

691
CT 470v

J. Kigurs

VENTILĀCIJA



IEVADS

Ventilācija ir gaisa apmaiņas process, ar kura palīdzību no telpas izvada kaitīgos izdalījumus un pievada tīru gaisu. Ventilācija ir viens no svarīgākajiem pasākumiem normālu gaisa sanitāri higiēnisko apstākļu radīšanai un uzturēšanai telpās, tādā veidā sekmējot darbaļaužu veselības un darbaspēju saglabāšanu.

Līdz ar higiēniskiem uzdevumiem ventilācija veicina arī tehnoloģisko procesu norisi. Tā, samazinot putekļu daudzumu un gaisa mitrumu telpā, samazinās mašīnu un darbgaldu rotējošo daļu nodilums, iekārtu un ēku konstrukciju korozija.

Attīstoties rūpniecībai, radās nepieciešamība pēc telpu mākslīgas ventilācijas. Jau 1763. g. M. Lomonosovs izstrādāja teoriju gaisa kustībai kanālos gravitācijas spēku ietekmē. 1834. g. inženieris A. Sablukovs izgudroja un lietoja pirmo centrālās ventilatoru. 1861. g. inženieris J. Flavickis pamatoja gaisa apmaiņas normas Krievijas apstākļiem un novērtēja gaisa vidi no higiēniskā viedokļa.

Krievijā pirmās ventilācijas sistēmas tika ierīkotas Pēterburgas kazarmās un Daugāvpils kara hospitālī 1861.—1863. g. Tomēr cariskās Krievijas apstākļos, kur darbaļaužu ekspluatācija bija jo sevišķi nežēlīga, ventilāciju rūpnīcās izmantoja ļoti reti.

Ventilācijas tehnika sāk strauji attīstīties tikai pēc Lielās Oktobra revolūcijas. Tika nodibināti vairāki zinātniski pētnieciskie institūti, kuros izstrādāja teorētiskos pamatus un aprēķinu metodes daudziem ventilācijas procesiem.

Ievērojamu ieguldījumu ventilācijas tehnikas attīstībā snieguši padomju zinātnieki V. Capligins, B. Ašē, V. Baturins, P. Kameņevs, G. Maksimovs un citi.

Darba apstākļu uzlabošana kā viens no svarīgākajiem pasākumiem padomju cilvēku labklājības celšanā izvirzīta PSKP Programmā. Kapitālieguldījumi ventilācijas sistēmu ierīkošanai rūpnīcās vidēji sastāda 5—6% no kopējiem kapitālieguldījumiem. 1970. g. ventilācijai patērēja 66,6 miljardus kWh elektroenerģijas; tas sastāda 9% no valstī saražotās elektroenerģijas.

Ar ventilācijas sistēmu projektēšanu, montāžu un ekspluatāciju nodarbojas liels speciālistu skaits. Tomēr daudzu ventilācijas sistēmu efektivitāte vēl ir nepieliekama. Šādu stāvokli zināmā mērā veicina tehniskās literatūras trūkums ventilācijas jautājumos. Šis grāmatas uzdevums ir daļēji novērst šo trūkumu.

Grāmatā nav apskatīta gaisa kondicionēšana un ar to saistītie gaisa apstrādes procesi: gaisa dzesēšana, mitrināšana, sausināšana, dezodorēšana; sīkākas ziņas par tiem lasītājs var atrast izdevniecības «Liesma» 1975. g. izdotajā A. Krēsliņa grāmatā «Gaisa kondicionēšana rūpniecības un sabiedriskajās ēkās».

Standarts (ГОСТ 9867-61) iesaka lietot galvenokārt starptautisko mērvienību sistēmu SI. Sakarā ar to, ka esošās rokasgrāmatas un mērinstrumenti izgatavoti atbilstoši vecajām mērvienību sistēmām, grāmatā formulas sniegtas kā MKGS, tā arī SI mērvienību sistēmās.

1. nodaļa

FIZIKĀLIE UN HIGIENISKIE VENTILĀCIJAS PAMATI

1. MITRĀ GAISA IPASĪBAS

Gaisa sastāvs, tā spiediens

Atmosfēras gaiss tilpuma vienībā satur 20,9% skābekļa, 78,13% slāpekļa, 0,94% argona, 0,03% ogļskābās gāzes un nelielu daudzumu citas gāzes (hēliju, neonu, ksenonu u. c.).

Atmosfēras gaisā vienmēr ir ūdens tvaiki, kuru daudzums atkarīgs no klimatiskiem apstākļiem, apvidus un gadalaika. Gaisā var atrasties dažādas cietas daļiņas, putekļi un mikroorganismi.

Ventilācijas aprēķinos ar pietiekamu precizitāti mitrajam gaisam lietojami ideālās gāzes likumi.

Pēc Daltona likuma atmosfēras spiediens ir vienāds ar sausā gaisa un ūdens tvaika spiediena summu (mm Hg vai Pa).

$$p = p_s + p_{tv}, \quad (1.1)$$

kur p_s , p_{tv} — atbilstoši sausā gaisa un ūdens tvaika parciālais spiediens, mm Hg (Pa).

Sausais gaiss un ūdens tvaiki vienmērīgi sadalīti visā mitrā gaisa tilpumā v , un tiem ir vienāda temperatūra T . Lietojot Klappeirona—Mendeļejeva vienādojumu mitrajam gaisam, tā sausajai daļai un ūdens tvaikiem, iegūstam izteiksmi mitrajam gaisam

$$pv = GRT, \quad (1.2)$$

sausajam gaisam

$$p_s v = G_s R_s T, \quad (1.3)$$

ūdens tvaikam

$$p_{tv} v = G_{tv} R_{tv} T, \quad (1.4)$$

kur p , p_s , p_{tv} — atbilstoši mitrā gaisa, sausā gaisa un ūdens tvaika spiediens, kG/m² (Pa);

G , G_s , G_{tv} — atbilstoši mitrā gaisa, sausā gaisa un ūdens tvaika masa, kg;

R , R_s , R_{tv} — gāzes konstante atbilstoši mitrajam gaisam, sausajam gaisam un ūdens tvaikam, kGm/(deg.kg) [J/(kg.deg.)];

V — maisījuma tilpums, m³;

T — maisījuma temperatūra, °K.

Gāzes konstantes vērtība
sausajam gaisam

$$R_s = 29,27 \text{ kGm/(kg.deg.)} [R_s = 288,5 \text{ J/(kg.deg.)}],$$

ūdens tvaikam

$$R_{tv} = 47,05 \text{ kGm/(kg.deg.)} [R_{tv} = 461,6 \text{ J/(kg.deg.)}].$$

Gāzes konstante mitrajam gaisam

$$R = \frac{G_s}{G} R_s + \frac{G_{tv}}{G} R_{tv}. \quad (1.5)$$

Ipatnējā masa

Gaisa *īpatnējā masa* vai *blīvums* γ , kg/m³, ir tilpuma vienības v masa G :

$$\gamma = \frac{G}{v}. \quad (1.6)$$

Jāatzīmē, ka gaisa blīvuma γ , kg/m³, skaitliskā vērtība SI sistēmā ir vienāda ar gaisa īpatnējā svara vērtību.

Mitrā gaisa masa sastāv no sausā gaisa masas G_s un ūdens tvaika masas G_{tv} :

$$G = G_s + G_{tv}. \quad (1.7)$$

Sausā gaisa un ūdens tvaika masu var aprēķināt, izmantojot Klapeirona-Mendeļejeva vienādojumu:

$$G_s = \frac{p_s v}{R_s T}, \quad (1.8)$$

$$G_{tv} = \frac{p_{tv} v}{R_{tv} T}. \quad (1.9)$$

Ievietojot izteiksmē (1.7) G_s un G_{tv} vērtības, izteiksmē (1.6) G vērtību un ņemot vērā, ka $p = p_s + p_{tv}$, iegūstam

$$\gamma = \frac{1}{T} \left(\frac{p_s}{R_s} + \frac{p_{tv}}{R_{tv}} \right) = \frac{1}{T} (0,465 p - 0,176 p_{tv}). \quad (1.10)$$

No izteiksmes (1.10) redzam, ka mitrā gaisa blīvums ir mazāks par sausā gaisa blīvumu. Praktiskajos aprēķinos mitruma ietekmi ņem vērā un gaisa blīvumu (kg/m³) aprēķina pēc formulas

$$\gamma = \frac{0,465 p}{T}. \quad (1.11)$$

Gaisa blīvuma vērtības pie normāla barometriskā spiediena ($p = 760 \text{ mmHg}$) dotas 2. pielikumā.

Gaisa relatīvais mitrums un mitruma saturs

Par gaisa *relatīvo mitrumu* φ sauc ūdens tvaika masas γ_{tv} attiecību (izteiktu procentos vai daļās) pret tvaika masu γ_{tv} , kādu var saturēt gaiss piesātinātā stāvoklī pie tās pašas temperatūras.

$$\varphi = \frac{\gamma_{tv}}{\gamma_{tv}'} \quad (1.12)$$

Pēc Klapeirona—Mendeļejeva vienādojuma masa ir

$$\gamma_{tv} = \frac{p_{tv}}{R_{tv} T}; \quad \gamma_{tv}' = \frac{p_{tv}'}{R_{tv} T}.$$

Ievietojot masu vērtības vienādojumā (1.12), iegūstam

$$\varphi = \frac{p_{tv}}{p_{tv}'}, \quad (1.13)$$

kur p_{tv} , p_{tv}' — tvaika parciālais spiediens attiecīgi nepiesātinātam un piesātinātam gaisam, mmHg (Pa).

Par mitrā gaisa *mitruma saturu* d (g/kg) sauc ūdens masas γ_{tv} (g) attiecību pret sausā gaisa masu γ_s (kg) tilpuma vienībā (1 m³).

$$d = \frac{\gamma_{tv} 1000}{\gamma_s}. \quad (1.14)$$

Ja tvaika un sausā gaisa masas izsaka kilogramos, tad mitruma saturu apzīmē ar burtu x .

Ievietojot vienādojumā (1.14) īpatnējo masu vērtības γ_{tv} un γ_s , kas aprēķinātas pēc formulas (1.10), iegūstam izteiksmi

$$d = \frac{p_{tv}}{R_{tv} T} \cdot \frac{R_s T}{p_s} 1000 = 622 \frac{p_{tv}}{p - p_{tv}}, \quad (1.15)$$

kur p — atmosfēras gaisa barometriskais spiediens (jūras līmenī pie spiediena 760 mmHg) (101,3 · 10³ Pa).

Parasti ventilācijas aprēķinus izdara standartizētam gaisam, kura parametri ir šādi: temperatūra $t = 20^\circ \text{C}$, spiediens $p = 760 \text{ mmHg}$, relatīvais mitrums $\varphi = 50\%$, blīvums $\gamma = 1,2 \text{ kg/m}^3$.

Ipatnējā siltumietilpība un entalpija

Mitrā gaisa īpatnējo siltumietilpību kcal/(kg.s.g.deg) vai kJ/(kg.s.g.deg) attiecina uz 1 kg sausa gaisa.

$$c = c_s + c_{tv} \frac{d}{1000}, \quad (1.16)$$

kur c_s — sausā gaisa vidējā īpatnējā siltumietilpība.

Ja $t=0-100^\circ\text{C}$, tad $c_s=0,24$ kcal/(kg.deg), [$c_s=1,005$ kJ/(kg.deg)] un vidējā ūdens tvaika īpatnējā siltumietilpība $c_{tv}=0,43$ kcal/(kg.deg), [$c_{tv}=1,8$ kJ/(kg.deg)].

Mitrā gaisa entalpija J ir sausā gaisa entalpijas J_s un attiecīgā daudzuma ūdens tvaika entalpijas J_{tv} summa. Kopējo entalpiju J [kcal/(kg.s.g) vai kJ/(kg.s.g)] parasti attiecina uz 1 kg sausa gaisa.

$$J = J_s + J_{tv}. \quad (1.17)$$

Sausā gaisa entalpiju var aprēķināt pēc formulas (kcal/kg vai kJ/kg)

$$J_s = c_s t. \quad (1.18)$$

Ūdens tvaika entalpija

$$J_{tv} = \frac{d}{1000} (r + c_{tv} t), \quad (1.19)$$

kur r — ūdens iztvaikošanas siltums, ja $t=0^\circ\text{C}$; $r=597,4$ kcal/kg ($r=2500$ kJ/kg);
 t — mitrā gaisa temperatūra $^\circ\text{C}$.

Mitrā gaisa entalpija [kcal/(kg.s.g)]

$$J = c_{st} + \frac{d}{1000} (r + c_{tv} t) = 0,24 t + (597,4 + 0,43 t) \frac{d}{1000}. \quad (1.20)$$

SI mērvienību sistēmā mitrā gaisa entalpija [kJ/(kg.s.g)]¹ ir

$$J = 1,005 t + (2500 + 1,8068 t) \frac{d}{1000}. \quad (1.21)$$

Piemērs. Noteikt entalpiju gaisam, kura $t=22^\circ\text{C}$, $\varphi=50\%$, $p=760$ mmHg. Atrisinājums. Pēc 2. pielikuma nosakām piesātinātā ūdens tvaika parcelāro spiedienu pie temperatūras $t=22^\circ\text{C}$, $p_{tv}=19,83$ mmHg.

¹ Tālāk saīsināšanai mitram gaisam tiek lietoti apzīmējumi: g/(kg.s.g) vietā g/kg; kcal/(kg.s.g) [kJ/(kg.s.g)] vietā kcal/kg (kJ/kg); kcal/(kg.s.g.deg) [kJ/(kg.s.g.deg)] vietā kcal/(kg.deg) [kJ/(kg.deg)].

Ūdens tvaika parcelālais spiediens pie $\varphi=50\%$.

$$p_{tv} = \frac{19,83 \cdot 50}{100} = 9,91 \text{ (mmHg)}.$$

Gaisa mitruma saturs pēc formulas (1.15)

$$d = 622 \frac{9,91}{760 - 9,91} = 8,2 \text{ (g/kg)}.$$

Mitrā gaisa entalpija pēc formulas (1.20)

$$J = 0,24 \cdot 22 + (597,4 + 0,43 \cdot 22) \frac{8,2}{1000} = 10,25 \text{ (kcal/kg)}.$$

2. I-d DIAGRAMMA

1918. g. padomju siltumtehnikis prof. L. Ramzins, izmantojot vienādojumu (1.20), izstrādāja I-d diagrammu (1. pielikums), kurā grafiski attēlotas gaisa parametru (temperatūra, relatīvais mitrums, entalpija un mitruma saturs) savstarpējās sakarības. Neatkarīgi no Ramzina 1923. gadā vācu zinātnieks Moljē publicēja līdzīgu diagrammu.

I-d diagrammā uz abscīsu ass atlikts mitruma saturs d un uz ordinātu ass — entalpija J . Koordinātu sistēmas asis veido 135° leņķi; tas dod iespēju liknes ērtāk nolasīt. Bez tam diagrammā attēlotas pastāvīgu temperatūru līnijas $t=\text{const}$ un pastāvīgu relatīvo mitrumu līnijas $\varphi=\text{const}$. Piesātinātā gaisa līnija $\varphi=100\%$ diagrammas laukumu sadala divās daļās. Augšējā daļā virs līnijas $\varphi=100\%$ atrodas mitrā gaisa zona, zem — pārsātinātā gaisa (miglas) zona. Diagrammas apakšējā daļā ir skala, pēc kuras var noteikt ūdens tvaika parcelāro spiedienu p .

Katram gaisa stāvoklim I-d diagrammā atbilst noteikts punkts, kura koordinātes var atrast pēc jebkuriem diviem (no pieciem) gaisa parametriem (J , d , t , φ , p).

Pēc I-d diagrammas var noteikt arī tādu gaisa parametru kā rāsas punkta temperatūra t_{rA} un mitrā termometra temperatūra $t_{m.A}$. (1. l. zīm.).

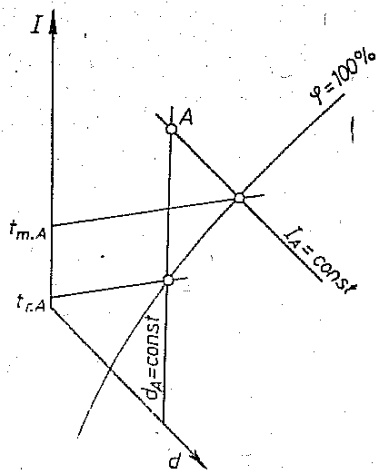
Par rāsas punkta temperatūru sauc piesātinātā gaisa temperatūru pie dotā nemainīgā mitruma satura.

Par mitrā termometra temperatūru sauc piesātinātā gaisa temperatūru pie nemainīgas entalpijas.

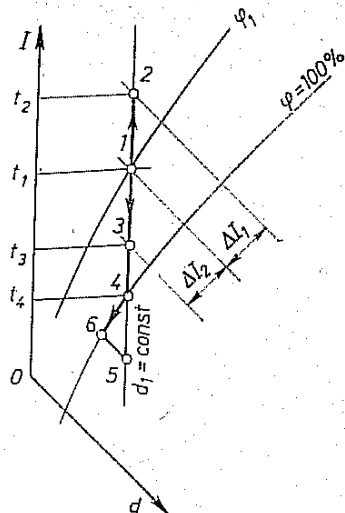
Pēc I-d diagrammas var ne tikai ērti noteikt gaisa stāvokļa parametrus, bet arī viegli attēlot dažādus gaisa apstrādes procesus — gaisa sildīšanu, dzesēšanu, mitrināšanu un sausināšanu.

Gaisa sildīšana

Gaisa sildīšana kaloriferos noris pie nemainīga gaisa mitruma satura. I-d diagrammā šādu procesu attēlo ar taisni (1.2. zīm.), kura vilkta no punkta I , kas raksturo gaisa sākuma stāvokli, uz



1.1. zīm. Gaisa rasas punkta ($t_{r,A}$) un mitrā termometra ($t_{m,A}$) temperatūru noteikšana pēc I - d diagrammas



1.2. zīm. Gaisa sildīšanas un atdzesēšanas procesu attēlošana I - d diagrammā

augšu paralēli līnijām $d=\text{const}$ līdz krustojumam ar izotermu $t_2=\text{const}$, kura atbilst gaisa beigu temperatūrai (punkts 2).

Kā redzams no diagrammas, sildot gaisu, tā entalpija un temperatūra palielinās, bet relatīvais mitrums samazinās.

Siltuma daudzumu, kcal/h, kas nepieciešams gaisa sasildīšanai, aprēķina pēc formulas

$$Q = G(J_2 - J_1), \quad (1.22)$$

kur G — gaisa daudzums, kg/h;

J_1 ; J_2 — gaisa entalpija pirms un pēc gaisa sildīšanas (atbilstoši punkti 1 un 2), kcal/kg.

Gaisa dzesēšana

Gaisa dzesēšanu, kas noris virsmas dzesētājos, I - d diagrammā attēlo ar taisni (1.2. zīm.), kura virkta no punkta 1, kas raksturo gaisa sākuma stāvokli, uz leju paralēli $d=\text{const}$ līnijām līdz krustojumam ar izotermu t_3 , kas raksturo gaisa beigu stāvokli (punkts 3). Gaisu atdzesējot, tā entalpija un temperatūra pazeminās, bet relatīvais mitrums palielinās.

Ja dzesējošai virsmai ir zema temperatūra, relatīvais mitrums var sasniegt 100% (punkts 4 I - d diagrammā). Ja gaisu turpinātu atdzesēt, tas kļūtu pārsātināts (punkts 5). Tāds gaisa stāvoklis ir nenoturīgs. Tāpēc gaiss no stāvokļa 5 pāriet stāvoklī 6 (uz piesātināta gaisa līknes $\phi=100\%$) un no gaisa izdalīsies kondensāts. Var pieņemt, ka tāda pāreja notiek pa līniju $J=\text{const}$.

Punkts 4, kas atbilst gaisa piesātinātam stāvoklim, atdzesējot to nemainīgā mitruma saturā, ir gaisa rasas punkta stāvoklim 1, bet temperatūra t_4 — rasas punkta temperatūra. Kā redzam, atdzesējot gaisu līdz temperatūrai, kas ir zemāka par rasas punkta temperatūru, vienlaikus ar dzesēšanu notiek arī gaisa sausināšana.

Aukstuma daudzumu, kas nepieciešams gaisa dzesēšanai, nosaka pēc formulas (1.22).

Gaisa sajaukšana

Ventilācijas sistēmās bieži sajauc dažādu parametru gaisu, piemēram, piejauc ārējam gaisam iekšējo (recirkulācija).

I - d diagrammā sajaukšanas procesu attēlo ar taisni, kas savieno punktus, kuri atbilst sajaucamā gaisa sākuma stāvokļiem.

Ja sajauc G_1 kg gaisa, ko raksturo punkts 1, ar G_2 kg gaisa, ko raksturo punkts 2 (1.3. zīm.), tad maisījuma stāvokli raksturo punkts 3, kurš atrodas uz taisnes, kas savieno punktus 1 un 2. Punkts 3 sadala taisni 1-2 (vai tās projekcijas ΔJ_{1-2} un Δd_{1-2}) nogriežņos, kuru garums ir apgriezti proporcionāls sajaucamā gaisa masām.

$$\frac{3-2}{1-3} = \frac{\Delta J_{3-2}}{\Delta J_{1-3}} = \frac{\Delta d_{3-2}}{\Delta d_{1-3}} = \frac{G_1}{G_2}. \quad (1.23)$$

Pie noteiktiem apstākļiem punkts 3 var atrasties uz piesātinātā gaisa līknes $\phi=100\%$ vai miglas apgabālā — zem taisnes $\phi=100\%$. Šāds gaisa stāvoklis ir nenoturīgs, un gaiss no tā pa taisni $J=\text{const}$ pāries stāvoklī uz līknes $\phi=100\%$.

Piemērs. 200 kg gaisa, kura parametri ir $t_1=32^\circ\text{C}$, $d_1=12$ g/kg, $J_1=15$ kcal/kg, sajauc ar 100 kg gaisa, kura parametri ir $t_2=10^\circ$, $d_2=3,9$ g/kg, $J_2=4,8$ kcal/kg. Noteikt maisījuma parametrus.

Atrisinājums. Pēc I - d diagrammas atrodam punktus 1 un 2 (1.3. zīm.), kas atbilst šo gaisa stāvokļu parametriem. Savienojam abus punktus ar taisni un dalām to attiecībā $G_1/G_2=2/1$. No punkta 1 atliekam taisnes 1-2 vienu trešo daļu, iegūstam punktu 3, kas raksturo maisījuma parametrus: $t_3=24,8^\circ\text{C}$; $d_3=9,2$ g/kg; $J_3=11,5$ kcal/kg.

Gaisa mitrināšana

Gaisa mitrināšana notiek, gaisam tieši kontaktējot ar ūdeni vai tvaiku. Gaisam kontaktējot ar ūdeni, kura temperatūra ir vienāda ar mitrā termometra temperatūru, notiek gaisa *adiabātiska* mitrināšana.

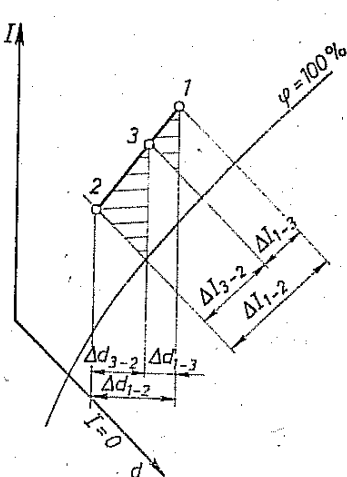
Siltuma apmaiņas rezultātā gaisa temperatūra pazeminās un tiešais siltums, kuru atdod gaiss, tiek patērēts ūdens iztvaikošanai. Ar ūdens tvaiku gaisā ievada siltumu, kura daudzums ir aptuveni vienāds ar tiešā siltuma daudzumu, ko atdevis gaiss. Var uzskatīt, ka adiabātiskais mitrināšanas process noris pie nemainīgas gaisa entalpijas.

I-d diagrammā adiabātisko mitrināšanas procesu attēlo ar taisni, kas vilkta no punkta 1 paralēli līnijām $J=\text{const}$, kurš atbilst gaisa sākuma stāvoklim, līdz krustojumam ar robežlīniju $\varphi=100\%$ punktā 2 (1.4. zīm.).

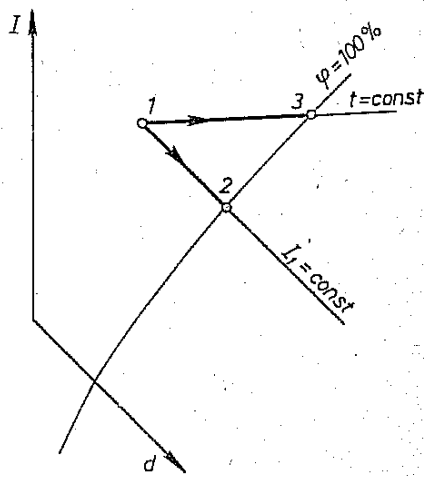
Adiabātisko gaisa mitrināšanu bieži lieto gaisa kondicionēšanas sistēmu sprauslu kamerās (Krēsliņš A. Gaisa kondicionēšanas rūpniecības un sabiedriskajās ēkās. R., «Liesma», 1975).

Gaisam kontaktējot ar ūdens tvaiku, gaisa mitrināšana notiek pie nemainīgas temperatūras, pieaugot entalpijai. Šādu procesu sauc par *izotermisko* mitrināšanas procesu.

I-d diagrammā šādu procesu attēlo ar taisni, kas vilkta no punkta 1, kurš raksturo gaisa sākuma stāvokli, līdz krustpunktam ar robežlīniju $\varphi=100\%$ punktā 3 (1.4. zīm.) paralēli taisnēm $t=\text{const}$.



1.3. zīm. Gaisa sajaukšanas procesa attēlošana *I-d* diagrammā



1.4. zīm. Adiabātiskas un izotermiskas mitrināšanas procesu attēlošana *I-d* diagrammā

Procesi ar vienlaicīgu entalpijas un mitruma satura maiņu

Vispārējā gadījumā ventilācijas procesā vienlaikus mainās gaisa entalpija un mitruma saturs. Šādu gaisa parametru maiņu novēro telpās, kurās vienlaikus izdalās mitrums un siltums.

Pieņemsim, ka gaisam, kura parametri atbilst stāvoklim 1 1.5. zīmējumā un kura masa ir G kg/h, pievada Q kcal/h siltuma un w kg/h mitruma. Asimilējot siltumu un mitrumu, gaiss ieņems stāvokli 2; procesu attēlo līnija, kas savieno šos punktus. Asimilētais siltuma daudzums (kcal/h vai W)

$$Q = G(J_2 - J_1), \quad (1.24)$$

mitruma daudzums (kg/h)

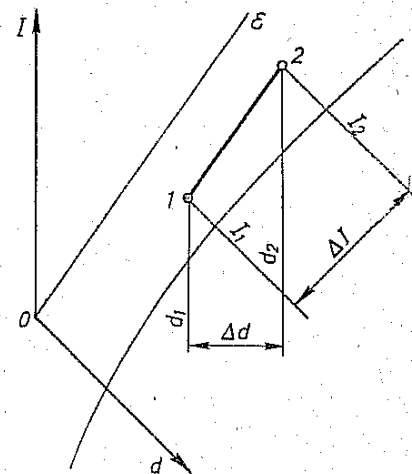
$$w = G \frac{d_2 - d_1}{1000}. \quad (1.25)$$

Dalot izteiksmi (1.24) ar izteiksmi (1.25), iegūstam procesa leņķisko koeficientu (mērogu) (kcal/kg vai $\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$)

$$\varepsilon = \frac{Q}{w} = \frac{(J_2 - J_1) 1000}{d_2 - d_1}. \quad (1.26)$$

Procesa leņķiskā koeficienta jēdzienu ērti izmantot aprēķinos. Šim nolūkam uz *I-d* diagrammas malām atzīmētas leņķisko koeficientu vērtības. Savienojot dotā leņķiskā koeficienta vērtības atzīmi un ordinātes punktu O , iegūsi procesa virzienu jeb staru ε .

Ja ir zināms gaisa sākuma stāvoklis 1, tad caur to paralēli staram velk līniju. Iegūtā taisne raksturo gaisa parametru maiņas procesu pie dotās siltuma-mitruma attiecības ε , asimilētā siltuma daudzuma Q un mitruma W .



1.5. zīm. Vienlaicīgas entalpijas un mitruma satura maiņas procesa attēlošana *I-d* diagrammā

3. APKĀRTĒJĀS VIDES IEDARBĪBA UZ CILVĒKU

Dzīvības procesa uzturēšanai cilvēks elpojot diennakti patērē 15—20 m³ gaisa. Bez uztura cilvēks var iztikt dažas nedēļas, bez šķidruma — vairākas dienas, bet bez gaisa — tikai dažas minūtes.

Liela nozīme normālu dzīvības funkciju uzturēšanā ir cilvēka ieelpotā gaisa sastāvam, tīrībai un parametriem (temperatūrai, relatīvajam mitrumam). Parametrus un tīrības pakāpi gaisam telpās, kurās uzturas cilvēki, nosaka sanitārās normas.

Ražošanas telpās, kurās strādā cilvēki, parasti noris arī dažādi tehnoloģiskie procesi, atrodas materiāli, iekārtas, kam daudzos gadījumos nepieciešami noteikti gaisa parametri. Gaisa sanitāri higiēniskās prasības bieži sakrīt ar tehnoloģiskām prasībām, tomēr dažos gadījumos tehnoloģiskajam procesam vai ražošanas materiāliem nepieciešami sevišķi gaisa parametri vai tīrība (piemēram, lai normāli noritētu tehnoloģiskais process, tekstilrūpnīcās nepieciešams paaugstināts gaisa relatīvais mitrums $\varphi=70\%$).

Meteoroloģisko apstākļu ietekme uz cilvēka organismu

Cilvēka pašsajūta un darbaspējas lielā mērā atkarīgas no meteoroloģiskiem apstākļiem telpā — gaisa temperatūras, mitruma, kustības ātruma.

Cilvēka organisms dzīvības procesu rezultātā izdala 100—150 kcal/h. Vielmaiņas funkcijas noris normāli, ja ķermeņa temperatūra ir apmēram 36,6°C. Šādu temperatūru nodrošina, ja organismā izdalīto siltumu vienmērīgi un nepārtraukti novada apkārtējā vidē. Siltuma izdalīšana notiek caur ādu un elpošanas orgāniem, sasildot un samitrinot izelpojamo gaisu. Apmēram 80% siltuma izdalās caur ādu un 20% — caur plaušām. Tādējādi āda ir galvenais organisma siltuma novadītājs.

Siltuma atdeve caur ādu notiek ar konvekciju (15,3%), izstarošanu (55,6%) un svīšanu (29,1%). Siltuma daudzums, kuru novada ar katru no minētajiem siltuma novadīšanas veidiem, mainās atkarībā no apkārtējā gaisa parametriem. Ja apkārtējais gaiss ir sauss un temperatūra ir paaugstināta, siltuma pārvešana palielinās iztvaikojot, bet pie zemākas temperatūras un lielāka gaisa mitruma samazinās, turklāt summārais novadītā siltuma daudzums paliek nemainīgs.

Vajadzīgo siltuma bilanci cilvēka organisms uztur ar termoregulāciju. Cilvēka āda satur ļoti daudz sīku asinsvadū. Atkarībā no apkārtējā gaisa temperatūras asinsvadi var izplesties vai sašaurināties, tādējādi caurplūstošo asiņu daudzums būs dažāds.

Jo vairāk caur ādu izplūst asinis, jo lielāks siltuma daudzums tiek atdots.

Cilvēka termoregulācijas spējām ir zināmas robežas, kuras pārkāpjot ķermeņa temperatūra vairs nepaliek pastāvīga. Tas krasi var pasliktināt cilvēka pašsajūtu vai pat radīt smagus organisma funkciju traucējumus. Tā, piemēram, cilvēkiem, kuri atrodas miera stāvoklī, termoregulācijas spējas tiek traucētas jau pie gaisa temperatūras +30°C un relatīvā mitruma 85% vai gaisa temperatūras +40°C un relatīvā mitruma 30%. No teiktā ir skaidrs, cik liela nozīme cilvēka komforta sajūtas radīšanā ir telpās klimatiskajiem apstākļiem.

