. \quad (3.17)$$

5. Nosaka nepieciešamo izsmidzināmā ūdens daudzumu

$$G_{sp} = \mu L [\text{kg/s}], \quad (3.18)$$

vienas sprauslas nepieciešamo ražīgumu

$$g_{sp} = \frac{G_{sp}}{n_{sp}} [\text{kg/s}] \quad (3.19)$$

un no 3.1. tabulas nolasa nepieciešamo ūdens spiedienu P_{sp} .

6. Aprēķina maksimālo aukstuma nesēja patēriņu

$$G_a = \frac{L(I_1 - I_2)}{4,2(t_{\bar{u}2} - t_a)} [\text{kg/s}] \quad (3.20)$$

un minimālo recirkulējošā ūdens daudzumu

$$G_r = G_{sp} - G_a [\text{kg/s}]. \quad (3.21)$$

Saskaņā ar Ļ. Zusmanoviča metodi aprēķinos izmanto temperatūras parametru (sk. vienādojumu (3.10)), kurš ietilpst gaisa beigu entalpijas noteikšanas formulā,

$$\overline{\Delta T} = \frac{I_1 - I_2}{I_1 - I_{R1}} = 0,67(1 + M_1 r_0) \mu^{0,53} r_0^{-0,3}, \quad (3.22)$$

un gaisa beigu temperatūras noteikšanas, formulās, ja $I_1 > I_2$,

$$\overline{\Delta T} = \frac{t_1 - t_2}{t_1 - t_{R1}} = (0,73 + 0,49 M_1) \mu^{0,35} \quad (3.23)$$

un, ja $I_1 = I_2$,

$$\overline{\Delta T} = 0,304 \mu^{0,35} r_0^{0,56}, \quad (3.24)$$

kur

$$r_0 = f(t_{R1}, t_{\bar{u}1}).$$

Šī aprēķinu metode dod precīzāku rezultātu par iepriekš apskatīto metodi, kaut gan pamatā ir to pašu abu autoru kopīgi veikto eksperimentu dati. Ļ. Zusmanoviča formulu izmantošana ir sarežģītāka, tādēļ to vietā lieto nomogrammas, kuras var atrast institūta «Santehprojekt» izdotajos materiālos.

Tipveida sprauslu kameru vietējās pretestības koeficients divām sprauslu rindām ir $\zeta = 26$, bet trīs sprauslu rindām — $\zeta = 35$. Lielāko daļu aerodinamiskās pretestības rada separatori. Tehn. zin. kand. J. Ķigura veikto vispārīgā teorētisko un eksperimentālo pētījumu¹ rezultātā ir atrastas tehniski un ekonomiski pamatotas separatoru konstrukcijas, kuru ieviešana ļauj ievērojami samazināt sprauslu kameru aerodinamisko pretestību.

3.2.2. Centrbēdzes ūdens izsmidzinātāji

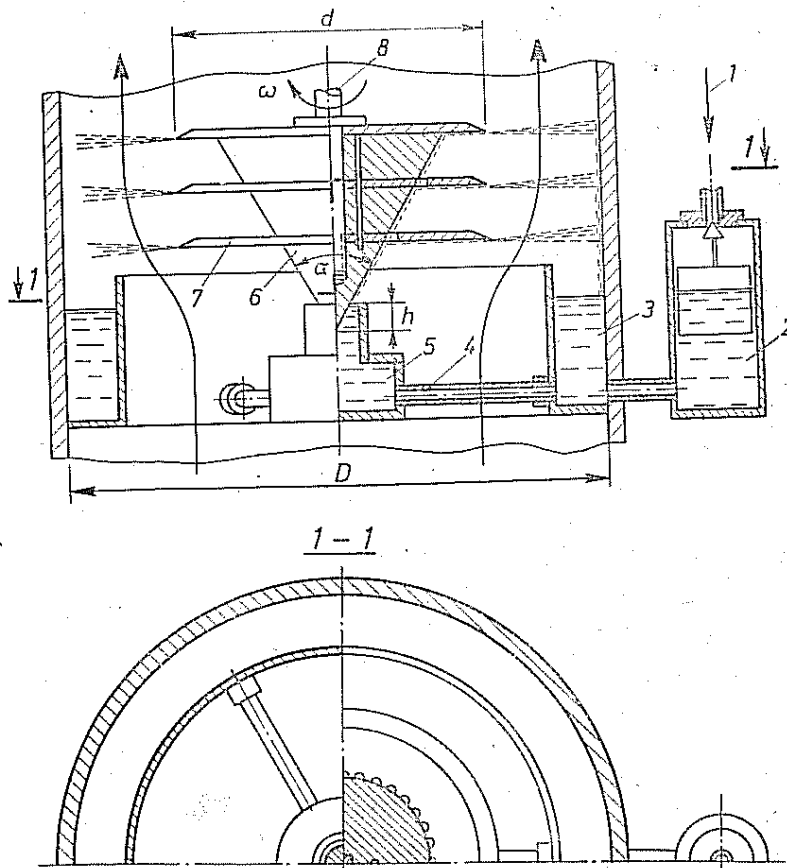
Diskveida ūdens izsmidzinātājos (10. zīm.) rotējoša konusa virsotne iegremdēta ūdenī. Pateicoties centrālās spēku iedarbībai, ūdens plānā kārtiņā paceļas pa konusa virsmu uz augšu, nokļūst uz disku apakšējās virsmas un pēc tam ļoti sīku pilienu veidā atraujas no asajām disku malām.

Tehn. zin. kand. G. Pētersona pētījumu² rezultātā ir noteikts izsmidzinātā ūdens daudzums atkarībā no iegremdes dziļuma h , rotēšanas ātruma ω , konusa centrālā leņķa α un diametra d , kā arī siltumapmaiņas koeficienta E_A vērtība atkarībā no gaisa kustības ātruma un diametru d un D attiecības.

Diskveida ūdens izsmidzinātāju priekšrocība ir praktiski vienāds iegūto pilienu diametrs un iespēja lietot lielus gaisa kustības ātrumus (līdz $v = 8 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$). Rezultātā šo kontakta aparātu šķērsriezums var būt 2,5 reizes

¹ Sk. rakstus Кигур Ю. Н. Исследование выходных сепараторов форсуночных камер кондиционеров. — «Водоснабжение и санитарная техника», 1969, № 4; Кигур Ю. Н. Некоторые данные экспериментальных исследований жалюзийных сепараторов. — «Вентиляция и кондиционирование воздуха», сб. № 5, 1972; Кигур Ю. Н. О выборе конструкции сепараторов для установок кондиционирования воздуха. — «Вентиляция и кондиционирование воздуха», сб. № 6, 1973.

² Sk. rakstu Петерсон Г. К. Интенсивность теплообмена в дисковом увлажнителе с закрученным потоком воздуха. — «Вентиляция и кондиционирование воздуха», сб. № 7, 1975.



10. zīm. Diskveida ūdens izsmidzinātājs:

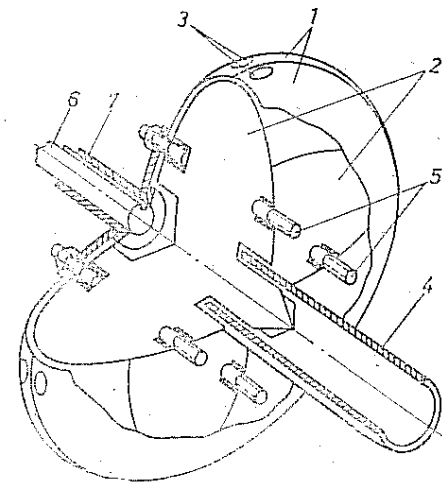
1 — ūdens no ūdensvada; 2 — pludinātāja; 3 — rēve nelīdzenībai ūdens pilienu uzīvēšanai; 4 — caurulītes ūdens pievadīšanai; 5 — barošanas ierīce; 6 — rotējošs konuss; 7 — disks; 8 — elektrodzinēja vārpsta

mazāks par sprauslu kameras šķēsgriezumu, bet mitrināšanas koeficients — 10 reizes mazāks, nekā nepieciešams izoentāliskai mitrināšanai sprauslu kamerā.

G. Pētersona konstrukcijas diskveida mitrinātājus lieto autonomos kondicionētājos gaisa izoentāliskai mitrināšanai.

11. zīm. Rotējoša turbīna ūdens izsmidzināšanai:

1 — vākti; 2 — starpsienas; 3 — urbumi ūdens izsmidzināšanai; 4 — caurule ūdens pievadīšanai; 5 — lapa skrūves vāku stiprināšanai; 6 — elektrodzinēja vārpsta; 7 — turbīnas iemava



Rotējošas turbīnas (11. zīm.) var lietot ne tikai izoentāliskai gaisa mitrināšanai, bet arī tā dzesēšanai (entalpijas samazināšanai). Turbinā ievadītā ūdens temperatūru un daudzumu var mainīt plašās robežās. Tas ļauj automātiski regulēt ne tikai gaisa parametru izmaiņas procesa virzienu, bet arī gaisa mitrināšanas (relatīvā mitruma palielināšanas) efektivitāti — mainīt pēc vajadzības koeficientu E , E' un E_A vērtības.

Rotējošas turbīnas lieto tekstilrūpniecības uzņēmumu vajadzībām sērijveidā ražotajos BYV-40M un BYV-60M tipa centrālajos gaisa kondicionētājos. Izsmidzināto ūdens pilienu izmēri un izsmidzinātā ūdens daudzums ir atkarīgi no turbīnas diskā izurbto urbumu diametra.

Tehn. zin. kand. J. Manusovs izstrādājis un laboratorijas apstākļos izpētījis rotējošu turbīnu, kurai urbumu diametru var pēc vajadzības regulēt ar maināmiem ieskrūvētiem uzgaļiem.¹

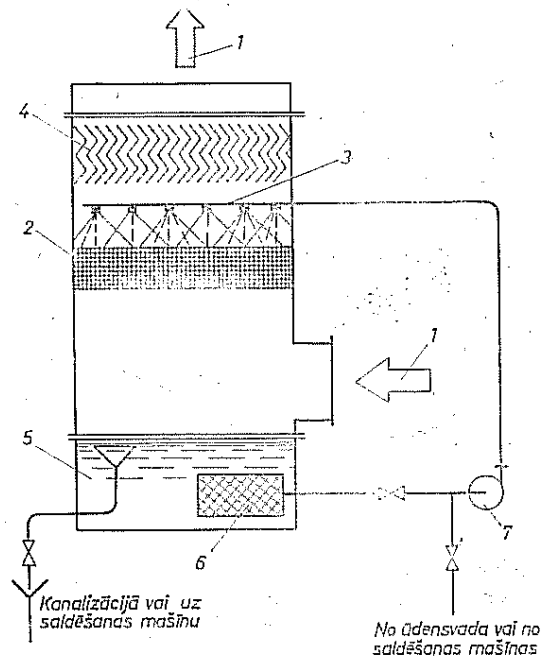
¹ Sk. rakstu Manusov E. G. Пропускная способность и дисперсность распыла цилиндрического вращающегося распылителя в оросительной камере. — «Вентиляция и кондиционирование воздуха», сб. № 5, 1972, un brošūru Manusov E. G. Рекомендации по выбору и расчету оросительных камер с вращающимся цилиндрическим распылителем. Рига, ЛатИИТИ, 1973.

Centrbēdzes ūdens izsmidzinātāju svarīga priekšrocība, salīdzinot ar sprauslu kamerām, ir tā, ka ūdeni var pievadīt bez spiediena un ūdens var būt zināmā mērā piesārņots.

3.2.3. Aparāti ar kontakta slāņiem

Kontakta slāņus var novietot horizontāli (12. zīm.) vai vertikāli. Tos veido no materiāliem, kas nepūst un nerūsē — keramiski vai metāla Rašiga riņķi, koka vai metāla skaidas, misiņa sieti, neilona vai kaprona šķiedras, gofrētas alumīnija lentes, azbesta kartons vai viniplasta lokšnes [7, 13, 31, 36].

Kontakta slānī var sasniegt augstu siltuma un masas apmaiņas efektivitāti pie salīdzinoši maza mitrināšanas



12. zīm. Kontakta slāņa aparāta principiālā shēma:
1 — gaisa plūsmas virziens; 2 — kontakta slānis; 3 — sprauslas; 4 — separatoris; 5 — izmantotā ūdens tvertne; 6 — filtrs izmantotā ūdens attīrīšanai; 7 — sūkņš

koeficienta un neliela ūdens spiediena. Kontakta aparātu gabarīti un aerodinamiskā pretestība ir mazāki nekā sprauslu kamerām.

Kontakta slāņus pašreiz lieto tikai KHM-5 tipa gaisa kondicionētājā. Ļoti plaši tos izmanto dažādos ķīmiskās rūpniecības aparātos gāzu kontaktēšanai ar šķidrumiem, kā arī dzesēšanas torņos. Siltuma un masas apmaiņas efektivitātes pakāpi parasti regulē ar apvada līniju: daļu gaisa laiž caur kontakta slāni, bet daļu — pa regulējamu apvadlīniju un pēc tam sajauc ar samitrināto gaisu.

Tehn. zin. kand. A. Krūmiņš izstrādājis un laboratorijas apstākļos izpētījis aparātu ar kustīgu kontakta slāni no stikla vai neilona šķiedrām.¹ Normāli rāmītis, kurā iestiprina kontakta slāni, ir iegremdēts vanniņā ar ūdeni; to periodiski, nostrādājot relatīvā mitruma regulatoram, paceļ vertikāli gaisa plūsmā. Mitrināšanas efektivitātes svārstību izlīdzināšanai aiz kustīgā slāņa gaisa plūsmā novieto otru — nekustīgu kontakta slāni, kuram ūdeni nepieveda.

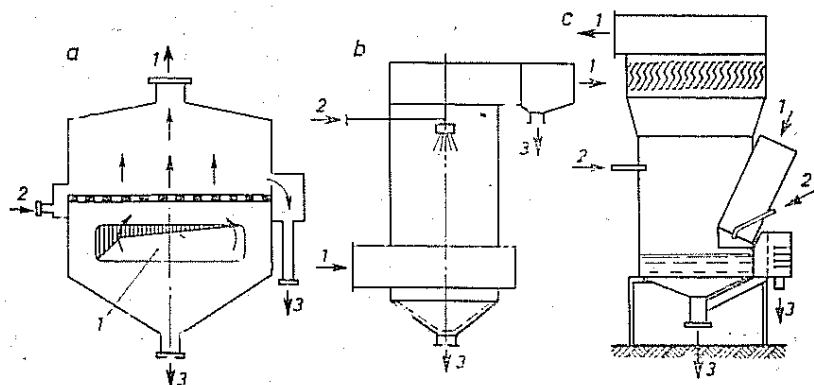
3.2.4. Putu aparāti

Gaisa kondicionēšanas sistēmās lietotajos aparātos ūdeni saputo ar trīs dažādiem paņēmieniem (13. zīm.).

Aparātus, kuros ūdeni saputo uz sietiem (13. zīm. a), ļoti plaši lieto ķīmiskajā rūpniecībā, un tie ir vispusīgi izpētīti. Sietam no apakšas ar noteiktu spiedienu pievada gaisu, kas, izraujoties caur ūdens slāni daudzu sīku strūklu veidā, rada ļoti kustīgu ūdens un gaisa emulsiju jeb putas. Labi noregulēta procesa gadījumā gandrīz visas putas aizplūst pāri speciālam sliekšnim un tikai neliela ūdens daļa iztek cauri sietam. Putas labi veidojas, ja sietā dzīvā šķērssgriezuma koeficients $K_{dz.s} = 0,9 \div 0,92$, gaisa ātrums — $9 \div 18$ m/s un ūdens slāņa biezums — $150 \div 300$ mm.

Aparātos, kuros ūdens putošanai izmanto ciklonu (13. zīm. b), gaisu ievada apakšā caur gliemezi ar ātrumu līdz 20 m/s. Savērtā gaisa strūkļa saputo un ceļ ūdeni uz

¹ Sk. rakstu Круминь А. Я. Увлажнение воздуха насадкой периодического действия. — «Вентиляция и кондиционирование воздуха», сб. № 5, 1972.



13. zīm. Putu aparāta principiālās shēmas:
 a — putas veidojas uz sietiem; b — putas veidojas ciklonā; c — ūdeni saputo
 ar gaisa strūklu;
 1 — gaisa plūsmas virziens; 2 — ūdens pievadīšana; 3 — ūdens aizvadišana

augšu pa spirāli. Putu slāņa biezums sasniedz 600 mm. Vidējam gaisa ātrumam aparāta vertikālajā daļā jābūt 5÷6 m/s. Aparāta augšējā daļā uzstādīts gliemezis, kas savērpts pretējā virzienā un veicina ūdens pilienu atdalīšanu no gaisa plūsmas. Tā kā centrālās spēki piespiež putas pie aparāta sienām, daļa gaisa, kas aizplūst pa centru, saskaras tikai ar sprauslas izsmidzinātajiem ūdens pilieniem; tādēļ ciklonā parasti siltuma un masas apmaiņas procesa efektivitāte ir mazāka nekā uz sietiem.

Aparātos, kuros putas rada gaisa strūklu trieciens pret ūdens virsmu (13. zīm. c), gaisu ievada ar ātrumu 15÷25 m/s. Putas var aizpildīt visu aparātu. Ūdeni pievada bez spiediena un tikai tad, ja nepieciešams pazemināt vai paaugstināt gaisa entalpiju. Izoentalpiskas mitrināšanas gadījumā aparātam pievada tikai nelielu ūdens daudzumu, lai kompensētu iztvaikošanu.

Izoentalpisku procesu var realizēt, arī nepievadot ūdeni, bet ievietojot putu slāni caurulītēs, pa kurām cirkulē aukstuma vai siltuma nesējs. Šāda principa aparātus pašreiz lieto dažos autonomos kondicionētājos.

Putu aparātos ūdens ar gaisu kontaktē daudz ilgāk (apmēram 300÷1000 reizes) nekā sprauslu kamerās, centrālās ūdens izsmidzinātajos un aparātos ar kontakta slāņiem. Rezultātā ūdens un gaisa beigu temperatūras ir pil-

nīgi vienādas, tādēļ var panākt ievērojami efektīvāku gaisa dzesēšanu. Šo aparātu trūkums ir salīdzinoši augsta aerodinamiskā pretestība, apmēram 7÷8 reizes lielāka par sprauslu kameras aerodinamisko pretestību.

3.2.5. Sekundārā mitrināšana

Par *sekundāro mitrināšanu* sauc mākslīgu mitruma radīšanu telpā, kurā ievada kondicionēto gaisu. To lieto kondicionētāju ražīguma samazināšanai rūpnīcās, kurās izdala daudz siltuma, sevišķi plaši — pārtikas un tekstilrūpniecībā, kur ar sekundārās mitrināšanas palīdzību ir viegli uzturēt pastāvīgu augstu gaisa relatīvo mitrumu.

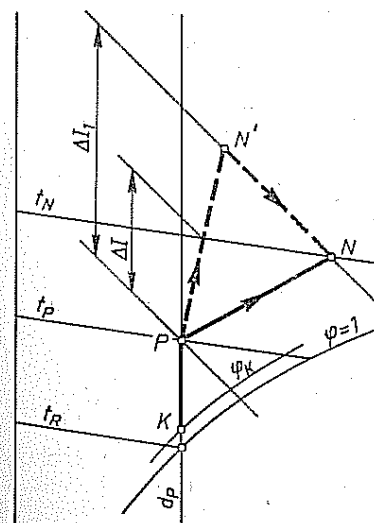
Pieņemsim, ka tehnoloģisku un sanitāri higiēnisku apsvērumu dēļ pieplūdes gaisa temperatūra nedrīkst būt zemāka par t_p °C, bet noplūdes gaisa temperatūra nedrīkst pārsniegt t_N °C. Tad pie dotā telpā izdalītā siltuma daudzuma Q , kW nepieciešamais gaisa kondicionēšanas sistēmas ražīgums (14. zīm.)

$$L = \frac{Q}{\Delta t} \text{ [kg/s]}. \quad (3.25)$$

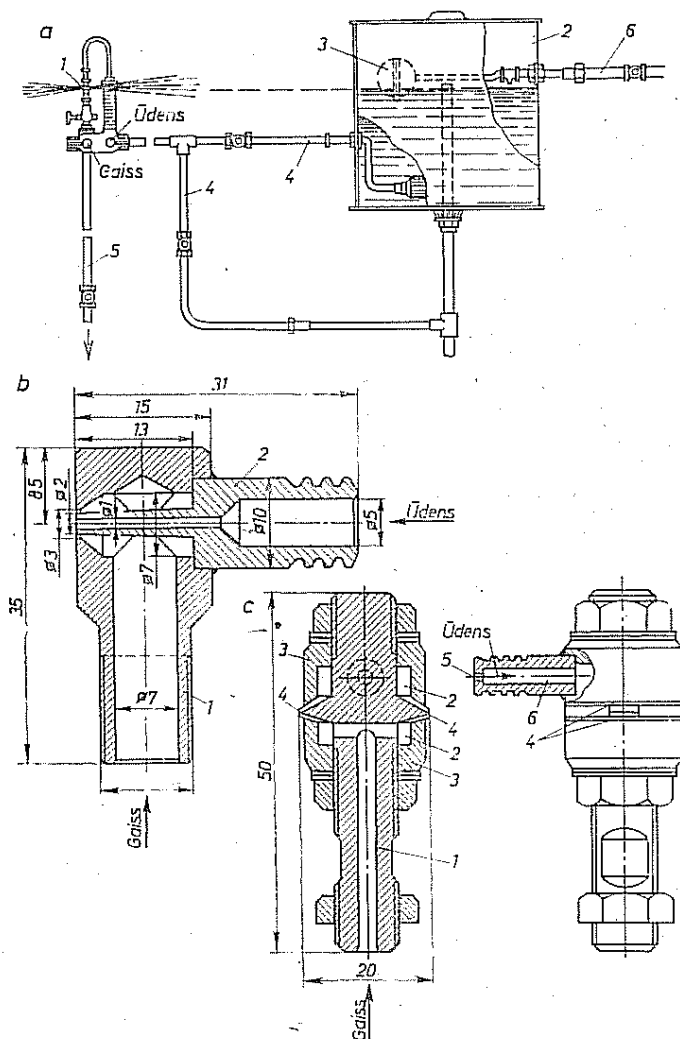
Ja telpā mākslīgi rada mitrumu (process $N'-N$), tad nepieciešamā gaisa apmaiņa kļūst mazāka:

$$L_1 = \frac{Q}{\Delta t_1} \text{ [kg/s]}. \quad (3.26)$$

Ja sistēmas ražīgums ir L_1 , tad bez sekundārās mitrināšanas noplūdes gaisa temperatūra būs augstāka (process $P-N'$). Ļoti svarīga sekundārās mitrināšanas priekšrocība



14. zīm. Sekundārās mitrināšanas procesa attēls $I-d$ diagrammā



15. zīm. Sekundārās mitrināšanas sprauslas:

- a — Zokikova-Zimina konstrukcijas sprauslu pieslēgšana ūdensvadam;
 1 — sprausla; 2 — ūdens tvertne; 3 — pludinārstis; 4 — ūdens uz sprauslām; 5 — saspiests gaiss; 6 — no ūdensvada;
 b — PnD konstrukcijas sprausla; 1 — korpuss; 2 — pie korpusa pielo-dēts cilindrs;
 c — institūta ЦНИИХБИ konstrukcijas sprausla; 1 — saspiestā gaisa pievads; 2 — dobums; 3 — vāciņš; 4 — izplūdes sprauga; 5 — žņaugis ūdens spiediena pazemināšanai; 6 — ūdens pievads

ir iespēja vērst rezultējošo procesu (process $P-N$) tā, ka pieplūdes un noplūdes gaisa relatīvais mitrums ir praktiski vienādi, atbilstoši tehnoloģijas prasībām.

Sekundāro mitrināšanu parasti veic ar pneimatisku sprauslu palīdzību (15. zīm.), kuras veido tik sīkus ūdens pilieniņus, ka tie nekrit uz leju, bet pilnīgi iztvaiko telpas gaisā. Vecajās rūpnīcās visplašāk ir lietotas Zimina-Zoķikova, bet vēlāk būvētajās ēkās — PnD vai ЦНИИХБИ konstrukcijas sprauslas.

Zimina-Zoķikova konstrukcijas sprauslas baro no tvertnes ar pludinārstu (15. zīm. a), kurā ūdens līmeni uztur $30 \div 40$ mm zem sprauslas atvēruma. Ja gaisa spiediens ir apmēram 2 bar, vienas sprauslas ražība ir 0,7 g/s, tā patērē 0,22 kW elektroenerģijas un $0,0011 \text{ m}^3/\text{s}$ saspiestā gaisa. Ja ūdens līmeni tvertnē paceļ $40 \div 60$ mm virs sprauslas, tad tās ražīgums kļūst divreiz lielāks, bet, pārtraucot saspiestā gaisa padevi, ūdens caur sprauslu sāk tecēt ar strūklu, tas nav pieļaujams. Šo trūkumu var novērst, izmantojot zemāk novietotu hermētiski slēgtu ūdens tvertni, kurā virs ūdens līmeņa uztur paaugstinātu spiedienu ar saspiesto gaisu no tās pašas maģistrāles, no kuras baro sprauslas. Pārtraucot saspiestā gaisa padevi, ūdens līdz sprauslām nenokļūst.

Barošanu no hermētiski slēgtas ūdens tvertnes lieto arī jaunāko konstrukciju sprauslās.

Vienas ЦНИИХБИ konstrukcijas sprauslas ražīgums ir apmēram 1,4 g/s, ja gaisa spiediens ir apmēram 1 bar, ūdens spiediens pirms sprauslas — $0,1 \div 0,2$ bar; gaisa patēriņš ir $0,00097 \text{ m}^3/\text{s}$, elektroenerģijas patēriņš — 0,32 kW.

Konstruktīvi visvienkāršākā PnD sprausla, ja gaisa spiediens ir 1 bar un ūdens spiediens $0,2 \div 0,3$ bar, izsmidzina apmēram 0,75 g/s, patērē $0,0011 \text{ m}^3/\text{s}$ saspiestā gaisa un 0,189 kW elektroenerģijas.

Ūdeni sprauslu barošanai ņem no ūdensvada un uzsilda līdz temperatūrai $3 \div 5$ deg virs pieplūdes gaisa rasas punkta temperatūras t_R (14. zīm.), lai uz cauruļu virsmas neizkrustu kondensāts. Sprauslas novieto vismaz 3 m augstumā, bet ne augstāk kā 0,7 m no griestiem; ūdens izsmidzināšanas virzienā tām jābūt vismaz 4 m no sienām, tehnoloģiskām iekārtām un kolonnām.

Ārzemju praksē sekundāro mitrināšanu veic ar diskveida centrālās izsmidzinātājiem.

3.2.6. Mitrināšana ar tvaiku

Kontaktējot ar piesātinātu vai pārkarsētu ūdens tvaiku, gaisa parametru izmaiņu procesa virziens

$$e = i_{tv} \cdot 10^{-3}, \quad (3.27)$$

kur i_{tv} — ūdens tvaiku entalpija, kJ/kg (vai kcal/kg).

Tas praktiski sakrīt ar izotermu, kaut gan teorētiski gaisa temperatūra nedaudz paaugstinās (16. zīm.).

Nepieciešamais tvaika daudzums gaisa mitruma satura palielināšanai no d_1 līdz d_2 g/kg.

$$G = L(d_2 - d_1) 10^{-3} [\text{kg/s}], \quad (3.28)$$

kur L — gaisa kondicionētāja ražīgums, kg/s.

Tvaiku iegūst no individuāliem ģeneratoriem, iztvaicējot ūdeni īpašās vanniņās (17. zīm. a), vai ņem no rūpnieciskajiem tvaika katliem. Rūpnieciskajam tvaikam ir specifiska, nepatīkama smaka, tāpēc tvaiks pirms ievadīšanas gaisa plūsmā jāattīra (17. zīm. b).

Elektroenerģijas patēriņš ūdens iztvaicēšanai

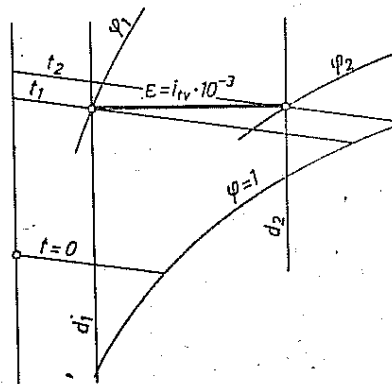
$$N = 4,2G \text{ kW}, \quad (3.29)$$

kur 4,2 — ūdens īpatnējā siltumietilpība, kJ/(kg · deg);

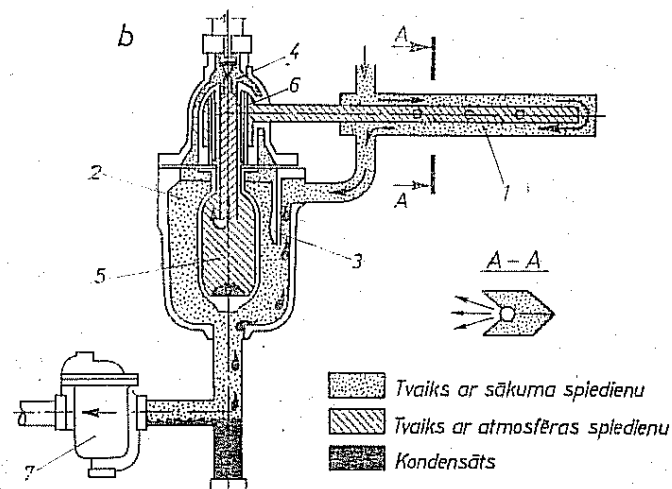
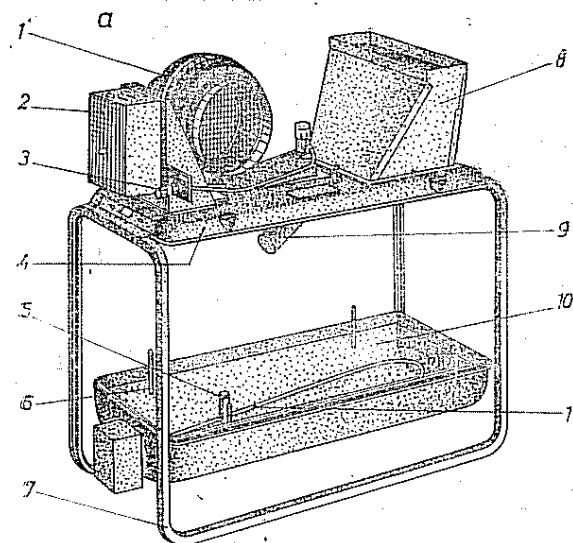
G — iegūtā tvaika daudzums, kg/s.

Tas ir daudz lielāks par elektroenerģijas patēriņu ūdens izsmidzināšanai iepriekš apskatītajos kontakta aparātos.

Inž. P. Akmeņa veikto teorētisko un eksperimentālo pētījumu rezultātā ir izstrādāti vienkāršotas konstrukcijas



16. zīm. Parametru izmaiņa, gaisam kontaktējot ar tvaiku



17. zīm. ASV firmas «Armstrong Machine Works» tvaika mitrinātāji:

a — vanniņa: 1 — ventilators; 2 — automātiskās regulēšanas sistēmas pults; 3 — svaigā ūdens pievads; 4 — vanniņas vāks; 5 — pārplūdes atverums; 6 — lapaškrūves vāka stiprināšanai; 7 — pastaļne; 8 — mitrā gaisa izplūdes lūka; 9 — pludināvārsts; 10 — vanna (nolaisa uz leju); 11 — elektrosildītājs; b — perforēta caurule: 1 — izolēta caurule tvaika izplūdei; 2 — separators; 3 — starpsienna; 4 — redukcijas vārsts; 5 — izplešanās tvertnes; 6 — sieta trokšņa slāpēšanai; 7 — kondensāta novadītājs

elektriskie tvaika ģeneratori.¹ Tie ir vaļējas vannīņas, kuras ievieto lieši gaisa plūsmā.

Mitrināšanu ar tvaiku lieto gaisa kondicionēšanas sistēmās, kas uzstādītas skaitļošanas centros. No 1975. gada Domodedovas kondicionētāju būves rūpnīca ražos specializētus autonomos kondicionētājus KTA-8ЭВМ un KTA-25ЭВМ skaitļošanas centriem, kuros gaisa mitrināšanai paredzēti P. Akmeņa izstrādātie tvaika mitrinātāji. Pieplūdes gaisa kontaktēšana ar ūdeni nav atļauta, jo sāļi, kas atrodas ūdenī, kopā ar sīkākajiem ūdens pilieniņiem nonāk telpā un nosēžas uz elektrisko kontaktu virsmām, veicina to pastiprinātu koroziju un priekšlaicīgu nolietošanos. Izdevumi ūdens atsāļošanai parasti ir lielāki par tvaika iegūšanai patērētās elektroenerģijas izmaksu.

Mitrināšana ar tvaiku ir ieteicama arī ārstniecības iestāžu un sabiedrisko ēku gaisa kondicionēšanas sistēmām, jo parasti lietotās sprauslu kameras nav higiēniskas: to tvertnēs siltajā ūdenī, ko ziemas periodā ilgstoši nemaina, ātri savairojas baktērijas, kas kopā ar gaisa plūsmu nokļūst telpā.

3.2.7. Kontaktēšana ar pārkarsētu ūdeni

Izsmidzinot gaisa plūsmā pārkarsētu ūdeni, apmēram puse no tā momentāni iztvaiko.

Gaisa parametru izmaiņu procesa virziens

$$\varepsilon = 4,2 (2t_u - t_2) 10^{-3}, \quad (3.30)$$

gaisa mitruma saturs palielinās par

$$\Delta d = 0,5 \frac{G}{L} [\text{g/kg}], \quad (3.31)$$

bet gaisa entalpija pieaug par

$$\Delta I = 4,2 (t_u - 0,5t_2) \frac{G}{L} [\text{kJ/kg}], \quad (3.32)$$

kur G — izsmidzinātā ūdens daudzums, kg/s;
 L — gaisa kondicionētāja ražīgums, kg/s;
 t_u — pārkarsētā ūdens temperatūra, °C;
 t_2 — gaisa beigu temperatūra, °C;
 $4,2$ — ūdens īpatnējā siltumietilpība, kJ/(kg·deg).

¹ Sk. brošūru Акменс П. Ю. Рекомендация по применению паровых увлажнителей воздуха. Р., изд. РПИ, 1975.

3.3. GAISA SAUSINĀŠANA AR SORBENTIEM

Par *sorbentiem* sauc vielas, kas, kontaktējot ar mitru gaisu, uzsūc un patur sevī ūdens tvaikus. Cietos sorbentus sauc par *adsorbentiem*, bet šķidros — par *absorbentiem*.

3.3.1. Adsorbenti

Gaisa kondicionēšanas sistēmās par adsorbentiem lieto aktivizēto silīciju SiO_2 . Ražo KCM un KCK marku aktivizēto silīciju. Gaisa sausināšanai piemērotāks ir KCK markas aktivizētais silīcijs, tā slāņa blīvums ir $450 \div 700 \text{ kg/m}^3$, bet mitruma uzsūkšanas spēja $a = 0,25 \div 0,5$ sausās masas; aprēķinos pieņem $a = 0,1$. Slāņa biezumam δ jābūt ne mazākam par 50 mm, bet gaisa ātrumam v attiecībā pret slāņa šķērsgriezumu — $0,15 \approx 0,5 \text{ m/s}$. Slāņa aptuvena aerodinamiskā pretestība

$$\Delta P = (35 + 40) \delta v^2 [\text{N/m}^2]. \quad (3.33)$$

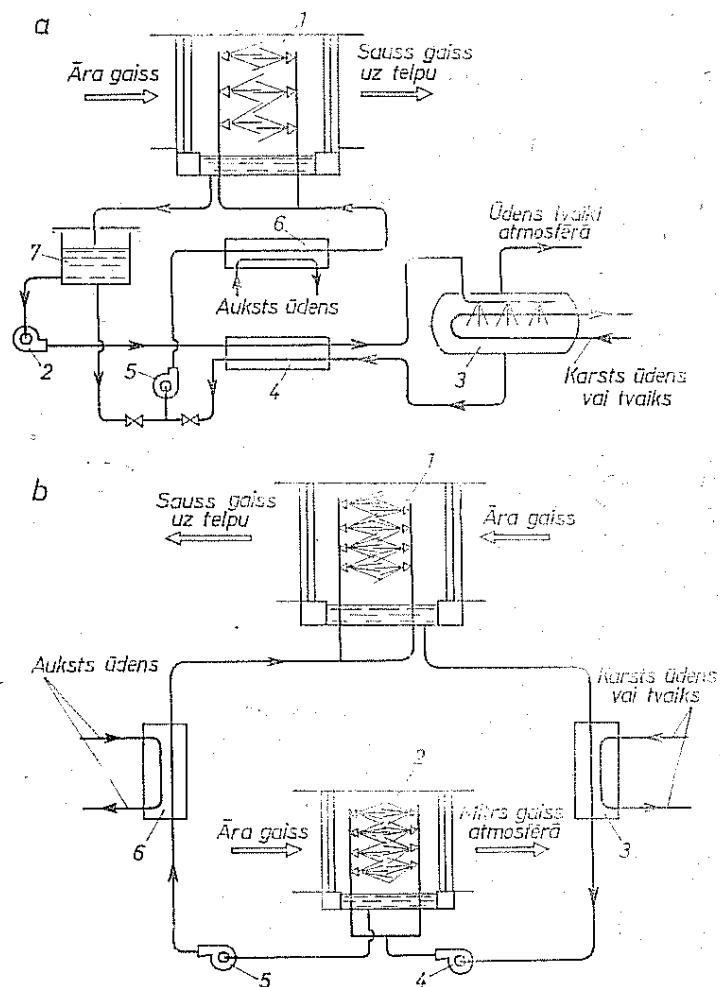
Gaisa parametru maiņas process notiek izoentalpiski (sk. 5. zīm. d). Ar aktivizēto silīciju var gaisu nosausināt līdz mitruma saturam $0,025 \text{ g/kg}$, tas atbilst gaisa rasas punkta temperatūrai $t_R = -50^\circ\text{C}$.

Vēl zemāku gaisa mitruma saturu, kas atbilst temperatūrai $t_R = -60^\circ\text{C}$, var iegūt ar aktivizēto alumīniju Al_2O_3 . Šo adsorbentu tomēr gaisa kondicionēšanas sistēmās lieto reti, jo tā maksimālā uzsūkšanās spēja ir tikai $a = 0,18 \div 0,24$ sausās masas un to var izmantot tikai tad, ja gaisa sākuma temperatūra zemāka par 25°C .

Pēc tam kad adsorbents ir sasniedzis aplēses mitruma saturu a , tā mitruma uzsūkšanas spēja sāk strauji samazināties. Lai atgrieztu tam sākuma īpašības, adsorbentu reģenerē: laiž tam cauri līdz $150 \div 180^\circ\text{C}$ sakarsētu gaisu, kamēr gandrīz viss ūdens iztvaiko. Pēc reģenerēšanas adsorbenta mitruma saturs ir apmēram $0,05$ sausā svara.

3.3.2. Absorbenti

Par absorbentiem lieto litija hlorīda LiCl_2 vai kalcija hlorīda $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ šķīdumus ūdenī. Ar litija hlorīdu var pazemināt gaisa relatīvo mitrumu līdz $0,14 \div 0,23$, bet ar kalcija hlorīdu — līdz $0,45 \div 0,48$. Šķīdumu izsmidzina



18. zīm. Gaisa sausināšana ar absorbentiem:

a — reģenerācija karšējot: 1 — sprauslu kamera; 2 — atšķaidītā absorbenta sūknis; 3 — reģenerators; 4 — rekuperators; 5 — koncentrētā absorbenta sūknis; 6 — koncentrētā absorbenta dzesētājs; 7 — atšķaidītā absorbenta tvertne; b — reģenerācija ar āra gaisu: 1 — sprauslu kamera; 2 — reģenerators; 3 — atšķaidītā absorbenta sildītājs; 4 — atšķaidītā absorbenta sūknis; 5 — koncentrētā absorbenta dzesētājs

sprauslu kamerās, kas izgatavotas no krāsainā metāla un apgādātas ar efektīviem separatoriem, vai speciālas konstrukcijas absorberos.

Biežāk lietotās gaisa sausināšanas shēmas parādītas 18. zīm. Tajās ir izmantota absorbentu īpašība pie zemas temperatūras uzsūkt ūdens tvaikus un pie augstākas temperatūras izdalīt tos gaisā. Gaisa kondicionēšanas sistēmās koncentrēto absorbentu var dzesēt ar ūdeni, kura temperatūra $25 \div 28^\circ\text{C}$ un ko var iegūt bez saldēšanas mašīnām. Atšķaidītā absorbenta reģenerāciju veic, sildot to ar ūdeni, kura temperatūra $70 \div 80^\circ\text{C}$. Vasaras periodā ūdeni var ņemt no siltumtīkliem. Sakarā ar šiem diviem apstākļiem gaisa sausināšana ar absorbentiem ir daudz ekonomiskāka par sausināšanu virsmas dzesētājos, kontaktējot ar aukstu ūdeni, kā arī par sausināšanu ar adsorbentiem, kuru reģenerācijai nepieciešama temperatūra, augstāka par 100°C .

Sīkāki dati par absorbentu lietošanu atrodami speciālajā literatūrā [7, 15, 24, 31, 36].

3.4. NOPLŪDES GAISA SILTUMA UN MITRUMA UTILIZĒŠANA

Noplūdes gaisu vasarā var izmantot āra gaisa dzesēšanai un sausināšanai, bet ziemā — sildīšanai un mitrināšanai. To veic ar trīs paņēmieniem:

sajaucot āra gaisu ar noplūdes jeb recirkulācijas gaisu; rekuperatoros — aparātos, kuros siltuma (un mitruma) apmaiņa starp āra un recirkulācijas gaisa plūsmām notiek caur tās aldalošu sienīņu;

reģeneratoros — aparātos, kuros caur masīvu kontakta slāni, kas labi akumulē siltumu (un mitrumu), pārmaiņus plūst āra vai recirkulācijas gais.

Recirkulācijas izmantošana ir visvienkāršākais un visplašāk lietotais paņēmiens. Pēc sajaukšanas pieplūdes gaisa entalpija

$$I_P = I_A - (I_A - I_R) \frac{L_R}{L_P} \text{ [kJ/kg]}, \quad (3.34)$$

bet pieplūdes gaisa mitruma saturs

$$d_P = d_A - (d_A - d_R) \frac{L_R}{L_P} \text{ [g/kg]}, \quad (3.35)$$

kur I_A un d_A — āra gaisa entalpija, kJ/kg un mitruma saturs, g/kg;

I_R un d_R — recirkulācijas gaisa entalpija, kJ/kg un mitruma saturs, g/kg;
 L_R — recirkulācijas gaisa masa, kg/s;
 L_P — sistēmas pilnais ražīgums, kg/s, kas ir vienāds ar recirkulācijas un āra gaisa masu summu.

No sanitāri higiēniskā viedokļa recirkulācijas lietošana nav ieteicama, jo ar recirkulācijas gaisu telpā atgriežas putekļi, gāzes, baktērijas un smakas. Tādēļ recirkulācijas gaisa attiecību pret sistēmas ražīgumu L_R/L , no kuras ir atkarīga siltuma un masas apmaiņas efektivitāte, ierobežo sanitārās normas (sk. grāmatas 10.3.2. nod.).

3.4.1. Rekuperatori

Rekuperatoru sienīņas izgatavo no 0,7÷0,8 mm bieza alumīnija vai 0,3÷0,6 mm bieza nerūsējošā tērauda caurulēm un loksnēm. Ar metāla rekuperatoru palīdzību āra gaisu var tikai atdzesēt vai sasildīt. Āra gaisa entalpija aiz rekuperatora

$$I_P = I_A - (I_A - I_R) \epsilon \quad [\text{kJ}], \quad (3.36)$$

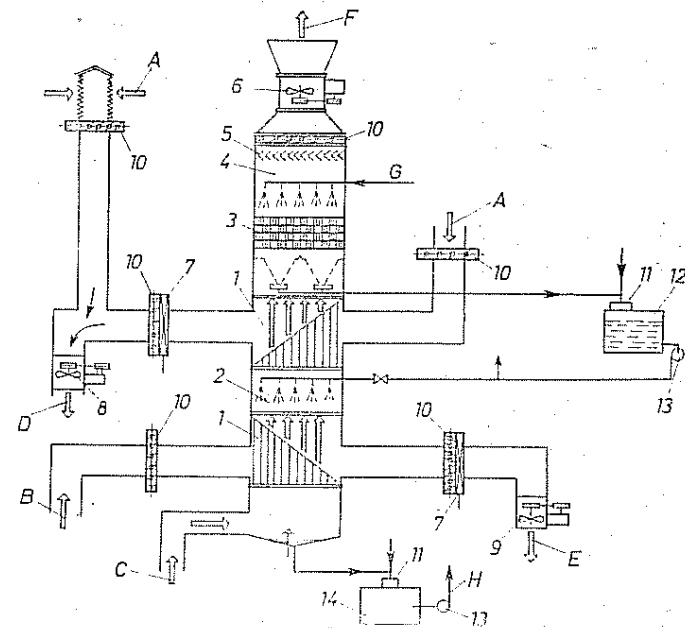
kur ϵ — siltumapmaiņas procesa efektivitāte (3.4. tab.).

Līdzstrāvas rekuperatoros abas gaisa plūsmas pārvietojas gar atdalošo sienīņu vienā virzienā, bet *pretstrāvas rekuperatoros* — pretējos virzienos.

Salīdzinot vienādojumu (3.34), (3.36) un 3.4. tab. datus, redzam, ka rekuperatori var nodrošināt to pašu siltuma vai aukstuma ietaupījumu, ko dod 30÷60% recirkulācija. Tai pašā laikā pilnīgi izslēgta iespēja atgriezt telpā kaitīgos izdalījumus.

Ir iespējams izgatavot rekuperatora sienīņas no poraina materiāla, kas labi vada siltumu, laiž cauri ūdens tvaikus, bet ir praktiski gaisa necaurlaidīgas. Rekuperatori no šāda materiāla ziemā ļauj arī samitrināt āra gaisu, nosusināt to vasarā un ievērojami palielināt siltuma apmaiņas efektivitāti. Pagaidām pietiekami efektīvi materiāli nav atasti.

Rekuperatorus plaši lieto papīra rūpniecības uzņēmumos, kuros tehnoloģisko iekārtu noplūdes gaisam ir tik augsta entalpija, ka ar to var sasildīt tehnoloģiskajiem aparātiem nepieciešamo pieplūdes gaisu, ko ņem no telpas,



19. zīm. Papīra fabrikās lietotais TPA-3 tipa noplūdes gaisa siltuma rekuperācijas agregāts:

A — āra gais; B — noplūdes gais no telpas; C — noplūdes gais no papīrmašīnas; D — pieplūdes gais uz telpu; E — pieplūdes gais uz papīrmašīnu; F — noplūdes gais atmosfērā;
 1 — rekuperators; 2 — sprauslu kamera; 3 — kontakta slānis; 4 — skruberis; 5 — separatoris; 6 — noplūdes ventilators; 7 — kalorifiers; 8 — pieplūdes ventilators; 9 — gaisa pieplūdes ventilators; 10 — gaisa plūsmas regulēšanas vārsts; 11 — ūdens filtrs; 12 — siltā ūdens tvertne; 13 — sūknis; 14 — karstā ūdens tvertne

3.4. tabula

Siltumapmaiņas procesa efektivitāte līdzstrāvas un pretstrāvas rekuperatoriem

L_R/L_P	$k/c. u. \gamma$				
	0,33	0,5	1	2	≥ 3
Līdzstrāvai					
1	0,25	0,32	0,43	0,49	0,50
0,5	0,21	0,26	0,32	0,33	0,33
0,2	0,14	0,16	0,17	0,17	0,17
0,1	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09

Tabulas turpinājums

L_R/L_P	$k/c \cdot v \cdot \gamma$				
	0,33	0,5	1	2	≥ 3
Preistrāvai					
1	0,25	0,34	0,51	0,68	0,77
0,5	0,23	0,29	0,39	0,46	0,49
0,2	0,16	0,18	0,20	0,20	0,20
0,1	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10

Šeit k — gaisa plūsmas atdalošās sienas siltuma transmisijas koeficients, $\text{kW}/(\text{m}^2 \cdot \text{deg})$; c — āra gaisa siltumietilpība, $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{deg})$; v — āra gaisa kustības ātrums rekuperatorā, m/s ; γ — āra gaisa blīvums, kg/m^3

āra gaisu ventilācijas un gaisa kondicionēšanas vajadzībām un ūdeni tehnoloģiskām vajadzībām.

Papīra rūpniecības uzņēmumos lietotā rekuperatora shēma attēlota 19. zīm.

Ziemā no recirkulācijas gaisa var izdalīties kondensāts, tādēļ jānodrošina tā uzlveršana. Kondensāta pilieni aizsprosto ceļu gaisa plūsmā un var palielināt aerodinamisko pretestību par 40 ÷ 50%.

3.4.2. Rotējoši reģeneratori

Rotējošu reģeneratoru kontakta slāni (20. zīm. a) izgatavo no alumīnija folijas, metāla skaidām vai sietiem, stikla šķiedras, polimēra plēves un citiem materiāliem ar lielu siltumietilpību. No šādiem nehidroskopiskiem materiāliem izgatavotu reģeneratoru siltumapmaiņas procesa efektivitāte ε vienādojumā (3.36) pie sistēmas ražīguma attiecības $L_R/L_P = 0,5$ ir apmēram 0,75, tātad lielāka nekā rekuperatoros (sk. 3.4. tab.).

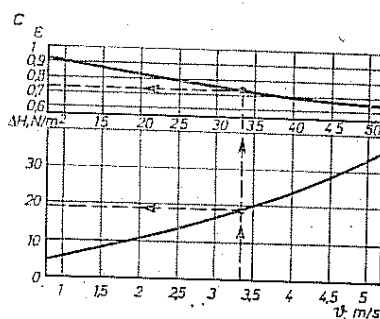
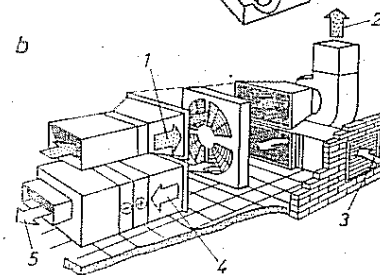
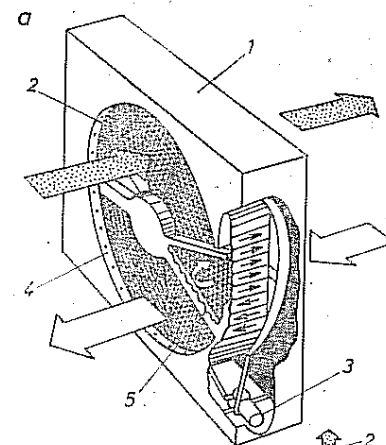
Bez tam reģeneratori ir daudz kompaktāki: kontakta virsmas un tilpuma attiecība tiem ir 1500 ÷ 3000 m^2/m^3 , bet rekuperatoriem — tikai 300 ÷ 900 m^2/m^3 . Reģenerators ir ērti iebūvēt gaisa kondicionēšanas sistēmās (20. zīm. b), organizējot tīru pretplūsmu, metāla patēriņš to izgatavošanai ir 2 ÷ 5 reizes mazāks nekā rekuperatoriem.

Ziemā kondensāts, kas no recirkulācijas gaisa izdalās uz kontakta slāņa aukstās virsmas, pilnīgi iztvaiko āra

20. zīm. Noplūdes gaisa siltuma un mitruma reģenerators:

a — uzbūve: 1 — korpuss; 2 — rotējošs higroskopiska materiāla kontakta slānis; 3 — elektrodzinējs ar reduktoru; 4 — blīvslēgs; 5 — pretplūsmas sektors kontakta virsmas attīrīšanai

b — izvietojums gaisa kondicionēšanas sistēmā: 1 — noplūdes gaisa no telpas; 2 — izplūde atmosfērā; 3 — āra gaisa; 4 — gaisa pievada kondicionēšanai; 5 — gaisa pievada telpai; c — reģenerācijas efektivitāte ε un aerodinamiskā pretestība ΔH atkarībā no gaisa ātruma v



gaisā. Tā zināmā mērā notiek arī āra gaisa mitrināšana.

Pēdējā laikā ārzemēs apgūta rotējošu reģeneratoru kontakta slāņa izgatavošana no higroskopiskiem materiāliem, kuri nodrošina vienādu siltuma un mitruma apmaiņas procesu efektivitāti. Tās liels ir atkarīgs no gaisa kustības ātruma kontakta slānī (20. zīm. c).

Reģeneratori ar higroskopisku kontakta slāni ir ļoti perspektīvi: kā redzams 20. zīm. c, tie ļauj sasniegt to pašu ekonomiju, ko dod 65 ÷ 74% recirkulācijas gaisa piejaukšana āra gaisam.

Reģeneratoru vienīgais trūkums, salīdzinot ar rekuperatoriem, ir iespēja nelielai gaisa daļai caur neblīvu aparātu iekļūt āra gaisa plūsmā. Bez tam pastāv iespēja, ka kontakta slāni adsorbē atsevišķas kaitīgas gāzes no recirkulācijas gaisa, bet pēc tam atdod tās āra gaisam. Lai pēc iespējas samazinātu šo iespēju, ierīko pretplūsmas sektoru kontakta virsmas tīrīšanai.

3.5. GAISA ATTĪRĪŠANA NO PUTEKĻIEM UN BAKTĒRIJĀM

Pirms ievadīšanas telpā āra un recirkulācijas gaiss jāattīra no putekļiem un baktērijām. Galvenie filtru raksturojošie lielumi ir

gaisa attīrīšanas efektivitāte

$$E_f = \frac{G_1}{G_2} = \frac{C_1 - C_2}{C_1}, \quad (3.37)$$

kur G_2 — putekļu masa filtrējamā gaisa plūsmā;
 G_1 — filtra uztverto putekļu masa;
 C_1 un C_2 — putekļu koncentrācija gaisa plūsmā pirms un pēc filtra;

aerodinamiskā pretestība ΔP , N/m²;
 putekļietilpība G , g/m² — maksimālais putekļu daudzums, ko var uztvert filtrs, attiecināts uz 1 m² šķērsgrēzuma laukuma.

Filtrus atkarībā no gaisa attīrīšanas efektivitātes iedala trīs klasēs: I klases filtriem $E_f \geq 0,99$, II klases filtriem $0,99 > E_f \geq 0,85$, bet III klases filtriem $0,85 > E_f > 0,6$. Ar I klases filtriem var uztvert putekļus, kuru diametrs ir mazāks par 1 μm, ar II klases — lielāks par 1 μm, bet ar III klases — lielāks par 10 μm.

Jo augstāka ir filtra klase, jo mazāka ir tā putekļietilpība un jo lielāka ir aerodinamiskā pretestība pie viena un tā paša gaisa caurplūdes ātruma. Sakarā ar to gaisa caurplūdes ātrumu I klases filtriem izvēlas mazāku par 0,1 m/s, II klases filtros — 0,1 ÷ 1 m/s, bet III klases filtros — lielāku par 1 m/s.

I klases filtros attīra gaisu, kas iepriekš filtrēts II un III klases filtros (trīspakāpju filtrs), bet II klases filtros — gaisu, kas iepriekš filtrēts III klases filtros (divpakāpju filtrs).

Divpakāpju filtra gaisa attīrīšanas efektivitāte

$$E_f = E_{f_1} + E_{f_2} - E_{f_1} E_{f_2}, \quad (3.38)$$

kur E_{f_1} un E_{f_2} — gaisa attīrīšanas efektivitāte pirmajā un otrajā pakāpē.

Pie III klases pieskaitāmi eļļas filtri un sintētiskā auduma filtri, pie II klases — elektrofiltri, pie I klases — Petrijanova auduma filtri.

Izvēloties filtrus, putekļu koncentrāciju āra gaisā var pieņemt: ārpus pilsētas — 0,1 ÷ 0,15 mg/m³, pilsētas dzī-

vojamo ēku masīvos — 0,1 ÷ 0,5 mg/m³, pilsētu rūpnieciskajos rajonos — 0,5 ÷ 1 mg/m³, rūpnieciskajā teritorijā — 3 mg/m³. Recirkulācijas gaisa putekļu koncentrācija rūpnīcās nedrīkst būt lielāka par normēto [28], bet sabiedriskajās ēkās to var pieņemt 0,1 mg/m³.

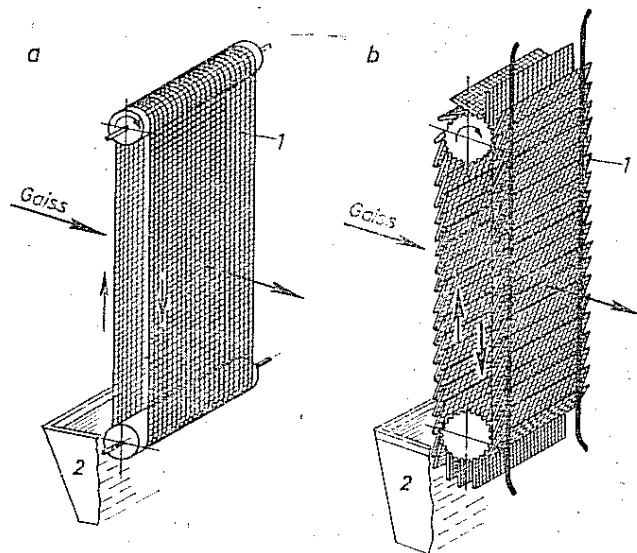
Visās gaisa kondicionēšanas sistēmās jāparedz vismaz III klases filtri. II klases (divpakāpju) filtrus paredz telpās, kur nepieciešama paaugstināta gaisa tīrība, bet I klases (trīspakāpju) filtrus — tikai sevišķos gadījumos, kad nepieciešams ļoti tīrs gaiss, kā arī tad, kad telpā nedrīkst iekļūt mikrobi un baktērijas, piemēram, slimnīcu operāciju zālēs, medicīnisko preparātu rūpniecības gatavās produkcijas cehos, dažās radioelektronikas un precīzo aparātu būves rūpniecības telpās. I klases filtrus sauc arī par *absolūtajiem filtriem*.

3.5.1. Eļļas filtri

Krjukovas ventilatoru rūpniecība ražo eļļas filtrus no atsevišķām 500 × 500 × 50 mm kasetēm. Kasetes ir pildītas ar gofrētiem metāla (ФЯР tipa filtrs) vai viniplasta (ФЯВ tipa filtrs) sietiem. Pirms uzstādīšanas gaisa plūsmā sietus saeļļo ar visciņa eļļu vai vārpsteli Nr. 2 vai Nr. 3. Filtram piesārņojoties, tā aerodinamiskā pretestība pieaug; kad tā kļūst divreiz lielāka par tīra filtra pretestību, tad uzskata, ka filtrs ir sasniedzis normēto putekļietilpību un nepieciešama reģenerācija. To veic, mazgājot kasetes ar karstu 5% sodas šķīdumu, pēc tam noskalojot ar karstu ūdeni. ФЯВ tipa filtrus nedrīkst mazgāt ar ūdeni, karstāku par 60 °C. Pēc žāvēšanas filtrus atkal saeļļo.

Domodedovas kondicionētāju būves rūpniecība ražo eļļas filtrus КДМ, bet Harkovas kondicionētāju būves rūpniecība — filtrus КТ, kas paši attīrās (21. zīm. a). Gaiss plūst cauri kustīgam, ar elektrodzinēju pārvietojamam metāla sietam, kura apakšējā daļa iegremdēta vanniņā ar eļļu. Filtra reģenerēšana notiek nepārtraukti, un putekļietilpība ir atkarīga no vanniņas tilpuma un pieļaujamās putekļu koncentrācijas vanniņā; tā apmēram 10 reizes pārsniedz kasetu filtru putekļietilpību (3.5. tab.).

Daļa eļļas sīku pilieni veidā aizlido kopā ar gaisa plūsmu. Sakarā ar to eļļas filtrus nav ieteicams lietot pārtikas rūpniecības un sabiedrisko ēku gaisa kondicionēšanas



21. zīm. Eļļas filtru konstrukcijas:
a — ar kustīgu metāla sietu; b — ar kustīgām virām;
1 — kustīgais slānis; 2 — vanna ar eļļu

3.5. tabula

Dažu III klases filtru raksturojums

Nosaukums	Nominālais ražīgums, m ³ /s uz 1 m ² šķērsgrie- zuma laukuma	Aerodina- miskā pretestība tīram filtram, N/m ²	Putekļietil- pība, g/m ²	Āra gaisa attīrīšanas efektivitāte
ФяР	1,95	39	1500	0,8
ФяВ	1,95	49	2000	0,7
ФяП	1,95	59	180	0,7+0,8
ФяУ	2,78	39	400	0,8
КлМ	2,78	98	~20000	0,8
КТ	2,5	98	~20000	0,8
ФРУ	2,78	44	300	0,82
ФРП	2,78	108	130	0,95*

* Tikai šķiedrveida putekļiem.

sistēmās. Ar gaisu aiznestās eļļas daudzums ir mazāks filtros, kuros sieta vītā izmantotas kustīgas viras (21. zīm. b). Šādus filtros sāk ražot Simferopoles mašīnbūves rūpnīca.

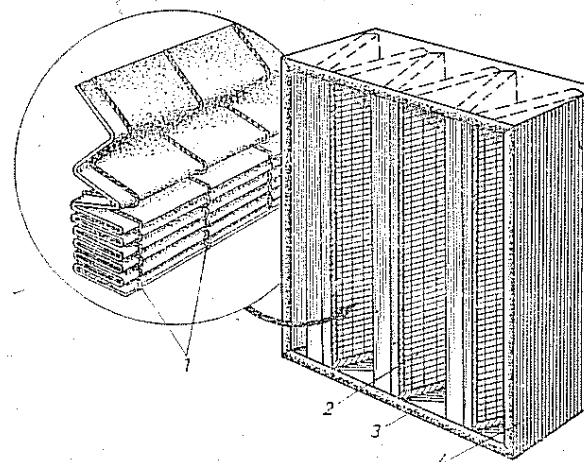
Eļļas reģenerēšana ir ļoti sarežģīta. Liela ražīguma filtriem vannīņas tilpums ir ievērojams, piemēram, filtra КТ 30 vannīņā iepilda 290, bet filtra КТ 200 vannīņā — 850 kg eļļas.

Viscīnā eļļai nav smakas, bet to var lietot āra gaisa plūsmā ar temperatūru līdz -20°C. Pie zemākas gaisa temperatūras jālieto vārpstēļļa (līdz -30°C) vai aparātu eļļa МВП (līdz -60°C), kurām ir specifiska smaka.

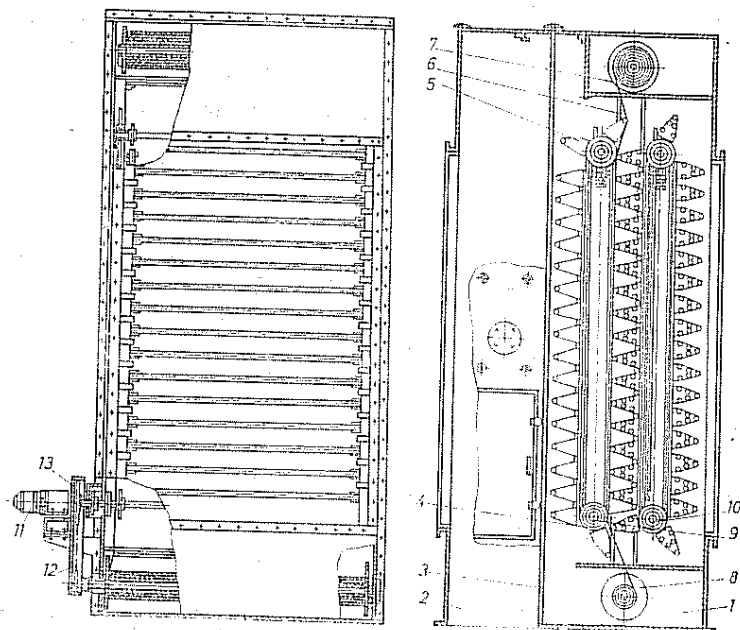
Uzrādīto trūkumu dēļ pēdējā laikā eļļas filtru vietā sāk arvien vairāk lietot sintētiska auduma filtros. To putekļietilpība ir mazāka nekā eļļas filtriem, bet toties reģenerēšana ir stipri vienkāršāka.