Gaisa temperatūras, mitruma un kustības ātruma summāro iedarbību uz cilvēka organismu izsaka ar *ekvivalenti efektīvo temperatūru*. Lai paskaidrotu šo jēdzienu, minēsim piemēru. Cilvēks jutīsies vienādi, ja gaisa temperatūra būs, pirmkārt, +20°C, relatīvais mitrums 100% un gaisa kustības ātrums 0,15 metri sekundē vai, otrkārt, ja gaisa temperatūra būs +30°C, relatīvais mitrums 45% un gaisa kustības ātrums 3 metri sekundē. Abos gadījumos ekvivalenti efektīva gaisa temperatūra ir 20°C.

Par optimāliem gaisa parametriem sauc tādus, pie kuriem normāli apģērbts cilvēks jūtas komfortabli, nesajūtot apkārtējo vidi.

Izvēloties optimālos gaisa parametrus, jāņem vērā aklimatizācijas faktors. Tā dienvidniekiem komforta temperatūra ir daudz augstāka nekā ziemeļniekiem. Ne mazāk svarīgi ir tas, cik ilgi cilvēks atrodas telpā, jo jāpauzē zināmam laikam (līdz 3 stundām), kamēr izzūd iepriekšējās vides ietekme. Tāpēc telpās, kur cilvēki atrodas īslaicīgi, komforta parametri ir citādi nekā telpās, kur cilvēki uzturas ilgstoši.

Sanitārajās normās (CH 245-71) noteikti optimālie un pieļaujamie meteoroloģiskie gaisa parametri (gaisa temperatūra, relatīvais mitrums un kustības ātrums) ražošanas telpām (1.1. tabula) atkarībā no izpildāmā darba kategorijas un gadalaika.

Izpildāmos darbus iedala 3 kategorijās: viegls darbs, kuru izpilda sēdot vai stāvot un kuru veicot nav vajadzīga nepārtraukta fiziskā piepūle (enerģijas patēriņš līdz 150 kcal/h); vidēji smags darbs saistīts ar nepārtrauktu pārvietošanos un smagumu (līdz 10 kg) pārvešanu (enerģijas patēriņš 150—250 kcal/h); smags darbs saistīts ar nepārtrauktu fizisku piepūli, pārvietošanos un par 10 kg smagāku smagumu pārvešanu (enerģijas patēriņš lielāks par 250 kcal/h).

Meteoroloģiskie apstākļi telpā ievērojami ietekmē strādājošo darba ražīgumu. Temperatūrai paaugstinoties virs normas, darba ražīgums samazinās. Tā pie ekvivalenti efektīvas temperatūras 35°C darba ražīgums garīgā darba darītājiem ir tikai 70% un fiziskā darba strādniekiem — 20% no darba ražīguma optimālos apstākļos.

1.1. tabula. Gaisa parametri ražošanas

Telpu tips	Darba kategorija	Aukstais un pārejas		
		pastāvīgās		
		optimālā		
		$t, ^\circ\text{C}$	$\varphi\%$	$v, \text{m/s}$ (ne lielāks)
Ražošanas	Viegls	20—22	60—30	0,2
	Vidēji smags	17—19	60—30	0,3
	Smags	16—18	60—30	0,3
Dzīvojamās un sabiedriskās	—	19—21	60—40	0,3

Telpu tips	Darba kategorija	Siltais		
		pastāvīgās		
		optimālā		
		$t, ^\circ\text{C}$	$\varphi\%$	$v, \text{m/s}$ (ne lielāks)
Ražošanas	Viegls	22—25	60—30	0,2—0,5
	Vidēji smags	20—23	60—30	0,2—0,3
	Smags	18—21	60—30	0,3—0,7
Dzīvojamās un sabiedriskās	—	22—25	60—40	0,3

¹ Skatītājā uzrādītas vērtības telpām, kurās izdalītais siltums ir 20 kcal/(m³·h) un
² Parametri ražošanas telpām sniegti vietām ar ārējā gaisa aplēses temperatūru līdz 25°

Kaitīgo vielu iedarbība uz cilvēka organismu

Gāzu un putekļu fizioloģiskā iedarbība uz cilvēka organismu ir atkarīga no to toksiskuma, koncentrācijas un iedarbības ilguma. Katra gāze cilvēka organismā izraisa specifisku fizioloģisku reakciju. Saindējoties ar tvana gāzi jeb oglekļa oksīdu, pa elpošanas ceļiem tas iekļūst organismā un veido noturīgu savienojumu — karboksihemoglobīnu, kas izraisa skābekļa badu organismā. Smagas saindēšanās gadījumā cilvēks zaudē samaņu, un, ja savlaicīgi netiek sniegta palīdzība, var iestāties nāve. No mīnētā redzams, ka oglekļa oksīds ir ārkārtīgi indīgs. Biežāk rūpniecībā, retāk sadzīvē novēro saindēšanos ar svinu. Kausējot svinu, tā tvaiki izdalās gaisā, veido savienojumus un pa elpošanas ceļiem nonāk organismā. Svina savienojumiem ir

telpu darba zonā, sabiedriskās un dzīvojamās ēkās

gadalaiks ($t_a < 10^\circ\text{C}$)			
darba vietās			pieļaujamā $t^\circ\text{C}$ ārpas darba vietām
pieļaujamie			
$t^\circ\text{C}$	$\varphi, \%$ (ne lielāks)	$v, \text{m/s}$ (ne lielāks)	
- $\frac{17-22^1}{17-24^2}$	75	0,3—0,5	$\frac{15-22}{15-26}$
- $\frac{15-20}{16-22}$	75	0,5	$\frac{13-20}{15-24}$
$\frac{13-18}{13-17}$ pēc	75	0,5	$\frac{12-18}{12-19}$
CHuΠ			—

gadalaiks ($t_a \geq 10^\circ\text{C}$)			
darba vietās			pieļaujamā $t^\circ\text{C}$ ārpas darba vietām
pieļaujamie			
$t^\circ\text{C}$	$\varphi, \%$ (ne lielāks)	$v, \text{m/s}$ (ne lielāks)	
Ne augstāk par $3/5^\circ\text{C}$ viskarstākā mēneša ārējā gaisa vidējo temperatūru pl. 13.00, bet ne augstāk par 28°C	$t = 28^\circ$ $\varphi \leq 55\%$ $t = 27^\circ$ $\varphi \leq 60\%$ $t = 26^\circ$ $\varphi \leq 70\%$	$\frac{0,3-0,5}{0,3-0,7}$ $\frac{0,3-0,7}{0,5-1}$	Ne augstāk par $3/5^\circ\text{C}$ viskarstākā mēneša ārējā gaisa vidējo t pl. 13.00
Tas pats, bet ne augstāk par 26°	$t = 24^\circ$ $\varphi \leq 75\%$	$\frac{0,5-1}{0,5-1}$	—
Ne augstāk par 3°C viskarstākā mēneša ārējā gaisa vidējo temperatūru pl. 13.00	—	0,5	—

mazāk, saucējā — telpām, kurās izdalītais siltums ir vairāk par 20 kcal/(m³·h). un parametriem A.

jumu — karboksihemoglobīnu, kas izraisa skābekļa badu organismā. Smagas saindēšanās gadījumā cilvēks zaudē samaņu, un, ja savlaicīgi netiek sniegta palīdzība, var iestāties nāve. No mīnētā redzams, ka oglekļa oksīds ir ārkārtīgi indīgs. Biežāk rūpniecībā, retāk sadzīvē novēro saindēšanos ar svinu. Kausējot svinu, tā tvaiki izdalās gaisā, veido savienojumus un pa elpošanas ceļiem nonāk organismā. Svina savienojumiem ir

akumulācijas spējas — tie uzkrājas organismā un nešķīstošu savienojumu veidā deponējas kaulos, nierēs, aknās, daļēji arī muskuļos.

Mūsdienās daudzās rūpniecības nozarēs plaši lieto dažādus atšķaidītājus, viegli gaistošas vielas — acetonu, benzīnu, dažādus spirtus, benzolu un tā homologus — toluolu un ksilolu. Šīs vielas organismā iekļūst pa elpošanas ceļiem un caur ādu.

Dažādās rūpniecības nozarēs un zinātniskajos eksperimentos arvien plašāk lieto metālisko dzīvsudrabu, kuru izmanto mēraparātu izgatavošanā, kvarca un luminiscējošo lampu ražošanā, farmaceutiskajā rūpniecībā. Dzīvsudrabs iztvaiko pat pie 0°C temperatūras; gaisa temperatūrai paaugstinoties, iztvaikošana palielinās. Tā tvaiki nav jūtami gaisā, jo tie nekairina elpošanas ceļus, pa kuriem iekļūst organismā. Hroniskās saindēšanās gadījumā dzīvsudrabs nogulsņējas iekšējos orgānos, kaulos, smadzenēs, bojā galvenokārt nervu sistēmu.

Putekļu iedarbība uz elpošanas orgāniem ir atkarīga no daļiņu lieluma un to ķīmiskā sastāva. Daļiņas, kuru diametrs lielāks par 50 μm, plaušās neiekļūst, bet tiek aizturētas augšējos elpošanas ceļos, no kuriem tās samērā viegli izdalās. Daļiņas, kuru diametrs ir 10—50 μm, iekļūst dziļākos elpošanas ceļos. Viskaitīgākās ir daļiņas, kuru diametrs ir mazāks par 10 μm, — tās iekļūst un paliek plaušās. Putekļaina gaisa ilgstošas ieelpošanas rezultātā daļa putekļu var uzkrāties plaušās un izraisīt slimību, kuru sauc par pneimokoniozi. Atkarībā no putekļu ķīmiskā sastāva novēro dažādus pneimokoniožu veidus: silikozi, ko izraisa kvarca putekļi, antrakozi — ogļu putekļi, aluminozi — alumīnija putekļi, siderozi — dzelzi saturošie putekļi.

Visizplatītākā no pneimokoniozēm ir silikoze. Tā ir hroniska visa organisma sasilšana, kuras gadījumā pārmaiņas novēro galvenokārt plaušās un elpošanas ceļos. Patoloģiskie procesi silikozes gadījumā ir neatgriezeniski, ar tieksmi progresēt.

Vilnas, kokvilnas, linu, pakulu un citu augu un dzīvnieku valsts izcelsmes putekļi kairina elpošanas ceļus, darbojoties uz tiem alerģēni un izraisot bronhiālo astmu.

Cilvēkiem ilgstoši uzturoties slēgtās telpās, mainās gaisa sastāvs: gaisā samazinās skābekļa daudzums un pieaug ogļskābās gāzes daudzums, kā arī mitruma saturs. Bez tam gaisā izdalās arī citi cilvēka dzīvības procesu produkti, kā amonjaks, taukskābes, smakas u. c. Tā kā šo vielu koncentrāciju gaisā noteikt ir grūti, pieņem, ka to daudzums ir proporcionāls ogļskābās gāzes daudzumam gaisā. No minētā izriet, ka ogļskābā gāze ir savdabīgs «mērogs» citām gāzēm un kaitīgām vielām.

Kaitīgo vielu maksimāli pieļaujamās koncentrācijas

Par kaitīgo vielu maksimāli pieļaujamo koncentrāciju sauc koncentrāciju, pie kuras ilgstoši uzturoties telpā, strādājošiem nenovēro sasilšanu vai veselības pasliktināšanos. Maksimāli pieļaujamā koncentrācija atkarīga no kaitīgās vielas toksiskuma. Pēc iedarbības uz cilvēka organismu kaitīgās vielas iedala 4 grupās: 1 — sevišķi bīstamās, 2 — ļoti bīstamās, 3 — vidēji bīstamās, 4 — maz bīstamās vielas.

Ražošanas telpās darba zonas gaisā kaitīgo vielu koncentrācija nedrīkst pārsniegt maksimāli pieļaujamo koncentrāciju (1.2. tabula).

1.2. tabula. Maksimāli pieļaujamā kaitīgo vielu koncentrācija darba zonas gaisā

Vielas nosaukums	Maksimāli pieļaujamā koncentrācija, mg/m ³	Bīstamības grupa
Akroleīns	0,7	2
Amonjaks	20	4
Acetons	200	4
Benzīns (degvielai)	100	4
Borskābe	10	3
DDT	0,1	1
Jods	1	2
Petroleja	300	4
Ksilols	50	3
Mangāns	0,3	2
Ozons	0,1	1
Piridīns	5	2
Svins un tā neorganiskie savienojumi	0,01	1
Sērūdeņradis	10	2
Terpentīns	300	4
Sālskābe	5	2
Metilspirts	5	3
Tabaka	3	3
Toluols	50	3
Tvana gāze	20	4
Etiķskābe	5	3
Fosgēns	0,5	2
Hlors	0,1	1
Putekļi (augu un dzīvnieku izcelsmes):		
SiO ₂ piejaukums, lielāks par 10% (graudu, kokvilnas, vilnas un citi putekļi)	2	4
SiO ₂ piejaukums — no 2 līdz 10%	4	4
SiO ₂ piejaukums, mazāks par 2% (miltu, koka putekļi)	6	4

TELPU VENTILĀCIJAS PAŅĒMIENI. GAISA KUSTĪBA VENTILĒJAMĀS TELPĀS

1. TELPU VENTILĀCIJAS PAŅĒMIENI

Dzīvojamās, sabiedriskās un ražošanas telpās sanitārajām normām atbilstošus gaisa parametrus uztur ar ventilācijas un apkures sistēmām.

Visvienkāršākais ventilācijas veids ir neorganizēta gaisa apmaiņa caur neblīvumiem norobežojošās konstrukcijās — *infiltrācija*, kā arī gaisa apmaiņa caur atvērtiem vēdlodziņiem, logiem un durvīm — *vēdināšana*.

Ja gaisa apmaiņa ventilācijas sistēmā notiek ārējā un iekšējā gaisa temperatūru (blīvuma) starpības rezultātā, tad to sauc par *gravitācijas* ventilāciju. Gaisa apmaiņa var rasties arī vēja spiediena rezultātā. Abos gadījumos ventilāciju sauc par *dabisko*.

Cehos, kuros izdalās liels siltuma daudzums, ierīko dabisko, organizēto, vispārējo ventilāciju caur speciāliem atvērumiem — *aerāciju*. Dzīvojamās un sabiedriskās ēkās plaši lieto dabiskās *kanālu ventilācijas sistēmas*.

Gaisa spiediens dabiskās kanālu ventilācijas sistēmā ir neliels un tā darbības rādiuss ir ierobežots. Rūpniecībā plaši lieto *mehāniskās* ventilācijas sistēmas, kurās gaisu pa gaisa vadiem dzen ventilators.

Par *noplūdes* sistēmām sauc ventilācijas sistēmas, kas izvada no telpas netīro gaisu, bet sistēmas, kas pievada tīru āra gaisu, sauc par *pieplūdes* sistēmām. Ventilāciju, kas nodrošina organizētu gaisa pieplūdi un noplūdi telpā, sauc par *pieplūdes—noplūdes* ventilāciju.

Pieplūdes un noplūdes ventilācijas sistēmas var būt vispārējās apmaiņas un vietējās.

Vispārējās apmaiņas pieplūdes un noplūdes sistēmas apmaina gaisu visā telpā; pieplūdes sistēmu gaiss, plūstot caur visu telpu, *asimilē* kaitīgās vielas (atšķaida tās līdz maksimāli pieļaujamai koncentrācijai), noplūdes sistēmas šo gaisu izvada ārā no telpas. Vispārējās apmaiņas ventilāciju parasti lieto, ja kaitīgās vielas izdalās pa visu telpu, kā arī ja darba vietas telpā izvietotas vienmērīgi. Šī ventilācijas paņēmiena galvenais trūkums ir samērā lieli ventilācijas gaisa daudzumi un nevienmērīgs gaisa sastavs telpā: gaisa pieplūdes vietu tuvumā sanitāri higiēniskie apstākļi ir labāki nekā vietās, kur netīro gaisu izvada.

Vietējās noplūdes ventilācijas sistēmas uztver kaitīgās vielas ar *vietējām nosūcēm* to izdalīšanās vietās, neļaujot tām izplatīties

pa visu telpu. Kaitīgo vielu izdalīšanās vietas norobežo no pārējās telpas ar *nosedzēm*, bet agregātus, kas izdala putekļus vai kaitīgās vielas, ietver *apvalkos*. Nosedzes un apvalki lokalizē kaitīgo vielu izdalīšanos. No nosedzēm un apvalkiem vietējās noplūdes sistēmas gaisu ar kaitīgām vielām pēc attīrīšanas izvada atmosfērā. Šādu ventilāciju sauc par *lokalizējošo*.

Vietējās noplūdes sistēmas, kas nosūc no nosedzēm un apvalkiem putekļaino gaisu, sauc par *aspirācijas* sistēmām. Aspirācijas sistēmas, kuru uzdevums ir transportēt putekļus un cietas daļiņas no vienas vietas uz otru, sauc par *pneimotransporta* sistēmām. Noplūdes sistēmu, kas paredzēta to kaitīgo vielu novadīšanai, kuras izdalījušās tehnoloģisko iekārtu avārijas gadījumos, sauc par *avārijas* ventilāciju.

Vietējās noplūdes sistēmas parasti ir efektīvākas par vispārējās apmaiņas sistēmām.

Vietējā pieplūdes ventilācija nodrošina nepieciešamos gaisa parametrus tikai darba vietu rajonā. Pārējā telpas daļā kaitīgo vielu koncentrācija var būt arī lielāka par pieļaujamām normām.

Vietējās pieplūdes ventilācijas veidi ir gaisa dušas, gaisa oāzes un gaisa aizkari.

Gaisa dušas vēlamo parametru — tīru gaisu pievada tieši darba vietās. Gaisa dušas parasti ierīko karstajos cehos, piemēram, lietuvēs, kalvēs, termiskajos cehos utt. Šādos cehos gaisu no dušu uzgaļiem izlaiž ar palielinātu ātrumu, radot strādājošiem atvēsināšanas efektu.

Par *gaisa oāzi* sauc telpas daļu, kura norobežota no pārējās telpas ar ~2 m augstām sienām, kurā padod svaigu pieplūdes gaisu, uzturot šajā telpas daļā ievērojami zemāku gaisa temperatūru nekā visā telpā.

Lai aizkavētu ārējā gaisa ieplūšanu telpā caur atvērtām āra durvīm un novērstu telpas atdzišanu ziemas laikā, pie tām ierīko *gaisa aizkarus*. Rūpniecības ēkās gaisu pievada ar lielu ātrumu durvju plaknē, sabiedriskās ēkās gaisu padod ar samērā nelielu ātrumu vējtverī. Tādā veidā tiek ievērojami uzlaboti gaisa sanitāri higiēniskie apstākļi darba vietās, kas atrodas durvju tuvumā, kā arī tiek aizkavēta telpu atdzišana. Gaisa aizkariem var izmantot neuzsildītu telpas gaisu vai kaloriferos uzsildītu āra gaisu. Pēdējā gadījumā gaisa aizkarus sauc par *siltā gaisa aizkariem*.

Kombinētajā ventilācijā izmanto vispārējās apmaiņas un vietējās ventilācijas sistēmas.

Izvadot gaisu no telpas ar vispārējās apmaiņas sistēmām un vietējām nosūcēm, pieplūdes sistēmu uzdevums ir kompensēt novadītā gaisa daudzumu.

Dažās rūpnieciskās un sabiedriskās ēkās siltuma ekonomijas nolūkos ārējam gaisam pirms ievadīšanas telpā piejauc telpas gaisu. Šādu iekšējā gaisa otrreizēju izmantošanu sauc par *recirkulāciju*. Gaisa recirkulācija nav pieļaujama telpās, kur izdalās kaitīgas vielas, mikrobi, smakas.

2. GAISA KUSTĪBA PIE PIEPLŪDES ATVĒRUMIEM

Telpu ventilācijā liela nozīme ir gaisa strūklām. Gaisa strūklas var ieplūst ierobežotā vai neierobežotā telpā. Strūklas, kas ieplūst neierobežotā telpā, sauc par *brīvām*. Ja strūklas un apkārtējā gaisa temperatūra ir vienāda, tādu strūklu sauc par *izotermisku*. Ja strūklas temperatūra atšķiras no gaisa temperatūras telpā, tādu strūklu sauc par *neizotermisku*. Ja strūkla rodas siltuma iedarbības rezultātā, tādu strūklu sauc par *konvektīvu*.

Izplūstošās strūklas forma ir atkarīga no uzgaļa šķēsgriezuma: no cilindriskiem uzgaļiem izplūst strūklas ar apaļu šķēsgriezumu un no plakaniem uzgaļiem — strūklas ar plakānu šķēsgriezumu.

Strūklai ieplūstot telpā, tā sajaucas ar apkārtējo gaisu. Attālinoties no pieplūdes atvēruma (2.1. zīm.), palielinās caurplūstošā gaisa daudzums strūklā, tās šķēsgriezuma laukums, bet apkārtējo gaisa slāņu bremzējošās iedarbības rezultātā gaisa ātrums strūklā samazinās. Strūkla vispirms bremzējas tās ārējos slāņos, tāpēc strūklas aksiālais ātrums vēl samērā lielā attālumā no pieplūdes atvēruma paliek nemainīgs. Šo strūklas posmu sauc par *sākuma* posmu.

Posmu, kurā strūklas aksiālais ātrums pakāpeniski samazinās, sauc par *galveno* posmu. Strūklas daļu, kurā gaisa ātrums ir nemainīgs, sauc par strūklas *kodolu*. Profesors G. Abramovičs ieguva formulas, kas izsaka izotermisko strūklu sākuma un galvenā posma likumsakarības. Formulas (2.1. tab.) saista šādus strūklu parametrus:

apaļām strūklām

$$\frac{v_x}{v_0}; \frac{c_x}{c_0}; \frac{L_x}{L_0}; \frac{d_x}{d_0} = \left(\frac{ax}{d_0} \right); \quad (2.1)$$

plakanām strūklām

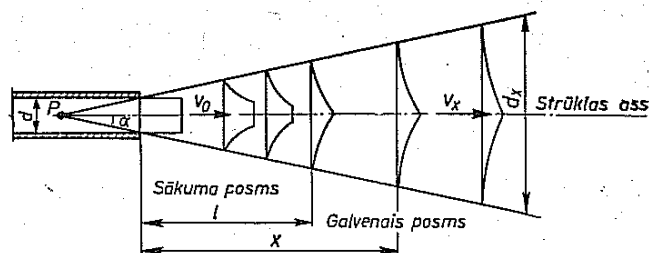
$$\frac{v_x}{v_0}; \frac{c_x}{c_0}; \frac{L_x}{L_0}; \frac{b_x}{b_0} = \varphi \left(\frac{ax}{b_0} \right), \quad (2.2)$$

kur v — strūklas aksiālais ātrums, m/s;
 c — vidējais strūklas ātrums, m/s;
 L — caurplūstošā gaisa daudzums, m³/h;
 d — strūklas diametrs, m;
 b — strūklas biezums, m;
 a — strūklas turbulentās struktūras koeficients, kas atkarīgs no atvēruma formas (2.2. tab.);
 x — attālums no dotā strūklas šķēsgriezuma līdz atvērūmam, m.

Indekss 0 attiecas uz lielumiem atvērumā, x — uz lielumiem dotajā šķēsgriezumā.

2.1. tabula. Formulas gaisa strūklas parametru noteikšanai pie pieplūdes atvēruma

Nosaukums	Formulas				
	Apzīmējums	sākuma posms	form. Nr.	galvenais posms	form. Nr.
Apaļa strūkla					
Posma garums, m	l	$0,335 \frac{d_0}{a}$	2.3	—	2.4
Aksiālais ātrums, m/s	$\frac{v_x}{v_0}$	1		$\frac{0,48}{\left(\frac{ax}{d_0} + 0,145 \right)}$	
Caurplūstošā gaisa daudzums, m ³ /h	$\frac{L_x}{L_0}$	$1 + 1,52 \frac{ax}{d_0} + 5,28 \left(\frac{ax}{d_0} \right)^2$	2.5	$4,36 \left(\frac{ax}{d_0} + 0,145 \right)$	2.6
Diametrs, m	$\frac{d_x}{d_0}$	$6,8 \frac{ax}{d_0} + 1$	2.7	$6,8 \left(\frac{ax}{d_0} + 0,145 \right)$	2.8
Vidējais ātrums (pēc laukuma), m/s	$\left(\frac{c_x}{c_0} \right)'$	$1 + 1,52 \frac{ax}{d_0} + 5,28 \left(\frac{ax}{d_0} \right)^2$	2.9	$\frac{0,095}{\frac{ax}{d_0} + 0,145}$	2.10
Vidējais ātrums (pēc gaisa daudzuma), m/s	$\left(\frac{c_x}{c_0} \right)''$	$1 + 13,6 \frac{ax}{d_0} + 46,24 \left(\frac{ax}{d_0} \right)^2$			
Vidējais ātrums (pēc gaisa daudzuma), m/s	$\left(\frac{c_x}{c_0} \right)'''$	$1 + 1,52 \frac{ax}{d_0} + 5,28 \left(\frac{ax}{d_0} \right)^2$	2.11	$\frac{0,226}{\frac{ax}{d_0} + 0,145}$	2.12
Plakana strūkla					
Posma garums, m	l	$0,515 \frac{b_0}{a}$	2.13	—	
Aksiālais ātrums, m/s	$\frac{v_x}{v_0}$	1		$\frac{0,848}{\sqrt{\frac{ax}{b_0} + 0,205}}$	2.14
Caurplūstošā gaisa daudzums, m ³ /h	$\frac{L_x}{L_0}$	$1 + 0,86 \frac{ax}{b_0}$	2.15	$\sqrt{\frac{ax}{b_0} + 0,205}$	2.16
Vidējais ātrums (pēc laukuma), m/s	$\left(\frac{c_x}{c_0} \right)'$	$1 + 0,86 \frac{ax}{b_0}$	2.17	$\frac{0,347}{\sqrt{\frac{ax}{b_0} + 0,205}}$	2.18
Vidējais ātrums (pēc gaisa daudzuma), m/s	$\left(\frac{c_x}{c_0} \right)''$	$1 + 4,8 \frac{ax}{b_0}$			
Vidējais ātrums (pēc gaisa daudzuma), m/s	$\left(\frac{c_x}{c_0} \right)'''$	$1 + 0,86 \frac{ax}{b_0}$	2.19	$\frac{0,58}{\sqrt{\frac{ax}{b_0} + 0,205}}$	2.20
Strūklas biezums, m	$\frac{b_x}{b_0}$	$4,8 \frac{ax}{b_0} + 1$	2.21	$4,8 \left(\frac{ax}{b_0} + 0,205 \right)$	2.22



2.1. zīm. Izotermiskas strūkļas ģeometriskie parametri

2.2. tabula. Strūkļas turbulentās struktūras koeficients a

Uzgaļa konstrukcija	Turbulentās struktūras koeficients a
Cilindriski uzgaļi:	
ar sašaurinājumu galā	0,066—0,07
bez sašaurinājuma galā	0,076
ar īsu difuzoru galā	0,08
Plakani uzgaļi:	
ar sašaurinājumu vienā pusē un malu attiecību 1:20	0,11
tas pats ar sašaurinājumu abās pusēs	0,1—0,12
taisnstūra atvērums plakanā sienā ar malu attiecību 1:12	0,12
V. Baturina konstrukcijas dušas uzgalis	0,12

Piemērs. Noteikt strūkļas diametru un tās aksiālo un vidējo ātrumu 2 m attālumā no cilindriskā pieplūdes uzgaļa. Gaisa ātrums uzgalī $v_0 = 3$ m/s, uzgaļa diametrs $d_0 = 200$ mm.

Atrisinājums. Pēc 2.2. tabulas turbulentās struktūras koeficients cilindriskam uzgalim $a = 0,076$.

Pēc formulas 2.3. aprēķinām sākuma posma garumu

$$l = 0,335 \frac{d_0}{a} = 0,335 \frac{0,200}{0,076} = 0,88 \text{ m} < 2 \text{ m}.$$

Aprēķinus izdarām pēc strūkļas galvenā posma formulas. Aksiālais ātrums (2.4)

$$v_x = 3 \frac{0,48}{\frac{0,076 \cdot 2}{0,2} + 0,145} = 1,59 \text{ (m/s)}.$$

Strūkļas diametrs (2.8)

$$d_x = d_0 \cdot 6,8 \left(\frac{ax}{d_0} + 0,145 \right) = 1,23 \text{ (m)}.$$

Parastajiem cilindriskajiem uzgaļiem var pieņemt $c_0 \approx 0,85v_0$. Strūkļas vidējais ātrums pēc laukuma (2.10)

$$c_x = 0,85 \cdot 3 \frac{0,095}{\frac{0,076 \cdot 2}{0,2} + 0,145} = 0,268 \text{ (m/s)}.$$

3. GAISA KUSTĪBA PIE NOPLŪDES ATVĒRUMIEM

Atšķirībā no pieplūdes strūkļām gaisa ātrums, attālinoties no noplūdes atvērumiem, samazinās ļoti strauji, kas izskaidrojams ar to, ka vienādu gaisa ātrumu izovirsmas pie noplūdes atvērumiem pēc formas ļoti tuvas sfēras virsmām, kuras, kā zināms, palielinās tieši proporcionāli attālumam no centra kuba pakāpē.

Attālinoties no noplūdes atvēruma, tādā pašā proporcijā samazinās caurplūstošā gaisa daudzums un arī tā kustības ātrums. 2.2. zīm. sniegts gaisa ātrumu spektrs cilindriskam noplūdes atvērūmam. Procentos uzrādīta gaisa ātruma samazināšanās, attālinoties no atvēruma, salīdzinājumā ar ātrumu atvērumā. Kā redzams, viena kalibra (diametra) attālumā no noplūdes atvēruma gaisa ātrums ir tikai 7,5% no ātruma atvērumā.

Gaisa aksiālos ātrumus pie noplūdes atvērumiem var noteikt pēc šādas formulas:

$$\frac{v_x}{v_0} = \frac{1}{1 + k \left(\frac{x}{\sqrt{F}} \right)^{1,4}}, \quad (2.23)$$

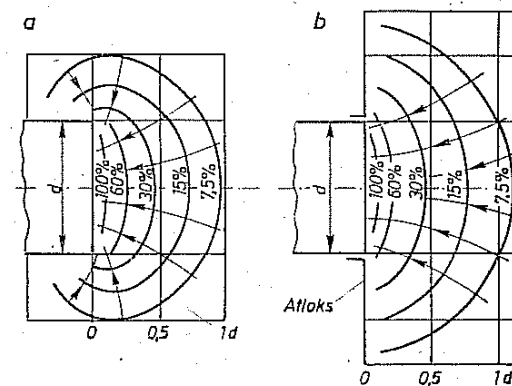
kur F — noplūdes atvēruma laukums, m^2 ;

x — attālumš no atvēruma, m;

k — eksperimentālais koeficients, kuru pieņem apaļiem un kvadrātveida atvērumiem $k=7,7$, taisnstūrveida atvērumiem ar malu attiecību 1:2, 1:3 — $k=9,1$, ar malu attiecību 1:10 — $k=20$.

4. GAISA KUSTĪBA TĒLPĀ ATKARĪBĀ NO PIEPLŪDES UN NOPLŪDES ATVĒRUMU SAVSTARPEJĀ NOVIETOJUMA

No gaisa kustības likumsakarībām pie pieplūdes un noplūdes atvērumiem redzams, ka gaisa plūsmu virzienu un sadalījumu telpā nosaka pieplūdes strūkļas. Protams, gaisa cirkulācija telpā



2.2. zīm. Gaisa plūsmas ātruma spektrs pie noplūdes atvēruma:

a — atvērums ar asām malām; b — atvērums ar atloku

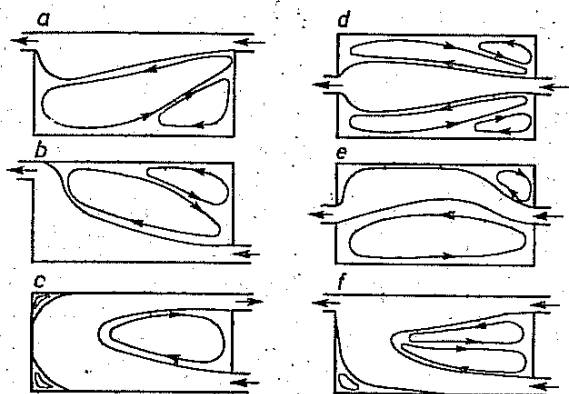
atkarīga arī no daudziem citiem faktoriem, piemēram, pieplūdes un noplūdes atvērumu savstarpējā novietojuma, siltuma un aukstuma avotu sadalījuma, no pieplūdes un telpas gaisa temperatūru starpības, no gaisa infiltrācijas un eksfiltrācijas caur neblīvumiem, logiem, durvīm utt. Izotermiskajā režīmā, kurā pieplūdes gaisa temperatūra ir vienāda ar telpas temperatūru un telpā neizdalās siltums vai aukstums, gaisa cirkulācija notiek atbilstoši 2.3. zīm. attēlotajiem V. Baturina un V. Hanžonkova eksperimentiem ar telpu modeļiem.

Gaisa sadalījums telpā ir efektīvāks, jo mazākas lokālās gaisa cirkulācijas, kurās var izveidoties neventilējamās zonas (starp galvenajām un lokālajām cirkulācijas plūsmām vienmēr notiek gaisa apmaiņa, tomēr kopējā ventilācijas efektivitāte samazinās). So iemeslu dēļ sevišķi nelabvēlīga ir shēma *a*, kurā telpas lielāko daļu aptver lokālās gaisa cirkulācijas.

Shēmās *b* un *c* lokālās cirkulācijas ievērojami mazākas nekā shēmā *a*, pie kam shēmā *c* gaisa sajaukšanās labāka nekā shēmā *b*.

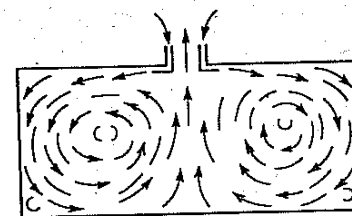
Shēmā *d* attēlota strūklu simetrija. Praksē parasti rodas dažādi kavēkļi, kuri neļauj izveidoties šādai simetrijai (shēma *e*). Praksē cenšas lietot *b* vai *c* tipa nesimetriskas shēmas, kurās jau iepriekš var paredzēt gaisa plūsmas virzienu.

Gaisa kustības ātrums, kā jau tika minēts iepriekš, ievērojami ietekmē cilvēku pašsajūtu un veselību. Tādēļ, organizējot gaisa apmaiņu zonā, kur atrodas cilvēki, gaisa kustības ātrums nedrīkst pārsniegt maksimāli pieļaujamo. Nepieciešamo gaisa kustības ātrumu telpā panāk ar atbilstošu ventilācijas atvērumu skaitu, ar to izvietojumu un konstruktīvo noformējumu. Tā kā pieplūdes strūklās gaisa ātrums samazinās samērā lēni, pieplūdes atvērumi jāizvieto noteiktā atstatumā no darba vietām. Noplūdes atvērumi, pie kuriem gaisa ātrums samazinās ļoti strauji, var atrasties tieši pie darba vietām. Izšķir vairākas gaisa sadales shēmas.



2.3. zīm. Gaisa plūsma telpā atkarībā no noplūdes un pieplūdes atvērumu izvietojuma

2.4. zīm. Pieplūdes un noplūdes gaisa sadalītājs



Telpās, kurās izdalās liels siltuma daudzums, pieplūdes gaisu pievada apakšējā zonā un novada no augšējās (no apakšas uz augšu). Sadalot gaisu pēc šīs shēmas, gaisa ātrumam un temperatūru starpībai starp pieplūdes un telpas gaisu jābūt nelieliem.

Labus rezultātus sasniedz, gaisu pievadot telpas augšējā zonā un novadot no apakšējās (no augšas uz apakšu). Šajā gadījumā pieļaujami samērā lieli gaisa ātrumi pieplūdes atvērumos, kā arī pieplūdes gaisa temperatūra var būt ievērojami zemāka vai augstāka par telpas gaisa temperatūru. Tas ļauj samazināt pieplūdes gaisa daudzumu. Telpās, kurās izdalās putekļi, šāda gaisa sadale sekmē ātrāku putekļu nosēšanos.

Nelielās telpās labu gaisa sadalījumu var panākt ar gaisa pieplūdi un noplūdi telpas augšējā zonā (no augšas uz augšu). Šī shēma īpaši ieteicama telpās, kurās izdalās liels siltuma daudzums un pieplūdes gaisa temperatūra zemāka par gaisa temperatūru telpā.

Izvēloties pieplūdes un noplūdes gaisa sadalījumu, jāņem vērā arī kaitīgo vielu izplatīšanās virzieni telpā. Par gaisu smagākās vielas nosēžas telpas apakšējā zonā, bet vieglākās paceļas uz augšu. Atbilstoši tam par gaisu vieglākās kaitīgās vielas jānovada no telpas augšējās zonas, bet par gaisu smagākās — no telpas apakšējās zonas.

Gaisa sadalīšanas aprēķini pamatojas uz strūklu kustības likumsakarībām telpā. Aprēķinu metodika atrodama speciālajā literatūrā [4, 30].

Pieplūdes gaisa iespēja tieši pārplūst noplūdes atvērumā atkarīga no pieplūdes un noplūdes atvērumu savstarpējā novietojuma, atstatuma starp tiem un no pieplūdes un noplūdes gaisa daudzuma atvērumos.

Strūklu izplūdes teorija un eksperimentālie pētījumi rāda, ka gadījumos, kad pieplūdes un noplūdes atvērumi izvietoti vienā plaknē nelielā attālumā viens no otra, gaisa pārplūde no pieplūdes atvēruma noplūdes atvērumā nenotiek. Pamatojoties uz šo teoriju, izveidoti gaisa sadalītāji, kuros apvienoti pieplūdes un noplūdes atvērumi (2.4. zīm.).

Pieplūdes strūkļa, izejot no uzgaļa radiālā virzienā, nokļūst noplūdes atvērumā (kas izvietots aksiālā virzienā) tikai pēc tam, kad tā ir izplūdusi cauri visai telpai.

KAITĪGO IZDALĪJUMU APRĒKINS. GAISA APMAIŅAS NOTEIKŠANA

1. IZDALĪTĀ SILTUMA DAUDZUMA APRĒKINS

Lai noteiktu ventilācijai nepieciešamo gaisa daudzumu, kas nodrošina telpā izdalītā siltuma asimilāciju, jāaprēķina visu siltuma avotu izdalītais kopējais siltuma daudzums (no cilvēkiem, enerģētiskām un tehnoloģiskām iekārtām, saules starojuma, apgaismes ķermeņiem utt.).

Cilvēku izdalītais siltums

Cilvēki telpā izdala tiešo un apslēpto siltumu. Par *tiešo siltumu* sauc izdalīto siltumu, kurš ietekmē gaisa temperatūras maiņu telpā. Par *apslēpto siltumu* sauc siltumu, kuru satur ūdens tvaiki, kas izdalās ar izelpojamo gaisu, un kurš neietekmē telpas gaisa temperatūru.

Cilvēku izdalītais siltuma daudzums (kcal/h vai W)

$$Q = ng, \quad (3.1)$$

kur g — viena cilvēka izdalītais siltuma daudzums, kcal/h (W) (3.1. tab.);
 n — cilvēku skaits telpā.

3.1. tabula. Pieauguša cilvēka izdalītais siltuma un mitruma daudzums atkarībā no fiziskās slodzes un gaisa temperatūras telpā

Izdalītais siltums un mitrums	Gaisa temperatūra telpā °C		
	10	20	30
<i>Viegls darbs</i>			
Siltums, kcal/h:			
tiešais	130	85	35
apslēptais	25	45	90
kopējais	155	130	125
Mitrums, g/h	40	75	150
<i>Smags darbs</i>			
Siltums, kcal/h:			
tiešais	170	110	45
apslēptais	80	140	205
kopējais	250	250	250
Mitrums, g/h	135	240	355

Elektrodzinēju izdalītais siltums

Elektrodzinēju izdalītais siltuma daudzums (kcal/h)

$$Q = \psi_1 \psi_2 \psi_3 \psi_4 860N, \quad (3.2)$$

kur ψ_1 — uzstādītās jaudas izmantošanas koeficients, kas parāda, kāda daļa no uzstādītās jaudas tiek izmantota; parasti $\psi_1 = 0,7-0,9$;
 ψ_2 — noslodzes koeficients, kas ievēro starpību jaudas izmantošanā pie maksimālās un vidējās slodzes; $\psi_2 = 0,5-0,8$;
 ψ_3 — vienlaicīgas darbības koeficients, kas parāda, cik elektrodzinēju vidēji no kopējā skaita strādā vienlaikus; $\psi_3 = 0,5-1,0$;
 ψ_4 — koeficients, kas raksturo, kāda daļa no patērētās enerģijas pāriet telpā siltuma veidā; tekstilfabrikās $\psi_4 = 1,0$, sūkņu stacijās $\psi_4 = 0,1$;
 N — elektrodzinēja nominālā jauda, kW.

SI sistēmas mērvienības siltuma daudzumu (W) aprēķina pēc formulas:

$$Q = \psi_1 \psi_2 \psi_3 \psi_4 1000N. \quad (3.3)$$

Piemērs. Aprēķināt sūkņu stacijā izdalīto siltumu, ja uzstādīti 4 sūkņi un katra elektrodzinēja jauda 20 kW.

Atrisinājums. Pieņemsim $\psi_1 = 0,95$, $\psi_2 = 0,8$, $\psi_3 = 0,75$ (viens sūknis rezerves). Siltums, kas izdalās ūdens berzes rezultātā pret cauruļu sienām, pāriet ūdenī. Tā kā sūkņu stacijā atrodas neliela daļa ūdensvada cauruļu, izvēlamies $\psi_4 = 0,1$. Izdalītais siltums pēc formulas (3.2):

$$Q = 20 \cdot 4 \cdot 860 \cdot 0,95 \cdot 0,8 \cdot 0,75 \cdot 0,1 = 3900 \text{ (kcal/h)}.$$

Saules starojuma siltums

Siltuma daudzumu (kcal/h vai W), kas ieplūst telpā saules starojuma rezultātā caur stiklotām virsmām, var aprēķināt pēc aptuvenas formulas:

$$Q = F g A k, \quad (3.4)$$

kur F — stiklotā virsma, m²;
 g — siltuma daudzums, kas ieplūst telpā saules starojuma rezultātā caur stiklotās virsmas 1 m², kcal/(m²·h) (W/m²) (3.3. tab.);
 k — koeficients, kas atkarīgs no stiklojuma stāvokļa (3.2. tab.);
 A — koeficients, kas atkarīgs no stiklojuma konstrukcijas (logiem ar 1 rūti $A = 1,45$, dubultlogiem $A = 1,15$, virsgaismas logiem $A = 1,25$).

Precīzāku saules starojuma izdalīto siltuma daudzuma aprēķinu skatīt literatūrā [4].

3.2. tabula. Koeficienta k vērtības (formulai 3.4)

Stiklojuma raksturojums	k
Nedaudz netīri stikli	0,8
Ļoti netīri stikli	0,7
Balsināti stikli	0,6
Matēti stikli	0,4
Logi ar ārējām žalūzijām	0,25

3.3. tabula. Siltuma daudzums, kas iekļūst telpā caur stiklotas virsmas 1 m², kcal/(m²·h)

Stikloto virsmu raksturojums	Debespuse, platuma grāds											
	dienvidi			dienvidaustrumi un dienvidrietumi			austrumi un rietumi			ziemeļaustrumi un ziemeļrietumi		
	33°	45°	55°	33°	45°	55°	33°	45°	55°	33°	45°	55°
Logi koka rāmjos ar 2 rūtīm	110	125	145	85	110	125	125	145	145	65	80	80
Tie paši metāla rāmjos	140	160	180	110	140	160	160	180	180	80	80	80
Virsgaismas logi šāda tipa metāla rāmjos	130	160	170	110	140	170	160	170	180	85	85	80
Tie paši koka rāmjos	120	145	150	100	125	150	145	150	160	75	75	70

Siltums, kas telpā iekļūst vai izplūst caur norobežojošām konstrukcijām

Siltuma zudumu vai iekļūstošo siltumu (kcal/h vai W) caur norobežojošām konstrukcijām aprēķina pēc formulas:

$$Q = k F (t_i - t_a), \quad (3.5)$$

kur k — siltuma pārejas koeficients, kcal/(m²·deg·h) [W/(m²·deg)];

F — norobežojošo konstrukciju laukums, m²;

t_i, t_a — atbilstoši telpas un ārējā gaisa temperatūra, °C.

Caur atvērtām durvīm, logiem un citiem atvērumiem iekļūstošais vai izplūstošais gaiss atkarībā no temperatūras var palielināt vai samazināt siltuma daudzumu telpā. Šo siltumu aprēķina (kcal/h) pēc formulas:

$$Q = c G (t_a - t_i) \frac{z}{60}, \quad (3.6)$$

kur G — gaisa daudzums, kas iekļūst vai izplūst no telpas, kg/h;

z — summārais laiks, kad atvērumi atrodas atvērtā stāvoklī, min;

$c=0,24$ — gaisa siltumietilpība, kcal/(kg·deg).

Siltuma daudzums (kcal/h vai W), kas iekļūst vai izplūst no telpas ar infiltrējošo gaisu,

$$Q = c A \gamma L (t_a - t_i), \quad (3.7)$$

kur c — gaisa siltumietilpība, kcal/(kg·deg) [J/(kg·deg)];

A — koeficients, kuru izvēlas pēc 3.4. tabulas atkarībā no neblīvumu rakstura;

l — neblīvumu garums, m;

γ — gaisa blīvums, kg/m³;

L — gaisa daudzums (3.5. tabula), kas infiltrē caur 1 m neblīvumu (m³/(m·h) [m³/(m·s)]).

3.4. tabula. Koeficienta A vērtības

Neblīvumu raksturojums	Koeficienta A vērtības
Parastie vai virsgaismas logi koka rāmjos	1,0
Parastie vai virsgaismas dubultlogi koka rāmjos	0,5
Parastie vai virsgaismas logi metāla rāmjos	0,65
Parastie vai virsgaismas dubultlogi metāla rāmjos	0,33
Ārējās durvis	2,0

3.5. tabula. Gaisa daudzums, kas infiltrē caur 1 m logu un durvju neblīvumu

Rāmju materiāls	Spraugas platums, mm	Vēja ātrums, m/s				
		1	2	3	4	5
Metāla	1	3,8	6	7,4	8,4	11,8
Koka	1,5	5,6	9,1	11,2	12,6	17,5

Iekārtu un cauruļvadu karsto virsmu izdalītais siltums

Karsto cehu tehnoloģiskās iekārtas izstaro siltumu, kas kaitīgi iedarbojas uz strādājošo organismu.

Saskaņā ar sanitārajām normām iekārtu ārējo virsmu temperatūra nedrīkst pārsniegt 45°C. Lai to panāktu, iekārtu ārējās virsmas pārklāj ar siltumizolāciju.

Ja iekārtas nevar siltumizolēt, ierīko ekrānus, kas atstaro siltumu. Ekrānus izgatavo no skārda, alumīnija folijas utt. Ja izdalās ļoti liels siltuma daudzums, ekrānus dzesē ar ūdeni.

Aparātu un cauruļu virsmu izdalīto siltuma daudzumu (kcal/h vai W) nosaka pēc formulas:

$$Q = kF(t_a - t_t), \quad (3.8)$$

kur k — siltuma pārejas koeficients, kcal/(m²·h·deg) [W/(m²·deg)];
 F — aparāta vai caurules virsmas laukums, m²;
 t_a — vielas temperatūra aparātā vai caurulē, °C;
 t_t — gaisa temperatūra telpā, °C.

Neizolētai caurulei formulā (3.8) k vietā var izmantot siltuma atdeves koeficientu, kcal/(m²·h·deg).

$$\alpha = 8 + 0,04 t_a. \quad (3.9)$$

Atdziestoša materiāla izdalītais siltums

Ja atdziestošais materiāls atrodas cietā stāvoklī, tad izdalītā siltuma daudzumu (kcal/h vai W) var aprēķināt pēc formulas:

$$Q = Gc(t_1 - t_2)\beta, \quad (3.10)$$

kur G — atdziestošā materiāla masa, kg;
 c — materiāla īpatnējā siltumietilpība, mainoties tā temperatūrai no t_1 līdz t_2 , kcal/(kg·deg) [J/(kg·deg)];
 t_1, t_2 — materiāla sākuma un beigu temperatūra, °C;
 β — koeficients, kurš raksturo izdalītā siltuma nevienmērīgumu laika vienībā (3.6. tab.).

3.6. tabula. Orientējošas β vērtības (formulai 3.10)

Detaļu masa, kg	Atdzišanas ilgums, st		
	1	2	3
Līdz 200	0,75	0,15	0,1
200—1000	0,55	0,3	0,15

Siltuma daudzums, kas izdalās ar sadegšanas produktiem

Daudzos gadījumos, piemēram, metinot ar gāzi, pūšot stiklu utt., sadegšanas produkti (gāzes un siltums) izdalās tieši telpā.

Siltuma daudzumu (kcal/h vai W), kas izdalās ar sadegšanas produktiem, aprēķina pēc formulas:

$$Q = G_d Q_s \varphi, \quad (3.11)$$

kur G_d — degvielas patēriņš, kg/h (kg/s);
 Q_s — degvielas siltumspēja, kcal/kg (J/kg) (3.7. tabula);
 φ — degvielas nepilnīgas sadegšanas koeficients. Gāzveidīgām un šķīd-
rām degvielām koeficients φ ir robežās no 0,9 līdz 0,97.

3.7. tabula. Dažu degvielu siltumspēja

Degvielas nosaukums	Siltumspēja, degvielai sade- got pilnīgi, kcal/kg
Acetilēns	11 400
Benzīns	10 200
Propāns, butāns	10 600
Dabāsgāze	8500

2. VENTILĀCIJAS GAISA DAUDZUMA APRĒKINS LIEKĀ SILTUMA ASIMILĒŠANAI

Visus aprēķinātos telpās izdalītos siltuma daudzumus saskaita un iegūst summāro siltuma daudzumu telpā ΣQ_i . Tāpat aprēķina summāro siltuma zudumu ΣQ_z un pēc tam sastāda telpas siltuma bilanci.

Telpā izdalīto siltumu Q_i sauc par lieku, ja tas pārsniedz telpas siltuma zudumus

$$\Sigma Q_i > \Sigma Q_z$$

$$Q_l = \Sigma Q_i - \Sigma Q_z. \quad (3.12)$$

Ventilācijas gaisa daudzumu liekā siltuma asimilēšanai aprēķina pēc formulas:

$$G = \frac{Q_l}{c(t_n - t_p)}, \quad (3.13)$$

kur G — ventilācijas gaisa daudzums, kg/h [kg/s];
 Q_l — liekais siltums telpā, kcal/h [W];
 c — gaisa siltumietilpība, kcal/(kg·deg) [J/(kg·deg)];
 t_n, t_p — atbilstoši novadāmā un pieplūdes gaisa temperatūra, °C.

Telpām ar vienmērīgi sadalītu izdalīto siltumu novadāmā gaisa temperatūru nosaka pēc formulas:

$$t_n = t_{d.z.} + k(H-2), \quad (3.14)$$

kur $t_{d.z.}$ — gaisa temperatūra darba zonā, °C;
 k — temperatūras gradients (temperatūras pieaugums telpā pa vertikāli uz 1 m), kuru parasti pieņem $k=1-1,5$;
 H — atstatums pa vertikāli no grīdas līdz noplūdes atvēruma centram, m;
 2 — darba zonas augstums, m.

Šī formula nav izmantojama karsto ceļu aprēķiniem, kuros izdalītā siltuma daudzums un telpu augstums (10—15 m) ir ievērojami liels. Šādos ceļos siltais gaiss koncentrējas telpas augšējā daļā un temperatūras starpība pa vertikāli ir ļoti liela. Pēc pastāvošajiem noteikumiem gaisa temperatūru normē tikai darba zonai, telpas augšējai daļai tā nav normēta.

Lai darba zonā uzturētu gaisa temperatūru pieļaujamās robežās, karstajos ceļos parasti svaigo pieplūdes gaisu pievada darba zonai, bet silto gaisu novada caur atvērumiem telpas augšējā zonā.

Lai noteiktu gaisa daudzumu šādai ventilācijas shēmai, izmanto koeficientu m .

$$m = \frac{Q_{d.z.}}{Q} = \frac{t_{d.z.} - t_p}{t_n - t_p}, \quad (3.15)$$

kur $Q_{d.z.}$ — siltuma daudzums, kas ietelmē darba zonas temperatūru, kcal/h [W];
 Q — kopējais izdalītā siltuma daudzums, kcal/h [W].

Koeficients m atkarīgs no daudziem faktoriem: izdalītā siltuma daudzuma, gaisa apmaiņas intensitātes, telpas konfigurācijas, grīdas un siltuma izdalošu objektu virsmas laukumu attiecības utt.; m vērtības līdz šim nosaka eksperimentāli.

Noteiktiem ceļiem koeficients m ir samērā nemainīgs lielums un neatkarīgs no gadalaika (3.8. tab.).

3.8. tabula. Koeficienta m vērtības dažiem ceļiem

Telpas nosaukums	Koeficients, m	Telpas nosaukums	Koeficients, m
Kaļves	0,3	Mehāniskie ceļi	0,7
Ķēta līetuves	0,25	Kompresoru stacijas	0,8
Termiskie ceļi	0,45	Zāvētavas	0,5—0,6
Vēlmēšanas stāvu telpas	0,5—0,6	Maizes ceptuves	0,6
Martenkrāsnis	0,3	Stikla kausēšanas ceļi	0,6

Zinot koeficientu m , var noteikt ventilācijai nepieciešamo gaisa daudzumu (kg/h).

$$G = \frac{mQ}{0,24(t_{d.z.} - t_p)}. \quad (3.16)$$

Piemērs. Stikla detaļu pūšanas ceļā stiklu kausē ar propānu-butānu (siltumspēja $Q_n=10\,600$ kcal/kg), kura sadegšanas produkti izdalās tieši ceļā. Propānabulāna patēriņš — 2,02 kg/h. Gaisu novada no telpas augšējās zonas, bet pievada darba zonā. Telpas augstums — 4,0 m, gāzes degļi vienmērīgi izvietoti pa visu telpu; ceļš atrodas Rīgā. Noteikti ventilācijas gaisa daudzumu liekā siltuma asimilēšanai vasaras laikā.

Atrisinājums. Ārējā gaisa aplēses temperatūra Rīgā ventilācijas aprēķiniem $t=21,0$ °C. Temperatūru darba zonā pieņemam $t_{d.z.}=21+5=26$ °C (karstais ceļš, vidēji smags darbs).

Novadāmā gaisa temperatūra (formula 3.14)

$$t_n = 26 + 1,5(4-2) = 29 \text{ (°C)}.$$

Izdalītā siltuma daudzums ceļā ($\varphi=0,95$) aprēķināms pēc formulas (3.11):

$$Q = 2,02 \cdot 10\,600 \cdot 0,95 = 20\,350 \text{ (kcal/h)}.$$

Ventilācijas gaisa daudzums liekā siltuma asimilēšanai

$$G = \frac{20\,350}{0,24(29-21,0)} = 10\,600 \text{ (kg/h)}.$$

3. IZDALĪTĀ MITRUMA ASIMILĒŠANAI NEPIECIEŠAMĀS GAIŠA APMAIŅAS NOTEIKŠANA

Dzīvojamās un sabiedriskās ēkās mitrumu izdala galvenokārt cilvēki. Rūpnīcās mitrums izdalās tehnoloģiskā procesā — ūdens iztvaikošanas rezultātā.

Cilvēku izdalītais mitrums

Ūdens tvaika daudzumu (kg/h), kuru izdala cilvēki, nosaka pēc formulas:

$$W = w \cdot n,$$

kur w — ūdens tvaika daudzums, kuru izdala viens cilvēks (3.1. tab.), kg/h;
 n — cilvēku skaits.

Atklātas ūdens virsmas izdalītais mitrums

Iztvaikojošā mitruma daudzumu (kg/h) no atklātas ūdens virsmas nosaka pēc formulas:

$$W = (a + 0,0174v)(p_1 - p_2)F, \quad (3.18)$$

kur a — gaisa kustības gravitācijas faktors (pie telpas temperatūras $t=15-30$ °C; a vērtības sniegtas 3.9. tab.);

v — gaisa kustības ātrums virs atklātas ūdens virsmas, m/s;

p_1 — parciālais piesātināta ūdens tvaika spiediens pie iztvaikojošās ūdens virsmas temperatūras, mmHg (3.10. tab.);

p_2 — parciālais ūdens tvaika spiediens gaisā, mmHg;

F — atklātas ūdens virsmas laukums, m².

3.9. tabula. Gaisa kustības gravitācijas faktors α

Ūdens temperatūra, °C	30	40	50	60	70	80	90	100
α	0,022	0,028	0,033	0,037	0,041	0,046	0,051	0,06

3.10. tabula. Iztvaikojošās virsmas temperatūra atkarībā no ūdens temperatūras

Ūdens temperatūra, °C	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Iztvaikojošās virsmas temperatūra, °C	18	28	37	45	51	58	69	82	97

Piemērs. Noteikt atklātas tvertnes izdalīto mitrumu, ja tvertnes virsmas laukums $F=2,5 \text{ m}^2$. Ūdens temperatūra tvertnē 50°C ; gaisa temperatūra telpā 22°C , relatīvais mitrums $\varphi=55\%$. Gaisa kustības ātrums virs ūdens $v=0,3 \text{ m/s}$.

Atrisinājums. Pēc 3.10. tab. atrodam, ka iztvaikojošās virsmas temperatūra ir 45°C . Pēc 2. pielikuma atrodam piesātināta ūdens tvaika parciālo spiedienu pie temperatūras $t=45^\circ\text{C}$ $p_2=71,88 \text{ mmHg}$. Ūdens tvaika parciālais spiediens atbilstoši telpas gaisa parametriem $p_1=0,55 \cdot 19,83=10,91 \text{ (mmHg)}$.

Gaisa kustības gravitācijas faktors atbilstoši ūdens temperatūrai $t=50^\circ\text{C}$ pēc 3.9. tabulas ir $\alpha=0,033$.

Iztvaikojošais ūdens daudzums

$$W = (0,033 + 0,0174 \cdot 0,3) \cdot (71,88 - 10,91) 2,5 = 5,81 \text{ (kg/h)}.$$

Mitruma asimilēšanai nepieciešamā ventilācijas gaisa daudzuma noteikšana

Gaisa daudzumu (kg/h) mitruma asimilēšanai nosaka pēc formulas:

$$G = \frac{W}{d_2 - d_1}, \quad (3.19)$$

kur W — ūdens tvaika daudzums, kurš izdalās telpā, g/h;
 d_2 — novadāmā gaisa mitruma saturs, g/kg;
 d_1 — pieplūdes gaisa mitruma saturs, g/kg.

4. VIENLAICIGAI SILTUMA UN MITRUMA ASIMILĒŠANAI NEPIECIEŠAMĀ GAISA DAUDZUMA NOTEIKŠANA

Gaisa daudzumu vienlaicīgai siltuma un mitruma asimilēšanai ērti noteikt grafoanalītiski pēc $I-d$ diagrammas.

Pēc aprēķiniem, izdalītajam siltuma daudzumam ΣQ un mitruma daudzumam ΣW nosaka procesa lēnka koeficientu ϵ .

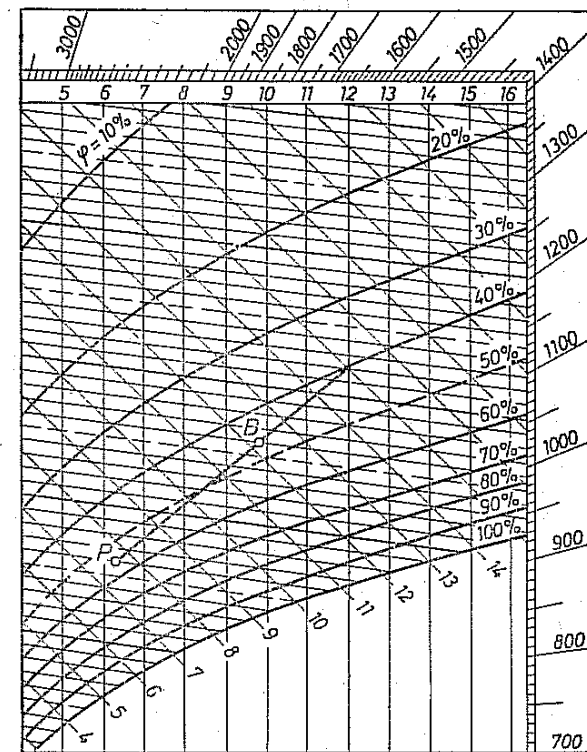
$$\epsilon = \frac{\Sigma Q}{\Sigma W} = \frac{I_B - I_P}{\frac{d_B - d_P}{1000}} \quad (3.20)$$

Uz $I-d$ diagrammas atzīmē punktu P , kurš raksturo pieplūdes gaisa parametrus. Caur punktu P velk līniju, paralēlu procesa lēnka koeficientam ϵ , kurš raksturo gaisa parametru maiņu, asimilējot siltumu un mitrumu.

Pēc izplūstošā gaisa temperatūras nosaka procesa beigu punktu B . Punktiem P un B nolasa entalpiju I_P , I_B un mitruma saturu d_P , d_B .

Ventilācijas gaisa daudzumu (kg/h) atrod pēc formulas:

$$G = \frac{\Sigma Q}{I_B - I_P} = \frac{\Sigma W}{\frac{d_B - d_P}{1000}} \quad (3.21)$$



3.1. zīm. Ventilācijas gaisa daudzuma noteikšana vienlaikus izdalītā siltuma un mitruma aizvadišanai

Ja procesa beigu parametri nav zināmi, tad izmanto darba zonas parametrus $I_{d.z.}$ un $d_{d.z.}$ un koeficientu m .

$$G = \frac{m \Sigma Q}{I_{d.z.} - I_P} - \frac{m \Sigma W}{\frac{d_{d.z.} - d_P}{1000}} \quad (3.22)$$

Piemērs. Telpā izdalās liekais siltums $Q=26\,000$ kcal/h un mitrums $W=20$ kg/h. Pieplūdes gaisa parametri: $t_P=16^\circ$, $\varphi_P=55\%$, $I_P=7,6$ kcal/h, $d_P=6,3$ g/kg. No telpas izplūstošā gaisa temperatūra $t_B=26^\circ$. Noteikt ventilācijas gaisa daudzumu, kas jāpievada telpai liekā siltuma un mitruma asimilēšanai.

Atrisinājums. Nosakām izdalītā siltuma un mitruma asimilācijas procesa leņķa koeficientu.

$$\varepsilon = \frac{26\,000}{20} = 1300 \text{ (kcal/kg)}.$$

Uz $I-d$ diagrammas (3.1. zīm.) atzīmējam punktu P , kas raksturo pieplūdes gaisa stāvokli. Caur punktu P paralēli staram $\varepsilon=1300$ velkam taisni līdz krustpunktam ar izotermu $t_B=26^\circ$. Krustpunkts B raksturo noplūdes gaisu. Gaisa parametri punktā B ir $I_B=12,1$ kcal/kg, $d_B=9,8$ g/kg, $\varphi_B=47\%$.

Ventilācijas gaisa daudzumu liekā siltuma un mitruma asimilēšanai nosakām pēc formulas (3.21):

$$G = \frac{26\,000}{12,1 - 7,6} = \frac{20 \cdot 1000}{9,8 - 6,3} = 5750 \text{ (kg/h)}.$$

5. KAITĪGO TVAIKU UN GĀZU DAUDZUMA NOTEIKŠANA

Kaitīgās gāzes un tvaiki telpās izdalās ķīmisko reakciju rezultātā, iztvaikojot no atklāto rezervuāru virsmām, noplūstot caur neblīvumiem aparātūras un cauruļu savienojumos, noplūstot caur atvērtām aparātu un krāšņu durtiņām, lūkām, atvērumiem, avārijas gadījumos.

Gāzu un tvaiku noplūde caur neblīvumiem

Caur aparātūras neblīvumiem un cauruļvadu savienojumiem noplūstošo gāzu daudzumu (kg/h) teorētiski var noteikt pēc N. Repina formulas:

$$G = kcv \sqrt{\frac{M}{T}}, \quad (3.23)$$

kur k — rezerves koeficients, kura lielumu pieņem atkarībā no starpliku novecošanās pakāpes (parasti $k=1,5-2$);

c — koeficients, kurš atkarīgs no gāzu spiediena aparātā (3.11. tab.);

v — aparāta iekšējais tilpums, m^3 ;

M — gāzes vai tvaika molekulmasa, kg/kmol;

T — gāzes vai tvaika temperatūra aparātā, $^\circ K$.