3.5.2. Sintētiska auduma filtri

III klases sintētiska auduma filtros no kasetēm, kas aizpildītas ar putu poliuretānu (filtrs ФяП) vai elastīgām stikla šķiedrām (filtrs ФяУ), izgatavo Крjukovas ventilatoru



22. zīm. Sintētiska auduma filtrs pieplūdes gaisa attīrīšanai:
1 — pie filtrējošā auduma pietūmēta aukla; 2 — rāmis ar sakrokota auduma paketi; 3 — gumijas blīvslēgs; 4 — filtra korpuss



23. zīm. Pieplūdes gaisa filtrs ФР2-40-0-1 ar pārtinamu sintētiska auduma slāni:

1 — filtrs; 2 — apkalpošanas kamera; 3 — rāmis; 4 — ķēžu transportieris; 5 — transportiera zobs; 6 — filtrējošais materiāls; 7 — augšējā spole; 8 — apakšējā spole; 9, 10 — transportiera vārpstas; 11 — elektrodzinējs; 12 — ķēžu pievads; 13 — berzes sajūgs

rūpnīca. Kad filtrējošā materiāla slānis ir piesārņots tik daudz, ka filtra aerodinamiskā pretestība palielinās divkārt, kasetes ar poliuretānu izmazgā ar aukstu (sautsiem putekļiem) vai siltu ūdeni (lipīgiem putekļiem); stikla šķiedras netīra, bet nomaina kasetes pildījumu.

Simferopoles mašīnbūves rūpnīca izgatavo sērijveidā ФРV tipa ruļļu filtrus, kuros ФСВY markas elastīgu stikla šķiedras audumu pārtin ar elektrodzinēju, bet Serpuhovas mehāniskā rūpnīca nelielām partijām izgatavo ФРП tipa ruļļu filtrus, kuros izmanto ФВН markas blīvu audumu (20% kaprons, 80% kokvilnas), kas ir piemērots gaisā esošu šķiedrveidīgu putekļu uztveršanai.

Lai samazinātu filtra šķērsgrizumu, filtrējošo materiālu

sakroko. Neliela ražīguma kasetu filtros audumu kroko ar rokām (22. zīm.), bet lielākas ražības ruļļu filtros — ar speciālu transportieri (23. zīm.).

Pēdējā laikā mūsu ķīmiskā rūpniecība sāk izgatavot dažādus filtriem piemērotus sintētiskus materiālus ar ļoti lielu putekļietilpību; daži no tiem ir biezāki par 20 mm. Tik biezus materiālus uztīt uz ruļļiem ir grūti, tāpēc arī liela ražīguma filtros racionālāk ir materiālu kroko ar rokām.

Daži no jaunajiem sintētiskajiem materiāliem pēc gaisa attīrīšanas efektivitātes lieluma atbilst II klases filtriem. Pirmais II klases filtrs ar sintētisku audumu, kas ieviests ražošanā, ir ФР 2-40-01 tipa ruļļu filtrs ar ražīgumu 11 m³/s un gaisa attīrīšanas efektivitāti 0,9 ÷ 0,95.

3.5.3. Elektrofiltri

Gaisa kondicionēšanas sistēmās lieto ФЭ tipa elektrofiltrus, kuros ražo Serpuhovas mehāniskajā rūpnīcā atsevišķu sekciju veidā. Izgatavo sekcijas ar nominālo ražīgumu 0,33 un 0,47 m³/s. To gaisa attīrīšanas efektivitāte ir 0,92, aerodinamiskā pretestība — 3—4 N/m², putekļietilpība — 1500 g/m².

Gaiss plūst cauri trīs filtra sekcijām. Pirmajā jeb jonizēšanas sekcijā pamīšus uzstādīti cilindriski elektrodi zem 13 000 V sprieguma un iezemēti elektrodi, kuru elektriskajā laukā putekļi jonizējas — saņem statiskas elektrības lādiņu. Otrajā jeb nosēdināšanas sekcijā pamīšus uzstādītas metāla plāksnes zem 6500 V sprieguma un iezemētas plāksnes. Jonizētie putekļi nosēžas uz iezemētajām plāksnēm. Noņemot spriegumu, putekļi nokrīt zemē. Apmēram reizi mēnesī filtru izmazgā ar ūdens strūklu.

Lai uztvertu putekļus, kas nokrīt no sekcijas iezemētajām plāksnēm, aiz tām uzstāda separēšanas sekciju — III klases filtrs no ФСВY markas elastīgām stikla šķiedrām.

220 V maiņstrāvas taisnošanai lieto rūpnīcas «Mosrentgen» ražotos В-13/6,5-30 pusvadītāju barošanas agregātus. Viens agregāts ir pietiekams sekciju grupai ar kopīgo ražīgumu līdz 11 m³/s.

3.5.4. Petrjanova auduma filtri

I klases filtros kā filtrējošo materiālu izmanto Petrjanova audumu — uz marles uznesta 0,2; 0,4 vai 0,8 mm bieza ultratīvu perhlorvinila (marka ФПП-15 vai ФПП-25) vai acetilcelulozes (marka ФПА-15) šķiedru kārtā. Cipari 15 un 25 markas nosaukumā norāda šķiedru vidējo diametru — 1,5 un 2,5 μm . Jo lielāks kārtas biežums, jo lielāka filtra gaisa attīrīšanas efektivitāte E_t un aerodinamiskā pretestība ΔP . Pie nominālā ražīguma 0,01 m^3/s uz 1 m^2 filtra šķērsgriezuma laukuma, kas atbilst gaisa ātrumam 1 cm/s , pastāv sekojoša sakarība:

$\Delta P, \text{N/m}^2$	15	30	60
E_t	0,99 ÷ 0,999	0,999 ÷ 0,9999	0,9999 ÷ 0,99995

Gaisa kondicionēšanas sistēmās lieto Petrjanova audumu ar aerodinamisko pretestību 15 N/m^2 . Biezākas šķiedru kārtas lieto atmosfērā izvadītā gaisa attīrīšanai gadījumos, kad tas satur radioaktīvus un indīgus putekļus vai infekcijas slimību baciļus.

Filtera aerodinamiskā pretestība

$$\Delta P = \Delta P_{st} \cdot v [\text{N/m}^2], \quad (3.39)$$

kur ΔP_{st} — filtra standartizētā pretestība, N/m^2 , ja gaisa kustības ātrums $v = 1 \text{ cm/s}$;
 v — faktiskais gaisa kustības ātrums, cm/s .

Materiālu ФПП šķiedrām ir pastāvīgs statiskās elektrības lādiņš, kas 2 ÷ 2,5 reizes samazina cauri filtram izkļuvošo putekļu daudzumu.

Petrjanova audumu saēd organisko šķīdinātāju tvaiki, bet perhlorvinila šķiedras — arī eļļas. Tādēļ trīspakāpju filtros eļļas filtrus izmantot kā pirmo pakāpi nav ieteicams.

3.6. GAISA DEZODORĒŠANA

Smaku intensitāti instrumentāli izmērīt nevar, un sakarā ar to ne pie mums, ne ārzemēs nav nekādu normatīvu dokumentu par smaku likvidēšanu.

Smakas, pat ļoti nepatīkamās, cilvēka veselībai nekaitē, bet, protams, rada diskomforta sajūtu, un tādēļ ar tām

jācīnās. Smaku likvidēšanu gaisa kondicionēšanas praksē sauc par *dezodorēšanu*.

Seit īsi apskatīsim ārzemēs biežāk lietotās recirkulācijas gaisa dezodorēšanas metodes.

Lielu daļu nepatīkamo smaku efektīvi adsorbē aktīvā ogle un absorbē kalcijs vai litija hlorīds. Gaisa plūsmā ievietots aktīvās ogles slānis var adsorbēt līdz 33% no savas masas benzīna tvaikus, automobiļu izplūdes gāzes, cilvēka ķermeņa un smērvielu izgarojumus, hloroformu un fenolu; līdz 16% savas masas acetonu, akroleīnu, anestēzējošās vielas, metilspirtu, metilēteri un hloru, bet laiž cauri acetilēnu, ūdeņradi, metānu, tvana gāzi, ogļskābo gāzi un etilēnu. Aktīvā ogle vāji adsorbē amonjaku, butānu, propānu un sērūdeņradi.

Aktīvās ogles gada patēriņš uz vienu cilvēku dzīvojamās ēkās ir 0,45 kg, viesnīcās — 0,9 kg, slimnīcās — 1,35 kg, restorānos — 2,25 kg. Ogli saber kasetēs vai īpašās patronās 12,5 līdz 25 mm biezā slānī. Ja gaisa caurplūdes ātrums ir 0,2 m/s , slāņa aerodinamiskā pretestība attiecīgi ir 50 ÷ 90 N/m^2 .

Kalcijs vai litija hlorīds, izsmidzināts gaisa plūsmā, labi absorbē smakas, kas parasti izdalās sabiedrisko un dzīvojamo telpu gaisā, un iznīcina mikroorganismus.

Smakas var novērst, apstarojot recirkulācijas gaisu ar ultravioleto starojumu. Tā rezultātā no skābekļa O_2 veidojas atomārais skābeklis O , kas intensīvi oksidē smaku izdalošo vielu molekulas. Šīs dezoderēšanas metodes pamatā ir īpatnība, ka cilvēks nesaož skābekli un tā oksīdus. Atomārais skābeklis eksistē tikai īsu brīdi (to mēra mikrosekundēs), un tā iedarbība ir jūtama tikai tieši apstarotajā gaisa plūsmas vietā.

Recirkulācijas gaisu vispirms filtros attīra no putekļiem un eļļām un pēc tam, krasi samazinot gaisa plūsmas ātrumu, ievada izplešanās kamerā un apstaro ar ultravioletajiem stariem. Gaisa kustības ātrumu un kameras garumu izvēlas tā, lai gaiss ātrātos kamerā vismaz 6 ÷ 8 s.

Praksē lieto smaku neitralizāciju un kompensāciju ar smalki izsmidzinātām smaržīgām vielām — dezodorantiem. Tā ir psiholoģiska dezodorācijas metode: smaka patiesībā paliek, bet otrā smarža vai izveidotais smaržu pāris neitralizē to. Dezodorantu sastāvā ietilpst ēteriskās eļļas, hlorofils un dažādas ķīmikālijas.

Dezodorācija var dot ievērojamu ekonomisku efektu, ja

uz tās rēķina palielina recirkulācijas gaisa daudzumu. Piemēram, ēdnīcās normāli recirkulāciju nedrīkst pielietot, bet dažu valstu normas atļauj pēc apstarošanas ar ultravioleto starojumu ievadīt kondicionētājā līdz 90% recirkulācijas gaisa.

3.7. GAISA JONIZĒŠANA

Gaisa jonizācijas pakāpi raksturo vieglo negatīvo jonu koncentrācija 1 cm^3 gaisa. Parasti tā ir ap 1000, ziemā samazinās līdz 200, bet vasarā dažreiz palielinās līdz 3000.

Pastāv uzskats, ka negatīvie joni labvēlīgi iespaido sirds darbību un asinsriņķošanu. Mākslīgu gaisa jonizēšanu pēc ārsta norādījuma medicīniskā personāla uzraudzībā lieto profilakses nolūkā un dažu slimību — elpošanas ceļu kataru, bronhiālās astmas, hipertonijas sākuma stadijas ārstēšanā. Tomēr veselības aizsardzības orgāni neiesaka masveidīgi lietot mākslīgu gaisa jonizēšanu praktiski veseliem cilvēkiem.

Mākslīgu gaisa jonizēšanu izmanto cīņā ar putekļiem kalnrūpniecībā un dažās citās rūpniecības nozarēs. Šī gaisa atputeļošanas paņēmiena pielietošana ir ļoti ierobežota: putekļi, kas ir gaisā, pēc jonizēšanas nosēžas uz telpas griestiem, sienām un mēbelēm vai iekārtām, pie tam kopā ar baktērijām.

Tiek veikti pētījumi par mākslīgi jonizētā gaisa ietekmi uz cilvēka veselību un darba spējām. Kamēr tie nebūs pabeigti, gaisa kondicionēšanas sistēmās gaisa jonizēšanu lietot nav atļauts.

4. GAISA KONDICIONĒŠANAS SISTĒMAS

Gaisa kondicionēšanas sistēmas var būt *vienzonas*, kurās no viena kondicionētāja gaisu pievada tikai vienai telpai, un *daudzzonu*, kurās no viena kondicionētāja gaisu pievada vairākām telpām. Lielas administratīvo ēku telpas un lielas platības rūpnīcu cehus, kuros izdalītais siltums nav vienmērīgi sadalīts pa grīdas laukumu, sadala zonās un katrā zonā atsevišķi regulē temperatūru; tādus gadījumus, kaut arī telpā ir tikai viens kondicionētājs, tomēr sistēma ir daudzzonu. Ļoti lielas telpas var apkalpot vienlaicīgi vairākas vienzonas vai daudzzonu sistēmas. Hermētiski slēgtos cehos divu sistēmu ierīkošana katrai telpai ir obligāta.

Izšķir pastāvīga un mainīga ražīguma gaisa kondicionēšanas sistēmas.

Pastāvīga ražīguma sistēmas ievada telpā nemainīgu kondicionētā gaisa daudzumu neatkarīgi no siltuma, mitruma un citu kaitīgo izdalījumu daudzuma un āra gaisa parametru izmaiņām. Tā kā nepieciešamo sistēmas ražīgumu aprēķina pie maksimāli iespējamā kaitīgo izdalījumu daudzuma un maksimālā saules starojuma (skaidrā laikā), tad lielāko daļu laika sistēmas ražīgums ir nepamatoti liels. Rezultātā pastāvīga ražīguma sistēmas lielāko daļu to darbības laika gaisa apstrādei pārtērē siltumu, aukstumu, elektroenerģiju un ūdeni.

Mainīga ražīguma sistēmās pieplūdes gaisa daudzumu maina atkarībā no kaitīgo izdalījumu daudzuma telpā. Kaut gan mainīga ražīguma sistēmas ir daudz ekonomiskākas, tās pagaidām lieto reti. Tam ir divi galvenie iemesli: netiek ražota pietiekami augstas kvalitātes aparātūra ventilatoru ražīguma regulēšanai; pašreiz lietoto konstrukciju pieplūdes gaisa sadalītāji nevar nodrošināt nemainīgu gaisa kustības ātrumu telpas darba zonā, ja pieplūdes gaisa daudzums svārstās plašās robežās. Bez tam ir daudz neskaidrību par ļoti sazarotu mainīgas ražības sistēmu

aerodinamisko stabilitāti, kā arī par šo sistēmu siltumapmaiņas aparātu automātisko regulēšanu.

Atkarībā no pieplūdes ventilatora radītā spiediena P , kas ir vienāds ar sistēmas aerodinamisko pretestību, izšķir *zemspiediena* ($P < 980 \text{ N/m}^2$ vai 100 kg/m^2), *vidēja spiediena* ($P = 980 \div 2940 \text{ N/m}^2$) un *augstspiediena sistēmas* ($P > 2940 \text{ N/m}^2$ vai 300 kg/m^2). Augstspiediena sistēmas patērē vairāk elektroenerģijas, bet to gaisa vadi aizņem daudz mazāk vietas. Sistēmas kompakts daudzstāvu administratīvajās ēkās un viesnīcās bieži ir noteicošais faktors sistēmas izvēlē, un šajos gadījumos augstspiediena sistēmas ir ekonomiski izdevīgas. Pie mums ražotie augstspiediena ventilatori rada pārāk lielu troksni, tādēļ augstspiediena sistēmu izbūvei tie jāiepērk ārzemēs. Tas ir viens no iemesliem, kādēļ augstspiediena sistēmas pagaidām praktiski nelieto.

Izšķir sistēmas, kas var uzturēt telpās vēlamos gaisa parametrus visu gadu, un sistēmas, kuras var pilnvērtīgi funkcionēt tikai vasarā vai ziemā. *Vasaras sistēmām* nav primārā kalorifera un var nebūt arī sekundārā kalorifera. Piemēram, lielākā daļa pašreiz ražoto autonomo kondicionētāju paredzēti izmantošanai vasaras sistēmās. *Ziemas sistēmās* nav aukstuma avota, un tādēļ nav iespējams gaisu atdzesēt un nosausināt. Sākotnējie izdevumi ziemas sistēmu ierīkošanai un to patērētais enerģijas daudzums nav daudz lielāks kā parastajām piespiedu ventilācijas sistēmām, bet tās lielāko daļu gada telpās uztur optimālos gaisa parametrus.

4.1. VIENZONAS SISTĒMAS

Vienzonas sistēmās var būt pieplūdes un noplūdes ventilatori vai tikai pieplūdes ventilators. Pēdējā gadījumā izmantotais gaiss noplūst caur speciāliem atvērumiem vai vienkārši caur robežojošo konstrukciju neblīvumiem; tas nav ieteicams, jo var izsaukt lielas sistēmas ražīguma svārstības, atverot durvis vai logu. Pēdējā laikā sistēmas ar vienu ventilatoru vairs neierīko un tās var sastapt tikai agrāk būvētās ēkās.

Līdz šim vienzonas sistēmas regulēja pēc tā sauktās *rasas punkta metodes*: neatkarīgi no āra gaisa parametriem un telpas siltuma un mitruma bilances kondicionētājā

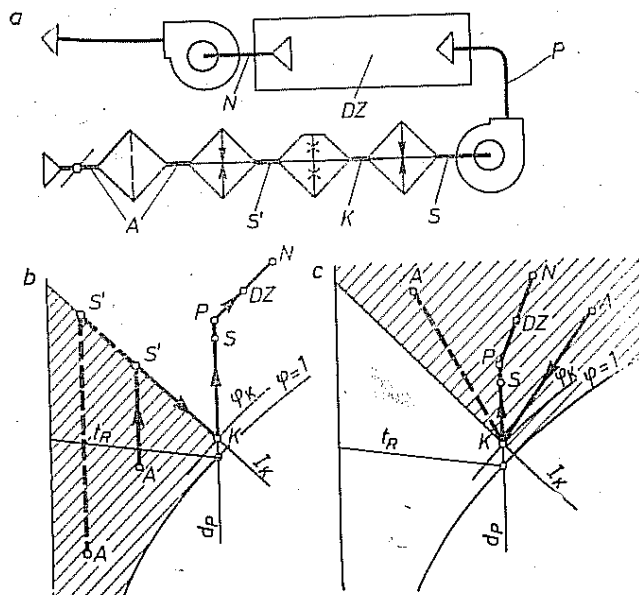
gaisu vispirms apstrādā, līdz tā relatīvais mitrums ir $\varphi \approx 1$ un temperatūra atbilst nepieciešamajai pieplūdes gaisa rasas punkta temperatūrai; vasarā atdzesējot un ziemā mitrinot, bet pēc tam samazina gaisa relatīvo mitrumu, sildot to kaloriferā. Sakarā ar šādu acīm redzami neekonomisku gaisa apstrādes secību pēc rasas punkta metodes regulējamās sistēmas patērē siltumu ne tikai ziemā, bet arī visu vasaru, izņemot karstākās dienas, kad nepieciešams telpā ievadīt pavisam aukstu gaisu ar rasas punkta temperatūru.

Minētā un dažas citas nepilnības gaisa apstrādes procesā ir novērstas sistēmās, kuras regulē pēc *optimālo režīmu metodes*. Šo autora izstrādāto metodi sāka lietot no 1968. gada, kad Maskavā Sanitārās tehnikas zinātniski pētnieciskajā institūtā bija pabeigta tās pētīšana laboratorijas apstākļos un Latvijas Valsts rūpniecības ēku projektēšanas institūtā «Latgiproprom» izstrādātas tipveida automātiskās regulēšanas iekārtu konstrukcijas.

Optimālo režīmu metodes realizēšanai nepieciešamo augstas kvalitātes relatīvā mitruma regulatoru nepietiekama ražošana ir vienīgais šķērslis tās plašai pielietošanai. Piemērotus relatīvā mitruma regulatorus nelielām partijām ražo uzņēmums «Promenergoremont» Ivanovā, bet no 1973. gada arī Kontroles un automātikas līdzekļu eksperimentālā rūpnīca (ОЗСКА) Leningradā un Automātikas institūta eksperimentālās darbnīcas Kijevā.

Taisnplūsmas sistēmās kondicionēto gaisu, pēc tam kad tas ir izplūdis cauri telpai, izvada atmosfērā.

Sistēmās ar recirkulāciju daļu izmantotā gaisa atgriež kondicionētājā, sajauc ar svaigo āra gaisu un atkārtoti ievada telpā. Tas ievērojami samazina siltuma un aukstuma patēriņu gaisa apstrādei. No sanitāri higiēniskā viedokļa priekšroka jādod taisnplūsmas sistēmām, un sagaidāms, ka recirkulācijas pielietošana tiks pilnīgi pārtraukta pēc tam, kad rekuperatorus un reģeneratorus (sk. grāmatas 3.4. nod.) ražos masveidā.



24. zīm. Taisnplūsmas gaisa kondicionēšanas sistēma:
a — principiālā shēma; b — gaisa apstrādes procesa attēls $I-d$ diagrammā ziemā; c — tas pats vasarā

4.1.1. Sistēmas, kuras regulē pēc rāsas punkta metodes

4.1.1.1. Taisnplūsmas sistēmas

Sistēmas shēma redzama 24. zīm. a, bet gaisa apstrādes procesi — 24. zīm. b (ziemā) un c (vasarā).¹

Ziemā ($I_A < I_K$) āra gaisu (punkts A) pēc attīrīšanas filtrā sasilsta primārajā kaloriferā līdz entalpijai I_K un tas iegūst parametrus, kuri $I-d$ diagrammā attēloti ar punktu S' .

Pēc tam gaisu sprauslu kamerā (vai citas konstrukcijas kontakta aparātā) adiabatiski mitrina un tā mitruma saturs kļūst vienāds ar nepieciešamo pieplūdes gaisa mitruma saturu d_p (punkts K). Tālāk gaisu sekundārajā kalo-

riferā sasilsta (process K-S) un ar pieplūdes ventilatoru pa gaisa vadiem ievada telpā. Ventilatorā un gaisa vados gaiss sasilst apmēram par 1,5 deg (process S-P).

Plūstot cauri telpai, gaiss asimilē siltumu un mitrumu (process P-N) un to ar noplūdes ventilatoru izvada atmosfērā.

Gaisa parametrus telpas darba zonā $I-d$ diagrammā attēlo punkts DZ uz taisnes, kas savieno punktus P un N.

Sistēmas darbību regulē ar diviem termoregulatoriem. Viens no tiem atkarībā no temperatūras telpas darba zonā samazina vai palielina sekundārā kalorifera siltumatdevi (nogrieznis KS kļūst īsāks vai garāks), bet otrs atkarībā no gaisa temperatūras aiz sprauslu kameras maina primārā kalorifera siltumatdevi. Ja mainās āra gaisa parametri, tad uz to reaģē pirmais termoregulators un attiecīgi izmaina primārā kalorifera siltumatdevi (procesa A-S' nepārtrauktā un raustītā līnija), bet, ja mainās telpā izdalītais siltums, — tad reaģē otrs termoregulators, kas attiecīgi izmaina sekundārā kalorifera siltumatdevi.

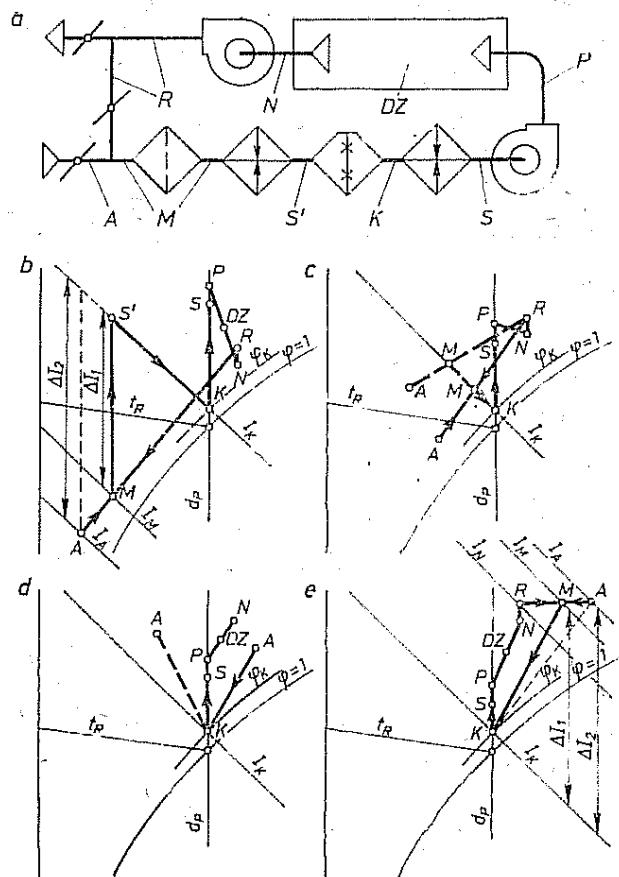
Āra gaisa entalpijai paaugstinoties (punkts A tuvojas izoentalpai I_K), vārsts, kas regulē siltuma nesēja caurplūdi primārajā kaloriferā, pamazām aizveras un pilnīgi noslēdzas tad, kad $I_A = I_K$; vārsta noslēgšanās dod signālu automātiskās regulēšanas iekārtām pārslēgt sistēmu uz vasaras režīmu.

Vasarā (pie $I_A > I_K$) āra gaisu (punkts A) atdzesē sprauslu kamerā līdz entalpijai I_K (process A-K) un tālāk apstrādā tāpat kā ziemas režīmā. Termoregulators, kurš ziemas režīmā regulēja primārā kalorifera darbību, vasaras režīmā regulē sprauslu kamerā ievadāmā aukstā ūdens daudzumu.

Āra gaisa entalpijai samazinoties (punkts A tuvojas izoentalpai I_K), vārsts, kas regulē aukstuma nesēja padevi, pamazām aizveras un pilnīgi noslēdzas tad, kad $I_A = I_K$; vārsta pilnīga noslēgšanās dod signālu automātiskās regulēšanas iekārtām pārslēgt sistēmas darbību uz ziemas režīmu.

Punkta K stāvokli $I-d$ diagrammā izvēlas tā, lai pie maksimāli izdalītā mitruma daudzuma gaiss darba zonā būtu ar vēlamo relatīvo mitrumu. Tā kā punkta K stāvoklis ir fiksēts, tad, izdalītā mitruma daudzumam mainoties, relatīvais mitrums telpas darba zonā arī mainīsies. Lai nodrošinātu nemainīgu relatīvo mitrumu, otrā termoregu-

¹ Pieņemtos apzīmējumus sk. 2. pielikumā.



25. zīm. Gaisa kondicionēšanas sistēma ar mainīgu I recirkulāciju:

a — principiālā shēma; b — gaisa apstrādes procesa attēls $I-d$ diagrammā ziemā; c — tas pats pārejas periodā; d — tas pats vasarā, ja $I_A < I_N$; e — tas pats vasarā, ja $I_A > I_N$

lators vietā jālieto relatīvā mitruma regulators, kas regulē primārā kalorifera siltumatdevi (ziemā) vai sprauslu kamerā ievadāmā aukstā ūdens daudzumu (vasarā) atkarībā no relatīvā mitruma telpas darba zonā.

Tā kā precīzu relatīvā mitruma regulatoru līdz šim nav,

tad tā vietā dažkārt lieto termoregulatoru, kura jutīgo daļu (temperatūras devēju) aplin ar ūdens trauciņā iemērcētu drāniņu, tā veidojot paštaisītu mitrā termometra temperatūras regulatoru. Lai tas normāli darbotos, apkalpojošajam personālam regulāri, vismaz reizi diennaktī, trauciņā jāpapildina ūdens un jāseko, lai uz drāniņas nebūtu putekļu.

4.1.1.2. Sistēmas ar pirmo recirkulāciju

Sistēmas shēma (25. zīm. a) atšķiras no iepriekš apskatītās tikai ar recirkulācijas gaisa vadu, kurā uzstādīts regulējošs vārsts. Tas ir automātiski bloķēts ar vārstu, kas regulē atmosfērā izvadītā gaisa daudzumu tā, ka viena vārsta atvēršanās izsauc attiecīgi otra aizvēršanos. Pieplūdes un noplūdes ventilatora režība ir nemainīga, var tikai mainīt āra gaisa (punkts A) un recirkulācijas gaisa (punkts R) maisījuma attiecību (punkts M).

Sistēma var darboties četros režīmos (25. zīm. b, c, d, e).

Ziemā ($I_A < I_R - \frac{I_R - I_K}{Z}$, kur Z — sanitārās normas koeficients) āra gaisu sajauc ar maksimāli pieļaujamo recirkulācijas gaisa daudzumu un iegūto maisījumu (punkts M) sasilina primārajā kaloriferā līdz entalpijai I_K (punkts S'), adiabatiski samitrina līdz nepieciešamajam gaisa mitruma saturam d_p (punkts K), uzsilda sekundārajā kaloriferā (process K-S). Tālāk tas sasilst pieplūdes ventilatorā (process S-P), izejot cauri telpai, izmaina parametrus atkarībā no telpas siltuma bilances un izdalītā mitruma daudzuma (process P-DZ-R) un tiek aizvadīts no telpas ar noplūdes ventilatoru. Noplūdes ventilatorā gaiss sasilst par 1,5 deg (process N-R).

Recirkulācijas ietaupītais siltuma daudzums, salīdzinot ar taisnplūsmas sistēmu,

$$\Delta I = \Delta I_2 - \Delta I_1 = (I_R - I_A) Z \text{ [kJ/kg]}. \quad (4.1)$$

Āra gaisa entalpijai I_A palielinoties (punkts A tuvojas izoentalpai I_K), arī maisījuma (punkts M) entalpija I_M palielinās, bet primārā kalorifera siltumatdevē samazinās (nogrieznis M-S' saīsinās), pamazām aizverot vārstu, kas regulē siltuma nesēja caurplūdi. Vārsta pilnīga noslēgšana

pie $I_M = I_K$ jeb $I_A = I_R - \frac{I_R - I_K}{Z}$ dod signālu automātiskās regulēšanas iekārtām pārslēgt sistēmas darbību uz pārejas perioda režīmu.

Pārejas periodā ($I_R - \frac{I_R - I_K}{Z} < I_A < I_K$) āra gaisu sajauc ar recirkulācijas gaisu tādā attiecībā, lai maisījuma (punkts M) entalpija būtu I_K . Tālāk gaisa apstrādes se-cība neatšķiras no ziemas režīma.

Āra gaisa entalpijai palielinoties (punkts A tuvojas izo-entalpai I_K), samazinās recirkulācijas gaisa daudzums maisījumā (nogriežņu AS un SR garuma attiecība sama-zinās), pamazām aizverot recirkulācijas gaisa vārstu un atverot vārstu, kas regulē atmosfērā izvadāmā gaisa dau-dzumu.

Recirkulācijas gaisa vārsta pilnīga noslēgšanās pie $I_A = I_K$ dod signālu automātiskās regulēšanas iekārtām pārslēgt sistēmas darbību uz vasaras režīmu.

Vasarā (pie $I_A > I_K$) āra gaisu atdzesē sprauslu ka-merā līdz entalpijai I_K (process $A-K$) un tālāk apstrādā tāpat kā ziemā un pārejas periodā.

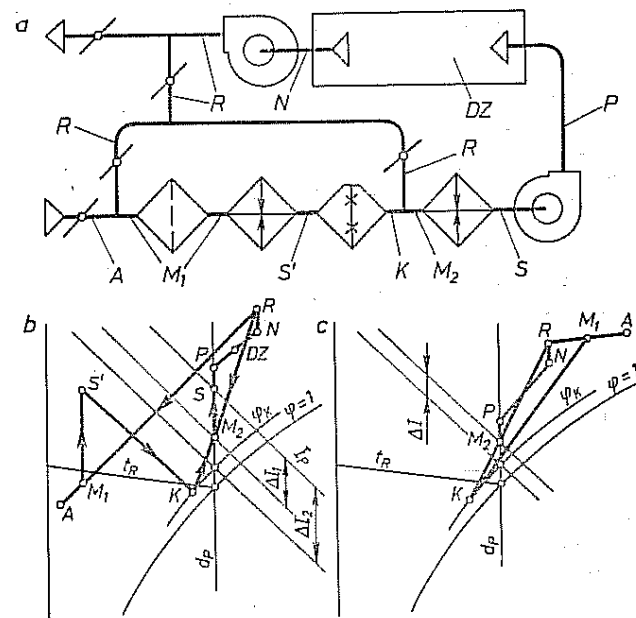
Āra gaisa entalpijai samazinoties (punkts A tuvojas izoentalpai I_K), pamazām aizveras vārsts, kas regulē auk-stuma nesēja padevi sprauslu kamerā. Vārsta aizvēršanās dod signālu automātiskās regulēšanas iekārtām pārslēgt sistēmas darbību uz pārejas perioda režīmu.

Ja āra gaisa entalpija $I_A > I_R$, tad lieto maksimālo pie-laujamo recirkulāciju. Maisījuma (punkts M 25. zīmē-jumā) entalpija $I_S < I_A$ un ietaupītā aukstuma daudzums

$$\Delta I = \Delta I_2 - \Delta I_1 = (I_A - I_R)Z \text{ [kJ/kg]}. \quad (4.2)$$

Maksimālās pieļaujamās recirkulācijas ieslēgšanai un izslēgšanai komandu dod mitrā termometra temperatūras regulators atkarībā no āra gaisa mitrā termometra tempe-ratūras, kas ir proporcionāla āra gaisa entalpijai. Regula-tora devēju uzstāda ne tieši āra gaisā, bet kondicionētājā starp primāro kaloriferu un sprauslu kameru, tātad āra gaisa un recirkulācijas gaisa maisījuma plūsmā. Tas ne-izmaina devēja precizitāti, jo brīdī, kad maina recirkulāci-jas vārsta stāvokli no pilnīgi slēgta uz pilnīgi atvērtu, entalpija $I_A = I_R = I_M$.

Recirkulācijas vārsta stāvokļa maiņu sauc par tā *rever-*



26. zīm. Gaisa kondicionēšanas sistēma ar I un II recirkulāciju:
a — principiālā shēma; b — gaisa apstrādes procesa attēls $I-d$ diagrammā ziemā; c — tas pats vasarā

sēšanu, bet attiecīgo temperatūras regulatoru — par *re-versīvo regulatoru*.

Tāpat kā taisnplūsmas sistēmas, arī sistēmas ar recir-kulāciju darbību regulē ar diviem termoregulatoriem. Viens no tiem regulē siltuma nesēja caurplūdi sekundā-rajā kaloriferā atkarībā no gaisa temperatūras telpas darba zonā, otrs — siltuma nesēja caurplūdi primārajā kaloriferā vai recirkulācijas gaisa daudzumu atkarībā no gaisa temperatūras aiz sprauslu kameras.

4.1.1.3. Sistēmas ar divām recirkulācijām

Recirkulācijas gaisu kondicionētājā ievada divās vietās: pirmo recirkulāciju — kā parasti, pirms filtra, bet otro recirkulāciju — starp sprauslu kameru un sekundāro ka-loriferu (26. zīm.).

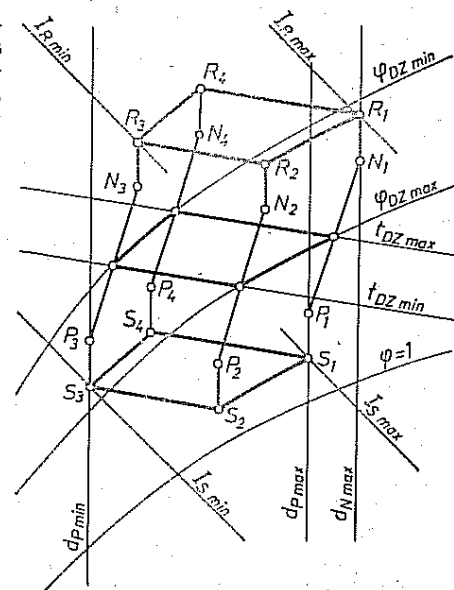
Ziemā āra gaisu (punkts A) sajauc ar recirkulācijas gaisu (punkts R), iegūto maisījumu (punkts M_1) silda primārajā kaloriferā (process M_1-S_1) un pēc tam adiabatiski mitrina (process S_1-K). Aiz sprauslu kameras uzsildītajam un samitrinātajam maisījumam (punkts K) vēlreiz piejauc recirkulācijas gaisu (punkts R) tādā proporcijā, lai jaunā maisījuma (punkts M_2) mitruma saturs būtu vienāds ar nepieciešamo pieplūdes gaisa mitruma saturu d_p . Jauno maisījumu uzsilda sekundārajā kaloriferā (process M_2-S), tālāk tas vēl nedaudz sasilst pieplūdes gaisa vados un ventilatorā (process $S-P$) un tiek ievadīts telpā, kur asimilē izvadīto siltumu un mitrumu (process $P-DZ-N$). Noplūdes gaisu (punkts N), nedaudz sasilušu noplūdes gaisa vados un ventilatorā (process $N-R$), sadala trīs daļās — pirmajai recirkulācijai, otrajai recirkulācijai un izvadīšanai atmosfērā.

Pārejas periodā (zīmējumā nav parādīts) un vasarā (26. zīm. c) atkarībā no āra gaisa entalpijas maina pirmās recirkulācijas gaisa daudzumu pēc tā paša principa, kā iepriekš apskatītajās sistēmās ar pirmo recirkulāciju.

Ziemā otrās recirkulācijas rezultātā iegūtā siltuma ekonomija ir $(\Delta I_2 - \Delta I_1)$ kJ/kg, bet vasarā — ΔI kJ/kg. Primārā kalorifera patērētais siltuma daudzums un sprauslu kamerā patērētais aukstuma daudzums kJ uz 1 kg apstrādātā gaisa ir lielāks nekā sistēmās ar vienu pirmo recirkulāciju, bet jāņem vērā, ka neapstrādā visu kondicionēto gaisu (L kg/s), bet tikai $L \cdot \frac{I_n - I_M}{I_n - I_K}$ kg/s. Sīkāka kondicionētāja darbības analīze [16] rāda, ka sistēmas ar divām recirkulācijām aukstumu sāk patērēt pie zemākas āra gaisa entalpijas nekā sistēmas ar vienu recirkulāciju, bet maksimālais aukstuma patēriņš ir mazāks. Tas nozīmē, ka saldēšanas mašīnu nepieciešamais ražīgums ir mazāks, bet tās darbojas ilgāk. Ļoti svarīga priekšrocība ir tā, ka vasarā parasti var ilgi iztikt bez gaisa sildīšanas, tātad sistēma var normāli darboties arī tad, kad siltuma avots, piemēram, rūpnīcas katlu māja, ir remontā.

Pirmajai un otrajai recirkulācijai izmantoto gaisa daudzumu summa nedrīkst pārsniegt maksimāli pieļaujamo recirkulācijas gaisa daudzumu. Lai to nodrošinātu, gaisa vados uzstāda statiskā spiediena regulatorus, kas ierobežo recirkulācijas gaisa vārstu atvēršanos. Otrajai recirkulācijai ņem tik daudz gaisa, cik nepieciešams, bet pirma-

27. zīm. Pieļaujamās gaisa parametru svārstības pirms pieplūdes ventilatora (četrstūris $S_1S_2S_3S_4$), darba zonā (vidējais četrstūris) un aiz noplūdes ventilatora (četrstūris $R_1R_2R_3R_4$)



jai — tik, cik paliek pāri. Regulēšanas process ir nestabils, un gaisa temperatūra aiz sprauslu kameras svārstās. Tādēļ termoregulatora devēju nevar uzstādīt aiz sprauslu kameras kā parasti.

Praktiski realizēt automātisku gaisa sadales regulēšanu neizdodas, un sistēmas ar divām recirkulācijām tagad neprojektē. Tās var sastapt agrāk būvētās ēkās, sevišķi daudz — tekstilrūpniecības uzņēmumos. Vecās sistēmas darbojas pēc vienkāršotas shēmas: otrajai recirkulācijai pievada visu gadu nemainīgu gaisa daudzumu, bet pirmās recirkulācijas daudzumu var mainīt.

4.1.2. Sistēmas, kuras regulē pēc optimālo režīmu metodes

Telpas darba zonā vispārējā gadījumā ar gaisa kondicionēšanas sistēmu pastāvīgi jāuztur temperatūra robežās no $t_{DZ \min}$ līdz $t_{DZ \max}$ (27. zīm.). Pieņemot, ka procesa virziens ir paralēls taisnēm PN , un attēlojot gaisa sasildīšanu ventilatorā ar vertikālām līnijām SP un NR , $I-d$ diagrammā ar četrstūri $S_1S_2S_3S_4$ var attēlot robežas, kurās jāatrodas pieplūdes gaisa parametri, bet robežas, kurās

atradīsies noplūdes gaisa parametri, — ar četrstūri $R_1R_2R_3R_4$.

Gaisa kondicionēšanas sistēmas uzdevums ir pielīdzināt āra gaisa parametrus parametriem četrstūra $S_1S_2S_3S_4$ robežās. To realizē, darbinot kondicionētāju dažādos režimos jeb ar dažādu gaisa apstrādes secību. Par *optimālo režīmu* sauc tādu gaisa apstrādes secību, kura prasa minimālus siltuma, aukstuma, elektroenerģijas un ūdens patēriņus. Acīmredzot tie būs dažādi atkarībā no konkrētajiem āra gaisa parametriem, telpas siltuma bilances, izdalītā mitruma daudzuma, sistēmas ražīguma, sanitārās normas koeficienta un dotajiem vēlamajiem gaisa parametriem telpas darba zonā. Bez tam gaisa apstrādes secībai jābūt tādai, lai to varētu automātiski regulēt ar esošajiem regulatoriem un aparāturu, kā arī nodrošināt automātisku sistēmas darbības pārslēgšanu no viena optimālā režīma otrā, izmainoties āra gaisa parametriem, telpas siltuma bilancei vai izdalītajam mitrumam.

Visu šo noteikumu kompleksa analīze [16] rāda, ka sistēmām ar recirkulāciju objektīvi eksistē 13 dažādi optimālie režīmi, bet taisnplūsmas sistēmām — 7 dažādi optimālie režīmi. To automātiskai darbībai, tāpat kā sistēmās, kuras regulē pēc rāsas punkta metodes, nepieciešams viens termoregulators un viens relatīvā mitruma regulators. Sistēmām ar recirkulāciju bez tam, kā parasti, nepieciešams mitrā termometra temperatūras regulators, kas dod komandu recirkulācijas gaisa vārsta reversēšanai.

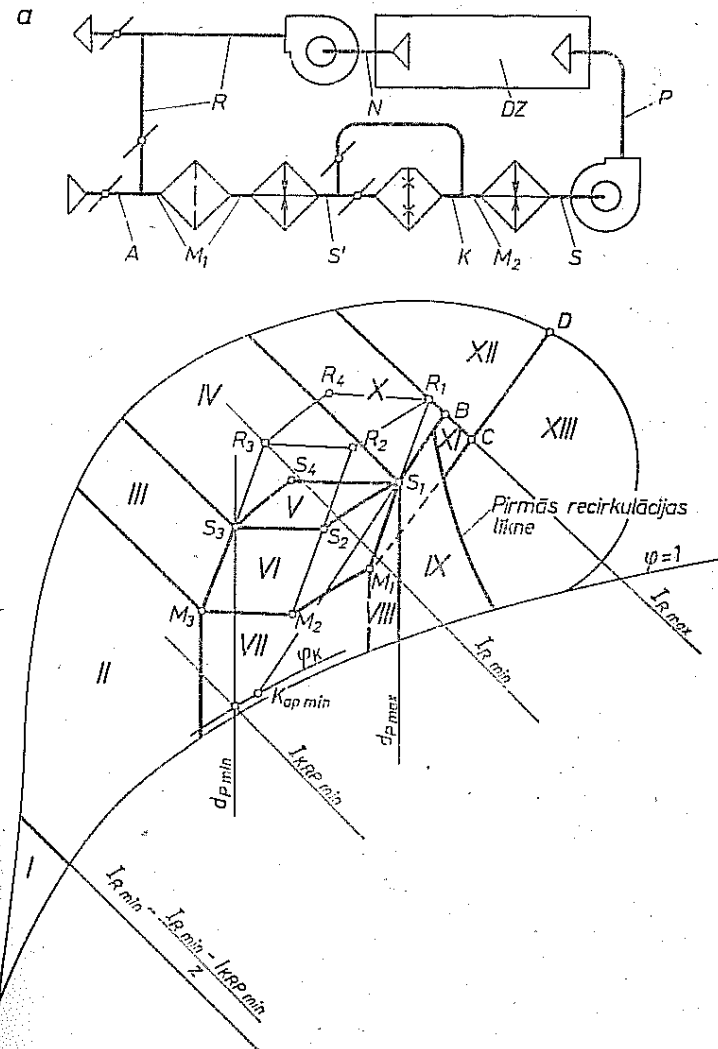
4.1.2.1. Sistēmas ar recirkulāciju

Sistēmas shēma (28. zīm. a) atšķiras no parastās ar to, ka sprauslu kamerai ir ierīkota apvadlīnija. Ar diviem automātiskiem regulējamajiem vārstiem, kuri ir noregulēti tā, lai, vienam atveroties, otrs proporcionāli aizvērtos, var sadalīt gaisu divās plūsmās — caur sprauslu kameru un pa apvadlīniju.

Āra gaisa parametru iespējamās izmaiņu robežas I - d diagrammā var attēlot kā noslēgtu apgabalu, kas sadalīts 13 iecirkņos (28. zīm. b). Katra iecirkņa robežās āra gaisa parametri atbilst vienam no 13 iespējamajiem optimālajiem režīmiem.

Iecirkņu robežas būvētas šādā secībā:

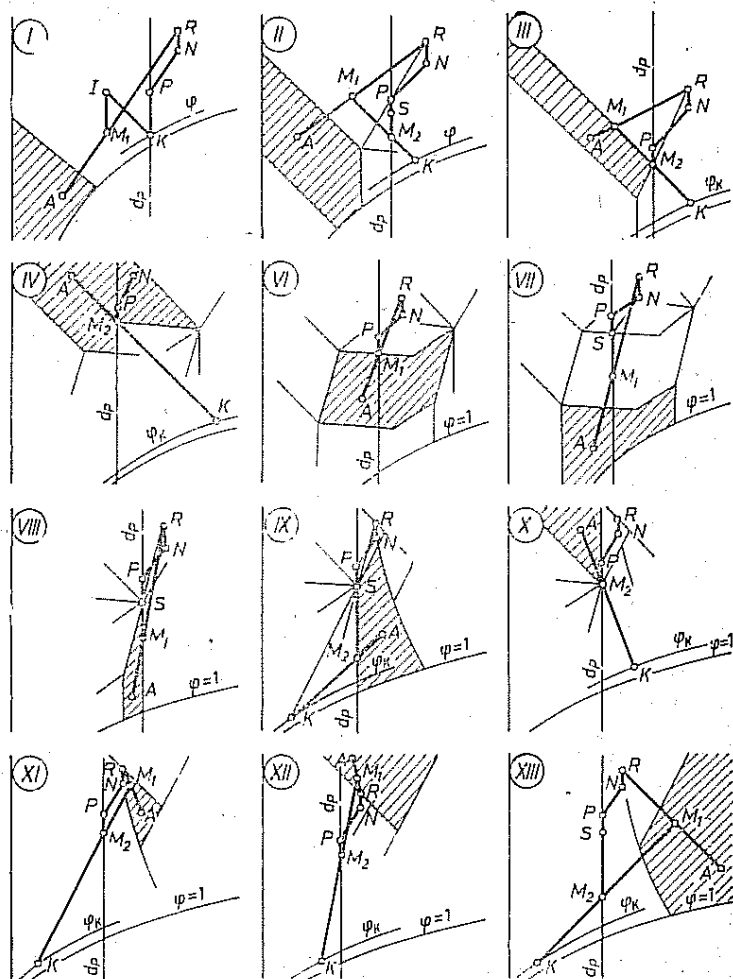
V iecirknis ir pārņemts no 27. zīmējuma. Ja āra gaisa



28. zīm. Pēc optimālo režīmu metodes regulējama gaisa kondicionēšanas sistēma ar I recirkulāciju:

a — principiālā shēma; b — I - d diagrammas laukuma sadalīšana 13 iecirkņos, kuri raksturo 13 dažādiem kondicionētāja darba režīmiem atbilstošus āra gaisa stāvokļus

parametri ir tā robežās, tad recirkulāciju un kaloriferus noslēdz, sprauslu kamerā ūdens padevi pārtrauc un gaisu caur sprauslu kameras apvadlīniju pievada telpā bez jebkādas apstrādes (izņemot attīrīšanu filtrā).



29. zīm. Gaisa apstrādes procesa attēli *I-d* diagrammā. Romiešu cipars atbilst kondicionētāja darba režīma numuram

No 27. zīmējuma pārņemts arī četrstūris $R_1R_2R_3R_4$. Taisnes S_1M_1 , S_2M_2 un S_3M_3 ir nogriežņi S_1R_1 , S_2R_2 un S_3R_3 turpinājumi, pie kam $\frac{S_1R_1}{R_1M_1} = \frac{S_2R_2}{R_2M_2} = \frac{S_3R_3}{R_3M_3} = Z$. Pie āra gaisa parametriem VI iecirkņa robežās (29. zīm.) to ar recirkulācijas gaisu sajauc tādā attiecībā, lai iegūtā maisījuma (punkts M_1) parametrus *I-d* diagrammā varētu attēlot uz četrstūra $S_1S_2S_3S_4$ apakšējās robežas. Ja āra gaisa parametri atrodas VII iecirkņa robežās, tad recirkulācijas gaisa nepietiek un āra gaisa (punkts A) un maksimālā pieļaujamā daudzuma recirkulācijas gaisa (punkts R) maisījumu (punkts M_1) silda sekundārajā kaloriferā (process M_1-S). Āra gaisu, kad tā parametri ir VIII iecirkņa robežās, sajauc ar recirkulācijas gaisu tādā attiecībā, lai iegūtā maisījuma (punkts M_1) mitruma saturs būtu vienāds ar maksimālo vēlamā pieplūdes gaisa mitruma saturu d_p , un pēc tam silda sekundārajā kaloriferā (process M_1-S).

Tātad V, VI, VII un VIII iecirknī optimālie režīmi saņemdzami bez gaisa dzesēšanas un bez kontaktēšanas ar ūdeni.

Pie āra gaisa parametriem I iecirkņa robežās to apstrādā tāpat kā sistēmā, ko regulē pēc rasas punkta metodes (29. zīm.). Ja āra gaisa parametri atrodas II iecirknī, tad āra gaisa (punkts A) un maksimālā pieļaujamā recirkulācijas gaisa (punkts R) maisījuma (punkts M_1) vienu daļu adiabatiski mitrina (process M_1-K) un aiz sprauslu kameras sajauc ar pārējo — sauso gaisa daļu tādā attiecībā, lai jaunā maisījuma (punkts M_2) mitruma saturs būtu vienāds ar minimālo vēlamā pieplūdes gaisa mitruma saturu d_p , un pēc tam silda sekundārajā kaloriferā (process M_2-S). Āra gaisu ar parametriem III iecirkņa robežās sajauc ar recirkulācijas gaisu tādā attiecībā, lai maisījuma (punkts M_1) entalpija būtu vienāda ar minimālo vēlamā gaisa entalpiju pirms pieplūdes ventilatora. Tālāk daļu maisījuma adiabatiski mitrina (process M_1-K) un aiz sprauslu kameras sajauc ar sauso gaisu tādā attiecībā, lai jauniegūtā maisījuma (punkts M_2) mitruma saturs būtu vienāds ar minimālo vēlamā pieplūdes gaisa mitruma saturu d_p . Pie gaisa parametriem IV iecirkņa robežās daļu āra gaisa adiabatiski mitrina (process $A-K$) un aiz sprauslu kameras sajauc ar sauso āra gaisu tādā attiecībā, lai iegūtā maisījuma (punkts M_2) parametrus

I-d diagrammā varētu attēlot uz četrstūra $S_1S_2S_3S_4$ augšējās robežas.

Tātad I, II, III un IV iecirknī optimālos režīmus saņem, gaisu adiabatiski mitrinot.

Pie āra gaisa parametriem IX iecirkņā robežās daļu āra gaisa (punkts *A*) atdzesē līdz konkrētajā kondicionētajā iespējamai minimālajai temperatūrai (process *A-K*), aiz sprauslu kameras sajauc ar neapstrādātu āra gaisu tādā attiecībā, lai iegūtā maisījuma (punkts M_2) mitruma saturs būtu vienāds ar maksimālo vēlamā pieplūdes gaisa mitruma saturu d_p , un pēc tam silda sekundārajā kaloriferā (process M_2-S). Āra gaisa temperatūrai pieaugot (punkts *A* tuvojas robežai starp IX un X iecirkni), vārstu, kas regulē siltuma nesēja caurplūdi sekundārajā kaloriferā, pamazām aizver, un tā pilnīga noslēgšana (momentā, kad punkts *A* sakrīt ar robežu starp IX un X iecirkni) dod signālu automātiskās regulēšanas iekārtām pārslēgt sistēmas darbību uz X režīmu. Āra gaisa mitruma saturam samazinoties (punkts *A* tuvojas robežai starp VIII un IX iecirkni), sprauslu kameras apvadlīnijas vārstu pamazām atver (nogriežņa AM_2 garums samazinās), un tā pilnīga atvēršana dod signālu automātiskās regulēšanas iekārtām pārslēgt sistēmas darbību uz VIII režīmu.

Ja āra gaisa parametri atrodas X iecirkņā robežās, tad daļu āra gaisa (punkts *A*) atdzesē līdz temperatūrai, lai pēc sajaukšanas ar neatdzesēto āra gaisu daļu iegūtā maisījuma (punkts M_2) mitruma saturs būtu vienāds ar maksimālo vēlamā pieplūdes gaisa mitruma saturu d_p . Atdzesēto un neapstrādāto gaisu sajauc tādā attiecībā, lai maisījuma temperatūra būtu vienāda ar maksimālo vēlamā gaisa temperatūru pirms pieplūdes ventilatora.

Pie āra gaisa parametriem XI, XII un XIII iecirkņā robežās lieto pirmo recirkulāciju. Nogriežņu garuma attiecība $\frac{R_1B}{R_1C} = Z$, bet taisne *CD* ir paralēla taisnei *BK* (28. zīm.).

XII režīmā āra gaisu (punkts *A*) sajauc ar maksimālo pieļaujamo recirkulācijas gaisa (punkts *R*) daudzumu un iegūto maisījumu (punkts M_1) tālāk apstrādā tāpat kā X režīmā. XIII režīmā arī izmanto maksimālo pieļaujamo recirkulāciju un maisījumu tālāk apstrādā tāpat kā IX režīmā, bet XI režīmā āra gaisu sajauc ar recirkulācijas gaisu tādā attiecībā, lai maisījuma (punkts M_1) parametru *I-d* diagrammā varētu attēlot uz taisnes, kas turpina

robežu starp IX un X iecirkni; tad, atdzesējot daļu maisījuma līdz minimālajai iespējamai temperatūrai (process M_1-K), pēc tās sajaukšanas ar pārējo — neatdzesēto maisījuma daļu jauniegūtā maisījuma (punkts M_2) parametri atbilst vēlamajiem gaisa parametriem pirms pieplūdes ventilatora.

Gaisa apstrādes procesu analīze rāda, ka recirkulāciju ir ekonomiski izdevīgi lietot tad, kad āra gaisa parametri atrodas *I-d* diagrammā pa labi no pirmās recirkulācijas līknes, kuras vienādojums ir

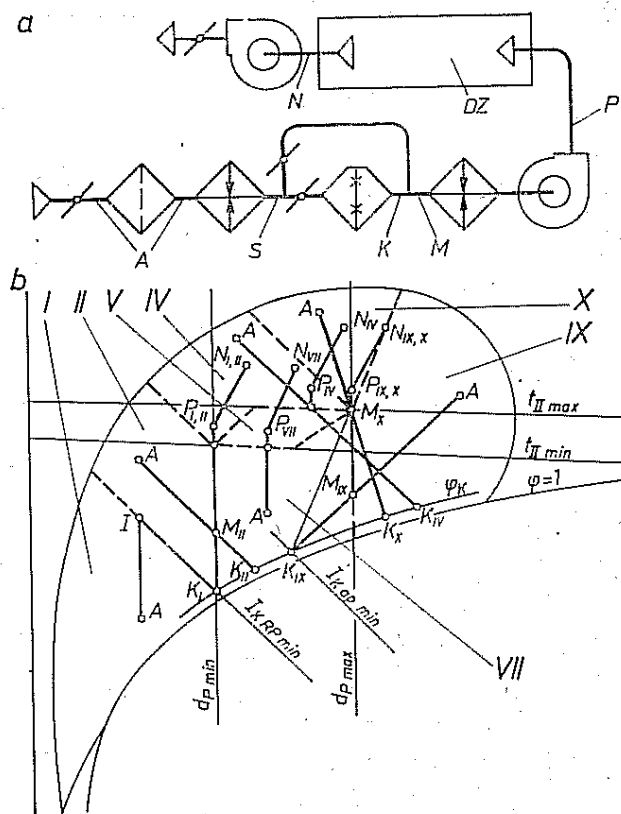
$$I_A = I_K + (I_{R_1} - I_K) \frac{(d_A - d_K)(d_{R_1} - d_p)}{(d_A - d_p)(d_{R_1} - d_K)}, \quad (4.3)$$

- kur I_A un d_A — āra gaisa entalpija un mitruma saturs;
 I_K un d_K — minimālā konkrētajā kondicionētajā iespējamā gaisa entalpija aiz sprauslu kameras un tai atbilstošs gaisa mitruma saturs;
 I_{R_1} un d_{R_1} — maksimālā vēlamā recirkulācijas gaisa entalpija un mitruma saturs;
 d_p — maksimālais vēlamais pieplūdes gaisa mitruma saturs.

Pie jebkuriem āra gaisa parametriem uz pirmās recirkulācijas līknes gaisa apstrādes aukstuma patēriņš paliek nemainīgs, un tas ļauj ar termoregulatoru pārslēgt sistēmu no IX uz XI vai XIII režīmu un atpakaļ atkarībā no aukstuma nesēja temperatūru starpības pirms un pēc gaisa dzesēšanas.

Lai nesarežģītu automātiskās regulēšanas iekārtas ar papildu termoregulatoru, institūta «Latgiproprom» izstrādātajos tipveida risinājumos ir izdarīta atkāpšanās no iespējamās optimālās gaisa apstrādes secības: VIII un IX iecirknis ir likvidēti, bet XI un XIII iecirkņā robežas attiecīgi paplašinātas tā, ka XI iecirknis robežojas ar VI, bet XIII iecirknis — ar VIII iecirkni. Robeža starp XI un XIII režīmu pēc vienkāršošanas attēlota ar pārtrauktu līniju (28. zīm.).

Tātad vienkāršotajā variantā primāro kaloriferu izmanto tikai I režīmā, bet sekundāro kaloriferu — I, II, VIII un XIII režīmā, sprauslu kameru izmanto gaisa adiabatiskai mitrināšanai I, II, III un IV režīmā, bet gaisa dzesēšanu — X, XI, XII un XIII režīmā, mainīgu recirkulācijas gaisa daudzumu izmanto III, VI un XI režīmā, bet maksimālo pieļaujamo — I, II, VII, XII un XIII režīmā.

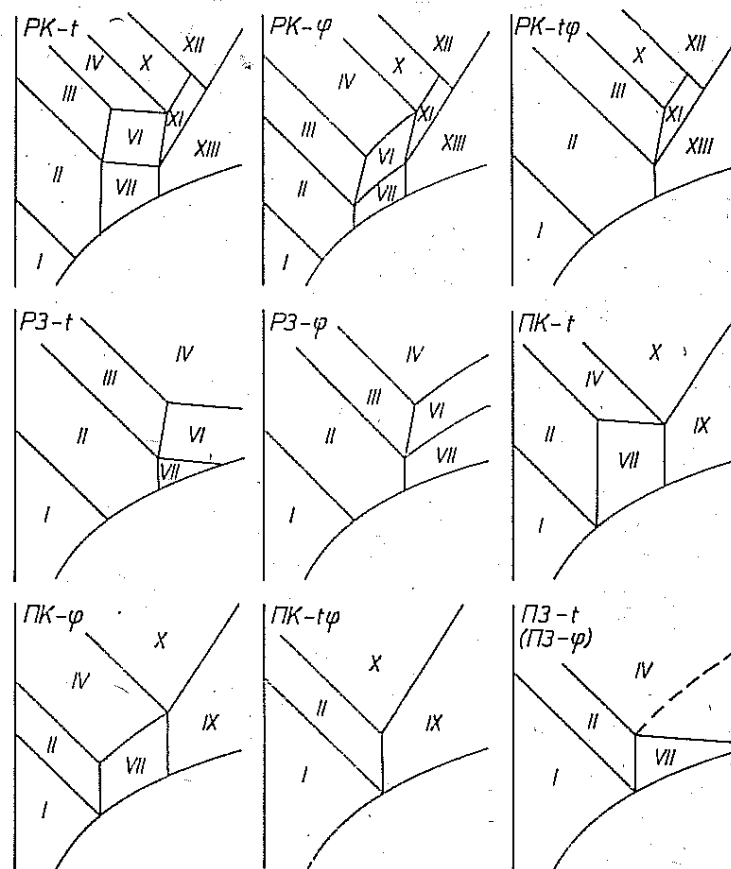


30. zīm. Pēc optimālo režīmu metodes regulējama taisnplūsmas gaisa kondicionēšanas sistēma:
a — principiālā shēma; b — gaisa apstrādes procesu attēli *I-d* diagrammā dažādos kondicionētāja darba režīmos

4.1.2.3. Taisnplūsmas sistēmas

Sistēmas shēma (30. zīm.) atšķiras tikai ar to, ka nav recirkulācijas ievada. Gaisa apstrādes optimālā secība paliek tāda pati kā sistēmā ar recirkulāciju, tādēļ uz *I-d* diagrammas attiecīgo iecirkņu numuri nav mainīti.

I režīmā āra gaisu apstrādā kā pēc rāsas punkta metodes, II režīmā āra gaisu apstrādā tā, kā sistēmā ar re-



31. zīm. *I-d* diagrammas laukuma sadalīšana iecirkņos gaisa kondicionēšanas sistēmām, kurām ir izstrādātas tipveida automatiskās regulēšanas shēmas

cirkulāciju apstrādā āra gaisa un recirkulācijas gaisa maisījumu, VII režīmā sekundārajā kaloriferā āra gaisa un recirkulācijas gaisa maisījuma vietā silda āra gaisu, bet IV, V, IX un X režīms ne ar ko neatšķiras no attiecīgajiem režīmiem sistēmās ar recirkulāciju.

4.1.2.4. Sistēmu klasifikācija

Arī vienkāršotajā variantā ne visi sistēmās ar recirkulāciju iespējamie 11 režīmi un taisnplūsmas sistēmās iespējamie 7 režīmi pastāv reālās gaisa kondicionēšanas sistēmās.

Ja gaisa temperatūra telpas darba zonā jāuztur precīzi ($t_{DZ \min} = t_{DZ \max}$), kā tas ir sabiedriskajās ēkās, tad četrstūris $S_1 S_2 S_3 S_4$ pārvēršas izotermā (27. zīm.) un V iecirknis (28. un 29. zīm.) pazūd.

Daudzās rūpniecības ēkās telpas darba zonā precīzi jāuztur gaisa relatīvais mitrums ($\varphi_{DZ \min} = \varphi_{DZ \max}$), bet tā temperatūra var svārstīties noteiktās robežās. Tad četrstūris $S_1 S_2 S_3 S_4$ pārvēršas relatīvā mitruma izolīnijā un V iecirknis arī pazūd.