3.11. tabula. Koeficienta c vērtības

Spiediens aparātā, ata	<2	2	7	17	41	161	401	1001
Koeficients c	0,121	0,166	0,182	0,189	0,25	0,29	0,31	0,37

Piemērs. Aparātā, kura tilpums $v=15$ m^3 , sērūdeņraža spiediens $p=7$ ata, temperatūra $t=100^\circ C$. Noteikt gāzu daudzumu, kas noplūst caur neblīvumiem telpā. Hermetizācijas kvalitāte — vidēja.

Atrisinājums. Pēc 3.11. tabulas atrodam $c=0,182$. Sērūdeņraža molekulas masa $M=34$ kg/kmol. Pieņemot $k=1,7$, pēc formulas (3.23) aprēķinām noplūstošās gāzes daudzumu.

$$G = 1,7 \cdot 0,182 \cdot 15 \sqrt{\frac{34}{273 + 100}} = 1,4 \text{ (kg/h)}.$$

Tvaika daudzuma noteikšana, šķidrumiem iztvaikojot no atklātām virsmām

Iztvaikojošā šķidruma (izņemot ūdeni) daudzumu (kg/h) no atklātām tvertņu un vannu virsmām var noteikt pēc formulas:

$$G = 10^{-4} M p F (3,52 + 7,86v), \quad (3.24)$$

kur M — šķidruma molekulmasa, kg/kmol;

v — gaisa ātrums virs tvertnes virsmas, m/s;

p — piesātinātā tvaika spiediens atbilstoši šķidruma temperatūrai, mmHg (3.12. tab.);

F — iztvaikošanas virsma, m^2 .

3.12. tabula. Piesātinātā tvaika spiediens P dažiem šķidrumiem

Šķidrums	Vārišanās t, $^\circ C$	Piesātinātā tvaika spiediens										
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Etiķskābe	—	2,73	4,3	8,1	14,5	24,9	41,5	66,5	104,7	159,6	238	343,9
Toluols	110,6	6,64	12,8	27,6	37,5	60,4	93,8	141,3	206,5	295	411,5	562,5
Benzols	80,1	25,7	44,7	73,8	117,5	176	291	385,5	544	760	—	—
Metilspirts	64,7	42,7	74,1	123	195	306	468	693	—	—	—	—

Iztvaikojošo atšķaidītāju daudzumu (kg/h), kas izdalās, pārklājot detaļas ar krāsām un lakām, nosaka pēc formulas:

$$G = mg_{kr} c, \quad (3.25)$$

kur g_{kr} — uzklātās krāsas vai lakas daudzums, kg/h;

m — atšķaidītāja masas attiecība pret krāsas vai lakas masu;

c — iztvaikošanas koeficientu pieņem: emaljām un lakām; žāvējot detaļas telpā, $c=1$; eļļas emaljām, žāvējot detaļas žāvēšanas skapjos, — $c=0,3-0,8$; nitroemaljām, žāvējot detaļas žāvēšanas skapjos, — $c=0,5-1,0$.

Gāzu un tvaika daudzuma noteikšana ar ķīmiskām analizēm

Darbojošās rūpnīcās dažreiz rodas nepieciešamība noteikt gāzu vai tvaika daudzumu, kas telpā izdalās tehnoloģisko procesu rezultātā. Šim nolūkam ar ķīmiskām analizēm nosaka gāzu vai tvaika koncentrāciju noplūdes un pieplūdes gaisā. Telpā vienlaikus izmēra noplūdes un pieplūdes gaisa daudzumu (dabiskās un mehāniskās ventilācijas sistēmām).

Gāzes vai tvaika daudzumu (g/h), kas izdalās telpā, aprēķina pēc formulas:

$$G = \frac{v(x_2 - x_1) + L(x_n - x_p)z}{z}, \quad (3.26)$$

kur v — telpas kubatūra, m^3 ;

L — ventilācijas gaisa daudzums, m^3/h ;

x_1, x_2 — atbilstoši gāzes vai tvaika sākuma un beigu koncentrācija telpas gaisā, g/m^3 ;

x_n, x_p — gāzes vai tvaika koncentrācija noplūdes un pieplūdes gaisā, g/m^3 ;

z — mērījumu ilgums, h.

Piemērs. Telpā izdalās kaprolaktams. Lai asimilētu kaitīgās vielas, telpā darbojas pieplūdes un nosūces ventilācija, kuras ražīgums ir $L=14\,000\,m^3/h$. Telpas kubatūra $v=1250\,m^3$. Mērījumus izdara 2 stundu laikā. Ar gaisa analīžu palīdzību noteikts, ka kaitīgās vielas koncentrācija gaisā ir šāda: $x_1=0,003\,g/m^3$; $x_2=0,009\,g/m^3$; $x_n=0,01\,g/m^3$; $x_p=0,0003\,g/m^3$. Kaitīgo vielu daudzumu, kas izdalās telpā, aprēķinām pēc formulas (3.26):

$$G = \frac{1250(0,009 - 0,003) + 14\,000(0,01 - 0,0003)2}{2} = \frac{7,5 + 272}{2} = 139,5\, (g/h).$$

Ja gaisa apmaiņa telpā ir intensīva, pirmais saskaitāmais skaitītājā ir mazs un to var neievērot.

Sprādziena bīstamie maisījumi

Vairāku vielu gāzes, tvaiki (piemēram, amonjaks, sērūdeņradis, acetilēns, ūdeņradis, visu atšķaidītāju tvaiki u. c.) un putekļi, sajaucoties ar gaisu noteiktās proporcijās, veido sprādziena bīstamus maisījumus.

Par *zemāko sprādziena bīstamo koncentrāciju* sauc tādu minimālo gāzes, tvaika vai putekļu koncentrāciju gaisā, pie kuras uzliesmojuma rezultātā var notikt sprādziens. Par *augstāko sprādziena bīstamo koncentrāciju* sauc tādu maksimālo gāzes, tvaika vai putekļu koncentrāciju gaisā, pie kuras vēl ir iespējams sprādziens. Ja gāzes vai tvaika koncentrācijas ir lielākas, maisījums vairs nav sprādziena bīstams.

Zemākās un augstākās sprādziena bīstamās koncentrācijas dažām gāzēm dotas 3.13. tabulā.

Sprādziena bīstamās koncentrācijas gāzu maisījumiem (procentos no tilpuma) var noteikt pēc Lešateljē formulas:

$$x = \frac{100}{\frac{g'}{x'} + \frac{g''}{x''} + \dots + \frac{g^n}{x^n}}, \quad (3.27)$$

kur $g', g'' \dots g^n$ — atsevišķu gāzu daudzums maisījumā (procentos no tilpuma);

$x', x'' \dots x^n$ — atbilstošās gāzes sprādziena bīstamās koncentrācijas (procentos no tilpuma).

3.13. tabula. Dažu gāzu un tvaiku sprādziena bīstamās koncentrācijas

Gāzes vai tvaiku nosaukums	Zemākā sprādziena bīstamā koncentrācija		Augstākā sprādziena bīstamā koncentrācija	
	% no tilpuma	g/m^3 , ja $t=20\,^{\circ}C$	% no tilpuma	g/m^3 , ja $t=20\,^{\circ}C$
Toluols	1	38,2	7	268
Benzols	1,3	42	9,5	308
Acetilēns	1,53	16,5	82	885,6
Benzīns	2,4	137	4,9	281
Metāns	2,5	16,7	15,4	102,6
Amonjaks	15,5	112	27	189

6. KAITĪGO GĀZU UN TVAIKU ASIMILĒŠANAI NEPIECIEŠAMA VENTILĀCIJAS GAISA DAUDZUMA NOTEIKŠANA

Kaitīgo gāzu un tvaiku asimilēšanai nepieciešamo ventilācijas gaisa daudzumu (m^3/h) aprēķina pēc formulas:

$$L = \frac{G}{x_1 - x_2}, \quad (3.28)$$

kur G — gāzes vai tvaika daudzums, kas izdalās telpā, mg/h ;

x_1 — maksimāli pieļaujamā gāzes vai tvaika koncentrācija, mg/m^3 ;

x_2 — gāzes vai tvaika koncentrācija pieplūdes gaisā, mg/m^3 .

Ja telpā vienlaikus izdalās vairākas gāzes vai tvaiki, tad ventilācijas gaisa daudzumu pieņem pēc kaitīgā piejaukuma, kura neitralizēšanai vajadzīgs visvairāk gaisa.

Ja telpā izdalās kaitīgas vielas ar vienvirziena iedarbību, tad ventilācijas gaisa daudzumu (m^3/h) nosaka, summējot gaisa daudzumus, kuri nepieciešami atsevišķi katras vielas daudzuma neitralizēšanai līdz tās maksimāli pieļaujamai koncentrācijai.

$$L = \frac{g_1}{x_1} + \frac{g_2}{x_2} + \dots + \frac{g_n}{x_n}, \quad (3.29)$$

kur $g_1, g_2 \dots g_n$ — katras kaitīgās vielas ar vienvirziena iedarbību daudzums, kas izdalās telpas gaisā, mg/h ;

$x_1, x_2 \dots x_n$ — katras kaitīgās vielas ar vienvirziena iedarbību maksimāli pieļaujamā koncentrācija gaisā, mg/m^3 .

Pie tam kaitīgo vielu ar vienvirziena iedarbību koncentrācijām gaisā jābūt tādām, kas atbilst formulai:

$$\frac{c_1}{x_1} + \frac{c_2}{x_2} + \dots + \frac{c_n}{x_n} \leq 1, \quad (3.30)$$

kur $c_1, c_2 \dots c_n$ — kaitīgo vielu koncentrācija gaisā, mg/m³.

Par vienvirziena iedarbības kaitīgām vielām sauc vielas, kas līdzīgas pēc ķīmiskās uzbūves un bioloģiskās iedarbības uz cilvēka organismu. Kā piemērus vienvirziena iedarbības vielām var minēt: sērskābe un sērskābes anhidrīds, dažādi spirti, dažādas skābes, dažādi aromātiskie oglekļaūdeņraži (toluols un ksilols, benzols un toluols), oglekļa oksīds un aminosavienojumi, oglekļa oksīds un dažādi nitrosavienojumi.

7. PUTEKĻU NOVADĪSANAI NEPIECIESAMĀ GAISA DAUDZUMA NOTEIKŠANA

Rūpnīcās putekļi izdalās dažādu tehnoloģisko procesu rezultātā: sasmalcinot cietas vielas, apstrādājot tās (slīpēšana, pulēšana), lietojot sasmalcinātus materiālus (transportēšana, sajaukšana) utt.

Aprēķināt, cik putekļu izdalās šo procesu rezultātā, ļoti grūti, jo izdalīto putekļu daudzums atkarīgs no dažādiem faktoriem — materiāla struktūras, mitruma, kustības ātruma u. c.

Vispārējās apmaiņas ventilācija cīņā ar putekļiem ir maz efektīva.

Palielinot gaisa apmaiņu, ventilācijas efekts var būt pat negatīvs, jo palielinās gaisa kustības ātrums telpā un tā turbulence, kas var aizkavēt putekļu nosēšanos vai pat sekmēt nosēdušos putekļu pacēlšanos gaisā. Šo iemeslu dēļ putekļu novadīšanai nepieciešamo gaisa daudzumu vispārējās apmaiņas ventilācijas gadījumā var noteikt tikai aptuveni.

Aprēķinam izmanto formulu:

$$L = \frac{s}{s_2 - s_1}, \quad (3.31)$$

kur L — ventilācijas gaisa daudzums, m³/h;
 s — putekļu daudzums, kas izdalās telpā, mg/h;
 s_2 — novadāmā gaisa putekļu koncentrācija, mg/m³;
 s_1 — pieplūdes gaisa putekļu koncentrācija, mg/m³.

8. GAISA APMAIŅAS INTENSITĀTE UN VENTILĀCIJAS GAISA DAUDZUMA NOTEIKŠANA PĒC SANITĀRAJĀM NORMĀM

Par gaisa apmaiņas intensitāti telpā (biežumu) n (reiz/h) sauc ventilācijas gaisa daudzuma attiecību pret telpas tilpumu.

$$n = \frac{L}{v}, \quad (3.32)$$

kur L — ventilācijas gaisa daudzums, m³/h;
 v — telpas tilpums, m³.

Gaisa apmaiņas intensitāte rāda, cik reižu stundā ventilācijas darbības rezultātā telpā apmainās gaiss. Gaisa apmaiņas intensitāti izmanto ventilācijas gaisa daudzuma noteikšanā gadījumos, kad nav iespējams precīzi aprēķināt kaitīgo vielu daudzumu, kas izdalās telpā, ja to neprasa celtniecības normas, kā arī aptuvenos aprēķinos. Piemēram, pēc gaisa apmaiņas intensitātes ventilācijā nepieciešamo gaisa daudzumu nosaka dzīvojamām, sabiedriskām, administratīvām ēkām un rūpnīcu palīgtelpām u. c. (3.14. tab.).

3.14. tabula. Gaisa apmaiņas intensitāte (gaisa daudzums) dažādās telpās

Telpas nosaukums	Gaisa apmaiņas intensitāte, reiz/h		Gaisa daudzums, m ³ /h
	no-plūde	pie-plūde	
Dzīvojamās telpas	—	—	3 m ³ /h uz 1 m ² platības, bet ne mazāk par 20 m ³ /h uz vienu cilvēku
Negazificēta virtuve	3	—	Ne mazāk par 60 m ³ /h
Gazificēta virtuve:	—	—	Ne mazāk par 60 m ³ /h
pavards ar 2 degļiem	—	—	Ne mazāk par 90 m ³ /h
pavards ar 4 degļiem	—	—	50 m ³ /h
Sanitārais mezgls	—	—	3 m ³ /h uz 1 m ² platības
Dzīvojamā telpa viesnīcā	1	—	
Viesistaba viesnīcā	0,5	—	
Kabineti administratīvās ēkās un konstruktoru birojos	1,5	1,5	
Garderobe	1	—	
Edamistaba	1	—	
Sabiedriskā tualete	—	—	50 m ³ /h un 1 klozetpodu
			25 m ³ /h uz 1 pišuāru
Smēķētava	10	—	

3.14. tabulas turpinājums

Telpas nosaukums	Gaisa apmaiņas intensitāte, reiz/h		Gaisa daudzums, m³/h
	no-plūde	pie-plūde	
Slimnīcu palātās uz gultu:			
pieaugušiem bērniem	—	—	40 m³/h
Ārstu istabas	1	1	20 m³/h
Pārslēšanas telpas	2	1,5	
Laboratorijas poliklinikās	3	1	
Klūbu lasītavas	2	2	
Bufetes	3	2	
Biljarda telpas	10	—	
Veļas mazgātavas pieņemšanas telpas	4	3	
Veļas šķirošanas telpas	4,5	3,5	

Rūpnīcu ražošanas telpām, kā arī sabiedriskajām telpām, kurās vienlaikus uzturas daudz cilvēku (kinoteātri, konferenču zāles, ēdnīcas utt.), ventilācijas gaisa daudzumu aprēķina pēc kaitīgo vielu daudzuma, kas izdalās telpā.

Lietojot ventilācijas sistēmās recirkulāciju, jāņem vērā, ka saskaņā ar celtniecības normām un noteikumiem rūpnīcu ražošanas telpās, kur telpas tilpums uz vienu strādājošo mazāks par 20 m³, ārējā gaisa daudzumam jābūt ne mazākam par 30 m³/h uz vienu cilvēku, bet telpās, kur tilpums uz vienu strādājošo ir no 20 līdz 40 m³, ārējā gaisa daudzumam jābūt ne mazākam par 20 m³/h uz vienu cilvēku.

Telpās, kurās izdalās 1., 2. un 3. bīstamības grupas kaitīgās vielas, smakas vai var atrasties patogēni mikrobi, vīrusi vai sēnītes (slimnīcas), gaisa recirkulācija nav pieļaujama.

9. GAISA BILANCE TELPĀ

Ja ventilējamā telpā pieplūdes gaisa daudzums vienāds ar noplūdes gaisa daudzumu, tad to sauc par *gaisa bilanci*.

Lai mazinātu iespēju gaisam no netīrākām telpām, kur izdalās vairāk kaitīgo vielu, ieplūst tīrākās, praksē bieži telpu ventilācijai noplūdes un pieplūdes gaisa daudzumus izvēlas nevienādus. Tīrākajām telpām pievada vairāk pieplūdes gaisa, tādā veidā radot telpā virspiedienu, turpretim netīrākajās telpās rada retinājumu. Tas sekmē gaisa plūsmu no tīrākajām telpām uz netīrākajām. Piemēram, projektējot ventilāciju ēdnīcās, paredz, ka virtuvēs, kur izdalās dažādas smakas un izgarojumi, pieplūdes gaisa daudzums

sastāda 60% no noplūdes gaisa daudzuma. Pārējais gaiss virtuvē ieplūst caur ēdienu izsniegšanas logiem no ēdamzāles; tas neļauj smakām un izgarojumiem no virtuves ieplūst ēdamzālē.

Kopumā pieplūdes un noplūdes gaisa daudzumam visā ēkā jābūt apmēram vienādam.

10. ĀRĒJĀ GAISA APĻĒSES PARAMETRI

Ventilācijas sistēmām jānodrošina meteoroloģiskie parametri telpā ārējā gaisa apļēses parametru ietvaros. Ventilācijas aprēķinos izmanto atbilstoši celtniecības normām un noteikumiem ārējā gaisā apļēses parametrus *A* un *B*, kas atkarīgi no ģeogrāfiskā rajona (3.15. tab.).

3.15. tabula. Ārējā gaisa apļēses parametri dažiem ģeogrāfiskiem punktiem

Pilsēta	Gadalaiks	Parametri A		Parametri B	
		t, °C	I kcal/kg	t, °C	I kcal/kg
Rīga	vasara	20,3	11,4	27,2	12,3
	ziema	-9	-1,0	-20	-4,2
Daugavpils	vasara	21,2	10,9	28,6	12,9
	ziema	-10	-1,6	-27	-4,7
Liepāja	vasara	18,3	10,5	26,2	12,5
	ziema	-6,1	-0,3	-18	-3,7
Maskava	vasara	22,3	11,8	30,2	12,9
	ziema	-14	-3,1	-25	-6
Ļeņingrada	vasara	20,6	11,2	26,8	12
	ziema	-11	-2,2	-25	-5,5
Kijeva	vasara	23,7	12,5	31,4	13,3
	ziema	-10	-1,6	-21	-4,8

Vispārējās apmaiņas ventilācijai, kas paredzēta izdalītā siltuma un mitruma asimilēšanai, kā arī gāzu asimilēšanai, ja maksimāli pieļaujamā koncentrācija lielāka par 100 mg/m³, par ārējā gaisa apļēses parametriem pieņem parametrus *A*.

Vispārējās apmaiņas ventilācijai, kas paredzēta gāzu asimilēšanai, ja maksimāli pieļaujamā koncentrācija mazāka par 100 mg/m³, kā arī pieplūdes ventilācijai, kas paredzēta tā gaisa kompensācijai telpā, kuru novada no telpas vietējās nosūces vai tehnoloģiskās iekārtas, par ārējā gaisa apļēses parametriem ziemā pieņem parametrus *B*, bet vasarā — parametrus *A*.

Gaisa apkures sistēmām un gaisa aizkariem par āra gaisa apļēses parametriem ziemā pieņem parametrus *B*.

Gaisa dušām, kuras paredzētas aizsardzībai pret izstaroto siltumu un kurās izmanto ārējo gaisu, par apļēses parametriem pieņem parametrus *B*. Pārējos gadījumos gaisa dušām vasarā pieņem parametrus *A*, bet ziemā — parametrus *B*.

GAISA VADU APREĶINI

1. SPIEDIENA SADALIJUMS GAISA VADOS

Gaisa vadā, pa kuru plūst gaiss, izšķir statisko, dinamisko un pilno spiedienu.

Statiskais spiediens p_{st} (kg/m^2 vai Pa) raksturo gaisa saspiešanās pakāpi, tā potenciālo enerģiju. Statisko spiedienu sauc par absolūto, ja to aprēķina attiecībā pret absolūto vakuumu. Relatīvais statiskais spiediens rāda, par cik tas ir lielāks vai mazāks par atmosfēras spiedienu. Tas var būt pozitīvs vai negatīvs.

Dinamiskais spiediens p_d (kg/m^2) ir plūsmas kinētiskā enerģija, kura jāpieliek gaisa masai m , lai pārvestu to no miera stāvokļa kustībā ar ātrumu v (m/s).

$$p_d = \frac{mv^2}{2} = \frac{v^2 \gamma}{2g}, \quad (4.1)$$

kur γ — gaisa blīvums kg/m^3 . $1,2 \text{ kg/m}^3$

SI sistēmā dinamiskais spiediens (Pa) $p_d = \frac{v^2 \gamma}{2}$.

Dinamiskais spiediens vienmēr ir pozitīvs.

Pilnais spiediens p (kg/m^2 vai Pa) raksturo plūsmas pilno enerģiju un ir statiskā un dinamiskā spiediena summa.

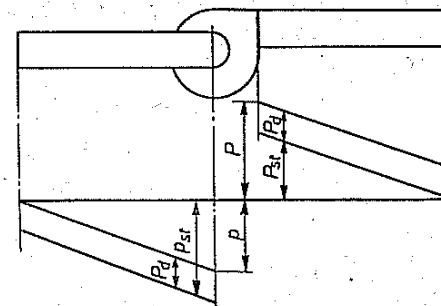
$$p = p_{st} + p_d. \quad (4.2)$$

Pilnais spiediens, tāpat kā statiskais, var būt absolūts vai relatīvs atkarībā no tā, vai to rēķina attiecībā pret absolūto vakuumu vai atmosfēras spiedienu.

4.1. zīm. parādīta spiedienu epīra vienkāršai ventilācijas sistēmai, kuras sūces un spiediena vadu šķēsgriezums ir nemainīgs. Spiedienu, kas ir mazāks par atmosfēras spiedienu (retinājums), atliek no ass līnijas uz leju, bet spiedienu, kas ir lielāks par atmosfēras spiedienu, — uz augšu.

Spiediens pirms ventilatora (atlikts uz leju) ir vienāds ar spiediena zudumiem sūces vadā. Spiediens aiz ventilatora (atlikts uz augšu) ir vienāds ar spiediena zudumiem spiediena vadā.

4.1. zīm. Spiediena sadalījums vienkāršā ventilācijas sistēmā



Pilnais spiediens, kas ventilatoram jāattīsta,

$$p = p_{sūc} + p_{sp}, \quad (4.3)$$

kur $p_{sūc}$ — spiediena zudumi sūces vadā, kg/m^2 (Pa);

p_{sp} — spiediena zudumi spiediena vadā, kg/m^2 (Pa) (spiediena zudumos ieskaitīti arī dinamiskā spiediena zudumi pie izejas no gaisa vada).

2. SPIEDIENA ZUDUMI, PĀRVAROT BERZES PRETESTIBU

Spiediena zudumus *berzes* pretestības pārvarēšanai (lineārie spiediena zudumi) jebkura šķēsgriezuma gaisa vadā (kg/m^2 vai Pa), kā zināms no aerodinamikas, var noteikt pēc formulas:

$$\Delta p_B = \frac{\lambda}{4R} l p_d. \quad (4.4)$$

kur λ — berzes koeficients, kurš atkarīgs no gaisa vada iekšējās virsmas nelīdzenuma un no gaisa kustības režīma;

$R = \frac{F}{u}$ — gaisa vada šķēsgriezuma hidrauliskais rādiuss, m;

F — gaisa vada šķēsgriezuma laukums, m^2 ;

u — gaisa vada šķēsgriezuma perimetrs, m;

l — gaisa vada garums, m;

$p_d = \frac{v^2 \gamma}{2g}$ — dinamiskais spiediens, kg/m^2 , SI sistēmā — ($p_d = \frac{v^2 \gamma}{2}$) (Pa).

Gaisa vadam ar taisnstūra šķēsgriezumu, ja malu garumi ir a un b ,

$$\Delta p_B = \frac{\lambda(2a+2b)}{4ab} \frac{v^2 \gamma}{2g} l. \quad (4.5)$$

Apaļa šķēsgriezuma gaisa vadam, ja gaisa ātrums tāds pats kā taisnstūra šķēsgriezuma gaisa vadā, izmanto formulu:

$$\Delta p_B = \frac{\lambda}{d_v} \frac{v^2 \gamma}{2g} l. \quad (4.6)$$

No vienādojuma 4.5 un 4.6 atrod gaisa vada ekvivalento diametru (pēc gaisa ātruma).

$$d_v = \frac{2ab}{a+b} \quad (4.7)$$

Par *ekvivalento* diametru sauc apaļa šķērsriezuma gaisa vada diametru, kura berzes pretestība vienāda ar berzes pretestību taisnstūra šķērsriezuma gaisa vadā, ja gaisa ātrumi ir vienādi.

Tomēr pie vienādiem gaisa ātrumiem šķērsriezumu laukumi un tātad gaisa daudzumi gaisa vados ir dažādi. Par to viegli pārliecināties, ja salīdzinām šķērsriezumu laukumus apaļam gaisa vadam, kura diametrs ir d_v , un kvadrātveida gaisa vadu ar malu a .

$$d_v = \frac{2aa}{a+a} = a; \quad a^2 > \frac{\pi d_v^2}{4} = 0,785 a^2 \quad (4.8)$$

Tāpēc pie vienādiem gaisa ātrumiem gaisa daudzums vadā ar taisnstūra šķērsriezumu lielāks nekā vadā ar apaļu šķērsriezumu.

Ja gaisa ātrumu izsaka kā attiecību starp izplūstošo gaisa daudzumu un šķērsriezuma laukumu, tad ekvivalentiem gaisa vadiem ar apaļu un taisnstūra šķērsriezumu iegūsim vienādojumu:

$$\lambda \frac{l}{d_L} \frac{v}{2g} \left(\frac{L}{\pi d_L^2} \right)^2 = \frac{\lambda l}{4 \frac{ab}{2(a+b)}} \frac{v}{2g} \left(\frac{L}{ab} \right)^2 \quad (4.9)$$

No šī vienādojuma atrodam ekvivalento diametru pēc caurplūstošā gaisa daudzuma.

$$d_L = 1,27 \sqrt[5]{\frac{a^3 b^3}{a+b}} \quad (4.10)$$

Aprēķinot taisnstūra gaisa vadus, parasti izmanto vienkāršāko ekvivalento diametru pēc gaisa ātruma d_v .

Berzes koeficients λ atkarīgs no gaisa plūsmas režīma un gaisa vada iekšējo sieniņu nelīdzenuma.

Gaisa kustības režīmu gaisa vados vislabāk raksturo Reinoldsa kritērijs.

$$Re = \frac{4dv}{\nu} \quad (4.11)$$

kur v — gaisa ātrums, m/s;
 d — noteicošais geometriskais izmērs (caurulēm diametrs, m);
 ν — kinemātiskās viskozitātes koeficients, m²/s.

Ja $Re < 2300$, gaiss plūst pa gaisa vadu lamināri. Šajā režīmā berzes koeficientu nosaka pēc formulas:

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad (4.12)$$

Kad Reinoldsa skaitlis sasniedz kritisko lielumu (atkarībā no ieejas apstākļiem caurulē šis lielums var svārstīties robežās no 2000 līdz 8000), plūsmas režīms strauji mainās — laminārā plūsma pārveidojas turbulentā.

Berzes koeficientu turbulentās plūsmas režīmā nosaka pēc formulām:

hidrauliski gludiem gaisa vadiem

$$\lambda = \frac{1,01}{(\lg Re)^{2,5}}; \quad (4.13)$$

nelīdzeniem gaisa vadiem

$$\lambda = \frac{1}{\left(1,14 + 21g \frac{1}{\varepsilon} \right)^2}, \quad (4.14)$$

kur $\varepsilon = \frac{K}{d}$ — relatīvā nelīdzenuma koeficients;

K — absolūtais nelīdzenums (izcilņu vidējais augstums virs vada iekšējās virsmas, m);

d — gaisa vada diametrs, m.

3. SPIEDIENA ZUDUMI VIETĒJO PRETESTĪBU PĀRVARĒSANAI

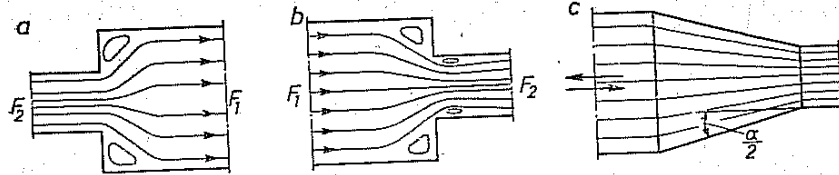
Gaisa vadu vietas, kur plūsmas enerģija samazinās sakarā ar ātruma vai virziena maiņu, sauc par *vietējām* pretestībām. Pie vietējām pretestībām pieskaitāmi dažādi veidgabali, žalūzijas, vārsti, kaloriferi, filtri utt.

Par vietējās pretestības koeficientu ξ sauc spiediena zudumu Δp_v attiecību pret dinamisko spiedienu p_d izvēlētajā šķērsgriezumā.

$$\xi = \frac{\Delta p_v}{p_d} \quad (4.14)$$

Vietējo pretestību koeficientu galvenokārt nosaka eksperimentāli. Tās sniegtas 4. pielikumā.

Dinamisko spiedienu, uz kuru attiecas vietējās pretestības koeficients, aprēķina gaisa vada visšaurākajam, nemainīgajam šķērsgriezumam.



4.2. zīm. Gaisa vada šķēsgriezumu maiņa:
a — paplašinājums; b — sašaurinājums; c — difuzors vai konfuzors

Zinot vietējās pretestības koeficientu ξ un dinamisko spiedienu p_d , spiediena zudumus vietējo pretestību pārvarēšanai (kG/m^2) nosaka pēc formulas:

$$\Delta p_v = \xi p_d = \xi \frac{\rho v^2}{2} \quad (4.15)$$

SI sistēmā spiediena zudumus (Pa) nosaka pēc formulas:

$$\Delta p_v = \xi \frac{\rho v^2}{2} \quad (4.16)$$

Ventilācijas sistēmās vietējās pretestības pārvarēšanas spiediena zudumi parasti vairākas reizes pārsniedz spiediena zudumus berzes pretestību pārvarēšanai. Tādēļ vietējo pretestību koeficienti jānosaka sevišķi rūpīgi un pēc iespējas precīzi. Turpmāk apskatītas gaisa vadu raksturīgākās vietējās pretestības.

Gaisa vada paplašinājums

Gaisa vadam pēkšņi paplašinoties, gaisa plūsma uzreiz neaizpilda lielāko šķēsgriezumu (4.2. zīm. a). Stūros izveidojas virpuļi, kuros zūd daļa plūsmas enerģijas. Lai samazinātu zudumus, pēkšņa paplašinājuma vietā ierīko pakāpenisku pāreju, kuru sauc par *difuzoru* (4.2. zīm. c).

Vietējās pretestības koeficientu pēkšņam paplašinājumam nosaka pēc Borda-Karno formulas:

$$\xi = \left(1 - \frac{v_1}{v_2}\right)^2 = \left(1 - \frac{F_2}{F_1}\right)^2 \quad (4.17)$$

kur F_1, F_2 — kanāla laukums lielākajā un mazākajā šķēsgriezumā, m^2 ;
 v_1, v_2 — gaisa ātrums kanāla lielākajā un mazākajā šķēsgriezumā, m/s .

Izplūstot gaisam no kanāla brīvā telpā, $F_1 = \infty$ un $\xi = 1$.

Difuzoriem vietējās pretestības koeficients

$$\xi = k \left(1 - \frac{F_2}{F_1}\right)^2 \quad (4.18)$$

kur koeficients $k < 1$.

Gaisa vada sašaurinājums

Gaisa vada pēkšņā sašaurinājumā atsietena dēļ zūd daļa plūsmas enerģijas (4.2. zīm. b). Vietējās pretestības koeficientu šajā gadījumā nosaka pēc formulas:

$$\xi = 0,5 \left(1 - \frac{F_2}{F_1}\right) \quad (4.19)$$

Ieplūstot gaisam taisnā cauruļvadā, kura gals nostiprināts sienā ($F_1 = \infty$),

$$\xi = 0,5 \left(1 - \frac{F_2}{\infty}\right) = 0,5 \quad (4.20)$$

Lai samazinātu spiediena zudumus, kanāla pēkšņa sašaurinājuma vietā ierīko pakāpenisku pāreju, kuru sauc par *konfuzoru* (4.2. zīm. c).

Vietējās pretestības koeficientu konfuzoram nosaka pēc formulas:

$$\xi = 0,5 \sin \frac{\alpha}{2} \left(1 - \frac{F_2}{F_1}\right) \quad (4.21)$$

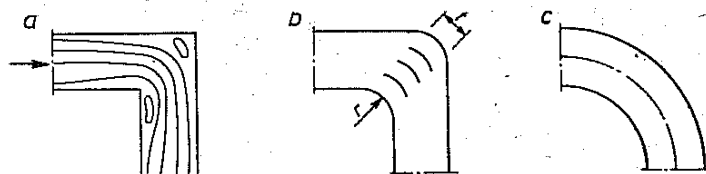
Parasti leņķi $\frac{\alpha}{2}$ pieņem $8^\circ - 10^\circ$. Pieaugot $\frac{\alpha}{2}$, spiediena zudumi konfuzorā palielinās un var pat pārsniegt spiediena zudumus pēkšņā sašaurinājumā. Ja $\frac{\alpha}{2} > 40^\circ$, konfuzora vietā labāk ierīkot pēkšņu sašaurinājumu.

Gaisa plūsmas virziena maiņa

Mainot gaisa plūsmas virzienu ar leņķgabalu, spiediena zudumi rodas galvenokārt virpuļu dēļ, kuri izveidojas, plūsmai atraužoties no kanāla sienām (4.3. zīm. a).

Virpuļi un vietējā pretestība krasi samazinās, ja noapaļo leņķgabala asās malas, pie tam pretestības samazināšanās galvenokārt atkarīga no iekšējās asās malas noapaļojuma rādiusa.

Ja leņķgabalā uzstāda izliektas lāpstiņas (4.3. zīm. b), vietējo pretestību var samazināt 3—4 reizes.



4.3. zīm. Gaisa plūsmas virziena maiņa gaisa vados:
a — lenķgabalā; b — lenķgabalā ar lāpstinām; c — līknī

Lai samazinātu spiediena zudumus, lenķgabalā vietā jālieto līknī, kuros plūsma maina kustības virzienu bez asiem pagriezieniem (4.3. zīm. c). Apaļiem gaisa vadiem līkņa rādiusu parasti pieņem $R = (1,5-2)d$. Aspirācijas sistēmās, lai gaisa vadi neaizsērētu un samazinātos to nodilums (no mehānisko piejaukumu berzes), līkņa rādiusu pieņem $R = (2-3)d$, kur d — gaisa vada diametrs.

Spiediena zudumi, plūsmām saplūstot un sadaloties

Spiediena zudumi veidgabalos rodas virpuļu dēļ, kuri veidojas, mainoties gaisa plūsmas ātrumam, kā arī plūsmas virzienam nozarojumos. T veida gabalos un krustgabalos ir divējādas vietējās pretestības: pretestība maģistrālē, kurā gaisa plūsma nemaina virzienu, un pretestība nozarojumā, kurā gaisa plūsma atdalās no kopējās plūsmas vai saplūst ar to. Pirmajā gadījumā vietējās pretestības koeficientu attiecina uz ātrumu maģistrālē pirms plūsmu saplūšanas vai pēc plūsmas sadales; otrajā gadījumā vietējās pretestības koeficientu attiecina uz gaisa ātrumu nozarojumā.

T veida gabalu un krustgabalu vietējās pretestības koeficients atkarīgs no nozarojumu pieslēgšanas lenķa, nozarojuma un maģistrāles šķēsgriezumu laukumu attiecības un gaisa ātrumu attiecības nozarojumos un maģistrālēs. Tādēļ vietējo pretestību koeficienti šiem veidgabaliem ir mainīgi. Atsevišķos gadījumos tie var būt negatīvi, kad sajaucoties vienas plūsmas enerģija var palielināties uz otras plūsmas enerģijas rēķina.

4. GAISS VADU APRĒKINS

Praktiskiem aprēķiniem izstrādātas vairākas gaisa vadu aprēķinu metodes. Visbiežāk gaisa vadus aprēķina pēc *īpatnējo spiediena zudumu* metodes.

$$p = \sum (Rl + z), \quad (4.22)$$

kur $R = \frac{\lambda}{d} p_a$ — īpatnējie spiediena zudumi berzes pretestību pārvarēšanai 1 m

garā gaisa vada posmā, kg/m^2 (Pa);

l — posma garums, m;

$z = \xi p_a$ — spiediena zudumi vietējo pretestību pārvarēšanai, kg/m^2 (Pa).

Īpatnējos spiediena zudumus berzes pretestības pārvarēšanai R nosaka pēc tabulām (3. pielikums), kuras sastādītas gludiem metāla gaisa vadiem ar apaļu šķēsgriezumu, ja pa tiem plūst standartizēts gaiss. Rūpniecisko un sabiedrisko ēku ventilācijas sistēmās izmantojamā gaisa atšķirība no standartizētā ir neliela, tāpēc to neņem vērā. Ja apstākļi, kuros darbojas ventilācijas sistēma, ievērojami atšķiras no standartā paredzētajiem, tad aprēķinos, kas izdarīti pēc tabulām, jāizdara labojumi, ņemot vērā, ka spiediena zudumi berzes pretestības pārvarēšanai ir tieši proporcionāli gaisa blīvumam.

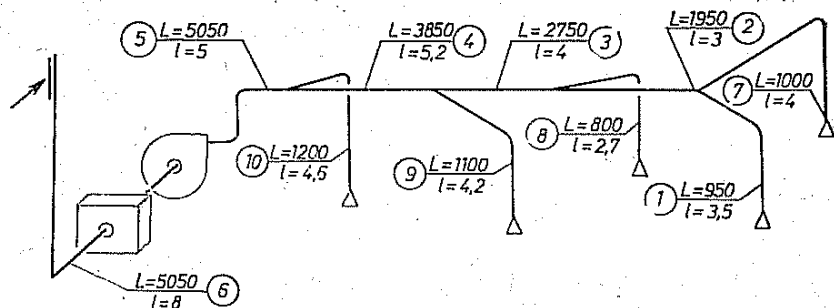
Vietējo pretestību koeficientu vērtības dažiem visbiežāk lieto tiem veidgabaliem sniegtas 4. pielikumā. Ja gaisa vadi izgatavoti no nelīdzena materiāla, tad neatkarīgi no gaisa vada formas aprēķinātā berzes pretestība R jāpareizina ar korekcijas koeficientu β , kura vērtības dotas 4. 1. tabulā.

4.1. tabula. Korekcijas koeficients β nelīdzena materiāla gaisa vadiem

Gaisa plūsmas ātrums, m/s	Gaisa vada materiāls absolūtā nelīdzenuma vērtības k , mm			
	izdedz-alabastra plāksnes, $k=1$	izdedz-betona plāksnes, $k=1,5$	ķieģeļi, $k=4$	apmetums uz sieta, $k=10$
0,4	1,08	1,11	1,25	1,48
0,8	1,13	1,19	1,4	1,69
1,2	1,18	1,25	1,5	1,84
2	1,25	1,35	1,65	2,04
4	1,37	1,49	1,88	2,32
6	1,44	1,58	1,98	2,48
8	1,49	1,64	2,06	2,58
10	1,53	1,68	2,12	2,66

Gaisa vadu aprēķinus veic tikai pēc tam, kad noteikts nepieciešamais gaisa daudzums kaitīgo vielu novadīšanai, telpu plānos iezīmētas gaisa vadu trases un ventilācijas kameru uzstādīšanas vietas.

Izejot no plāna, mērogā 1:100 vai 1:200 konstruē ventilācijas sistēmas aksonometrisko shēmu (4.4. zīm.), kurā atzīmē gaisa pievadīšanas un novadīšanas atvērumus, gaisa daudzumu tajos, kā arī katra gaisa vada posma garumu un gaisa daudzumu, kas plūst pa to. Par posmu sauc gaisa vada nogriezni ar nemainīgu



4.4. zīm. Ventilācijas sistēmas aprēķina shēma

diametru un gaisa daudzumu. Katru posmu apzīmē ar kārtas numuru.

Aerodinamiskā aprēķina uzdevums ir noteikt katra posma spiediena zudumus un šķērsgriezuma laukumu (diametru), kā arī spiediena zudumu summu visā sistēmā.

Lai noteiktu gaisa vada šķērsgriezuma laukumu, katram posmam jāizvēlas gaisa plūsmas ātrums.

Palielinot gaisa ātrumu, gaisa vados pieaug aerodinamiskā pretestība un līdz ar to arī gaisa transportēšanai nepieciešamais elektroenerģijas patēriņš. Samazinot gaisa ātrumu, palielinās gaisa vada izmēri un materiālu patēriņš.

Var aprēķināt optimālo gaisa plūsmas ātrumu pie minimālām gaisa vada izmaksām. Praksē gaisa plūsmas ātrumu gaisa vados izvēlas, ņemot vērā vairākus apsvērumus: telpas raksturu, pieļaujamo trokšņa līmeni tajā, pieļaujamais spiediena zudums sistēmā utt. Piemēram, sabiedriskās ēkās gaisa ātrumus gaisa vados izvēlas tā, lai tajos nerastos aerodinamiskais trokšnis. Rūpnieciskās ēkās, kur vispārējais trokšņa līmenis ir augstāks, gaisa ātrumus gaisa vados var izvēlēties lielākus. Dabiskajās kanālu sistēmās, kurās ir nelieli gaisa spiedieni, gaisa ātrumus izvēlas nelielus — 0,5—1,5 m/s.

Ieteicamie gaisa ātrumi gaisa vados doti 4.2. tabulā.

Aprēķinus sāk no visattālākā posma.

Spiediena zudumus atsevišķos posmos summē:

$$\Delta p = \Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_3 + \Delta p_4 + \Delta p_5 + \Delta p_6. \quad (4.23)$$

Summētajiem spiediena zudumiem tīkla posmos pieskaita filtru, ciklonu, kaloriferu u. c. elementu pretestības, kuras nosaka atsevišķi, kā arī 10% rezervi neparedzētām pretestībām.

Paralēlos posmos un nozarojumos spiedienu zudumu starpība nedrīkst pārsniegt 10%.

4.2. tabula. Ieteicamie gaisa ātrumi dažādās ventilācijas iekārtās

Gaisa vadi, žalūzijas	Ātrums, m/s
Dabiskā ventilācija	
Maģistrālie gaisa vadi	0,5—2,0
Gaisa pievadīšanas atvērumi:	
gaisu pievada apakšējā zonā	0,2—0,5
gaisu pievada augšējā zonā	0,5—1
gaisa novadīšana	0,5—1
Mehāniskā ventilācija	
Gaisa vadi rūpnieciskās ēkās:	
maģistrālie gaisa vadi	līdz 12
nozarojumi	līdz 6
Gaisa vadi sabiedriskās ēkās un palīgēkās:	
maģistrālie gaisa vadi	līdz 8
nozarojumi	līdz 5
Gaisa pievadīšanas un novadīšanas atvērumi:	
rūpnieciskās ēkās	līdz 5
sabiedriskās ēkās un palīgēkās	līdz 3

Piemēram, 4.4. zīm. attēlotajā sistēmā spiediena zudumiem posmā 1 jābūt vienādiem ar spiediena zudumiem posmā 2:

$$\Delta p_1 = \Delta p_2.$$

Spiediena zudumiem posmā 8 jābūt vienādiem ar spiediena zudumu summu posmos 1 un 2:

$$\Delta p_8 = \Delta p_1 + \Delta p_2.$$

Pēdējā laikā ventilācijas sistēmu gaisa vadus arvien biežāk aprēķina ar elektronu skaitļošanas mašīnām.

Piemērs. Aprēķināt gaisa vadus pieplūdes sistēmai, kura uzstādīta rūpnīcā un kuras shēma attēlota 4.4. zīm. Gaisa daudzumi un gaisa vada posmu garumi atzīmēti uz shēmas. Ārējais gaiss tiek pievadīts caur šahtu ar žalūzijas restītēm. Gaisa sildīšanai ziemas laikā uzstādīts kalorifers, kura pretestība ir 6 kG/m².

Atīrīnājums. Gaisa vada aprēķinu sākam no visattālākā posma. Gaisa ātrumu pieņemam 4—8 m/s. Pēc 3. pielikuma atrodam gaisa vada diametrus un atbilstoši tiem īpatnējās berzes pretestības R un dinamiskos spiedienus p_d atsevišķiem posmiem. Visas iegūtās vērtības apkopojam tabulā (ailes 5, 9 un 11 4.3. tabulā). Reizinot īpatnējās berzes pretestības ar posmu garumu L , atrodam spiediena zudumus berzes pretestību pārvarēšanai (aile 10).

Vietējo pretestību koeficientus pieņemam pēc 4. pielikuma.

1. posms

Gaiss izplūst caur pieplūdes uzgali

Leņķgabals 90°; $R/d=1$

T gabals, nozarojums

$$\begin{aligned} \xi &= 1,0 \\ \xi_{\text{noz}} &= 0,21 \\ \xi &= 0,5 \\ \Sigma \xi &= 1,71 \end{aligned}$$

2. posms	
T gabals, maģistrāle	$\xi=0,7$
3. posms	
T gabals, maģistrāle	$\xi=0,7$
4. posms	
T gabals, maģistrāle	$\xi=1,24$
5. posms	
Leņķgabals 90° ; $R/d=2$	$\xi=0,30$
	$\xi=0,2$
Pāreja no taisnstūra uz apaļu šķēsgriezumu	$\Sigma \xi=0,5$
6. posms	
Pāreja no apaļa uz taisnstūra šķēsgriezumu	$\xi=0,2$
Leņķgabals	$\xi=1,15$
	$\xi=2,8$
Šahta ar žalūzijas restītēm	$\Sigma \xi=4,15$

Vietējo pretestību koeficienti 7. posmā

7. posmam pieņemam diametru $d=250$ mm un aprēķinām pretestības.	
Gaiss izplūst caur pieplūdes uzgali	$\xi=1,0$
Leņķgabals 90° ; $R/d=1$	$\xi=0,21$
T gabals, nozarojums	$\xi=5,0$
	$\Sigma \xi=1,71$

Summārā pretestība 7. posmā $Rl+z=4,04$ (kg/m^2).

Pretestība 7. posmā drīkst atšķirties par 10% no pretestības 1. posmā:

$$\Delta p = \frac{4,04 - 3,72}{3,72} \cdot 100 = 8,6\% < 10\%.$$

Tātad diametrs 7. posmam izvēlēts pareizi.

8. posmam pieņemam diametru $d=225$ mm.

Vietējo pretestību koeficienti 8. posmā:

Gaiss iziet caur pieplūdes uzgali	$\xi=1,0$
Leņķgabals 90° ; $R/d=1$	$\xi=0,21$
T veida nozarojums	$\xi=0,64$
	$\Sigma \xi=1,85$

Summārā pretestība 8. posmā:

$$Rl+z=4,02 \text{ (kg/m}^2\text{)}.$$

Sai pretestībai jābūt vienādai ar pretestību summu 1. un 2. posmā:

$$3,72 + 1,58 = 5,30 \text{ (kg/m}^2\text{)},$$

$$\Delta p = \frac{5,30 - 4,02}{5,30} = 24\% > 10\%.$$

Spiediens 8. posmā atšķiras vairāk nekā par 10% no spiedienu summas 1. un 2. posmā. Ja izvēlamies nākamā mazāko, standartizēto diametru $d=200$ mm, tad pretestība 8. posmā pārsniegtu summāro pretestību 1. un 2. posmā par 10%, tādēļ diametrs $d=225$ mm izvēlēts pareizi. Lielo spiedienu 8. posmā samazinām ar diafragmu.

4.3. tabula. Ventilācijas sistēmas gaisa vadu aprēķins

Posma Nr.	Gaisa daudzums, m^3/s	Posma garums l , m	Gaisa ātrums v , m/s	Gaisa vadi				Berzes pretestība uz 1 m, kg/m^2	Berzes pretestība posmā Rl , kg/m^2	Dinamiskais spiediens $\frac{\rho v^2}{2}$, kg/m^2	Vietējo pretestību koeficientu summa, $\Sigma \xi$	Vietējas pretestības $\xi \cdot \frac{\rho v^2}{2}$, kg/m^2	Pretestību summa posmā $Rl+z$, kg/m^2	Pretestību summa no tīkla sākuma $\Sigma(Rl+z)$, spiedienu atšķirība paralēlos posmos
				apali	taisnstūra	maļu izmēri $a \times b$, mm	elkvienlaidis diametrs d_v , mm							
1	950	3,5	5,4	250				0,145	0,51	1,78	1,71	3,21	3,72	3,72
2	1950	3,0	5,5	355				0,097	0,29	1,85	0,7	1,29	1,58	5,30
3	2750	4,0	6,1	400				0,101	0,40	2,28	0,7	1,59	1,99	7,29
4	3850	5,2	6,7	450				0,103	0,54	2,75	1,24	3,41	3,95	11,24
5	5050	5,0	7,2	500				0,103	0,52	3,17	0,5	1,58	2,10	13,34
6	5050	8,0	3,5	—		500×800	630	0,033	0,26	0,749	4,15	3,10	3,36	16,70
7	1000	4,0	5,7	250				0,16	0,64	1,99	1,71	3,40	4,04	$\frac{4,04 - 3,72}{3,72} 100 = 8,6\%$
8	800	2,7	5,6	225				0,176	0,48	1,92	1,85	3,55	4,02	$\frac{5,30 - 4,02}{5,30} 100 = 24\% ^1$
9	1100	4,2	7,7	225				0,318	1,33	3,63	1,71	6,04	7,37	$\frac{7,37 - 7,29}{7,29} 100 = 1,1\%$
10	1200	4,6	8,4	225				0,374	1,74	4,32	1,77	7,65	9,99	$\frac{11,24 - 9,99}{11,24} 100 = 16,5\% ^1$

¹ Lielo spiedienu posmos 8 un 10 samazina, ieviešot diafragmas.

Tādā pašā secībā pieņem un pārbauda diametrus pretestības 9. un 10. posmā. Summārie spiediena zudumi sistēmā:

$$\frac{\Sigma(Rl+z)}{\text{Kalorifers } 6} \quad 16,70$$

$$\text{Kopā} \quad 22,70 \text{ (kG/m}^2\text{)}.$$

Ar 10% rezervi neparedzētām pretestībām

$$p=25 \text{ kG/m}^2.$$

Ventilatora ražīgumu pieņemam ar 10% rezervi, lai kompensētu noplūdes caur gaisa vadu neblīvumiem.

$$L=1,1 \cdot 5050=5550 \text{ (m}^3\text{/h)}.$$

Pēc individuāla raksturojuma izvēlamies LI4-70 tipa ventilatoru Nr. 5 ar skrejratu $1,05 D_{nom}$, $n=930$ apgr/min.

Patērējamā jauda

$$N = \frac{Lp}{3600 \cdot \eta_p \eta_v} = \frac{5550 \cdot 25}{3600 \cdot 102 \cdot 1 \cdot 0,7} = 0,54 \text{ (kW)}.$$

Uzstādītā jauda

$$N_u = 1,5 N = 1,5 \cdot 0,54 = 0,8 \text{ (kW)}.$$

Izvēlamies elektrodzinēju AO2-21-6, kura $N=0,8$ kW, $n=930$ apgr/min.

5. VIENMĒRĪGAS NOSŪKŠANAS UN SADALES GAISA VADU APRĒKINS

Ventilācijas tehnikā bieži rodas nepieciešamība pievadīt vai nosūkt gaisu vienmērīgi (gaisa aizkari, borta nosūces, pieplūdes gaisa vadi u. c.).

Šim nolūkam izmanto vienmērīgas nosūkšanas un sadales gaisa vadus.

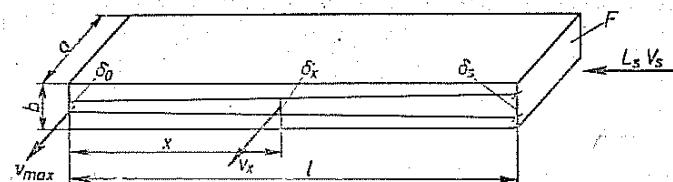
Vienmērīgu gaisa nosūkšanu vai sadalīšanu panāk

a) nemainīga šķērsgriezuma gaisa vadā ierīkojot garenisku atvērumu, kura platums ir mainīgs, vai ierīkojot atvērumus ar mainīgu laukumu,

b) mainot gaisa vada šķērsgriezuma laukumu garumā, ja spraugveida atvēruma platums vai atvērumu laukumi ir nemainīgi,

c) mainot spraugveida atvēruma laukuma vai visu atvērumu laukumu attiecību pret gaisa vada šķērsgriezuma laukumu garumā.

Pirmajā gadījumā vienmērīga gaisa sadale vai nosūkšana noris ar dažādiem, bet otrajā gadījumā — ar vienādiem gaisa ātrumiem spraugveida atvērumā vai visos atvērumos. Trešajā gadījumā panāk tikai aptuvenu gaisa nosūkšanas vai sadales vienmērīgumu. Kā piemērs zemāk sniegtas formulas un aprēķina secība nemainīga šķērsgriezuma gaisa sadalītājam ar garenisku spraugveida atvērumu, kura platums mainās garenvirzienā (4.5. zīm.).



4.5. zīm. Vienmērīgas sadales gaisa vads

Aprēķinot šādu gaisa sadalītāju, jāievēro noteikums:

$$l \leq 3 \frac{p_d}{R_s}, \quad (4.24)$$

kur l — gaisa vada garums, m;

p_d — dinamiskais spiediens gaisa vada sākumā, kG/m²;

R_s — īpatnējie berzes spiediena zudumi gaisa vada sākumā, kG/m².

Spraugveida atvēruma platumu (m) gaisa vada beigās nosaka pēc formulas:

$$\delta_0 = \frac{L_s}{lv}, \quad (4.25)$$

kur L_s — gaisa daudzums gaisa vada sākumā, m³/s;

v — gaisa ātrums, izplūstot no atvēruma, m/s.

Spraugas platumu δ (m) jebkurā šķērsgriezumā, kurš atrodas x (m) attālumā no gaisa sadalītāja gala, nosaka pēc formulas:

$$\delta_x = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{\delta_0^2} - \left(\frac{\mu x}{F}\right)^2 \left(1 - \frac{R_s x}{3p_d}\right)}}, \quad (4.26)$$

kur F — gaisa sadalītāja šķērsgriezuma laukums, m²;

μ — caurplūdes koeficients, kas atkarīgs no atvēruma konstrukcijas (gareniskai spragai ar asām malām $\mu=0,62$, spragai ar atlocītām malām $\mu=0,81$).

Gaisa izplūšanas ātrums v (m/s) attālumā x no gaisa sadalītāja gala

$$v_x = \frac{L_s}{l\delta_x}. \quad (4.27)$$

Nepieciešamais gaisa pilnais spiediens p (kG/m²) gaisa sadalītāja sākumā

$$p = \frac{v^2 \gamma}{2g\mu^2} + \frac{1}{3} R_s l. \quad (4.28)$$

Piemērs. Aprēķināt vienmērīgas sadales gaisa vadu, kuram ir šādi izmēri: garums $l=6$ m; platums $0,6$ m; augstums $0,5$ m. Gaisu sadala caur garenisku spraugu ar mainīgu augstumu. Sadalāmā gaisa daudzums $L_g=1,5$ m³/s, gaisa izplūdes ātrums $v_{max}=5$ m/s.

Atrisinājums.

Gaisa ātrums gaisa vada sākumā

$$v_a = \frac{1,5}{0,6 \cdot 0,5} = 5 \text{ (m/s)}.$$

Gaisa vada ekvivalents diametrs

$$d_v = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot 0,5}{0,6 + 0,5} = 0,579.$$

Pēc 3. pielikuma tabulas atrodam $p_d=1,53$ kG/m² un $R_s=0,046$ kG/m². Spraugas platums gaisa vada beigās

$$\delta_0 = \frac{1,5}{6 \cdot 5} = 0,05 \text{ (m)}.$$

Pieņemam spraugu ar asām malām ($\mu=0,62$).

Spraugas platumu 2 metru attālumā no gaisa vada gala aprēķinām pēc formulas (4.26):

$$\delta_x = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{(0,050)^2} - \left(\frac{0,62 \cdot 2}{0,3}\right)^2 \left(1 - \frac{0,046 \cdot 2}{3 \cdot 1,53}\right)}} = 0,051 \text{ (m)}.$$

Gaisa ātrumu 2 m attālumā no gaisa vada gala aprēķinām pēc formulas (4.27):

$$v_x = \frac{1,5}{6 \cdot 0,051} = 4,9 \text{ (m/s)}.$$

Analogi aprēķinām lielumus δ_x un v_x citiem attālumiem (4.4. tabula).

4.4. tabula. δ_x un v_x vērtības dažādos attālos x

x , m	0	2	4	6
δ_x , m	0,05	0,051	0,055	0,063
v_x , m/s	5	4,9	4,55	3,97

Nepieciešamo pilno spiedienu gaisa vada sākumā atrodam pēc formulas (4.28):

$$p = \frac{5^2 \cdot 1,2}{2 \cdot 9,81 \cdot 0,62^2} + \frac{1}{3} 0,037 \cdot 6 = 4,01 \text{ (kG/m}^2\text{)}.$$

5. nodaļa

VENTILATORI

Par *ventilatoriem* sauc mašīnas, kas pārvieto gaisu ventilācijas, gaisa kondicionēšanas, pneimotransporta un aspirācijas sistēmās un tehnoloģiskās iekārtās. Pēc darbības principa izšķir centrālās, aksiālās, diametrālās un diska ventilatorus. Visizplatītākie ir centrālās un aksiālās ventilatori.

1. CENTRĀLĀS VENTILATORI

Centrālās ventilators sastāv no skrejratu (rotora), darba lāpstiņām un spirālkameras (5.1. zīm.). Skrejratu veido rumba, kas nostiprināta uz vārpstas, diska un darba lāpstiņas. Sūcvars pievienots spirālkamerai ass virzienā, bet spiedvars iziet no tās rata pieskares virzienā. Skrejrata griežoties, ventilatora sūces atvērumā rodas retinājums un gaiss ieplūst ventilatorā. Skrejrata gaiss maina virzienu par 90°, saspiežas un centrālās spēku iedarbības rezultātā tiek izmests spirālkamerā un tālāk spiedvadā.

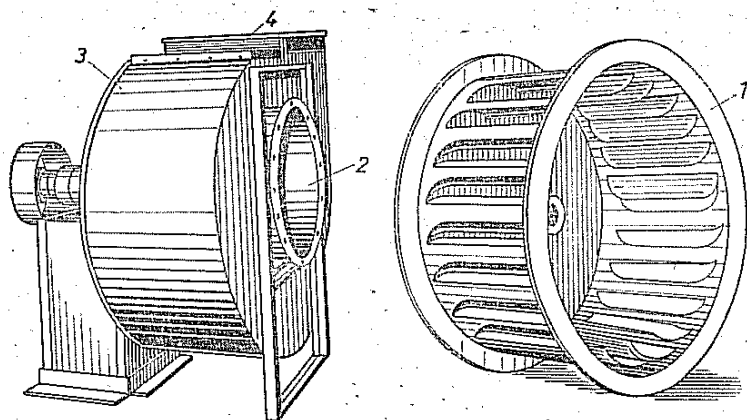
Lai līdz minimumam samazinātu gaisa pārplūdi no spirālkameras sūcvarā, atstatumam starp skrejratu un sūcvaru jābūt ne lielākam par 1% no skrejrata diametra.

Par centrālās ventilatora numuru pieņemts lielums, kas atbilst skrejrata ārējam diametram, izteiktam decimetros. Piemēram, diametram 800 mm atbilst numurs 8.

Skrejrata darba lāpstiņas var būt izliektas uz priekšu, atpakaļ vai var būt radiālas. Ventilatori, kuriem ir uz priekšu izliektas darba lāpstiņas, attīsta lielāku spiedienu, bet ventilatoriem ar atpakaļ izliektām lāpstiņām ir lielāks lietderības koeficients un mazāks trokšņa līmenis.

Atkarībā no attīstītā spiediena centrālās ventilatorus iedala zemspiediena, vidēja spiediena un augstspiediena ventilatoros. Zemspiediena ventilatori attīsta spiedienu līdz 100 kG/m² (1000 Pa); vidēja spiediena ventilatori — no 100 līdz 300 kG/m² (no 1000 līdz 3000 Pa), augstspiediena ventilatori — no 300 līdz 1200 kG/m² (no 3000 līdz 12000 Pa). Šis iedalījums ir relatīvs, jo, samazinot skrejrata apgriezību skaitu minūtē, vidējā spiediena ventilators darbojas kā zemspiediena.

Zemspiediena un vidēja spiediena ventilatorus izmanto ventilācijas, gaisa kondicionēšanas, aspirācijas un pneimotransporta



5.1. zīm. Centrālās ventilators:

1 — skrejratu; 2 — ieejas atvērums; 3 — apvalks; 4 — izejas atvērums

sistēmās. Augstspiediena ventilatorus lieto galvenokārt tehnoloģiskās iekārtās.

Ventilatoram darbojoties, skrejrata griešanās virzienam jāsakrīt ar spirālkameras spirāles atskrūvēšanas virzienu. Skrejrata griežoties pretējā virzienā, gaisa plūsmas virziens nemainās, bet samazinās ventilatora attīstītais spiediens un ražīgums.

Centrālās ventilatora izplūdes atvērums var būt pagriezts dažādos virzienos. Ja ventilatora skrejratu, skatoties no sūcvadam pretējās puses, griežas pulksteņa rādītāju kustības virzienā, tad to sauc par labā griešanās virziena ventilatoru, bet, ja tas griežas pretējā virzienā, — par kreisā griešanās virziena ventilatoru. Ventilatora griešanās virzienu apzīmē ar burtiem П (labais) un Л (kreisais), apvalka pagriezienu lēņi uzrāda grādos. Piemēram, П 90° nozīmē, ka labā griešanās virziena ventilatora apvalks pagriezts par 90° attiecībā pret stāvokli, kad izplūdes atvērums pagriezts uz augšu.

Visplašāk izplatīti Л4-70 tipa centrālās ventilatori. Šiem ventilatoriem ir 12 atpakaļ izliektas darba lāpstiņas, to iesūkšanas atvērums izveidots kolektora veidā.

Šos ventilatorus ražo no Nr. 2,5 līdz Nr. 12,5, kuri nodrošina ražīgumu diapazonā no 500 līdz 80 000 m³/h, spiedienu līdz 200 kG/m² (2000 Pa), maksimālo lietderības koeficientu — 0,8.

Vidēja spiediena Л14-16 tipa ventilatoram ir 32 uz priekšu izliektas darba lāpstiņas. Maksimālais lietderības koeficients sasniedz 0,73, maksimālais spiediens (ja aploces ātrums ir 40 m/s) — no 200 līdz 250 kG/m² (2000—2500 Pa).

2. AKSIĀLIE VENTILATORI

Aksiālais ventilators sastāv no skrejrata darba lāpstiņām un cilindriskā apvalka (5.2. zīm.). Skrejrata griežoties, gaiss plūst caur lāpstiņām, nemainot kustības virzienu. Lāpstiņu forma var būt simetriska vai nesimetriska. Ja lāpstiņas ir simetriskas, tad ventilatora ražīgums nav atkarīgs no skrejrata griešanās virziena. Šādus ventilatorus sauc par *reversīviem*.

Nesimetriskas lāpstiņas uzlabo aksiālā ventilatora aerodinamiskās īpašības.

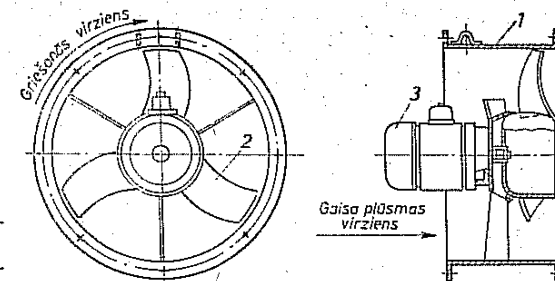
Ventilatoriem ar šādām lāpstiņām, mainot griešanās virzienu, samazinās spiediens un ražīgums. Skrejrata ar nesimetriskām lāpstiņām griešanās virziens ir pareizs, ja uz priekšu virzās lāpstiņu izliektā mala. Krjukovas ventilatoru rūpnīca patlaban ražo 06-300 tipa aksiālos ventilatorus no Nr. 4 līdz Nr. 12,5, kuri nodrošina ražīgumu 3—50 tūkst. m³/h, pilno spiedienu līdz 30 kG/m² un maksimālo lietderības koeficientu 0,65—0,78. Lai nodrošinātu aksiālā ventilatora nepieciešamās aerodinamiskās īpašības, attālumam starp skrejrata un apvalku δ jābūt ne lielākam par 1,5% no lāpstiņu garuma:

$$\delta \leq 0,015 \frac{D-d}{2}, \quad (5.1)$$

kur D — skrejrata diametrs, m;
 d — skrejrata rumbas diametrs, m.