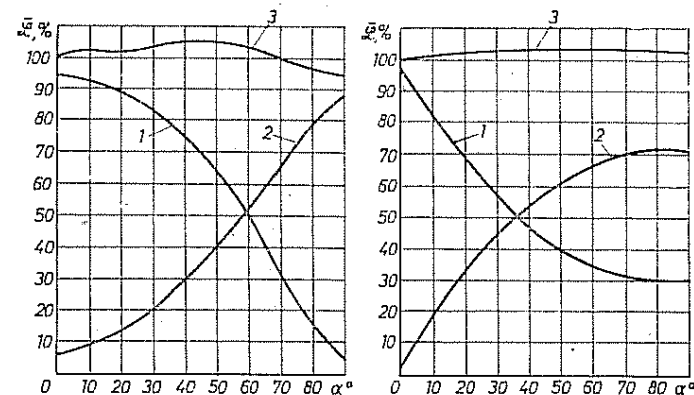
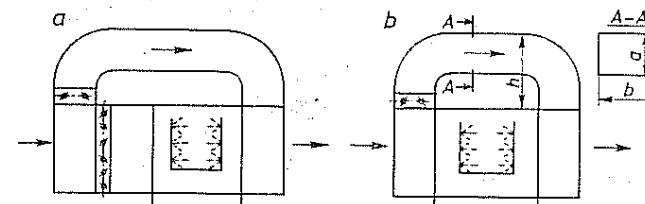
Ja telpas darba zonā precīzi jāuztur gaisa temperatūra un relatīvais mitrums (vienlaicīgi $t_{DZ \min} = t_{DZ \max}$ un $\varphi_{DZ \min} = \varphi_{DZ \max}$), kā tas nepieciešams atsevišķu rūpniecības nozaru tehnoloģisko procesu norisei, tad četrstūris $S_1 S_2 S_3 S_4$ pārvēršas punktā, bet iecirkņi IV, V, VI un VII pazūd.

Beidzot jāņem vērā, ka atsevišķi iecirkņi var atrasties ārpus $I-d$ diagrammas apgabala, kura robežās dotajā ģeogrāfiskajā punktā atrodas iespējamie āra gaisa parametri. Tas nozīmē, ka šiem iecirkņiem atbilstošos režīmos gaisa kondicionēšanas sistēma nekad nedarbosies un tiem nepieciešamie gaisa apstrādes aparāti nav jāparedz, bet automātiskās regulēšanas iekārtas var attiecīgi vienkāršot.

Teorētiski pastāvošo iecirkņu kombināciju analīze rāda, ka pavisam iespējami 30 varianti. Atsakoties no variantiem, kuri reālās ēkās PSRS klimatiskajos apstākļos nav plaši pielietojami, tipveida risinājumi ir izstrādāti 16 pēc optimālo režīmu metodes regulējamām gaisa kondicionēšanas sistēmām un tām ir pieņemti apzīmējumi:

PK, PK- t , PK- φ , PK- $t\varphi$,
 P3- t , P3- φ , P3- $t\varphi$,
 ПЛ- t , ПЛ- φ , ПЛ- $t\varphi$,
 ПК, ПК- t , ПК- φ , ПК- $t\varphi$,
 П3- t , П3- φ .

Apzīmējumos atsevišķiem burtiem ir sekojošas nozīmes:
 P — sistēma ar recirkulāciju, П — taisnplūsmas sistēma,
 K — sistēma, kuru paredzēts darbināt visu gadu, 3 —

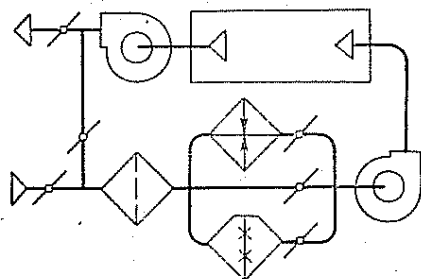


32. zīm. Sprauslu kameras apvadlīnijas ierīkošana:

a — apvadlīnija ar diviem vārstiem, b — apvadlīnija ar vienu vārstu;
 1 — gaisa plūsma caur kameru; 2 — gaisa plūsma pa apvadlīniju; 3 — sum-
 mārā gaisa plūsma t , °C no kondicionējama pilnā ražīguma atkarībā no apvad-
 līnijas vārsta lāpstiņu atvēruma leņķa α

sistēma, kuru darbina tikai ziemā, П — sistēma, kuru darbina tikai vasarā, t — sistēma precīzi uztur temperatūru, φ — sistēma precīzi uztur relatīvo mitrumu, $t\varphi$ — sistēma vienlaicīgi precīzi uztur temperatūru un relatīvo mitrumu.

Atsevišķām sistēmām atbilstošais $I-d$ diagrammas sadalījums iecirkņos redzams 31. zīmējumā. Nav parādīts sadalījums sistēmām ПЛ, kurām tas atšķiras no sistēmu PK sadalījuma tikai ar to, ka trūkst I iecirkņa. Kā redzams no 31. zīmējuma, ziemas sistēmās nav iespējams gaisu mākslīgi atdzesēt, bet vasaras sistēmās — sildīt to primārajā kaloriferā.



33. zīm. Paralēlo plūsmu gaisa kondicionēšanas sistēmas principiālā shēma

4.1.2.5. Sprauslu kameras apvadlīnijas ierīkošana

Visās pēc optimālo režīmu metodes regulējamās sistēmās sprauslu kamrai nepieciešama apvadlīnija. Tās konstruktīvā izveidojuma divu variantu eksperimentālās pārbaudes rezultāti¹ rāda, ka ar diviem regulējošiem vārstiem (32. zīm. a) caur apvadlīniju var izvadīt 7÷93% no kondicionētāja pilnā ražīguma, bet ar vienu regulējošo vārstu (32. zīm. b) — 5÷72% no kondicionētāja pilnā ražīguma.

Apvadlīnija ar vienu vārstu ļauj saīsināt kondicionētāju par 890 mm, samazināt tā aerodinamisko pretestību par 25÷50 N/m², bet nenodrošina tik pilnīgu sprauslu kameras noslēgšanu V, VI un VII darbības režīmā kā apvadlīnija ar diviem vārstiem. Sakarā ar to ieteicams tipveida risinājumiem, kas paredzēti precīzai vienlaicīgai temperatūras un relatīvā mitruma uzturēšanai, lietot vienu vārstu, bet pārējos gadījumos — divus vārstus.

Ieteicams pieņemt sekojošus apvadlīnijas izmērus (32. zīm. b):

Izmēri, mm	Kondicionētāja tips						
	KД-10	KД-20	КТ-30	КТ-40	КТ-60	КТ-80	КТ-120
a	566	566	1003	1003	1003	1003	1003
b	790	1550	1655	1655	3405	3405	3405
h	1150	1150	1800	1800	1800	1800	1800

¹ Sk. rakstu Шекни И. Р., МIRONЧУК Н. Д. Регулирование расхода воздуха, проходящего по обводному каналу камеры орошения. — «Водоснабжение и санитарная техника», 1973, № 4, с. 28, 29.

4.1.3. Paralēlo plūsmu princips

Apskatītajās gaisa kondicionēšanas sistēmās gaiss plūst cauri visiem gaisa apstrādes aparātiem neatkarīgi no tā, vai dotajā darbības režīmā aparāts tiek izmantots vai ne. Tas nelietderīgi paaugstina kondicionētāja aerodinamisko pretestību. Piemēram, ir zināms, ka gaisu nekad mākslīgi nedzesē pēc sildīšanas primārajā kaloriferā. Lai novērstu šo trūkumu, M. Mihailāncs ieteica paralēlo plūsmu principu — novietot visus gaisa apstrādes aparātus paralēli vienu otram un ar regulējošiem vārstiem vadīt gaisa plūsmu tikai caur tiem aparātiem, kuri dotajā momentā gaisa apstrādei ir nepieciešami.

E. Dzelziša un E. Eihmaņa veiktie eksperimentālie pētījumi pierādījuši iespēju automātiski regulēt pēc paralēlo plūsmu principa veidotu gaisa kondicionēšanas sistēmu (33. zīm.), izmantojot optimālo režīmu metodi. E. Eihmaņa veiktie teorētiskie aprēķini rāda, ka enerģijas patēriņš gaisa apstrādei nemainās, salīdzinot ar tradicionālo sistēmas shēmu, bet pieplūdes ventilatora attīstīto spiedienu var samazināt par primārā un sekundārā kalorifera kopējās pretestības lielumu.

4.2. DAUDZZONU SISTĒMAS

Izšķir vienkanāla un divkanālu sistēmas.

Vienkanāla sistēmās gaisam aiz kondicionētāja ir parametri, kas aptuveni atbilst vēlamajiem gaisa parametriem apkalpojamo telpu (vai telpu daļu) darba zonās. Tieši pirms ievadīšanas telpā gaisa vadā katrai telpai atsevišķi ir uzstādīts *temperatūras pielāgotājs*, kura uzdevums ir pieregulēt pienākuša gaisa temperatūru pie dotajai telpai vēlamās pieplūdes gaisa temperatūras (nedaudz sasildīt vai atdzesēt).

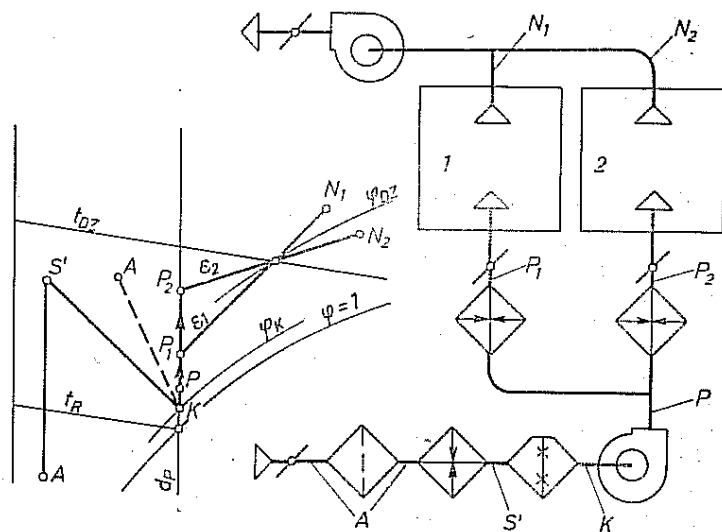
Temperatūras pieregulēšanas operāciju var veikt ar siltuma apmaiņas aparātu vai izmantojot *vietējo recirkulāciju* — sajaucot telpas gaisu ar gaisu, kas pienāk no kondicionētāja.

Divkanālu sistēmās kondicionētājā sagatavo gaisu, kura temperatūra ir zemāka par atsevišķās telpās nepieciešamo. Pēc tam daļu sagatavotā gaisa sasilda kaloriferā līdz temperatūrai, kas ir augstāka par atsevišķās telpās nepiecie-

šamo. Karsto un auksto gaisu paralēli transportē pa diviem atsevišķiem magistralajiem gaisa vadiem un pirms ievadīšanas telpā sajauc vajadzīgajā attiecībā, lai iegūtu maisījumu ar dotajai telpai vēlamo pieplūdes gaisa temperatūru.

Maksimālais grīdas laukums, kuru drīkst apkalpot viena vienzonas sistēma vai daudzzonu sistēmas viens atzarojums telpām, kurās gaisa temperatūra jāuztur ar precizitāti ± 2 deg, ir 2000 m^2 , telpām, kurās gaisa temperatūra jāuztur ar precizitāti ± 1 deg, — 1000 m^2 , bet telpās, kurās temperatūra jāuztur ar precizitāti $\pm 0,5$ deg, — 600 m^2 .

Ar daudzzonu sistēmu var precīzi uzturēt gaisa temperatūru visās telpās, bet gaisa relatīvo mitrumu — tikai vienā no tām. Lai uzturētu visās telpās arī nemainīgu gaisa relatīvo mitrumu, principā ir iespējams ierīkot katrai telpai atsevišķu gaisa relatīvā mitruma pielāgotāju — neliela ražīguma gaisa mitrinātāju vai sausinātāju. Tas ļoti sarežģī sistēmas konstrukciju un apkalpošanu, tādēļ netiek lietots. Gadījumos, kad gaisa relatīvā mitruma svārstības telpu darba zonā ar daudzzonu sistēmu palīdzību nevar nodrošināt, lieto katrai telpai atsevišķu vienzonas sistēmu.



34. zīm. Divzonu gaisa kondicionēšanas sistēmas principiālā shēma un gaisa apstrādes procesa attēls $I-d$ diagrammā

Daudzos gadījumos ar vienu kondicionētāju izdodas precīzi uzturēt kā gaisa temperatūru, tā arī gaisa relatīvo mitrumu divās telpās.¹ Tādēļ no daudzzonu sistēmām īpaši jāizdala *divzonu sistēmas*.

4.2.1. Divzonu sistēmas

Divzonu sistēmās (34. zīm.) āra gaisu sprauslu kamerā samitrina līdz pieplūdes gaisa nepieciešamajam mitruma saturam (ziemā — process $A-S'-K$, vasarā — process $A-K$, kas parādīts ar pārtrauktu līniju). Tālāk tas nedaudz sasilst ventilatorā (process $K-P$), un pēc tam to uzsilda temperatūras pielāgotājos (telpai 1 — process $P-P_1$, telpai 2 — process $P-P_2$). Vispārējā gadījumā procesu virzieni telpās nav vienādi ($e_1 \neq e_2$) un noplūdes gaisa parametri (punkti N_1 un N_2) ir atšķirīgi.

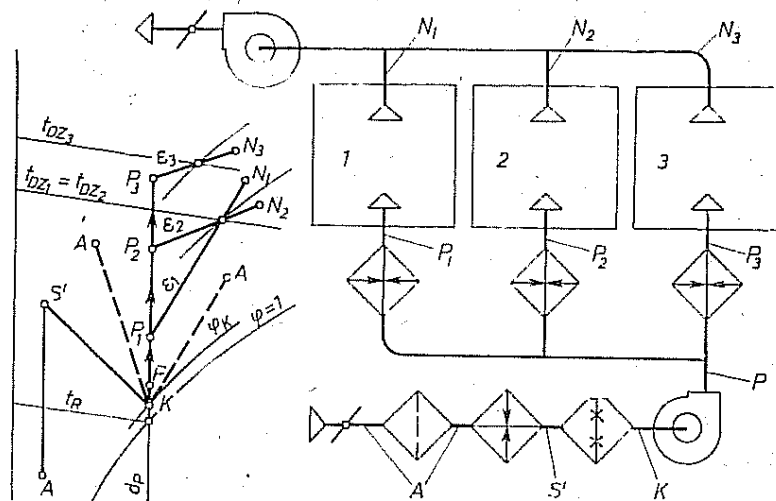
Katras telpas darba zonā uzstāda termoregulatora un relatīvā mitruma regulatora vai mitrā termometra temperatūras regulatora devējus.

Termoregulatori dod signālus palielināt vai samazināt temperatūras pielāgotāju siltumatdevi (pagarināt vai saīsināt nogriežņus PP_1 un PP_2).

Gaisa relatīvā mitruma regulators no telpas 1, tāpat kā parasti vienzonas sistēmā, regulē primārā kalorifera, pirmās recirkulācijas (34. zīm. nav parādīta) un sprauslu kameras darbību, uzturot telpas 1 darba zonā vēlamo relatīvo mitrumu.

Gaisa relatīvā mitruma regulators telpā 2 maina divu aiz temperatūras pielāgotājiem uzstādīto vārstu stāvokli. Vārsti ir savienoti tā, ka viena atvēršana izsauc proporcionālu otra vārsta aizvēršanu. Ja telpā 1 palielinās izdalītā mitruma daudzums, tad gaisa relatīvā mitruma regulators no tās, kā parasti, dod signālu samazināt primārā kalorifera siltumatdevi, samazinot recirkulācijas gaisa daudzumu vai palielinot aukstuma nesēja padevi sprauslu kamerā, tā samazinot pieplūdes gaisa mitruma saturu. Tas izsauc gaisa relatīvā mitruma samazināšanos telpas 2 darba zonā, un regulators no tās dod signālu aizvērt vārstu

¹ Sk. rakstu Креслинь А. Я. Точное поддержание температуры и влажности в двух помещениях одним кондиционером. — «Вентиляция и кондиционирование воздуха», сб. № 5, 1972.



35. zīm. Daudzzonu vienkanāla kondicionēšanas sistēmas principiālā shēma un gaisa apstrādes procesa attēls I - d diagrammā

un samazināt pieplūdes gaisa padevi telpā 2, vienlaicīgi palielinot to telpā 1.

Sistēma normāli darbosies tikmēr, kamēr telpā 1 izdalītā mitruma daudzums nekļūs mazāks par

$$G_{1 \min} = G_2 \frac{L_1}{L - L_1} \text{ [g/s]}, \quad (4.4)$$

vai telpā 2 — mazāks par

$$G_{2 \min} = G_1 \frac{L_2}{L - L_2} \text{ [g/s]}, \quad (4.5)$$

kur G_1, G_2 — aplēses izdalītais mitrums telpās 1 un 2, g/s;
 L_1, L_2 — minimālie pieļaujamie pieplūdes gaisa daudzumi telpās 1 un 2, m³/s;
 L — sistēmas lietderīgais ražīgums, m³/s.

Lai nodrošinātu minimālo pieļaujamo gaisa apmaiņu, sistēmu regulējot, vārstu aizvēršanos ierobežo.

Ja telpā 2 izdalītā mitruma daudzums kļūst mazāks par $G_{2 \min}$, tad gaisa relatīvais mitrums tās darba zonā kļūst mazāks par vēlamu. Telpā 1 kā gaisa temperatūru, tā arī relatīvo mitrumu vienmēr var uzturēt precīzi.

4.2.2. Vienkanāla sistēmas ar temperatūras pielāgotājiem

Sistēmās, kuras paredzētas triju vai vairāku telpu apkalpošanai no viena kondicionētāja, regulējošos vārstus neuzstāda, bet katrā telpā pievada noteiktu nemainīgu gaisa daudzumu (35. zīm.). Gaisa temperatūru uztur ar temperatūras pielāgotāju (procesu P - P_1, P - P_2, P - P_3). Gaisa relatīvo mitrumu var regulēt tikai vienā no telpām, no kuras ar gaisa relatīvā mitruma regulatoru dod signālus primārā kalorifera, recirkulācijas gaisa vārsta (35. zīm. nav parādīts) vai sprauslu kameras darbības regulēšanai.

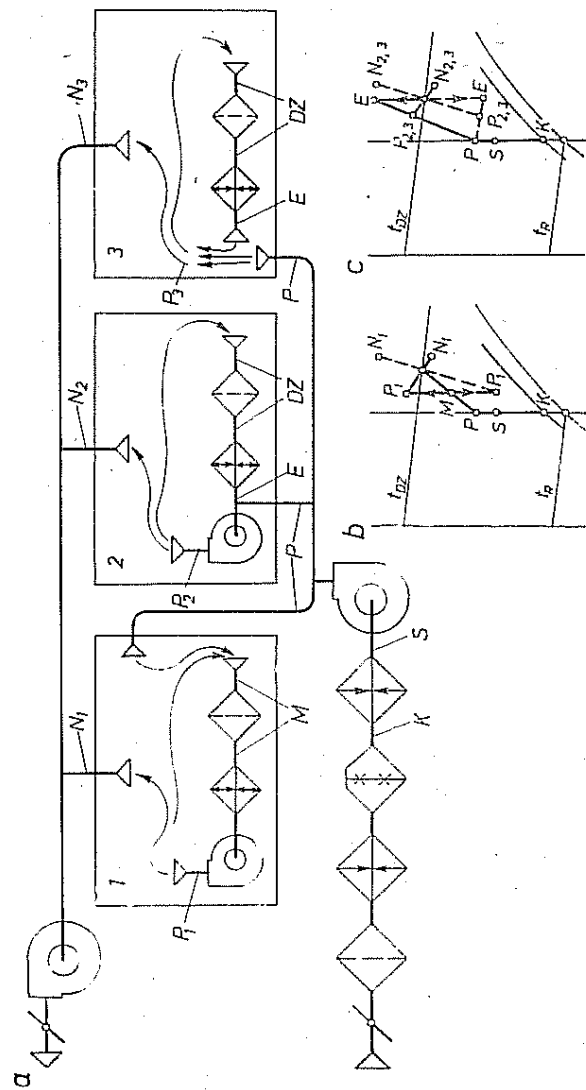
Nepieciešamos pieplūdes gaisa daudzumus nosaka katrai telpai atsevišķi un pēc tam uznes telpu procesus uz I - d diagrammas. Izdalījumu daudzumi dažādās telpās ir atšķirīgi, tāpēc parasti pieplūdes gaisa nepieciešamais mitruma saturs d_p arī izrādās atšķirīgs. Lai tas būtu vienāds visām telpām, atsevišķu telpu aplēses gaisa apmaiņu atbilstīgi palielina. Tas nozīmē, ka daudzzonu sistēmas lietderīgais ražīgums kļūst lielāks par kopējo lietderīgo ražīgumu, kāds būtu katrai telpai atsevišķām vienzonas sistēmām. Šis trūkums praktiski nav jūtams sabiedriskajās ēkās, kurās gaisa kondicionēšanas sistēmu uzdevums ir uzturēt tikai vēlamu gaisa temperatūru telpu darba zonā, ļaujot gaisa relatīvajam mitrumam svārstīties salīdzinoši plašās robežās no $\varphi=0,4$ līdz $\varphi=0,6$, kā arī rūpnīcu telpās, kurās tehnoloģiskā procesa norisi neietekmē gaisa relatīvais mitrums un kurās tādēļ var pieļaut relatīvā mitruma svārstības robežās no $\varphi=0,3$ līdz $\varphi=0,6$.

Temperatūras pielāgotājus var novietot tieši pie telpām vai pie kondicionētāja. Pirmajā gadījumā jāveido pa visu ēku sazarots siltuma nesēja cauruļvadu tīkls, bet otrajā — jāizvada daudz gaisa vadu no kondicionētāja uz katru telpu. Kas ir izdevīgāk katrā konkrētā gadījumā, nosaka tehniski ekonomiskie aprēķini.

Precīzai temperatūras uzturēšanai vēlams, lai temperatūras pielāgotāja sildvirsmā būtu izvēlēta bez rezerves (sk. grāmatas 6.1. nod.).

Par pielāgotājiem no konstruktīvā viedokļa ir racionāli izmantot elektriskos kaloriferus vai, vēl labāk, termoelektriskos pusvadītāju pielāgotājus,¹ bet tas ievērojami paaugstina ekspluatācijas izdevumus.

¹ Sk. rakstu Акменс П. Ю. Полупроводниковый доводчик температуры для многозональных систем кондиционирования воздуха. — «Вентиляция и кондиционирование воздуха», сб. № 4, 1972.



36. zīm. Daudzzonu vienkanāla gaisa kondicionēšanas sistēma ar vietējo recirkulāciju temperatūras pielāgotājos:

a — principiālā shēma; b — gaisa apstrādes procesa attēls *I-d* diagrammā 1. telpai; c — tas pats 2. un 3. telpai

35. zīmējumā attēlota taisnplūsmas sistēma. Daudzzonu vienkanāla sistēmas ar centrālu recirkulāciju lieto samērā reti, jo aizvadīt noplūdes gaisu atpakaļ līdz kondicionētājam daudzstāvu ēkās ir sarežģīti. Biežāk izmanto vietējo recirkulāciju.

4.2.3. Vienkanāla sistēmas ar vietējo recirkulāciju

Vietējo recirkulāciju izmanto temperatūras pielāgotajos ar ventilatoriem (1. un 2. telpa 36. zīm.) vai ežekcijas tipa temperatūras pielāgotajos (3. telpa 36. zīm.).

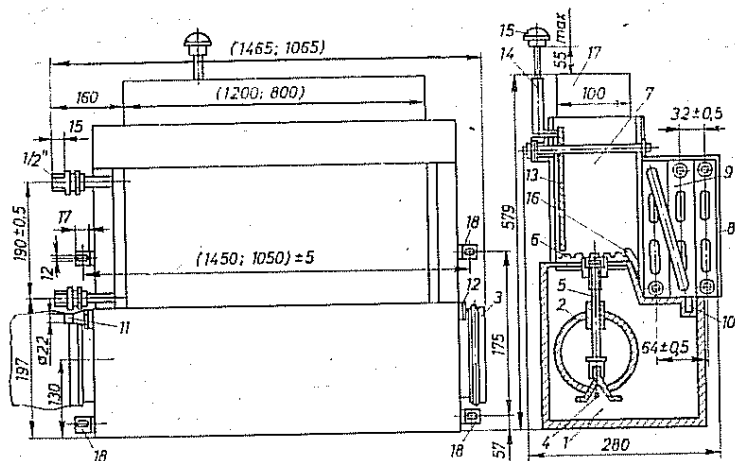
Gaisa kondicionētāja sprauslu kamerā sagatavo gaisu ar mitruma saturu, zemāku, kā nepieciešams pieplūdes gaisam, un uzsilda sekundārajā kaloriferā (process *K-S*) līdz temperatūrai, kas aptuveni atbilst vēlamajai pieplūdes gaisa temperatūrai vairumā telpu. Tālāk pielāgotajā to sajauc ar telpas gaisu un pēc vajadzības nedaudz uzsilda vai atdzesē.

Recirkulācijas gaisa (1. telpa 36. zīm.) un recirkulācijas un no kondicionētāja pienākošā gaisa maisījuma apstrādei (2. telpa 36. zīm.) lieto divu tipu temperatūras pielāgotājus. Gaisa apstrādes process tajos ir atšķirīgs, bet siltuma un aukstuma patēriņi ir vienādi. *I-d* diagrammās ar nepārtrauktām līnijām parādīti gaisa apstrādes procesi gadījumam, kad nepieciešams pielāgotajā gaisu papildus uzsildīt, bet ar pārtrauktām līnijām — kad to nepieciešams atdzesēt.

Ežekcijas tipa temperatūras pielāgotājus parasti lieto vidēja spiediena vai augstspiediena sistēmās, bet pielāgotājus ar ventilatoriem — zemspiediena sistēmās.

Kā ventilatori, tā ežektori rada zināmu troksni. Katrs temperatūras pielāgotājs jāapgādā ar siltuma nesēju un aukstuma nesēju no divcauruļu, trīscauruļu vai četrcauruļu sistēmām (sk. 7.6. nod.). Tā kā, atdzesējot gaisu, no tā var izdalīties kondensāts, tad no katra pielāgotāja jāpārdz novadcaurule uz kanalizāciju.

Visus šos trūkumus kompensē tas, ka sistēmas ar vietējo recirkulāciju gaisa apstrādei patērē mazāk siltuma un aukstuma. Bez tam sistēmas ir kompaktākas, jo no kondicionētāja uz katru telpu jāvada tikai minimālais pieļaujamais āra gaisa daudzums.



37. zīm. Ežekcijas tipa temperatūras pielāgotāju gabarīti un pievienošanas izmēri. Iekavās pirmais skaitlis attiecas uz pielāgotāju KHΘ-Y 1,2, bet otrais — uz pielāgotāju KHΘ-Y 0,8A

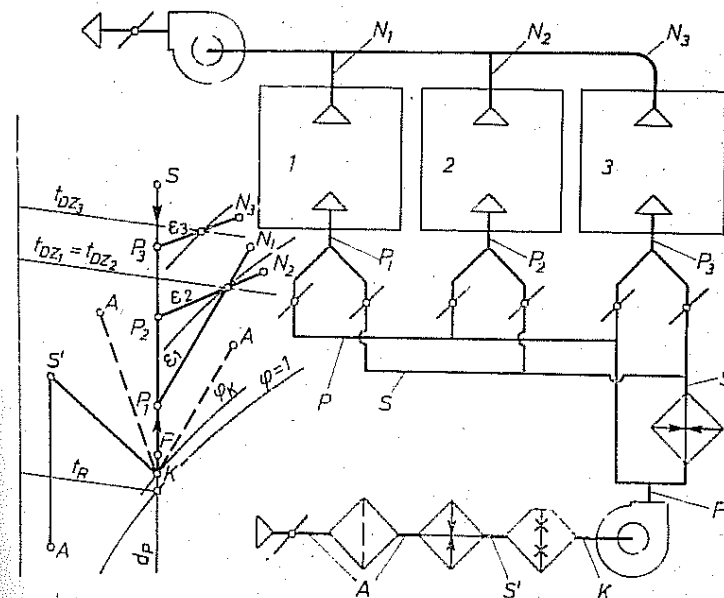
No telpas ņemtā (ežektētā) gaisa daudzuma attiecību pret telpā ievadītā āra gaisa daudzumu sauc par *ežekcijas koeficientu*.

Domododovas kondicionētāju būves rūpnīcā sērijveidā ražo divus ežekcijas tipa pielāgotājus KHΘ-Y 1,2 un KHΘ-Y 0,8 A (37. zīm.).

Gaisu no kondicionētāja ievada statiskā spiediena kamerā 1 caur sadalošo cauruli 2, kuras gali ir izvirzīti no kameras gala sienām. Viens caurules gals ir noslēgts ar slēgvāku 3, bet otram paredzēts pievienot elastīgu gaisa vadu. Var uzstādīt vienu otram blakus divus vai trīs pielāgotājus, savienojot to sadalošās caurules. Gaisa no sadalošās caurules izplūst pa spraugām 4, kuru platumu regulē ar vārstu 5. Gaisa no statiskā spiediena kameras pa sprauslām 6 ar lielu ātrumu ieplūst sajaukšanas kamerā 7 un caur filtru 8 un siltumapmaiņas aparātu 9 pievada telpas gaisu. Kondensāts sakrājas renē 10, kuras vienā galā ir uzdeva 11, kas paredzēta caurules pievienošanai, bet otrā galā slēgvāciņš 12; tos var samainīt vietām. Ežekcijas koeficienta iestādīšanai paredzēta vertikāla metāla

plāksne 13, kuru var pārvietot ar sviru sistēmu 14, pagriežot rokturi 15. Zīmējumā parādīts plāksnes stāvoklis, kas atbilst maksimālajai ežekcijas koeficienta vērtībai, kad visu no kondicionētāja pienākošo gaisu sajauc ar gaisu, ko pievada no telpas caur siltumapmaiņas aparātu. Piebīdot regulējošo plāksni tuvāk siltumapmaiņas aparātam, daļa no kondicionētāja pienākušā gaisa tieši ieplūst telpā un recirkulācijas gaisa daudzums samazinās. Ar plāksni var pilnīgi nosēgt siltumapmaiņas aparātu; lai izslēgtu telpas gaisa ežekcijas iespēju noslēgtā stāvoklī, paredzēts kustīgs blīvslēgs 16. Gaisa no pielāgotāja ieplūst telpā caur četrstūrīgu 80 mm garu cinkota skārda uzgali 17. To var saīsināt pēc vajadzības, iegriežot un atlokot sienīņas. Pielāgotāju ar skavām 18 piestiprina pie sienas vai griestiem un nosedz ar dekoratīvām restītēm; tāds ārējais noformējums neatbilst sabiedrisko ēku interjeram.

KHΘ tipa pielāgotājus komplektē ar 3,5; 4,5 un 5,5 mm sprauslām. Atkarībā no sprauslu diametra āra gaisa maksimālais daudzums pievadītājam KHΘ-Y 0,8 A var būt no



38. zīm. Daudzzonu divkanālu gaisa kondicionēšanas sistēmas principiālā shēma un gaisa apstrādes procesa attēls I-d diagrammā

0,011÷0,042 m³/s, bet pielāgotājam KHΘ-Y 1,2 — no 0,022÷0,061 m³/s. Nepieciešamais gaisa spiediens pirms pielāgotāja attiecīgi ir no 180÷400 N/m², bet maksimālais ežekcijas koeficients — 2÷4.

Sistēmu ar vietējo recirkulāciju ļoti svarīga priekšrocība ir iespēja nodrošināt telpu dežūras apkuri. Naktī vai izejamās dienās kondicionētāju izslēdz, regulējošo plāksni iestāda tā, kā parādīts 37. zīmējumā, un siltumapmaiņas aparātam pievada siltuma nesēju. Pielāgotājs KHΘ-Y 0,8A dabiskas konvekcijas veidā atdod līdz 1,3 kW, bet pielāgotājs KHΘ-Y 1,2—1,7 kW siltuma.

4.2.4. Divkanālu sistēmas

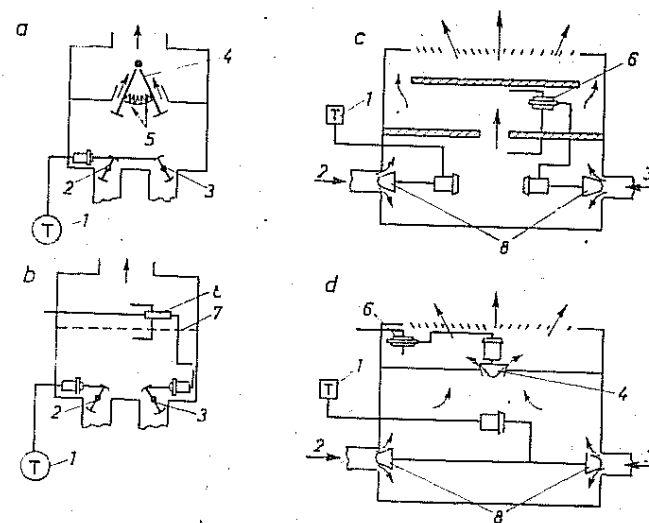
Divkanālu sistēmas (38. zīm.) sprauslu kamerā āra gaisa mitruma saturu izmaina līdz pieplūdes gaisam nepieciešamajam mitruma saturam d_p (process A-S'-K ziemā un A-K vasarā). Tas nedaudz sasilst ventilatorā (process K-P) un tiek sadalīts divās daļās: viena ieplūst aukstā gaisa maģistrālē, bet otra caur sekundāro kaloriferu (process P-S) ieplūst karstā gaisa maģistrālē. Auksto gaisu (punkts P) un karsto gaisu (punkts S) sajauc katrai telpai atsevišķā speciālā sajaucējā un iegūto maisījumu (punkti P₁, P₂ un P₃) ievada telpā. Sajaucēju darbību automātiski regulē katrā telpā uzstādīti termoregulatori.

Salīdzinot ar vienkanāla sistēmām, divkanālu sistēmās nav nekādu siltumapmaiņas aparātu, nav siltuma nesēja un aukstuma nesēja cauruļvadu, tās konstruktīvi var ērti noslēpt griestos, bet dubultie gaisa vadi aizņem vairāk vietas un to izgatavošana un siltuma izolācija ir saistīta ar lielākiem sākotnējiem izdevumiem.

Nepieciešamo pieplūdes gaisa daudzumu atsevišķām telpām un kopējo lietderīgo sistēmas ražīgumu nosaka tāpat kā vienkanāla sistēmām ar temperatūras pielāgotājiem. Jāņem vērā, ka sajaucēju karstā gaisa vārsts nav absolūti blīvs, tā neregulējamā caurplūde $L_n=0,05÷0,1L$, kur L — pieplūdes gaisa daudzums dotajā telpā. Tādēļ minimālā iespējamā pieplūdes gaisa temperatūra būs augstāka nekā gaisa temperatūra aiz ventilatora par

$$\Delta t = \frac{L_n(t_s - t_p)}{L} [\text{deg}], \quad (4.6)$$

kur t_s un t_p — gaisa temperatūra karstā un aukstā gaisa maģistrālēs, °C.



39. zīm. Divkanālu sistēmās lietotie karstā un aukstā gaisa sajaucēji:
1 — termoregulators; 2 — karstais gaiss; 3 — aukstais gaiss; 4 — gaisa caurplūdes regulators; 5 — atspere; 6 — statiskā spiediena regulators; 7 — siets gaisa kustības ātruma izlīdzināšanai; 8 — regulējami caurplūdes vārsti

Izvēloties sekundāro kaloriferu, karstā gaisa temperatūru t_s pieņem 3 deg. augstāku par visaugstāko nepieciešamo pieplūdes gaisa temperatūru telpās.

Divkanālu sistēmu projektēšanas un ekspluatācijas prakse rāda, ka aukstā gaisa maģistrāles šķēsgriezumu jāizvēlas, ņemot vērā sistēmas pilno ražīgumu, bet karstā gaisa maģistrāles šķēsgriezumu sistēmām, kas ir kombinētas ar centrālapkuri, var pieņemt par 20÷30% mazāku, bet sistēmām, kas izpilda apkures funkcijas, — par 10÷20% mazāku nekā aukstā gaisa maģistrāles šķēsgriezums.

Sajaucējus var uzstādīt pie griestiem (39. zīm. a un b) vai zem logiem (39. zīm. c un d). To uzdevums ir pareizā attiecībā sajaukt auksto un karsto gaisu, nodrošinot nemainīgu maisījuma daudzumu. Daudzās ārzemēs lietotās sajaucēju konstrukcijas pēc darbības principa var iedalīt divās grupās. Pirmā grupa — sajaucēji, kuros telpas gaisa termoregulators vienlaicīgi atver karstā gaisa kanālu un aizver aukstā gaisa kanālu, un otrādi, bet kopējo maisi-

juma daudzumu regulē statiskā spiediena regulators (39. zīm. *a* un *d*). Otrā grupa — sajaucēji, kuros telpas gaisa termoregulators atver vai aizver karstā gaisa kanālu, bet statiskā spiediena regulators atver vai aizver aukstā gaisa kanālu (39. zīm. *b* un *c*).

Otrās grupas sajaucēji ir konstruktīvi vienkāršāki, bet var normāli darboties tikai tad, ja abos kanālos pastāvīgi ir nemainīgs spiediens.

Pirmās grupas sajaucēji apmierinoši darbojas arī tad, ja sistēma ir aerodinamiski nestabila un spiedienu starpība aukstā un karstā gaisa kanālos mainās. Šīs grupas gaisa sajaucējus mūsu praksē izgatavo pēc institūtu НИИСТ (Maskavā) vai «Проектпромвентиляция» (Leningradā) izstrādātiem darba rasējumiem. Sērijuveida izgatavošana pagaidām nav noorganizēta.

Domodedovas kondicionētāju būves rūpnīcā ražo īpašus daudzzonu kondicionētājus KHM-2,5 un KHM-5. Gaisa no tā izplūst pa 3 vai 6 karstā un aukstā gaisa atvērumiem, kuros uzstādīti pa pāriem savienoti regulējoši vārsti. Kondicionētāju ražīgums ir 0,7 un 1,4 m³/s (2500 un 5000 m³/h), un tos var novietot uz grīdas vai piestiprināt pie griestiem. Kondicionētājus ir ērti izmantot daudzstāvu administratīvajās ēkās viena stāva telpu apgādāšanai ar kondicionētu gaisu.

4.3. AUGSTSPIEDIENA SISTĒMAS

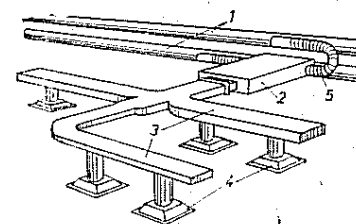
Augstspiediena sistēmās kondicionētājos un recirkulācijas gaisa vados gaisa kustības ātrums neatšķiras no zemspiediena sistēmās lietotā, bet pieplūdes gaisa vados to pienem daudz lielāku:

Gaisa vadu posma caurplūdes spēja, m ³ /s	1,4	1,4 ÷ ÷ 2,8	2,8 ÷ ÷ 4,7	4,7 ÷ 7	7 ÷ 11	11 ÷ 19	19
Maksimālais gaisa kustības ātrums, m/s	12	15	18	20	23	25	30

Lielā gaisa kustības ātruma dēļ gaisa vadu veidgabalos un pieplūdes gaisa sadalītājos rodas ievērojams aerodinamiskais troksnis. Tādēļ bez maģistrālajiem trokšņu slāpētājiem, kuros kā parasti uzstāda aiz pieplūdes ventilatora, īpašus trokšņu slāpētājus iemontē arī katrā gaisa sadalītājā.

40. zīm. Zemspiediena gaisa kondicionēšanas sistēmas pievienošanas augstspiediena sistēmai:

1 — augstspiediena gaisa vadi; 2 — gaisa sajaucējs; 3 — zemspiediena gaisa vadi; 4 — pieplūdes gaisa sadalītāji; 5 — lokanas caurules



Bieži lielu gaisa kustības ātrumu lieto tikai maģistrālēs, bet atzarojumus veido kā zemspiediena sistēmas (40. zīm.). Tas atvieglo trokšņu novēršanu.

Lieto tikai apaļus gaisa vadus no plastmasām, cinkota skārda vai pulēta alumīnija. Savienojuma vietas cinkotā skārda gaisa vadiem sametina vai salodē un pēc tam krāso, bet alumīnija gaisa vadiem aplīmē ar alumīnija foliju lentām. Pat nelieli neblīvumi rada ievērojamus gaisa zudumus un papildu troksni.

Gaisa vadu dimensionēšanai lieto speciālas tehn. zin. kand. L. Neimarkas sastādītas tabulas [7]. Aprēķini jāveic rūpīgāk nekā zemspiediena sistēmām, jo augstspiediena sistēmas ir aerodinamiski daudz nestabilākas.

Centrālo neatonomo bloku kondicionētāju raksturojums

Kondicionētāja marķa	Gaisa masa		Aukstuma ražīgums, ja aukstuma nesēja temperatūra 8 ÷ 10 °C		Siltuma ražīgums, ja siltuma nesēja temperatūra 130/70 °C				Ventila- tora un sūkņa kopīgā jauda, kW	Garums × platums × augstums, m
	m³/s	tūkst. m³/h	kW	tūkst. kcal/h	primārajam kalorifieram		sekundārajam kalorifieram			
					kW	tūkst. kcal/h	kW	tūkst. kcal/h		
KHV-2,5	0,7	2,5	16,9	14,5	50	43	9,3	8	3,9	1,1×1,4×2,4
KHV-5	1,4	5	33,7	29	100	86	18,6	16	3,9	1,1×1,8×2,4
KHV-7,5	2,1	7,5	50,6	43,5	150	129	27,9	24	7,2	1,1×2,3×2,4
KHV-12	3,3	12	69,8	60	233	200	54,7	47	13,2	1,9×1,9×2,7
KHV-18	5,0	18	110,5	95	442	390	76,8	66	13,2	1,9×2,8×2,7

Brīvais spiediens kondicionētajam KHV-2,5 — 255 N/m² (26 kg/m²), pārējiem — 294 N/m² (30 kg/m²).

Atonomo kondicionētāju raksturojums

Kondicionētāja marķa	Gaisa masa		Aukstuma ražīgums		Elektrokalorifieru siltuma ražīgums		Ventila- tora un kompre- sora kopējā jauda, kW	Odens patēriņš konden- satora dzesē- šanai, kg/s	Garums × platums × augstums, m
	m³/s	tūkst. m³/h	kW	tūkst. kcal/h	kW	tūkst. kcal/h			
Азербайджан-4М*	0,15	0,55	1,7	1,5	—	—	1,08	—	0,4×0,7×0,4
KBI-17	1,0	3,5	19,8	17	—	—	8,5	1,1	1,2×0,5×1,8
KBI-24	1,5	5,4	27,9	24	—	—	10	1,6	1,2×0,8×1,8
КПА-10**	0,28	1	11,6	10	25,6	22	3,4	0,44	1,1×0,6×2,0
IKC-12A	0,67	2,4	14	12	5	4,3	5,1	0,56	1,1×0,7×1,8
KCI-12A	0,76	3	15,1	13	—	—	12	0,6	1,2×0,9×1,9
KC-25	1,4	5	29,1	25	10	8,6	11,7	1,1	1,0×1,3×1,9
KC-35	1,9	7	40,7	35	10,9	9,4	16,8	1,9	1,6×1,1×1,9
KC-50	2,8	10	58,1	50	17,4	15	22,8	2,6	1,2×2,0×2,0

* Uzstāda ārā sienā vai zem loga. Rāžo Baku kondicionētāju rūpnīcā.

** Uzstāda tikai ārstniecības iestādes operāciju zālēs. Rāžo Kazanas medicīniskās aparātūras rūpnīcā.

Pirmo trīs kondicionētāju saldēšanas masīnu aukstuma aģents ir freons-22, pārējo — freons-12.

KTH 2 — neautonoms kondicionētājs, kurā gaiss plūst vertikāli;

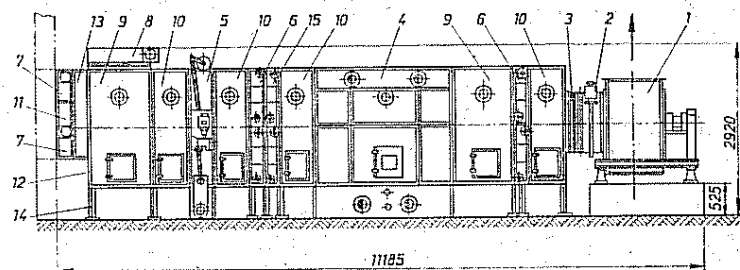
KTH — neautonoms centrālais gaisa kondicionētājs (visi pārējie kondicionētāji noformēti tā, lai tos varētu izmantot kā vietējos).

Aukstuma ražīgums kW visai rindai attiecināts pret gaisa masu, m³/s, kā 16,8:1 (vai 4:1 mērvienībās kcal/h un m³/h). Pagaidām jaunajā parametriskajā rindā iekļaujas KT tipa centrālie sekciju kondicionētāji ar ražīgumu no 8,8 līdz 69,4 m³/s. 41. zīmējumā parādīts to sānskats kādā no iespējamām sekciju kombinācijām.

5.4. tabula

Jaunās parametriskās rindas KT tipa kondicionētāju galvenie izmēri

Kondicionētāja marka	Gaisa masa		Garums×platums×augstums, m
	m ³ /s	tūkst. m ³ /h	
KTA 2-0,4	0,11	0,4	0,6×0,55×0,4
KTA 2-0,63	0,18	0,63	0,6×0,55×0,4
KTA 2-1	0,28	1	0,75×0,65×0,45
KTA 1-2	0,55	2	0,9×0,45×1,8
KTA 1-3,15	0,9	3,15	1,2×0,45×1,8
KTH 1-4	1,1	4	3,6×0,98×1,26
KTH 1-8	2,2	8	4,3×0,98×1,64
KTH 1-16	4,4	16	4,3×1,85×1,69
KTH 1-25	6,9	25	4,5×1,85×2,1
KTH 2-4	1,1	4	1,4×0,98×2,3
KTH 2-8	2,2	8	2,2×0,98×2,6
KTH 2-16	4,4	16	2,2×1,85×2,65
KTA 2-4	1,1	4	3,5×0,98×1,24
KTA 2-8	2,2	8	3,7×0,98×1,64
KTA 2-16	4,4	16	3,7×1,85×1,69
KTA 2-25	6,9	25	3,9×1,85×2,19
KTA 1-31,5	8,8	31,5	1,75×2,7
KTA 1-40	11,1	40	1,75×3,2
KTA 1-63	17,5	63	3,5×2,7
KTA 1-80	22,2	80	3,5×3,2
KTH 1-31,5	8,8	31,5	1,75×2,7
KTH 1-40	11,1	40	1,75×3,2
KTH 1-63	17,5	63	3,5×3,2
KTH 1-80	22,2	80	3,5×3,2
KTH 1-125	34,7	125	3,5×4,7
KTH 1-160	44,4	160	3,5×5,7
KTH 1-200	55,5	200	5,5×4,7
KTH 1-250	69,4	250	5,5×5,7
KTH 1-315	87,5	315	5,5×7,4
KTH 1-400	111,1	400	6,5×7,4
KTH 1-500	138,9	500	8,0×7,4



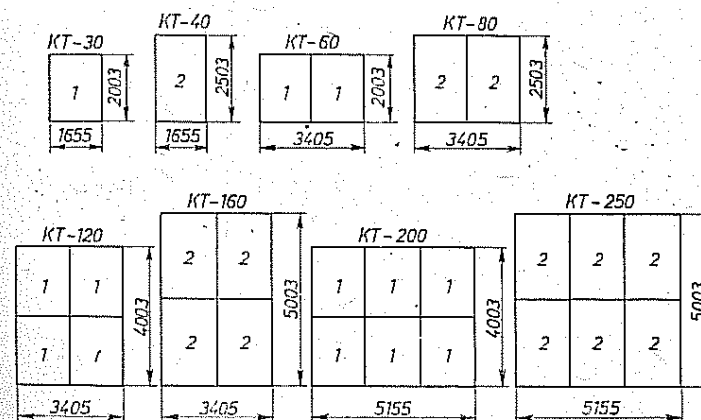
41. zīm. Neautonomā centrālā kondicionētāja KT-30 vai KT-60 sānskats:

1 — ventilators; 2 — ventilatora ražīguma regulators; 3 — elastīga starplika; 4 — sprauslu kamera; 5 — eļļas filtrs; 6 — kalorifers; 7 — āra gaisa pievadīšanas vārsts; 8 — recirkulācijas gaisa vārsts; 9 — gaisa sajaukšanas sekcija; 10 — starpskcija; 11, 12 — pievienošanas plāksnes atvērumu nosegšana; 13 — ieliktņi āra gaisa pievadīšanas vārstu pieslēgšanai; 14 — pastatņi

Saskaņā ar ГОСТ 16563-71 izšķir tehnoloģiskās un konstruktīvās kondicionētāja sekcijas.

Tehnoloģiskās sekcijas nepieciešamas noteiktai gaisa apstrādes operācijas izpildīšanai. Tās ir kaloriferi, filtrs, sprauslu kamera, virsmas dzesētājs, ventilators, vārsti gaisa daudzuma regulēšanai.

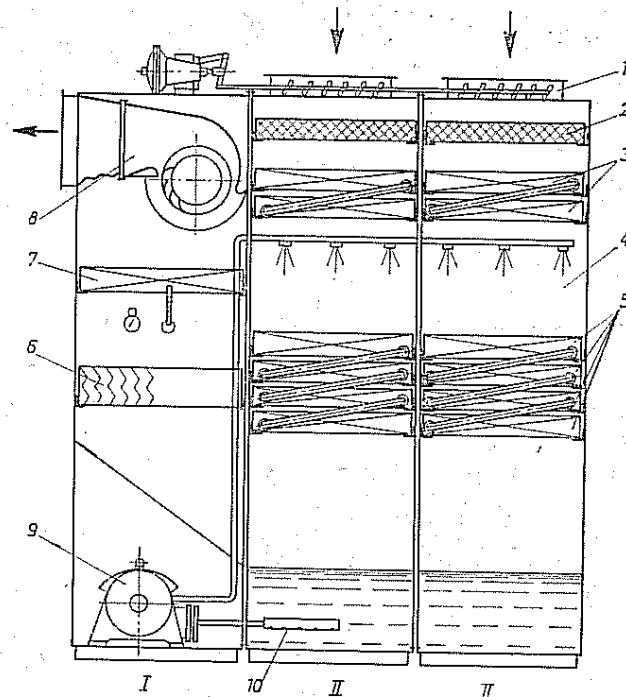
Konstruktīvās sekcijas nepieciešamas tehnoloģisko sekciju apkalpošanai, remontam un savienošanai savā starpā.



42. zīm. KT tipa neautonomo centrālo kondicionētāju šķērsgrēzuma laukumi

Visām sekcijām ir vienoti pievienošanas izmēri, ko nosaka GOST 16552-71. Parametriskās rindas kondicionētāju gabarīti doti 5.4. tabulā.

KT kondicionētāju šķēsgriezuma laukumi (42. zīm.) ir veidoti uz divu elementāro laukumu bāzes. Tas atvieglo kondicionētāju ražošanas tehnoloģiju un ļauj unificēt to detaļas. Pasūtot KT tipa kondicionētāju, speciālas formas veidlapā projektētājs, vadoties no rūpnīcas kataloga, uzrāda visas nepieciešamās sekcijas un to paredzamo savstarpējo sastiprināšanas secību. Bez tam jāuzrāda, kādā izpildījumā tie vajadzīgi — labajā vai kreisajā. Labā izpildījuma kondicionētājā, ja uz to skatās no apkalpošanas puses, gaiss plūst pa labi.



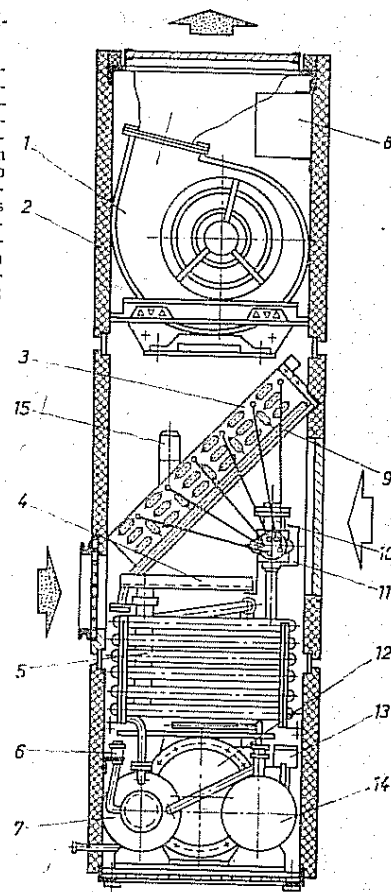
43. zīm. Neautonomā centrālā kondicionētāja KHV-18 shematiskais šķēsgriezums:

1 — āra gaisa pievadvārsts; 2 — gaisa filtrs; 3 — primārais kalorifers; 4 — sprauslu kamera; 5 — virsmas dzesētājs; 6 — separators; 7 — sekundārais kalorifers; 8 — ventilators; 9 — sūknis; 10 — izmantotā ūdens filtrs

Kondicionētājs KHV-12 atšķiras ar to, ka tam ir tikai viens II bloks

44. zīm. Autonomā kondicionētāja KB-1-17 šķēsgriezums:

1 — ventilators; 2 — akustiska izolācija; 3 — virsmas dzesētājs (saldēšanas mašīnas iztvaikotājs); 4 — kondensāta uztvērējs; 5 — saldēšanas mašīnas kondensators; 6 — solenoīda ventīlis, kas, kompresoram apstājoties, pasargā aparātu no pārslodzes; 7 — freona tvaiku pārkarstētājs; 8 — elektroaparātūras skapis; 9 — gaisa filtrs; 10 — saldēšanas mašīnas spiediena regulēšanas ventīlis; 11 — termoregulatora termometrs; 12 — kompresors; 13 — saldēšanas mašīnas spiediena relejs; 14 — saldēšanas mašīnas resivērs; 15 — vadības pulsts



Neautonomo bloku kondicionētāju atsevišķas tehnoloģiskās sekcijas ir jau rūpnīcā samontētas noteiktā secībā (43. zīm.). Gaiss plūst vertikāli uz leju caur filtru, primāro kaloriferu, sprauslu kameru un virsmas dzesētāju. Pēc tam gaisa plūsma pagriežas par 180° un caur separatoru un sekundāro kaloriferu tiek iesūkta ventilatorā.

Autonomajos kondicionētājos (44. zīm.) parasti gaiss plūst tikai vienā virzienā. Autonomos kondicionētājus sadala trīs nodalījumos: apakšējā nodalījumā atrodas vissmagākie mezgli — kompresors un kondensators, vidējā nodalījumā — iztvaikotājs, kas reizē ir virsmas dzesētājs, dažreiz arī gaisa mitrinātājs, primārais un sekundārais kalorifers, bet augšējā nodalījumā — ventilators.

6. GAIŠA KONDICIONĒŠANAS SISTĒMU SILTUMAPGĀDE

6.1. SEKUNDĀRĀ KALORIFERA SILTUMAPGĀDE

Gaisa kondicionēšanas sistēmās par siltuma nesēju galvenokārt izmanto karstu ūdeni. Tvaika kaloriferu siltumatdevi ir grūti regulēt.

Primāros kaloriferus pievieno tieši siltuma tīklam, jo to nepieciešamā siltumatdeve ir atkarīga no āra gaisa temperatūras un aptuveni atbilst siltumtīkla temperatūras grafikam.

Sekundārā kalorifera nepieciešamā siltumatdeve ir atkarīga tikai no telpas siltuma bilances, kas parasti ir maz atkarīga no āra gaisa temperatūras svārstībām. Gaisu sildīt sekundārajā kaloriferā var būt nepieciešams visu gadu, arī vasaras karstajās dienās. Pieslēdzot tieši siltumtīklam ar mainīgu temperatūras grafiku, caur sekundāro kaloriferu cirkulējošā ūdens daudzums mainītos ļoti plašās robežās un nebūtu iespējams izvēlēties automātisku vārstu, kas varētu nodrošināt tādos apstākļos precīzu siltumatdeves regulēšanu.

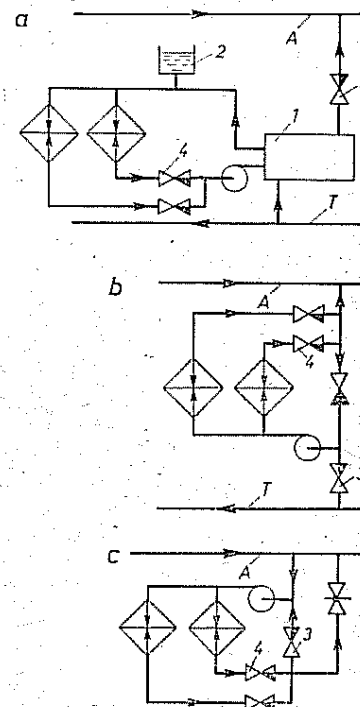
Celtniecības normas [32] paredz, ka sekundārajam kaloriferam, kā arī temperatūras pielāgotājiem daudzzonu sistēmās jāpievada ūdens visu gadu ar nemainīgu temperatūru. To veic ar trīs dažādiem paņēmieniem (45. zīm.).

Visbiežāk veido īpašu noslēgtu kaloriferu siltumapgādes sistēmu, kurā siltuma avots ir pie siltumtīkliem pieslēgts ūdens sildītājs (45. zīm. a).

Lētāka un vienkāršāk apkalpojama ir siltumapgādes sistēma, kas pievada kaloriferiem siltumtīklu turpgaitas un atpakaļgaitas ūdens maisījumu (45. zīm. b), un to ieteicams lietot vienmēr, ja vien spiediens siltumtīklā nepārsniedz kaloriferam pieļaujamo. Ar vārstu 3 uztur pastāvīgu ūdens temperatūru aiz sūkņa — 70°C . Ziemā vārsts 3 ir aizvērts, sūknis ņem karsto ūdeni ($t=70^{\circ}\text{C}$) no atpa-

45. zīm. Sekundārā kalorifera siltumapgādes shēmas:

a — no ūdenssildītāja; b — pievienošana siltumtīklu turpgaitas un atpakaļgaitas maģistrālei; c — pievienošana tikai siltumtīkla atpakaļgaitas maģistrālei;
1 — ūdens sildītājs; 2 — izplešanās ierīce; 3 — ūdens temperatūras regulēšanas vārsts; 4 — kalorifera siltumatdeves regulēšanas vārsts



kaļgaitas maģistrāles un aiz kaloriferiem atgriezt to atpakaļ sistēmā. Vasarā vārsts 3 ir pilnīgi atvērts un sūknis ņem karsto ūdeni ($t=70^{\circ}\text{C}$) no turpgaitas maģistrāles. Pārējās periodā lieto maisījumu.

Lai labāk noslogotu siltuma tīklus, izdevīgāk ir kaloriferu siltumapgādes sistēmu pieslēgt tikai atpakaļgaitas maģistrālei (45. zīm. c) un lietot visu gadu ūdeni, kura temperatūra ir $35-40^{\circ}\text{C}$. Bet tad kaloriferu sildvirsmas jābūt apmēram divas reizes lielākai.

Abas pēdējās shēmas (45. zīm. b un c) nevar lietot, ja objekts atrodas siltuma tīklu atzarojuma galā (tālāk patērētāju vairs nav).

Cirkulācijas sūkņu ražīgumu var pieņemt par $10-30\%$ mazāku nekā visu kaloriferu kopējā maksimālā siltumatdeve, ņemot vērā, ka tie vienlaicīgi nestrādā ar maksimālu siltuma slodzi.

6.2. PASĀKUMI PRET KALORIFERU AIZSALSĀNU

Kondicionētājiem darbojoties, sistēmās ar pirmo recirkulāciju parasti aizsalst primārie kaloriferi. Pie tam aizsalšana notiek pie āra gaisa temperatūras, nedaudz zemākas par 0°C , jo ūdens kalorifera caurulītēs pārvietojas pārāk lēni vai cirkulācija vispār ir pārtraukta.

Ziemas režīmā, āra gaisa temperatūrai paaugstinoties, gaisa entalpiju starpība ΔI (sk. 25. zīm. b) kaloriferā samazinās, punkts M pārvietojas uz augšu un, kad tas sasniedz izoentalpu I_k , automātiskais regulēšanas vārsts pilnīgi noslēdz karstā ūdens padevi. Ja tas notiek pie negatīvas āra gaisa temperatūras, tad kalorifers noteikti aizsalst.

Tātad ziemā nedrīkst lietot tik lielu recirkulāciju, pie kuras primārais kalorifers noslēdzas, ja āra gaisa temperatūra ir zemāka par 0°C .

Primārajā kaloriferā var padot nemainīgu ūdens daudzumu un regulēt tā siltumatdevi, mainot ūdens temperatūru. Tad recirkulācijas pielietošana nav ierobežota, tas var dot zināmu patērētā siltuma ekonomiju, bet ir nepieciešams katram kaloriferam uzstādīt atsevišķu sūkni un vārstu ūdens temperatūras regulēšanai. Tas sadārdzina sistēmas izbūvi.

Otrs paņēmieni ir āra gaisa ievadīšana kondicionētājā tieši pirms ventilatora. Tad ziemā pie liela recirkulācijas procenta āra gaisu var vispār caur kaloriferu nelaist, bet piejaukt tieši pirms ventilatora kondicionētājā apstrādātam recirkulācijas gaisam. Kā rāda autora veiktie aprēķini, tas nepalielina enerģijas patēriņu. Lai realizētu šo metodi, nedaudz jāpārveido automātiskās regulēšanas shēma.¹

Arī tad, kad ūdens cirkulācija notiek, aizsalšana nav izslēgta maza ūdens kustības ātruma dēļ. Tādēļ primāro kaloriferu sildvirsmā jāizvēlas bez rezerves. Vienmēr labāk viena kalorifera vietā lietot divus sērijā gaisa plūsmā uzstādītus kaloriferus; siltumatdevei samazinoties uz pusi, viens no tiem atslēdzas, bet otrajā ūdens kustības ātrums paliek maksimālais. Tā kā aukstais gaiss plūst gar kondicionētāja sekciju grīdu, vairāk iespējams, ka aizsalšana notiks kalorifera lejas daļā; tādēļ siltuma nesējs vienmēr jāievada kaloriferā no apakšas un jāizvada no augšas.

Bez tam vienmēr jāparedz automātiska aizsardzības sistēma. Ja kaloriferā ieplūstošā gaisa temperatūra zemāka par $+3^\circ\text{C}$ un aizejošā ūdens temperatūra ir zemāka par $+15^\circ\text{C}$, tad ūdens daudzumu regulējošais vārsts atve-

ras līdz galam. Ja arī pēc tam ūdens temperatūra turpina pazemināties, tad pie $+10^\circ\text{C}$ izslēdz ventilatoru un aizver āra gaisa ievadīšanas vārstu. Objektos, kuros kondicionētāja avārijas izslēgšana nav pieļaujama, automātiskā aizsardzības sistēma dod gaismas un skaņas avārijas signālus.

Aizsalšana var notikt arī tad, kad kondicionētājs nedarbojas, ja āra gaisa izplūdes vārsts nav blīvi noslēgts. Automātiskā aizsardzības sistēma atver līdz galam regulējošo vārstu, ja gaisa temperatūra starpsekcijā pirms kalorifera pazeminās zem $+3^\circ\text{C}$, un ļauj siltuma nesējam cirkulēt kaloriferā tikmēr, kamēr apkārtējais gaiss sasilst.

Ieslēdzot kondicionētāju, automātiskā aizsardzības ierīce neļauj ieslēgt ventilatoru un atvērt āra gaisa ieplūdes vārstu ātrāk kā 3 minūtes pēc siltuma nesēja regulējošā vārsta pilnas atvēršanās. Kondicionētājos ar recirkulāciju ventilatoru var ieslēgt tikai tad, kad recirkulācijas gaisa vārsts ir pilnīgi atvērts.

¹ Sk. rakstu Креслин А. Я. Простейший способ защиты calorifera первого подогрева от замерзания. — В кн.: Кондиционирование воздуха в промышленных и общественных зданиях. М., изд. НТО стройиндустрии, 1970, с. 208—212.

7. GAISA KONDICIONĒŠANAS SISTĒMU AUKSTUMAPGĀDE

7.1. AUKSTUMA AVOTI

Aukstumu gaisa dzesēšanai iegūst no dabiskiem avotiem vai mākslīgi — ar saldēšanas mašīnu palīdzību.

Dabiskie aukstuma avoti ir ziemā uzkrāts ledus, upju, ezeru, jūras vai apakšzemes ūdens, kura temperatūra atbilst gaisa kondicionēšanas vajadzībām, un gaiss.