Aksiāliem ventilatoriem raksturīgs liels ražīgums un samērā zems spiediens (ne augstāks par 35 kG/m²; 350 Pa). Salīdzinājumā ar centrālās ventilatoriem aksiālie ventilatori ir kompaktāki un to jauda mazāk atkarīga no ražīguma.

Aksiālos ventilatorus lieto lielu gaisa daudzumu pārvietošanai, ja vajadzīgs neliels spiediens. Piemēram, telpu ventilācijai tos bieži uzstāda sienās vai logos bez gaisa vadiem. Aksiālos ventilatorus lieto tuneļu, šahtu un citu līdzīgu celtnu ventilācijai.



5.2. zīm. Aksiālais ventilators:

1 — apvalks; 2 — lāpstiņas; 3 — elektrodzinējs

Centrbēdzes ventilatori var attīstīt ievērojami lielāku spiedienu nekā aksiālie ventilatori, un tos lieto ventilācijas sistēmās ar gariem un sazarotiem gaisa vadiem, aspirācijas un pneimotransporta sistēmās, katlu māju velkmes ierīcēs un citur.

Centrbēdzes un aksiālos ventilatorus bieži iedala pēc skrejrata īpatnējā griešanās ātruma, kurš dod iespēju salīdzināt ventilatorus neatkarīgi no apgriezienu skaita un izmēriem.

$$n_{ip} = n \frac{L^{0,5}}{p^{0,75}} \quad (5.2)$$

kur n — skrejrata apgriezienu skaits minūtē, apgr/min;
 L — gaisa caurplūde, m³/s;
 p — ventilatora attīstītais spiediens, kG/m².

Ja $n_{ip} > 100$, lieto aksiālos ventilatorus, bet, ja $n_{ip} < 100$, — centrālās ventilatorus.

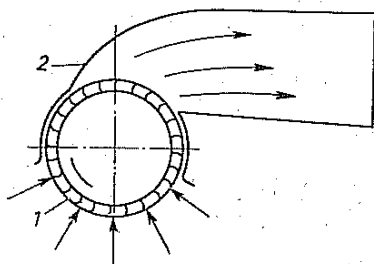
3. CITI VENTILATORU TIPI

Pēdējā laikā arvien plašāk lieto *diametrālos* ventilatorus. Šie ventilatori sastāv no skrejrata, kas ir analogs centrālās ventilatora skrejrata, darba lāpstiņām, kas izliektas uz priekšu un atrodas zem 90° leņķī izliekta apvalka (5.3. zīm.). Skrejrata griežoties, gaiss plūst skrejrata diametra virzienā, pie kam tas divas reizes šķērso lāpstiņas. Diametrālie ventilatori salīdzinājumā ar centrālās un aksiālajiem ventilatoriem attīsta lielāku spiedienu un ražīgumu, toties tiem ir nedaudz zemāks lietderības koeficients.

Centrbēdzes un aksiālos ventilatorus, kuru skrejrats uzstādīts uz vertikālas vārpstas un kuri paredzēti gaisa nosūkšanai caur atvērumu pārsegumā vai jumtā, sauc par *jumta* ventilatoriem.

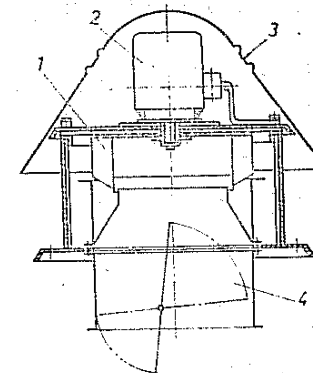
Sos ventilatorus montē uz speciāliem betona cilindriem, kurus uzstāda uz jumta, un tie neaizņem telpas lietderīgo platību.

Uz jumta uzstādāma KII-90 tipa ventilatorā (5.4. zīm.) izmantots KII-4-70 tipa ventilatora skrejrats 1, kas ievietots apvalkā 2, tieši savienots ar elektrodzinēju 3 un nosegts ar apvalku 4.



5.3. zīm. Diametrālais ventilators:
 1 — skrejrats; 2 — apvalks

5.4. zīm. KII-90 tipa jumta ventilators:
 1 — skrejrats; 2 — elektrodzinējs; 3 — aizsargapvalks; 4 — droseļvārsts



KII-4-84-B tipa ventilatorā skrejrats un elektrodzinējs savienoti ar ķīlsiksnu pārvadu.

3-04 tipa uz jumta uzstādāmos ventilatoros izmantots aksiālā ventilatora skrejrats.

4. VENTILATORU IZPILDĪJUMS

Atkarībā no ekspluatācijas prasībām izgatavo

1) *parastā* izpildījuma ventilatorus tīra vai mazputekļaina gaisa pārvietošanai, ja gaisa temperatūra ir līdz 150°C; šādus ventilatorus izgatavo no tērauda;

2) *antikorozijas* izpildījuma ventilatorus, kas pārvieto gaisu ar dažādu agresīvo vielu piejaukumu, kā skābi, sārmu utt.; šos ventilatorus izgatavo no nerūsējoša tērauda, vinilplasta vai no citām plastmasām;

3) *sprādziendroša* izpildījuma ventilatorus, kurus izmanto dažādu ugunsnedrošu vai sprādziendrošu gāzu maisījumu pārvietošanai; šajos ventilatoros, skrejrata aizķeroties aiz apvalka, kā arī piesitiena rezultātā nedrīkst rasties dzirksteles. Sprādziendrošos ventilatorus izgatavo no krāsainiem metāliem — alumīnija vai duralumīnija;

4) *putekļu* ventilatorus gaisa pārvietošanai, kas satur mehāniskus piejaukumus (putekļus, kuru koncentrācija lielāka par 150 kG/m³, skaidas, smiltis utt.). Šādiem ventilatoriem ir pastiprināta konstrukcija. Kā piemēru var minēt KII-7-40 tipa centrālās putekļu ventilatoru, kura skrejrata ir 6 radiālas lāpstiņas un kuram ir liela mehāniskā izturība. Šie ventilatori var attīstīt spiedienu līdz 300—390 kG/m² un maksimālo aploces ātrumu — 70 m/s.

Atkarībā no konstruktīvām īpatnībām ventilatoriem ir vairākas izpildījuma shēmas (5.5. zīm.).

1. izpildījuma ventilatora rotors un elektrodzinējs atrodas uz

Centrbēdzes	Aksiālie	Centrbēdzes	Aksiālie	Centrbēdzes	Aksiālie
1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12

5.5. zīm. Centrbēdzes un aksiālo ventilatoru izpildījumu shēmas

vienas vārpstas, 2. un 3. izpildījuma ventilatoru ar elektrodzinēju savieno elastīga savienotājumava. 4.—6. izpildījuma centrālās ventilatori un 4., 5. izpildījuma aksiālie ventilatori ir paredzēti skriemeļi ķīlsiksnu pārvadam; 7. izpildījuma centrālās ventilatori ir abpusēja gaisa iesūkšana. 8., 9. izpildījuma centrālās ventilatori un 6., 7. izpildījuma aksiālie ventilatori paredzēti montāžai uz jumta.

5. VENTILATORA RAKSTURĻIKNES

Galvenie ventilatora darbības parametri ir
 pārvietojamā gaisa daudzums vai ražīgums L , m³/h (m³/s),
 pilnais spiediens p , kG/m² (Pa),
 skrejrata apgriezību skaits minūtē n , apgr/min (leņķiskais ātrums ω , rad/s),
 aploces ātrums u , m/s,
 patērētā jauda N , kW,
 lietderības koeficients η .

Sakarību starp šiem parametriem grafiski attēlo ventilatoru raksturlieknes, kuras iegūst aerodinamisko mērījumu rezultātā. Izvēloties ventilatoru, parasti lieto individuālās raksturlieknes, kas uzbūvētas p - L koordinātēs atsevišķi katram ventilatora numuram (5.6. zīm.). Koordinātu sistēmā parasti iezīmētas arī līknes n =const, η =const un N =const. Augšējā līkne n =const atbilst maksimāli pieļaujamam apgriezību skaitam minūtē atkarībā no ventilatora stiprības. Parastajā mērogā ventilatora lietderības koeficienta līknes η =const ir kvadrātiskas parabolas.

Pēdējos gados plaši lieto ventilatoru raksturlieknes, kas uzbūvētas logaritmiskajā mērogā (5.6. zīm.). Šādā mērogā paraboliskās līknes pārvēršas taisnēs, bet spiedienam p un ražīgumam L nav nulles vērtību; p - L līnijas šajās raksturlieknēs parasti attēlo tikai intervālā $\eta = (0,7-0,8)\eta_{\max}$.

Atbilstoši dotiem p un L uz raksturliekņu grafika atrod ventilatora darbības punktu un nolasa pārējos ventilatora darbības parametrus: apgriezību skaitu minūtē n , lietderības koeficientu η un patērēto jaudu N .

Ventilatora ražīgums L ir tieši proporcionāls apgriezību skaitam minūtē (leņķiskajam ātrumam):

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2}. \quad (5.3)$$

Pilnais spiediens P proporcionāls apgriezību skaitam minūtē (leņķiskajam ātrumam) kvadrātā:

$$\frac{p_1}{p_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 = \left(\frac{\omega_1}{\omega_2}\right)^2. \quad (5.4)$$

Patērētā jauda N proporcionāla apgriezienu skaitam minūtē (lērkiskajam ātrumam) kubā:

$$\frac{N_1}{N_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3 = \left(\frac{\omega_1}{\omega_2}\right)^3 \quad (5.5)$$

Ventilatora skrejrata aploces ātrumu u , m/s, nosaka pēc formulas:

$$u = \frac{\pi D n}{60} = \frac{\omega D}{2}, \quad (5.6)$$

kur D — skrejrata diametrs, m;
 n — skrejrata apgriezienu skaits minūtē, apgr/min;
 ω — lērkiskais ātrums, rad/s.

Maksimālais aploces ātrums atkarīgs no rotora materiāla izturības un pieļaujamā trokšņa līmeņa telpā, kurā ventilators uzstādīts. Piemēram, LI 4-70 tipa ventilatora materiāla izturība pieļauj ātrumu līdz 60 m/s, turpretim, lai nodrošinātu relatīvi zemu trokšņa līmeni, šī tipa ventilatora aploces ātrumam jābūt ne lielākam par 25—35 m/s.

Ventilatora elektrodzinēja nepieciešamo jaudu (kW) nosaka pēc formulas:

$$N = \frac{L p}{3600 \cdot 102 \eta_v \eta_p} \quad (5.7)$$

(SI sistēmā $N = \frac{L p}{1000 \eta_v \eta_p}$).

kur L — ventilatora ražīgums, m³/h (m³/s);
 p — ventilatora spiediens, kG/m² (Pa);
 η_v — ventilatora lietderības koeficients;
 η_p — pārnese koeficients (ja ventilatora rotors atrodas uz vienas vārpstas ar elektrodzinēju, $\eta_p = 1$; ja elektrodzinēja un ventilatora vārpstas savienotas ar savienotājumā, $\eta_p = 0,98$; ķīlisksnas pārnesei $\eta_p = 0,95$).

Uzstādītā elektrodzinēja jauda (kW)

$$N_u = k N, \quad (5.8)$$

kur k — rezerves koeficients (5.1. tabula).

Ventilatora ražīgumu izvēlas ar rezervi, ņemot vērā gaisa daudzumus gaisa vadu neblīvumus.

$$L = L_a n, \quad (5.9)$$

kur L_a — aprēķinātais gaisa daudzums sistēmā, m³/h;
 n — rezerves koeficients tērauda, asbocementa un plastmasas gaisa vadiem, kuru garums ir līdz 50 m, $n = 1,1$, pārējos gadījumos — $n = 1,15$.

5.1. tabula. Ventilatoru elektrodzinēju rezerves koeficients

Elektrodzinēja jauda, kW	Rezerves koeficients, k	
	centrbēdzes ventilatoriem	aksiālām ventilatoriem
Līdz 0,5	1,5	1,2
0,51—1	1,3	1,15
1,01—2	1,2	1,1
2,01—5	1,15	1,05
5	1,1	1,05

Piemērs. Ventilācijas sistēmas uzdevums ir pievadīt telpai $L_a = 6000$ m³/h gaisa. Gaisa vadu kopējais garums 60 m, to aerodinamiskā pretestība $p = 45$ kG/m². Jāizvēlas atbilstošs ventilators.

Atrisinājums. Ventilatora ražīgumu aprēķinām ar rezerves koeficientu $k = 1,15$:

$$L = 6000 \cdot 1,15 = 6900 \text{ (m}^3\text{/h)}.$$

Salīdzinām LI 4-70 tipa dažādu numuru ventilatoru raksturlielnes. Redzam, ka vajadzīgo ražīgumu un spiedienu ar vislielāko lietderības koeficientu varētu nodrošināt ventilators Nr. 6.

Uz šī ventilatora raksturlielnes (5.6. zīm.) novelkam vertikālu līniju, kas atbilst ražīgumam 6900 m³/h, un horizontālu līniju, kas atbilst spiedienam 45 kG/m². Krustpunkts atbilst ventilatora darba punktam (apgriezienu skaits minūtē $n = 930$ apgr/min, lietderības koeficients $\eta = 0,79$).

Nepieciešamā elektrodzinēja jauda

$$N = \frac{6900 \cdot 45}{3600 \cdot 102 \cdot 0,79} = 1,07 \text{ (kW)},$$

uzstādāmā jauda

$$N_u = 1,07 \cdot 1,2 = 1,29 \text{ (kW)}.$$

Izvēlamies pēc jaudas vistuvāko elektrodzinēju A 02-31-6, $n = 930$ apgr/min, $N = 1,5$ kW.

Uzstādāmo jaudu var noteikt arī pēc ventilatora raksturlielnes.

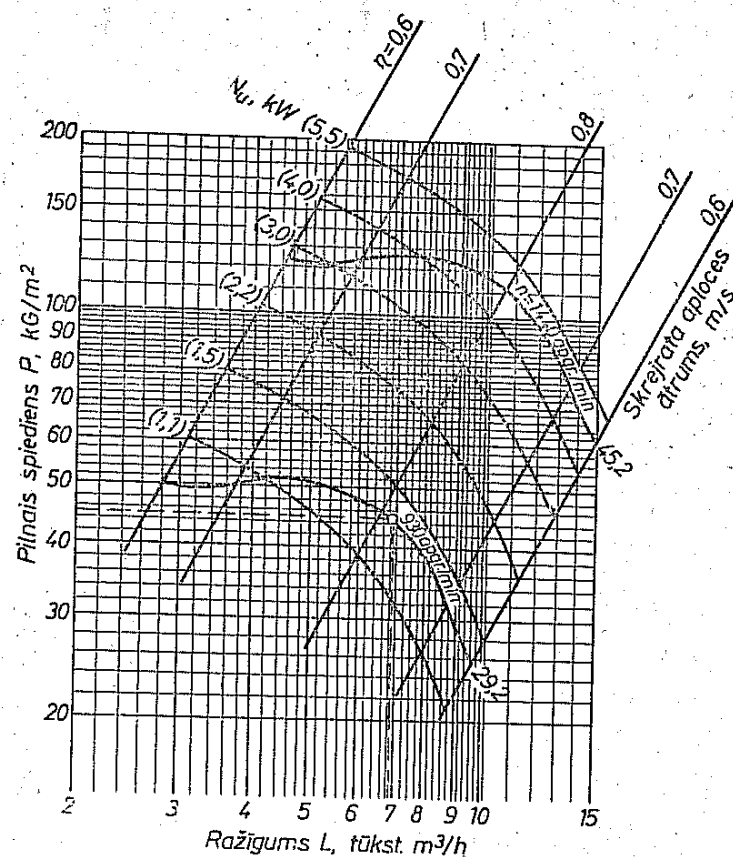
6. VENTILATORU DARBĪBAS ANALĪZE

Ventilatora darbība atkarīga no ventilācijas sistēmas gaisa vadu tīkla īpatnībām. Viens un tas pats ventilators pie viena un tā paša apgriezienu skaita minūtē dažādos sistēmas tīklos radīs dažādus spiedienus un pievadīs atšķirīgus gaisa daudzumus.

Spiediena zudumus p (kG/m² vai Pa) sistēmas gaisa vadu tīklā var noteikt pēc vienādojuma:

$$p = k \cdot L^2, \quad (5.10)$$

kur L — gaisa daudzums, m³/h (m³/s);
 k — koeficients, kas atkarīgs no gaisa vadu konfigurācijas un konstrukтивām īpašībām.



5.6. zīm. II4-70 tipa centrālās ventilatora N6 raksturīgās

Šī vienādojuma grafiskais attēls ir kvadrātiska parabola, un to sauc par gaisa vada tīkla raksturīkni.

Ja ventilatora raksturīkni pie mainīga apgriezienu skaita minūtē $p-L$ koordinātēs savieno ar gaisa vada raksturīkni, kura konstruēta tajās pašās koordinātēs un mērogā, tad abu raksturīkņu krustojuma punkts nosaka ventilatora darbības parametrus dotajam gaisa vadam: spiedienu, ražīgumu, patērēto jaudu, lietderības koeficientu.

Raksturīkņu savienošanas metode ļauj vienkārši un ātri analizēt ventilatora darbību tīklā, kā arī atrisināt vairākus praktiskus uzdevumus. Pēc šīs metodes apskatīsim vairākus gadījumus.

Gaisa vadu neblīvumi

Gaisa piesūces vai noplūdes caur neblīvumiem maina gaisa vada raksturīkni, padarot to lēzenāku salīdzinājumā ar raksturīkni hermētiskiem gaisa vadiem (5.7. zīm.).

Pievadot gaisu pa neblīviem gaisa vadiem, ventilatora ražīgums palielinās par ΔL salīdzinājumā ar projektēto. Atbilstoši par ΔN palielinās arī patērētā jauda. Tāpēc, izvēloties ventilatoru un tā elektrodzinēju, jāparedz jaudas rezerve.

Gaisa blīvums

Mainoties gaisa blīvumam, mainās arī ventilatora un gaisa vada raksturīgās, līdz ar to mainās arī gaisa spiediens un patērētā jauda, nemainoties ražīgumam.

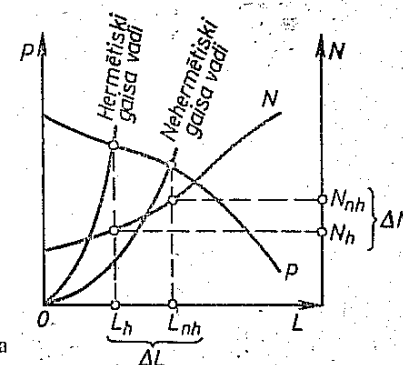
Ventilatora raksturīgās parasti sastāda tīram, standartizētam gaisam ($t=20^\circ\text{C}$, $\gamma=1,2\text{ kg/m}^3$, $p_b=760\text{ mmHg}$, $\phi=50\%$).

Ja gaisa parametri atšķiras no standartā dotajiem, tad, izvēloties ventilatoru, jāaprēķina spiediens (kg/m^2 vai Pa), kas atbilstu standartizētiem apstākļiem.

$$p = p_p \frac{760(273+t)}{293p_b} \quad (5.11)$$

kur p_p — projektētais spiediens pie dotajiem apstākļiem, kg/m^2 (Pa);
 p_b — barometriskais spiediens, mmHg (Pa);
 t — gaisa temperatūra, $^\circ\text{C}$.

Ventilatora apgriezienu skaitu minūtē n , patērēto jaudu N un lietderības koeficientu η šajā gadījumā nosaka pēc ventilatora darbības punkta, kas atbilst aprēķinātam spiedienam P un ražīgumam L standartizētos apstākļos.



5.7. zīm. Gaisa vadu nehermētiskuma ietekme uz ventilatora darbību

Tīkla drošēšana

Atverot droseli vai aizbīdņi, tīkla raksturlikne paliek lēzenāka, tās krustojuma punkts ar ventilatora raksturlikni pārvietojas pa labi. Ventilatora ražīgums pieaug no L_1 līdz L_2 (5.8. zīm.). Aizverot droseli, tīkla raksturlikne paliek stāvāka un ventilatora ražīgums samazinās.

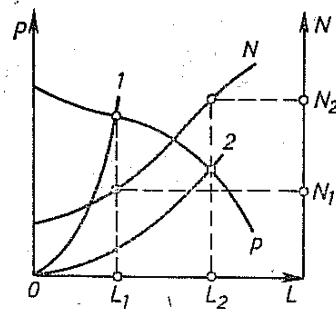
Centrbēdzes ventilatoriem, atverot aizbīdņi, patērētā jauda palielinās no N_1 līdz N_2 , aksiāliem ventilatoriem otrādi — samazinās. Tāpēc, lai samazinātu elektrodzinēja pārslodzi, centrālās ventilatorus ieteicams ieslēgt, ja aizbīdņi aizvērti, bet aksiālos — ja atvērti.

Gaisa mehānisko piejaukumu ietekme

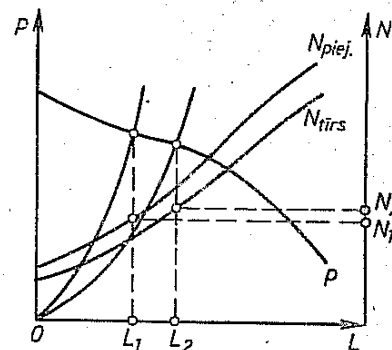
Mehāniskie piejaukumi gaisā palielina gaisa vadu pretestību un ventilatora patērēto jaudu. Šis apstāklis jāievēro, izvēloties ventilatorus sistēmām, kuras pārvieto gaisu ar dažādiem mehāniskiem piejaukumiem (aspirācijas un pneimotransporta sistēmas).

Pieņemsim, ka, pārvietojot gaisu ar mehāniskiem piejaukumiem, ventilatora ražīgums ir L_1 un patērētā jauda N_1 (5.9. zīm.). Mehānisko piejaukumu daudzums gaisā dažādu iemeslu dēļ var samazināties; apstādinot tehnoloģiskās iekārtas, gaiss var būt pavisam tīrs. Ja ventilators pārvietos tīru gaisu, tad tīkla raksturlikums paliks lēzenāks un krustojuma punkts pa ventilatora raksturlikni novirzīsies pa labi. Ventilatora ražīgums pieaugs līdz L_2 un patērētā jauda līdz N_2 .

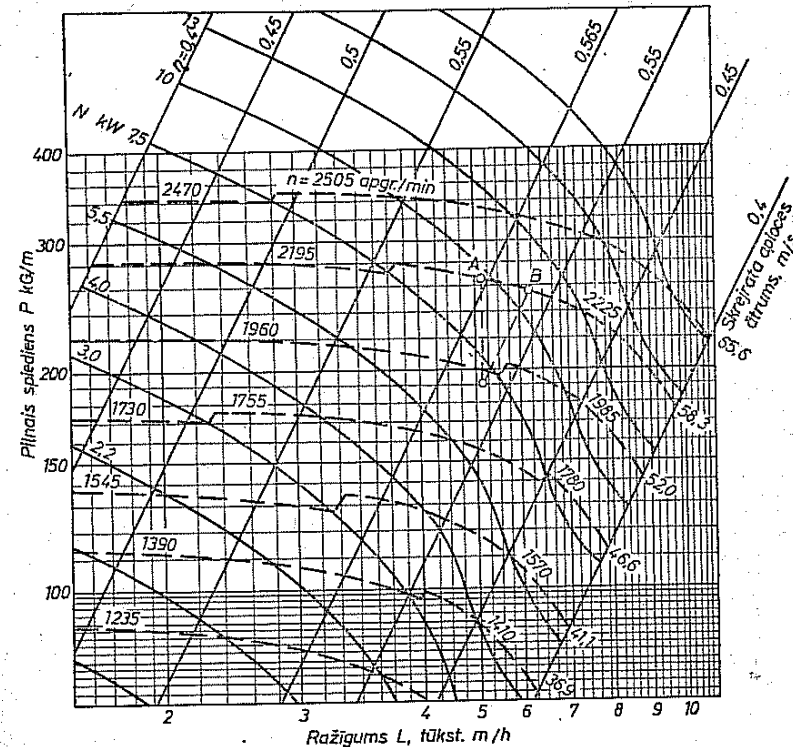
Dažreiz var izrādīties, ka $N_2 > N_1$. Tādēļ aspirācijas un pneimotransporta sistēmām vienmēr jāpārbauda, vai, pārvietojot tīru



5.8. zīm. Tīkla drošēšana



5.9. zīm. Mehānisko piejaukumu ietekme uz ventilatora darbību



5.10. zīm. L117-40 putekļu ventilatora raksturliknes

gaisu, patērētā jauda N_2 nepārsniedz jaudu N_1 , kas nepieciešama gaisa pārvietošanai ar mehāniskiem piejaukumiem.

Piemērs. Izvēlieties ventilatoru aspirācijas sistēmai kokapstrādes cehā. Gaisa daudzums $L=5100 \text{ m}^3/\text{h}$, gaisa vadu pretestība $p=190 \text{ kg/m}^2$. Mehānisko piejaukumu daudzums $G_m=1200 \text{ kg/h}$.

Atrisinājums. Nosakām maisījuma masas koncentrāciju:

$$\mu = \frac{1200}{5100 \cdot 1.2} = 0.196.$$

Koeficientu k kokapstrādes ceham izvēlamies $k=1.4$ (skatīt 12. nodaļā). Nosakām ventilatora pilno spiedienu:

$$p = 1.1 \cdot 190 (1 + 1.4 \cdot 0.196) = 266 \text{ (kg/m}^2\text{)}.$$

Izvēlamies centrālās putekļu ventilatoru L117-40 Nr. 5, kura apgriezību skaits minūtē $n=2225 \text{ apgr./min}$, $\eta=0.565$ (5.10. zīm. punkts A). Redzam, ka šajā darbības punktā elektrodzinēja jauda var būt 10 kW.

Pārvietojot tīru gaisu, ventilatora ražīgums palielināsies līdz $6200 \text{ m}^3/\text{h}$ (punkts B) un patērētā jauda līdz 13 kW. Tāpēc izvēlamies elektrodzinēju, kura jauda 13 kW.

Gaisa vadu aprēķina neprecizitāte

Ja gaisa vadu pretestība aprēķināta ar rezervi vai pieļauta kļūda un pretestība aprēķināta lielāka nekā faktiskā, gaisa vadu raksturlikne būs lēzenāka par projektēto, tātad ventilatora ražīgums būs lielāks par projektēto.

Ja, aprēķinot gaisa vadus, nav ņemtas vērā visas pretestības, tad faktiskais ventilatora ražīgums būs mazāks par projektēto.

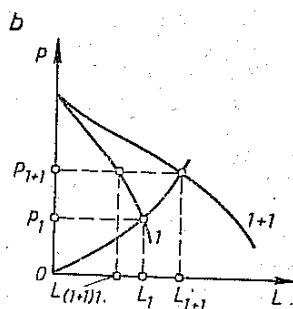
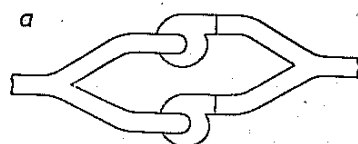
Palielinoties centrālās ventilatora ražīgumam, pieaug patērētā jauda. Gaisa vadu aprēķinu rupjas kļūdas var būt par iemeslu elektrodzinēja pārslodzei un tā izdegšanai.

7. VENTILATORU KOPEJĀ DARBĪBA

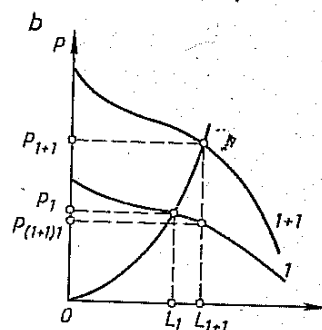
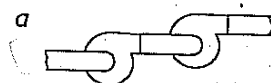
Parasti jācenšas izvairīties no vairāku ventilatoru vienlaicīgas darbības, jo tas var pazemināt ekonomiskos rādītājus un samazināt eksploatacijas drošību. Tomēr var būt gadījumi, kad ar vienu ventilatoru nevar nodrošināt nepieciešamo ražīgumu vai spiedienu.

Ventilatori var būt savienoti paralēli vai virknē. Ja jāpalielina gaisa daudzums, ventilatorus saslēdz paralēli, ja jāpalielina spiediens (pie nemainīga gaisa daudzuma), tad ventilatorus slēdz virknē.

Paralēli savienoti (5.11. zīm.) ventilatori gaisu padod kopējā tīklā, pie kam caur katru ventilatoru iziet daļa no kopējā gaisa



5.11. zīm. Divu vienādu paralēli saslēgtu ventilatoru darbība:
a — saslēgšanas shēma; b — raksturliknes



5.12. zīm. Divu vienādu virknē saslēgtu ventilatoru darbība:
a — saslēgšanas shēma; b — raksturliknes

daudzuma. Lai konstruētu summāro raksturlikni paralēli savienotiem ventilatoriem, ražīgums pie pastāvīga spiediena jāsummē algebriski.

Virknes savienojumā (5.12. zīm.) ventilatorus uzstāda vienu aiz otra, pie kam caur katru ventilatoru izplūst viss gaisa daudzums. Lai konstruētu raksturlikni virknē savienotiem ventilatoriem, to spiedienu jāsummē algebriski pie pastāvīga gaisa daudzuma.

Divu vienādu paralēli vai virknē saslēgtu ventilatoru kopējo ražīgumu $L_{(1+1)}$ nosaka grafiski pēc summārās raksturliknes krustpunkta ar tīkla raksturlikni. Divu vienādu paralēli saslēgtu ventilatoru ražīgums vienmēr mazāks par divkārtotu atsevišķa ventilatora ražīgumu, jo darbības punkts pārvietojas pa tīkla kvadrātisko raksturlikni.

Divu vienādu virknē saslēgtu ventilatoru kopējais spiediens pieaugs, bet ne divas reizes salīdzinājumā ar viena tāda paša ventilatora spiedienu, jo darbības punkts pārvietojas pa kvadrātisko tīkla raksturlikni.

Divu vienādu virknē saslēgtu ventilatoru kopējais ražīgums ir nedaudz lielāks par viena atsevišķa ventilatora ražīgumu tajā pašā tīklā.

6. nodaļa GAISA SILDĪŠANA

1. KALORIFERU KLASIFIKĀCIJA UN TO KONSTRUKCIJAS

Lai uzturētu telpā nepieciešamo temperatūru, ziemas periodā pieplūdes gaiss pirms ievadīšanas telpā jāsasilda. Ventilācijas sistēmās gaisu silda speciālās gaisa sildīšanas iekārtās — *kaloriferos*.

Pēc lietojamā siltumnesēja kaloriferus iedala šādi:

- uguns kaloriferi, kuros gaisa sildīšana notiek ar siltumu, kas izdalās, sadedzinot degvielu speciālā kurtuvē;
- ūdens un tvaika kaloriferi, kuros gaisa sildīšana notiek ar uzkaršētu ūdeni vai ūdens tvaiku;
- elektriskie kaloriferi, kuros gaisa sildīšana notiek, pārveidojot elektrisko enerģiju siltumā.

Uguns kaloriferus lieto gadījumos, kad nav centrālās apkures un kad tās izbūve nav lietderīga: atsevišķās lauksaimniecības ēkās, celtniecībā, pagaidu ēkās utt. Uguns kaloriferos var izmantot jebkuru kurināmo (malku, akmeņogles, gāzi utt.).