Ledus izmantošana ir ekonomiski izdevīga tikai nelielas ražības gaisa kondicionēšanas sistēmās PSRS ziemeļaustrumu rajonos.

Vafējo ūdenskrātuviņu temperatūra mūsu republikā vasarā ir pārāk augsta gaisa dzesēšanai. Tādēļ var izmantot tikai ūdeni no artēziskajām akām vai ūdensvada.

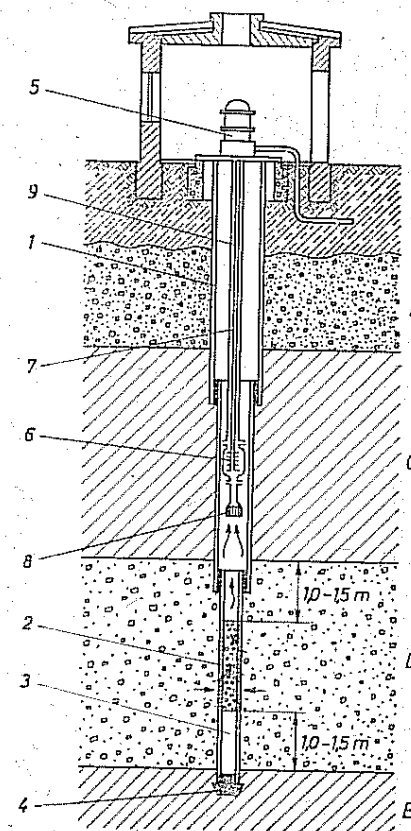
Artēziskās akas (46. zīm.) ņem ūdeni no starp ūdensnecaurlaidīgiem slāņiem ieslēgtā ūdenscaurlaidīga grunts slāņa. Artēziskā ūdens slānis var atrasties no dažu desmitu līdz vairāku simtu metru dziļumā. Katrā konkrētā gadījumā, lai noteiktu šāda derīgā slāņa dziļumu, jāveic speciāli hidroģeoloģiski pētījumi. Ja rajons ir maz izpētīts, tad dažkārt par slāņa dziļumu un paredzamo ūdens daudzumu tajā var spriest tikai pēc tam, kad ir izdarīts mēģinājuma urbums. Mūsu republikā 20÷30 m dziļumā artēziskā ūdens temperatūra ir apmēram 6°C, bet dziļāk, ik pēc katriem 33 m, temperatūra paaugstinās par 1 grādu. Artēziskā ūdens slānis atrodas zem virsējo grunts slāņu spiediena, bet ne vienmēr tas ir tik liels, lai ūdens pats izplūstu no akas. Parasti akā jāuzstāda speciāli dziļumsūkņi, kas ūdeni piegādā gaisa kondicionētājam.

Vienas artēziskās akas ražīgums var būt no 5 līdz 50 kg/s, pie tam attālumam starp divām akām jābūt ne mazākam par 250÷300 m.

Pilsētas ūdensvada ūdens temperatūra 10÷15°C dažos gadījumos atbilst gaisa kondicionēšanas sistēmās

46. zīm. Artēziskā aka:

1 — aplvere; 2 — filtrs; 3 — nostādītājs; 4 — korķis; 5 — sūkņa elektrodzinējs; 6 — artēziskais sūkņis; 7 — vārpsta; 8 — iesūkšanas restītes; 9 — artēziskā ūdens caurule
A — smilsmāls; B — izmantošanai nederīgs ūdeni caurlaidošs slānis; C — augšējais ūdeni necaurlaidošais slānis; D — ūdeni caurlaidošs slānis; E — apakšējais ūdeni necaurlaidošais slānis



lietojamai, bet, tā kā ūdens patērīnš lielajās pilsētās, tai skaitā arī Rīgā, pastāvīgi aug un tā krājumi ir ierobežoti, tad izmantot pilsētas ūdensvada ūdeni nav atļauts un to var darīt tikai izņēmuma gadījumos ar attiecīgu iestāžu atļauju.

Arī artēziskā ūdens krājumi ir ierobežoti, un jaunu artēzisku aku urbšanai jāsaņem speciālas atļaujas. Ārzemēs daudzās lielajās pilsētās artēziskā ūdens patērētājam pēc gaisa dzesēšanas tas obligāti ar augstspiediena sūkņu palīdzību jāiesūknē atpakaļ gruntī virs augšējā ūdeni necaurlaidošā slāņa. Šādu apakšzemes ūdeņu saglabāšanas metodi ieteic lietot arī pie mums, bet pagaidām tā nav obligāta.

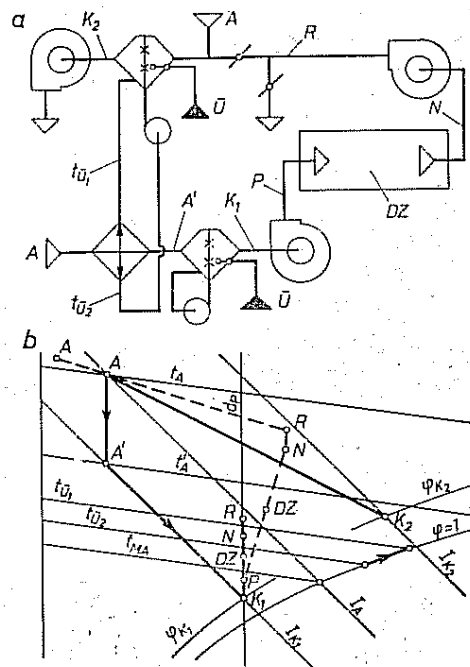
Ūdeni, ko gaisa kondicionēšanas vajadzībām ņem no artēziskajām akām vai ūdensvada, pēc tam, kad tas atdzesējis gaisu, var izmantot citām vajadzībām. Atsevišķos gadījumos ir ekonomiski izdevīgi apvienot artēziskā ūdens izmantošanu ar mākslīgo dzesēšanu.

Āra vai telpas gaisu kā aukstuma avotu izmanto divpakāpju adiabatiskās dzesēšanas sistēmās.

7.2. DIVPAKĀPJU ADIABATISKĀS DZESĒŠANAS SISTĒMAS

Divpakāpju adiabatiskās dzesēšanas sistēmās (47. zīm.) āra gaisu vispirms atdzesē virsmas dzesētājā (pirmā pakāpe) un pēc tam kontakta aparātā, piemēram, sprauslu kamerā (otrajā pakāpe). Pa virsmas dzesētāja caurulītēm cirkulē otrā kontakta aparātā ar āra vai telpas gaisu atdzesēts ūdens.

Ja āra gaisa entalpija I_A ir zemāka par noplūdes gaisa entalpiju I_N , tad ūdens dzesēšanai izdevīgāk lietot āra



47. zīm. Divpakāpju adiabatiskās dzesēšanas sistēma:

a — principiālā shēma; b — gaisa apstrādes procesa attēls I - d diagrammā, ja $I_R < I_A$ (nepārtrauktās līnijas) un ja $I_R > I_A$ (pārtrauktās līnijas)

gaisu, bet, ja $I_A > I_N$, tad āra gaisam var piejaukt noplūdes gaisu.

Pamatojoties uz eksperimentu datiem, aprēķinos pieņem, ka atdzesētā ūdens temperatūra

$$t_{\bar{u}_1} \geq t_{MA} + 2^\circ\text{C}, \quad (7.1)$$

ūdens temperatūra pēc pirmās pakāpes gaisa dzesētāja

$$t_{\bar{u}_2} \leq t_{\bar{u}_1} + 2^\circ\text{C}, \quad (7.2)$$

bet gaisa temperatūra pēc pirmās pakāpes dzesētāja

$$t'_A \geq t_{\bar{u}_1} + 3^\circ\text{C}. \quad (7.3)$$

Nepieciešamo mitrināšanas koeficientu otrajā kontakta aparātā aprēķina pēc empīriskas formulas

$$B_2 = \left[\frac{0,064(t_{\bar{u}_1} - t_{MA})}{t_{\bar{u}_1} - t_{\bar{u}_2}} \right]^{2,44} t_{\bar{u}_1}^{0,536} t_{MA}^{0,975} [\text{kg/kg}], \quad (7.4)$$

bet nepieciešamais gaisa daudzums ūdens atdzesēšanai

$$L_2 = 1,1 \frac{L_1(I_A - I_{K_1})}{4,2 B_2(t_{\bar{u}_2} - t_{\bar{u}_1})} [\text{kg/s}], \quad (7.5)$$

kur L_1 — gaisa kondicionēšanas sistēmas ražīgums, kg/s;
 I_A — āra gaisa entalpija, kJ/kg;
 I_{K_1} — gaisa entalpija aiz pirmās pakāpes dzesētāja, kJ/kg;
 $4,2$ — ūdens siltumietilpība, kJ/(kg · deg);
 $1,1$ — rezerves koeficients, ko ietekmē ūdens sasilšana cauruļvados.

Vienādojumi 7.1 un 7.3 rāda, ka divpakāpju adiabatisko dzesēšanu var izmantot tikai tad, kad āra gaisa sausā un mitrā termometra temperatūru starpība ir lielāka par 5 deg, tas ir, ja tā relatīvais mitrums ir mazāks par 0,7. Tādi meteoroloģiskie apstākļi mūsu republikai nav raksturīgi, tādēļ divpakāpju adiabatiskā dzesēšana ir neizdevīga. To plaši lieto rajonos ar sausu un karstu klimatu.

7.3. SALDĒŠANAS MAŠINAS

Sabiedrisko un rūpniecības ēku gaisa kondicionēšanas sistēmās lieto kompresijas, tvaika ēzekcijas un absorbcijas saldēšanas mašīnas.

Saldēšanas mašīnas uzstāda *saldēšanas stacijā* — īpašā

telpā vai atsevišķi stāvošā ēkā, ievērojot ugunsdzēsības un drošības tehnikas noteikumus. Saldēšanas stacijā jāuzstāda divas vai vairākas viena tipa saldēšanas mašīnas. Vienu mašīnu drīkst uzstādīt tikai tad, ja ir iespējams automātiski regulēt tās ražīgumu.

Uzstādīt rezerves saldēšanas mašīnas celtniecības normas [32] neatļauj.

Saskaņā ar celtniecības normām izšķir *mazas, vidējas un lielas* saldēšanas stacijas ar ražīgumu attiecīgi līdz 175 kW, no 175 līdz 1750 kW un vairāk par 1750 kW.

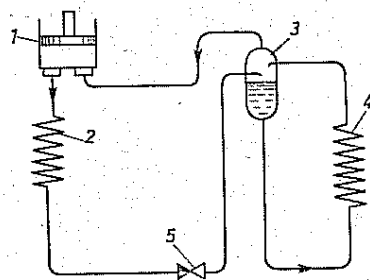
Mākslīga aukstuma ražošana saistīta ar zudumiem cauruļvados un sūkņos. Šos zudumus ņem vērā, izvēloties saldēšanas staciju ražīgumu lielāku, nekā ir maksimālais aukstuma patēriņš gaisa kondicionēšanas sistēmās: mazām saldēšanas mašīnām par $15 \div 20\%$, vidēja lieluma — par $12 \div 15\%$, lielām — par $7 \div 12\%$.

7.3.1. Kompresijas mašīnas

Kompresijas saldēšanas mašīnās (48. zīm.) šķidrumu, kas iztvaiko pie zemas temperatūras, tā saukto aukstuma agentu, ar *kompresoru* sūc caur *iztvaikotāju*, kur tas radītā retinājuma ietekmē iztvaiko, atņemot no apkārtējās vides siltumu. Pēc tam aukstuma agenta tvaikus kompresorā saspiež un ievada *kondensatorā*, kur tie kondensējas, atdodot siltumu apkārtējai videi. Pēc kondensatora šķidruma spiedienu pazemina ar *spiedienu regulējošu ventili*.

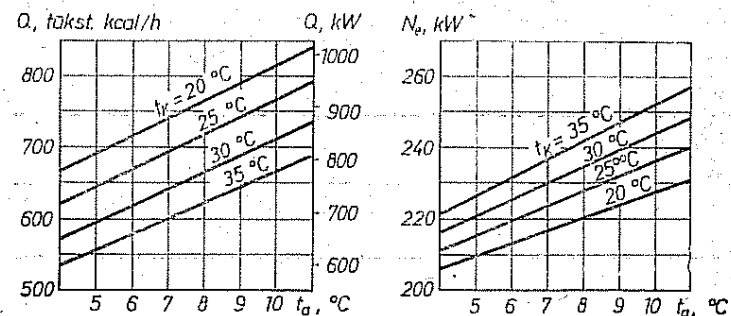
Iztvaikotāju var novietot tieši dzesējamā gaisa plūsmā, kā to dara autonomajos kondicionētājos, vai apskatīt to ar *aukstuma nesēju* — ūdeni vai sāls šķīdumu, kurš pēc tam novada aukstumu līdz kondicionētājam.

Kondensatoru var dzesēt ar gaisu vai ūdeni. Pagaidām ar gaisu dzesējamus kondensatorus neražo.



48. zīm. Kompresijas saldēšanas mašīnas shēma:

1 — kompresors; 2 — kondensators; 3 — šķidruma atdalītājs; 4 — iztvaikotājs; 5 — spiedienu regulējošais ventils



49. zīm. Saldēšanas mašīnas ΦУУ 350/2 aukstuma ražīgums Q un efektīvā jauda N_e atkarībā no iztvaikotāja atdzesētā ūdens temperatūras t_a un kondensatoru dzesējošā ūdens temperatūras t_k

Par *aukstuma aģentiem* lieto amonjaku, freonu-12 (CF_2Cl_2) un freonu-22 (CHF_2Cl).

Amonjakam ir asa, nepatīkama smaka, tas ir indīgs un pie $16 \div 27\%$ koncentrācijas gaisā eksplodē, tādēļ amonjaka mašīnas atļauts lietot tikai rūpniecības ēkās.

Sabiedrisku ēku saldēšanas mašīnās par aukstuma agentu lieto tikai freonus, kuru termodinamiskās īpašības nav tik izdevīgas kā amonjakam un tādēļ elektroenerģijas patēriņš aukstuma ražošanai ir lielāks.

Saldēšanas mašīnas ražīgums un aukstuma ražošanai patērētās elektroenerģijas daudzums ir atkarīgs no aukstuma agenta iztvaikošanas temperatūras un kondensēšanās temperatūras.

Iztvaikošanas temperatūra t_0 ir $4 \div 6$ deg zemāka par atdzesētā gaisa vai aukstuma nesēja temperatūru, bet *kondensēšanās temperatūra* t_k — $7 \div 10$ deg augstāka par kondensatora dzesējošā ūdens sākuma temperatūru.

Jo zemāka ir kondensēšanās temperatūra t_k un augstāka nepieciešamā atdzesētā aukstuma nesēja temperatūra t_a , jo lielāks ir *saldēšanas mašīnas ražīgums* Q un mazāka kompresora patērētā *efektīvā jauda* N_e (49. zīm.).

Iztvaikošanas temperatūru var iegūt: amonjaka mašīnās no -30 līdz $+5^\circ\text{C}$, freona-12 mašīnās — no -35 līdz $+15^\circ\text{C}$, freona-22 mašīnās — no -40 līdz $+5^\circ\text{C}$. Maksimālā pieļaujamā kondensēšanās temperatūra amonjaka un freona-22 mašīnās ir $+45^\circ\text{C}$, bet freona-12 mašīnās — $+70^\circ\text{C}$.

7.1. tabula

Kompresijas saldēšanas mašīnu raksturojums gaisa kondicionēšanas režīmā

Mašīnas marka	Ražīgums		Efektīvā jauda, kW	Ūdens patēriņš kondensatorā dzesēšanai	
	kW	lūkst. kcal/h		kg/s	m³/h

Aukstuma aģents — freons-22

AB ₁ 22/II	28,5	24,5	7,7	1,4	5
AB ₁ 22/I	43	37	11,5	1,9	7
AY ₁ 45/II	57	49	15,4	2,8	10
AY ₁ 45/I	86	74	23	3,9	14
AYY ₁ 90/II	114	98	30,8	5,6	20
AYY ₁ 90/I	173,3	149	46	7,8	28
22ΦY 200/2	465,2	400	102	20,8	75
22ΦYY 400/2	930,4	800	205	41,7	150

Aukstuma aģents — freons-12

ΦБ 20/II	37,8	32,5	7	2,2	8
ΦБ 20/I	46,5	40	11,7	3,1	11
ΦYYBC 45	53,5	46	18,9	3,4	12
ΦY 40/II	74,4	64	14	3,9	14
ΦYY 40/I	93	80	23,4	5,6	20
ΦYY 80/II	150	129	28	8,3	30
ΦYY 80/I	186	160	46,8	11,1	40
ΦYY80/I PЭ	190	163	47	11,1	40
ΦY 175/2	442	380	113	16,7	60
ΦY 350/4	640	550	158	33,3	120
ΦY 350/2	884	760	216	33,3	120
XTMΦ-125-1000	1418	1220	442	83	300
XTMΦ-235-2000	2442	2100	635	135	485
XTMΦ-248-4000	4536	3900	1170	528	1900

Aukstuma aģents — amonjaks

AB 22/II	32	27,5	7,5	1,4	5
AB 22/I	47,3	40,7	11	1,9	7
AY 45/II	64	55	15	2,8	10
AY 45/I	94,7	81,25	22	3,9	14
AYY 90A/II	128	110	30	5,6	20
AYY 90A/I	192,2	165,3	44	7,8	28
AB 100	215	185	46	12,5	45
AY 200	337	290	68	19,4	70
AYY 400/II	686	590	135	39	140
A 400/I	907	780	174	50	180
AO 600	1337	1150	235	74	265
AO 1200	2617	2250	470	136	490
ATKA 735-4000	5466	4700	1430	347	1250

Lai varētu saldēšanas mašīnas salīdzināt savā starpā, to raksturīgos lielumus katalogos uzrāda pie noteiktām t_0 un t_k vērtībām:

standartizēts režīms — $t_0 = -15^\circ\text{C}$, $t_k = +30^\circ\text{C}$;

gaisa kondicionēšanas režīms — $t_0 = +5^\circ\text{C}$, $t_k = +35^\circ\text{C}$.

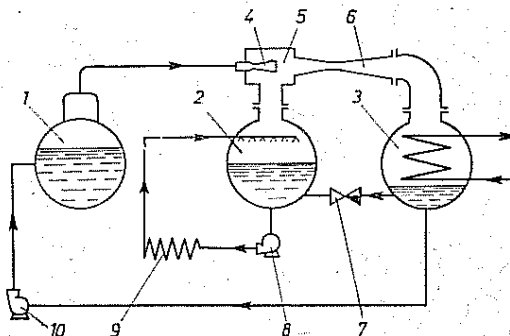
Gaisa kondicionēšanas sistēmās izmantojamas 7.1. tabulā uzrādītās kompresijas saldēšanas mašīnu markas.

7.3.2. Tvaika ežekcijas mašīnas

Tvaika ežekcijas saldēšanas mašīnās (50. zīm.) par aukstuma agentu izmanto ūdeni. Ūdens tvaiki no augstspiediena tvaika katla izplūst caur sprauslu ar ātrumu $200 \div 300$ m/s un ežektē auksto ūdens tvaiku no iztvaikotāja. Difuzorā aukstā un karstā tvaika maisījums tiek saspīests un kondensatorā kļūst šķidr. Karstā tvaika strūkļas radītais retinājums liek ūdenim iztvaikotājā strauji iztvaikot, atņemot siltumu no apkārtējās vides.

Tvaika ežekcijas mašīnas ir lētas, nerada troksni un vibrācijas, tās var uzstādīt pat ārpus ēkas, piemēram, uz jumta.

Ekspluatēšanas izdevumi ir ļoti lieli, un tvaika ežekcijas mašīnas izdevīgi lietot tikai tad, kad tuvumā ir TEC vai tvaika katlu māja, kurā vasarā var iegūt lētu augstspiediena tvaiku, un lēts dzesējošā ūdens avots, piemēram, upe vai ezers.



50. zīm. Tvaika ežekcijas saldēšanas mašīnas shēma:

1 — tvaika katls; 2 — iztvaikotājs; 3 — kondensators; 4 — sprausla; 5 — sajaukšanas kamera; 6 — difuzors; 7 — spiediena regulēšanas ventīlis; 8 — aukstuma aģenta cirkulācijas sūkņi; 9 — aukstuma patērētājs; 10 — kondensāta sūkņi

7.2. tabula

Tvaika ežekcijas saldēšanas mašīnu raksturojums

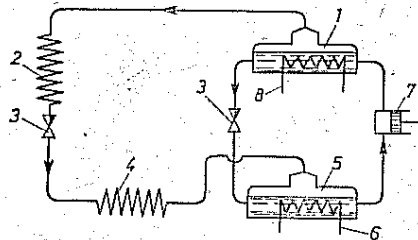
Mašīnas marka	Ražīgums		Patērētā elektroenerģija, kW	Tvaika ežektora sprauslām		Ūdens patēriņš kondensatora dzesēšanai, kg/s
	MW	tūkst. kcal/h		spiediens, bar	patēriņš, kg/s	
Б-Э1	0,12 ÷ 0,35	100 ÷ 300	16	6,9	0,5 ÷ 0,8	83
8-Э	0,7 ÷ 6,0	600 ÷ 3600	20	6,4 ÷ 7,8	0,4 ÷ 0,5	225
11-Э	0,6 ÷ 1,4	500 ÷ 1200	11	6,9	2,4	483
12-Э	1,0 ÷ 2,1	900 ÷ 1800	92,5	6,4 ÷ 7,8	3,7 ÷ 4,4	889

Pašreiz ražo dažādas konstrukcijas un ražīguma tvaika ežekcijas saldēšanas mašīnas (7.2. tab.).

Iztvaikotajā atdzesētā ūdens minimālā temperatūra 5-Э1 un 8-Э markas mašīnām ir +4°C, 12-Э markas mašīnai — +9°C, bet 11-Э markas mašīnai — +13°C.

7.3.3. Absorbcijas mašīnas

Absorbcijas saldēšanas mašīnās (51. zīm.) par aukstuma agentu izmanto litija bromīda (LiBr) šķīdumu ūdenī. *Ģeneratorā* ar karstu ūdeni, tvaiku vai gāzes liesmu šķīdumu sasilda un ūdens, kura iztvaikošanas temperatūra ir zemāka nekā litija bromīdam, iztvaiko. Pēc tam litija bromīds ieplūst *absorberā*, kurā spiediens ar regulējošiem ventiļiem tiek uzturēts ievērojami zemāks nekā ģeneratorā. Ūdens tvaiks caur kondensatoru un iztvaikotāju arī pārvietojas uz absorberu. Kondensatorā tie pāriet šķidrā stāvoklī, atdodot siltumu apkārtējai videi, bet iztvaikotajā atkal iztvaiko, atņemot siltumu no apkārtējās vides.



51. zīm. Absorbcijas saldēšanas mašīnas shēma: 1 — ģenerators; 2 — kondensators; 3 — spiediena regulēšanas ventīlis; 4 — iztvaikotājs; 5 — absorbers; 6 — auksts ūdens; 7 — sūkņi; 8 — karsts ūdens; tvaiks vai gāzes liesma

Absorberā ūdens atkal izšķīst litija bromīdā (absorbējas) un pie tam izdalās siltums.

Absorbcijas mašīnas, tāpat kā tvaika ežekcijas mašīnas, nerada troksni un vibrācijas, tās var uzstādīt ārpus ēkas. To ražotais aukstums ir 5 ÷ 6 reizes lētāks par kompresijas mašīnās iegūto, tās patērē 4 reizes mazāk tvaika un 2 reizes mazāk ūdens nekā tvaika ežekcijas mašīnas. Līdz šim tās maz izmantoja, jo litija bromīds veicina tērauda koroziju un mašīnas jāizgatavo no krāsainajiem metāliem.

Absorbcijas mašīnas iztvaikotajā ūdeni var atdzesēt līdz 3 ÷ 4°C. Ģeneratora sildīšanai nepieciešams tvaiks, kura spiediens ir 0,7 bar vai augstāks, vai karsts ūdens, kura temperatūra 100°C un augstāka. Kondensatora un absorbera dzesēšanai izmanto ūdeni, kura temperatūra nav augstāka par 32°C.

Pašreiz izgatavo ABXA tipa absorbcijas mašīnas ar ražīgumu 1,16 MW un 2,91 MW (1 milj. kcal/h un 2,5 milj. kcal/h). Apgūst arī tā paša tipa mašīnas ar ražīgumu 0,58 MW un 5,81 MW.

7.4. SILTUMA SŪKŅI

Jebkuru saldēšanas mašīnu var izmantot kā siltuma sūkni — ar to iegūt karstu ūdeni vai gaisu no zemas temperatūras siltuma avotiem. Tie ir āra gaiss, valējas ūdenskrātuves vai apakšzemes ūdens, mehāniski attīrīti pilsētas kanalizācijas un rūpnīcu notekūdeņi, saules starojums un grunts.

Uz kompresijas saldēšanas mašīnas bāzes izveidots siltuma sūkņi (52. zīm. a) iekārtots tā, ka aukstuma agenta kustības virzienu var mainīt pēc vajadzības ar vienu četrvadu pagriezni. Apkures režīmā aukstuma agents virzās caur kompresoru no kondensatora uz iztvaikotāju, bet saldēšanas režīmā — kā parasti saldēšanas mašīnā, no iztvaikotāja uz kondensatoru.

Apkures režīmā siltuma sūkņa svarīgākais raksturojums ir tā siltuma transformēšanas koeficients

$$\epsilon_p = \frac{Q + N_e}{N_e} \quad (7.6)$$

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

N_e — siltuma sūkņa patērētā elektroenerģija, kW.

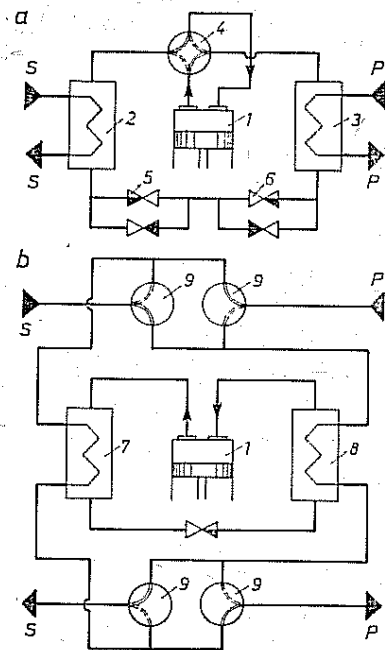
Siltuma sūkņus ārzemēs sāka plaši pielietot dzīvojamo ēku apkurei ziemā un dzesēšanai vasarā ap 1950. gadu. Ārzemju pieredze rāda, ka, izmantojot kā siltuma avotu āra gaisu, vidēji pa apkures sezonu $\varepsilon_p = 2-2,5$.

Daudz augstāku siltuma transformēšanas koeficientu iegūst, izmantojot pilsētu kanalizācijas un rūpnieciskos notekūdeņus.

Pašreiz pie mums sērijveidā ražo trīs siltuma sūkņus: HT25, HT40 un HT80, kas paredzēti gaisa kondicionēšanas sistēmu apgādāšanai ar siltumu ziemā un aukstumu vasarā. Par aukstuma agentu tajos izmanto freonu-12.

Apkures režīmā kondensatorā ūdeni var sakarsēt līdz $+61^\circ\text{C}$, sildot iztvaikotāju ar ūdeni, kura temperatūra nav zemāka par $+6^\circ\text{C}$. Saldēšanas režīmā iztvaikotājā var iegūt temperatūru līdz -25°C , dzesējot kondensatoru ar ūdeni, kura temperatūra nepārsniedz 30°C (53. zīm.).

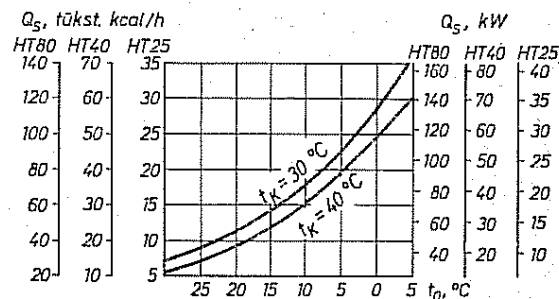
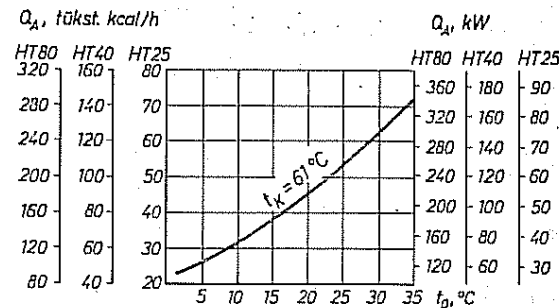
Kompresora elektrodzinējam ir 4 dažādi ātrumi. Tas ļauj iestādīt siltuma sūkņa ražīgumu uz 100, 66, 50 un



52. zīm. Uz kompresijas saldēšanas mašīnas bāzes veidoti siltuma sūkņi:

a — režīmu pārslēdz, mainot aukstuma agenta kustības virzienu; b — režīmu pārslēdz, mainot siltuma vai aukstuma nesēja kustības virzienu;
1 — kompresors; 2 — iztvaikotājs (apkures režīmā) vai kondensators (saldēšanas režīmā); 3 — kondensators (apkures režīmā) vai iztvaikotājs (saldēšanas režīmā); 4 — četrvadu pagrieznis; 5 — spiediena regulēšanas vārsts apkures režīmā; 6 — spiediena regulēšanas vārsts saldēšanas režīmā; 7 — kondensators; 8 — iztvaikotājs; 9 — trijvadu pagrieznis

S — ūdens no vai uz zemas temperatūras siltuma avotu; P — ūdens no vai uz siltuma (apkures režīmā) vai aukstuma (saldēšanas režīmā) patērētāju
Abos zīmējumos ar nepārtrauktām līnijām atīcēts pagriežņu stāvoklis apkures režīmā, bet ar pārtrauktām līnijām — saldēšanas režīmā



53. zīm. Siltuma sūkņu HT 25, HT 40 un HT 80 siltuma ražīgums Q_A (apkures režīmā) un aukstuma ražīgums Q_S (saldēšanas režīmā) atkarībā no iztvaikošanas temperatūras t_0 un kondensēšanas temperatūras t_k

30% no nominālā. Pārslēgšanu no apkures režīma uz saldēšanas režīmu un atpakaļ veic ar četru trijceļu pagriežņu palīdzību (52. b zīm.).

Bez tam ražo siltuma sūkni TXTM-2000, kas paredzēts tikai siltuma iegūšanai. Pie $t_0 = 4^\circ\text{C}$ un $t_k = 70^\circ\text{C}$ tā nominālais ražīgums ir 2,1 MW (1,9 milj. kcal/h), bet elektroenerģijas patēriņš — 800 kW. Kā aukstuma avots izmantots freons-12.

Sevišķi perspektīva ir absorbcijas mašīnu izmantošana vienlaicīgi siltuma un aukstuma ražošanai. Sildot generatoru un iztvaikotāju ar ūdeni, kura temperatūra ir 40°C , ABXM tipa absorbcijas mašīna pilnīgi nodrošina apkures sistēmām nepieciešamo $95/70^\circ\text{C}$ temperatūru grafiku.

7.5. SALDĒŠANAS MAŠINU ODENSAPGĀDE

Siltumu no saldēšanas mašīnu kondensatoriem un absorberiem novada ar ūdeni vai gaisu.

Ar gaisu dzesējamus kondensatorus izgatavo tikai ļoti maza ražīguma saldēšanas mašīnām, un tie gaisa kondicionēšanas sistēmu saldēšanas stacijās pagaidām netiek lietoti.

Ūdeni vislabāk ņemt no atklātām ūdenskrātuvēm. Ja tādu tuvumā nav, tad ierīko *dzesēšanas torņus* (gradētavas) vai *izsmidzināšanas baseinus*, kas var būt dekoratīvi noformēti, ja atrodas pilsētas centrā. Dzesēšanas torņos un izsmidzināšanas baseinos kondensatorā sasilušais ūdens daļēji (apmēram 3÷5%) iztvaiko un tā temperatūra pazeminās.

Teorētiski ūdens temperatūra $t_{\bar{u}}$ pēc atdzesēšanas varētu sasniegt āra gaisa mitrā termometra temperatūru t_{MA} . Patiesībā tā ir augstāka:

$$t_{\bar{u}} = t_{MA} + \frac{\Delta t_{\bar{u}}}{\eta} \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (7.7)$$

kur $\Delta t_{\bar{u}}$ — ūdens temperatūru starpība pirms un pēc dzesēšanas, deg; tā ir vienāda ar ūdens temperatūru starpību pirms un aiz kondensatora;

η — dzesēšanas torņa vai izsmidzināšanas baseina efektivitātes koeficients; dzesēšanas torņiem $\eta = 0,75 \div 0,85$, izsmidzināšanas baseiniem $\eta = 0,35 \div 0,40$.

Dzesēšanas torņa nepieciešamais dzīvā šķērsriezuma laukums gaisa plūsmā vai izsmidzināšanas baseina nepieciešamais laukums

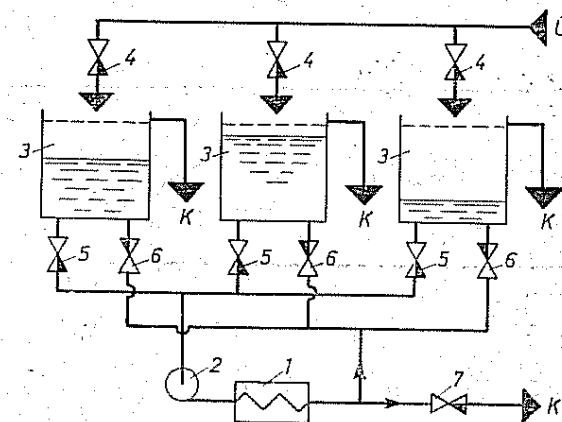
$$F = \frac{4,19 \cdot G \cdot \Delta t_{\bar{u}}}{qF} \text{ m}^2, \quad (7.8)$$

kur G — dzesējamā ūdens daudzums, kg/s;
 qF — īpatnējā siltuma slodze; dzesēšanas torņiem $qF = 40 \div 50$ kW/m², izsmidzināšanas baseiniem $qF = 2,5 \div 6,5$ kW/m².

Dažu dzesēšanas torņu raksturojums dots 7.3. tabulā.

Dzesēšanas torņus nevar lietot dzīvojamā ēku tuvumā, jo tie rada lielu troksni, bet izsmidzināšanas baseini aizņem daudz vietas, un tādēļ pilsētās tos ne vienmēr var izmantot.

Ja ūdeni ņem no artēziskajām akām, tad, lai samazinātu



54. zīm. Kondensatora ar trīs tvertnēm ūdensapgādes shēma:

1 — kondensators; 2 — cirkulācijas sūknis; 3 — tvertnes;
4 — aukstā ūdens pievadīšanas vārsti; 5 — ūdens atpakaļgaitas vārsti; 6 — ūdens turpgaitas vārsti; 7 — vārsts sakarsušā ūdens novadīšanai kanalizācijā
U — ūdens no ūdensvada; K — ūdens uz kanalizāciju

tā patēriņu, lieto autora izstrādāto¹ shēmu ar trīs tvertnēm (54. zīm.). Kamēr vienā no tvertnēm uzkrāj auksto ūdeni no artēziskās akas, pārējās divas tvertnes tiek izmantotas, lai pārsūknētu ūdeni caur kondensatoru no vienas uz otru. Pēc katras pārsūknēšanas ūdens temperatūra paaugstinās par $\Delta t_{\bar{u}}$ deg un, kad tā sasniedz maksimāli pieļaujamo vērtību, sasilušo ūdeni aizvada kanalizācijā. Ja izdodas n reizes pārsūknēt ūdeni no vienas tvertnes otrā, tad teorētiski artēziskā ūdens patēriņš samazinās n reizes.

Vienas tvertnes nepieciešamais tilpums

$$V_t = (2n + 1) \tau G \cdot 10^3 [\text{m}^3], \quad (7.9)$$

kur G — kondensators dzesējošā ūdens patēriņš, kg/s;
 τ — pārslēdzamo vārstu pilnas atvēršanās laiks, s. Vārstiem ar ITP tipa elektrisku izpildmehānismu $\tau = 30$ s.

¹ Sk. rakstu Креслин А. Я. Экономическая схема водоснабжения конденсаторов холодильных машин системы кондиционирования воздуха. — «Холодильная техника», 1973, № 12.

7.3. tabula

Dažu tipveida dzesēšanas torņu raksturojums

Dzesēšanas torņa nosaukums	Aldzesētā ūdens daudzums		Ventilatora elektrodziņņs		Garums × platums × augstums, m
	kg/s	m³/h	Jauda, kW	Griešanas ātrums, rad/s	
МГ-4	0,6—1,1	2 ÷ 4	0,8	142	0,6×0,6×3
МГ-6	1,1—2,2	4 ÷ 8	1,1	147	0,9×0,9×3
МГ-8	1,7—3,3	6 ÷ 12	1,1	97	1,2×1,2×3,5
МГ-10	2,8—5,6	10 ÷ 20	3	100	1,5×1,5×3,75
МГ-12	5,6—11	20 ÷ 40	5,5	75	2,1×2,1×4,25

Var uzstādīt telpā vai ārpus tās (uz jumta).
Skaitlis nosaukumā norāda 06-320 tipa ventilatora diametru decimetros.

7.6. GAISA KONDICIONĒŠANAS SISTĒMU AUKSTUMAPGĀDES SHĒMAS

Siltumu, ko atņem gaisam kontaktaparātā vai virsmas dzesētājā, aukstuma aģentam atdod ar starpnieka — aukstuma nesēja palīdzību. Gaisa kondicionēšanas sistēmās tas parasti ir ūdens. Retos gadījumos, kad nepieciešams atdzesēt gaisu zemāk par 0°C, par aukstuma nesēju izmanto CaCl₂ vai NaCl₂ šķīdumus ūdenī.

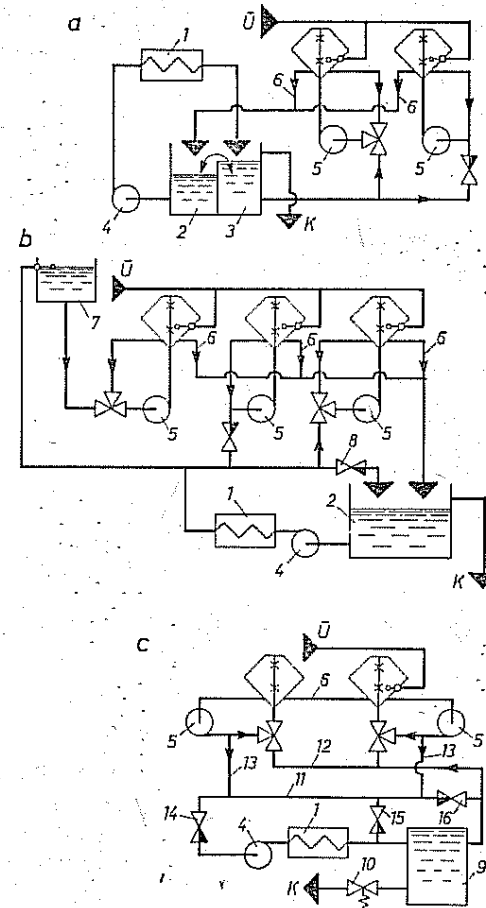
Pašreiz centrālos kondicionētājus komplektē ar sprauslu kamerām, kas ir visbiežāk lietotais gaisa dzesēšanas kontaktaparāts.

Sprauslu kameru iespējamās aukstumapgādes shēmas parādītas 55. zīm.

Shēmu *a* lieto tad, kad kondicionētāju nav daudz un tie atrodas tuvu saldēšanas stacijai, bet shēmu *b* — lielam skaitam patērētāju.

Zīmējumā redzamas trīs lietotās sūkņa 5 pieslēgšanas shēmas. Trijvadu vārsts var normāli darboties tikai pie salīdzinoši nelielas spiedietu starpības abās caurulēs, pa kurām pievada ūdeni. Ja spiediens aukstā ūdens magistralē ir augstāks par 1 ÷ 1,5 bar, tad aukstā ūdens temperatūras regulēšanai jālieto caurplūdes vārsts (55. zīm. pa labi).

Garās un sazarotās aukstumapgādes sistēmās spiediens var būt lielāks par 6 bar; tad arī caurplūdes vārsts nevar



55. zīm. Sprauslu kameru aukstumapgādes shēmas:

a, b — vajājā shēma; *c* — slēgtā shēma;
1 — saldēšanas mašīnas iztvaikotājs; 2 — siltā ūdens tvertne;
3 — aukstā ūdens tvertne; 4 — saldēšanas stacijas cirkulācijas sūknis; 5 — gaisa kondicionētāja sūknis; 6 — paštes caurulvads; 7 — vīrs sprauslu kameras novietota aukstā ūdens tvertne ar pludīqvārstu; 8 — vārsts, kas atveras, ja spiediens pirms tā palielinās; 9 — hermētiski slēgta tvertne; 10 — drošības vārsts; 11 — siltā ūdens kolektors; 12 — aukstā ūdens kolektors; 13 — savienojums; 14, 15 — secīgas darbības vārsti; 16 — vārsts, kas atveras, ja spiediens pirms tā palielinās;
U — ūdens no ūdensvada; K — ūdens uz kanalizāciju

normāli darboties un auksto ūdeni no maģistrāles iepilda īpašās tvertnēs, no kurām to zem neliela spiediena pievada trijvadu vārstam. Daļa ūdens izgaro gaisā un pilienū veidā izlido caur separatoriem. Lai kompensētu šos zudumus, katrai sprauslu kamerai pieslēdz ūdensvadu un ar pludinārstu uztur pastāvīgu ūdens līmeni kameras dibenā. Ūdens patērīna aprēķinos pieņem 3% no cirkulējošā ūdens daudzuma.

Tvertnes 2 un 3 shēmā *a* jāparedz tādēļ, ka gandrīz nevienai no pašreiz ražotajām saldēšanas mašīnām nav iespējams automātiski regulēt ražīgumu. Saldēšanas mašīnu ieslēdz periodiski un darbina tik ilgi, kamēr ūdens tvertnē 3 atdziest par $\Delta t_n = 2 \div 6$ deg zemāk, kā ir nepieciešams gaisa kondicionēšanas vajadzībām.

Lai mašīnas ieslēgtos ne biežāk kā 4 reizes stundā, vienas tvertnes derīgajam tilpumam jābūt

$$V_t = 0,0537 \frac{Q_n}{\Delta t_n} [\text{m}^3], \quad (7.10)$$

kur Q_n — vienas mašīnas ražīgums, kW.

Shēmā *b* sūkņa 4 ražīgums ir vienāds ar visu sūkņu 5 ražīgumu summu. Ja daļa no tiem padod sprauslu kamerās aukstā un sasīlūšā (no sprauslu kameras) ūdens maisījumu, tad spiediens aukstā ūdens maģistrālē paaugstinās, atveras vārsts 8 un lieko auksto ūdeni izlaiž tvertnē 2. Tāpat kā shēmā *a*, pie noteiktas zemas ūdens temperatūras tvertnē saldēšanas mašīnu izslēdz.

Lai ūdens ar paštecī no sprauslu kamerām nonāktu tvertnēs 2 un 3, tās jānovieto zemāk par viszemāko sprauslu kameru. To daudzos gadījumos nav iespējams realizēt, un tad jālieto slēgtā shēma.

Slēgtajā sprauslu kameru aukstumapgādes shēmā (55. zīm. *c*) tvertne 9 ir hermētiski slēgta un to var novietot jebkurā augstumā attiecībā pret gaisa kondicionētāju.

Līdzīgi kā valējās shēmās, pie daļēja aukstā ūdens patērīna atveras vārsts 16 un neizmantotais ūdens caur vārstu 14 atgriežas iztvaikotājā 1 un pēc tam tvertnē 9. Kad tvertnē ir sasniegta pietiekami zema temperatūra, saldēšanas mašīnu un sūkni 4 izslēdz, vārstu 14 aizver, bet vārstu 15 atver. Tālāk ūdens cirkulāciju caur tvertni 9 veic ar sūkni 5: siltais (pēc sprauslu kameras) ūdens pa

savienojumu 13 nonāk kolektorā 11 un pēc tam caur vārstu 15 — tvertnē 9.

Ja visas sprauslu kameras novietotas vienā līmenī, tad ūdens zudumu var papildināt caur vienu no kamerām, savienojot tās visas ar cauruļvadu 6, kas paredzēts ūdens līmeņu izlīdzināšanai.

Atsevišķu *virsmas dzesētāju aukstumapgādes shēmas* principā neatšķiras no sekundāro kaloriferu siltumapgādes shēmām (45. zīm.).

Daudzzonu vienkanāla gaisa kondicionēšanas sistēmās, kuras apkalpo daudzstāvu administratīvās ēkas, viesnīcas un tamlīdzīgus objektus, var būt no vairākiem desmitiem līdz simtiem temperatūras pielāgotāju.

Atkarībā no tā, ar kādu *temperatūru pielāgotājos* ievada gaisu no centrālā kondicionētāja, izšķir *tris iespējamās variantus*:

- 1) visos pielāgotājos gaiss vienmēr jāsilda;
- 2) visos pielāgotājos gaiss vienmēr jādzesē;
- 3) atkarībā no telpas siltuma bilances dažreiz gaiss jāsilda, bet dažreiz — jādzesē.

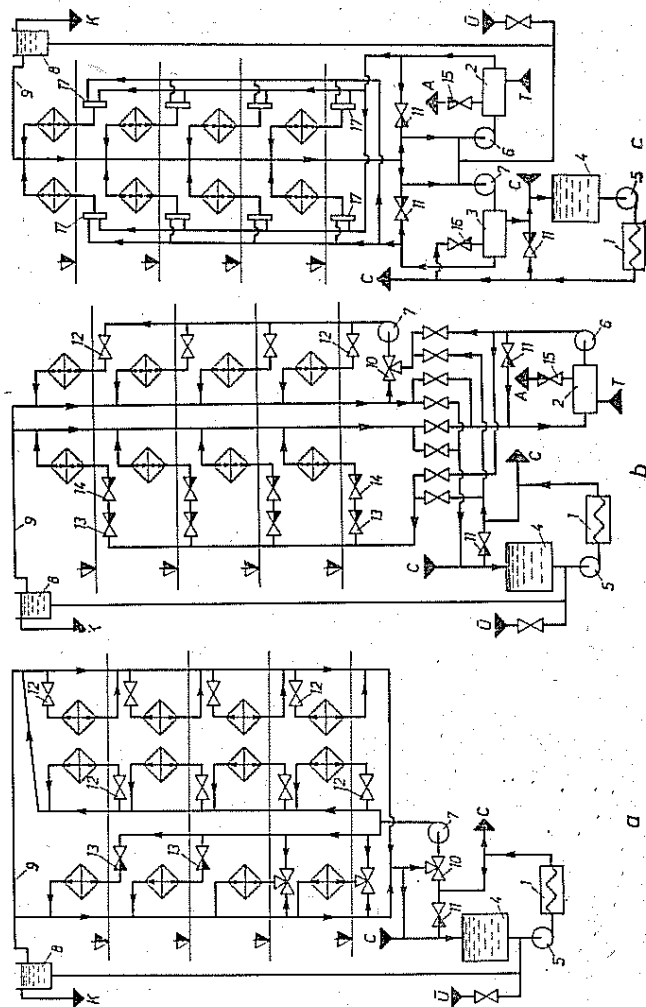
Pirmajā variantā pielāgotāju siltumapgādes sistēmu veido un aprēķina kā parastī ūdens apkurē.

Otrajā variantā lieto divcauruļu (56. zīmējuma *a* kreisajā pusē) vai viencaurules (turpat, labajā pusē) aukstumapgādes sistēmas. Sūkņa 5 cirkulācijas kontūrs ir analogisks 55. zīmējumā *c* apskatītajam, bet sūkņa 7 cirkulācijas kontūri, pēc aprēķinu metodēm, maz atšķiras no divcauruļu un viencaurules ūdens apkures sistēmu aprēķinu principiem.

Viencaurules sistēmu lieto tad, kad gaisa temperatūru telpā regulē, mainot caur pielāgotāju plūstošā vietējās recirkulācijas gaisa daudzumu. Pagriežņus vai diafragmas iestāda, sistēmu regulējot, un caur pielāgotājiem cirkulē pastāvīgs aukstuma nesēja daudzums ar nemainīgu temperatūru. Aprēķinot stāvvadus, pieņem, ka visās telpās vienlaicīgi ir maksimāli iespējamie siltuma izdalījumi.

Trešajā variantā katrs pielāgotājs jāapgādā ar aukstu un karstu ūdeni. To realizē, veidojot divcauruļu, trīscauruļu un četrcauruļu siltumapgādes un aukstumapgādes sistēmas.

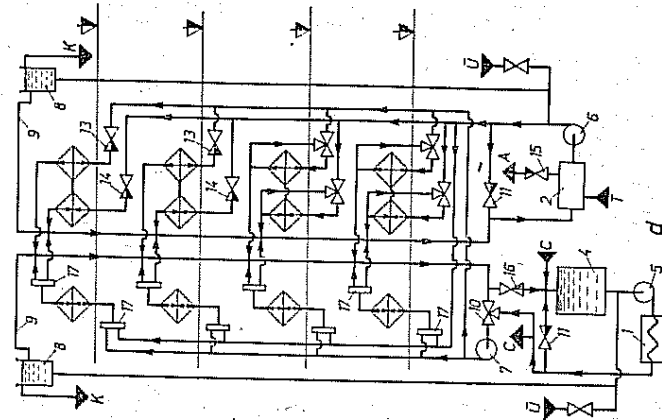
Divcauruļu sistēmā (56. zīm. *b* kreisajā pusē) temperatūras pielāgotāju siltuma vai aukstuma atdeves regulēšanai uzstāda divus vārstus 13 un 14. Tas palielina



a

b

c



d

56. zīm. Daudzzonu vienkanāla gaisa kondicionēšanas sistēmu siltumapgādes un aukstumapgādes sistēmu shēmas:

a — divcauruļu (treisajā pusē) un viencauruļu (labajā pusē) aukstumapgāde; b — divcauruļu siltumapgāde un aukstumapgāde; c — trīscauruļu siltumapgāde un aukstumapgāde; d — trīscauruļu siltumapgāde un aukstumapgāde; 1 — sildēšanas mašīnas iztvaikotājs; 2 — ūdens sildītājs; 3 — siltumapgādes aparāts ūdens dzesēšanai; 4 — hermētiski slēgta ierīce; 5 — sildēšanas slāucis; 6 — izpildes mašīna; 7 — karstā ūdens sūkņi; 8 — sistēmas atgriešanas caurule; 9 — ūdens temperatūras regulēšanas trijvadu vārsti; 10 — vārsti, kas atveras, ja spiediens pirms tā palielinās; 11 — aizbāžņa pagrieznis; 12 — vārsti, kas atveras, ja telpas temperatūra pazeminās; 13 — karstā ūdens temperatūras regulēšanas vārsti; 14 — vārsti, kas atveras, ja telpas temperatūra pazeminās; 15 — karstā ūdens temperatūras regulēšanas vārsti; 16 — aukstā ūdens temperatūras regulēšanas vārsti; 17 — nejaucamais trijvadu vārstis, kas regulē telpas temperatūru; 18 — ūdens no siltumtīkla turpmākas magistāles; K — ūdens uz kanalizāciju; 7 — ūdens no siltumtīkla turpmākas magistāles; C — ūdens uz vai no centrālā kondicionējuma

sistēmas izbūves kapitālieguldījumus, tāpēc parasti atsa-
kāš no iespējas individuāli regulēt temperatūru katrā
telpā; ēku sadala zonās, piemēram, četrās uz dažādām
debess pusēm vērstās zonās (sk. turpat, labajā pusē). At-
sevišķiem pielāgotājiem tad nav regulējamu vārstu, un
ūdens temperatūru regulē ar vienu trijvadu vārstu visai
zonai pēc komandas, ko saņem no vienā visraksturīgākajā
dotajai zonai telpā uzstādīta termoregulatora. Katrai zonai
nepieciešams savs cirkulācijas sūknis 7.

Pielāgotāju siltuma un aukstuma atdevi var regulēt arī
ar reversīvu automātisku termoregulatoru. Caurulvadu iz-
mērus vispirms nosaka aukstuma nesēja maksimālā dau-
dzuma caurplūdei. Pēc tam izvēlas siltuma nesēja tempe-
ratūru tā, lai nodrošinātu tā pareizu cirkulāciju pa no-
teikto izmēru caurulvadiem.

Divcauruļu sistēma ir vislētākā, bet tās apkalpošana
nav ērta: pārslēgšanu no siltumapgādes uz aukstumapgādi
nevar automatizēt, un to veic apkalpojošais personāls, va-
doties no āra gaisa temperatūras mērījumiem.

Trīscauruļu sistēmā (56. zīm. c) katrs pielāgo-
tājs pa paralēli izliktiem caurulvadiem pēc vajadzības var
saņemt karstu vai aukstu ūdeni. Siltuma nesēja un auk-
stuma nesēja atpakaļgaitu organizē pa vienu caurulvadu.

Pie katra pielāgotāja uzstāda *nejaucošo trijvadu vārstu*,
kurš konstruēts tā, ka, telpas temperatūrai pazeminoties,
tas vispirms aizver līdz galam aukstā ūdens caurplūdi un
pēc tam sāk atvērt siltā ūdens caurplūdi.

Trīscauruļu sistēmas darbību var pilnīgi automatizēt,
un tā ir hidrauliski stabilāka par divcauruļu sistēmu.

Trīscauruļu sistēmas trūkums ir jūtams siltuma un, gal-
venais, aukstuma pārtēriņš objektos, kuros atsevišķu telpu
siltuma bilance ir atšķirīga.

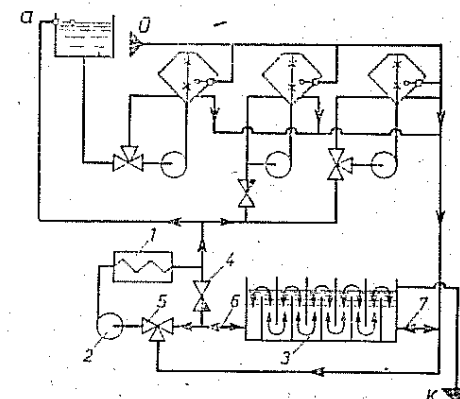
Cetrcauruļu sistēma (56. zīm. d) ir absolūti
droša un ērti apkalpojama. Tās izbūvēšana ir dārgāka, bet
ekspluatācijas izdevumi mazāki nekā trīscauruļu sistēmai.
Zīmējuma kreisajā pusē parādīta pielāgotāju siltuma un
aukstuma regulēšana ar divu nejaucošo trijvadu vārstu
palīdzību; abus vārstus regulē viens telpā uzstādīts termo-
regulators. Zīmējuma labajā pusē parādīti divi varianti,
kā iztikt bez nejaucošajiem trijvadu vārstiem; pielāgotājā
ir divi siltumapmaiņas aparāti: viens gaisa sildīšanai,
otrs — dzesēšanai.

7.7. AUKSTUMA AKUMULATORI

Gaisa kondicionēšanas sistēmu aukstuma patēriņš ir
mainīgs un sasniedz maksimālo vērtību tikai vasaras kar-
stāko dienu otrajā pusē (ap 15.00). Saldēšanas stacija var
strādāt ar maksimālu ražību nepārtraukti.

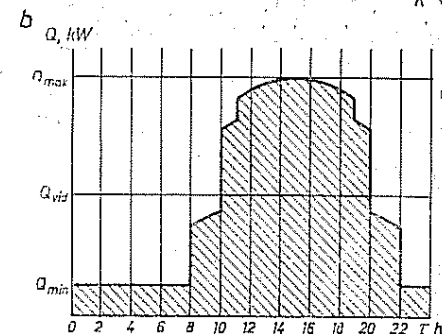
Lai samazinātu saldēšanas staciju izmaksu, ierīko auk-
stuma akumulatorus — tvertnes, kurās naktī atdzesē
ūdeni, lai izlietotu to dienā gaisa dzesēšanai maksimālā
aukstuma patēriņa laikā. Saldēšanas stacijas ražīgums
var būt vienāds ar diennakts vidējo aukstuma patēriņu, bet
ne ar visu gaisa kondicionētāju kopīgo maksimālo auk-
stuma patēriņu.

Akumulatoru pievieno paralēli gaisa kondicionētāju auk-
stumapgādes sistēmai (57. zīm.). Automātiski regulējams
vārsts 5 uztur pastāvīgu temperatūru aiz iztvaikotāja 1,
sajaucot nepieciešamajā attiecībā auksto un silto ūdeni.



57. zīm. Aukstuma akumulators:

a — pievienošana gaisa kondicionēšanas sistēmai; b — aukstuma patēriņa Q diennakts izmaiņas grafisks attēls; 1 — iztvaikotājs; 2 — saldēšanas stacijas cirkulācijas sūknis; 3 — aukstuma akumulators; 4 — vārsts, kas atveras, ja spiediens pirms tā palielinās; 5 — vārsts, kas uztur pastāvīgu ūdens temperatūru aiz iztvaikotāja; 6 — aukstais ūdens; 7 — siltais ūdens; 0 — ūdens no ūdensvada; K — ūdens uz kanalizāciju



Ja kondicionētāju aukstuma patēriņš ir mazāks par vidējo diennakts patēriņu, tad daļa aukstā ūdens aiz izvaikotāja caur vārstu 4 pa cauruļvadu 6 ieplūst akumulatorā un tas *uzlādējas*. Ja patēriņš lielāks par vidējo diennakts patēriņu, sūknis 2 caur vārstu 5 pa cauruļvadu 6 ņem auksto ūdeni no akumulatora un tas *izlādējas*.

Lai aukstais un siltais ūdens nesajauktos, tvertni ieteicams sadalīt ar starpsieninām nodalījumos. Pēdējā nodalījuma (pie kura pievienots cauruļvads 7) nepieciešamo tilpumu nosaka pēc 7.10. formulas. Kad temperatūra tajā sasniedz noteiktu vērtību, akumulators ir pilnīgi uzlādēts un saldēšanas mašīnas izslēdz. Temperatūrai paaugstinoties par Δt_a deg, saldēšanas mašīnas atkal ieslēdzas.

Aukstuma diennakts patēriņu nosaka grafoanalītiski. 57. zīmējumā *b* parādītas aukstuma patēriņa diennakts izmaiņas universālveikalā, kura pārtikas preču nodaļa atvērta no 8.00 līdz 22.00, rūpniecības preču nodaļa — no 10.00 līdz 20.00, bet dzērienu nodaļa — no 11.00 līdz 19.00. Visu diennakti darbojas gaisa kondicionēšana pārtikas produktu noliktavā. Plānimetrējot iesvītrotu laukumu, atrod diennakts aukstuma patēriņu Q_d , kJ.

Vidējais diennakts aukstuma patēriņš

$$Q_{vid} = \frac{Q_d}{24 \cdot 3600} \text{ [kW]}. \quad (7.11)$$

Iesvītrotais laukums virs taisnes Q_{vid} (57. zīm. *b*), kas ir vienāds ar neiesvītrotu laukumu zem tās, atbilst nepieciešamajam akumulējamā aukstuma daudzumam Q_{ak} , kJ.

Akumulatora nepieciešamais lietderīgais tilpums

$$V_{ak} = \frac{Q_{ak}}{4,2 \cdot 1000 (t_s - t_l)} \text{ [m}^3\text{]}, \quad (7.12)$$

kur t_s — temperatūra ūdenim, kas atgriežas no kondicionētāju aukstumapgādes sistēmas, °C;

t_l — ūdens temperatūra aiz izvaikotāja, °C.

Sastādot aukstuma patēriņa diennakts grafiku, pieņem, ka āra gaisa temperatūra diennakts laikā pie nemainīga mitruma satura svārstās harmoniski un sasniedz maksimumu 15.00. Āra gaisa temperatūra noteiktā stundā

$$t_{At} = t_A - \delta \Delta t_A \text{ [}^\circ\text{C]}, \quad (7.13)$$

kur t_A — āra gaisa aplēses temperatūra, °C (sk. 10. 1.3. nodaļu);

Δt_A — vidējā āra gaisa temperatūras svārstību amplitūda dotajā ģeogrāfiskajā punktā augstā, deg (sk. 10. 2.1. nodaļu);

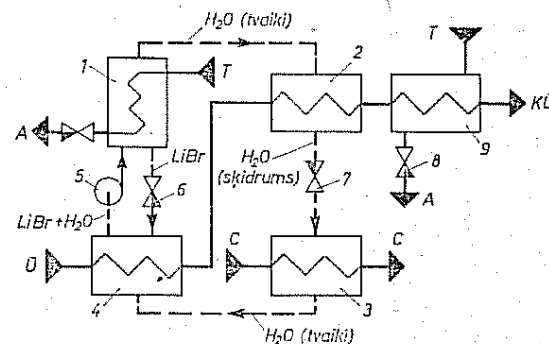
δ — koeficients dotajai diennakts stundai τ :

τ	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3
	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	
δ	0	0,02	0,07	0,14	0,25	0,37	0,50	0,63	0,75	0,85	0,93	0,98	1

Jāņem vērā, ka aukstuma akumulatori nevar ietaupīt aukstuma ražošanai patērēto enerģiju. Samazinās tikai kapitālieguldījumi un ekspluatēšanas izdevumi, kas saistīti ar saldēšanas stacijas apkalpošanu. Akumulatorus atmaksājas ierīkot tad, kad to izbūves izmaksa nepārsniedz ekonomiju, ko iegūst, samazinot saldēšanas stacijas ražīgumu.

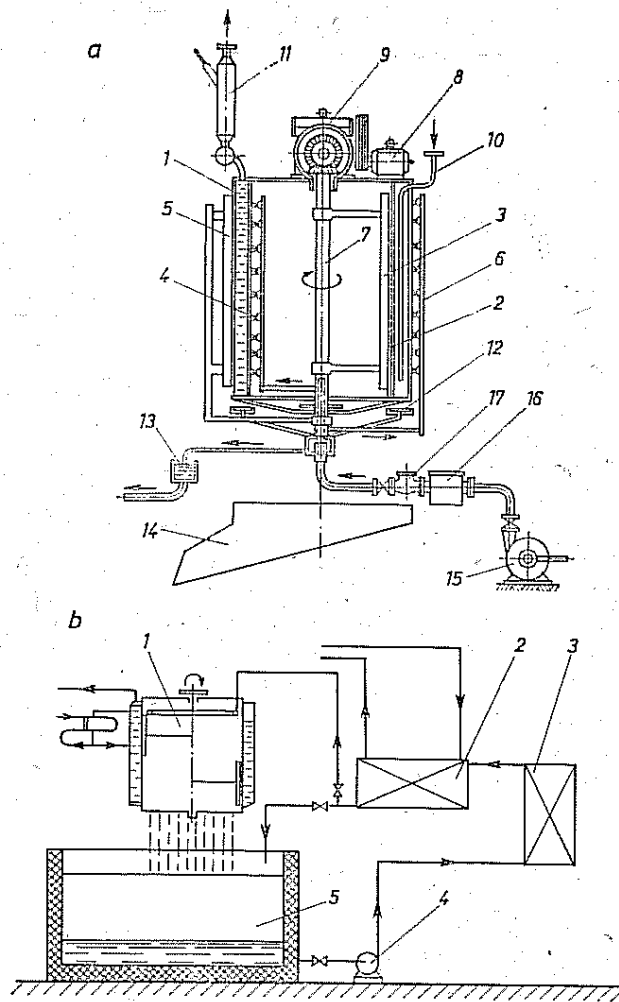
7.8. CENTRALIZĒTĀS AUKSTUMAPGĀDES SISTĒMAS

Plašāk ieviešot gaisa kondicionēšanu, rodas iespēja apgādāt ar aukstu ūdeni lielāku skaitu ēku no vienas saldēšanas stacijas — aukstuma centrāles. No pieredzes ziņāms, ka centralizētā aukstuma apgāde ar kopējo ražīgumu, lielāku par 5 MW, ir ekonomiski izdevīga.