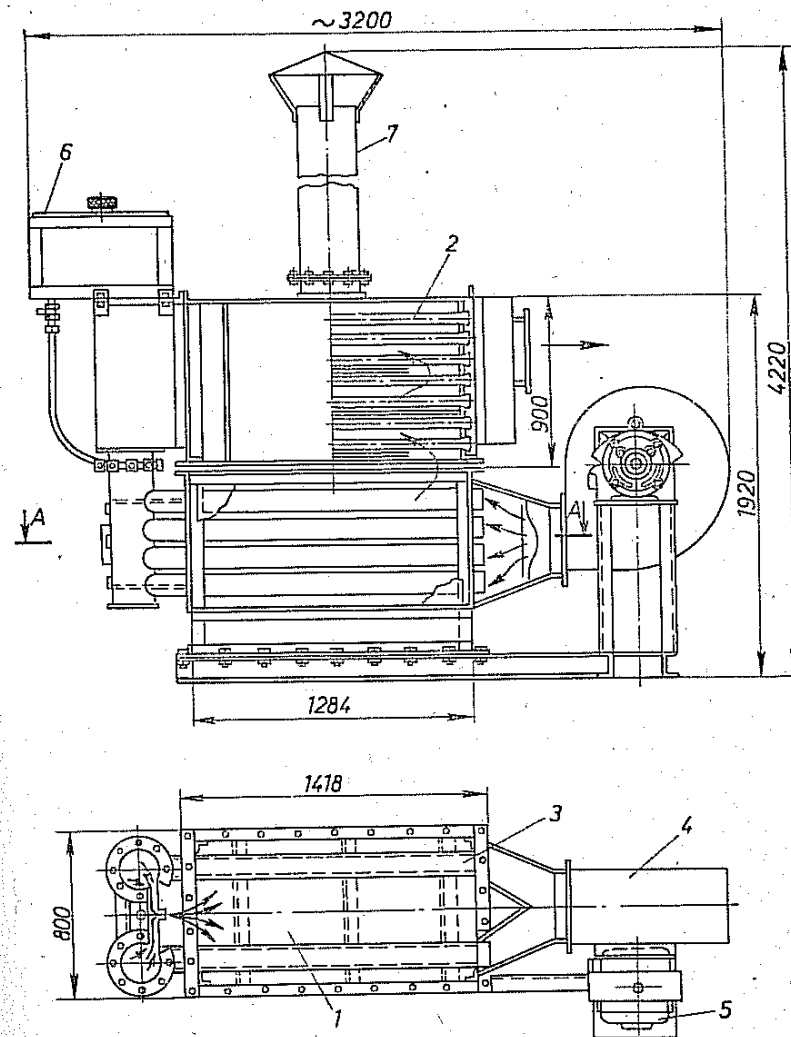
6.1. zīm. attēlotais uguns kalorifers sastāv no kurtuves 1, kuras iekšējā virsma oderēta ar ugunsizturīgiem ķieģeļiem, siltuma apmaiņtāja 2, kurš sastāv no tērauda caurulēm, dūmvada 7 un ventilatora 4. Karstās gāzes no kurtuves plūst gar siltuma apmaiņtāja cauruļu ārējām sienām, sasildot tās. Gaisa ventilatora spiediena ietekmē plūst pa siltuma apmaiņtāja caurulītēm, sasilstot tajās. Atdzesētās dūmgāzes dabiskās velkmes ietekmē caur dūmvadu tiek novadītas atmosfērā.

Uguns kaloriferiem ir salīdzinoši mazs lietderības koeficients, lieli gabarīti un sarežģīta ekspluatācija.

Ūdens un tvaika kaloriferos par sildelementiem izmanto dažādu konstrukciju caurules, pa kurām plūst siltumnesējs. Gaisa sildīšana notiek galvenokārt konvekcijas ceļā, gaisam plūstot gar cauruļu ārējām sienām, kuras var būt gludas vai ribotas. Kaloriferiem ar gludām caurulēm ir samērā zems siltuma pārejas koeficients, tādēļ tos lieto nelielu gaisa daudzumu uzsildīšanai.

Ribotiem kaloriferiem (6.2. zīm.) ir palielināta sildvirsmas, kā arī gaisa turbulences dēļ pieaug siltuma pārejas koeficients. Ribas var būt izveidotas no plāksnītēm, kuras nostiprina uz caurulēm, vai no metāla lentas, kuru apvij ap cauruli.

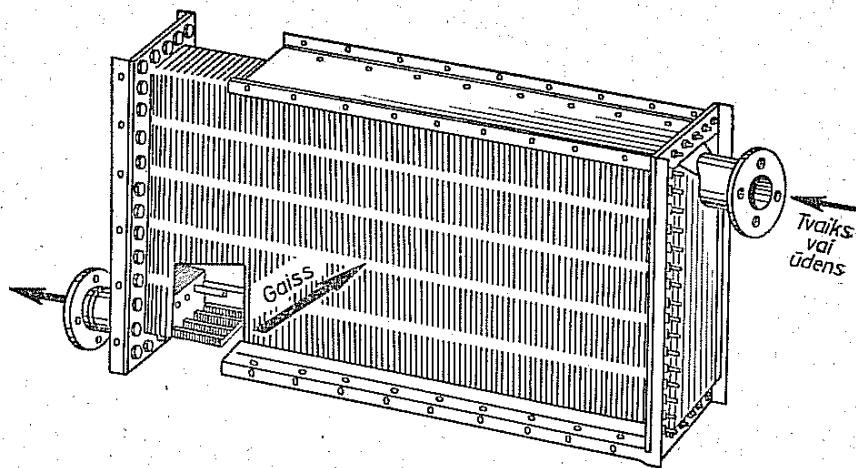
Ja kalorifera siltumnesēja caurules saslēgtas paralēli plūsmai, tad kaloriferu sauc par *vienejas*, ja caurules grupās saslēgtas virknē, tad — par *daudzeju* kaloriferu.



6.1. zīm. Uguns kalorifers:

1 — kurtuve; 2 — siltumapmaiņtājs; 3 — papildu siltumapmaiņtājs; 4 — ventilators;
5 — elektrodzinētājs; 6 — degvielas tvertne; 7 — dūmvads

No 1973. g. janvāra kaloriferiem ieviests jauns standarts — GOST 7201-70. Salīdzinot ar agrāk izstrādātajiem kaloriferiem, ievērojami mainīti to izmēri un siltumnesēja spiediens palielināts no 8 līdz 12 kG/cm².



6.2. zīm. Plāksņu kalorifers

Atbilstoši jaunajam standartam ražo daudzēju plāksnīšu KBC-II (vidējais modelis) un KBB-II (lielais modelis) tipa kaloriferus. Šajos kaloriferos ūdens cirkulē pa horizontāli novietotām caurulēm, kuru diametrs ir 12,8 mm un uz kurām nostiprinātas plāksnītes. Attālums starp plāksnītēm ir 5,5 mm, plāksnīšu biezums — 0,5 mm. Vidējā modeļa kalorifieriem gaisa plūsmas virzienā ir 3 cauruļu rindas, bet lielā — 4.

No agrāk izstrādātajiem kalorifieriem pašreiz plaši lieto KΦC, KΦB, KΦCO, KΦBO, KMC, KMB, CTD tipa kaloriferus. Dažu ūdens un tvaika kaloriferu konstruktīvais raksturojums dots 6.1. tabulā.

Elektriskajos kaloriferos gaiss sasilst, elektroenerģijai pārvēršoties siltumā pēc Džoula likuma. Elektrisko kaloriferu uzstādīšanas shēma ir vienkāršāka par ūdens vai tvaika kaloriferu uzstādīšanas shēmu, jo nav vajadzīga siltumapgādes sistēma. Taču vienas siltuma vienības izmaksa elektriskajos kaloriferos ievērojami augstāka nekā ūdens vai tvaika kaloriferos, jo pagaidām elektroenerģija izmaksā samērā dārgi.

Elektriskajiem kalorifieriem ir šādi trūkumi: sildelementu temperatūra ir augstāka nekā ūdens vai tvaika kaloriferos, tāpēc var piedegt putekļi un degšanas produkti var izdalīties telpā; intensīvāk veidojas smagie joni.

Elektriskie kaloriferi sastāv no apvalka ar siltumizolāciju un rāmja, kurā izvietoti elektriskie sildelementi. Kā sildelementus šajos kaloriferos izmanto nihroma spirāles, kas uzlītas uz keramiskiem izolatoriem vai ievietotas misiņa vai tērauda caurulēs.

6.1. tabula. Dažu ūdens un tvaika kaloriferu konstruktīvais raksturojums

Kalorifera tips un numurs	Sildvirsmas laukums, m ²	Caurplūdes šķersgriezums, m ²		Izmēri starp atlokiem, mm			Masa, kg
		gaisam	siltumnesējam	izlūms	platums	augstums	
KΦC-6	25,3	0,295	0,0076	200	640	900	101,5
KΦC-8	35,7	0,416	0,0092	200	760	1050	139,7
KΦC-10	47,8	0,558	0,0107	200	880	1200	179,7
KΦB-6	32,4	0,295	0,0102	240	640	900	127,3
KΦB-8	45,7	0,416	0,0122	240	760	1050	175,0
KΦB-10	61,2	0,558	0,0143	240	880	1200	226,5
KΦCO-8	35,3	0,318	0,0122	200	760	1050	140
KΦCO-10	48,2	0,431	0,0145	200	880	1200	178
KΦBO-8	47,0	0,318	0,0165	240	760	1050	174,8
KΦBO-10	64,3	0,431	0,0193	240	880	1200	230,2
KBC-6	11,8	0,147	0,00116	180	578	575	53,4
KBC-8	17,4	0,217	0,00116	180	828	575	70,3
KBC-10	25,8	0,321	0,00116	180	1203	575	95,6
KBB-6	13,3	0,143	0,0015	220	578	575	74,8
KBB-8	28,5	0,210	0,0015	220	828	575	100,3
KBB-10	42,3	0,312	0,0015	220	1203	575	138,6

6.2. tabula. CΦO tipa elektrisko kaloriferu raksturojums

Rādītāji	Kalorifera tips				
	CΦO-25/I-T	CΦO-40/I-T	CΦO-60/I-T	CΦO-100/I-T	CΦO-160/I-T
Gaisa daudzums, kg/h	2125	3375	5130	9000	12 000
Jauda, kW	25	40	60	100	160
Caurplūdes šķersgriezuma laukums gaisam, m ²	0,076	0,133	0,225	0,318	0,555
Gaisa temperatūras kritums, deg	48	43	42	46	47
Aerodinamiskā pretestība, kG/m ²	2,52	2,18	1,83	2,10	1,56
Gabarītizmēri, mm:					
garums	480	480	480	480	480
platums	630	750	870	990	1230
augstums	657	867	957	1107	1407
masa, kg	67	100	134	197	312

Pēdējā gadījumā spirāles atrodas mangāna oksīda presētā pulverī, kas kalpo par izolatoru starp spirāli un cauruli.

Sildāmā gaisa maksimālā temperatūra ir 150—250 °C. Elektriskā kalorifera siltuma atdevi regulē, mainot ieslēgto sildelementu skaitu. 6.2. tabulā sniegts CΦO tipa elektrisko kaloriferu tehniskais raksturojums.

2. KALORIFERU APRĒKINS

Siltuma patēriņu (kcal/h vai W) ārējā gaisa uzsildīšanai aukstajā gadalaikā pieplūdes ventilācijai aprēķina pēc formulas:

$$Q = cG(t_b - t_s), \quad (6.1)$$

kur c — gaisa siltumietilpība, kcal/(kg·deg) [J/(kg·deg)];
 G — pieplūdes gaisa daudzums, kg/h (kg/s);
 t_s — gaisa temperatūra pirms kalorifera, °C;
 t_b — gaisa temperatūra aiz kalorifera, °C.

Kalorifera sildvirsmas laukumu (m^2) nosaka pēc formulas:

$$F = \frac{Q}{k(T - t)}, \quad (6.2)$$

kur k — kalorifera siltuma pārejas koeficients, kcal/($m^2 \cdot h \cdot deg$) [W/($m^2 \cdot deg$)];
 T — siltuma nesēja vidējā temperatūra, °C;
 t — gaisa vidējā temperatūra, °C.

Ja par siltuma nesēju izmanto ūdeni, tad vidējā temperatūra ir

$$T = \frac{t_k + t_a}{2}, \quad (6.3)$$

kur t_k , t_a — ūdens temperatūra pirms un aiz kalorifera, °C.

Piesātinātam tvaikam, ja spiediens ir līdz 0,3 kG/cm² (3kPa), vidējā temperatūra $T = 100^\circ\text{C}$. Ja tvaika spiediens lielāks par 0,3 kG/cm², tad $T = t_{p.t.}$

kur $t_{p.t.}$ — piesātināta tvaika temperatūra atbilstoši spiedienam.

Vidējā gaisa temperatūra

$$t = \frac{t_b + t_s}{2}. \quad (6.4)$$

Siltuma pārejas koeficients k atkarīgs no kalorifera konstrukcijas, no siltumnesēja, no tā ātruma un no gaisa ātruma kaloriferā. Sildot gaisu kaloriferā, tā tilpums pieaug, gaisa ātrums kalorifera izejas šķērsgriezumā ir lielāks nekā ieejas šķērsgriezumā. Tāpēc kaloriferu aprēķinos izmanto *masas ātrumu* $v\gamma$, kurš, gaisam sasilstot, nemainās. Gaisa masas ātrumu [kg/($m^2 \cdot s$)] aprēķina pēc formulas:

$$v\gamma = \frac{G}{3600 f_g}, \quad (6.5)$$

kur f_g — kalorifera caurplūdes šķērsgriezuma laukums gaisam, m^2 (par caurplūdes šķērsgriezuma laukumu sauc visu kalorifera gaisa eju kopējo laukumu).

Palielinoties masas ātrumam, palielinās siltuma pārejas koeficients, kalorifers kļūst kompaktāks un lētāks. Vienlaikus palielinās kalorifera aerodinamiskā pretestība, tātad arī palielinās tā ekspluatācijas izmaksa. Ekonomiski izdevīgākais masas ātrums ir 6—12 kg/($m^2 \cdot s$).

Ūdens ātrumu (m/s) kalorifera caurulēs aprēķina pēc formulas:

$$\omega = \frac{Q}{3600 \cdot 1000 f_s (t_k - t_a)}, \quad (6.6)$$

kur f_s — kalorifera cauruļu caurplūdes šķērsgriezuma laukums, m^2 ;
 t_k , t_a — ūdens temperatūra pirms un aiz kalorifera, °C;
 Q — siltuma patēriņš, kcal/h.

Kalorifera siltuma pārejas koeficientu k (kcal/ $m^2 \cdot deg \cdot h$) un aerodinamisko pretestību p (kG/ m^2) nosaka pēc formulām:

$$k = R(v\gamma)^g \cdot \omega^r; \quad (6.7)$$

$$p = H(v\gamma)^s, \quad (6.8)$$

kur $v\gamma$ — masas ātrums kalorifera caurplūdes šķērsgriezumā, kg/($m^2 \cdot s$);
 ω — ūdens ātrums kalorifera caurulēs, m/s;
 R , H — eksperimentālie koeficienti;
 g , r , s — eksperimentālie pakāpes rādītāji.

Eksperimentālo koeficientu un pakāpes rādītāju vērtības dažiem kalorifieriem dotas 6.3. tabulā.

Pamatojoties uz formulām (6.7), (6.8), sastādītas nomogrammas un tabulas [30], pēc kurām var atrast siltuma pārejas koeficientu un aerodinamisko pretestību.

Aprēķinot kaloriferus, jāparedz sildvirsmas rezerve, kuru pieņem 10—20% apmērā no aprēķinātās sildvirsmas laukuma.

6.3. tabula. Eksperimentālo koeficientu R , H un pakāpju rādītāju g , r , s vērtības formulām 6.7 un 6.8

Kalorifera modelis	Siltumnesējs ir tvaiks		Siltumnesējs ir ūdens			H	s
	R	g	R	g	r		
KBC	—	—	17,94	0,32	0,132	0,22	1,63
KBB	15,28	0,30	17,0	0,32	0,13	0,28	1,65
KΦC	10	0,42	16,7	0,297	0,224	0,23	1,70
KΦB	10	0,42	16,7	0,297	0,224	0,28	1,70
KΦCO	10	0,676	20,0	0,378	0,224	0,375	1,85
KΦBO	10	0,676	20,0	0,378	0,224	0,45	1,85
CTД	13	0,433	11,2	0,481	0,0645	0,165	1,73

Piemērs. Jāizvēlas kalorifers pieplūdes sistēmai, kuras ražīgums $L = 8000 m^3/h$. Ārējā gaisa temperatūra $t_a = -10^\circ\text{C}$, pieplūdes gaisa temperatūra $t_b = +17^\circ\text{C}$. Siltumnesējs — pārkarsēts ūdens, kura parametri ir $t_k = 130^\circ\text{C}$, $t_a = 70^\circ\text{C}$.

Atrisinājums.

Siltuma patēriņš gaisa uzsildīšanai

$$Q = 8000 \cdot 1,2 \cdot 0,24 [+17 - (-10)] = 62\,000 \text{ (kcal/h)}.$$

Izvēlamies masas ātrumu $\nu\gamma=8 \text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ un atrodam tam atbilstošu nepieciešamo caurplūdes šķēsgriezuma laukumu

$$f_g = \frac{8000 \cdot 1,2}{3600 \cdot 8} = 0,334 \text{ (m}^2\text{)}.$$

Pēc 6.1. tabulas izvēlamies kaloriferu KBC-10, kura sildvirsmas laukums $F=25,8 \text{ m}^2$, gaisa caurplūdes šķēsgriezuma laukums $f_g=0,321 \text{ m}^2$ un siltumnesēja — $f_a=0,00116 \text{ m}^2$.

Faktiskais masas ātrums izvēlētajam kaloriferam

$$\nu\gamma = \frac{8000 \cdot 1,2}{3600 \cdot 0,321} = 8,34 \text{ [kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})\text{]}.$$

Nosakām ūdens kustības ātrumu caurulēs:

$$\omega = \frac{62\,000}{3600 \cdot 1000 \cdot 0,00116 (130 - 70)} = 0,247 \text{ (m/s)}.$$

Aprēķinām kalorifera siltuma pārejas koeficientu:

$$k = 17,94 (8,34)^{0,32} \cdot (0,214)^{0,13} = 29,3 \text{ [kcal}/(\text{m}^2\cdot\text{h}\cdot\text{deg})\text{]}.$$

Nosakām nepieciešamo kalorifera sildvirsmas laukumu:

$$F = \frac{62\,000}{29,3 \left(\frac{130+70}{2} - \frac{-10+17}{2} \right)} = 21,9 \text{ (m}^2\text{)}.$$

Sildvirsmas laukuma rezerve

$$\frac{(25,8 - 21,9) \cdot 100}{21,9} = 17,8\%$$

ir normas robežās.

Kalorifera aerodinamiskā pretestība

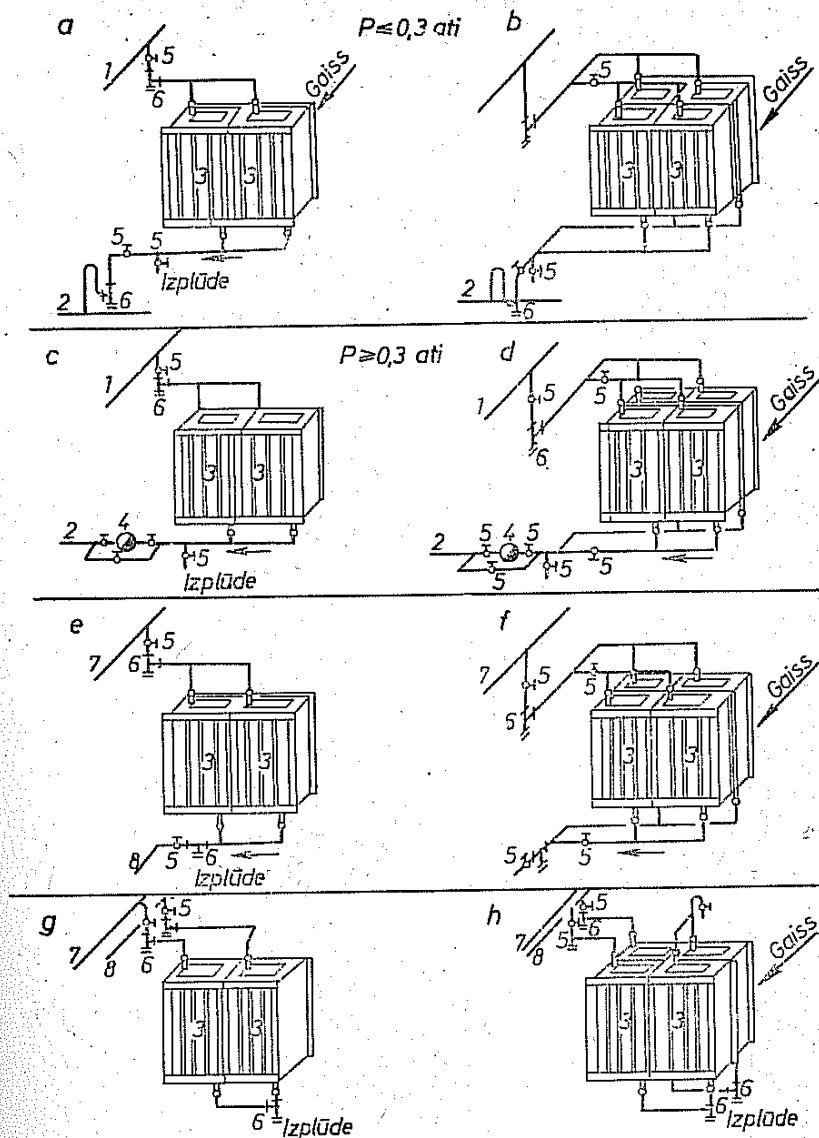
$$p = 0,22 (8,34)^{1,63} = 6,98 \text{ (kG/m}^2\text{)}.$$

Praksē lielumus k un p nosaka pēc tabulām un nomogrammām.

3. KALORIFERU UZSTĀDISANAS SHĒMAS

Pieaugot gaisa un siltumnesēja ātrumam, kaloriferu siltuma atdeve palielinās. Uzstādot grupā vairākus kaloriferus, jāizvēlas optimālais gaisa un siltumnesēja ātrums, kas lielā mērā atkarīgs no kaloriferu saslēgšanas shēmas.

Atkarībā no gaisa kustības kaloriferā tie var būt saslēgti paralēli (6.3. zīm. a) un virknē (6.3. zīm. b). Saslēdzot kaloriferus virknē, pieaug masas ātrums un siltumatdeve, bet vienlaikus paugstinās kaloriferu aerodinamiskā pretestība. Kaloriferu saslēgšanas shēma jāizvēlas tā, lai masas ātrums atrastos ekonomiski visizdevīgākajās robežās — 6—12 kg/(m²·s). Pēc siltumnesēja kustības kaloriferus var saslēgt paralēli vai virknē. Ja par siltumnesēju izmanto tvaiku, kaloriferus saslēdz *tikai paralēli* (6.3. zīm.



6.3. zīm. Kaloriferu saslēgšanas shēmas:

a, b, c, d — siltumnesējs tvaiks; e, f, g, h — siltumnesējs ūdens; 1 — tvaika vads; 2 — kondensāta vads; 3 — kaloriferi; 4 — kondensāta atdalītājs; 5 — ventīlis; 6 — T veidgabals ar krānu; 7 — karstā ūdens turpgaitas vads; 8 — karstā ūdens atpakaļgaitas vads

a, b, c, d). Ja par siltumnesēju lieto ūdeni, kaloriferus var saslēgt *paralēli* (6.3. zīm. e, f) vai *virknē* (6.3. zīm. g, h). Tomēr priekšroka dodama virknes slēgumam (ja pieliekams siltumnesēja spiediens), kurā palielinās ūdens kustības ātrums caurulēs un kalorifera siltumatdeve. Ja uzstādīti vairāki kaloriferi, tad ieteicams tos saslēgt, kā parādīts 6.3. zīm. h, kurā gaiss un karstais ūdens plūst pretējos virzienos (pretplūsma). Daudzeju kaloriferos par siltumnesēju iesaka izmantot tikai ūdeni, pie tam kaloriferi jāuzstāda tā, lai to caurules atrastos horizontālā stāvoklī.

Lai regulētu pieplūdes gaisa temperatūru, kaloriferos uzstāda aplejas vārstus. Pamatojoties uz konstruktīviem apsvērumiem, aplejas vārsta laukumu parasti izvēlas vienādu ar $\frac{1}{3}$ no kalorifera frontālā laukuma gaisa plūsmai. Kalorifera siltumatdeves regulēšanai uz siltumnesēja turpgaitas vai atpakaļgaitas vada uzstāda automātisku vārstu, ar kuru maina siltumnesēja caurplūdi.

4. PASĀKUMI PRET KALORIFERU AIZSALSANU

Ja kaloriferā par siltumnesēju izmanto ūdeni un tā ātrums caurulēs ir neliels, kalorifers var aizsālt. Kaloriferos ar vertikāli izvietotām caurulēm ūdenim plūstot no apakšas uz augšu, rodas gravitācijas spiediens, kurš uz ūdens plūsmu darbojas bremsējoši; tas var būt par iemeslu kaloriferu aizsāšanai. Tādēļ kaloriferos ar vertikālām caurulēm karsto ūdeni pievada augšējā daļā un novada apakšā. Lai paaugstinātu ūdens ātrumu caurulēs, kaloriferi jāsaslēdz virknē. Sildvirsmas laukuma rezerve nedrīkst pārsniegt 20% no aprēķinātās. Ūdenscauruļu augstākajos punktos jāuzstāda atgaisošanas tvertnes. Liela nozīme kaloriferu aizsardzībā pret aizsāšanu ir to darbības automatizācijai un bloķēšanai.

Automatizētā ventilācijas sistēmā ūdens temperatūrai sasniedzot noteiktu robežvērtību atpakaļgaitas vadā, atslēdzas ventilators, aizveras ārējā gaisa vārsts un atveras regulējošais vārsts, kas uzstādīts siltumnesēja pievadcaurulē.

Kaloriferos, kuros siltumnesējs ir tvaiks, aizsāšana notiek galvenokārt nepareizas kondensāta novadišanas rezultātā. Ja kondenspoda caurlaide ir par mazu, kondensāts var sakrāties kaloriferā un sasālt. Tas pats var notikt, ja ir nepietiekams tvaika spiediens vai bojāti ventiļi pirms kalorifera.

Lai uzlabotu kondensāta novadišanu, kondenspodi jāuzstāda vismaz 300 mm zemāk par kaloriferu, kondensāta novadišana no kondenspodiem jāparedz pašteses ceļā.

Lai vakuums netraucētu kondensāta noplūdi, starp kaloriferu un regulējošo vārstu uzstāda vakuumpārtraucēju, kurš likvidē vakuumu, kas var rasties droselēšanas rezultātā.

Vakuumpārtraucējs ir vienvirziena vārsts, kura diametrs $\frac{1}{2}$ " un brīvais gals savienots ar atmosfēru vai kondensāta pašteses vadu.

7. nodaļa

VENTILĀCIJAS SISTĒMU KONSTRUKTĪVIE ELEMENTI

Mehāniskās noplūdes ventilācijas sistēmas sastāv no sekojošiem konstruktīviem elementiem:

- 1) noplūdes atvērumiem (žalūzijas, dekoratīvās restītes u. c.);
- 2) gaisa vadu tīkla, pa kuru gaisu izvada no telpām;
- 3) ventilatora ar elektrodzinēju, kuru parasti izvieto speciālā telpā — ventilācijas kamerā;
- 4) gaisa attīrīšanas ietaises (uzstāda gadījumos, ja noplūdes gaiss satur putekļus vai citas kaitīgas vielas);
- 5) gaisa izvadišanas šahtas, pa kuru piesārņoto gaisu no ēkas izvada atmosfērā;
- 6) regulēšanas ierīcēm (droselvārstiem, aizbīdņiem, diafragmām).

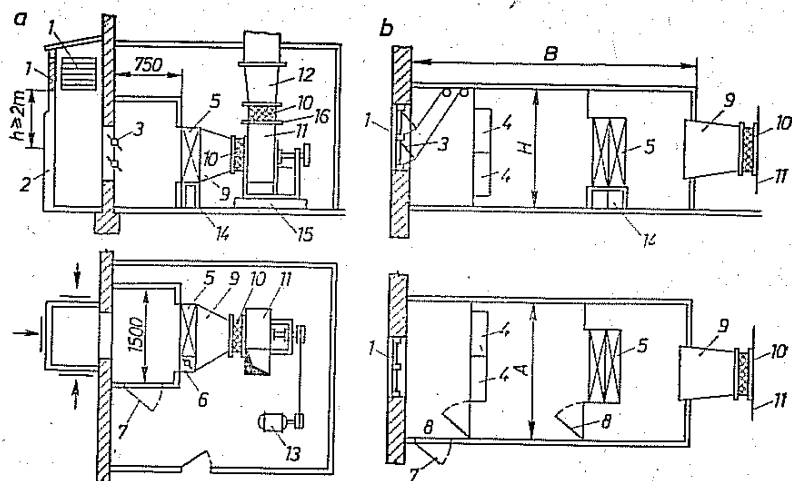
Mehāniskās pieplūdes ventilācijas sistēmās ir šādi elementi:

- 1) gaisa iesūkšanas šahtas vai žalūzijas restītes, caur kurām āra gaisu ievada pieplūdes sistēmā;
- 2) pieplūdes ventilācijas kamera, kurā izvietots ventilators ar elektrodzinēju un gaisa apstrādāšanas iekārta (kalorifers, filtrs, dažreiz sprauslu kamera utt.);
- 3) gaisa vadi, pa kuriem gaisu pievada telpām;
- 4) gaisa pieplūdes atvērumi (žalūzijas, restītes, uzgaļi, anemostati utt.), caur kuriem pieplūdes gaisu sadala telpā;
- 5) regulēšanas ierīces (siltumizolēts vārsts, droselvārsti un aizbīdņi).

1. VENTILĀCIJAS KAMERAS

Par *ventilācijas kamerām* sauc telpas, kurās uzstāda ventilācijas iekārtas.

Sabiedriskās ēkās pieplūdes ventilācijas kameras parasti ierīko pagrabos, bēniņos vai speciālās piebūvēs, rūpnieciskās ēkās — tehniskos stāvos vai uz speciālām platformām. Ventilācijas pieplūdes kamera sastāv no gaisa iesūkšanas šahtas ar žalūzijas restītēm, siltumizolētā vārsta, gaisa attīrīšanas filtra, kalorifera gaisa uzsildīšanai aukstajā gadalaikā, aplejas vārsta, ar kuru regulē gaisa temperatūru aiz kalorifera, ventilatora ar elektrodzinēju. Siltumizolētais vārsts paredzēts gaisa iesūkšanas



7.1. zīm. Pieplūdes kameras:

a — ar gaisa pieplūdes šahtu; b — ar gaisa pieplūdi caur sienu; 1 — žalūzijas restītes; 2 — gaisa pieplūdes šahta; 3 — vārsts; 4 — filtrs; 5 — kalorifers; 6 — aplejas vārsts; 7 — durvis; 8 — durvis-vārsts; 9 — konfuzors; 10 — elastīgs posms; 11 — ventilators; 12 — difuzors; 13 — elektrodzinējs; 14 — kalorifera paliktņi; 15 — ventilatora pamati; 16 — palaišanas aizbīdņi.

atvēruma aizvēršanai aukstajā gadalaikā, gadījumā ja sistēma netiek darbināta. Vārsta aizvēršanu un atvēršanu veic ar rokas mehānismu vai elektrodzinēju. Lai ziemā vārsta apledojuma gadījumā to varētu atvērt (nepārslogojot elektriskās piedziņas motoru), dažu veidu vārstiem ierīkoti elektriskie sildelementi, kurus ieslēdz 5—10 min pirms vārsta atvēršanas mehānisma iedarbināšanas.

7.1. zīm. a attēlota pieplūdes kamera ar šahtu, kas ierīkota pagrabā vai pirmajā stāvā uz grīdas.

7.1. zīm. b attēlota pieplūdes kamera, kurā gaisa iesūkšana notiek caur žalūzijas restītēm ārējā sienā. Kaloriferus un filtrus pieplūdes kamerās uzstāda tā, lai ap tiem būtu brīva telpa, kuras izmēri gaisa plūsmas virzienā ir ne mazāki par 0,7 m, iekārtu montāžai un ekspluatācijai.

Pieplūdes kamerās ar nelielu ražīgumu (mazāku par 10—20 tūkst. m³/h) kaloriferus un aplejas vārstus ventilatoram var pievienot ar metālisku konfuzoru. Šādam konfuzoram jābūt viegli demontējamam, vai arī tajā jāparedz lūkas, caur kurām var piekļūt kaloriferam. Ja kalorifers uzstādīts tieši gaisa vadā, tajā jāparedz hermētiskas lūkas, kuru izmēri ir ne mazāki par 0,4×0,4 m.