58. zīm. Centralizētās aukstā un karstā ūdens sagatavošanas shēma:

1 — ģenerators; 2 — kondensators; 3 — izvaikotājs; 4 — absorbers; 5 — litijs bromīda šķīduma sūknis; 6 — vārsts, kas pazemina spiedienu absorberā; 7 — vārsts, kas pazemina spiedienu izvaikotājā; 8 — vārsts, kas uztur karstā ūdens temperatūru 65 °C; 9 — ūdens sildītājs; 10 — ūdens no ūdensvada; 11 — ūdens uz karstā ūdens apgādes sistēmu; 12 — ūdens no siltuma tīklu lurpgaitas maģistrāles; 13 — ūdens no uz centralizētās aukstumapgādes sistēmu



59. zīm. Zvīņu ledus ģenerators:

a — uzbūve: 1, 2 — iztvaikotāja ārējā un iekšējā sienīga; 3, 5 — iekšējais un ārējais nazis ledus kārtiņas noskrāpēšanai; 4, 6 — sprauslas iztvaikotāja iekšpusē un ārpusē apsmidzināšanai ar ūdeni; 7 — ass; 8 — elektrodzinējs; 9 — reduktors; 10 — šķidrā freona pievads; 11 — freona tvaiku savācējs; 12 — rene ūdens uzlīveršanai un novadīšanai; 13 — ūdens tvertne; 14 — ledus atdalītājs; 15 — ūdens sūknis; 16 — filtrs; 17 — vienvirziena vārsts;
b — pievienošana centralizētās aukstumaapgādes sistēmai: 1 — ledus ģenerators; 2 — ūdens dzesētājs; 3 — aukstuma patērētājs; 4 — ūdens un ledus maisījuma sūknis; 5 — ūdens un ledus maisījuma tvertne

Mūsu valstī projektē atsevišķu pilsētu, rajonu un lielāku ēku grupu centralizētās aukstumaapgādes sistēmas. Pirmā realizētā sistēma piegādā 8,4 MW aukstuma vienu no Taškentas jaunajiem rajoniem.

Dzīvojamo ēku masīvos novietotu sabiedrisko ēku aukstuma apgādi vasarā ir izdevīgi kombinēt ar karstā ūdens apgādi, izmantojot kā enerģijas avotu aukstuma ražošanai karsto ūdeni no TEC (58. zīm.). Tad aukstuma un siltuma centrālē jāuzstāda litija bromīda absorbcijas saldēšanas mašīna. Siltumu ģeneratorā pievada no TEC, bet absorbera un kondensatora dzesēšanai izmanto ūdeni no pilsētas ūdensvada, kas pēc tam aiziet uz karstā ūdens apgādes sistēmu.

Parasti aukstuma centrālēs paralēli uzstāda absorbcijas un kompresijas mašīnas. Ar absorberā un mašīnu kondensatoros sakarsēto ūdeni silda ģeneratoru.

Veidojot centralizēto aukstumaapgādi, lielas grūtības sagādā cauruļu izvietošana apakšzemes kanālos. Aukstuma tīkla caurules ir daudz resnākas par siltuma tīkla caurulēm, jo temperatūru starpība aukstuma tīklā turpgaitas un atpakaļgaitas caurulēs ir tikai 3÷4 deg, tātad 20÷28 reizes mazāka kā siltuma tīklā. Aukstuma tīkla diametrus var krasi samazināt, transportējot kopā ar auksto ūdeni sīkus ledus gabaliņus (zvīņu ledu), kas pa ceļam un pašā aukstuma patērētājā izkūst un atņem no apkārtējās vides ledus kušanas siltumu $r=335$ kJ/kg. Rīgas Politehniskajā institūtā veiktie pētījumi¹ rāda, ka pie ledus koncentrācijas $S=20\%$ nepieciešamais aukstuma nesēja daudzums samazinās 6,5 reizes. Piemēram, lai transportētu 12 MW aukstuma, 900 mm caurules vietā ir pietiekama 350 mm caurule. Zvīņu ledu ražošana ir pilnīgi apgūta zivju apstrādes un gaļas rūpniecības vajadzībām.

59. zīm. parādīta zvīņu ledu ģenerators konstrukcija un uzstādīšana. Tā kā nav nepieciešams iegūt sausu ledu zvīņas, tad ledu atdalītāju demontē un ļauj ledum kopā ar nesasalušā ūdens pilieniem tieši iekrist tvertnē (59. zīm. *b*), no kuras centralizētās aukstumaapgādes sistēmas sūknis ņem ūdeni.

¹ Sk. rakstu Гранатек Л. В. Использование подоледающей пульпы в качестве холодоносителя при централизованном холодообеспечении систем кондиционирования воздуха. — «Вентиляция и кондиционирование воздуха», сб. № 6, 1973.

8. KONDICIONĒTĀ GAISA SADALE TELPĀ

8.1. GAISA SADALES PRINCIPIĀLĀS SHĒMAS

Ja gaisa kustības ātrums lielāks par 0,3 m/s, cilvēki miera stāvoklī parasti jūt caurvēju, bet, ja kustības ātrums mazāks par 0,05 m/s, tiem šķiet, ka gaiss nemaz nepārvietojas, tas arī rada diskomfortu (sk. 10.1.3. nod.).

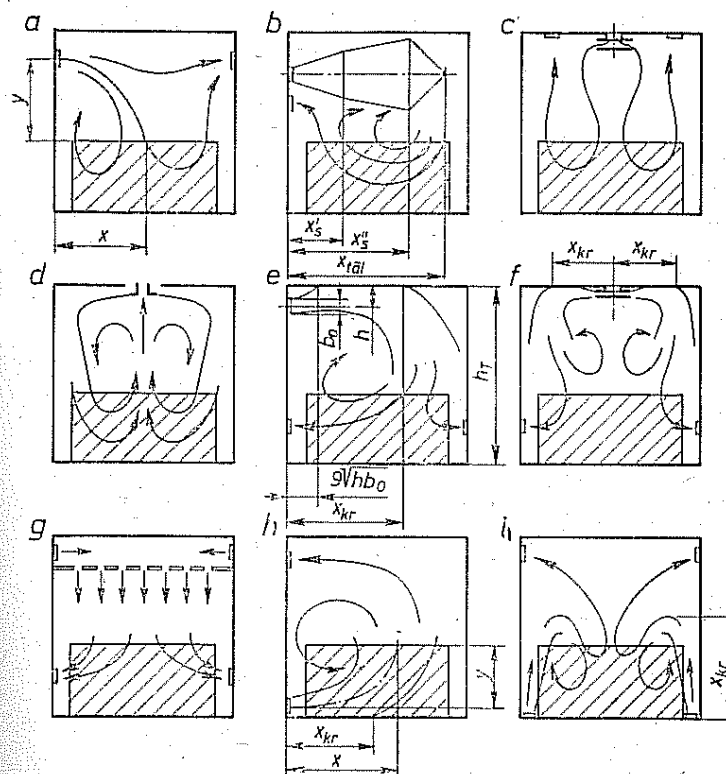
Lai nodrošinātu telpas darba zonā vēlamo komfortu (gaisa temperatūru un kustības ātrumu), ir pareizi jāizvēlas pieplūdes gaisa sadalītāju konstrukcija un izvietojums. Gaisa noplūdes atvērumu konstrukcija maz iespaido gaisa parametrus darba zonā, svarīgs ir tikai to izvietojums attiecībā pret pieplūdes gaisa sadalītājiem.

Izvietojuma shēmu «no augšas uz augšu» (60. zīm.) sekmiīgi izmanto tad, ja telpā izdalās siltums un pieplūdes gaisa temperatūra ir ievērojami zemāka par temperatūru darba zonā. Shēma *a* nav ieteicama, jo daļa pieplūdes gaisa vienmēr nokļūst tieši noplūdes atvērumā, nepaspējusi asimilēt izdalīto siltumu. Sadalot gaisu pēc shēmas *b*, svaigā gaisa iesūkšana noplūdes atvērumā nenotiek, ja attālums starp abiem atvērumiem nav mazāks par 1,5 noplūdes atvēruma diametriem. Shēmas *d* konstruktīvais izveidojums ir kompaktāks par shēmas *c* konstruktīvo izveidojumu.

Shēmu «no augšas uz leju» lieto telpās, kurās izdalās putekļi, bet siltums izdalās neievērojamā daudzumā, kā arī lai novadītu par novadāmo gaisu smagākas gāzes.

Shēma «no lejas uz augšu» ir piemērota telpām, kurās izdalās gāzes, kas vieglākas par gaisu, kā arī putekļainām telpām, kurās izdalās liels siltuma daudzums.

Shēmu *i*, kuru realizēt ir konstruktīvi sarežģītāk nekā shēmu *h*, lieto tad, kad cilvēki vai tehnoloģiskās iekārtas, kam kaitīgs liels gaisa plūsmas ātrums, atrodas tuvu pieplūdes gaisa sadalītājiem; raksturīgs piemērs ir gaisa ievadīšana caur ēzekcijas pielāgotājiem.



60. zīm. Gaisa sadales shēmas:

a, b, c, d — no augšas uz augšu; *e, f, g* — no apakšas uz augšu;
h, i — no apakšas uz augšu
iesvītrola telpas darba zona

Bez 60. zīm. attēlotajām shēmām iespējamas dažādi kombinētas shēmas.

Izvēlētas shēmas novērtēšanai lieto gaisa sadalēs efektivitātes koeficientu

$$m_e = \frac{t_{DZ} - t_P}{t_N - t_P} = \frac{d_{DZ} - d_P}{d_N - d_P} = \frac{C_{DZ} - C_P}{C_N - C_P}, \quad (8.1)$$

kur t_{DZ} , d_{DZ} , C_{DZ} — gaisa temperatūra, °C, gaisa mitruma saturs, g/kg, vai kaitīgo gāzu koncentrācija darba zonā, mg/kg;

t_P , d_P , C_P — tas pats, pieplūdes gaisā;

t_N , d_N , C_N — tas pats, noplūdes gaisā.

Jo mazāka ir koeficienta m_e vērtība, jo mazāks ir kaitīgo izdalījumu asimilēšanai nepieciešamais gaisa daudzums

$$L = \frac{m_e Q}{I_N - I_P} = \frac{m_e G \cdot 10^3}{d_N - d_P} = \frac{m_e G \cdot 10^6}{C_N - C_P} \text{ [kg/s]}, \quad (8.2)$$

kur Q — siltuma izdalījumi telpā, kW;
 I_N, I_P — noplūdes un pieplūdes gaisa entalpija, kJ/kg;
 G — izdalītais mitrums vai kaitīgās gāzes, kg/s.

Shēmai «no augšas uz apakšu» $m_e \approx 1$, bet shēmai a (60. zīm.) var būt arī $m_e > 1$.

Shēmai «no apakšas uz augšu» koeficienta m_e vērtība tiecas uz nulli. Tas nozīmē, ka nepieciešamais pieplūdes gaisa daudzums, ja to ievada tieši darba zonā, nav atkarīgs no kaitīgo izdalījumu daudzuma. Tiešām, pēc tam, kad gaiss ir jau izplūdis cauri darba zonai, tā temperatūra un gāzu koncentrācijas pieaugums mūs vairs neinteresē. Tomēr šī no ekonomiskā un higiēniskā viedokļa ļoti pilnvērtīgā shēma tiek maz lietota, jo ir grūti nodrošināt vienmērīgu gaisa kustības ātrumu visā darba zonā.

Visplašāk lietotajai shēmai «no augšas uz augšu» $m_e < 1$. Koeficienta m_e vērtība projektētājam parasti nav zināma, izņemot gadījumus, kad tā ir izmērīta kādā agrāk izbūvētā analogiskā telpā.

Līdz šim atklātie aerodinamikas likumi nedod iespēju precīzi aprēķināt gaisa kustības ātrumu jebkurā darba zonas vietā, turklāt šie aprēķini ir ļoti sarežģīti. Atbildīgos gadījumos pirms gaisa kondicionēšanas projekta izstrādāšanas optimālās gaisa sadales shēmas meklējumus veic ar hidrauliskiem vai aerodinamiskiem modeļiem, tas ir ļoti dārgs un ilgstošs pasākums.

Telpām ar vienmērīgi sadalītiem siltuma avotiem var iepriekš izrēķināt maksimālo gaisa kustības ātrumu, kurš radīsies, pieplūdes gaisa strūklai pārejot darba zonas robežu.

8.2. PIEPLŪDES GAISA SADALĪTĀJU KONSTRUKCIJAS UN APRĒKINS

Izšķir kompakts jeb apaļas, plakanas un vēdekļveida jeb radiālas pieplūdes gaisa strūklas.

Kompakta strūkļa veidojas, ja gaiss izplūst no apaļa atvēruma, bet plakana — ja no četrstūra. 6 l_0 m

attālumā no sadalītāja plakana strūkļa pārvēršas kompaktā (l_0 — četrstūra garākās malas garums, m). Kompaktu un plakana gaisa strūkļu izklaides leņķis ir 18—25°.

Dafēju vēdekļveida strūkļu veido, ievietojot pieplūdes atvērumā vadlāpstiņas izklaides leņķa palielināšanai, bet pilnu vēdekļveida strūkļu iegūst, novietojot perpendikulāri plūsmas virzienam plāksni, kas izvērš strūkļu visos virzienos.

Ja pieplūdes gaisa temperatūra ir vienāda ar telpas temperatūru, tad strūkļu sauc par izotermisku. Praksē pieplūdes gaisa temperatūra vienmēr atšķiras no telpas temperatūras, strūklas ir neizotermiskas un to aprēķinos jāņem vērā gravitācijas spēku ietekme, kuru nosaka Arhmeda kritērijs

$$Ar = 9,81 \frac{\Delta t_0}{T_T} \cdot \frac{d_0}{v_0^2}, \quad (8.3)$$

kur Δt_0 — pieplūdes gaisa un telpas gaisa temperatūru starpība, deg;
 T_T — telpas gaisa temperatūra, °K;
 d_0 — gaisa sadalītāja noteicošais izmērs, m (apaļiem — diametrs, četrstūrā — $2b_0$, kur b_0 — četrstūra īsākās malas garums, m);
 v_0 — strūklas sākuma ātrums, m/s.

Strūkļa kļūst jūtami neizotermiska tad, kad $Ar \geq 0,001$. Pie mazākām Arhmeda kritērija vērtībām to var uzskatīt par praktiski izotermisku.

Strūklai attālinoties no gaisa sadalītāja, tās ātrums un temperatūru starpība ar apkārtējo vidi samazinās: kompakām un vēdekļveida strūklām

$$\frac{v_x}{v_0} = m \frac{d_0}{x}; \quad \frac{t_x}{t_0} = n \frac{d_0}{x}, \quad (8.4)$$

plakanām strūklām

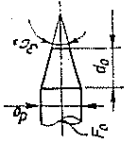
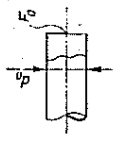
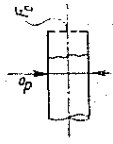
$$\frac{v_x}{v_0} = m \sqrt{\frac{b_0}{x}}; \quad \frac{t_x}{t_0} = n \sqrt{\frac{b_0}{x}}, \quad (8.5)$$

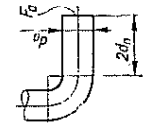
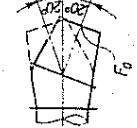
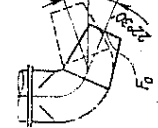
kur x — attālumš no gaisa sadalītāja, m;
 v_x — ātrums attālumā x (šeit un tālāk v_x ir maksimālais ātrums strūklas centrā), m/s;
 t_x — temperatūru starpība attālumā x , deg.

Koeficientu m un n vērtības praktiski izotermiskām strūklām nosaka eksperimentāli, un tās ir atkarīgas no gaisa sadalītāja konstrukcijas. 8.1. tabulā dotas koeficientu

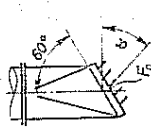
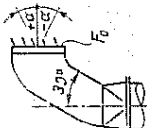
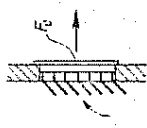
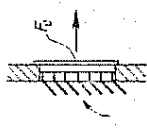
Pieplūdes gaisa sadalītāju raksturojums

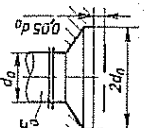
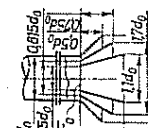
8.1. tabula

Nr.	Gaisa sadalītāja tips	Shematiskais attēls	m	n	A
1	2	3	4	5	6
	Sadalītāji, kas veido kompakto gaisa strūklu				
1	Apaļa caurule ar konfuzoru		7,7	5,8	4,5
2	Apaļa caurule		6,8	4,8	1,1
3	Apaļa caurule ar sietu, kuram dzīvā šķērsgriezuma koeficients $K_{dz.a}=0,5$		6,0	4,5	1,5

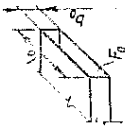
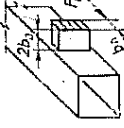
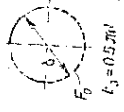
4	Apaļa caurule pēc pagrieziņa		5,4	4,1	1,1
5	Institūta ВНИИГС konstrukcijas ПП tipa grozāms uzgalis		6,6	4,5	1,1
6	ППД tipa grozāms uzgalis		6,3	4,5	0,75

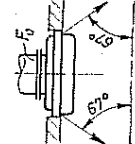
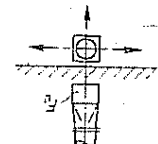
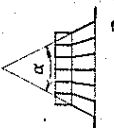
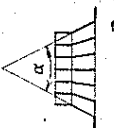
8.1. tabulas turpinājums

1	2	3	4	5	6	7
7	V Baturina konstrukcijas ПДв $\alpha=30^\circ$ tipa uzgalis gaisa dušu tekār- tošanai $\alpha=45^\circ$ $\alpha=60^\circ$		5,5 5,1 4,5	4,0 3,4 3,1	5,0 3,2 2,4	1
8	V. Baturina konstrukcijas $\alpha=0 \div 20^\circ$ ПДв tipa uzgalis gaisa $\alpha=-20^\circ$ dušu tekārtošanai		4,5 4,0	3,1 2,8	3,2 2,8	1
9	Perpendikulāri pieplūdes $K_{dz,s}=0,8 \div 0,5$ gaisa plūsmai novietoto- $K_{dz,s}=0,5 \div 0,2$ tas restītes vai sieti $K_{dz,s}=0,2 \div 0,05$		6,0 5,0 4,5	4,2 4,0 3,6	1,8 1,8 1,8	1
10	Instiūta ВНИИГС konstrukcijas PP tipa dekoratīvās restītes vai restītes ar virziena vadlāpstiņām		4,5	3,2	2,2*	1

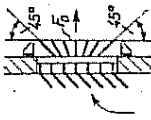
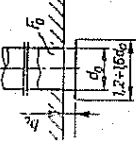
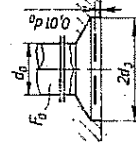
11	Instiūta ВНИИГС konstrukcijas ВДПМ tipa sadalītājs ar uz augšu paceltu disku		3,4	3,0	3,0	17
12	Uzgalis ar trīs difuzoriem		1,35	1,1	1,1	3
13	Kvadrātiski perforēti paneli, $K_{dz,s}=0,1$ $x > 4b_0$ (šeit un tālāk $K_{dz,s}=0,07$ s_0 — gaisa vada vietejas $K_{dz,s}=0,04$ pretestības koeficients) $K_{dz,s}=0,01$ $K_{dz,s}=0,005$		1,44 1,17 0,90 0,45 0,32	1,28 1,04 1,80 0,40 0,28	1,2 s_0	1 1 1 1 1
14	Perforēti paneli, $x \leq 4b_0$ vai perforēti griesti $K_{dz,s}=0,1$ $K_{dz,s}=0,07$ $K_{dz,s}=0,04$ $K_{dz,s}=0,01$ $K_{dz,s}=0,005$		0,32 0,26 0,20 0,10 0,07	0,32 0,26 0,20 0,10 0,07	1,2 s_0	1

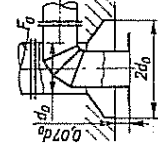
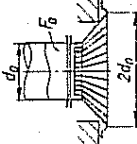
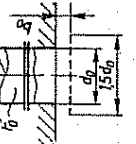
8.1. tabulas turpinājums

1	2	3	4	5	6	7
	<i>Sadalītāji, kas veido plakānu gaisa strūklu</i>					
15	Taisnstūra gaisa vads ar valēju galu vai ar paralēlām vadiāpstinām, kurām $K_{dz,s} \geq 0,8$		2,5	2,0	1,8	1
16	Vertikāla sprauga ar paralēlām vadiāpstinām gaisa vada sienā, kurām $K_{dz,s} > 0,8$		2,3	1,9	1,5*	1
17	Institūta ЛПОТ konstrukcijas taisnstūra perforēts gaisa vads $K_{dz,s} = 0,092$ $K_{dz,s} = 0,062$ $K_{dz,s} = 0,046$		0,65 0,53 0,45	0,58 0,48 0,40	2,4*	1
18	ВПК tipa apaļš perforēts gaisa vads $K_{dz,s} = 0,092$ $K_{dz,s} = 0,062$ $K_{dz,s} = 0,046$		0,29 0,24 0,21	0,26 0,22 0,19	2,4*	1

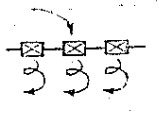
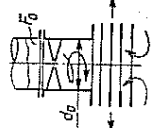
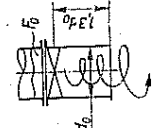
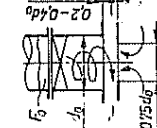
19	Taisnstūra perforēti paneļi, $x > 4b_0$ $K_{dz,s} = 0,1$ $K_{dz,s} = 0,07$ $K_{dz,s} = 0,04$ $K_{dz,s} = 0,01$ $K_{dz,s} = 0,005$		0,67 0,55 0,42 0,21 0,15	0,54 0,44 0,34 0,17 0,12	1,2 5g	1
20	ВЛК vai ВЛН типа luminiscences gaismas ķermeņi (n un A nav zīmami)		0,17	—	2,1	—
21	Institūta ВНИИГС konstrukcijas ВП tipa pie sienas uzstādāms sadalītājs		2,4	3,6	6,8	1
22	Institūta НИИСТ konstrukcijas $\beta_0 = 45^\circ$ РВ tipa reslītes $\beta_0 = 60^\circ$ $\beta_0 = 90^\circ$		3,5 2,8 2,0	2,5 1,7 1,25	1,1 1,0 1,0	1

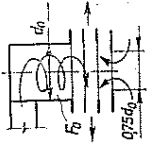
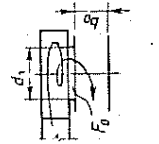
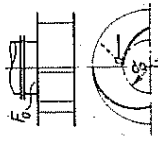
8.1. tabulas turpinājums

1	2	3	4	5	6	7
23	Institūta ВНИИГС konstrukcijas PP tipa restītes ar vadlāpstiņām izklādes lēnka izvēšanai <i>Sadalītāji, kas veido pilnu vēdekļveida gaisa strūklu**</i>		1,8	1,2	3,3*	1
24	Institūta МИСИ konstrukcijas platons ar disku $b_0/d_0=0,2$ $b_0/d_0=0,3$ $b_0/d_0=0,4$		1,70 1,45 1,35	1,15 1,25 1,25	4,0 2,3 1,9	8
25	Institūta ВНИИГС konstrukcijas ВДПМ tipa sadalītājs ar uz leju nolaiestu disku		1,35	1,1	1,9	17

26	Institūta ВНИИГС konstrukcijas BK tipa sadalītājs <i>Sadalītāji, kas veido vienlaicīgi kompaktu un pilnu vēdekļveida strūklu</i>		1,0	0,8	2,0	17
27	Institūta НИИСТ konstrukcijas ВДШ tipa sadalītājs ar 6 difuzoriem		0,8	0,65	1,9	3
28	Institūta ЛИОТ konstrukcijas ВДПМ tipa sadalītājs ar perforētu disku $b_0/d_0=0,1$ $b_0/d_0=0,2$ $b_0/d_0=0,3$ <i>Sadalītāji, kas veido savērptu strūklu</i>		2,5 0,9 0,35	1,7 0,7 0,2	4,0 2,8 1,9	8

8.1. tabulas turpinājums

1	2	3	4	5	6	7
29	Institūta «Projektpromven-tilacija» konstrukcijas ВПЭП типа sadalītājs, ja $L_0=7,5$ ipatnējā rūžība $L_0, m^3/h$ $L_0=10$ uz $1 m^3$ sadalītāja paneļa laukuma $v_0=L_0/0,44 \cdot 3600$ m/s (n un A nav zināmi)		0,10 0,07 0,06 0,05 0,04	—	17*	—
30	Institūta «Projektpromven-tilacija» konstrukcijas ВЭП типа sadalītājs $x/d_0=2,5$ $x/d_0=5$ $x/d_0=8$		0,26 0,09 0,02	0,39 0,10 0,02	3,8	17
31	Institūta «Projektpromven-tilacija» konstrukcijas ВЭС типа sadalītājs $x/d_0=2,5$ $x/d_0=5$ $x/d_0=10$ $x/d_0=20$		0,60 0,35 0,23 0,13	0,33 0,26 0,17 0,07	5,4	17
32	Institūta «Projektpromven-tilacija» konstrukcijas ВЭПБ типа sadalītājs $x/d_0=2,5$ $x/d_0=5$ $x/d_0=7,5$ $x/d_0=10$		0,21 0,14 0,09 0,06	0,35 0,23 0,15 0,10	4,5	17

33	Institūta «Projektpromven-tilacija» konstrukcijas ВЭЦ типа sadalītājs $x/d_0=2,5$ $x/d_0=5$ $x/d_0=10$		0,31 0,12 0,02	0,30 0,11 0,02	2,4	17
34	Institūta ВНИИГС ВЦ конструкция ВЦ типа sadalītājs $0,7 < b_0/d_0 < 1,0$ $0,5 < b_0/d_0 < 0,7$ $0,35 < b_0/d_0 < 0,5$		1,32 0,87 0,68	1,21 0,80 0,60	6,9	17
35	Institūta ВВИТКУ конструкция ВВУ типа rotējošs sadalītājs				1,58	

* Vietējās pretestības koeficients uzrādīts gadijumiem, kad gaiss tiek pievadīts no sāniem.
 ** Koeficienti m un n uzrādīti uzklātām strūkām.

vērtības biežāk lietotajiem gaisa sadalītājiem. Bez tam tabulā dotas gaisa sadalītāju vietējās pretestības koeficienta vērtības, kuras nepieciešamas sadalītāju aerodinamiskās pretestības noteikšanai, un sadalītāju radītais pastāvīgais troksnis A , dB.

Neizotermisku strūklu aprēķinos Arhmeda kritērija vietā ērtāk lietot *strūklas ģeometriskā raksturojuma* H , kas kompakām un vēdekļveida strūklām ir proporcionāls lielumam $m \sqrt{\frac{F_0}{n Ar}}$, bet plakanām strūklām — $b_0 \sqrt{\left(\frac{mv_0}{n \Delta t_0}\right)^3}$.

Kompaktām un vēdekļveida strūklām

$$H = 5,45 \, m v_0 \sqrt{\frac{F_0}{n \Delta t_0}} \text{ [m]}, \quad (8.6)$$

plakanām strūklām

$$H = 9,6 \sqrt[3]{b_0 \left(\frac{mv_0}{n \Delta t_0}\right)^3} \text{ [m]}. \quad (8.7)$$

Ģeometriskā raksturojuma H var noteikt arī grafiski (61. un 62. zīm.).

Horizontāli ievadīta auksta gaisa strūkļa x m attālumā no sadalītāja pārvietojas uz leju par

$$y = 0,7 \frac{x^3}{H^2} \text{ [m]}, \quad (8.8)$$

bet siltā gaisa strūkļa par tikpat lielu attālumu paceļas virs izplūdes līmeņa (sk. 60. zīm. a un h).

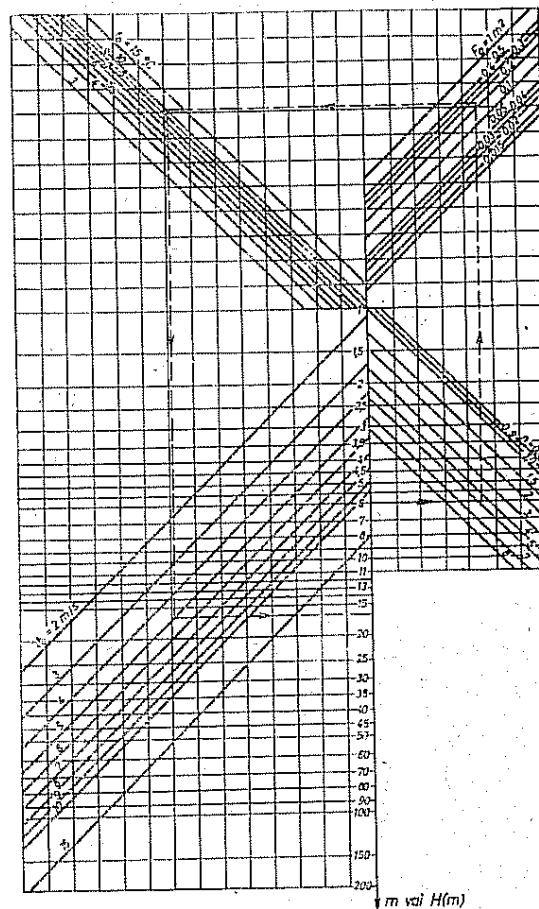
Vertikāli uz augšu ejošās aukstā gaisa strūklas ātrums gravitācijas spēku ietekmē samazinās straujāk, bet temperatūru starpība — lēnāk, tāpēc formulās 8.4 un 8.5 koeficients m jāpareizina, bet koeficients n jāizdala ar *neizotermiskuma korekcijas koeficientu* K_N .

Kompaktām strūklām

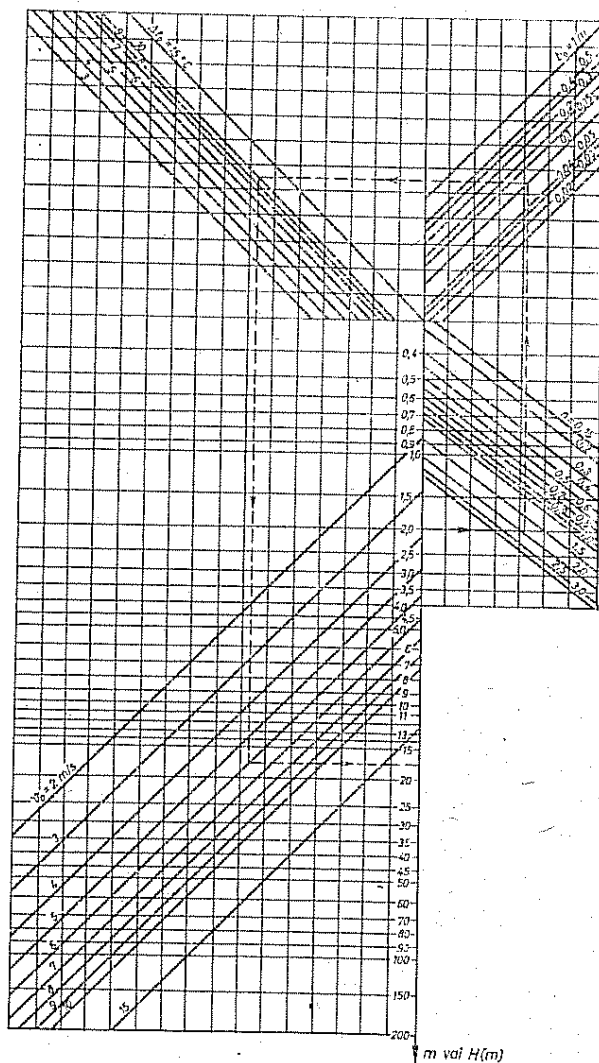
$$K_N = \sqrt[3]{1 - 3 \left(\frac{x}{H}\right)^2}, \quad (8.9)$$

vēdekļveida strūklām

$$K_N = \sqrt[3]{1 - \frac{3}{2} \left(\frac{x}{H}\right)^2}, \quad (8.10)$$



61. zīm. Nomogramma kompakto un vēdekļveida strūkļu ģeometriskā raksturojuma H noteikšanai atkarībā no gaisa sadalītāja atveres laukuma F_0 , sākotnējās temperatūras starpības Δt_0 , gaisa izplūdes ātruma v_0 un koeficientu m un n vērtībām



62. zīm. Nomogramma plakņu strūklu ģeometriskā raksturojuma H noteikšanai atkarībā no gaisa sadalītāja atveres augstuma b_0 , sākuma temperatūru starpības Δt_0 , gaisa izplūdes ātruma v_0 un koeficientu m un n vērtībām

plakanām strūklām

$$K_N = \sqrt[3]{1 - 2 \left(\frac{x}{H} \right)^3} \quad (8.11)$$

Vertikāli uz leju krītošās siltā gaisa strūklās novēro pretēju parādību un korekcijas koeficientu izteiksmēs 8.9, 8.10 un 8.11 mīnusa zīmes vietā jāliek plusa zīme.

Sādas vertikālas strūklas noteiktā *kritiskajā attālumā* X_{kr} no sadalītāja pilnīgi apstājas un izjūk (sk. 60. zīm. i).

Kompaktām strūklām

$$X_{kr} \approx 0,5 H [m]. \quad (8.12)$$

vēdekļveida un plakanām strūklām

$$X_{kr} \approx 0,4 H [m]. \quad (8.13)$$

Horizontālām, kā arī aukstām lejup ejošām un sillām uz augšu ejošām strūklām korekciju neizdara.

Horizontālas strūklas, kas izplūst tuvu griestiem vai grīdai, uzklājas uz šīm virsmām. Veidojas *uzklātas* jeb «pielipušas» *strūklas*, kurās ātrums un temperatūru starpība samazinās lēnāk, jo apkārtējais gaiss ar strūklu sajaucas tikai no vienas puses. Uzklātām strūklām koeficienti m un n formulās 8.4 un 8.5 jāpareizina ar $\sqrt{2}$. Uzklāšanās notiek tad, ja attālums no gaisa sadalītāja atvēruma centra līdz pārsedzei ir

$$h \leq 0,15 h_T, \quad (8.14)$$

kur h_T — telpas augstums (sk. 60. zīm. e).

Ja sadalītājs nav tieši pie pārsedzes, tad strūklas ass izliecas *pārsedzes virzienā* un uzklāšanās notiek attālumā $9\sqrt{hb_0}$ no sadalītāja (sk. 60. zīm. e).

Siltas uz grīdas uzklātas un aukstas uz griestiem uzklātas strūklas noteiktā kritiskajā attālumā no gaisa sadalītāja gravitācijas spēku ietekmē atraujas no pārsedzes virsmas (sk. 60. zīm. e un h). Šo attālumu nosaka pēc formulām 8.12 un 8.13.

Siltas uz griestiem uzklātas un aukstas uz grīdas uzklātas strūklas pārvietojas horizontāli līdz sienai un tālāk uzklājas tai (sk. 60. zīm. d).

Bieži vairāki gaisa sadalītāji tiek novietoti vienādā attālumā viens otram blakus vienā līmenī, piemēram, pieplūdes atvērumi sienā vai horizontālā gaisa vadā. No tiem izplūstošās paralēlās strūklas pamazām saplūst un veido vienu, kurā ātrums un temperatūru starpība samazinās lēnāk, nekā tas noliktu, attīstoties katrai strūklai atsevišķi. Aprēķinot šādas paralēlas plūsmas, koeficienti m un n formulās 8.4 un 8.5 jāpareizina ar strūklu savstarpējās iedarbības korekcijas koeficientu K_{IE} .

Savstarpējā iedarbība sākas attālumā X_{IE} no gaisa sadalītājiem, bet attālumā X'_{IE} visas strūklas pilnīgi saplūst.

$$X_{IE} = \frac{l}{2 \lg \beta_0} \text{ [m]}, \quad (8.15)$$

$$X'_{IE} = 10 \Sigma l \text{ [m]}, \quad (8.16)$$

kur l — attālums starp gaisa sadalītājiem, m;
 β_0 — strūklas izklaides leņķis;
 Σl — attālums starp malējiem gaisa sadalītājiem, m.

Posmā no X_{IE} līdz X'_{IE} koeficienta vērtības izvēlas pēc 8.2. un 8.3. tabulas, bet attālumā $X \geq X'_{IE}$

$$K_{IE} = \sqrt{N}, \quad (8.17)$$

kur N — kopējais gaisa sadalītāju skaits.

Strūkla attīstās brīvi tikmēr, kamēr tās šķērsgriezums neaizņem apmēram 25% telpas šķērsgriezuma. Pēc pirmā

8.2. tabula

Strūklu savstarpējās iedarbības korekcijas koeficients K_{IE} kompakām un plakanām strūklām

N	l/X						
	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14
2	1,4	1,4	1,35	1,3	1,2	1,15	1,1
3	1,7	1,65	1,55	1,4	1,3	1,2	1,15
4	1,95	1,8	1,6	1,45	"	"	"
5	2,15	1,9	1,65	"	"	"	"
6	2,3	1,95	1,7	"	"	"	"
7	2,45	2,0	"	"	"	"	"
8	2,55	2,05	"	"	"	"	"
9	2,65	"	"	"	"	"	"
10	2,7	"	"	"	"	"	"
12	2,8	"	"	"	"	"	"
>12	2,95	"	"	"	"	"	"

8.3. tabula

Strūklu savstarpējās iedarbības korekcijas koeficients K_{IE} daļēja vādekveida strūklām

l/X	≤ 0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
K_{IE}	1,41	1,4	1,36	1,28	1,22	1,18	1,15

kritiskā šķērsgriezuma, kas atrodas attālumā X'_s no gaisa sadalītāja, strūklu sauc par *saspiestu*, samazinās tās izklaides leņķis. Saspiestas strūklas ātrums samazinās straujāk nekā brīvās strūklas ātrums. Pēc tam kad strūkla attālumā X''_s ir aizņēmusi apmēram 40% telpas šķērsgriezuma, t. i., pēc *otrā kritiskā šķērsgriezuma*, izklaides leņķis un ātrums strauji samazinās, kamēr gaisa strūkla pilnīgi izzūd. Strūklas kopējo garumu sauc par tās *tālpilsumu* X_{tal} m (sk. 60. zīm. b).

Neuzklātām kompakām strūklām

$$X'_s = 1,5 \sqrt{F_T} \text{ [m]}, \quad X''_s = 3,2 \sqrt{F_T} \text{ [m]}, \quad X_{tal} = 4,5 \sqrt{F_T} \text{ [m]}, \quad (8.18)$$

uzklātām kompakām strūklām

$$X'_s = 1,5 \sqrt{2F_T} \text{ [m]}, \quad X''_s = 3,2 \sqrt{2F_T} \text{ [m]}, \quad X_{tal} = 4,5 \sqrt{2F_T} \text{ [m]}, \quad (8.19)$$

plakanām uzklātām strūklām (ja $x < 6l_0$)

$$X'_s = h_T \text{ [m]}, \quad X''_s = 2,9 h_T \text{ [m]}, \quad X_{tal} = 5,5 h_T \text{ [m]}, \quad (8.20)$$

neuzklātām daļēja vādekveida strūklām

$$X'_s = a_1 \sqrt{F_T} \text{ [m]}, \quad X''_s = a_2 \sqrt{F_T} \text{ [m]}, \quad X_{tal} = a_3 \sqrt{F_T} \text{ [m]}, \quad (8.21)$$

uzklātām daļējām vādekveida strūklām

$$X'_s = a_1 \sqrt{2F_T} \text{ [m]}, \quad X''_s = a_2 \sqrt{2F_T} \text{ [m]}, \quad X_{tal} = a_3 \sqrt{2F_T} \text{ [m]}, \quad (8.22)$$

kur a_1 , a_2 un a_3 vērtības ir atkarīgas no strūklas izklaides leņķa β_0 :

β_0	45°	60°	90°
a_1	0,75	1,3	3,2
a_2	0,55	1,1	3
a_3	0,35	0,75	2,8

Strūklas saspiešanas korekcijas koeficients K_s horizontālām strūklām

Strūklas forma	$\frac{x}{\sqrt{F_T}}$ (neuzklātām kompaktām un vēdekļveida strūklām)										
	$\frac{x}{\sqrt{2F_T}}$ (uzklātām kompaktām un vēdekļveida strūklām)										
	$\frac{x}{l_T}$ (plakanām uzklātām strūklām)										
	0,35	0,55	0,75	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
Kompakta	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,85	0,75	0,65	0,5	0,3	0,1
Plakana	1,0	1,0	1,0	0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6	0,55
Vēdekļveida $\beta_0=45^\circ$	1,0	1,0	0,9	0,85	0,7	0,55	0,4	0,25	0,15	—	—
Vēdekļveida $\beta_0=60^\circ$	1,0	0,9	0,85	0,8	0,6	0,45	0,3	0,2	—	—	—
Vēdekļveida $\beta_0=90^\circ$	0,9	0,85	0,8	0,7	0,55	0,4	0,25	0,15	—	—	—

Pretim saspiešai strūklai pa telpas šķērsgriezuma daļu, kuru neaizņem strūkla, vienmēr virzās *pretplūsma*. To novēro arī tad, kad pretējā sienā atrodas noplūdes atvērumi. Tas izskaidrojams ar to, ka strūkla izplešas, ežektējot apkārtējo gaisu. Pretplūsmas ātrums sasniedz maksimālo vērtību otrajā kritiskajā šķērsgriezumā, kurā strūklas laukums ir vislielākais. Tādēļ attālumā X'_s līdz X''_s strūklas ātrumu nosaka pēc formulām 8.4 un 8.5, pareizinot koeficientu m ar strūklas *saspiešanas korekcijas koeficientu* K_s (8.4. un 8.5. tab.), bet attālumā X''_s līdz X_{tai} — pēc formulām 8.4 un 8.5, bez koeficienta m korekcijas, aizstājot v_0 ar v'_0 un ņemot vērā, ka gaiss kustas pretējā virzienā.

8.5. tabula

Strūklas saspiešanas korekcijas koeficients K_s vertikālām strūklām

$\frac{x}{F_T}$	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,0
K_s	0,85	0,75	0,65	0,55	0,4	0,35

Kompaktām strūklām

$$v'_0 = v_0 \frac{x}{10,5\sqrt{F_T}} \text{ [m/s]}, \quad (8.23)$$

plakanām strūklām, ja $X < 6l_0$

$$v'_0 = v_0 \frac{\sqrt{x}}{3,4\sqrt{h_T}} \text{ [m/s]}, \quad (8.24)$$

daļēja vēdekļveida strūklām

$$v'_0 = v_0 \frac{x}{a_4\sqrt{F_T}}, \text{ m/s}, \quad (8.25)$$

kur a_4 vērtība ir atkarīga no strūklas izkļādes leņķa β_0 :

β_0	45°	60°	90°
a_4	3,5	2,9	2

Rēķinot pretplūsmas ātrumu pēc formulām 8.23, 8.24 un 8.25, secinām, ka tas paliek nemainīgs visā attālumā X''_s

līdz X_{tal} . Faktiski tas, strūklai sarūkot un atbrīvojot vietu pretplūsmai, nedaudz samazinās, un aprēķins šajā gadījumā dod zināmu drošības rezervi.

Vēdekļveida strūklas uzskata par saspiešām jau no to izplūšanas vietas, un formulā 8.4 koeficientu m vienmēr reizina ar korekcijas koeficientu K_s (8.6. tab.).

8.6. tabula

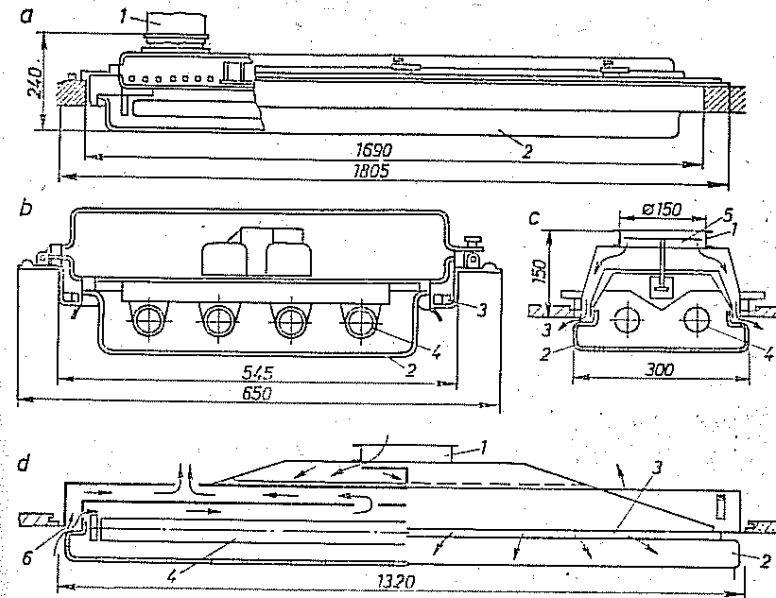
Strūklas saspiešanas korekcijas koeficients K_s
vēdekļveida strūklām

$\frac{1}{2X}$	$x\sqrt{F_T}$				
	5	10	15	25	50
0,5	1,0	0,8	0,71	0,66	0,62
0,6	0,98	0,71	0,63	0,59	0,56
0,8	0,83	0,6	0,53	0,5	0,47
1,0	0,74	0,53	0,48	0,44	0,42
1,2	0,68	0,49	0,44	0,4	0,38
1,5	0,61	0,45	0,39	0,37	0,35

Pieplūdes gaisu var ievadīt telpā arī caur *ventilējamiem gaismas ķermeņiem*, tā ekonomējot siltumu, kas būtu jāpatērē sekundārajā kaloriferā, un, pateicoties lampu dzesēšanai, palielinot apgaismojumu par 25%. Rīgas apgaismes tehnikas rūpnīca ražo divu tipu ventilējamus gaismas ķermeņus: BJIK ar 4 lampām, 80 W katra, kas paredzēti uzstādīšanai rūpnīcās ar tehniskajiem bēniņiem, un BJIKH ar 2 lampām, 40 W katra — piemēroti sabiedriskajām ēkām, kurās nav tehnisko bēniņu un tādēļ gaismas ķermeni jāapkalpo no apakšas (63. zīm. un 8.1. tab.).

No spraugām gaismas ķermeņu sānos izplūst ļoti plānas plakānas gaisa strūklas 67° leņķī attiecībā pret grīdu. Pieplūdes gaiss uztver no 24 līdz 90% lampu izdalītā siltuma, ja tā sākuma temperatūra ir 40° līdz 15°C.

Caur vienu BJIK tipa gaismas ķermeni var ievadīt līdz 0,56 m³/s pieplūdes gaisa, bet caur vienu BJIKH tipa gaismas ķermeni — līdz 0,09 m³/s pieplūdes gaisa. BJIK tipa gaismas ķermeni var izmantot arī noplūdes gaisa izvadišanai. Vietējās pretestības koeficients tad ir $\zeta=3,5$ un ar noplūdes gaisu aiznes 65 līdz 78% lampu izdalītā siltuma.



63. zīm. Ventilējami gaismas ķermeņi:

a — tips BJIK-4x80 — garengriezums; b — tas pats — šķērsriezums; c — tips BJIKH-2x40 — šķērsriezums; d — tas pats — garengriezums;
1 — pievienošanas uzgalis; 2 — gaismas izkliedētājs; 3 — gaisa izplūdes spraugas; 4 — spuldzes; 5 — gaisa plūsmu regulēšanas vārsts; 6 — gaisa noplūdes sprauga

BJIKH tipa gaismas ķermenis var strādāt reizē ar pieplūdi un noplūdi tad, kad virs viņa ir tehniskie bēniņi un tajos rada retinājumu; noplūdušā gaisa daudzums $L=0,008\sqrt{\Delta H}$, m³/s, kur ΔH — retinājums, N/m².

Gadījumos, kad tuvu darba zonai jāievada pieplūdes gaiss ar zemu temperatūru, lieto gaisa sadalītājus, kas veido savērptu strūklu, kurā jau nelielā attālumā no izplūdes krasi samazinās ātrums un temperatūru starpība. Strūklas izklaides leņķis $\beta_0=160^\circ$. Koeficientu m un n vērtības nav pastāvīgas, bet, attālinoties no sadalītāja, tās strauji samazinās (8.1. tab.), tāpēc savērptu strūklu tālplūsma ir ļoti niecīga. Aprēķinos savērptu strūklu savstarpējo iedarbību un saspiešanu var neņemt vērā. Strūklas savērpsšanai jāpatērē papildu enerģija, un šo gaisa sadalītāju vietējās pretestības koeficienti ir ļoti lieli.

8.3. TROKŠŅU SLĀPĒSANA

Galvenais trokšņa avots, darbojoties gaisa kondicionēšanas sistēmai, ir ventilators. Tā radītais troksnis nonāk telpā tieši no kondicionētāju kameras pa gaisu, kas plūst pieplūdes un noplūdes gaisa vados, vai vibrāciju veidā pa ēkas konstrukcijām, cauruļu un gaisa vadu sienām. Jāatzīmē, ka pilnīgi likvidēt troksni, kas rodas, ekspluatējot gaisa kondicionēšanas sistēmas, ir ļoti grūti; var tikai to vairāk vai mazāk samazināt.

Pieļaujamais trokšņa līmenis telpās ir normēts atsevišķi 8 dažādām skaņu frekvencēm, kuras atbilst dzirdamo skaņu 8 oktāvām (8.7. tab.).

Ventilatora radīto troksni var aprēķināt, arī atsevišķi

8.7. tabula

Normētais trokšņa līmenis dažādās telpās, dB

Telpas raksturojums	Skaņas frekvence, Hz							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Slimnīcas, sanatorijas, bibliotēkas, skatītāju zāles, teātri, klubi, kinozāles, koncertzāles	55	44	35	29	25	22	20	18
Dzīvojamās istabas, klases skolās, audītoriais, konferenču zāles, poliklīnikas, guļamistabas bērnudārzos	60	48	40	34	30	27	25	23
Viesnīcas, kopmītnes	63	52	45	39	35	32	30	28
Kabineti iestādēs, konstruktoru biroji, laboratorijas, skaitļošanas centri	67	57	49	44	40	37	35	33
Kafejnīcas, restorāni, teātru vestibili un foajē, telefonu un radiomezgli, vadības pultis	71	61	54	49	45	42	40	38
Pašapkalpošanās ēdnīcas, kancēru telpas, kur raksta uz mašīnas, strādā ar aritmometriem, rūpnīcas ar kļu tehnoloģiju	75	66	59	54	50	47	45	44
Rūpniecību telpas, kurās strādājošiem nav nepieciešams sarunāties	79	70	63	58	55	52	50	49
Rūpniecību telpas, kurās ir trokšņi, saistīti ar tehnoloģisko procesu	87	79	72	68	65	63	61	59
Maksimāli pieļaujamais troksnis rūpniecību telpās	95	87	82	78	75	73	71	69

Dzīvojamām ēkām, viesnīcām, sanatorijām, slimnīcām un bērnudārzos normētais trokšņa līmenis nakti no 22.00 līdz 6.00 ir par 10 dB zemāks.

katrai no 8 normās uzrādītajām skaņu frekvencēm pēc formulas

$$Tr_v = A + 10 \lg L + 25 \lg \frac{P}{9.8} + \delta - Tr_0 \text{ [dB]}, \quad (8.26)$$

kur A — paslāvīgs troksnis, ko rada dotā tipa ventilators, darbojoties tukšgaitā pie maksimālā griešanās ātruma un ar maksimālu lietderības koeficientu, dB (8.8. tab.);

L — ventilatora ražīgums, m³/s;

P — ventilatora attīstītais spiediens, N/m²;

δ — papildu troksnis, kas rodas, ja ventilatora lietderības koeficients ir zemāks par maksimāli iespējamo; pie atkāpes līdz 10% no maksimālā $\delta=0$, no 10–20% — $\delta=2$ dB, vairāk par 20% — $\delta=4$ dB;

Tr_0 — trokšņa korekcija pie faktiskā griešanās ātruma, dB (8.9. tab.).

8.9. tabula

Ventilatoru radītais troksnis, dB

Ventilatora puse	Aksiālie ventilatori		Centrbēdzes ventilatori					
	ML	05-320, 113-04	K113-9, K114-84B	BB4	119-55 119-57 1112-90	1113-50	1116-46	114-70 114-76 114-100/2
Iesūkšana	46	44	48	40	43,5	40	39	38
Izplūde	46	44	52	48	47,5	44,5	43	41

8.9. tabula

Trokšņa korekcija pie faktiskā ventilatora griešanās ātruma, dB

Ventilatora tips	Griešanās ātrums		Skaņas frekvence, Hz							
	rad/s	apgr/min	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Centrbēdzes	19÷37	180÷350	6	9	13	17	21	26	30	36
	37÷73	350÷700	3	6	9	13	17	21	26	31
	73÷147	700÷1400	11	6	6	9	13	17	21	26
	147÷293	1400÷2800	15	11	6	6	9	13	17	21
Aksiālie	103	960	13	8	9	5	7	10	16	23
	147	1400	18	13	8	9	5	7	10	16

Ja paralēli uzstādīti vairāki ventilatori, kas rada vienādu troksni, tad kopējais troksnis

$$\Sigma Tr = Tr_v + 10 \lg N, \quad (8.27)$$

kur N — ventilatoru skaits.

Ja divu paralēli uzstādītu ventilatoru troksnis ir dažāds, tad

$$\Sigma Tr = Tr_{V_1} + \Delta Tr, \quad (8.28)$$

kur Tr_{V_1} — lielākais troksnis, dB;

ΔTr — korekcija, kas atkarīga no trokšņa starpības ($Tr_{V_1} - Tr_{V_2}$), dB:

$Tr_{V_1} - Tr_{V_2}$	0	1	2	4	6	9	>9
ΔTr	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0

No formulas (8.28) var secināt, ka otra ventilatora uzstādīšana praktiski nemaina kopējo troksni, ja tā radītais troksnis ir par 9 dB mazāks.

Ventilatoru radīto troksni daļēji slāpē gaisa vadu sienas, veidgabali, pieplūdes gaisa sadalītāji un pati telpa. Aprēķinos jāizseko trokšņa noietais ceļš no ventilatora līdz telpai, visu šo trokšņa zudumu summa jāatņem no Tr_V (vai ΣTr). Ja izrādās, ka iegūtā starpība ir vienāda vai mazāka par normēto troksni (8.7. tab.) visām 8 frekvencēm, tad nekāda speciāla trokšņu slāpēšana nav nepieciešama. Pretējā gadījumā gaisa vados starp ventilatoru un telpu jāuzstāda trokšņa slāpētāji.

Visus akustiskos aprēķinus izdara ar precizitāti līdz 0,5 dB, noapaļojot rezultātus līdz veselam skaitlim.

Jāatceras, ka troksnis izplatās pa gaisa vadiem neatkarīgi no gaisa kustības virziena.

8.10. tabula

Taisna gaisa vada troksni slāpējošais efekts, dB uz viena diametra garumu

Gaisa vada materiāls	Skaņas frekvence							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Betons, kiegeli, azbocements	0,04	0,09	0,11	0,15	0,18	0,22	0,27	0,32
Skārds	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05

8.11. tabula

Telpas akustiskā konstante B_{1000} , m² atkarībā no telpas kubatūras V , ja skaņas frekvence 1000 Hz

Telpas raksturojums	V , m ³							
	50	100	200	400	800	2000	5000	10 000
Bez mēbelēm	3	6	11	23	45	90	200	400
Ar cietām mēbelēm	6	11	23	45	80	180	400	850
Ar mīkstām mēbelēm vai ar troksni slāpējošu materiālu klātiem gries-tiem	12	20	40	75	150	300	800	1600
Ar troksni slāpējošu materiālu klātiem gries-tiem un sienām	45	70	150	280	550	1200	2800	6200

Gaisa vadu troksni slāpējošais efekts ir atkarīgs no to materiāla (8.10. tab.).

Gaisa vadu veidgabalu un pieplūdes gaisa sadalītāju trokšņa slāpēšanas efektivitāte ir atkarīga no gaisa vada šķēsgriezuma laukuma F , un to nosaka grafiski (64. un 65. zīm.).

Telpās noslāpētā trokšņa daļa ΔTr_T ir atkarīga no telpas kubatūras V , m³, un visu telpā esošo pieplūdes sadalītāju un noplūdes atvērumu laukumu summas ΣF_a , m²:

$$\Delta Tr_T = 10 \lg \frac{B}{\Sigma F_a}, \quad (8.29)$$

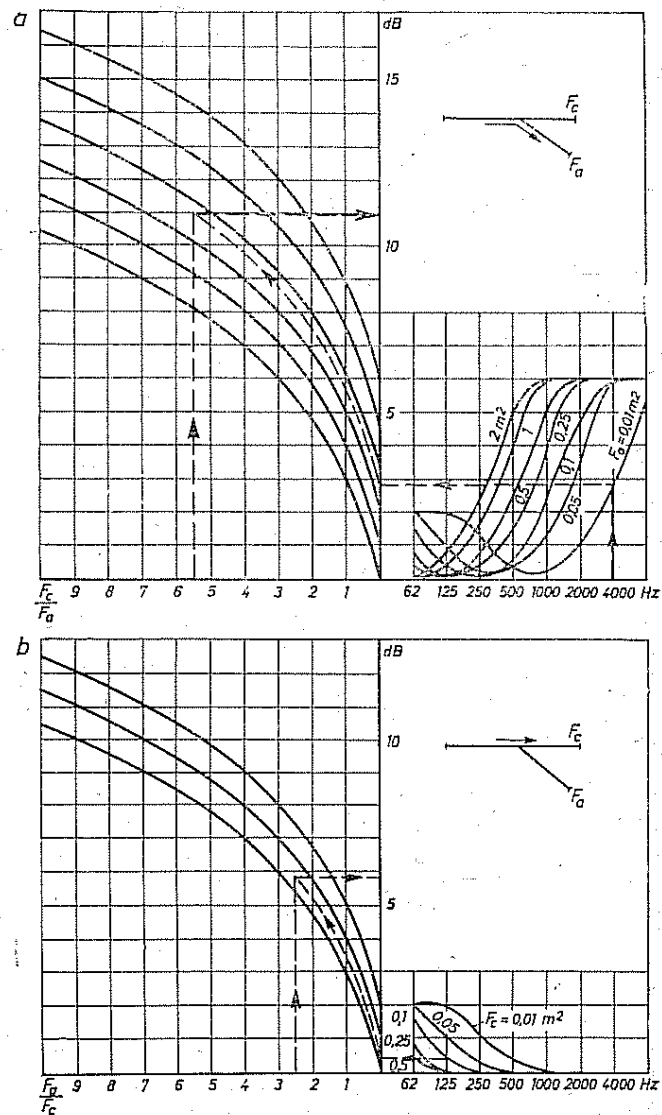
kur B — telpas akustiskā konstante, m²,

$$B = \mu B_{1000} [m^2], \quad (8.30)$$

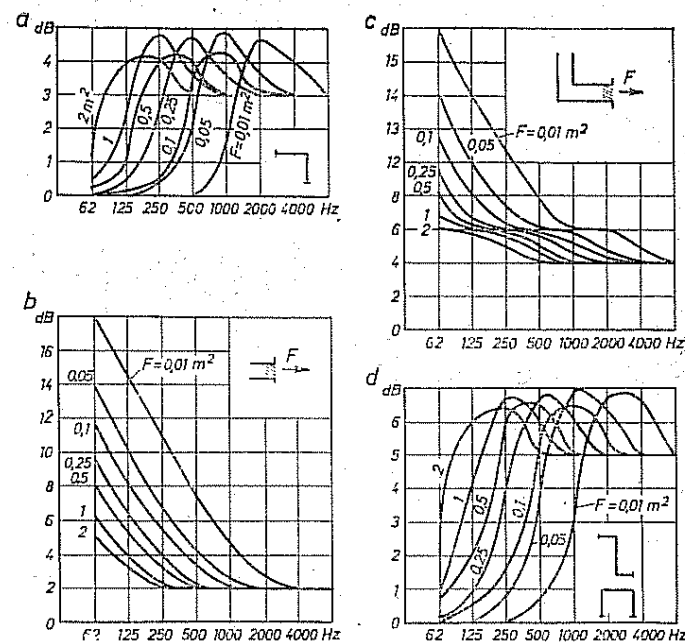
kur B_{1000} — telpas akustiskā konstante, ja skaņas frekvence 1000 Hz (8.11. tab.);

μ — korekcijas koeficients dotajai frekvencei:

Frekvence, Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
pie $V \leq 200$	0,8	0,75	0,7	0,8	1	1,4	1,8	2,5
pie $200 < V < 500$	0,65	0,62	0,64	0,75	1	1,5	2,4	4,2
pie $V \geq 500$	0,5	0,5	0,55	0,7	1	1,6	3	6



64. zīm. Nomogramma gaisa vadu sazarojumu noslāpētā trokšņa, dB noteikšanai atkarībā no gaisa vada šķēsgriezuma laukuma F_c vai F_a .



65. zīm. Nomogramma gaisa vadu pagriezienu un pieplūdes restišu noslāpētā trokšņa, dB noteikšanai atkarībā no gaisa vada šķēsgriezuma laukuma F .

Visvienkāršākais trokšņa slāpētājs ir gaisa vads, kura sienas izoderētas ar slāpējoša materiāla slāni. Tā slāpētais troksnis

$$\Delta Tr_s = 1,1 \frac{Sl}{F} \alpha + \frac{\alpha^2}{2,7} [\text{dB}], \quad (8.31)$$

kur l — gaisa vada garums, m;
 F — gaisa vada šķēsgriezuma laukums, m^2 ;
 S — gaisa vada iekšējais perimetrs, m;
 α — materiāla trokšņa slāpēšanas koeficients (8.12. tab.).

Kā redzam no formulas (8.31), slāpējošais efekts ir proporcionāls attiecībai S/F , tādēļ trokšņa slāpētājos gaisa

8.12. tabula

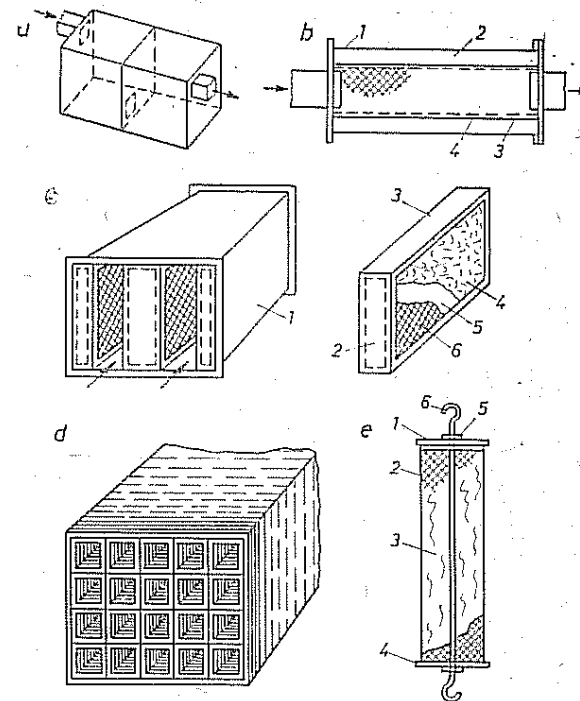
Troksņa slāpēšanas koeficients α biežāk lietotiem materiāliem

Nr. p. k.	Materiāls	Skņas frekvence, Hz							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1.	Ar stikla šķiedras audumu pārklāts 100 mm biezs supersmalkās stikla šķiedras slānis vai matračī no ultrasmalkām bazalta šķiedrām	0,2	0,47	1	1	1	1	1	1
2.	Tas pats, 50 mm biezs slānis	0,05	0,12	0,5	1	1	0,95	0,9	0,8
3.	Kaprona šķiedras atkritumi 100 mm biežā slānī	0,23	0,48	0,72	0,89	0,97	0,98	0,98	0,9
4.	Tas pats, 50 mm biežā slānī	0,02	0,15	0,46	0,82	0,92	0,93	0,93	0,9
5.	Minerālvate 100 mm biežā slānī	—	0,43	0,53	0,59	0,69	0,7	—	—
6.	Izdedžu vate 30 mm biežā slānī	—	0,52	0,45	0,59	0,84	0,8	—	—
7.	Stikla vate 40 mm biežā slānī	—	0,33	0,3	0,49	0,63	0,78	—	—
8.	Azbosilikāta plāksnes	—	0,4	0,6	0,8	0,83	0,82	0,76	—
9.	Akustiskais apmetums (ar pēzmas piejaukumu)	—	0,22	0,27	0,31	0,31	0,33	0,4	—
10.	Celtniecības voiloks 25 mm biežā slānī	—	0,15	0,22	0,54	0,63	0,57	0,52	—

Par neizpildītajām α vērtībām trūkst zīņu.

vada iekšējo virsmu ar dažādiem paņēmieniem paplašina (66. zīm.).

Troksņa slāpēšanas kamerās gaisa ieplūdes un noplūdes atvērumus novieto pa diagonāli un troksni slāpē visa kameras iekšējā virsma.



66. zīm. Troksņu slāpētāji:

- a — troksņu slāpēšanas kamera;
b — cauruļveida troksņu slāpētājs: 1 — apvalks; 2 — troksni slāpējošs materiāls; 3 — audums; 4 — siets;
c — plāksnveida troksņu slāpētāji: 1 — apvalks; 2 — vāks; 3 — korpus; 4 — troksni slāpējošs materiāls; 5 — audums; 6 — siets;
d — šūnveida troksņu slāpētāji;
e — cilindriskais troksņu slāpētājs: 1 — vāks; 2 — siets; 3 — troksni slāpējošs materiāls; 4 — pie sieta piemetināts vai pielodēts dībens; 5 — slēdzis vāka nostiprināšanai; 6 — āķis

Cauruļveida slāpētājus ievieto gaisa vados ar šķērsriezuma laukumu līdz 0,5 m², plāksņu un šūnu slāpētājus — gaisa vados ar šķērsriezuma laukumu no 0,5 līdz 4 m², bet cilindriskos slāpētājus iekar gaisa plūsmas kanālos, kuru šķērsriezuma laukums lielāks par 4 m².

Lai troksnis neizplatītos vibrāciju ceļā, ventilatorus uzstāda uz atsperu vai gumijas vibroizolatoriem un pievieno kondicionētājam un gaisa vadiem ar elastīgu starp-

liku. Dažkārt ir nepieciešams izolēt kondicionētāju kameru, noklājot tās sienas ar akustisko apmetumu.

Ja gaisa kustības ātrums ir pārāk liels, troksnis var rasties arī gaisa vados, pieplūdes gaisa sadalītājos, no-
plūdes gaisa atvērumos un pašā trokšņa slāpētājā.

Gaisa kondicionēšanas sistēmās, kas uzstādītas telpās ar normēto trokšņa līmeni līdz 45 dB (pie 1000 Hz), plūsmas ātrums gaisa vados aiz trokšņa slāpētāja nedrīkst pārsniegt 6 m/s maģistrālēs un 4 m/s atzarojumos.

Telpās ar normēto trokšņa līmeni līdz 45 dB (pie 1000 Hz) ātrums pieplūdes gaisa sadalītājos jāizvēlas tā, lai to radītais troksnis Tr_p nepārsniegtu normēto.

$$Tr_p = A + 60 \lg 1,5v_0 + 30 \lg \zeta - \delta - \Delta Tr_T, \text{ dB}, \quad (8.32)$$

kur A — pastāvīgs troksnis, ko rada dotā tipa sadalītājs, dB (8.1. tab.);

v_0 — gaisa izplūdes ātrums, m/s;

ζ — sadalītāja vietējās pretestības koeficients (8.1. tab.);

δ — korekcija attālumam no darba zonas; ja sadalītājs ir ārpus darba zonas (augstāk par 2 m no grīdas), tad $\delta = 3$ dB;

Tr_T — telpas slāpētais troksnis, ko nosaka pēc formulas 8.29.

Pieļaujamo ātrumu pārbauda tikai pie vienas skaņas frekvences: sadalītājiem, kam $A=1$ un $A=3$, — pie 2000 Hz, sadalītājiem, kam $A=8$, — pie 500 Hz, sadalītājiem, kam $A=17$, — pie 250 Hz.

9. GAISA KONDICIONĒŠANAS SISTĒMU AUTOMĀTISKĀ REGULĒŠANA

Gaisa kondicionēšanas sistēmu automātiskās regulēšanas (jeb vadības) un kontroles iekārtas nodrošina:

nemainīgas gaisa temperatūras un relatīvā mitruma uzturēšanu telpas darba zonā;

nemainīga pārspiediena uzturēšanu telpās ar kondicionētu gaisu;

gaisa, siltuma nesēja vai aukstuma nesēja nemainīgas temperatūras uzturēšanu aiz siltuma apmaiņas aparātiem;

atsevišķu gaisa kondicionēšanas sistēmas elementu sa-
skaņotu darbību atkarībā no āra gaisa parametru un telpā izdalītā siltuma un mitruma daudzuma izmaiņām;

nemainīgu spiedienu vai spiedienu starpību siltuma nesēja vai aukstuma nesēja cauruļvados, kā arī divkanālu sistēmu un mainīga ražīguma vienkanāla sistēmu gaisa vados;

saldēšanas mašīnu ieslēgšanu un izslēgšanu atkarībā no gaisa kondicionēšanas sistēmu aukstuma patēriņa izmaiņām;

primārā kalorifera aizsargāšanu pret aizsalšanu;

ar āra gaisu savienozošu vārstu noslēgšanu, ventilatoram apstājoties;

rezerves agregātu ieslēgšanu avārijas gadījumos;

gaismas un skaņas signalizāciju par nepieļaujamām atkāpēm no uzdotajiem gaisa parametriem telpas darba zonā, kā arī par traucējumiem atsevišķu sistēmas elementu darbībā;

gaisa, siltuma nesēja un aukstuma nesēja parametru vizuālas kontroles iespēju raksturīgākajos sistēmas punktos;

nepārtrauktu gaisa parametru registrēšanu svarīgākajos sistēmas punktos.

Autonomos kondicionētājus un neautonomos bloku kondicionētājus ar automātiskās regulēšanas un kontroles

iekārtām komplektē tieši kondicionētāju būves rūpnīcās. Neautonomos sekciju kondicionētājus piegādā pasūtītājiem bez automātiskās regulēšanas un kontroles iekārtām; tās projektē individuāli katrai gaisa kondicionēšanas sistēmai, izmantojot tipveida risinājumus. Pašreiz mūsu valsts projektēšanas organizācijas lieto tipveida risinājumus, kurus izstrādājis Latvijas valsts rūpniecības ēku projektēšanas institūts «Latgiproprom» kopā ar institūta «Santehprojekt» Maskavas nodaļu.

Gaisa kondicionēšanas sistēmās lieto automātiskās regulēšanas iekārtas, kuras darbojas pēc pozīciju, astatiska, proporcionāla vai izodroma regulēšanas principa. Regulēšanas principa un konkrētā iekārtu tipa izvēle ir apskatīta speciālajā literatūrā [6, 19, 37, 38]. Šeit apstāsimies tikai pie dažiem no praktiskā viedokļa svarīgākajiem momentiem.

9.1. REGULĒJOŠO ELEMENTU IZVĒLE

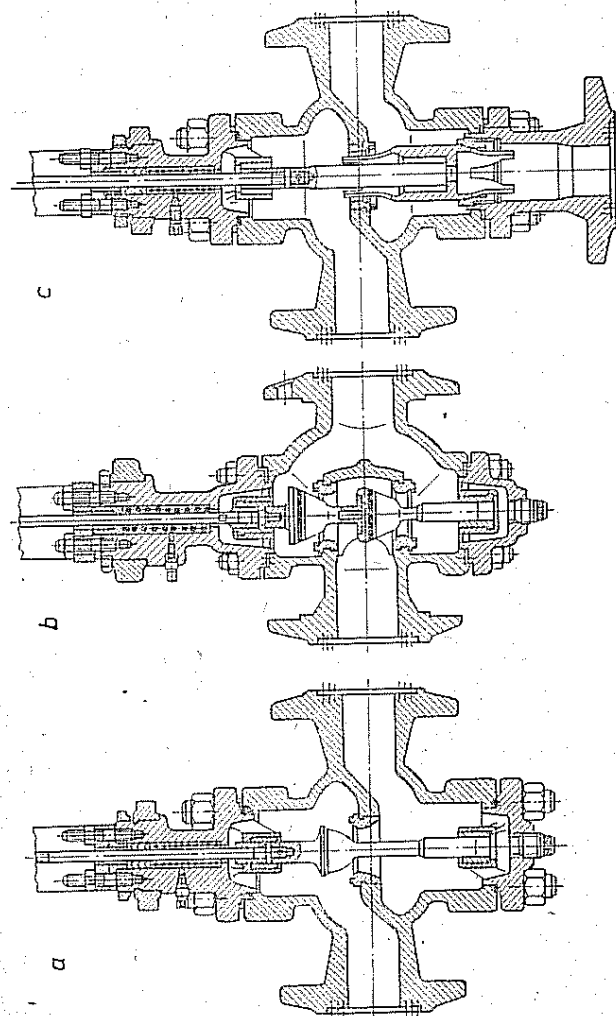
Gaisa plūsmas regulēšanas vārstus izgatavo kondicionētāju rūpnīcās. Atsevišķi tos ražo arī Ventspils ventilatoru rūpnīca. Vārstu izmēri sakrīt ar standartizēto vadu izmēriem.

Nepieciešamo diametru vārstiem, ko lieto šķidruma (siltuma nesēja vai aukstuma nesēja) *plūsmas regulēšanā*, nosaka ar īpašiem aprēķiniem, un tas parasti ir mazāks par cauruļvada diametru.

Gaisa kondicionēšanas sistēmās lieto noslēdzošos caurplūdes, regulējošos caurplūdes un trijvadu automātiskās darbības vārstus.

Noslēdzošu caurplūdes vārstu (67. zīm. a) cauruļvadā iemontē tā, lai noslēgtā stāvoklī šķidrums spiestu uz gremdvirzuli no augšas. Rezultātā panāk blīvu vārsta noslēgšanos, bet, lai to atvērtu, ir vajadzīga zināma piepūle. Noslēdzošie caurplūdes vārsti ir maz piemēroti šķidruma plūsmas regulēšanai, un tos lieto mazu siltumapmaiņas aparātu nemainīga režģuma uzturēšanai tādēļ, ka tie ir vienīgie pašreiz ražotie vārsti ar nelielu šķidruma caurlaides spēju.

Regulējošiem caurplūdes vārstiem (67. zīm. b) ir divi gremdvirzuli, un noslēgtā stāvoklī šķidrums uz tiem izdara vienādi lielu spiedienu. Bez īpašas piepūles pārvietojot gremdvirzuļa kātu, var ļoti vienmērīgi pēc vajadzības



67. zīm. Automātiskās darbības vārsti:
a — caurplūdi noslēdzošs vārsts; b — caurplūdi regulējošs vārsts; c — trijvadu regulējošs vārsts

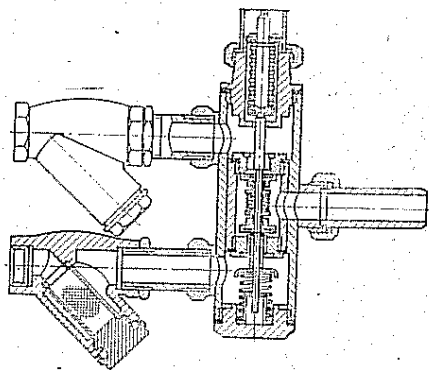
mainīt šķidruma caurplūdi, bet vārstu nevar blīvi noslēgt (neregulējamā caurplūde — 0,03 līdz 3% no maksimālās).

Regulējošā trijvadu vārsta (67. zīm. c) uzdevums ir pa diviem cauruļvadiem pienākošu dažādas temperatūras šķidrumu sajaukšana vajadzīgajā attiecībā. Gremdvirzulis ir tukšs vidus, un tā sienā ir izgriezti profilēti logi, kuri pakāpeniski atveras vai aizveras, pārvietojot gremdvirzuļa kātu. Augšējie un apakšējie logi var būt vienāda vai dažāda lieluma. Vienādus logus lieto tad, kad abos sajaucamo šķidrumu cauruļvados spiediens ir aptuveni vienāds; ja spiedienu starpība liela, apakšējo logu izmērus samazina un caur tiem ievada šķidrumu ar augstāku spiedienu.

Trijcauruļu siltumapgādes un aukstumapgādes sistēmās lieto *nejaucošos trijvadu vārstus* (68. zīm.). Tie būtībā sastāv no diviem caurplūdes vārstiem, kuri vienlaikus nevar darboties — augšējais laiž cauri tikai auksto ūdeni, bet apakšējais — tikai karsto.

No gremdvirzuļa un logu formas ir atkarīgs regulējošā vārsta *caurplūdes raksturojums* — šķidruma caurplūde $\bar{g}$ (daļās no maksimālās iespējamās caurplūdes) atkarībā no gremdvirzuļa pacēluma $\bar{h}$ virs sedliem (daļās no maksimālā iespējamā pacēluma).

Ideālo caurplūdes raksturojumu iegūst, ja spiediens pirms vārsta un spiedienu starpība pirms un pēc vārsta ir nemainīgi neatkarīgi no gremdvirzuļa pacēluma. Reālos apstākļos pirms un aiz vārsta vienmēr ir cauruļvadi, ku-



68. zīm. Nejaucošs trijvadu regulējošs vārsts

ros spiediens atkarīgs no izplūstošā šķidruma daudzuma. Tādēļ vārsta *darba caurplūdes raksturojums* atšķiras no ideālā caurplūdes raksturojuma un to sauc par *sagrozījuma pakāpi*

$$S = \frac{P_r \cdot p}{P_v} \quad (9.1)$$

kur P_v — regulējošā vārsta hidrauliskā pretestība, ja vārsts pilnīgi atvērts, bar;

$P_r \cdot p$ — regulējamā posma hidrauliskā pretestība pie maksimāli iespējamās caurplūdes (kad vārsts ir pilnīgi atvērts, bar).

Par *regulējamo posmu* sauc cauruļvadu sistēmas posmu, kurā plūstošā šķidruma daudzums ir atkarīgs no regulējošā vārsta atvēruma. Lai nodrošinātu kvalitatīvu vārsta darbību (regulējamo parametru svārstības ne lielākas par $\pm 15\%$), spiedienam P_1 regulējamā posma sākumā un spiedienam P_2 regulējamā posma beigās jābūt nemainīgam.

Pie $S=1$ regulējošā vārsta caurplūdes raksturojums ir ideāls, bet, S vērtībai samazinoties, tas ļoti izmainās (69. zīm.).

Izgatavo vārstus ar lineāru $\bar{g}=\bar{h}$, logaritmisku $\bar{g}=e^{\bar{h}}$ un proporcionālu raksturojumu $\bar{g}=\bar{h}^2$.

Lai izvēlētos vārsta tipu un diametru, jānosaka tā nepieciešamā *caurplūdes spēja*

$$K_v \max = 1,1 \frac{0,113 \cdot G_{\max}}{\psi \sqrt{\Delta P_v \gamma}} \quad [t/h], \quad (9.2)$$

kur $G_{\max}$ — maksimālā nepieciešamā caurplūde, kg/s;

γ — šķidruma blīvums, kg/m³;

ψ — korekcijas koeficients, ko ietekmē šķidruma viskozitāte; ūdenim un vājiem sāls šķīdumiem $\psi=1$;

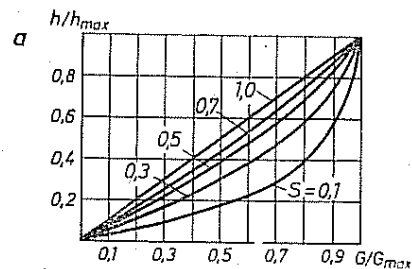
1,1 — drošības koeficients;

0,113 — korekcijas koeficients pārejai no SI sistēmas uz veco mērvienību sistēmu, kurā rūpnīcu katalogos uzrādītas K_v vērtības.

Vārstu izvēlas šādā secībā:

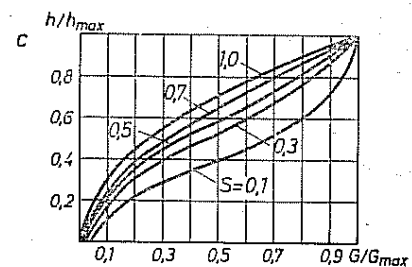
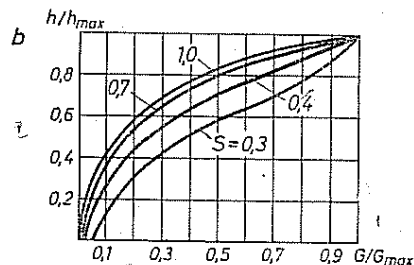
pēc noteiktās $K_v \max$ vērtības no rūpnīcu katalogiem izvēlas piemērotu vārstu, kurā diametrs ir 0,5—1 cauruļvada diametrs, bet K_v ir vienāds vai lielāks par $K_v \max$;

atrod attiecību $\bar{g}=K_v \max / K_v$ un pēc 69. zīmējuma atrod gremdvirzuļa pacēlumu $\bar{h}$ pie dotās $\bar{g}$ vērtības, izvēlētā



69. zīm. Regulējošo vārstu caurplūdes raksturojums:

a — lineārs; b — logaritmisks; c — proporcionāls; h un $h_{\max}$ — faktiskais un maksimālais iespējamais gremdvirzuļa pacēlums virs sedliem, G un $G_{\max}$ — faktiskā un maksimāli iespējamā šķidruma caurplūde

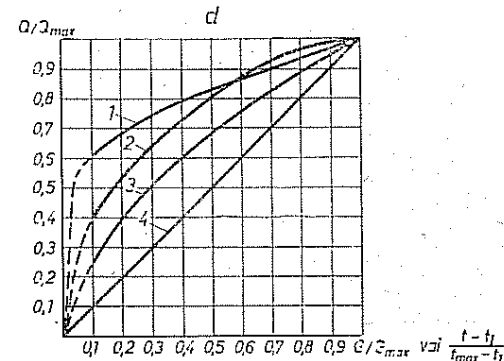
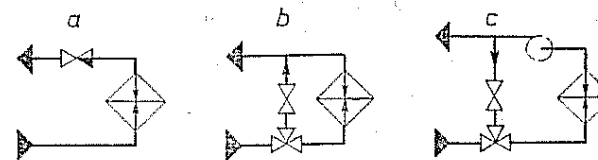


vārsta raksturojuma (lineārs, logaritmisks) un raksturojuma sagrozījuma pakāpes S ;

ja izrādās, ka gremdvirzuļa pacēlums $h \geq 0.5$, tad vārsts darbosies apmierinoši un var uzskatīt, ka tas ir piemērots; pretējā gadījumā ($h < 0.5$) aprēķinu atkārtoti citam vārsta tipam, citam spiedienam vai citam cauruļvada diametram.

Trijvadu vārstiem katru vadu izvēlas atsevišķi kā diviem dažādiem caurplūdes vārstiem.

Aprēķinu pieredze rāda, ka vārstiem ar lineāru raksturojumu apmierinošus rezultātus iegūst, ja $S = 0.5 \div 1$, vārstiem ar logaritmisku raksturojumu — ja $S = 0.3 \div 0.4$, bet vārstiem ar parabolisku raksturojumu — ja $S = 0.1 \div 0.2$.



70. zīm. Siltumapmaiņas aparāta ražīguma regulēšanas paņēmieni (pēc D. Heifeica):

a — regulē siltuma vai aukstuma nesēja caurplūdi; b un c — regulē siltuma vai aukstuma nesēja temperatūru pie nemainīgas caurplūdes; d — siltumašveces izmaiņas četrām dažādām paņēmieniem

Kaloriferu un virsmas dzesētāju ražīgumu var regulēt ar četriem paņēmieniem:

1) mainot gaisa caurplūdi pie pastāvīgas siltuma vai aukstuma nesēja caurplūdes; tad cauruļvadā uzstāda tikai noslēdzošu caurplūdes vārstu, bet siltuma apmaiņas aparātam ierīko regulējamu apvadvārstu;

2) mainot siltuma vai aukstuma nesēja caurplūdi pie pastāvīgas šķidruma temperatūras un pastāvīgas gaisa caurplūdes (70. zīm. a);

3) mainot reizē siltuma vai aukstuma nesēja un gaisa caurplūdi pie pastāvīgas šķidruma temperatūras;

4) mainot siltuma vai aukstuma nesēja temperatūru pie pastāvīgas šķidruma un gaisa caurplūdes (70. zīm. b un c).

70. zīm. d parādīts, kā mainās siltumapmaiņas aparāta ražīgums Q (daļās no $Q_{\max}$) šiem 4 regulēšanas veidiem, ja regulējošo vārstu caurplūdes raksturojums ir ideāli

lineārs. Uz horizontālās ass 1., 2. un 3. gadījumam atlikta šķidruma vai gaisa caurplūde G (daļās no tās maksimālās vērtības), bet 4. gadījumā — šķidruma temperatūra t robežās no gaisa sākuma temperatūras t_1 līdz siltuma nesēja maksimālajai $t_{\max}$ vai aukstuma nesēja minimālajai temperatūrai.

1. paņēmieni acīmredzot nenodrošina kvalitatīvu regulēšanu, un to automātiski regulējamās sistēmās praktiski nelieto.

No zīmējuma redzams, ka teorētiski visaugstāko regulēšanas kvalitāti iegūst 4. gadījumā. Tomēr 4. paņēmieni lieto salīdzinoši reti tādēļ, ka pašreiz ražoto trijvadu regulējošo vārstu nomenklatūra ir ļoti ierobežota. Bez tam trijvadu vārstus var piemēlēt tikai nelielām spiedienu starpībām regulējamā posma robežās, un, lai varētu nodrošināt to kvalitatīvu darbību, nepieciešams pie katra siltumapmaiņas aparāta uzstādīt neliela ražīguma sūkni (70. zīm. c).

Visplašāk lieto 2. paņēmieni; to var vienkārši realizēt ar esošajiem vārstiem, un tas nodrošina apmierinošu regulēšanas kvalitāti.

3. paņēmienam ir vairāki būtiski trūkumi, kuri noskaidrojās tikai pēdējā laikā, apkopojot gaisa kondicionēšanas sistēmu neregulēšanas un ekspluatēšanas pieredzi. Tādēļ daudzās agrāk projektētajās sistēmās tas ir pielietots, bet tagad no tā ir atteikušās kā mūsu projektēšanas organizācijas, tā arī ārzemju firmas. Harkovas kondicionētāju būves rūpnīca no 1972. gada vairs neražo kaloriferus ar apvadvārstiem. Galvenie trūkumi ir sekojoši:

praktiski nav iespējams panākt blīvu gaisa vārstu noslēgšanu, to neregulējamā caurplūde ir 10—30% no maksimālās;

praktiski neizdodas panākt saskaņotu gaisa un šķidruma caurplūdes regulēšanu; rezultātā siltumtiklu atpakaļgaitas maģistrālē no kaloriferiem pastāvīgi ieplūst ūdens ar temperatūru, kas pārsniedz TEC grafiku; bez tam praktiski neizdodas panākt gaisa temperatūras regulēšanas precizitāti augstāku par ± 2 deg, kas daudzos gadījumos ir nepietiekama;

auksta gaiss, kas plūst caur apvadvārstu, nespēj sajaukties ar kaloriferā sakarsēto gaisu un sprauslu kameras separatori taisnplūsmas sistēmās augšdaļā apledo.

9.2. ELEKTRISKĀS UN PNEIMATISKĀS AUTOMĀTISKĀS REGULĒŠANAS UN KONTROLES IEKĀRTAS

Gaisa kondicionēšanas sistēmu automātiskai regulēšanai lieto kā elektriskās, tā pneimatiskās iekārtas. Agrāk uzskatīja, ka pneimatiskās iekārtas ir drošākas, jo to apkalpošanai nav vajadzīgs elektrīkis. Pēdējo gadu laikā pneimatiskās iekārtas lieto arvien retāk. Tam ir vairāki iemesli:

ražotie statistiskie regulatori nenodrošina vajadzīgo regulēšanas precizitāti, bet izodromie regulatori ir pārāk dārgi un sarežģīti;

pneimatisko sistēmu darbībai ir nepieciešams sauss saspieštais gaiss; kompresori tā ražošanai strādā ar lielu troksni, bet gaisa sausināšanas iekārtas aizņem daudz vietas un ir īpaši rūpīgi jāapkalpo;

pašreiz jebkurā rūpnīcā un arī sabiedriskajā ēkā apkopes dienestā ir elektrīki, kas viegli tiek galā ar elektriskajām automātiskās regulēšanas iekārtām.

Pneimatiskās iekārtas ir lietderīgi izmantot tikai divos gadījumos:

eksploziju nedrošās telpās;

rūpnīcās, kurās tehnoloģijas vajadzībām tiek centralizēti gatavots saspieštais gaiss ar mitruma saturu, tīrību un spiedienu, kāds nepieciešams gaisa kondicionēšanas sistēmu automātiskās regulēšanas iekārtām.

10. GAISA KONDICIONĒŠANAS SISTĒMU PROJEKTĒŠANAS PAMATI

10.1. Telpas gaisa parametru izvēle

Slēgtu telpu vide uz cilvēkiem, tehnoloģiskajām iekārtām un materiālajām vērtībām, kas atrodas telpā, iedarbojas kompleksi. Var izdalīt trīs atšķirīgus iedarbības faktorus:

- a) gaisa sastāvs — to gāzu koncentrācija, no kurām sastāv tīrs āra gaiss;
- b) gaisa tīrība: dažādu piemaisījumu — putekļu, dūmu, gāzu, tvaiku, baktēriju koncentrācija;
- c) gaisa meteoroloģiskie parametri — temperatūra, mitrums, kustības ātrums.

Cilvēku labsajūtu stipri ietekmē arī apkārtējo virsmu (sienu, griestu, grīdas) temperatūra.

10.1.1. Optimālais gaisa sastāvs

Tīrs āra gaiss bez ūdens tvaikiem satur 78% slāpekļa un 21% skābekļa. Ogļskābās gāzes koncentrācija laukos ir 0,04%, bet pilsētās apmēram 0,05% tilpuma.

Cilvēka izelpotajā gaisā ir apmēram 17% skābekļa un 4% ogļskābās gāzes, tādēļ slēgtā telpā bez gaisa apmaiņas skābekļa daudzums samazinās, bet ogļskābās gāzes koncentrācija palielinās. Pie ogļskābās gāzes koncentrācijas 1% cilvēks sāk straujāk elpot, bet pie koncentrācijas 3% sākas galvas sāpes.

Maksimāli pieļaujamā CO_2 koncentrācija, kas uzrādīta normās, ir atkarīga no telpas rakstura: bērnudārzos, skolās un auditorijās — 0,1%, veikalos, kinoteātros — 0,2%, bet patvertnēs, kurās paredzēts uzturēties ne ilgāk par 8 stundām, — 2%. Parasti šo koncentrāciju uzturēt ir viegli, ja CO_2 izdala tikai cilvēki, jo normētās telpas gaisā

temperatūras uzturēšanai nepieciešamā gaisā apmaiņa to pilnīgi nodrošina. Ja CO_2 izdala tehnoloģiskās iekārtas, kā tas ir alus darītavās, rauga fabrikās, hidrolīzes cehos, tad maksimālā pieļaujamā koncentrācija ir 0,5%.

10.1.2. Gaisa tīrība

Sabiedriskajās ēkās gaisa tīrība nav normēta. Telpās, kurās izdalās smakas, kaitīgas gāzes, mikrobi, kā arī telpās, kurās atļauts smēķēt, nedrīkst pielietot recirkulāciju. Pieņem, ka taisnplūsmas gaisa kondicionēšanas sistēma ar vienas pakāpes filtru vienmēr pietiekami attīra āra gaisu.

Toties normēta ir āra gaisa tīrība apdzīvotās vietās. Tā, piemēram, rūpnīcu kaitīgo izdalījumu maksimālās pieļaujamās koncentrācijas uzrādītas sanitārajās normās [28], dūmgāzu izsviešanu atmosfērā, sadedzinot cieto kurināmo, ierobežo normatīvi dokumenti par katlu iekārtu projektēšanu, bet gaisa piesārņošanu ar automobiļu izplūdes gāzēm kontrolē autoinspekcija.

Vēlamo gaisa tīrību no sanitāri higiēniskā viedokļa rūpnīcu telpās nosaka sanitārās normas [28].

1971. gada izdevumā uzrādītas maksimālās pieļaujamās koncentrācijas 494 gāzēm un tvaikiem un 31 dažādu putekļu veidam. Šo sarakstu pastāvīgi papildina un precizē PSRS Valsts sanitārā inspekcija.

No tehnoloģijas viedokļa vēlamajai gaisa tīrībai daudzdos gadījumos jābūt augstākai. Sevišķi tīrs gaiss nepieciešams radioelektronikas, precīzās mašīnbūves, medicīnisko preparātu un pārtikas rūpnīcās, kā arī atsevišķās ārstniecības iestāžu telpās. Lielas pilsētas centrā 1 m³ gaisa satur līdz 300 miljonus dažāda lieluma putekļu, bet sevišķi tīrajās telpās to koncentrācija jāsamazina līdz 3500. Katrā konkrētā gadījumā nepieciešamo gaisa tīrību nosaka attiecīgās rūpnīcības nozares tehnologi.

Par pieļaujamo gaisa piesārņošanu ar baktērijām pagaidām oficiālu normu nav. Ir zināms, ka dzīvojamo ēku telpās mikrobu daudzums gaisā ir tieši proporcionāls putekļu daudzumam. Medicīnisko iestāžu praksē pieņemts uzskatīt gaisu par relatīvi tīru, ja kopējais mikroorganismu skaits nepārsniedz 1500, bet streptokoku skaits nepārsniedz

16 uz 1 m³ telpas gaisa. Operāciju zālēs, kurās veic iekšējo orgānu, smadzeņu un nervu operācijas, dažu ārvalstu sanitārās normas pieļauj ne vairāk kā 3—7 mikroorganismus uz 1 m³ gaisa.

10.1.3. Gaisa temperatūra, mitrums un kustības ātrums

10.1.3.1. Komforta gaisa kondicionēšana

Gaisa meteoroloģisko parametru un apkārtējo virsmu temperatūras kombinācijai jābūt tādai, lai radītu cilvēkiem komfortablus apstākļus.

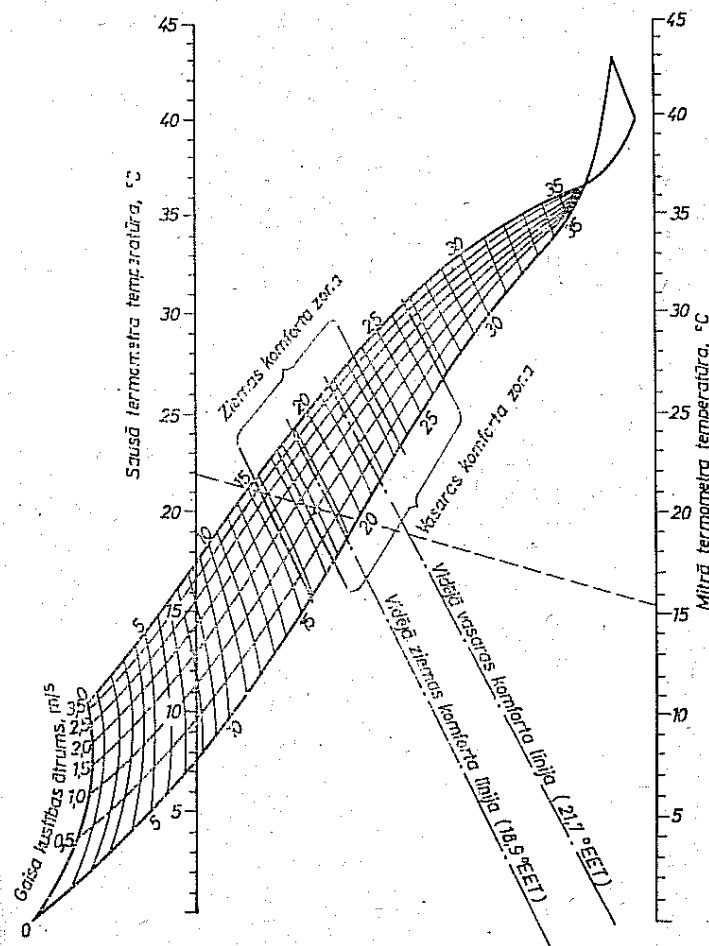
Cilvēka ķermeņa siltuma bilanci vispārējā veidā var pierakstīt ar vienādojumu.

$$\Sigma Q = Q_1 + Q_d + Q_k + Q_s + Q_e + \Delta Q, \quad (10.1)$$

- kur ΣQ — organisma siltuma daudzums (siltumprodukcija);
 Q_1 — siltuma daudzums, ko patērē mitruma iztvaikošanai no ādas un plaušām;
 Q_d — siltuma daudzums, ko patērē izpildāmajam darbam un iekšējo orgānu darbībai;
 Q_k — siltuma daudzums, ko ķermenis atdod vai saņem no apkārtējās vides konvekcijas veidā;
 Q_s — tas pats starojuma veidā;
 Q_e — siltuma daudzums, ko patērē sasildot vai atdzesējot gaisu elpojot.

Pirmie divi saskaitāmie vienmēr ir pozitīvi, bet pārējie var būt kā pozitīvi, tā negatīvi. Ja ΔQ kļūst pozitīvs vai negatīvs, termoregulācijas aparāts maina ādas stāvokli, svīšanas un asinsrites intensitāti, asins temperatūru, skābekļa izmantošanas pakāpi. Pie ilgstošām vides izmaiņām termoregulācijas aparāta pastāvīga sasprindzinājuma rezultātā mainās hemoglobīna saturs asinīs, vielu maiņa, nepieciešamais barības un šķidruma patēriņš.

Cilvēks jūtas komfortabli, tas ir, pilnīgi nejūt apkārtējo vidi tad, kad, nesasprindzinot organisma termoregulācijas aparātu, $\Delta Q = 0$. Tādi apstākļi apgērbtiem cilvēkiem miera stāvoklī rodas, ja tie konvekcijas veidā atdod 15 līdz 33%, starojuma veidā — 44 līdz 60%, bet mitruma iztvaikošanas veidā — 21 līdz 29% organisma ražotā siltuma. Komfortablās gaisa meteoroloģisko parametru un apkārtējo virsmu temperatūras kombinācijas ir dažādas un atkarīgas no cilvēka konstitūcijas, veselības stāvokļa, nervu sasprieguma, izpildāmā darba intensitātes un smaguma,



Viena no lietotajām komforta parametru kombināciju mērvienībām ir *ekvivalenti efektīvā temperatūra EET*, kuru nosaka pēc nomogrammas (71. zīm.). *EET* ir gaisa temperatūras, mitruma un kustības ātruma kombinācija, kas rada tādu pašu termoregulācijas aparāta sasprindzinājumu kā nekustīgs gaiss pie tās pašas temperatūras un relatīvā mitruma $\varphi=1$. Ekvivalenti efektīvo temperatūru nomogramma uzbūvēta, statistiski apstrādājot rezultātus, kas iegūti, novērojot jaunus, veselus cilvēkus speciālā kamerā, kuras sienu temperatūra vienāda ar gaisa temperatūru.

No *EET* nomogrammas var nolasīt, ka viena un tā pati temperatūra, piemēram, $EET=18^\circ$, kuru ASV speciālisti uzskata par komfortablu garīga darba strādniekiem, ir pie sekojošām gaisa meteoroloģisko parametru vērtībām:

t, °C	18	18,9	21,1	21,1	21,1	23,3	24
φ	1	0,7	0,3	0,55	0,8	0,25	0,09
v, m/s	0	0	0	0,5	1	1	1

Pēc *EET* kartes ir viegli izsekot, kā atsevišķi meteoroloģiskie parametri iespaido ķermeņa siltuma līdzsvaru. Piemēram, jo augstāka ir temperatūra, jo zemākam jābūt gaisa mitrumam, lai pastiprināta svīšana varētu kompensēt konvektīvā un starojuma veidā zaudētā siltuma samazināšanos. Var arī palielināt gaisa kustības ātrumu, tā pastiprinot siltuma atdevi konvekcijas veidā.

Nomogrammas apakšējā daļa, pa kreisi no *t* skalas rāda, ka pie gaisa temperatūras, zemākas par $7+10^\circ\text{C}$, gaisa relatīvais mitrums iedarbojas pretēji — temperatūrai pazeminoties, gaisa mitrums jāsamazina. Tas izskaidrojams ar to, ka pie zemas temperatūras svīšana neatkarīgi no gaisa mitruma praktiski nenotiek, bet mitrs gaiss palielina apģērba siltuma vadītspēju, un tādēļ palielinās siltuma atdevē starojuma un konvekcijas veidā.

Nomogrammas augšējā daļa rāda acīm redzamu faktu — ja gaisa temperatūra kļūst augstāka par ķermeņa temperatūru (36°C), tad konvekcijas veidā ķermenis no gaisa saņem siltumu un, temperatūrai paaugstinoties, gaisa kustības ātrums jāsamazina. Pie $t>36^\circ\text{C}$ termoregulācijas aparāts izraisa pastiprinātu svīšanu, jo siltuma patēriņš mitruma iztvaikošanai kļūst noteicošais ķermeņa siltuma bilancē.

EET nomogrammai ir būtisks trūkums — tā ir pareiza tikai telpām, kurās visu robežozošo konstrukciju virsmu temperatūra ir vienāda ar gaisa temperatūru.

Pienemot, ka ķermenis izstaro siltumu visos virzienos vienādi, starojuma veidā atdoto siltumu nosaka pie tā sauktās telpas vidējās starojuma temperatūras *VST*.

$$VST = \sqrt[4]{\frac{\sum_{i=1}^n F_i T_i^4}{\sum_{i=1}^n F_i}} [^\circ\text{K}], \quad (10.2)$$

kur F_i — virsmu kopējais laukums virsmām, kurām ir vienāda temperatūra;

T_i — attiecīgo virsmu temperatūra, $^\circ\text{K}$.

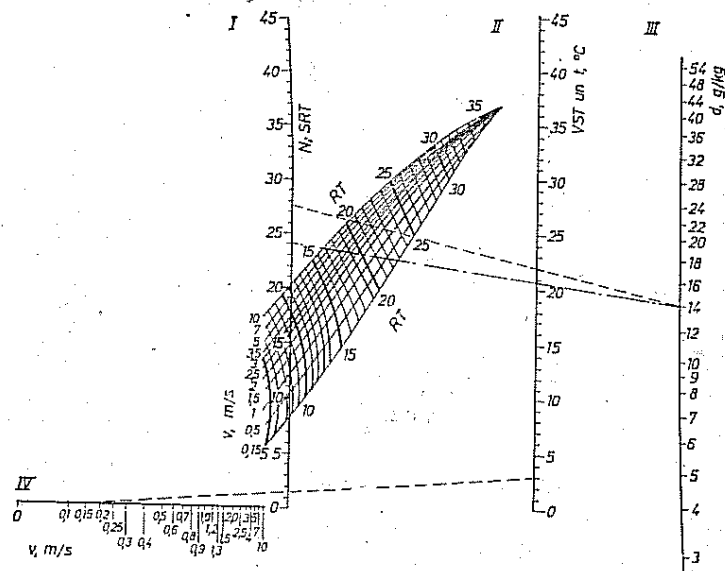
VST, izteiktu Celsija grādos, lieto rezultējošās temperatūras *RT* noteikšanai.

RT arī nosaka pēc speciālas nomogrammas (72. zīm.). Ar šo nomogrammu rīkojas šādi: atliekot uz IV skalas gaisa ātrumu un uz II skalas — starpību ($VST-t$), uz I skalas atrod palīglielumu *N*; atliekot uz skalas I «sauso rezultējošo temperatūru» $SRT=t+N$ un uz skalas III — gaisa mitruma saturu *d*, atrodam rezultējošo temperatūru *RT* pie dotā gaisa ātruma. Uz nomogrammas (72. zīm.) parādīts aprēķins diviem piemēriem:

- 1) dots: $t=26^\circ\text{C}$, $v=0,15$ m/s, $d=14$ g/kg, $VST=29^\circ\text{C}$; atrodam: $VST-t=29-26=3^\circ\text{C}$, $N=1,8$ deg, $SRT=26+1,8=27,8^\circ\text{C}$, $RT=25^\circ$;
- 2) dots: $t=26^\circ\text{C}$, $v=0,15$ m/s, $d=14$ g/kg, $VST=23^\circ\text{C}$; atrodam: $VST-t=23-26=-3^\circ\text{C}$, $N=-1,8$ deg, $SRT=26-1,8=24,2^\circ\text{C}$, $RT=23^\circ$.

Mūsu republikas apstākļos cilvēkiem, kas veic garīgu darbu, komfortabli apstākļi rodas vasarā pie $RT=22^\circ$, ziemā pie $RT=19,5^\circ$.

Teorētiski komfortabli apstākļi rodas pie jebkurām gaisa meteoroloģisko parametru kombinācijām, kuras var nolasīt no nomogrammas. Praktiski ilgstoša uzturēšanās gaisā ar relatīvo mitrumu, mazāku par 0,3 vai lielāku par 0,6, nav veselīga. Pilnīgi nekustīgs gaiss ($v<0,05$ m/s) rada vispārēju nomāktības sajūtu, bet liels gaisa kustības ātrums vai liela gaisa un virsmu temperatūras starpība var izraisīt saaukstēšanos.



72. zīm. Nomogramma rezultējošo temperatūru noteikšanai

Optimālās gaisa meteoroloģisko parametru kombinācijas, kuras pieņem projektēšanas praksē sabiedriskajām ēkām, dotas celtniecības normās [32], bet rūpniecības ēkām — sanitārajās normās [28] (sk. 10.1. tab.).

Telpu robežojošo virsmu pieļaujamās temperatūras svārstības uzrādītas celtniecības normās CHnII II-A.7-71. Ziemā telpas gaisa un robežojošās konstrukcijas virsmas temperatūras starpība nedrīkst pārsniegt dzīvojamo ēku sienām — 6, pārsedzēm — 4; sabiedrisko ēku sienām — 7, pārsedzēm — 5,5; rūpniecību ēku sienām — 8—12, pārsedzēm — 7—12 deg atkarībā no gaisa mitruma. Tas jāņem vērā, projektējot ēku robežojošās konstrukcijas.

10.1.3.2. Tehnoloģiskā gaisa kondicionēšana

Tehnoloģisko procesu norisei un materiālo vērtību ilgtstošai uzglabāšanai parasti ir svarīga gaisa temperatūra, relatīvais mitrums vai vienlaicīgi abi šie parametri. Optimālās parametru kombinācijas dažāda rakstura telpās ir

10.1. tabula

Optimālie telpu gaisa meteoroloģiskie parametri

Telpas raksturs	Izpildāmā darba kategorija	Ziemā un pārējās periodā (pie āra gaisa temperatūras $< +10^{\circ}\text{C}$)				Vasarā (pie āra gaisa temperatūras $\geq +10^{\circ}\text{C}$)		
		temperatūra, $^{\circ}\text{C}$	relatīvais mitrums	kustības ātrums, m/s	ne vairāk par 0,3	temperatūra, $^{\circ}\text{C}$	relatīvais mitrums	kustības ātrums, m/s
Dzīvojamās ēkas un sabiedriskās ēkas	—	19 ÷ 21	0,4 ÷ 0,6	ne vairāk par 0,3	ne vairāk par 0,3	22 ÷ 25	0,4 ÷ 0,6	ne vairāk par 0,3
	viegls**	20 ÷ 22	0,3 ÷ 0,6	ne vairāk par 0,2	ne vairāk par 0,2	22 ÷ 25	0,3 ÷ 0,6	0,2 ÷ 0,5*
	vidēji smags**	17 ÷ 19	0,3 ÷ 0,6	ne vairāk par 0,3	ne vairāk par 0,3	20 ÷ 23	0,3 ÷ 0,6	0,2 ÷ 0,5*
	smags**	16 ÷ 18	0,3 ÷ 0,6	ne vairāk par 0,3	ne vairāk par 0,3	18 ÷ 21	0,3 ÷ 0,6	0,3 ÷ 0,7*

* Lielākais ātrums atbilst maksimālajai temperatūrai, bet mazākais — minimālajai.

** Viegla darba izpildīšanai cilvēks patērē 175 W, vidēji smaga darba izpildīšanai — 175—290 W, bet smaga darba izpildīšanai — vairāk par 290 W enerģijas. Telpā jāuztur optimālie gaisa meteoroloģiskie parametri, kas atbilst darba kategorijai, kuru izpilda 50% vai vairāk no strādājošajiem.

loti atšķirīgas, un sīkākas ziņas par tām dotas speciālās monogrāfijās (sk. literatūras sarakstu) un atsevišķu nozaru rūpniecības ēku projektēšanas normās.

Dažos gadījumos tehnoloģisku apsvērumu un sanitāri higiēnisko prasību dēļ optimālās gaisa temperatūras un relatīvā mitruma kombinācijas ļoti atšķiras. Tādas situācijas rodas, piemēram, atsevišķos pārtikas rūpniecības uzņēmumu cehos, kuros tehnoloģiskais process efektīvi noris pie zemām temperatūrām un augsta relatīvā mitruma. Tad cenšas realizēt tehnoloģisko procesu norisi bez cilvēku līdzdalības vai pēc iespējas saīsināt apkalpojošā personāla klātbūtnes laiku. Ja pastāvīga cilvēku klātbūtne tomēr ir nepieciešama, tad meklē kompromisu, kurš vienmēr saistīts ar materiāliem zaudējumiem ražošanas procesā un darba apstākļu pasliktināšanos, ko kompensē ar speciālām piemaksām, saīsinātu darba dienu, papildu atvaļinājumu utt. saskaņā ar spēkā esošajiem darba aizsardzības noteikumiem.

10.2. IZDALĪTĀ SILTUMA NOTEIKŠANA

Siltums izdalās no tehnoloģiskajām iekārtām, cilvēkiem un mākslīgā apgaismojuma, ieplūst telpā caur robežojošām konstrukcijām to ārējās un iekšējās virsmas temperatūru starpības, kā arī saules starojuma rezultātā.

Izdalīto siltumu aprēķina katrai diennakts stundai vai vismaz pēc katrām 2 stundām, jo vairumā gadījumu nevar iepriekš noteikt, kad tie sasniegs maksimālo vērtību.

Datus par iekārtu izdalīto siltumu un to izmaiņām diennakts laikā iegūst, rūpīgi iepazīstoties ar tehnoloģisko procesu norisi, iekārtu pasēm un attiecīgās rūpniecības nozares projektēšanas normām.

10.2.1. Siltuma pieplūde caur necaurspīdīgām robežojošām konstrukcijām

Aprēķinos pieņem, ka vasarā diennakts āra gaisa temperatūras svārstības ir tuvu harmoniskajām. Saules starojums periodā no saullēkta līdz rietam arī mainās harmoniski. Saule pārmaiņus apstaro dažādi pret debess pusēm vērstās sienas, kamēr jumts tiek apstarots nepārtraukti.

Saules starojums sastāv no tiešā un izkliedētā starojuma.

Pēdējais paaugstina sienu ārējās virsmas temperatūru arī tad, kad tiešais starojums uz tām nenonāk. Summārā saules starojuma izmaiņas saulainā dienā attēlotas 73. zīmējumā.

Aprēķinus sarežģī apstāklis, ka sienu un jumta ārējo virsmu temperatūras svārstības nonāk līdz iekšējām virsmām ar novēlošanos, atkarībā no ēkas konstrukcijas.

Parasti nepieciešamā aprēķinu precizitāte ļauj lietot vienkāršoto Stjuarta metodi daudz precīzākās, bet tikai ar ESM risināmās Šklovera metodes vietā.

Saskaņā ar Stjuarta metodi transmisijas siltuma un saules starojuma summas vietā pieņem tai ekvivalentu transmisijas siltumu, kāds rastos, ja āra gaisa temperatūra būtu augstāka. Ekvivalentās telpas un āra gaisa temperatūru starpības ēkām, kas novietotas uz ziemeļu platuma 40° , nolasa no tabulām. Citiem ziemeļu platuma grādiem tabulā uzrādītās tiešā saules starojuma vērtības reizinā ar korekcijas koeficientiem. B. Barkalovs un J. Karpis Stjuarta tabulas pārstrādājuši un piemērojuši mūsu terminoloģijai un mērvienībām, un tās pašreiz plaši pielieto projektēšanas praksē.

Siltuma pieplūdi aprēķina pēc formulas

$$Q = K_1 K_2 F (\Delta t_1 + \Delta t_2) \quad [\text{W}], \quad (10.3)$$

kur F — sienas vai jumta laukums, m^2 ; slīpām virsmām aprēķinus izdara, F vietā ņemot virsmas horizontālās projekcijas laukumu, m^2 ;

K_1 — robežojošās konstrukcijas siltuma transmisijas koeficients, $\text{W}/(\text{m}^2 \text{ deg})$; to aprēķinot, pieņem: iekšējās virsmas siltuma atdeves koeficientu $\alpha_{\tau} = 7 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ deg})$ un ārējās virsmas siltuma uztveres koeficientu $\alpha_A = 23 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ deg})$;

K_2 — koeficients, ko ietekmē bēnītelpas; jumtiem bez bēnītiem un sienām $K_2 = 1$, jumtiem ar labi vēdināmiem bēnītiem $K_2 = 0,75$;

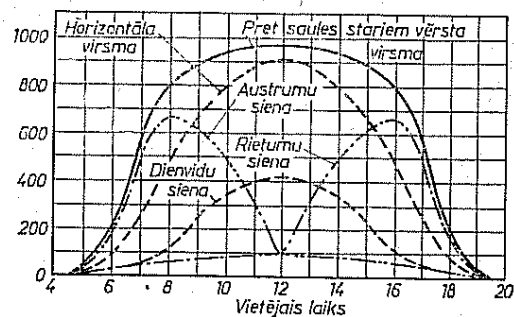
Δt_1 — dotajam ģeogrāfiskajam punktam raksturīgā ekvivalentā temperatūru starpība; konstrukcijām ar masu līdz $35 \text{ kg}/\text{m}^2$ pieņem $\Delta t_1 = 0$, konstrukcijām ar masu $36-270 \text{ kg}/\text{m}^2$ — $\Delta t_1 \leq \pm 2 \text{ deg}$ un masīvākām konstrukcijām $\Delta t_1 \leq \pm 3 \text{ deg}$.

Ekvivalento temperatūru starpību dotajam ģeogrāfiskajam punktam aprēķina pēc formulas

$$\Delta t_1 = t_A - t_T - A \Delta t_a + B \quad [\text{deg}], \quad (10.4)$$

kur t_A — āra gaisa āplēses temperatūra, $^\circ\text{C}$ (sk. 10.3.1. nod.);

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



73. zīm. Summārā saules starojuma, W/m^2 , svārstības vienas dienas laikā (1. augustā uz 40. ziemeļu paralēles)

Δt_a — vidējā āra gaisa diennakts temperatūras svārstību amplitūda, deg; pieņem mazāko no diviem karstākajiem mēnešiem pēc celtniecības normu CHuП II-A.6-72 2. tab. (atsevišķiem ģeogrāfiskiem punktiem 10.2. tab.);

A un B — koeficienti, ko ietekmē konstrukcijas masivitāte; konstrukcijām ar masu līdz 35 kg/m^3 pieņem $A=0$, $B=0$, konstrukcijām ar masu $36-270 \text{ kg/m}^3$ — $A=0,25$, $B=5,5$, bet konstrukcijām ar lielāku masu — $A=0,5$, $B=2,75$.

10.2. tabula

Atsevišķu ģeogrāfisko punktu vidējā āra gaisa diennakts temperatūras svārstību amplitūda Δt_a

Pilsēta	Δt_a	Pilsēta	Δt_a	Pilsēta	Δt_a
Daugavpils	10,8	Alma-Ata	11,9	Ļeņingrada	8,1
Gulbene		Ašhabada	14,5	Maskava	10,0
Jelgava	6,6	Baku	14,8	Minska	10,3
Liepāja		Dušanbe	24,2	Pērnavā	7,8
Priekule	9,1	Erevāna	15,1	Tallina	7,5
Rēzekne		Frunze	14,2	Tartu	9,8
Rīga	9,5	Kauņa	9,6	Taškenta	16,9
Taurupe		Kijevas	10,7	Tbilisi	19,8
Ventspils		Kišineva	12,2	Viļņa	

10.3. tabula

Uz ziemeļu platumā 40° novietotas ēkas jumtam raksturīgā ekvivalentā temperatūru starpība saulē (Δt_s) un ēnā (Δt_e)

Jumta konstrukcija		Pātesais saules laiks dotajā ģeogrāfiskajā punktā												
Odens uz jumta	Masa, kg/m²	8	10	12	14	16	18	20	22	24				
Nav	līdz 35	6,7	21,1	30	34,4	27,8	14,4	5,6	2,2	0				
	36÷270	0	11,1	22,2	28,9	30	23,3	11,1	5,6	3,3				
	271÷400	3,3	3,3	11,1	18,9	23,3	24,4	18,9	11,1	7,8				
25 mm biezs slānis	līdz 35	0	2,2	8,9	12,2	10	7,8	5,6	1,1	0				
	271÷400	-1,1	-1,1	-2,2	5,6	7,8	8,9	7,8	5,6	3,3				
	līdz 35	0	2,2	6,7	10	8,9	7,8	5,6	1,1	0				
Izsmidzina ar sprauslām	271÷400	-1,1	-1,1	1,1	4,4	6,7	7,8	6,7	5,6	3,3				
	līdz 400	-1,1	0	0	3,3	5,6	5,6	4,4	2,2	0				
	150 mm biezs slānis													
Neiespaido Δt₅ vērtību	līdz 35	-2,2	0	3,3	6,7	7,8	6,7	4,4	1,1	0				
	36÷270	-2,2	-1,1	1,1	4,4	6,7	6,7	5,6	3,3	1,1				
	271÷400	-1,1	-1,1	0	2,2	4,4	5,6	5,6	4,4	2,2				

Uz ziemeļu platuma 40° novietotas ēkas tumsām (T) un gaišām (G) sienām raksturīgā ekvivalentā temperatūru starpība saulē (Δt_i), $^\circ\text{C}$ (Δt_e)

Orientācija uz debess pusēm	Sienas konstrukcija	Pātesais saules laiks dotajā ģeogrāfiskajā punktā															
		8				10				12				14			
		T	G	T	G	T	G	T	G	T	G	T	G	T	G	T	G

ZA	1*	Δt_i vērtības, $^\circ\text{C}$															
		1,1	1,1	1,1	1,1	5,6	1,1	8,9	4,4	7,8	4,4	5,6	3,3	5,6	4,4	5,6	4,4
	2	4,4	3,3	4,4	3,3	4,4	2,2	2,2	4,4	5,6	2,2	5,6	3,3	3,3	3,3	5,6	5,6
	3	2,2	1,1	2,2	1,1	8,9	4,4	7,8	4,4	6,7	4,4	6,7	3,3	6,7	4,4	5,6	3,3
	4	3,3	2,2	3,3	1,1	3,3	1,1	7,8	4,4	7,8	4,4	5,6	4,4	6,7	4,4	5,6	4,4
A	1	4,4	3,3	4,4	3,3	7,8	4,4	10	5,6	10	8,6	7,8	4,4	7,8	5,6	7,8	5,6
	2	6,7	4,4	6,7	4,4	6,7	4,4	5,6	3,3	6,7	4,4	6,7	4,4	7,8	5,6	7,8	4,4
	3	3,3	2,2	7,8	4,4	13,3	6,7	13,3	6,7	10	5,6	7,8	5,6	7,8	5,6	6,7	4,4
	4	5,6	3,3	4,4	3,3	5,6	3,3	10	5,6	6,7	4,4	8,9	5,6	6,7	7,8	5,6	5,6
DA	1	4,4	2,2	3,3	3,3	3,3	2,2	7,8	5,6	10	6,7	8,9	6,7	5,6	6,7	5,6	5,6
	2	5,6	3,3	5,6	3,3	5,6	3,3	5,6	3,3	5,6	3,3	6,7	4,4	7,8	5,6	5,6	4,4
	3	3,3	1,1	3,3	2,2	8,9	5,6	10	6,7	7,8	5,6	6,7	4,4	7,8	5,6	5,6	4,4
	4	4,4	2,2	4,4	2,2	3,3	2,2	7,8	4,4	8,9	5,6	8,9	5,6	6,7	5,6	6,7	5,6
D	1	2,2	1,1	2,2	1,1	2,2	1,1	2,2	1,1	2,2	1,1	5,6	3,3	6,7	5,6	5,6	4,4
	2	4,4	3,3	4,4	3,3	3,3	2,2	3,3	2,2	3,3	2,2	3,3	2,2	4,4	5,6	6,7	4,4
	3	1,1	0,6	1,1	0,6	2,2	0,6	6,7	3,3	8,9	6,7	10	6,7	7,8	5,6	4,4	3,3
	4	3,3	2,2	2,2	1,1	2,2	1,1	2,2	1,1	5,6	3,3	7,8	5,6	8,9	6,7	5,6	4,4

DR		Δt_i vērtības, $^{\circ}\text{C}$																	
		4,4	2,2	3,3	2,2	3,3	2,2	4,4	2,2	5,6	3,3	6,7	4,4	11,1	6,7	13,3	8,9	11,1	7,8
	1	4,4	2,2	3,3	2,2	3,3	2,2	4,4	2,2	5,6 <td>3,3</td> <td>6,7</td> <td>4,4</td> <td>11,1</td> <td>6,7</td> <td>13,3</td> <td>8,9</td> <td>11,1</td> <td>7,8</td>	3,3	6,7	4,4	11,1	6,7	13,3	8,9	11,1	7,8
	2	5,6	3,3	5,6	3,3	5,6	3,3	5,6	3,3	5,6	3,3	5,6	4,4	5,6	4,4	6,7	4,4	7,8	5,6
	3	3,3	1,1	2,2	1,1	3,3	1,1	4,4	2,2	7,8	5,6	12,2	8,9	13,3	8,9	12,2	8,9	5,6	4,4
	4	4,4	2,2	4,4	2,2	3,3	2,2	3,3	2,2	4,4	3,3	5,6	4,4	10	7,8	11,1	7,8	10	6,7
R	1	4,4	2,2	3,3	2,2	3,3	2,2	4,4	3,3	5,6	3,3	7,8	4,4	11,1	8,9	13,3	8,9	13,3	8,9
	2	6,7	4,4	6,7	4,4	6,7	4,4	5,6	3,3	5,6	3,3	5,6	3,3	5,6	3,3	6,7	4,4	8,9	5,6
	3	3,3	2,2	3,3	2,2	3,3	2,2	4,4	3,3	6,7	4,4	11,1	7,8	15,6	10,4	14,4	10	7,8	5,6
	4	6,6	3,3	4,4	3,3	4,4	3,3	5,6	3,3	5,6	3,3	6,7	4,4	8,9	6,6	13,3	7,8	12,2	7,8
ZR	1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	2,2	1,1	3,3	2,2	4,4	3,3	5,6	4,4	8,8	7,8	10	7,8
	2	4,4	3,3	4,4	3,3	4,4	3,3	4,4	2,2	4,4	2,2	4,4	3,3	4,4	3,3	5,6	3,3	5,6	3,3
	3	2,2	1,1	2,2	1,1	2,2	1,1	2,2	1,1	2,2	3,3	6,7	5,6	11,1	7,8	12,2	8,9	4,4	3,3
	4	3,3	2,2	3,3	1,1	3,3	1,1	3,3	2,2	3,3	2,2	4,4	3,3	5,6	4,4	10	6,7	11,1	7,8
Z	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1,1	1,1	3,3	3,3	4,4	4,4	4,4	4,4	3,3	3,3
	2	2,2	2,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	2,2	2,2	2,2	2,2
	3	0	0	0	0	0	0	1,1	1,1	2,2	2,2	3,3	3,3	4,4	4,4	3,3	3,3	2,2	2,2
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1,1	1,1	2,2	2,2	3,3	3,3	4,4	4,4	3,3	3,3

Δt_e vērtības, $^\circ\text{C}$

Jebkura	1	Δt_e vērtības, $^\circ\text{C}$															
		0	0	0	0	0	0	0	0	1,1	1,1	3,3	3,3	4,4	4,4	3,3	
	2	2,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	2,2	3,3	
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	2,2	2,2	3,3	3,3	4,4	3,3	2,2	
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1,1	1,1	2,2	2,2	3,3	4,4	3,3	

* 1 — 200 mm bieža ķieģeļu siena ar masu 360 kg/m²,
2 — 300 mm bieža ķieģeļu siena ar masu 540 kg/m²,
3 — 200 mm bieža betona vai akmens siena ar masu 500 kg/m²,
4 — 300 mm bieža betona vai akmens siena ar masu 750 kg/m².

Sienas konstrukcijām, kuras nav uzrādītas, Δt_i un Δt_e vērtības atrod, interpolējot tabulas datus piemērotiem materiāliem un konstrukcijas masai.

Krāsas sienām Δt_i pieņem kā gaišām. Zilām, zaļām, gaiši sarkanām, gaiši brūnām, nekrsotām koka un dabiskās krāsas betona sienām Δt_i vērtību pieņem kā divu tabulā uzrādīto vērtību vidējo aritmētisko.

Dotajai robežojošai konstrukcijai raksturīgā ekvivalentā temperatūru starpība Δt_2 ; to aprēķina pēc formulas

$$\Delta t_2 = \Delta t_4 + K_3 \frac{q_1}{q_2} (\Delta t_5 - \Delta t_4) \text{ deg}, \quad (10.5)$$

kur Δt_4 un Δt_5 — uz ziemeļu platuma 40° novietotas ēkas robežojošām konstrukcijām raksturīgā ekvivalentā temperatūru starpība, attiecīgi saulē un ēnā, deg (10.3. un 10.4. tab.);

K_3 — koeficients, kas ņem vērā jumta krāsu; nefīriem un tumšas krāsas jumtiem $K_3=1$, regulāri tīrītiem, pelēkiem, gaiši ziliem un sarkanem jumtiem $K_3=0,8$, regulāri tīrītiem baltiem un nekrāsota skārda jumtiem $K_3=0,55$; sienām neatkarīgi no to krāsas pieņem $K_3=1$;

q_1/q_2 — faktiskās saules starojuma intensitātes attiecība pret saules starojuma intensitāti uz ziemeļu platuma 40° (10.5. tab.).

10.5. tabula

Faktiskās saules starojuma intensitātes q_1 attiecība pret saules starojuma intensitāti q_2 uz ziemeļu platuma 40°

Dotais ziemeļu platuma grāds	Sienām atkarībā no orientācijas uz debess pusēm					Jumtam
	D	A vai R	DA vai DR	ZA vai ZR	Z	
40	1	1	1	1	1	1
44	1,23	1,01	1,05	1	1,03	0,96
48	1,4	1,02	1,11	1	1,05	0,93
52	1,65	1,03	1,17	1	1,11	0,9
56	1,88	1,05	1,23	1,03	1,29	0,86
60	2,1	1,08	1,23	1,06	1,44	0,82
64	2,3	1,12	1,34	1,11	1,58	0,78

10.2.2. Siltuma pieplūde caur ēkas iekšējām konstrukcijām

Robežojošām konstrukcijām, kas atdala telpu ar kondicionētu gaisu no telpām bez gaisa kondicionēšanas, jābūt gaisu necaurlaidīgām un ar siltuma transmisijas

koeficientu $K \leq 1,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ deg})$. Siltuma pieplūdi aprēķina pēc formulas

$$Q = K_1 K_2 F (t_A + \Delta t - t_T) \text{ W}, \quad (10.6)$$

kur F — robežojošās konstrukcijas virsmas laukums, m^2 ;
 K_1 — siltuma transmisijas koeficients, $\text{W}/(\text{m}^2 \text{ deg})$;
 K_2 — korekcijas koeficients; tā vērtību blakus telpām ar piespiedu ventilāciju pieņem 1,0, bet blakus telpām ar dabisko ventilāciju: griestiem, kas atdala kondicionēto telpu no augšējā stāva, — 0,75, grīdām, kas atdala kondicionēto telpu no pirmā stāva, — 0,25, grīdām, kas atdala kondicionēto telpu no pagraba, — 0, visām pārējām robežojošām konstrukcijām — 0,5;
 t_A — āra gaisa aplēses temperatūra (sk. 10.1.3. nod.);
 Δt — telpām ar piespiedu ventilāciju — noplūdes un pieplūdes gaisa temperatūru starpība, deg, bet telpām ar dabisko ventilāciju pieņem $\Delta t=0$;
 t_T — temperatūra telpā ar kondicionētu gaisu, $^\circ\text{C}$.

10.2.3. Siltuma pieplūde caur stiklotām virsmām

Siltums telpā caur stiklotām virsmām ieplūst tiešā starojuma un transmisijas siltuma veidā. Tiešais vai izkliedētais saules starojums, nokļuvis telpā, sasilda grīdu, sienas, mēbeles un iekārtu, bet pēc tam ar novēlošanos pāriet gaisā.

Siltuma pieplūdi dotajā diennakts stundā aprēķina pēc formulas

$$Q = [K_1 K_2 \frac{q_{\tau-1} + q_\tau}{2} + K_3 (t_A - t_T)] F [\text{W}], \quad (10.7)$$

kur q_τ — siltuma pieplūde starojuma veidā caur parastu 3 mm biezu logu stiklu dotajā stundā, W/m^2 ;
 $q_{\tau-1}$ — tas pats, stundu iepriekš, W/m^2 (q_τ un $q_{\tau-1}$ no 10.6 tab.);

K_1 — koeficients, kas ņem vērā stiklotās virsmas aizēnojumus ar loga rāmjiem un atmosfēras piesārņojumu (10.7. tab.);
 K_2 — koeficients, kas ņem vērā faktiski pielietotā stikla īpašības salīdzinājumā ar parastu 3 mm biezu logu stiklu (10.8. un 10.9. tab.);

K_3 — stiklotās virsmas siltuma transmisijas koeficients, $\text{W}/(\text{m}^2 \text{ deg})$ (10.10. tab.);

t_A — āra gaisa aplēses temperatūra, $^\circ\text{C}$ (10.3.1. nod.);

t_T — telpas temperatūra, $^\circ\text{C}$;

F — stiklotās virsmas laukums, ieskaitot loga rāmi, m^2 .

Siltuma pieplūde starojuma veidā,

Saules laiks	Ziemeļu platuma grāds	Vertikālu virsmu orientācija								Horizontālā virsma
		Z	ZA	A	DA	D	DR	R	ZR	
6	40	92	379	426	187	19	19	19	19	98
7		53	466	598	350	35	35	35	35	258
8		50	413	632	457	57	48	48	48	442
9		57	271	558	486	120	57	57	57	599
10		63	114	404	442	204	63	63	63	716
11		66	70	195	337	335	79	66	66	791
12		66	70	72	192	287	192	72	72	814
6	48	85	408	470	236	22	22	22	22	123
7		41	448	606	398	35	35	38	38	271
8		48	363	632	505	79	48	48	48	433
9		57	205	552	542	190	57	57	57	575
10		60	70	388	511	271	60	60	60	678
11		63	63	186	420	376	114	63	63	741
12		66	66	66	271	404	271	66	66	763

Pustreknī iespēstie skaitļi norāda, ka virsma dotajā stundā saņem tiešu

10.7. tabula

Koeficients K_1 , ko ietekmē stiklotās virsmas aizēnojums ar loga rāmjiem un atmosfēras piesārņojumu

Iestiklojuma veids	Ekām ārpus pilsētas	Ekas pilsētā, ja virsma dotajā stundā ir	
		saulē	ēnā
		K_1	
Vienkārša vitrīna bez rāmjiem vai siena no stikla blokiem	1	0,75	1,75
Dubulta vitrīna bez rāmjiem	0,9	0,68	1,58
Vienkārši logi metāla rāmjos	0,8	0,6	1,4
Dubultlogi metāla rāmjos	0,72	0,54	1,26
Vienkārši logi koka rāmjos	0,65	0,48	1,14
Dubultlogi koka rāmjos	0,6	0,45	1,05

 W/m^2 caur vienkāršo 3 mm biezo logu stiklu

10.6. tabula

Ziemeļu platuma grāds	Vertikālu virsmu orientācija								Horizontālā virsma	Saules laiks
	Z	ZA	A	DA	D	DR	R	ZR		
56	87	413	494	230	27	23	22	23	138	18
	38	420	606	432	38	35	37	37	285	17
	45	327	624	534	102	49	45	47	373	16
	52	153	547	590	263	52	53	58	556	15
	56	92	378	552	340	53	55	64	651	14
	60	83	186	479	445	163	57	73	693	13
	64	83	66	337	494	326	60	93	715	12
64	69	419	523	285	28	20	20	19	163	18
	30	391	606	465	36	330	30	29	295	17
	37	285	620	550	127	47	36	36	364	16
	49	123	541	607	293	53	43	42	538	15
	51	52	366	586	386	56	47	45	595	14
	52	48	186	540	505	181	48	48	640	13
	56	50	66	380	558	379	51	51	640	12

saules starojumu. Pārējā laikā virsma atrodas ēnā.

10.8. tabula

Koeficients K_2 , ko ietekmē faktiski pielietotā stikla īpašības salīdzinājumā ar vienkāršo 3 mm biezo logu stiklu

Stikla nosaukums	Stikla biezums, mm	Gaismas caurlaidība	K_2
Parastais logu stikls	3	0,86	1
	6	0,8	0,95
Parastais spoguļstikls	10	0,75	0,91
	13	0,71	0,88
Neslīpēts logu stikls	3	0,59	0,78
	5	0,74	0,9
	6	0,71	0,88
	6	0,67	0,86
Neslīpēts spoguļstikls	6	0,45	0,66
	6	0,52	0,72
	6	0,47	0,7
	10	0,33	0,56
	13	0,24	0,5

10.9. tabula

Koeficients K_2 stikla paketēm un stikla blokiem

Stiklojuma veids	Stiklotā virsma dotajā stundā ir	
	saulē	ēnā
Paketes no parasta logu stikla	0,9	0,84
Paketes no parasta spoguļstikla	0,83	0,77
Paketes no neslīpēta (ārpusē) un parastā spoguļstikla (iekšpusē)	0,56	0,53
Stikla bloki ar pulētu ārpusi un iekšpusi	0,65	0,4*
Tas pats, ar stikla šķiedras starpsienu	0,44	0,34*
Stikla bloki ar glazētu ārpusi un pulētu iekšpusi	0,27	0,20*
Stikla bloki ar vertikālām rievām un bezkrāsainu stikla šķiedras starpsienu	0,33	0,27*
Tas pats, ar glazētu stikla šķiedras starpsienu	0,25	0,18*

* Koeficients K_2 uzrādīts 200×200×100 mm stikla blokiem. Lietojot 300×300×100 mm stikla blokus, K_2 vērtības jāpāreizinā ar 1,15.

Koeficients K_2 virsmām, kas atrodas ēkā un ir vērstas uz ZA, A un DA, jāpāreizinā ar 1,5.

10.10. tabula

Stikloto virsmu siltuma transmisijas koeficients K_3 W/m²deg

Stiklojuma veids	Valējs	No iekšpusē aizklāts ar žalūzijām vai aizkariem
Vienkārši logi	3,4	2,6
Vitrīna	2,8	2,1
Dubultlogi ar 25÷35 mm biezu gaisa starpslāni	1,7	1,3*
Stikla paketes ar 4,8 mm biezu gaisa starpslāni	2,0	1,7
Tas pats, 6,4 mm	1,9	1,7
Tas pats, 12,7 mm	1,8	1,5
Stikla bloki bez starpslāņa	1,8	—
Tas pats, ar stikla šķiedras starpslāni	1,5	—

* Dubultlogiem ar žalūzijām starp stikliem $K_3=1,4$ W/m² deg.

10.2.4. Pasākumi saules starojuma siltuma pieplūdes samazināšanai

Saules starojums gandrīz visās sabiedriskajās ēkās un daļā rūpniecības ēku ir noteicošais telpu siltuma balansā, un tā samazināšana ievērojami pazemina kā ēku kapitālieguldījumus, tā arī ekspluatēšanas izdevumus, kas saistīti ar gaisa kondicionēšanu. Vienkāršākie pasākumi cīņai pret saules starojuma ietekmi ir

optimālas ēkas formas izvēle no siltumtehnikas viedokļa;

ēkas orientēšana pret debess pusēm atbilstoši minimālai starojuma siltuma pieplūdei;

stikloto virsmu samazināšana;

speciālu saules starojumu uztverošu vai atstarojošu stiklu izmantošana;

stikloto virsmu aizēnošana ar balkoniem, horizontālām pajumēm, vertikālām ribām, kā arī logu iedziļināšana sienā un lodžiju ierīkošana;

logu aizsegšana ar žalūzijām vai aizkariem;

jumta atdzesēšana, pārklājot to ar ūdens kārtu vai izsmidzinot virs tā ūdeni no sprauslām.

Optimālā ēkas forma ir plānā apaļa vai tuva kvadrātam, ar minimālu perimetru un laukuma attiecību. Siltuma pieplūde jūtami samazinās, ja sienās ar stiklotām virsmām ir slīpas, augšdaļā uz āru izvirzītas.

Pamatoti orientējot ēku pret debess pusēm, var panākt 10—15% ekspluatēšanas izdevumu ietaupījumu vai pārtēriņu. Sienas ar stiklotām virsmām jācenšas vērst pret ziemeļiem vai dienvidiem. Visvairāk saules starojuma caur stiklotajām virsmām ieplūst no austrumiem.

Stikloto virsmu samazināšana ir visefektīvākais pasākums. Arhitektu aizraušanās ar stikloto virsmu izvērsanu administratīvo ēku fasādēs, kas it kā dod tām modernu izskatu, patiesībā nesasniedz šo mērķi. Vasarā darbinieki, cenšoties samazināt saules starojumu, aizklāj logus no iekšpusē, labākajā gadījumā, ar aizkariem, bet sliktākajā — ar papīriem un avīzēm, tā pilnīgi sabojājot fasādes kopskatu.

Ieskatu par stikloto virsmu samazināšanas efektivitāti dod skaitļi, kas ņemti no VFR izdotās rokasgrāmatas (10.11. tab.).

Saules starojumu uztverošo stiklu sastāvā ir metāli, kas

10.11. tabula

Izdalītā siltuma asimilēšanai nepieciešamais vidējais aukstuma daudzums Q uz administratīvās ēkas tilpuma 1 m^3

Siltuma avots	Aukstuma daudzums Q (W un % no kopējā patēriņa), ja stiklojuma laukuma attiecība pret sienas laukumu, %					
	25		50		75	
	W	%	W	%	W	%
No saules starojuma caur logiem	13,9	48	27,9	65	41,9	74
No cilvēkiem	2,3	8	2,3	5	2,3	4
No mākslīgā apgaismojuma un iekārtām	3,5	12	3,5	8	3,5	6
Caur robežojošām konstrukcijām	2,3	8	2,3	5	2,3	4
Āra gaiss, kuru atdzesē kondicionētājā	7	24	7	17	7	12
Kopā	29	100	43	100	57	100

nelaiž cauri gaismas viļņus, garākus par $0,7 \mu\text{m}$, bet akumulē tos. Rezultātā stikls sakarst līdz $40\text{--}50^\circ\text{C}$ un izstaro telpā siltumu ar mazāku viļņu garumu. Saules starus uztverošie stikli parasti ir zaļi vai pelēki, to gaismas caurlaidība ir $0,3\text{--}0,75$.

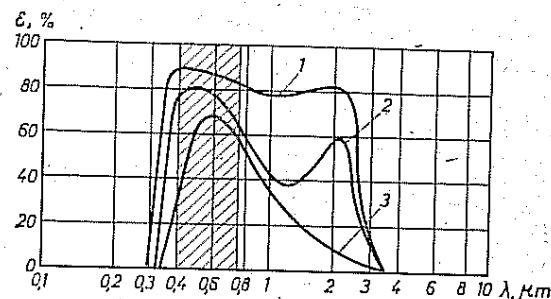
Saules starojumu atstarojošie stikli ir pārklāti ar $0,1\text{--}0,2 \mu\text{m}$ biezu metāla (zelts ar piejaukumiem) kārtiņu vai polimēru plēvi. To gaismas caurlaidība ir $0,2\text{--}0,6$, un no ārpuses tie izskatās kā spoguļi. Izgatavošanas tehnoloģija ir ļoti dārga, jo metāla kārtiņu stiklam uzsmidzina dziļā vakuumā. Neskatoties uz to, atstarojošo stiklu lietošana atmaksājas, sevišķi, ja ņem vērā, ka ziemā tie samazina ēkas siltuma zudumus, atstarojot siltumu telpā.

Atstarojošie stikli aiztur daudz lielāku infrasarkanā starojuma daļu nekā uztverošie stikli (74. zīm.).

Pagaidām šādus stiklus pie mums neražo. Tos iepērk ārzemēs.

Atstarojošo kārtiņu var uzlīmēt arī uz parastā stikla. Ražošanas apvienība «Rīgas audums» šim nolūkam ražo metalizētu polietilēna plēvi ПЭТФ, kura, ja to rūpīgi pielīmē pie stikla iekšējās virsmas ar ТФ-60 līmi, samazina siltuma pieplūdi par $20\text{--}30\%$.

Logu aizēnošana dod spēcīgu siltuma pieplūdes samazi-



74. zīm. Saules starojuma caurlaidības pakāpe δ atkarībā no starojuma viļņu garuma λ :

1 — parastajam logu stiklam; 2 — siltumu absorbējošam stiklam; 3 — siltumu atstarojošam stiklam
Iesvītrots redzamās gaismas apgabals

nājumu pie niecīgiem izdevumiem šī pasākuma realizēšanai. Ar horizontālu pajumi vai vertikālām ribām aizēnotais sienas laukums ir atkarīgs no saules augstuma $h_\odot,^\circ$ un azimuta $a_\odot,^\circ$ konkrētas dienas dotajā stundā (10.12. tab.).

10.12. tabula

Saules augstums $h_\odot,^\circ$ un azimuts $a_\odot,^\circ$ dažādiem ziemeļu platuma grādiem atkarībā no patiesā saules laika jūlijā

Saules laiks	40°		48°		56°		64°	
	$h_\odot$	$a_\odot$	$h_\odot$	$a_\odot$	$h_\odot$	$a_\odot$	$h_\odot$	$a_\odot$
6 vai 18	19	104	20	99	21	95	21	92
7 vai 17	29	93	30	87	29	82	27	79
8 vai 16	41	82	40	76	37	69	34	64
9 vai 15	52	69	49	60	45	53	40	49
10 vai 14	62	49	56	40	51	33	44	29
11 vai 13	69	20	61	16	54	12	46	10
12	70	0	62	0	54	0	46	0

Tabula sastādīta pēc formulām.

$$\sin h_\odot = \sin \varphi \sin \delta_\odot + \cos \varphi \cos \delta_\odot \cos t; \quad \sin a_\odot = \frac{\cos \delta_\odot \sin t}{\cos h_\odot}, \quad \text{kur}$$

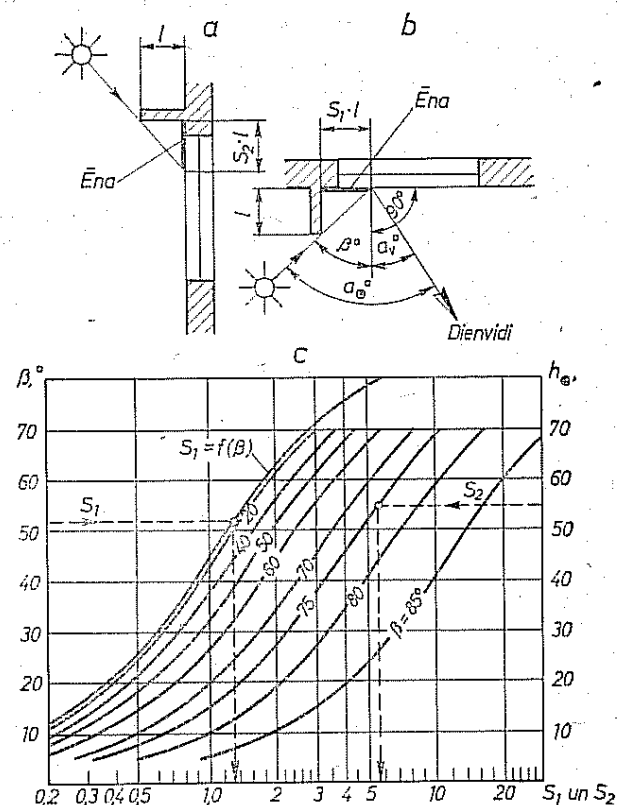
φ — ģeogrāfiskā punkta platums, $^\circ$;

$\delta_\odot$ — saules deklinācija dotajā datumā, $^\circ$; t — saules stundas leņķis, $^\circ$.

Saules deklinācija 21. jūnijā ir $23^\circ 26'$, 21. maijā un 24. jūlijā — 20° , 20. aprīlī un 23. augustā — 11° , bet 21. martā un 23. septembrī — 0° .

Stundas leņķis $t = 15 \tau$,

kur τ — patiesais saules laiks, stundās, skatot no dienas vidus.



75. zīm. Uz vertikālu virsmu krītošas ēnas garuma aprēķināšana:

a — no horizontālas nojumes; b — no vertikālas rības; c — grafiks aizēnošanas koeficientu S_1 un S_2 nolaišanai atkarībā no virsmas azimuta leņķa β un saules augstuma $h_{\odot}$.

Vertikālas virsmas azimutu a_v ,° atskaita saules virzienā no dienvidiem līdz perpendikulam pret sienu (75. zīm. b). Pēc tam aprēķina tā saukto *virsmas azimuta leņķi* $\beta = a_{\odot} \pm a_v$ (plusa zīmi liek, ja $a_{\odot} < a_v$, bet mīnusa zīmi, ja $a_{\odot} > a_v$) un pēc grafika (75. zīm. c) nolasa aizēnošanas koeficientus S_1 un S_2 .

Ēnas garumu nosaka, reizinot attiecīgo aizēnošanas koeficientu ar aizēnojošā elementa izbīdi l no sienas (75. zīm. a un b).

Aizēnotajam stiklotās virsmas laukumam siltuma pieplūdes daudzumu q_{τ} un $q_{\tau-1}$ dotajai stundai 10.7 formulā ņem no 10.6. tabulas, pareizinošus puslīdzsvarotus skaitļus ar 0,2, bet ne mazākus par vismazāko no attiecīgās rindas skaitļiem.

Zaļūzijas logiem piestiprina no iekšpuses vai ievieto starp dubultlogu stikliem. Tās samazina saules starojuma ienesto siltumu par 35 (pelēkas) līdz 45% (gaišas). Dienvidu virzienā vēršiem logiem jālieto horizontālas zaļūzijas, bet uz austrumiem vai rietumiem vēršiem logiem — vertikālas.

Gaiši aizkari no neblīva auduma samazina saules starojuma siltumu par 35%, no vidēji blīva auduma — par 45%, bet no blīva auduma — par 55%.

Par jumtu atdzesēšanas efektivitāti, pārklājot to ar ūdeni, var spriest pēc 10.3. tab. datiem. Ūdens pastāvīgi jāmaina, lai tajā nesāktu vairoties sīkbūtnes; daļa ūdens (mūsu apstākļos apmēram 7 l no 1 m² jumta diennaktī) iztvaiko. Ūdensapgādes sistēmas ierīkošana un ekspluatēšana, kā arī pastiprināta jumta hidroizolācija atmaksājas, ja ar to saistītie izdevumi ir mazāki par ekonomiju, kas rodas, samazinot gaisa kondicionēšanas sistēmu ražīgumu.

10.2.5. Gaismas ķermeņu izdalītais siltums

Ja gaismas ķermeņi atrodas telpā, tad aprēķinos pieņem, ka visa to patērētā elektroenerģija pārvēršas siltumā un ieplūst telpā. Ja gaismas ķermeņi atrodas tehniskajos būvnišos vai aiz stiklotas sienas, tad telpā starojuma veidā no

10.13. tabula

Luminiscento spuldžu enerģijas īpatnējais patēriņš, W/lx uz 100 m² grīdas laukuma

Apgaismojuma sadale, %		Telpas grīdas laukums, m ²					
		>200		50—200		<50	
uz augšu	uz leju	Telpas augstums, m					
		>4,2	<4,2	>3,6	<3,6	>3,6	<3,6
0÷10	90÷100	6,7	5,6	7,3	5,8	10,2	7,7
10÷40	60÷90	8,3	7,1	8,7	7,3	12,2	9,1
40÷60	40÷60	9,4	7,7	10,2	7,9	16,6	11,6
60÷90	10÷40	14,1	10,8	15,2	11,4	23,3	16,6
90÷100	0÷10	14,5	10,8	15,5	11,6	26,4	18,1

luminiscences spuldzēm nonāk 54%, bet no kvēlspuldzēm — 85,8% patērētās elektroenerģijas.

Ja, veicot gaisa kondicionēšanas aprēķinus, mākslīgās apgaismošanas projekts vēl nav izstrādāts, luminiscences spuldžu izdalīto siltumu aptuveni var noteikt, pareizinot celtniecības normu attiecīgajā nodaļā uzrādīto normēto apgaismojuma līmeni (luksos) ar spuldžu enerģijas īpatnējo patēriņu (10.13. tab.). Kvēlspuldžu enerģijas patēriņš ir 2,75 reizes lielāks par tabulā uzrādīto.

Telpās ar logiem mākslīgais apgaismojums dienā var būt izslēgts, tad tas nav jāpieskaita pārējiem siltuma izdalījumiem. Ieslēgšanas un izslēgšanas laiks jānoskaidro kopīgi ar tehnologiem un speciālistiem, kas izstrādā mākslīgā apgaismojuma projektu.

10.2.6. Cilvēku izdalītais siltums un mitrums

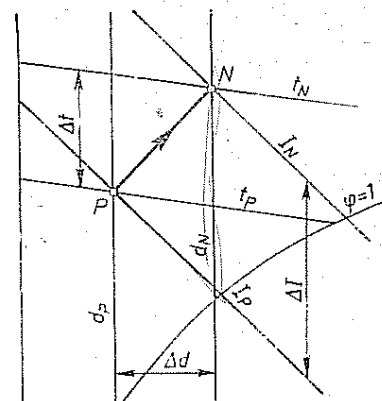
Izdalītais siltuma un mitruma daudzums ir atkarīgs no fiziskās slodzes un telpas gaisa temperatūras un mitruma. Pie gaisa relatīvā mitruma 0,3—0,6 cilvēku izdalītais siltuma un mitruma daudzums dots 10.14. tabulā.

10.14. tabula

Cilvēku izdalītais pilnais siltums Q_p , jūtamais siltums Q_j , mitrums G un izdalītais ogļskābās gāzes daudzums pie dažādām telpas gaisa temperatūrām t_T

Fiziskā slodze	t_T , °C	Q_p , W	Q_j , W	G , mg/s	CO ₂ , mg/s
Miera stāvoklīs	15	145	116	11,1	8,3
	20	116	87	11,1	
	25	93	58	13,9	
	30	93	41	20,8	
Viegls darbs	15	157	122	15,3	9,7
	20	151	99	20,8	
	25	145	64	32	
	30	145	41	42	
Vidēji smags darbs	15	209	134	30,6	11,1
	20	204	105	39	
	25	198	70	51	
	30	198	41	63	
Smags darbs	15	290	163	51	18,9
	20	290	128	66	
	25	290	93	82	
	30	290	52	99	

Tabulā uzrādītie dati atbilst vīriešiem. Sievietes izdala vidēji 85%, bet bērni — 75% siltuma, mitruma un CO₂ no tabulā uzrādītajiem.



76. zīm. Gaisa stāvokļa izmaiņu process telpās, kurās siltumu un mitrumu izdala tikai cilvēki

Kad ventilācijas un gaisa kondicionēšanas aprēķinos vēl nelietoja I - d diagrammu, cilvēku izdalīto pilno siltumu Q_p dalīja divās daļās — jūtajā Q_j , kurš paaugstina gaisa

temperatūru, un apslēptajā Q_a , kuru nevarēja tieši izmērīt. Jūtamā siltuma jēdzienu lieto arī tagad.

Telpā, kurā siltumu un mitrumu izdala tikai cilvēki, noplūdes un pieplūdes gaisa entalpiju starpība ir ΔI kJ/kg, mitruma saturu starpība — Δd g/kg, bet temperatūru starpība — Δt deg (76. zīm.). Jūtamā siltuma daudzums ir

$$Q_j = \Delta t \cdot L \text{ [W]}, \quad (10.8)$$

bet apslēptā siltuma daudzums

$$Q_a = \Delta I \cdot L - Q_j \text{ [W]}, \quad (10.9)$$

kur L — gaisa daudzums, kg/s.

Daudzos gadījumos, kad izdalītā mitruma daudzums, salīdzinot ar izdalīto kopējo siltuma daudzumu, ir niecīgs ($\epsilon > 30$), var pieņemt, ka procesa virziens telpā $\epsilon = +\infty$, un I - d diagrammā to var attēlot kā vertikālu līniju, tad cilvēku izdalīto siltuma daudzumu aprēķina pēc formulas

$$Q = Q_j \cdot n \text{ [W]}, \quad (10.10)$$

kur Q_j — viena cilvēka izdalītais jūtamais siltums, W;
 n — cilvēku skaits telpā.

Ja $\epsilon \leq 20$, tad telpas procesa virzienu I - d diagrammā attēlo ar slīpu līniju un izdalīto siltumu aprēķina pēc formulas

$$Q = Q_p n \text{ [W]}. \quad (10.11)$$

10.3. NEPIECIEŠAMĀ SISTĒMAS RAŽĪGUMA NOTEIKŠANA

Izšķir lietderīgo un pilno gaisa kondicionēšanas sistēmas ražīgumu.

Par *lietderīgo ražīgumu* L sauc gaisa daudzumu, kas izplūst cauri telpai un asimilē kaitīgos izdalījumus — siltumu, mitrumu, gāzes un putekļus. Tā kā gaisā vadi, kas savieno kondicionētāju ar telpu, zemspiediena sistēmās nav absolūti blīvi, tad daļa gaisa noplūst un tādēļ kondicionētājā sagatavotā gaisa daudzumam — *pilnajam ražīgumam* L_p jābūt lielākam.

Ja gaisa vadu garums ir līdz 50 m, tad pilno ražīgumu pieņem par 10% lielāku, bet, ja tie ir garāki, — 15% lielāku par lietderīgo ražīgumu. Zemspiediena sistēmām ar vietējiem kondicionētājiem un augstspiediena sistēmām pieņem, ka lietderīgais un pilnais ražīgums ir vienādi.

Lietderīgo ražīgumu nosaka pēc formulas (8.2) pie maksimālā kaitīgo izdalījumu daudzuma, ņemot vērā reālās pieplūdes gaisa sadalīšanas iespējas konkrētajā gadījumā (sk. grāmatas 8. nodaļu). No formulas redzams, ka lietderīgais ražīgums L ir apgriezti proporcionāls entalpiju starpībai ($I_N - I_p$), bet tā savukārt ir tieši proporcionāla temperatūru starpībai ($t_N - t_p$). Temperatūru starpība ($t_N - t_p$) jāpieņem iespējami lielāka, jo no tās ir atkarīgs gaisa kondicionēšanai patērētais siltuma, aukstuma un elektroenerģijas daudzums, kā arī sistēmas ierīkošanas izmaksa. Lietderīgais ražīgums nedrīkst būt mazāks par nepieciešamo telpā ievadāmo āra gaisa daudzumu (sk. grāmatas 10.3.2. nod.).

Pārspiediens (spiediens, kas nēdaudz pārsniedz atmosfēras spiedienu) jārada, lai telpā ar gaisa kondicionēšanu caur robežjošo konstrukciju neblīvumiem, durvīm un logiem neieplūstu āra vai blakus telpu gaiss. Lai to nodrošinātu, noplūdes ventilatora ražīgumu izvēlas mazāku nekā pieplūdes ventilatora ražīgums uz katriem 1000 m³ telpas tilpuma; telpās bez logiem un ārdurvīm 0,15 ÷ 0,25 m³/s, telpās ar logiem vienā sienā 0,3 m³/s, telpās ar logiem divās sienās 0,4 m³/s, telpās ar logiem trīs sienās 0,6 m³/s un vestibilos 0,6 ÷ 0,8 m³/s. Telpās ar ārdurvīm nepieciešamā pieplūdes un noplūdes ventilatoru ražīgumu starpība ir atkarīga no durvju tipa un to atvēršanas biežuma (10.15. tab.).

Projektēšanas praksē bieži lieto jēdzienu *gaisa apmai-*

10.15. tabula

Pārspiediena radīšanai nepieciešamais gaisa daudzums, m³/s uz katriem 100 cilvēkiem, kas iziet caur ārdurvīm stundas laikā

Cilvēku skaits, kas iziet caur durvīm stundas laikā	Parastās durvis		Durvis ar vājtveri		Rotējošas durvis	
	vienas	vairākas	vienas	vairākas	vienas	vairākas
<100	0,09	0,13	0,07	0,1	0,02	0,03
100 ÷ 700	0,09	0,13	0,07	0,1	0,02	0,03
700 ÷ 1400	0,09	0,13	0,06	0,1	0,01	0,02
1400 ÷ 2100	0,08	0,11	0,06	0,09	0,01	0,01

Āra biežums — sistēmas lietderīgā ražīguma, izteikta m³/h, attiecība pret telpas tilpumu. Nepieciešamo gaisa apmaiņas biežumu uzrāda normatīvajos dokumentos telpām, kurās kaitīgo izdalījumu daudzumu nevar aprēķināt.

10.3.1. Āra gaisa aplēses parametru noteikšana

Celtniecības normās [32] uzrādīti divi dažādi āra gaisa aplēses parametri: *parametri B*, kurus parasti lieto gaisa kondicionēšanas aprēķinos, un *parametri B*, kuru lietošana jāpamato ar tehniski-ekonomiskiem aprēķiniem vai tehnoloģijas prasībām (10.16. tab.).

Gaisa kondicionēšanas sistēma, kuras ražīgums ir izvēlēts, pamatojoties uz parametriem B , var nodrošināt vēlamos gaisa parametrus telpā visu gadu bez jebkādam atkāpēm. Aprēķins pēc parametriem B pieļauj noteiktas atkāpes no vēlamās telpas gaisa temperatūras un mitruma ziemas aukstākajās un vasaras karstākajās dienās.

Vasarā āra gaisa entalpija var būt augstāka par parametru B ailē uzrādīto ne ilgāk kā 200 stundas, bet āra gaisa temperatūra mūsu republikas apstākļos pārsniedz uzrādīto apmēram 300 stundas. Ziemā āra gaisa parametri var būt zemāki par parametriem B salīdzinoši uz ļoti īsu laiku.

Āra gaisa entalpijai pārsniedzot aplēses entalpiju, sistēmas aukstuma ražīgums nav pietiekams, lai nodrošinātu nepieciešamo gaisa mitruma satura pazemināšanu, un telpā paaugstinās gaisa mitrums, bet, āra gaisa temperatūrai

Āra gaisa aplēses barometriskais spiediens B , temperatūra t_A un entalpija I_A dažiem ģeogrāfiskiem punktiem vasarā (augšā) un ziemā (apakšā)

Pilsēta	B , bar	Parametri B			Pilsēta	B , bar	Parametri B			Pilsēta	B , bar	Parametri B		
		t_A , °C	I_A , kJ/kg	t_A , °C			t_A , °C	I_A , kJ/kg	t_A , °C			t_A , °C	I_A , kJ/kg	t_A , °C
Daugavpils	1,01	26,6 -27	54,0 -19,7	36 -43	62,0 -38,1	0,93	34,8 -25	54,4 -23,4	42 -38	Leņģingrada	1,01	26,8 -25	50,2 -23,0	33 -35
Gulbene		27,2 -25		34 -39		0,97	41,5 -11	62,4 -8,4	47 -24	Maskava	0,99	30,2 -25	51,0 -25,1	38 -40
Jelgava		28,0 -20		35 -34		1,01	34,2 -4	69,5 +2,5	40 -13	Minska	0,99	28,6 -25	51,5 -20,9	35 -39
Liepāja	0,99	26,2 -18	52,3 -15,5	34 -33	60,3 -33,1	0,91	40,2 -14	62,4 -7,1	43 -29	Pērnavā	0,99	27,5 -22	53,2 -20,1	35 -35
Priekule		27,2 -24		34 -38		0,91	35,5 -19	56,6 -16,3	41 -31	Tallina	1,01	26,0 -21	49,0 -20,1	33 -32
Rīga	1,01	27,2 -20	51,5 -17,6	34 -35	66,6 -30,5	0,93	35,4 -23	57,8 -20,1	42 -36	Tartu	0,99	27,9 -23	51,1 -20,9	35 -35
Taurupe		26,7 -25		34 -37		0,99	28,1 -20	50,7 -18,8	35 -36	Taškenta	0,95	38,2 -15	61,5 -11,3	44 -30
Valka		27,2 -25		34 -39		0,99	31,4 -21	55,7 -20,1	39 -32	Tbilisi	0,95	34,4 -7	61,5 -3,6	40 -23
Ventspils	0,99	26,7 -18	52,8 -15,5	35 -32	61,5 -31,8	0,99	32,5 -15	58,2 -14,2	39 -32	Vilņa		28,3 0,99	51,9 -19,7	35 -37

pārsniedzot aplēses temperatūru, nepietiekama sistēmas gaisa ražīguma dēļ paaugstinās telpas temperatūra.

Lai noteiktu, cik ilgi novēros dažāda lieluma atkāpes no vēlamajiem gaisa parametriem telpā un kādas būs to maksimālās vērtības, parasti trūkst datu. To iespaido ēkas konstrukciju un telpā izvietoto iekārtu masivitāte, gaisa kondicionēšanas sistēmas atsevišķu elementu un automātiskās regulēšanas sistēmas dinamiskais raksturojums, kā arī āra gaisa parametru diennakts izmaiņu straujums.

Sabiedriskajām ēkām, kurās pielieto darba zonas gaisa temperatūras autokorekciju atkarībā no āra gaisa temperatūras, aplēses I_A jāizvēlas lielāka par celtniecības normās uzrādīto saskaņā ar autora izstrādāto metodiku.¹

Ja paredzams, ka sistēma darbosies tikai daļu diennakts (piemēram, vakarā), tad, izmantojot sīkākus datus par t_A un φ_A izmaiņām diennakts laikā (sk. 11. un 12. piel.), aplēses I_A var izvēlēties mazāku par celtniecības normās uzrādīto ar tādu aprēķinu, lai āra gaisa entalpija nepārsniegtu to vairāk par $200 \cdot \left(\frac{\tau}{24}\right)$ h gadā, kur τ — sistēmas darbības laiks diennaktī (h).

Arī sistēmām ar otro recirkulāciju un sistēmām, kuras regulē pēc optimālo režīmu metodes, atsevišķos gadījumos I_A var izvēlēties mazāku par celtniecības normās uzrādīto. Lai to pamatotu, $I-d$ diagrammā konstruē aplēses klimata augšējo robežu, virs kuras atrodas āra gaisa parametri, pie kuriem izvēlētais sistēmas gaisa un aukstuma ražīgums nav pietiekams, lai telpā nodrošinātu vēlamos gaisa parametrus [16]. Pēc tam pēc $t-\varphi$ diagrammas (sk. 10. piel.) izvēlas I_A vērtību.

10.3.2. Nepieciešamais āra gaisa daudzums

No sanitāri higiēniskā viedokļa lietot gaisa recirkulāciju nav vēlams. Tomēr to lieto, lai samazinātu ar gaisa kondicionēšanu saistītos sākotnējos un ekspluatācijas izdevumus.

¹ Sk. rakstu Креслин А. Я. Особенности проектирования систем кондиционирования воздуха с автокоррекцией по температуре наружного воздуха. — «Вентиляция и кондиционирование воздуха», сб. № 4, 1972.

Taisnplūsmas sistēmas lieto atsevišķās sabiedrisko ēku telpās (sk. grāmatas 10.4. nod.) un rūpnīcu telpās, kuru gaisā ir indīgās gāzes, tvaiki un putekļi, asas, nepatīkamas smakas, kā arī ugunsgrēku nedrošās *A* un *B* kategorijas telpās. Indīgo gāzu, tvaiku un putekļu sarakstu var atrast sanitārajās normās [28], bet telpu iedalījumu ugunsgrēka nedrošības kategorijās — attiecīgajā celtniecības normu nodaļā.

Visos pārējos gadījumos recirkulācija jālieto.

Nepieciešamais minimālais āra gaisa daudzums uz 100 cilvēkiem:

rūpnīcu telpās ar logiem, ja uz vienu cilvēku ir $20 \div 40 \text{ m}^3$ telpas, — $0,56 \text{ m}^3/\text{s}$;

rūpnīcu telpās ar logiem, ja uz vienu cilvēku ir mazāk par 20 m^3 , — $0,83 \text{ m}^3/\text{s}$;

rūpnīcu telpās bez logiem — $1,1 \text{ m}^3/\text{s}$, bet ne mazāk par 10% no sistēmas ražīguma;

sabiedrisko ēku telpās, kurās nav atļauts smēķēt, — $0,7 \text{ m}^3/\text{s}$;

sabiedrisko ēku telpās, kurās ir atļauts smēķēt, — $1 \div 2 \text{ m}^3/\text{s}$, atkarībā no smēķētāju skaita.

Teātros, kinoteātros, konferenču zālēs un citās tamlīdzīgās telpās pie maksimāli iespējamā cilvēku skaita nepieciešamais āra gaisa daudzums parasti ir apmēram vienāds ar sistēmas gaisa ražīgumu. Tomēr recirkulācijas iespēju ieteicams paredzēt gadījumiem, kad telpa nav pilna ar cilvēkiem. Tas praktiski nepalielina sākotnējos izdevumus, bet var dot jūtamu siltuma un aukstuma ietaupījumu sistēmu ekspluatēšanas gaitā.

Recirkulācijas daudzumu ierobežo apsvērumi, kas saistīti ar primārā kalorifera aizsalšanas iespēju (sk. grāmatas 6.2. nod.).

Bez tam āra gaisa daudzumam jābūt pietiekamam, lai uzturētu telpā pārspiedienu un lai kompensētu caur vietējām nosūcēm un pneimotransporta sistēmām aizvadīto noplūdes gaisu.

Minimālā nepieciešamā āra gaisa daudzuma attiecību pret sistēmas ražīgumu *Z* sauc par *sanitārās normas koeficientu*. Taisnplūsmas sistēmām $Z=1$, bet sistēmām ar recirkulāciju $Z<1$.

10.3.3. Maksimālā aukstuma patēriņa noteikšana

Gaisa kondicionēšanas sistēmu saldēšanas mašīnas, neskatoties uz to izbūves lielajiem kapitālieguldījumiem, lielāko gada daļu nedarbojas (ja tās neizmanto kā siltuma sūkņus), bet ar maksimālo ražīgumu strādā ne vairāk par 200 stundām gadā tad, kad āra gaisa entalpija ir vienāda vai augstāka par pieņemto aplēses entalpiju I_A (sk. grāmatas 10.3.1. nod.).

Taisnplūsmas sistēmām un sistēmām ar recirkulāciju, ja $I_A < I_R$, maksimālais aukstuma patēriņš

$$Q = (I_A - I_K) L \text{ [kW]}, \quad (10.12)$$

bet sistēmām ar recirkulāciju, ja $I_A > I_R$ —

$$Q = [I_A - (I_A - I_R) Z - I_K] L \text{ [kW]}, \quad (10.13)$$

kur I_K — gaisa entalpija pēc atdzesēšanas sprauslu kamerā vai virsmas dzesētājā, kJ/kg,

I_R — recirkulācijas gaisa entalpija, kJ/kg,

Z — sanitārās normas koeficients (sk. iepriekšējo nod.),

L — sistēmas pilnais gaisa ražīgums (sk. grāmatas 10.3. nod.).

10.4. GAISA KONDICIONĒŠANAS SISTĒMU IPATNĪBAS

Sajā nodaļā doti norādījumi par gaisa kondicionēšanas sistēmu ierīkošanu saskaņā ar celtniecības normām [32] un 1973. g. Rostovā pie Donas notikušās VI Vissavienības konferences rekomendācijām.

10.4.1. Dzīvojamās ēkas

Gaisa kondicionēšanu dzīvojamās ēkās plaši lieto tikai ASV, kur 1972. gadā tā bija ierīkota 35% individuālo un 85% daudzstāvu dzīvojamo ēku. Rietumeiropas valstīs gaisa kondicionēšanas iespējas dzīvojamās ēkās tikai tagad sāk apspriest.

Pamatojoties uz centralizētas aukstumapgādes sistēmām, masveidīga gaisa kondicionēšanas sistēmu ierīkošana paredzēta PSRS dienvidu republiku jaunajās dzīvojamās ēkās.

Dzīvojamo ēku sistēmām jābūt sevišķi ekonomiskām un vienkārši apkalpojamām, tās nedrīkst radīt troksni. Vie-

nīgais pašreiz ražotais pēc ražīguma piemērotais autonomais kondicionētājs «Азербайджан-4» neatbilst šiem noteikumiem, un tas ļoti bojā ēkas fasādi — to uzstāda logā vai ārā sienā un puse no tā tiek izbīdīta uz āru.

Tuvākajā laikā vairākas mūsu valsts rūpnīcas sāks ražot piemērotākus autonomos kondicionētājus. To uzstādīšanu ēkās (izņemot dienvidu republikas) projektos neparedzēs, bet iedzīvotāji tos varēs iegādāties. Autonomais kondicionētājs patērē vairāk elektroenerģijas nekā saldējamais skapis, elektropilns un pārējie sadzīves elektroaparāti kopā. Sakarā ar to vecajās ēkās instalācija un elektroenerģijas skaitītāji neļauj masveidā pielietot kondicionētājus.

Dienvidu republiku projektētāji orientējas galvenokārt uz daudzzonu viencaurules sistēmām, kombinējot tās ar sienās iebūvētām dzesējošām virsmām. Paredzēts nodrošināt tikai komforta temperatūru telpai un robežojošām konstrukcijām, jo gaisa mitruma regulēšana daudzzonu sistēmās grūti realizējama.

10.4.2. Administratīvās ēkas un viesnīcas

Gaisa kondicionēšana šī tipa ēkās jāierīko, ja tās atrodas pilsētas centrā, tuvu dzelzceļa stacijām, autostacijām vai aerodromiem, kā arī visās starptautiskās klases un kurortu viesnīcās neatkarīgi no to novietojuma.

Bez tam saskaņā ar pagaidu celtniecības normām CH 400-69 gaisa kondicionēšanas sistēmas administratīvajās ēkās var lietot visos gadījumos, kad papildu izdevumus, kas saistīti ar to ierīkošanu, kompensē darba algas ekonomija, kuru iegūst, paaugstinoties darba ražīgumam un samazinoties nelietderīgiem darba laika zudumiem (piemēram, smēķēšana ārpus darba telpas).

Minimālais āra gaisa daudzums, kas jāievada telpā: viesnīcās — $21 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ uz vienu cilvēku, administratīvajās ēkās — $14 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ uz vienu darbinieku un $8,3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ uz vienu apmeklētāju.

Ieteicams lietot taisnplūsmas daudzzonu vienkānāla sistēmas ar ežekcijas tipa pielāgotājiem vai divkānālu sistēmas ar automātisku temperatūras regulēšanu atsevišķi katrā telpā.

Telpas, kuras ir dziļākas par 6 m, jāsadala divās zonās — perimetrālajā un vidus zonā. Perimetrālo zonu

apkalpo daudzzonu sistēma ar pielāgotājiem zem logiem, bet vidējo zonu — vienkānāla sistēma ar gaisa sadalītājiem griestos.

Ipatnējie aukstuma patēriņi q samazinās, pieaugot kopējam ēkas kondicionēto telpu tilpumam V :

V , tūkst. m^3	0,105	0,1	1	10	100
q , W/m^3	60 ÷ 90	45 ÷ 70	32 ÷ 40	26 ÷ 31	23 ÷ 28

10.4.3. Slimnīcas

Gaisa kondicionēšana jāparedz operāciju zālēs un palātās. Operāciju zālēs kondicionētā gaisa daudzumu aprēķina aparātūras un apgaismojuma izdalītā siltuma asimilēšanai. Lai nodrošinātu pārspiedienu, pieplūdei jābūt par 25% lielākai nekā noplūde. Sakarā ar to, ka telpā izdalās anestetējošo vielu tvaiki, noplūdes gaisu izvada no apakšējās zonas (66 ÷ 75%) un augšējās zonas (25 ÷ 34%). Telpā pastāvīgi uztur relatīvo mitrumu vismaz 55%, lai novērstu eksplozijas iespēju no statiskās elektrības dzirkstelēm. Pieplūdes gaisu ieteicams ievadīt tieši virs operāciju galda caur perforētu paneli un caur spraugu pa panela perimetru. Pieplūdes gaisa attīrīšanai jālieto ФПНН tipa filtri, elektrostatiskie filtri un ultravioletā starojuma bakteriocīdās spuldzes. Gaisa vadus aiz filtra izgatavo no nerūsējošā tērauda un rūpīgi hermetizē. Ja kondicionētājs novietots virs operāciju zāles, tad aiz filtra jāparedz automātisks gaisa vārsts, ar kuru novērš iespēju gaisam, kad kondicionētājs nedarbojas, plūst pretējā virzienā un piesārņot filtrējošo materiālu.

Slimnīcās ar divām trim operāciju zālēm ieteicams lietot specializētus autonomos kondicionētājus, bet slimnīcās ar daudzām operāciju zālēm — daudzzonu vienkānāla sistēmas ar atsevišķiem pielāgotājiem katrai operāciju bloka telpai (operāciju zāle, narkozes telpa, pirmsoperācijas palāta). Pielāgotajos gaiss jāuzsilda līdz vēlamajai temperatūrai un jāattīra no baktērijām, bet pilnīgākās sistēmās jāparedz arī atdzesēšana, sausināšana un mitrināšana.

Specifiskās smakas likvidēšanai minimālais palātās ievadāmā āra gaisa daudzums uz vienu slimnieku vasarā ir $20 \cdot 10^{-3} \div 30 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$, bet ziemā — $11 \cdot 10^{-3} \div$

$\div 14 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$. Gaisa kondicionēšanas sistēmām jānodrošina individuāla temperatūras regulēšana katrā palātā, pēc iespējas vienmērīga pieplūdes gaisa sadale, iespēja viegli notīrīt visas virsmas, minimāla apkalpošana tieši palātās un pilnīgi jāizslēdz iespēja gaisam pārplūst no vienas palātas uz otru. Infekcijas slimnieku palātu noplūdes gaisu pirms izvadīšanas atmosfērā nepieciešams dezinficēt ar bakteriocidām spuldzēm vai augstu temperatūru.

10.4.4. Skaitļošanas centri

Gaisa kondicionēšana jāparedz ESM mašīnzālē, datu sagatavošanas un programmu sastādīšanas, dokumentācijas pieņemšanas un uzglabāšanas, kontroles un mērinstrumentu glabāšanas un remontdarbu telpās, arhīvā, tehnisko informācijas nesēju noliktavās, kā arī personāla atpūtas telpās.

Visās telpās jāuztur komfortabla gaisa temperatūra un relatīvais mitrums $0,55 \pm 0,05$. Mašīnu statnēs ievadītā gaisa temperatūrai jābūt $14 \div 18^\circ\text{C}$, bet relatīvajam mitrumam — $0,75 \div 0,9$; nepieciešamo gaisa daudzumu aprēķina tā, lai relatīvais mitrums gaisam, kas izplūst no mašīnas, būtu $0,45 \div 0,6$ un lai ieplūstošā un izplūstošā gaisa temperatūru starpība nepārsniegtu 10°C .

Putekļu saturs gaisā nedrīkst pārsniegt mašīnzālē $1 \text{ mg}/\text{m}^3$ pie maksimālā putekļu izmēra $5 \mu\text{m}$, bet zonā, kur novietota atmiņa uz lentēm un diskiem, — $0,3 \text{ mg}/\text{m}^3$ pie maksimālā putekļu izmēra $3 \mu\text{m}$.

Minimālais ievadāmā āra gaisa daudzums ir $17 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ uz vienu cilvēku, bet ne mazāks par divkārtu gaisa apmaiņu stundā.

Gaisu tiešai tehnisko līdzekļu dzesēšanai ieteicams ievadīt caur dubultgrīdu, uz kuras uzstādītas ESM.

Pieplūdes gaisa attīrīšanu veic divpakāpju sintētiskas šķiedras un elektrostatiskajos filtros. Eļļas filtrus nav atļauts lietot, jo nav izslēgta eļļas pilieniņu nosēšanās uz magnētiskajām lentēm.

Gaisa mitrināšanai jālieto tvaiks vai atsāļots ūdens. Ūdens pilieniņi, nokļūstot uz kontaktiem, atstāj pēc iztvaikošanas sāļus, kuri paātrina koroziju.

Vispiemērotākie mašīnzālēm ir specializētie autonomie

kondicionētāji, bet pārējām telpām — daudzzonu vienkāršā sistēmas ar atsevišķiem temperatūras pielāgotājiem.

Projektējot kondicionēšanas sistēmu, jāparedz ražīguma rezerve gadījumiem, kad palielina mašīnu skaitu vai esošās mašīnas nomaina ar cita tipa ESM. Sevišķi atbildīgos skaitļošanas centros paredz avārijas rezervi no 50 līdz 100% no nominālā gaisa un aukstuma ražīguma.

11. GAISA KONDICIONĒŠANAS SISTĒMU EKONOMIKA

Tehniski ekonomiskie aprēķini, kas saistīti ar gaisa kondicionēšanas ierīkošanu sabiedriskajās un rūpniecības ēkās, risina trīs principiāli atšķirīgus uzdevumus:

1) nosaka konkrētas, iepriekš izvēlētas gaisa kondicionēšanas sistēmas izbūves un ekspluatācijas izmaksas;

2) pieņemot, ka gaisa kondicionēšanas nepieciešamība ir pierādīta (vai noteikta normatīvajos dokumentos), salīdzina dažādus iespējamus tehniskos risinājumus, lai atrastu vislētāko no tiem;

3) aprēķina ekonomisko efektu, ko dod gaisa kondicionēšana konkrētā gadījumā, un vai iegūtā ekonomija kompensēs papildu izdevumus, kas saistīti ar gaisa kondicionēšanas izbūvi.

Šajā grāmatas nodaļā doti daži dati, kurus var izmantot pirmprojekta un tehniskā projekta izstrādāšanas stadijā. Papildu materiālus var atrast speciālajā literatūrā [7, 12, 16, 21, 25, 26, 27].

11.1. KAPITĀLIEGULDĪJUMU APTUVENA NOTEIKŠANA

Kapitālieguldījumus gaisa kondicionēšanas sistēmu izbūvei nosaka pēc formulas

$$K = K_1 + K_2 + K_3 + K_4 + K_5 \quad [\text{tūkst. rb.}], \quad (11.1)$$

kur K_1 — sistēmu izbūves izmaksa, tūkst. rb.,

K_2 — izdevumi sistēmu pirmreizējai palaišanai un noregulēšanai, tūkst. rb.,

K_3 — ēkas papildu platības, kuru aizņem kondicionēšanas sistēma, izbūves izmaksa, tūkst. rb.,

K_4 — aukstumaapgādes sistēmas un aukstuma avota izmaksas daļa, proporcionāla ēkas patērētajam aukstuma daudzumam, tūkst. rb.,

K_5 — siltumaapgādes sistēmas un siltuma avota izmaksas daļa, proporcionāla ēkas patērētajam siltuma daudzumam, tūkst. rb.

Aptuveniem aprēķiniem var pieņemt, ka vidējais gaisa apmaiņas biežums telpās ar gaisa kondicionēšanu ir 12 reizes stundā (patiesībā var būt robežās no 5 līdz 20). Tad nepieciešamais kopējais gaisa kondicionēšanas sistēmas ražīgums

$$L = \frac{12}{3600} V_T \quad [\text{m}^3/\text{s}], \quad (11.2)$$

kur V_T — visu kondicionējamo telpu kopējais tilpums, m^3 .

Rūpniecības ēkās kopējie kapitālieguldījumi parasti ir robežās 0,01 ÷ 0,05 kap. uz m^3/s , bet vidēji — 0,015 kap. uz m^3/s .

Teātros, restorānos, konferenču zālēs un tamlīdzīga rakstura telpās kopējie kapitālieguldījumi ir apmēram 30 rb. uz vienu skatītāju vai apmeklētāju. Ja ir zināms kondicionētāja tips un to skaits, tad var izmantot 11.1. tabulas datus.

11.1. tabula

Aptuveni kapitālieguldījumi uz vienu centrālo sekciju kondicionētāju, tūkst. rb.

Kondicionētāja tips	Iekārtas iegāde	Iekārtas uzstādīšana	Aizņemtās telpas izmaksa	Kopā
KД-10	1,9	2,0	3,2	7,1
KД-20	2,2	2,6	3,6	8,4
KT-30	4,6	1,8	3,7	10,1
KT-40	4,9	2,0	4,0	10,9
KT-60	6,6	3,5	5,2	15,3
KT-80	7,2	4,0	6,7	17,9
KT-120	8,1	8,7	7,5	24,3
KT-160	8,6	8,9	9,9	27,4
KT-200	10,3	11,1	12,1	33,5
KT-240	12,7	13,1	13,2	39,0

Salīdzināšanas mašīnu aptuvena izmaksa, rb. uz 1 kW ražīguma: mazākām un vidējām freona mašīnām — 120 ÷ 160, lielām freona mašīnām — ap 90, mazām un vidējām amonjaka mašīnām — 25 ÷ 40, lielām amonjaka mašīnām — 20 ÷ 28, mazām un vidējām tvaika ežekcijas mašīnām — 12 ÷ 16, lielām tvaika ežekcijas mašīnām — ap 22.

11.2. EKSPLOATĒŠANAS IZDEVUMU APRĒĶINĀŠANA

Ekspluatēšanas izdevumus nosaka pēc formulas

$$C = C_{am} + C_{t,r} + C_{d,a} + C_a + C_s + C_e + C_{\bar{u}} \text{ tūkst. rbļ.}, \quad (11.3)$$

- kur C_{am} — amortizācijas izdevumi, kas sastāv no atskaitījumiem kapitālremontam un sistēmu atjaunošanai, tūkst. rbļ.,
 $C_{t,r}$ — izdevumi sistēmas tekošajam remontam un uzturēšanai darba kārtībā, tūkst. rbļ.,
 $C_{d,a}$ — izdevumi apkalpojošā personāla darba algām, tūkst. rbļ.,
 $C_a, C_s, C_e, C_{\bar{u}}$ — gada laikā patērētā aukstuma, siltuma, elektroenerģijas un ūdens izmaksa, tūkst. rbļ.

Amortizācijas izdevumus C_{am} pieņem % no sākotnējās izmaksas atsevišķiem sistēmu elementiem: cauruļvadiem — 3,3, temperatūras pielāgotājiem — 4, centrālajiem sekciju kondicionētājiem un gaisa vadiem — 5, neautonomajiem bloku kondicionētājiem, filtriem — 6,6, ventilatoriem; sūkņiem, automātiskās regulēšanas un kontroles iekārtām — 10, autonomajiem kondicionētājiem — 12,5, absorbcijas

11.2. tabula

Normētais laiks gaisa kondicionēšanas sistēmu tekošajam remontam un uzturēšanai darba kārtībā, cilvēkdienas mēnesī

Kondicionētāja raksturojums	Kondicionētāja ražīgums, m ³ /s	Sistēmas apkalpošanai, pie gaisa sadalītāju skaita			Automātiskās regulēšanas iekārtu apkalpošanai	
		līdz 10	līdz 50	vairāk par 50	pieņemamā	elektriskā
Centrālie kondicionētāji	<6	3	4	5	3,5	4
	6÷12	3,5	4,5	5,5	4	4,5
	12÷28	4	5	6	4,5	5
	>28	4,5	5,5	6,5	5	5,5
Vietējie neautonomie	<0,6	1	—	—	1	1,5
	0,6÷1,4	2	—	—	1,5	2
	>1,4	3	—	—	2	2,5
Vietējie autonomie	<0,6	2	—	—	1,5	2
	0,6÷1,4	3	—	—	2	2,5
	>1,4	4	—	—	2,5	3

Ja ēkā ir 2÷10 sistēmas, jālieto korekcijas koeficients 0,8, bet pie vairāk par 10 sistēmām — 0,6.

Importa kondicionētāju apkalpošanai jālieto korekcijas koeficients 1,2.

saldēšanas mašīnām — 14,4, kompresijas saldēšanas mašīnām — 19,4, armatūrai uz cauruļvadiem — 20.

Izdevumus sistēmu tekošajam remontam un uzturēšanai darba kārtībā aprēķina pēc formulas

$$C_{t,r} = n_g \cdot r \cdot a_{t,r} \text{ [tūkst. rbļ.]}, \quad (11.4)$$

- kur n_g — sistēmas darbības ilgums, mēnešos gada laikā,
 r — normētais laiks, cilvēkdienās mēnesī (11.2. un 11.3. tab.),
 $a_{t,r}$ — vienas cilvēkdienas izmaksa, ierēķinot materiālus; to pieņem 8 rbļ. uz cilvēkdienu.

11.3. tabula

Normētais laiks saldēšanas mašīnu tekošajam remontam un uzturēšanai darba kārtībā, cilvēkdienas mēnesī

Saldēšanas mašīnas ražīgums, kW	Tehnoloģiskās daļas apkalpošanai	Automātiskās regulēšanas iekārtu apkalpošanai
<6	1	0,9
6÷12	1,5	1,1
12÷23	2	1,3
23÷58	2,5	1,5
58÷175	3	1,7
175÷350	3,5	1,9
>350	4	2,1

Izdevumus apkalpojošā personāla darba algām nosaka pēc formulas

$$C_{d,a} = n_m \cdot N_s \cdot a_{d,a} \text{ [tūkst. rbļ.]}, \quad (11.5)$$

- kur n_m — maiņu skaits dienā,
 N_s — normētais apkalpojošā personāla skaitliskais sastāvs; pieņem 0,15 cilvēku maiņā uz vienu gaisa kondicionēšanas sistēmu ar centrālu kondicionētāju; vietējiem kondicionētājiem $N_s = 0$,
 $a_{d,a}$ — apkalpojošā personāla darba algas fonds; to pieņem 1,1÷1,5 tūkst. rbļ. uz vienu cilvēku gadā.

Patērētā aukstuma, siltuma, elektroenerģijas un ūdens izmaksas aprēķina [21], pamatojoties uz klimatoloģijas datiem (sk. 10., 11. un 12. piel.).

Orientējoši skaitļi par vienkanāla zemspiediena gaisa kondicionēšanas sistēmas siltuma, aukstuma un elektroenerģijas patēriņiem gada laikā doti 11.4. tabulā. Tabulas dati iegūti aprēķinu ceļā, pieņemot rūpniecības un

11.4. tabula

Ipatnējais siltuma, aukstuma un elektroenerģijas gada patēriņš uz 1 m³/s gaisa kondicionēšanas sistēmas ražīguma pie nepārtrauktas darbības visu gadu un visu diennakti

Geogrāfiskais punkts	Ēkas raksturojums	Sistēmas raksturojums	Siltums, kW h	Aukstums, kW h	Elektroenerģija, W h
Ašhabada	Rūpniecības	Ar recirkulāciju	53,6/15,5	37,3/25,0	1,98/1,97
	Sabiedriskā	Taisnplūsmas Ar recirkulāciju	156/148 102/16,7	51,0/43,3 14,7/9,9	1,98/1,97 1,94/1,89
Rīga	Rūpniecības	Taisnplūsmas Ar recirkulāciju	129/79,8 77,5/40,6	14,2/10,9 12,6/5,3	1,94/1,91 1,94/1,92
	Sabiedriskā	Taisnplūsmas Ar recirkulāciju	261/248 146,6/40,2	15,3/11,4 0,8/0,67	1,94/1,93 1,90/1,83
Maskava	Rūpniecības	Taisnplūsmas Ar recirkulāciju	210/167 129/57,8	0,8/0,59 23,9/16,5	1,90/1,84 1,96/1,94
	Sabiedriskā	Taisnplūsmas Ar recirkulāciju	343/334 193/54,4	34,7/28,6 10,2/6,9	1,96/1,95 1,95/1,86
		Taisnplūsmas	279/226	9,3/7,6	1,95/1,88

Skaitlītājā uzrādīti īpatnējie patēriņi sistēmām, kuras regulē pēc rāsas punkta metodes, bet saucējā — pēc optimālo režīmu metodes.

sabiedriskajai ēkai sekojošus datus: telpas gaisa temperatūru — 21 °C un 19 ÷ 25 °C, relatīvais mitrums — 0,6 un 0,4 ÷ 0,6, īpatnējais telpas termiskais raksturojums — 0,70 un 0,41 kW/(m³ deg), gaisa apmaiņas biežums — 10 un 5, izdalītā siltuma daudzums — 1,6 un 0,9 kW uz 1 kg kondicionētā gaisa, izdalītā mitruma daudzums — 0,014 un 0,056 mg/s uz 1 kg kondicionētā gaisa, sanitārās normas koeficients — 0,2, mitrināšanas koeficients politropiskā režīmā — 1,2 kg/kg, bet adiabatiskā režīmā — 0,5.

Izmantojot 11.4. tabulas datus, aprēķināti vidējie gaisa kondicionēšanas sistēmu ekspluatācijas izdevumi un kondicionētā gaisa pašizmaksa (11.5. tab.). Aprēķinos visām PSRS enerģētiskajām sistēmām pieņemti vidējie aritmētiskie tarifi: cena par siltuma 1 kW·h — 33,5 kap., elektroenerģijas cena rūpniecības ēkām par 1 kW apmaksājamās jaudas — 14,35 rbl. un 0,8 kap. par 1 kW h, sabiedriskajām ēkām par 1 kW·h 2,39 kap. Aukstuma pašizmaksa

11.5. tabula

Ipatnējie ekspluatācijas izdevumi C uz 1 m³/s gaisa kondicionēšanas sistēmas ražīguma un 1 milj. m³ kondicionētā gaisa pašizmaksa A

Geogrāfiskais punkts	Ēkas raksturojums	Sistēmas raksturojums	C, rbl. gadā	A, rbl.
Ašhabada	Rūpniecības	Ar recirkulāciju	97/80	39,8/32,8
	Sabiedriskā	Taisnplūsmas Ar recirkulāciju	132/125 100/75	53,8/51,3 41,1/30,8
Rīga	Rūpniecības	Taisnplūsmas Ar recirkulāciju	106/92 87/73	43,4/37,6 35,7/30,0
	Sabiedriskā	Taisnplūsmas Ar recirkulāciju	135/130 103/75	55,6/53,5 42,4/30,7
Maskava	Rūpniecības	Taisnplūsmas Ar recirkulāciju	117/109 108/85	48,8/44,6 44,2/34,9
	Sabiedriskā	Taisnplūsmas Ar recirkulāciju	169/163 121/82	69,7/67,2 49,9/33,9
		Taisnplūsmas	143/127	58,5/52,2

Skaitlītājā uzrādītas C un A vērtības sistēmām, kuras regulē pēc rāsas punkta metodes, bet saucējā — pēc optimālo režīmu metodes.

rūpniecības ēkām par 1 kW·h 69 kap., bet sabiedriskajām ēkām par 1 kW·h — 81 kap. Amortizācijas izdevumi pieņemti 11,5% no sistēmas un automatiskās regulēšanas iekārtu izmaksas un 2,5% no telpu izmaksas.

Tāda tarifu nivelēšana ļauj novērtēt klimatoloģisko faktoru ietekmi uz sistēmu ekspluatācijas izdevumiem un kondicionētā gaisa pašizmaksu. Ja pieņem faktiskos konkrētā enerģētiskajā sistēmā pastāvošos tarifus, tad izrādās, ka tie ekspluatācijas izdevumus ietekmē vairāk nekā klimats. Tas ir saprotams, ja ņem vērā, ka 1 kW·h siltuma enerģijas cena svārstās no 12,3 kap. (Lvovenergo) līdz 55,5 kap. (Smolenskenergo), bet 1 kW·h elektroenerģijas cena vēl plašākās robežās — no 0,76 kap. (Azenergo) līdz 5,6 kap. (Latvenergo).

Dažādu gaisa kondicionēšanas sistēmu kapitālieguldījumi un ekspluatācijas izdevumi salīdzinājumā ar vienkāršā zemspiediena sistēmas ekonomiskajiem rādītājiem doti 11.6. tabulā.

11.6. tabula

Kapitālieguldījumu un ekspluatācijas izdevumu salīdzinājums dažādām gaisa kondicionēšanas sistēmām

Sistēmas raksturojums	Kapitālieguldījumi, %	Ekspluatācijas izdevumi, %
Vienkanāla zemspiediena	100	100
Ar autonomiem kondicionētājiem	103 ÷ 105	87 ÷ 120
Ar ežekcijas tipa temperatūras pielāgotājiem	131 ÷ 145	100,7 ÷ 103
Divkanālu augstspiediena	150 ÷ 160	109 ÷ 135

12. GAISA KONDICIONĒŠANAS SISTĒMU REGULĒŠANA UN APKALPOŠANA

Pirms sistēmu nodošanas ekspluatācijā montāžas organizācija tās pārbauda un vienlaicīgi veic iepriekšējo regulēšanu.

Pēc tam kad sistēma ir nodota ekspluatācijā, specializētas organizācijas veic to galīgo regulēšanu. Dažreiz arī iepriekšējo regulēšanu daļēji veic specializētu ventilācijas un gaisa kondicionēšanas sistēmu regulēšanas organizāciju darbinieki.

Ekspluatācijas gaitā apkalpojošais personāls regulāri pārbauda sistēmu darbību un pēc vajadzības izdara to papildu regulēšanu.

Regulēšanas darbu veikšana vairākos etapos ir nepieciešama sekojošu iemeslu dēļ:

sistēmā uzstādīto gaisa apstrādes aparātu darbība ir savstarpēji saistīta un nav iespējams atsevišķi noregulēt katru no tiem;

pašreizējās projektēšanas metodes neļauj iepriekš precīzi aprēķināt nepieciešamos gaisa apstrādes aparātu raksturojumus, tos galīgi noskaidro tikai regulēšanas gaitā;

bieži projektējot ir zināmi tikai aptuveni kaitīgo izdalījumu daudzumi un tehnoloģisko iekārtu darbības režīms, tos precīzē tikai, noregulējot gaisa kondicionēšanas sistēmas;

tehnoloģiskie procesi bieži tiek mainīti un ir nepieciešams izdarīt attiecīgas korekcijas gaisa kondicionēšanas sistēmā.

12.1. GAISA KONDICIONĒŠANAS SISTĒMU APKALPOŠANAI NEPIECIEŠAMIE MĒRINSTRUMENTI

Kā specializēto regulēšanas organizāciju, tā arī apkalpojošā personāla rīcībā nepieciešami šādi mērinstrumenti.

Mikromanometri spiediena un lielāka par 2 m/s gaisa

kustības ātruma mērīšanai gaisa vados. Plaši izplatīti ir MMH un ЦАГИ konstrukcijas mikromanometri; ar pirmo var izmērīt spiedienu robežās $10 \div 2000 \text{ N/m}^2$, bet ar otro — $10 \div 1600 \text{ N/m}^2$. Abos mikromanometros jāiepilda etilspirts. Kopā ar mikromanometru jābūt pitometriskai caurulītei vai to komplektam.

Kausiņu anemometrs gaisa ātruma mērīšanai robežās $1 \div 20 \text{ m/s}$.

Spārniņu anemometrs gaisa ātruma mērīšanai robežās $0,2 \div 5 \text{ m/s}$.

Termometri gaisa, siltuma nesēja un aukstuma nesēja temperatūras mērīšanai.

Psihrometrs gaisa relatīvā mitruma noteikšanai pēc sausā un mitrā termometra rādījumiem.

Tahometrs ventilatoru griešanās ātruma noteikšanai.

Hronometrs, kuru parasti lieto, strādājot ar anemometriem.

Termogrāfi un *higrogrāfi* gaisa temperatūras un relatīvā mitruma reģistrēšanai. Tos uzstāda telpu darba zonā un pieraksta gaisa parametru izmaiņas uz īpašas papīra lentes, kas graduēta 24 stundu periodam vai vienai nedēļai.

12.2. SISTĒMU REGULĒŠANA

Gaisa kondicionēšanas sistēmu regulēšanu parasti veic specializētas organizācijas, bet lielos rūpniecības uzņēmumos, kuros ir to kvalificēts apkalpojošais personāls, sistēmu regulēšanu var veikt arī pašu spēkiem.

Centrālā gaisa kondicionētāja regulēšanas darbos ietilpst:

iekārtu (ventilatoru, sūkņu, gaisa dzesētāju, kaloriferu, sprauslu kameru, filtru) pasu sastādīšana, kā arī redzamo defektu atklāšana un to pilna saraksta sastādīšana;

iekārtu faktisko un projektā paredzēto raksturojumu salīdzināšana;

siltuma un aukstuma nesēju cauruļvados uzstādīto regulējošo vārstu tehniskā stāvokļa pārbaude un nepieciešamā pārvietojuma diapazona noteikšana;

sprauslu kameru, kaloriferu un gaisa dzesētāju efektivitātes noteikšana to automātiskās darbības režīmā, aprēķinot maksimālo siltuma vai aukstuma ražīgumu;

sistēmas darbības kompleksa pārbaude;

sistēmas nepārtrauktas darbības novērošana divu dienakšu periodā;

ekspluatācijas instrukcijas izstrādāšana.

Bez tam atsevišķi noregulē gaisa vadu tīklu: pārbauda, vai ventilatora ražīgums, pilnais spiediens un griešanās ātrums atbilst projektā paredzētajiem;

atklāj neblīvumus gaisa vados un citos sistēmas elementos;

pārbauda, vai pieplūdes un noplūdes gaisa daudzumi atsevišķos gaisa vadu posmos atbilst projektā uzrādītajiem; sistēmu regulē, cenšoties sasniegt projekta datus;

pēc regulēšanas katrai sistēmai sastāda pasi un slēdzienu par tās darbības atbilstību projektam.

Ja gaisa kondicionēšanas sistēmas regulēšanas gaitā noskaidrojas, ka ir nepieciešams nomainīt atsevišķas iekārtas vai pārbūvēt atsevišķus gaisa vadu posmus, tad šie darbi pēc specializēto regulēšanas organizāciju ieteikuma jāveic pasūtītājam saviem spēkiem vai pieaicinot specializētas montēšanas organizācijas.

Gaisa kondicionēšanas sistēmu automātiskās vadības iekārtu regulēšanas darbos ietilpst:

12.1. tabula

Aptuvena gaisa kondicionēšanas sistēmu regulēšanas darbu izmaksa

Regulējamais objekts	Izmaksa, rubl.
Gaisa vadu tīkls vienai sistēmai	100 ÷ 400
Centrālais kondicionētājs ar ražīgumu līdz $2,8 \text{ m}^3/\text{s}$	200 ÷ 300
Tas pats, $2,8$ līdz $11 \text{ m}^3/\text{s}$	300 ÷ 400
Tas pats, 11 līdz $30 \text{ m}^3/\text{s}$	400 ÷ 600
Tas pats, 30 līdz $60 \text{ m}^3/\text{s}$	600 ÷ 800
Tas pats, 60 līdz $75 \text{ m}^3/\text{s}$	800 ÷ 1000
Autonomais kondicionētājs	150 ÷ 300
Salīdzināšanas mašīnas ar ražīgumu līdz 60 kw	150
Tas pats, līdz 175 kw	250
Tas pats, līdz 460 kw	400
Tas pats, lielāks par 460 kw	600
Kondicionētāja automātiskās regulēšanas iekārtas	500 ÷ 1000
Salīdzināšanas mašīnas automātiskās regulēšanas iekārtas	200
Trokšņu līmenis un spektrs telpā	100 ÷ 400

Precīzākus datus sk. grāmatā «Ценник на наладку установок вентиляции и кондиционирования воздуха». М., Стройиздат, 1971.

aparātūras un komutācijas montāžas darbu izpildes kvalitātes pārbaude;

aparātūras, mehānismu, regulējošo vārstu un atsevišķu mezglu pārbaude un regulēšana;

regulatoru un signalizatoru jutīgo elementu uzstādīšanas vietu atbilstības noteikšana;

regulējamo objektu dinamisko raksturojumu noteikšana un regulatoru parametru vērtību iestādīšana;

atsevišķu parametru regulēšanas kvalitātes noteikšana;

automātiskās regulēšanas iekārtu kompleksa pārbaude;

sistēmas nepārtrauktas automātiskās darbības novērošana divu diennakšu periodā;

tehniskās atskaites sastādīšana un ekspluatācijas instrukcijas izstrādāšana.

12.3. SISTĒMU TEHNISKĀ APKALPOSANA

Apkalpojošā personāla rīcību nosaka pēc regulēšanas darbu veikšanas izstrādātā ekspluatācijas instrukcijā, kā arī atsevišķu iekārtu un aparātūras tehniskajās pasēs dotie norādījumi.

Apkalpojošā personāla galvenie uzdevumi ir sistēmu ieslēgšana un izslēgšana atbilstoši instrukcijai; sistēmu pastāvīga uzraudzība un kontrole to darbības laikā;

savlaicīga iespējamo bojājumu novēršana; sistēmu profilaktiskā apskate, tīrīšana, eļļošana, pārbaude, papildu regulēšana, nolietoto detaļu nomaiņa; savlaicīga sistēmu remontēšana; drošības tehnikas noteikumu ievērošana.

Visi apkalpojošā personāla veiktie darbi jāreģistrē speciālā sistēmu tehniskās apkalpošanas žurnālā.

Sistēmu tehniskajai apkalpošanai nepieciešamo cilvēku skaitu var aptuveni noteikt pēc 11.2. un 11.3. tab. datiem. Apkalpes dienests nelielos objektos jāvada tehniķim santehniķim, bet lielos objektos siltumapgādes un ventilācijas specialitātes inženierim.

Vairāku tuvu novietotu sabiedrisko ēku gaisa kondicionēšanas sistēmu apkalpošanai ir racionāli izveidot vienu apkalpes personālu. Dažās pilsētās darbojas specializētas organizācijas, kas veic sistēmu apkalpošanu visās sabiedriskajās ēkās, kurām nav savu apkalpes dienestu.

12.4. DROŠĪBAS TEHNIKAS NOTEIKUMI

Apkalpojošam personālam jāzina un stingri jāievēro drošības tehnikas noteikumi, kurus nosaka speciāli sastādīta instrukcija, ņemot vērā konkrēto sistēmu īpašības, darbības režīmus, kā arī personāla kvalifikāciju. Instrukcija nosaka atsevišķu darbinieku atbildību, pienākumus, kārtību, kādā tie tiek pieļauti darbā un kontrolēti.

Parastie drošības tehnikas noteikumi ir sekojoši: ekspluatēt atļauts tikai pārbaudītas un noregulētas sistēmas;

gaisa kondicionētāju telpās, gaisa kanālos, apkalpes laukumos un uz kāpnēm nedrīkst atrasties priekšmeti vai aparātūra, kam nav sakara ar gaisa kondicionēšanas sistēmu;

kāpnes, lūkas grīdā, virs grīdas pacelti apkalpošanas laukumi jāierobežo;

ventilatoru, sūkņu, elektromotoru apkalpes darbus un remontdarbus drīkst veikt tikai pēc to pilnīgas apstāšanās, bet cauruļvadu — kad tajos nav spiediena;

veicot darbus virs grīdas paceltos apkalpes laukumos un uz kāpnēm, apakšā nedrīkst atrasties cilvēki;

apgaismojumam jānodrošina droša sistēmu apkalpošana;

nedrīkst lietot pārnēsājamās elektrospuldzes ar spriegumu, lielāku par 36 V;

veicot apkalpes darbus vai remontdarbus, uz elektrotīkla izslēgto aizsargautomātu rokturiem jāpakar plakāti ar uzrakstu «Neieslēgt»;

ja aizdegas elektrotīkla instalācija, uguns dzēšanai drīkst lietot tikai ogļskābes ugunsdzēsamos aparātus;

nedrīkst ekspluatēt neiezemētu elektroiekārtu;

gadījumā, ja, iekārtai darbojoties, ir dzirdami trokšņi vai vibrācija, tā nekavējoties jāizslēdz un jānoskaidro to rašanās cēloņi;

pirms ventilatoru ieslēgšanas jāpārlicinās, vai visas apkalpes telpu durvis un lūkas ir noslēgtas un vai remontstrādnieki darba vietā ir pilnīgi pabeiguši darbus un sakārtojuši darbavietas.

Dažu mērvienību salīdzinošā tabula

1. pielikums

Lielums	Mērvienība	Apzīmējums		Pārveidošana no SI sistēmas vecajā mērvienību sistēmā vai otrādi
		Starptautiskais	krievu	
1	2	3	4	5
Griešanās ātrums	radiani sekundē	rad/s	рад/сек	$\frac{30}{\pi}$ rad/s
	apgriezieni minūtē	—	об/мин	$\frac{30}{\pi}$ apgriezieni minūtē
Masa	kilograms	kg	кг	1 kg
Blīvums jeb īpatnējā masa	kilograms uz kubikmetru	kg/m ³	кг/м ³	1 kg/m ³
Spēks	ņūtons spēka kilograms dins	N kgf, kG dyn	Н кгс, кг дин	1,02 kG 9,80665 N (precīzi) 10 ⁻⁵ N
Spiediens	ņūtons uz kvadrātmetru jeb paskals	N/m ²	н/м ² Па	10 ⁻⁵ bar = = 1,02 · 10 ⁻⁵ kG/cm ² = = 7,5 · 10 ⁻³ mm Hg
	bars	bar	бар	10 ⁵ N/m ² = 1,02 kG/cm ² = 750 mm Hg
	spēka kilograms uz kvadrātmetru	kgf/m ² kG/m ²	кгс/м ² кг/м ²	9,80665 N/m ² (precīzi)
	ūdens staba milimetri	mm H ₂ O	мм вод. см.	
	spēka kilograms uz kvadrātcentimetru	kgf/cm ² kG/cm ²	кгс/см ² кг/см ²	98066,5 N/m ² (precīzi) = = 0,981 bar = 735,55 mm Hg
	tehniskā atmosfēra	at	ат	1,01325 · 10 ⁵ N/m ² = 1,013 bar = 760 mm Hg
	fizikālā atmosfēra	atm	атм	
	dzīvsudraba staba milimetri	mm Hg	мм рт ст	133,322 N/m ² = = 1,333 · 10 ⁻³ bar = 1,359 10 ⁻³ kG/cm ²

1. pielikuma turpinājums

1	2	3	4	5
Īpatnējais svars	ņūtoni uz kubikmetru spēka kilograms uz kubikmetru	N/m ³ kG/m ³	н/м ³ кг/м ³	1,02 kg/m ³ 9,80665 N/m ³ (precīzi)
Temperatūra	Kelvina grāds	°K	°K	0° K = -273,15° C
	Celsija grāds	°C	°C	0° C = 273,15° K
Temperatūru starpība, temperatūru intervāls	grāds (Kelvina vai Celsija skalā)	deg	град	
Darbs, enerģija, siltuma daudzums	džouls kilovatstunda starptautiskā kalorija	J kW · h cal	дж квт. ч кал	0,239 cal 3,6 · 10 ⁶ J 4,1868 J (precīzi)
Jauda, siltuma plūsma	vats starptautiskā kilokalorija stundā	W Kcal/h	вт W	860 cal/h 1,163 W (precīzi)
Īpatnējā siltumietilpība	džouls uz kilogramu-grādu	J/(kg deg)	дж/г (кг град)	0,239 cal/(kg deg)
	kilokalorija uz kilogram-grādu	Kcal/(kg deg)	ккал/кг град	4,1868 kJ/deg (precīzi)
Siltuma transmisijas, siltuma atdeves un siltuma uztveres koeficienti	vats uz kvadrātmetr-grādu	W/(m ² deg)	вт/м ² град	0,86 · 10 ⁻³ cal/(m ² h deg)
	kilokalorija uz kvadrātmetru-stundu-grādu	Kcal/(m ² h deg)	ккал/(м ² ч град)	1,163 W/(m ² deg) (precīzi)
Siltuma vadītspēja	vats uz metru-grādu kilokalorija uz metru-stundu-grādu	W/(m deg) Kcal/(m h deg)	вт/(м град) ккал/(м ч град)	0,86 · 10 ⁻³ cal/(m h deg) 1,163 W/(m deg) (precīzi)

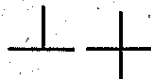
2. pielikums

Pieņemtie apzīmējumi

Cauru|vads, gaisa vads



Cauru|vadu vai gaisa vadu savienojums



Cauru|vadu vai gaisa vadu krustošanās (bez savienojuma)



Šķidruma izvadišana no sistēmas



Šķidruma pievadišana zem spiediena



Gaisa izplūšana



Gaisa iesūkšana



Caurplūdes ventīlis



Aizbīdnis



Vienvirziena vārsts (šķidrums var plūst tikai virzienā no baltā trīsstūra uz melno)



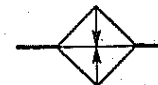
Automātiski regulējams caurplūdes vārsts



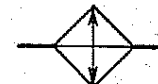
Automātiski regulējams trijvadu vārsts



Kalorifers



Gaisa dzesētājs



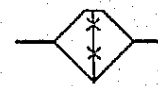
Siltumapmaiņas aparāts, kurā gaisu var sildīt un dzesēt



Filtrs gaisa attīrīšanai



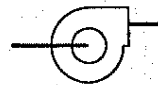
Sprauslu kamera vai citas konstrukcijas aparāts gaisa kontaktēšanai ar ūdeni



Vārsts gaisa plūsmas regulēšanai



Ventilators



Sūknis



3. pielikums

Piesātināta mitra gaisa parametri

Temperatūra, °C	Gaisa blīvums, kg/m³ pie 1,013 bar barometriskā spiediena	Ūdens tvaiku parciālais spiediens			Ūdens tvaiku blīvums, kg/m³
		mm Hg	mm H₂O	N/m²	
-20	1,396	0,927	12,6	123,6	0,0011
-15	1,368	1,400	19,05	186,8	0,0016
-10	1,342	2,140	29,14	285,9	0,0023
-5	1,317	3,160	43,00	421,8	0,0034
0	1,293	4,580	62,26	611,2	0,0049
5	1,270	6,534	88,96	872,0	0,0068
10	1,248	9,210	125,20	1128,0	0,0094
12	1,239	10,52	143,01	1403,0	0,0106
15	1,226	12,79	173,86	1702,0	0,0128
16	1,222	13,63	185,37	1820,0	0,0136
17	1,220	14,53	197,55	1935,0	0,0144
18	1,213	15,48	210,42	2062,0	0,0153
19	1,209	16,48	224,02	2195,0	0,0162
20	1,205	17,54	238,40	2340,0	0,0172
25	1,185	23,76	322,98	3162,0	0,0229
30	1,165	31,82	432,67	4240,0	0,0301
35	1,146	42,18	573,40	5600,0	0,0393
40	1,128	55,32	752,18	7380,0	0,0508

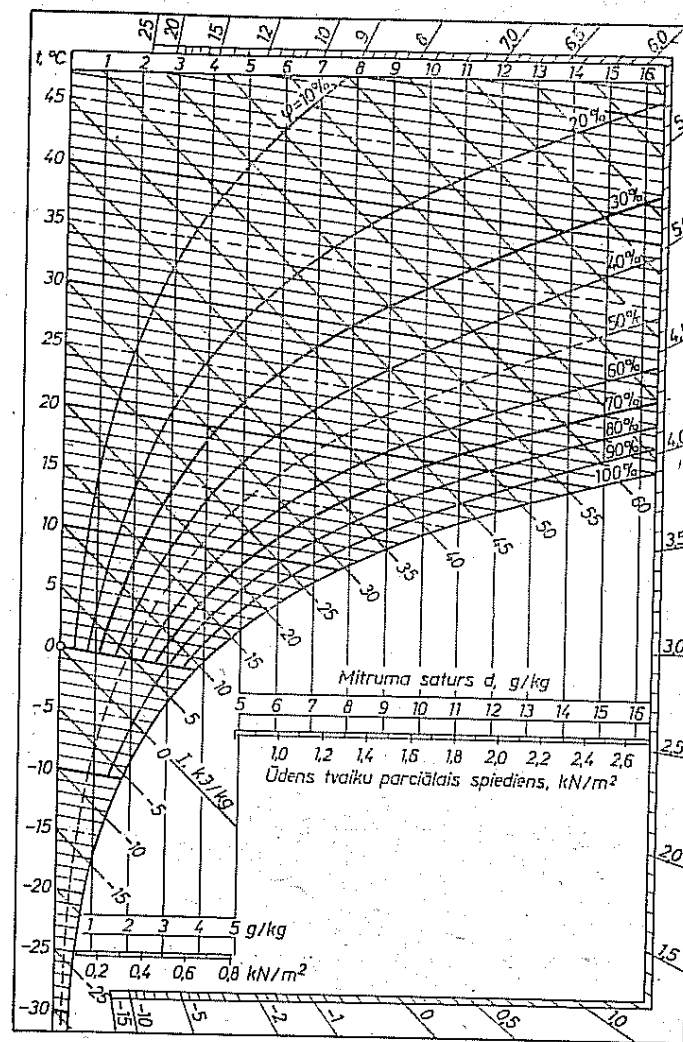
4. pielikums

Gaisa fizikālās īpašības pie barometriskā spiediena 1,013 bar (760 mm Hg)

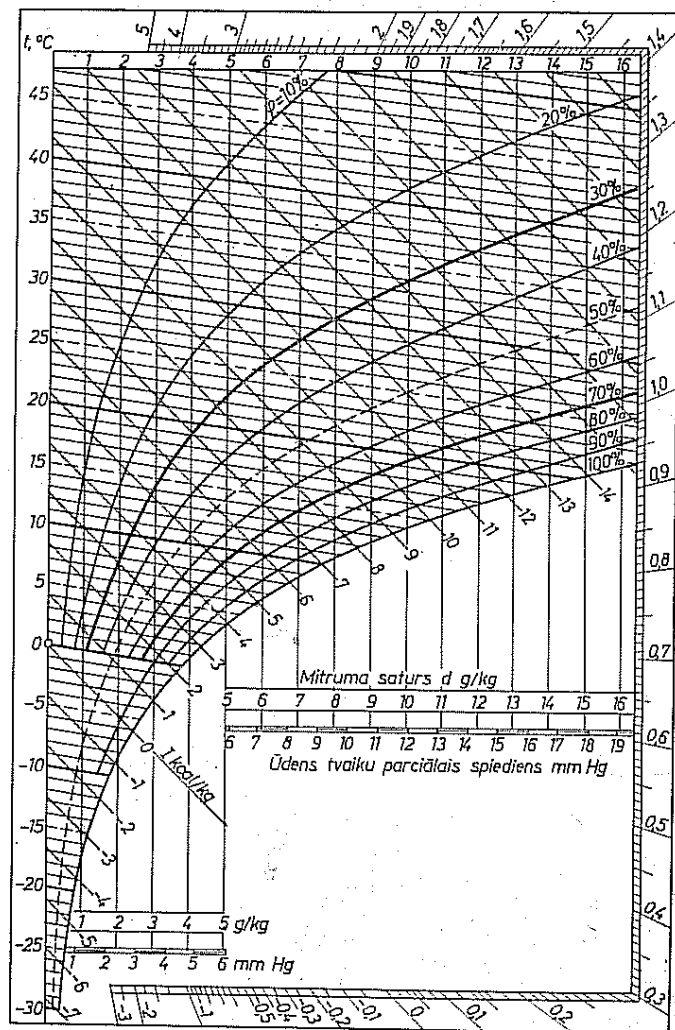
Temperatūra t, °C	Tilpums, m³, ko ieņem 1 m³ sausa gaisa, uzsildīts vai atdzesēts		Piesātinātu ūdens tvaiku saturs		
	no 0 °C līdz t °C	no t °C līdz 0 °C	g/m³ mitrā gaisa	g/kg mitrā gaisa	g/kg sausa gaisa
1	2	3	4	5	6
-20	0,927	1,079	1,1	0,80	0,77
-19	0,930	1,075	1,2	0,85	0,86
-18	0,934	1,071	1,3	0,92	0,93
-17	0,938	1,066	1,4	1,03	1,04
-16	0,941	1,062	1,5	1,10	1,11
-15	0,945	1,058	1,6	1,19	1,20
-14	0,949	1,054	1,7	1,29	1,30
-13	0,952	1,050	1,9	1,39	1,40
-12	0,956	1,046	2,0	1,49	1,50
-10	0,959	1,042	2,2	1,64	1,65
-11	0,963	1,038	2,3	1,78	1,79
-9	0,967	1,034	2,5	1,91	1,93
-8	0,971	1,030	2,7	2,06	2,08
-7	0,974	1,026	2,9	2,23	2,25
-6	0,978	1,023	3,1	2,38	2,40
-5	0,982	1,019	3,4	2,58	2,60
-4	0,985	1,015	3,6	2,78	2,80
-3	0,989	1,011	3,9	3,09	3,10
-2	0,993	1,007	4,2	3,29	3,28
-1	0,996	1,004	4,5	3,57	3,58
0	1,000	1,000	4,9	3,78	3,80
1	1,004	0,996	5,2	4,07	4,15
2	1,007	0,993	5,6	4,40	4,48
3	1,011	0,989	6,0	4,71	4,77
4	1,015	0,986	6,4	5,05	5,10
5	1,018	0,982	6,8	5,35	5,40
6	1,022	0,979	7,3	5,70	5,78
7	1,026	0,975	7,7	6,10	6,21
8	1,029	0,972	8,3	6,60	6,65
9	1,033	0,968	8,8	7,00	7,13
10	1,037	0,965	9,4	7,50	7,63
11	1,040	0,961	9,9	8,00	8,15
12	1,044	0,958	10,6	8,60	8,75
13	1,048	0,955	11,2	9,20	9,35
14	1,051	0,951	12,0	9,80	9,97
15	1,055	0,948	12,8	10,5	10,6
16	1,059	0,945	13,6	11,2	11,4
17	1,062	0,941	14,4	11,9	12,1
18	1,066	0,938	15,3	12,7	12,9
19	1,070	0,935	16,2	13,5	13,8
20	1,073	0,932	17,2	14,4	14,7

4. pielikuma turpinājums

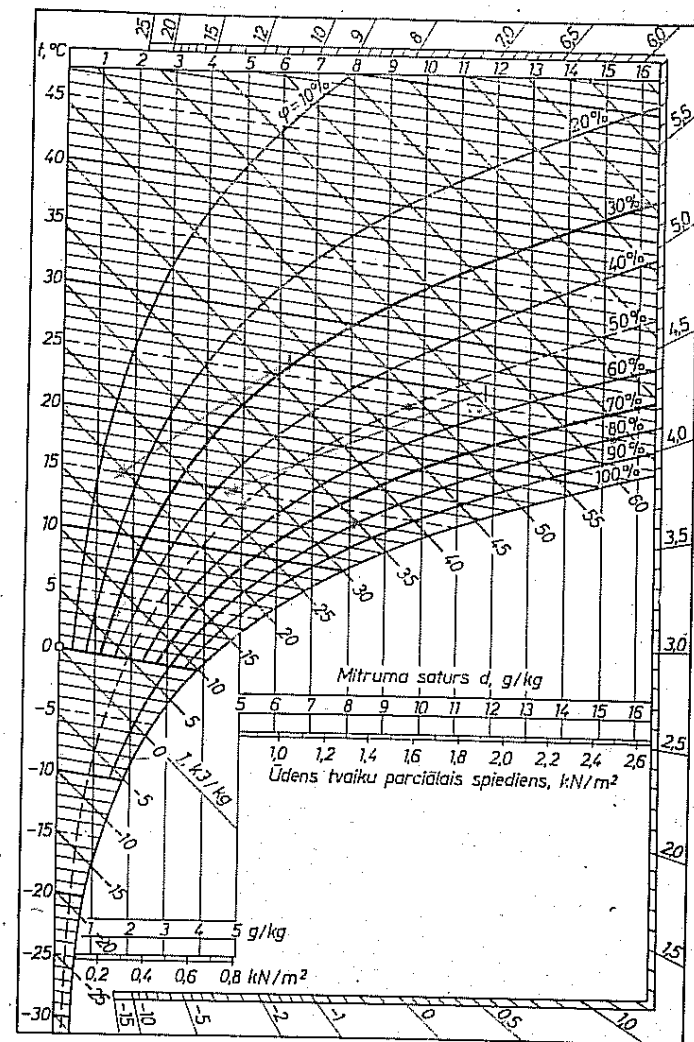
1	3	3	4	5	6
21	1,077	0,929	18,2	15,3	15,6
22	1,081	0,925	19,3	16,3	16,8
23	1,084	0,922	20,4	17,3	17,7
24	1,088	0,919	21,6	18,4	18,8
25	1,092	0,916	22,9	19,5	20,0
26	1,095	0,913	24,2	20,7	21,4
27	1,099	0,910	25,6	22,0	22,6
28	1,103	0,907	27,0	23,4	24,0
29	1,106	0,904	28,5	24,8	25,6
30	1,110	0,901	30,1	26,3	27,2
31	1,114	0,898	31,8	27,8	28,8
32	1,117	0,895	33,5	29,5	30,6
33	1,121	0,892	35,4	31,2	32,5
34	1,125	0,889	37,3	33,1	34,4
35	1,128	0,886	39,3	35,0	36,8
36	1,132	0,884	41,4	37,0	41,1
37	1,136	0,881	43,6	39,2	43,5
38	1,139	0,878	45,9	41,4	46,0
39	1,143	0,875	48,3	43,8	48,9
40	1,147	0,872	50,8	46,3	51,7
41	1,150	0,869	53,4	48,9	54,8
42	1,154	0,867	56,1	51,6	58,0
43	1,158	0,864	58,9	54,5	61,3
44	1,161	0,861	61,9	57,5	65,0
45	1,165	0,858	65,0	60,7	68,9
46	1,169	0,856	68,2	64,0	72,8
47	1,172	0,853	71,5	67,5	77,0
48	1,176	0,850	75,0	71,1	81,5
49	1,180	0,848	78,6	75,0	86,3
50	1,183	0,845	83,3	79,0	91,3
51	1,187	0,843	86,3	83,2	96,6
52	1,191	0,840	90,4	87,7	102,0
53	1,194	0,837	94,6	92,3	108,0
54	1,198	0,835	99,1	97,2	114,0
55	1,202	0,832	103,6	102,3	121,0
56	1,205	0,830	108,4	107,6	128,0
57	1,209	0,827	113,3	113,2	136,0
58	1,213	0,825	118,5	110,1	144,0
59	1,216	0,822	123,8	125,2	152,0
60	1,220	0,820	129,3	131,7	



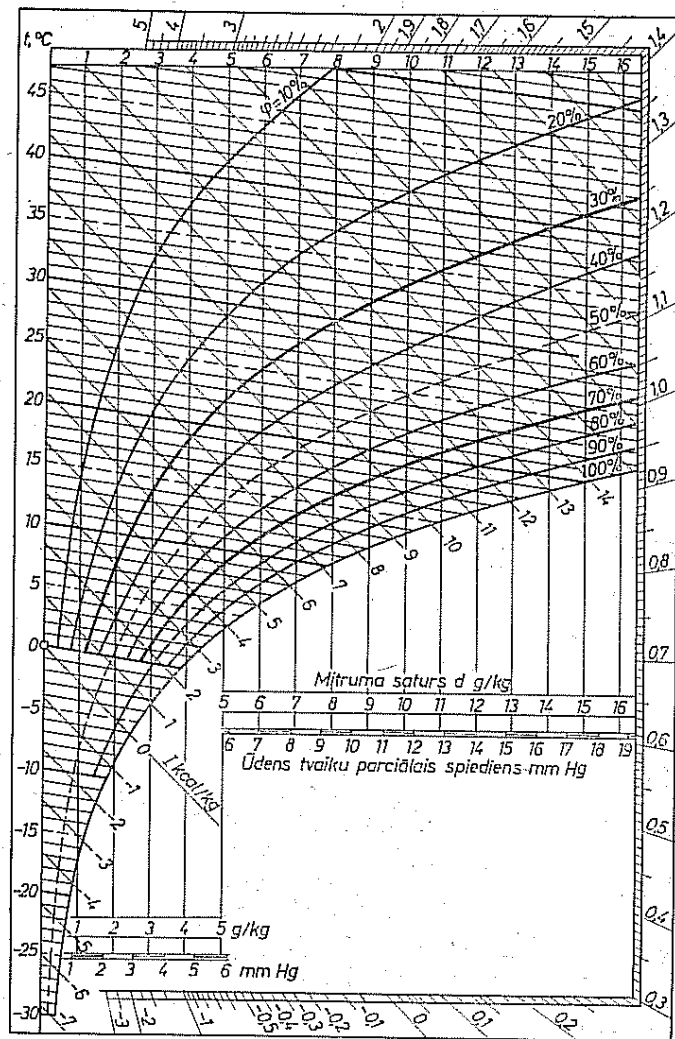
5. I-d diagramma barometriskajam spiedienam 0,99 bar



6. I-d diagramma barometriskajam spiedienam 745 mm Hg

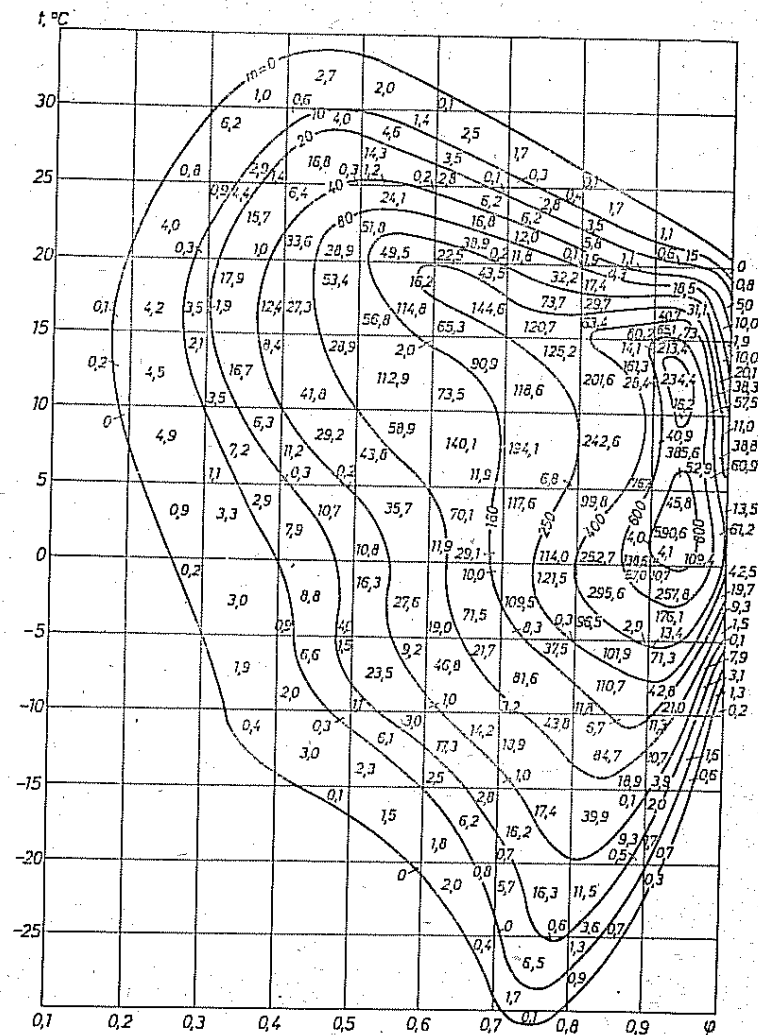


7. I-d diagramma barometriskajam spiedienam 1,01 bar



8. I-d diagramma barometriskajam spiedienam 760 mm Hg

9. pielikums



t-φ diagramma Rīgai

Psihrometriskā tabula relatīvā mitruma ϕ noteikšanai pēc sausā termometra t_s un mitrā termometra t_M rādījumiem, °C

t_M	t_s											22,5	
	16	16,5	17	17,5	18	18,5	19	19,5	20	20,5	21	21,5	22
11	0,50	0,46	0,43	0,40	0,36	0,33	0,30	0,28	0,25	0,23	0,20	0,18	0,16
11,5	0,54	0,51	0,47	0,44	0,40	0,37	0,34	0,31	0,29	0,26	0,24	0,21	0,19
12	0,59	0,55	0,52	0,48	0,45	0,41	0,38	0,35	0,32	0,30	0,27	0,25	0,23
12,5	0,64	0,60	0,56	0,53	0,49	0,45	0,42	0,39	0,36	0,33	0,31	0,28	0,26
13	0,69	0,64	0,60	0,57	0,53	0,49	0,46	0,43	0,40	0,37	0,34	0,32	0,29
13,5	0,74	0,69	0,65	0,61	0,57	0,54	0,50	0,47	0,44	0,41	0,38	0,35	0,33
14	0,79	0,74	0,70	0,66	0,62	0,58	0,54	0,51	0,47	0,44	0,41	0,39	0,36
14,5	0,84	0,79	0,75	0,71	0,67	0,62	0,59	0,55	0,52	0,49	0,45	0,42	0,39
15	0,89	0,84	0,79	0,75	0,71	0,67	0,63	0,59	0,56	0,52	0,49	0,46	0,43
15,5	0,95	0,89	0,85	0,80	0,76	0,71	0,67	0,63	0,60	0,56	0,53	0,50	0,47
16	1,00	0,95	0,90	0,85	0,81	0,76	0,71	0,67	0,64	0,60	0,57	0,54	0,50
16,5		1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,76	0,72	0,68	0,64	0,61	0,57	0,54
17			1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,76	0,72	0,68	0,65	0,61	0,58
17,5				1,00	0,95	0,90	0,85	0,81	0,77	0,73	0,69	0,65	0,62
18					1,00	0,95	0,90	0,85	0,81	0,77	0,73	0,70	0,66
18,5						1,00	0,95	0,90	0,86	0,82	0,78	0,74	0,70
19							1,00	0,95	0,90	0,86	0,82	0,78	0,74
19,5								1,00	0,95	0,90	0,86	0,82	0,78
20									1,00	0,95	0,91	0,87	0,82
20,5										1,00	0,95	0,91	0,87
21											1,00	0,96	0,91
21,5												1,00	0,95
22													1,00

10. pielikuma turpinājums

t_M	t_s											29,5	30
	23	23,5	24	24,5	25	25,5	26	26,5	27	27,5	28	28,5	29
14	0,31	0,29	0,27	0,24	0,22	0,21	0,19	0,17	0,15	0,14	0,12	0,11	0,10
14,5	0,34	0,32	0,30	0,27	0,25	0,23	0,21	0,20	0,18	0,16	0,15	0,13	0,12
15	0,38	0,35	0,33	0,31	0,28	0,26	0,24	0,22	0,21	0,19	0,17	0,16	0,14
15,5	0,41	0,38	0,36	0,34	0,31	0,29	0,27	0,25	0,23	0,22	0,20	0,19	0,17
16	0,44	0,42	0,39	0,37	0,34	0,32	0,30	0,28	0,26	0,24	0,22	0,21	0,19
16,5	0,48	0,45	0,43	0,40	0,38	0,35	0,33	0,31	0,29	0,27	0,25	0,23	0,21
17	0,52	0,49	0,46	0,43	0,41	0,38	0,36	0,34	0,32	0,30	0,28	0,26	0,24
17,5	0,55	0,52	0,49	0,47	0,44	0,41	0,39	0,37	0,35	0,33	0,31	0,29	0,27
18	0,59	0,56	0,53	0,50	0,47	0,44	0,42	0,40	0,37	0,35	0,33	0,31	0,28
18,5	0,63	0,60	0,56	0,53	0,50	0,48	0,45	0,43	0,40	0,38	0,36	0,34	0,32
19	0,67	0,63	0,60	0,57	0,54	0,51	0,49	0,46	0,44	0,41	0,39	0,37	0,34
19,5	0,70	0,67	0,64	0,61	0,57	0,55	0,52	0,49	0,47	0,44	0,42	0,40	0,37
20	0,74	0,71	0,67	0,64	0,61	0,58	0,55	0,52	0,50	0,47	0,45	0,43	0,40
20,5	0,79	0,75	0,71	0,68	0,64	0,61	0,58	0,55	0,53	0,50	0,48	0,46	0,43
21	0,83	0,79	0,75	0,72	0,68	0,65	0,62	0,59	0,56	0,53	0,51	0,48	0,46
21,5	0,87	0,83	0,79	0,76	0,72	0,69	0,66	0,62	0,60	0,57	0,54	0,51	0,49
22	0,91	0,87	0,83	0,79	0,76	0,72	0,69	0,66	0,63	0,60	0,58	0,55	0,52
22,5	0,95	0,91	0,87	0,83	0,79	0,76	0,73	0,69	0,66	0,63	0,61	0,58	0,55
23	1,00	0,95	0,92	0,88	0,84	0,80	0,76	0,73	0,70	0,66	0,63	0,61	0,58
23,5		1,00	0,96	0,92	0,88	0,84	0,80	0,77	0,73	0,70	0,67	0,64	0,61
24			1,00	0,96	0,92	0,88	0,84	0,80	0,77	0,74	0,71	0,68	0,65
24,5				1,00	0,96	0,92	0,88	0,84	0,81	0,77	0,74	0,71	0,68
25					1,00	0,96	0,92	0,88	0,84	0,81	0,78	0,75	0,71
25,5						1,00	0,96	0,92	0,88	0,85	0,81	0,78	0,75
26							1,00	0,96	0,92	0,88	0,85	0,81	0,78
26,5								1,00	0,96	0,92	0,88	0,85	0,81
27									1,00	0,96	0,92	0,89	0,85
27,5										1,00	0,96	0,92	0,89
28											1,00	0,96	0,92
28,5												1,00	0,96
29													1,00

Meteoroloģiskie dati Rīgai

11. pielikums

Tabulās uzrādīts dažādu āra gaisa parametru atkarīgos biežums stundās 10 gadu laikā (no 1957. g. līdz 1966. g.).
Augšējā rindīnā — no 0⁰⁰ līdz 8⁰⁰, vidējā rindīnā — no 8⁰⁰ līdz 16⁰⁰, apakšējā rindīnā — no 16⁰⁰ līdz 24⁰⁰. Vertikālā ass —
temperatūra, °C; horizontālā ass — relatīvais mitrums.

Janvāris

Februāris

28 + 1 + 1

10	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
10							2	8
5							0	9
0							4	5
-5								
-10								
-15								
-20								
-25								
-30								

10	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
10							3	5
5							6	2
0							0	3
-5								
-10								
-15								
-20								
-25								
-30								

Marts

Aprīlis

15	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
10								
5								
0								
-5								
-10								
-15								
-20								
-25								

25	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
20								
15								
10								
5								
0								
-5								
-10								

Mails

240

	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
30	0 2 2	0 31 4	0 21 2	0 7 7	0 2 1			
25	0 8 1	0 54 25	0 79 42	4 48 25	7 16 14	1 3 2	1 0 1	
20	0 38 4	0 102 47	3 172 74	21 145 70	49 76 73	55 46 45	15 19 16	8 6 3
15	0 17 0	5 94 29	17 154 94	49 203 123	81 171 119	98 152 141	125 109 167	186 49 122
10	0 8 3	1 19 22	15 60 37	43 106 101	89 91 124	169 111 205	283 139 262	491 63 230
5		0 2 0	1 4 5	15 7 20	29 10 19	77 14 56	156 14 56	320 8 81
0						1 7 9	0 0 1	48 0 4

11. pielikuma turpinājums

Jūnijs

240

[illegible]

Jūlijs

16 — 131

35	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
	0	0	2					
	6	7	0					
	3	3	0					
30	0	0		0	0	0	0	
	2	31	102	65	37	5		
	0	8	39	23	13	4	3	
25			1	14	16	41	31	7
	36	152	227	176	101	22	2	2
	5	59	130	95	69	46	4	4
20		5	5	21	76	202	255	286
	3	93	273	352	284	201	66	66
	0	43	163	216	285	253	236	236
15		0	3	24	101	320	789	
	0	11	5	31	67	66	60	
	1	5		52	131	263	274	
10								
					3	38	246	
					0	0	0	
					2	11	36	
5								
							1	
							0	
							0	

Augsts

16 — 131

[illegible]

Septembris 30

[illegible]

Oktobris

25	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
20		4	1	1			
		2	3	0			
		0					
15	7	4	20	23	5	4	
	0	2	0	7	28	5	
	0	0	0	0	15	7	
	0	0					
10	3	0	2	12	28	78	186
	0	22	97	188	247	253	153
	0	6	14	41	79	194	222
5		15	45	134	352	(357)	57
	0	64	184	247	381	263	
	17	32	92	222	506	470	
	1						
0		4	14	29	163	423	
	0	18	46	39	63	101	
	0	11	26	78	113	210	
	6						
-5		0	3	16	37	157	
		2	9	10	30	67	
		3	2	14	32	67	
10					1	15	
					0	0	
					0	0	

Novembris 30'

15	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
			0	0	8	26
		8	15	14	31	
		0	11	17	23	
10						
	0	0	0	25	122	255
	5	18	47	127	249	173
	2	3	26	70	193	212
5						
	0	11	17	99	337	685
	2	24	78	134	333	549
	2	10	44	129	368	533
0						
	1	7	15	91	151	324
	6	24	38	101	96	158
	0	18	52	92	98	194
-5						
	1	1	26	45	53	37
	0	25	29	37	42	14
	0	10	26	43	43	21
-10						
			0	13	43	7
			1	11	11	0
			0	21	27	11
-15						
						0
						0
						1
20						

Decembris 34

[illegible]

Meteoroloģiskie dati Rēzeknē

12. pielikums

Tabulās uzrādīts dažādu āra gaisa parametru atkārtotās biežums stundās 5 gadu laikā (no 1968. g. līdz 1972. g.).
 Augšējā rindīņa — no 0⁰⁰ līdz 8⁰⁰, vidējā rindīņa no 8⁰⁰ līdz 16⁰⁰, apakšējā rindīņa — no 16⁰⁰ līdz 24⁰⁰. Vertikālā ass —
 temperatūra, °C; horizontālā ass — relatīvais mitrums.

Janvāris

5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30
5	5	1					
0	5	1					
-5	5	1					
-10	5	1					
-15	5	1					
-20	5	1					
-25	5	1					
-30	5	1					

Februāris

5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30
5	5	1					
0	5	1					
-5	5	1					
-10	5	1					
-15	5	1					
-20	5	1					
-25	5	1					
-30	5	1					

Marts

15	10	5	0	-5	-10	-15	-20	-25
15	10	5	0	-5	-10	-15	-20	-25
10	10	5	0	-5	-10	-15	-20	-25
5	10	5	0	-5	-10	-15	-20	-25
0	10	5	0	-5	-10	-15	-20	-25
-5	10	5	0	-5	-10	-15	-20	-25
-10	10	5	0	-5	-10	-15	-20	-25
-15	10	5	0	-5	-10	-15	-20	-25
-20	10	5	0	-5	-10	-15	-20	-25
-25	10	5	0	-5	-10	-15	-20	-25

Aprīlis

25	20	15	10	5	0	-5	-10
25	20	15	10	5	0	-5	-10
20	20	15	10	5	0	-5	-10
15	20	15	10	5	0	-5	-10
10	20	15	10	5	0	-5	-10
5	20	15	10	5	0	-5	-10
0	20	15	10	5	0	-5	-10
-5	20	15	10	5	0	-5	-10
-10	20	15	10	5	0	-5	-10

12. pielikuma turpinājums

Maijs

	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
30	2	15	17	3				
25	3	7	45	13	7	8	3	1
20	2	7	22	21	9	2	3	
15	17	74	77	54	41	20	11	1
10	9	36	19	30	44	28	21	7
5	10	63	100	96	72	66	43	21
	9	30	66	67	73	88	84	30
		16	28	60	61	46	34	42
		5	23	38	63	86	113	76
				14	61	105	180	232
				2	12	46	128	99
				1	15	4	6	22
				6	9	33	42	22
						5	1	11
						1	1	1

Jūnijs

	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
30	12	29	23	6				
25	3	2	1	3	1			
20	2	40	121	77	50	11	3	4
15	2	24	50	40	24	8	2	
10	1	80	123	89	87	51	73	62
5		17	67	55	76	100	90	40
		1	5	13	44	101	202	234
		23	55	52	56	50	41	34
		11	27	33	93	100	149	67
		1	1	5	16	43	116	99
			4	9	8	3	4	1
			12	8	16	36	35	8
				1	5	10	14	8
					1	2	1	

Jūlijs

	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
35	5	5						
30	3							
25	10	37	31	27	14			
20	4	11	20	13	8			
15		12	109	121	76	34	8	9
10		6	68	71	44	28	20	3
5				3	24	91	108	141
			46	147	107	115	82	42
			16	116	135	133	118	78
			1	14	19	37	71	69
			1	5	25	69	147	74
					6	64	254	381
					3	35	4	6
						35	90	5
						4	6	13

Augusts

	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
30	1	23	12	6				
25	1	4	4	1				
20	8	30	50	73	42	21	1	1
15	4	7	17	26	22	17	1	1
10		5	41	124	177	160	119	103
5		2	18	62	91	104	135	34
		1	3	9	28	97	95	485
			2	6	33	90	256	43
						6	39	171
							9	144
							10	23
							5	
							1	

12. pielikuma turpinājums

Septembris

	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
25		1	8	2	6	2	
20			3	1	2		
15	29	37	41	21	24	9	9
	5	10	11	20	23	6	
10	4	51	105	130	108	74	90
	5	30	51	79	158	161	
5	8	16	26	62	35	53	
	2	16	30	94	210	174	
0				21	62	198	
			1	4	2	4	
			1	13	21	24	
-5						6	

Oktobris

	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
20	1	8	10	16	4	4	
15				1			
10	1	19	37	68	7	16	52
			1	16	20	45	65
5			3	5	38	116	230
			13	44	57	96	165
			3	5	38	116	230
			10	33	49	36	60
			1	5	31	65	113
0					5	42	151
					3	42	151
					1	8	27
			6	2	19	18	30
			1	14	23	42	38
-5					6	1	6
					1	1	1
						1	3
-10							
-15							2

Novembris

	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
15					6	2
10					13	8
5	4	6	7	23	32	113
			10	49	75	
	1	8	16	88	434	
	6	18	57	103	334	
	6	7	26	115	421	
0	1	8	25	133	196	
	2	30	31	152	97	
	7	18	53	155	131	
-5	7	4	10	21	50	39
	4	4	14	19	17	16
-10		1	8	19	67	7

Decembris

	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
10			1	6	6	12
5			1		1	
0		11	13	70	266	
		8	22	54	58	
		1	47	73	175	
-5		5	20	128	196	
	1	7	15	70	125	
	2	1	47	101	169	
	1	4	52	89	88	
	4	3	51	72	35	
	1	6	119	202	26	
-10	6	10	36	76	11	
	5	4	11	27	25	28
	3	10	25	28	69	19
-15		2	19	34	7	14
	1	2	1	14	11	29
	2	12	14	10	15	10
-20		6	10	10	20	
	3	3	11	5	5	7
		8	4	5	1	30
-25						
		8				
		3				
-30		5	2			

LITERATŪRA

1. *Ciemiņš R., Nagla J., Saveljevs P.* Siltumtehnika. R., «Zvaigzne», 1967. 454 lpp.
2. *Krēsliņš A.* Gaisa kondicionēšana. R., «Liesma», 1969. 96. lpp.
3. *Krēsliņš A.* Eku sanitārtehniskās iekārtas. II daļa. Ventilācija. R., LPSR Augstākās un vidējās speciālās izglītības ministrijas izd., 1974. 85 lpp.
4. *Reiņikovs I., Jurēvics E.* Aukstumtehnika. R., «Zvaigzne», 1972. 395 lpp.
5. *Siraks Z.* Siltumapgāde. R., «Liesma», 1973. 216. lpp.
6. *Архинов Г. В.* Автоматическое регулирование вентиляции и кондиционирования воздуха. М.—Л., Госэнергоиздат, 1961. 176 с.
7. *Баркалов Б. В., Карпис Е. Е.* Кондиционирование воздуха в промышленных, общественных и жилых зданиях. М., Стройиздат, 1971. 270 с.
8. *Власов П. Ф.* Вентиляция, кондиционирование воздуха и пневматический транспорт на табачных фабриках. М., Пищепромиздат, 1963. 156 с.
9. *Гоголин А. А.* Кондиционирование воздуха в мясной промышленности. М., «Пищевая промышленность», 1966. 239 с.
10. *Елизаров К. С.* Теплоснабжение, вентиляция и кондиционирование воздуха в театрах. М., Госстройиздат, 1959. 170 с.
11. *Зусманович Л. М.* Оросительные камеры установок искусственного климата. М., «Машиностроение», 1967. 120 с.
12. *Карпис Е. Е.* Способы и средства повышения энергетической эффективности систем кондиционирования воздуха. М., изд. ЦИНИС, 1974. 61 с.
13. *Кокорин О. Я.* Установки кондиционирования воздуха. М., «Машиностроение», 1970. 344 с.
14. *Колосов В. М., Меклер В. Я.* Кондиционирование воздуха и вентиляция на заводах химических волокон. М., «Химия», 1967. 133 с.
15. Кондиционирование воздуха. Под ред. Н. В. Дегтярева. М.—Л., Госстройиздат, 1953. 519 с.
16. *Креслин А. Я.* Автоматическое регулирование систем кондиционирования воздуха. М., Стройиздат, 1972. 97 с.
17. *Ладыженский Р. М.* Кондиционирование воздуха. Изд. 3-е. М., Госторгиздат, 1962. 352 с.
18. *Левин С. Р., Менис В. Б.* Вентиляция и кондиционирование воздуха на заводах химических волокон. М., «Химия», 1971. 270 с.
19. *Ловцов В. В.* Системы прецизионного кондиционирования воздуха. Л., Стройиздат, 1971. 112 с.
20. *Меклер В. Я., Раввин Л. С.* Основы автоматизации санитарно-технических устройств. М., Стройиздат, 1974. 232 с.
21. Методика технико-экономической оценки систем охлаждения и кондиционирования воздуха. Рига, изд. РПИ, 1972. 121 с.
22. *Мухин В. В.* Кондиционирование воздуха в пищевой промышленности. Изд. 2-е. М., «Пищевая промышленность», 1967. 520 с.
23. *Нестеренко А. В.* Основы термодинамических расчетов вентиляции и кондиционирования воздуха. М., «Высшая школа», 1971. 460 с.
24. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Справочное руководство. Пер. с англ. М., Госстройиздат, 1963. 340 с.
25. *Павлухин Л. В.* Кондиционирование воздуха. Л., изд. ЛИОТ, 1971. 107 с.
26. *Пеклов А. А.* Кондиционирование воздуха в промышленных и общественных зданиях. Изд. 3-е. К., «Будівельник», 1967. 296 с.
27. *Роцько В. К.* Стоимость и экономическая эффективность систем кондиционирования воздуха. М., изд. ЦИНИС, 1968. 70 с.
28. Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий. СН—245—71. М., Стройиздат, 1972. 96 с.
29. *Свердлов Г. З., Явнель Б. К.* Курсовое и дипломное проектирование холодильных установок и установок кондиционирования воздуха. М., «Пищевая промышленность», 1972. 383 с.
30. Справочник проектировщика. Ч. II. Вентиляция и кондиционирование воздуха. М., Стройиздат, 1969. 536 с.
31. *Стефанов Е. В.* Вентиляция и кондиционирование воздуха. Общая часть. Л., изд. ВВВТКУ, 1970. 544 с.
32. Строительные нормы и правила. СНиП II—Г. 7—62. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Нормы проектирования. М., Стройиздат, 1964. 63 с.
33. Строительные нормы и правила. СНиП II—А. 6—72. Строительная климатология и геофизика. М., Стройиздат, 1973. 320 с.
34. *Сорокин Н. С.* Вентиляция, отопление и кондиционирование воздуха на текстильных предприятиях. Изд. 5-е. М., «Легкая промышленность», 1974. 328 с.
35. *Сребницкий Б. Н.* Примеры расчета систем кондиционирования воздуха. К., «Будівельник», 1970. 160 с.
36. *Участкин П. В., Тетеревников В. Н., Мателёнок Д. А.* Кондиционирование воздуха в промышленных зданиях. М., Профиздат, 1963. 423 с.
37. *Халамейзер М. Б.* Автоматические установки искусственного климата. Изд. 2-е. М., «Машиностроение», 1969. 312 с.
38. *Шниз Б. Г.* Современные средства автоматизации установок кондиционирования воздуха. М., изд. ЦНИИТЭстроймаш, 1972. 62 с.
39. Журналы «Водоснабжение и санитарная техника», «Холодильная техника», 1960—1974.
40. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Сборники 2—7. Рига, изд. РПИ, 1969—1975.

SATURS

Ievads	3
1. Īss vēsturisks apskats un perspektīvas	5
2. Mitra gaisa termodinamikas pamati	8
2.1. Sausa gaisa īpašības	8
2.2. Ūdens tvaika īpašības	9
2.3. Sausa gaisa un ūdens tvaika maisījuma īpašības	10
2.4. I-d diagramma	11
2.5. Mitra gaisa parametru noteikšana pēc I-d diagrammas	13
2.6. Gaisa slāvkļa izmaiņu attēlošana I-d diagramma	14
2.6.1. Sildīšana	16
2.6.2. Dzesēšana	16
2.6.3. Mitrināšana	17
2.6.4. Sausināšana	18
2.6.5. Sajaukšana	18
2.7. Gaisa slāvkļa izmaiņas iespējamie virzieni	19
3. Gaisa apstrādes metodes	22
3.1. Gaisa sildīšana un dzesēšana	22
3.2. Gaisa apstrāde, kontaktējot to ar ūdeni	24
3.2.1. Sprauslu kameras	27
3.2.2. Centrbēdzes ūdens izsmidzinātāji	33
3.2.3. Aparāti ar kontakta slāņiem	36
3.2.4. Putu aparāti	37
3.2.5. Sekundārā mitrināšana	39
3.2.6. Mitrināšana ar tvaiku	42
3.2.7. Kontaktēšana ar pārkarsētu ūdeni	44
3.3. Gaisa sausināšana ar sorbentiem	45
3.3.1. Adsorbenti	45
3.3.2. Absorbenti	45
3.4. Noplūdes gaisa siltuma un mitruma utilizēšana	47
3.4.1. Rekuperatori	48
3.4.2. Rotējoši reģeneratori	50
3.5. Gaisa attīrīšana no putekļiem un baktērijām	52
3.5.1. Eļļas filtri	53
3.5.2. Sintētiska auduma filtri	55

3.5.3. Elektrofilttri	57
3.5.4. Petrļanova auduma filtri	58
3.6. Gaisa dezodorēšana	58
3.7. Gaisa jonizēšana	60
4. Gaisa kondicionēšanas sistēmas	61
4.1. Vientzonas sistēmas	62
4.1.1. Sistēmas, kuras regulē pēc rasas punkta metodes	64
4.1.1.1. Taisnplūsmas sistēmas	64
4.1.1.2. Sistēmas ar pirmo recirkulāciju	66
4.1.1.3. Sistēmas ar divām recirkulācijām	69
4.1.2. Sistēmas, kuras regulē pēc optimālo režīmu metodes	71
4.1.2.1. Sistēmas ar recirkulāciju	72
4.1.2.3. Taisnplūsmas sistēmas	78
4.1.2.4. Sistēmu klasifikācija	80
4.1.2.5. Sprauslu kameras apvadlīnijas ierīkošana	82
4.1.3. Parālēlo plūsmu princips	83
4.2. Daudzzonu sistēmas	83
4.2.1. Divzonu sistēmas	85
4.2.2. Vienkanāla sistēmas ar temperatūras pielāgotājiem	87
4.2.3. Vienkanāla sistēmas ar vietējo recirkulāciju	89
4.2.4. Divkanālu sistēmas	92
4.3. Augstspiediena sistēmas	94
5. Gaisa kondicionētāju konstrukcijas	96
6. Gaisa kondicionēšanas sistēmu siltumapgāde	104
6.1. Sekundārā kalorifera siltumapgāde	104
6.2. Pasākumi pret kaloriferu aizsalšanu	105
7. Gaisa kondicionēšanas sistēmu aukstumapgāde	108
7.1. Aukstuma avoti	108
7.2. Divpakāpju adiabatiskās dzesēšanas sistēmas	110
7.3. Saldēšanas mašīnas	111
7.3.1. Kompresijas mašīnas	112
7.3.2. Tvaika ežekcijas mašīnas	115
7.3.3. Absorbcijas mašīnas	116
7.4. Siltuma sūkņi	117
7.5. Saldēšanas mašīnu ūdensapgāde	120
7.6. Gaisa kondicionēšanas sistēmu aukstumapgādes shēmas	122
7.7. Aukstuma akumulatori	129
7.8. Centralizētās aukstumapgādes sistēmas	131
8. Kondicionētā gaisa sadale telpā	134
8.1. Gaisa sadales principiālās shēmas	134
8.2. Pieplūdes gaisa sadalītāju konstrukcija un aprēķins	136
8.3. Trokšņu slāpēšana	158
9. Gaisa kondicionēšanas sistēmu automātiskā regulēšana	167

9.1. Regulējošo elementu izvēle	168
9.2. Elektriskās un pneimatiskās automātiskās regulēšanas un kontroles iekārtas	175
10. Gaisa kondicionēšanas sistēmu projektēšanas pamati	176
10.1. Telpas gaisa parametru izvēle	176
10.1.1. Optimālais gaisa sastāvs	176
10.1.2. Gaisa tīrība	177
10.1.3. Gaisa temperatūra, mitrums un kustības ātrums	178
10.1.3.1. Komforta gaisa kondicionēšana	178
10.1.3.2. Tehnoloģiskā gaisa kondicionēšana	182
10.2. Izdalītā siltuma noteikšana	184
10.2.1. Siltuma pieplūde caur necaurspīdīgām robežojošām konstrukcijām	184
10.2.2. Siltuma pieplūde caur ēkas iekšējām konstrukcijām	190
10.2.3. Siltuma pieplūde caur stiklotām virsmām	191
10.2.4. Pasākumi saules starojuma siltuma samazināšanai	195
10.2.5. Gaismas ķermeņu izdalītais siltums	199
10.2.6. Cilvēku izdalītais siltums un mitrums	200
10.3. Nepieciešamā sistēmas ražīguma noteikšana	202
10.3.1. Āra gaisa aplēses parametru noteikšana	203
10.3.2. Nepieciešamais āra gaisa daudzums	205
10.3.3. Maksimālā aukstuma patēriņa noteikšana	207
10.4. Gaisa kondicionēšanas sistēmu īpatnības dažādās ēkās	207
10.4.1. Dzīvojamās ēkas	207
10.4.2. Administratīvas ēkas un viesnīcas	208
10.4.3. Slimnīcas	209
10.4.4. Skaitļošanas centri	210
11. Gaisa kondicionēšanas sistēmu ekonomika	212
11.1. Kapitālieguldījumu aptuvena noteikšana	212
11.2. Eksploatēšanas izdevumu aprēķināšana	214
12. Gaisa kondicionēšanas sistēmu regulēšana un apkalpošana	219
12.1. Gaisa kondicionēšanas sistēmu apkalpošanai nepieciešamie mērinstrumenti	219
12.2. Sistēmu regulēšana	220
12.3. Sistēmu tehniskā apkalpošana	222
12.4. Drošības tehnikas noteikumi	223
1. pielikums. Dažu mērvienību salīdzinošā tabula	224
2. pielikums. Pieņemtie apzīmējumi	226
3. pielikums. Piesātināta mitra gaisa parametri	228
4. pielikums. Gaisa fizikālās īpašības pie barometriskā spiediena 1,013 bar (760 mm Hg)	229

5. pielikums. I-d diagramma barometriskajam spiedienam 0,99 bar	231
6. pielikums. I-d diagramma barometriskajam spiedienam 745 mm Hg	232
7. pielikums. I-d diagramma barometriskajam spiedienam 1,01 bar	233
8. pielikums. I-d diagramma barometriskajam spiedienam 760 mm Hg	234
9. pielikums. t-φ diagramma Rīgai	235
10. pielikums. Psihometriskā tabula	236
11. pielikums. Meteoroloģiskie dati Rīgai	238
12. pielikums. Meteoroloģiskie dati Rēzeknei	244
Literatūra	250

Андрей Янович Креслинъ
КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА
В ОБЩЕСТВЕННЫХ
И ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЯХ
Издательство «Лиезма» Рига 1975
На латышском языке
Обложку рисовал А. Клодан

Andris Jāņa d. Krēsliņš
GAISA KONDICIONESANA RŪPNĒCĪBAS
UN SABIEDRISKĀJĀS EKĀS

Redaktore Dz. Birnbauma. Māksl. redaktors
A. Sprūdžs. Tehn. redaktore D. Radziņa.
Korektore M. Starka.

Nodota salikšanai 1975. g. 13. janvārī. Pa-
rakslīta iespiešanai 1975. g. 23. oktobrī.
Tipogrāfijas papīrs Nr. 3, formāts 84×108/32.
8,0 fiz. iespiedl.; 13,44 uzsk. iespiedl.; 10,66
izdevn. l. Metiens 1500 eks. JT 05476. Maksā
80 kap. Izdevniecība «Liesma» Rīgā, Pa-
domju bulv. 24. Izdevn. Nr. 291/27183-R-1833.
Iespiesta Latvijas PSR Ministru Padomes
Valsts izdevniecību, poligrāfijas un grā-
matu tirdzniecības lietu komitejas tipogrā-
fijā «Cīņa» Rīgā, Blaumaņa ielā 38/40.
Pasūt. Nr. 131-L.