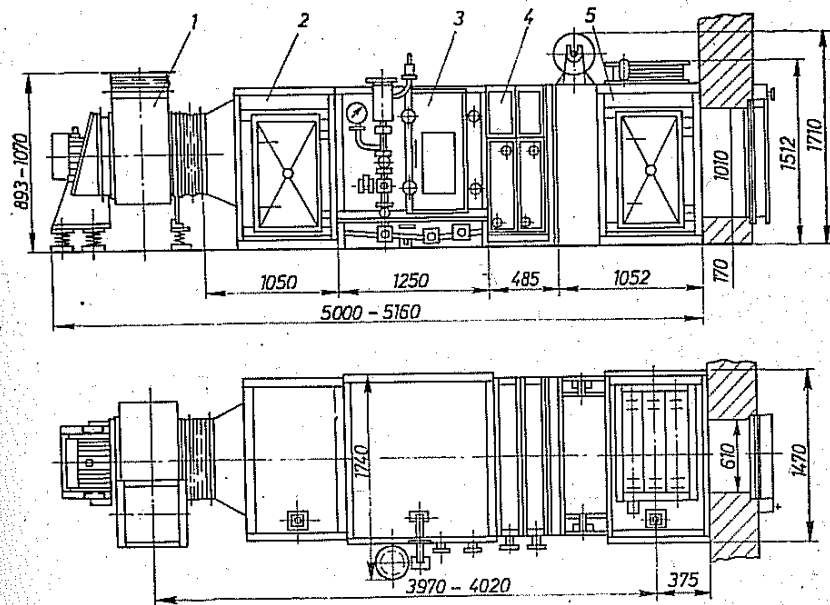
Lai pieplūdes sistēmā neiekļūtu putekļi, gaisa iesūkšanas žalūzijām jāatrodas ne mazāk kā 2 m virs zemes vai jumta virsmas. Tām jābūt pietiekamā atstatumā no vietām, kur atmosfērā izmet kaitīgas gāzes, tvaikus un putekļus, kā arī no vietām, kur var

rasties netīrumi un smakas (tualetes, virtuves, katlu mājas utt.). Gadījumā, ja ēkas tuvumā gaisa piesārņots, gaisa iesūkšanas šahtu ierīko tirajā zonā un gaisu pieplūdes kamerai pievada pa pazemes kanālu.

Ja pieplūdes sistēmas gaisa iesūkšana un noplūdes sistēmas gaisa izmešana atrodas vienā līmenī, tad attālumam starp tām jābūt ne mazākam par gaisa izmešanas caurules 10 ekvivalentiem diametriem un ne mazākam par 10 m. Ja šis attālums ir mazāks, gaisa izmešanas atvērsumam jāatrodas par 2 m augstāk nekā pieplūdes gaisa iesūkšanas žalūzijām, pie kam pēdējām jāatrodas apli, kas iezīmēts jumta plaknē ar rādiusu, kurš vienāds ar izmešanas caurules augstumu virs jumta.

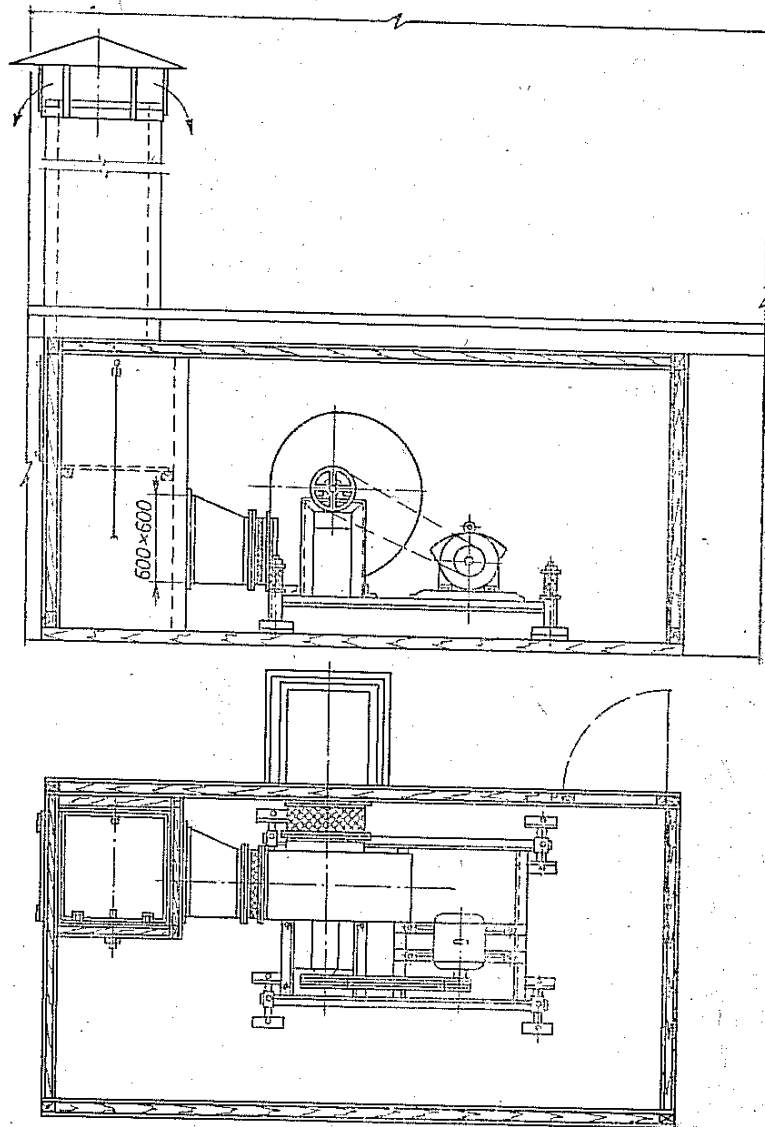
Maskavas Sanitārās tehnikas projektēšanas institūts izstrādājis 11PK10—11PK150 tipa pieplūdes kameras (7.2. zīm.), kuras izgatavo rūpnīcās un komplektē no atsevišķām sekcijām — gaisa iesūkšanas sekcijas, filtra, kalorifera, mitrināšanas sekcijas un ventilatora.

Mitrināšanas sekcija paredzēta gaisa adiabatiskai mitrināšanai ziemas laikā, kad pieplūdes gaisa relatīvais mitrums ir zems. Gaisu mitrina, smalki izsmidzinot ūdeni ar sūkni caur sprauslām, kuru diametrs ir 1,5—1,75 mm. Mainot gaisa aprašināšanas



7.2. zīm. 11PK10 tipa ventilācijas pieplūdes kamera:

1 — ventilatora agregāts; 2 — savienošanas sekcija; 3 — mitrināšanas sekcija; 4 — kalorifera sekcija; 5 — gaisa iesūkšanas sekcija



7.3. zīm. Noplūdes kamera

pakāpi, var panākt gaisa relatīvo mitrumu 30—85%. Tāpēc nav vajadzīgs otrās pakāpes kalorifers vai mitrināšanas kameras apejas vads.

Kamerās uzstāda ruļļu filtrus, kuros izmanto stiklšķiedras Φ CBV tipa filtrējošo materiālu, kas paredzēts normāli putekļaina atmosfēras gaisa attīrīšanai.

Kaloriferu sekcija sastāv no KBC vai KBB tipa kalorifieriem. Kā siltumnesēju izmanto pārkarsēto ūdeni, kura temperatūra ($^{\circ}\text{C}$) ir 150/70, 130/70, 95/70.

Kamerās izmantoti Π 4-70 un Π 4-76 tipa centrālās ventilatori, kurus piegādā komplektā ar elektrodzinējiem un vibroizolatoriem. Pieplūdes kameras darbība var būt automatizēta.

Pieplūdes 1PK10—1PK150 tipa kameru raksturojums sniegts 7.1. tabulā.

Noplūdes ventilatoru kameras sabiedriskajās ēkās izvieto bēniņos (7.3. zīm.). Daudzstāvu ēkās ar lielu ventilācijas sistēmu skaitu ierīko tehniskos stāvus, kuros izvieto ventilatorus, trokšņu slāpētājus un citu iekārtu.

Rūpnīcās noplūdes ventilatorus izvieto kamerās, kā arī tieši telpās pie sienām un kolonnām vai arī pie sienām ārpus telpas.

Noplūdes gaiss jāizvada virs ēkas jumta, pretējā gadījumā kaitīgās vielas un smakas varētu iekļūt telpās caur logiem. Noplūdes gaisu atmosfērā izvada pa šahtām vai gaisa vadiem. Gravitācijas sistēmās šahtu posmus, kas atrodas bēniņos un virs jumta, noklāj ar siltumizolāciju, lai uz šahtu iekšējām sienām nekondensētos ūdens tvaiks. Mehāniskajās sistēmās šāds pasākums nav vajadzīgs, jo gaiss tajās parasti nepaspēj atdzist zemāk par rasas punkta temperatūru.

2. GAISA VADI

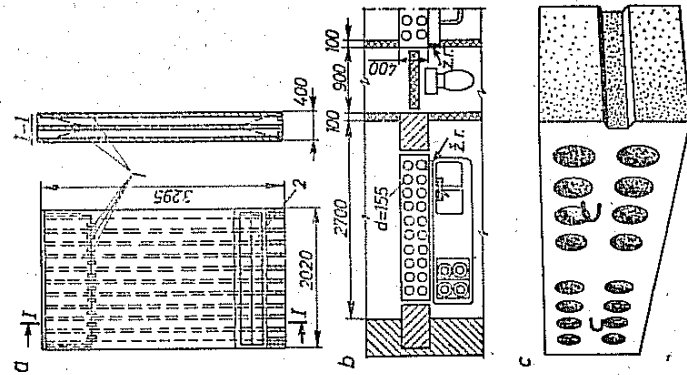
Gaisa vadu šķērsgriezumam var būt dažāda forma: apaļa, kvadrāta, taisnstūra. Visracionālākā ir apaļa forma, kurai ir minimāls perimetrs un tātad minimāla berzes pretestība. Gaisa vadiem ar taisnstūra šķērsgriezumu pretestība ir lielāka, bet tie daudz labāk iekļaujas ēku konstrukcijās.

Dzīvojamās un sabiedriskās ēkās gaisa vadus parasti ierīko iekšējo sienu konstrukcijās (7.4. zīm. a). Lai nerastos ūdens tvaiku kondensācija, to ierīkošana ārējās sienās nav pieļaujama. Ja nav iespējama gaisa vadu iebūve sienās, tos piebūvē pie sienām (7.4. zīm. b, c, d). Šajā gadījumā gaisa vadus izgatavo no izdedžbetona, izdedžalabastra vai asbocementa plātnēm.

Mūsdienu celtniecībā plaši lieto rūpnīcās izgatavotos betona paneļus (ventilācijas blokus), kuros ierīkoti ventilācijas kanāli (7.5. zīm.). Parasti šos paneļus izmanto kā starpsienas virtuvēs un sanitārajos mezglos. Dzīvojamās ēkās ar stāvu skaitu līdz 5 katrai virtuvei ierīko atsevišķu ventilācijas kanālu. Daudzstāvu ēkās ar stāvu skaitu, lielāku par 5, atļauts ventilācijas kanālus,

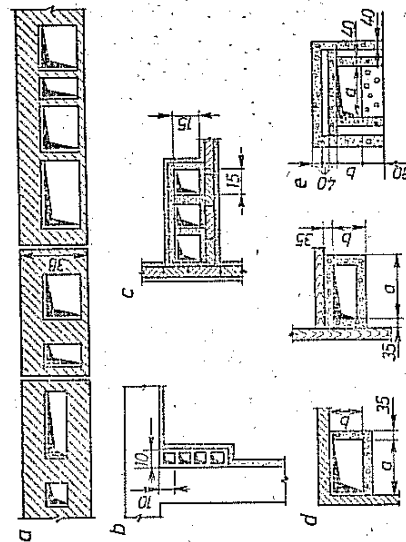
7.1. tabula. Pieplūdes kameru tehniskais raksturojums

Kameras tips	Gaisa daudzums, t.m ³ /h	Ventilatora agregāta tips	Maksimālā aerodinamiskā pretestība, kG/m ²	Kalorifera sekcija				Uzstādītā jauda, kW
				tips	N	skaitls rindā	dzīvais šķērsgriezums gaisam	kopējā sildvirsmā, m ²
1ПК10	3,5—10	Ц 4-70 N 5 Ц 4-70 N 6,3	45,7	KBC10-П КББ10-П	10 10	2 2	0,606 0,606	50,2 66,7
1ПК25	10—25	Ц 4-70 N 8 Ц 4-70 N 10	50,9	KBC10-П КББ10-П	10 10	3 3	0,91 0,91	75,5 100
1ПК50	25—50	Ц 4-70 N 12,5	48,5	KBC11-П КBC12-П КББ11-П КББ12-П	11 12 11 12	1 1 1 1	2,165 2,165	180 239
1ПК70	50—70	Ц 4-76 N 16	50,5	KBC12-П КББ12-П	12 12	2 2	2,6 2,6	216 287
1ПК100	70—100	Ц 4-76 N 16	48,5	KBC11-П КBC12-П КББ11-П КББ12-П	11 12 11 12	2 2 2 2	4,33 4,33	360 479
1ПК150	100—150	Ц 4-76 N 16 Ц 4-76 N 20	47,8	KBC11-П КBC12-П КББ11-П КББ12-П	11 12 11 12	2 4 2 4	6,93 6,93	576 766
								17—55 17—55 30—55



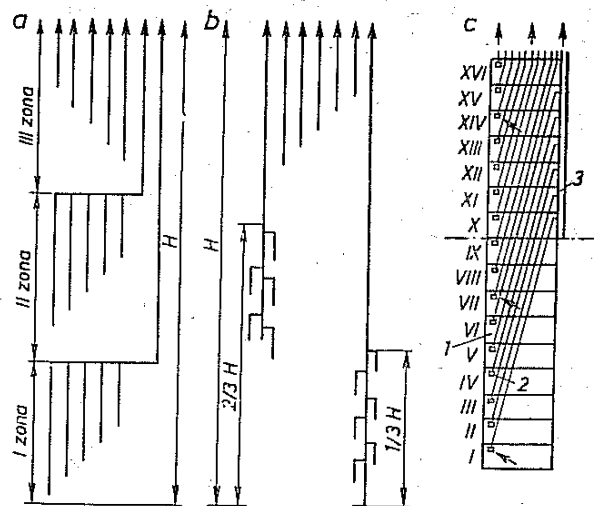
7.5. zīm. Ventilācijas kanāli paneļu ēkās:

a — ventilācijas paneļis; b — paneļa novietojums plānā; c — ventilācijas paneļa kopskaits



7.4. zīm. Ventilācijas kanāli:

a — ķieģeļu sienās; b — no plātnēm piebūvēti pie betona sienām; c — piebūvēti pie koka sienām; d — izdošu sienām; e — plātnēm piebūvēti pie ķieģeļu vai koka sienām; e — maģistrālais noplūdes kanāls bēniņos



7.6. zīm. Ventilācijas kanāli daudzstāvu dzīvojamās ēkās:
a, b — apvienoti pa zonām; c — slīpi, apvienoti vienā maģistrālē;
1 — ventilācijas bloks ar slīpiem kanāliem; 2 — žalūzijas restītes;
3 — maģistrāles kanāls

kas novada gaisu no dažādiem stāviem (izņemot 3 augšējos stāvus), apvienot maģistrālēs. No pēdējiem 3 stāviem ierīko atsevišķus kanālus. Lai samazinātu apgrieztās cirkulācijas varbūtību caur atsevišķiem kanāliem, pretestību maģistrālēs pēc iespējas samazina, bet nozarojumos palielina, pievienojot tos maģistrālei par vienu vai vairākiem stāviem augstāk (7.6. zīm.).

Kanālos, kas novada gaisu no virtuvēm, ieteicams uzstādīt individuālos noplūdes ventilatorus.

Minimālie ventilācijas kanālu izmēri: ķieģeļu sienās — 140×140 mm, pie sienām piebūvētos kanālos — 150×100 mm, betona paneļos — 100 mm. Rūpnīcās gaisa vadus izgatavo galvenokārt no metāla, to izmēri standartizēti (7.2. tab.). Izgatavojot gaisa vadus, atsevišķas skārda loksnes savā starpā savieno ar falču palīdzību vai sametina. Ventilācijas sistēmu atsevišķos posmus un iekārtas savieno ar atlokiem.

Pēdējos gados apalās gaisa vadus ar diametru 200—2000 mm izgatavo no tērauda lentes, kuru spirālveidā savij. Šādi izgatavotiem vadiem ir mazāk atloku, tiem ir lielāka izturība, labāks ārējais izskats, salīdzinot ar parastiem gaisa vadiem, to izgatavošanu vieglāk industrializēt. Skārda biezumu izvēlas atkarībā no gaisa vada izmēriem, kā arī no gaisa sastāva, kurš plūst pa gaisa vadiem. Vispārējās apmaiņas ventilācijas sistēmās izmanto 0,5—1 mm biezu skārdu. Aspirācijas sistēmu gaisa vadus izga-

tavo no 1—2,5 mm biežām tērauda loksņēm. Tāda paša biezuma tērauda loksnes lieto sistēmās, kurās gaisa temperatūra pārsniedz 80°C .

Telpās ar paaugstinātu gaisa relatīvo mitrumu gaisa vadus izgatavo no cinkotā skārda vai arī tos noklāj ar pretkorozijas krāsu vai laku.

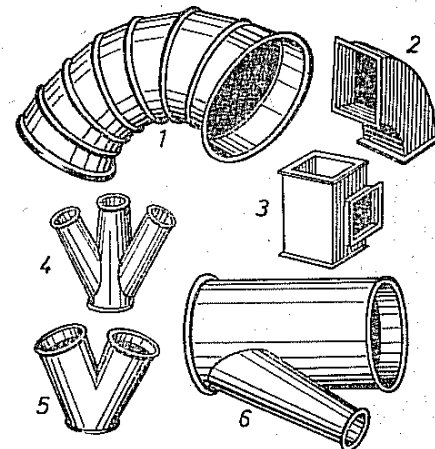
Gaisa plūsmai ar agresīvu gāzu vai tvaiku piejaukumu (piemēram, galvaniskajos cehos) gaisa vadus izgatavo no nerūsēšā tērauda vai viniplasta. Ja tomēr šajā gadījumā gaisa vadi izgatavoti no tērauda (ja nav nerūsēšā tērauda vai viniplasta), tie vairākas reizes jānoklāj no iekšpuses un ārpusē ar asfalta, bēkēlita vai perhlorvinila laku vai citu agresīvu vielu izturošu sastāvu.

Gaisa vadi sastāv no taisniem posmiem un veidgabaliem (7.7. zīm.). No kopējās gaisa vadu virsmas veidgabali sastāda apmēram 30% un taisnie posmi — 70%, tomēr veidgabalu izgatavošana ir 3 reizes darbietilpīgāka nekā taisno posmu izgatavošana.

Gaisa daudzuma regulēšanai gaisa vados ierīko droseļvārstus un aizbīdņus. Pēdējos parasti uzstāda pie gaisa iesūkšanas un izlaišanas atvērumiem, kā arī ventilatoru spiedvados. Droseļvārstus ierīko gaisa vadu nozarojumos un maģistrālēs. Tie var sastāvēt no viena vai vairākām lāpstiņām. Droseļvārsti jāapgādā ar fiksatoriem lāpstiņu nostiprināšanai noteiktā stāvoklī.

Rūpnīcās gaisa kanālus dažreiz ierīko zem grīdas. Šādos gadījumos tos izgatavo no ķieģeļiem vai betona un pārsedz ar dzelzsbetona plāksnēm. Pie pagriezieniem, nozarojumiem un taisnajos posmos ik pēc 5 m zemgrīdas gaisa kanālā ierīko attīrīšanas lūkas. Ventilācijas sistēmas pēc iespējas jāprojektē tā, lai gaisa vadu garums nepārsniegtu 50 m.

Vienā ventilācijas sistēmā var apvienot gaisa vadus no



7.7. zīm. Gaisa vadu veidgabali:
1 — apaļa šķērsgrīzuma līknis; 2 — taisnstūra šķērsgrīzuma līknis; 3 — taisns taisnstūra šķērsgrīzuma T veidgabals; 4 — krustgabals; 5 — bikšveidīgs T veidgabals; 6 — šķībs T veidgabals

telpām, kas ir tuvas pēc ražošanas tehnoloģijas un meteoroloģiskiem apstākļiem. Lai gaisa vadi neaizsērētu, nedrīkst apvienot noplūdes sistēmas, kas nosūc putekļainu un mitru gaisu. Gaisa vadus, kas transportē putekļainu gaisu, jāparedz tīrīšanas lūkas.

7.2. tabula. Tērauda gaisa vadu standartizmeņi

Apaļa šķēsgriezuma gaisa vada diametrs, mm	Taisnstūra šķēsgriezuma gaisa vada malu izmēri, mm	
	platums	augstums
100	100	160
110	100	200
125	160	160
140	160	200
160	200	200
180	200	250
200	200	400
225	250	250
250	250	400
280	250	500
315	400	400
355	400	500
400	400	800
450	500	500
500	500	800
560	500	1000
630	800	800

3. PIEPLŪDES UN NOPLŪDES ATVERUMI

No pieplūdes un noplūdes atvērumu savstarpējā izvietoējuma un konstruktīvā noformējuma lielā mērā atkarīga ventilācijas sistēmu efektivitāte telpā. Atvērumiem jābūt ar nelielu aerodinamisko pretestību un maziem gabarītmēriem, tajos jāparedz iespēja regulēt caurplūstošā gaisa daudzumu, tiem jāatbilst estētiskajām prasībām.

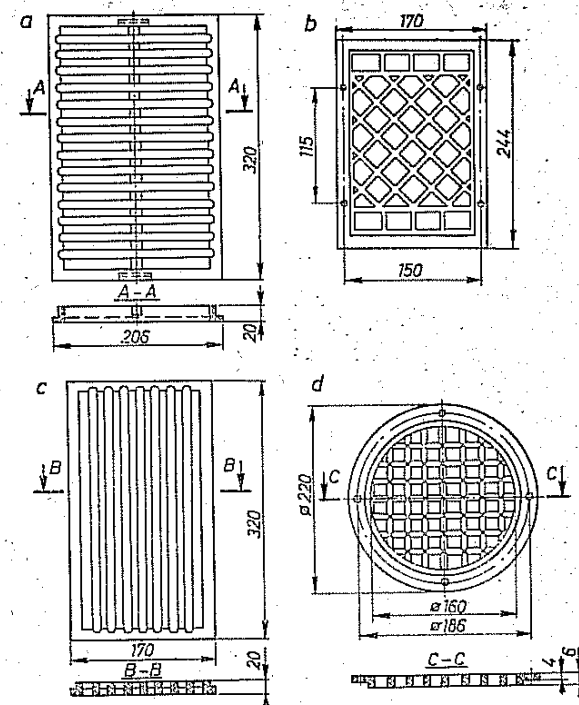
Dzīvojamās un sabiedriskajās ēkās pieplūdes un noplūdes gaisu parasti sadala caur žalūziju restītēm (7.8. zīm.). Plaši lieto regulējamās žalūzijas, ar kuru palīdzību var mainīt gaisa daudzumu un strūklu virzienu.

Rūpnīcās, kurās jāpievada lielāks gaisa daudzums nekā dzīvojamās un sabiedriskajās ēkās, gaisa sadalei lieto dažādus gaisa sadalītājus un uzgaļus, kuri labi izkliedē gaisa strūklu. Telpas augšējā zonā gaisu bieži sadala ar gaisa vadu palīdzību, kuros ierīkotas spraugas vai lodziņi ar pastāvīgu vai mainīgu platumu, ko nosedz sieti vai aizbīdņi gaisa daudzuma regulēšanai.

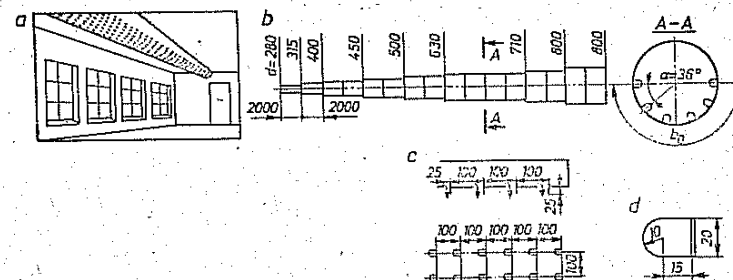
Ja telpā pieļaujams neliels gaisa kustības ātrums, lieto perforētos gaisa vadus (7.9. zīm.), kuri var būt ar apaļu vai taisnstūra šķēsgriezumu. Perforācijas caurumiņus gaisa vadā izgriež

7.8. zīm. Pieplūdes un noplūdes žalūziju restīšu tipi:

a — Л-102; b — Л-102;
c — Л-103; d — Л-106



vai izstancē uz speciāliem darbgaldiem. Metālu izgriež pa trim perimetra malām un izveidojušos mēlīti ieliec uz iekšu. Gaisa strūklu no caurumiņa izplūst perpendikulāri gaisa vada virsmai. Gaisa ātrumu caurumiņos izvēlas līdz 7 m/s. Lai panāktu vienmērīgu gaisa sadalījumu, gaisa vadus (perforētos jeb ar lodziņiem) parasti izgatavo ar pakāpeniski samazinājošos šķēsgriezumus.



7.9. zīm. Perforēti gaisa vadi:

a — kopskats; b — BK-1 tipa perforēts gaisa sadalītājs ar 6 atvērumu rindām; c — perforācijas shēma; d — atvērumu izmēri

Telpās ar zemiem griestiem nelielu gaisa kustības ātrumu var panākt, sadalot gaisu caur perforētiem griestu paneļiem. Paneļu caurumiņu diametru pieņem $d=0,002-0,01$ m. Perforētos paneļus izvieto griestos atsevišķu taisnstūru vai kvadrātu veidā, pie kam perforēto paneļu laukums parasti nepārsniedz 50% no kopējā griestu laukuma. Rūpnīcās gaisa sadalīšanai plaši lieto uzgaļus ar koncentrētu gaisa padevi. 7.10. zīm. *a* parādīti uzgaļi vertikālai gaisa padevei. Lai labāk izkliedētu gaisa strūklu, gaisa uzgaļi ierīko vienu vai vairākus difuzorus (7.10. zīm. *b*).

Gaisa padevei horizontālā virzienā lieto uzgaļus ar plāksnītēm, kas novietotas šķērsām gaisa plūsmai (7.10. zīm. *c*). Mainot plāksnītes atstatumu no gaisa vada, var regulēt izplūstošā gaisa daudzumu. Šādus gaisa sadalītājus lieto zemās telpās, kurās gaiss jāpievada virs darba zonas.

Lietojot plakanas, plāksnītes vietā konusus, iegūst slīpas vēdekļveida gaisa strūklu (7.10. zīm. *d*).

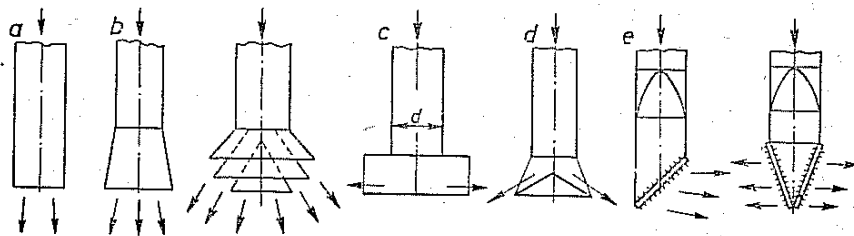
Ja jāmaina izplūstošās strūklu virziens, izmanto uzgaļus, kuriem ir speciālas, pagriežamas lāpstīņas (7.10. zīm. *e*).

4. PASĀKUMI VIBRĀCIJAS UN TROKŠŅU NOVĒRSANAI VENTILĀCIJAS SISTĒMĀS

Ventilatoru darbības rezultātā radušies trokšņi un vibrācijas galvenokārt izplatās pa gaisa vadiem un ēku konstrukcijām.

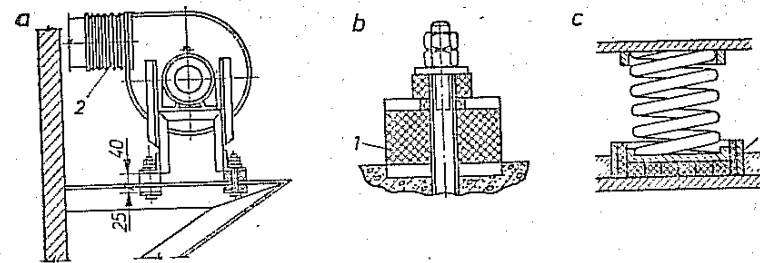
Pret trokšņiem un vibrācijām lieto dažādus pasākumus: samazina ventilatoru skrejratu aploces ātrumu un gaisa ātrumu gaisa vados, ventilatorus uzstāda uz vibroizolatoriem un izvieto ventilācijas kamerās vai ārpus ēkas, gaisa vados ierīko trokšņu slāpētājus.

Ventilatoriem, kas uzstādīti sabiedriskās ēkās, rotoru aploces ātrumu pieņem ne lielāku par 25—30 m/s, rūpnīcās — ne lielāku par 50 m/s.



7.10. zīm. Pieplūdes uzgaļu shēmas:

a, b — vertikālai gaisa padevei; *c, d* — horizontālā gaisa padevei; *e* — regulējami pieplūdes uzgaļi



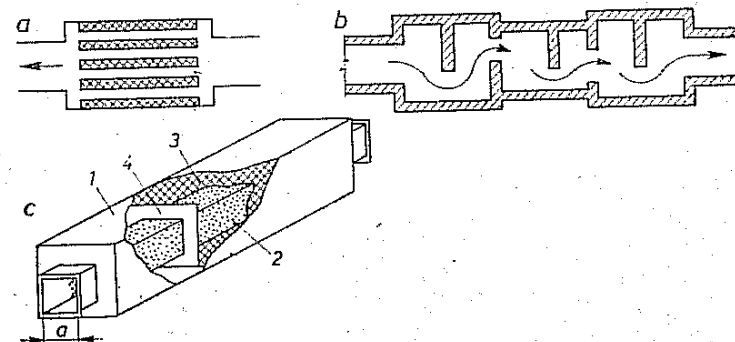
7.11. zīm. Ventilatora uzstādīšanas shēma:

a — kopskats; *b* — gumijas vibroizolators; *c* — atsperu vibroizolatori; *1* — gumijas starplikas; *2* — elastīgs posms

Gaisa ātrumu sabiedrisko ēku gaisa vados izvēlas ne lielāku par 6 m/s un rūpnīcās — ne lielāku par 12 m/s. Lai novērstu gaisa vada vibrāciju, ventilatorus un gaisa vadus savieno ar elastīgiem gaisa vada posmiem. Lai vibrācijas un trokšņi neizplatītos pa ēku konstrukcijām, ventilatoru agregātus uzstāda uz atsperu vai gumijas vibroizolatoriem (7.11. zīm.). Ventilācijas sistēmas radīto trokšņu līmeni projektos nosaka pēc akustiskā aprēķina [4,30]. Ja šis aprēķins parāda, ka ventilācijas sistēmas radītais trokšnis telpā pārsniedz maksimāli pieļaujamo trokšņa līmeni (skatīt sanitārās normas CH 245-71), papildus augšminētiem pasākumiem jāierīko trokšņu slāpētāji. 7.12. zīm. *a* attēlots plāksņu trokšņu slāpētājs, kas pēc būtības ir gaisa vada paplašinājums, kurā uzstādītas trokšņus slāpējoša materiāla plāksnītes.

Kameras trokšņu slāpētājā (7.12. zīm. *b*) izveidots labirints, caur kuru plūstot gaiss vairākas reizes maina savu virzienu.

Trokšņu slāpētājs, kas attēlots 7.12. zīm. *c*, sastāv no



7.12. zīm. Trokšņu slāpētāji:

a — plāksņu; *b* — kameras; *c* — cauruļu; *1* — apvalks; *2* — iekšējā caurule no perforēta skārda vai metāla sieta; *3* — trokšņu slāpējošs materiāls; *4* — sienas

perforēta gaisa vada, kurš pārklāts ar trokšņus slāpējošu izolāciju un ievietots apvalkā.

Lai aizkavētu trokšņu izplatīšanos atmosfērā (piemēram, slimnīcas teritorijā), dažreiz trokšņu slāpētājus uzstāda pie ventilācijas sistēmu gaisa iesūkšanas un izvadīšanas atvērumiem.

5. UGUNSDROŠĪBAS NOTEIKUMI VENTILĀCIJAS SISTĒMĀS

Atkarībā no tehnoloģijas ražošanas procesi pēc ugunsdrošības dalās 6 kategorijās (celtniecības normas un noteikumi CHиП II-M, 2-72): *A* un *B* — uguns un sprādziena nedroši procesi, *B* — ugunsnedroši procesi; *Г* un *Д* — ražošanas procesi, kas saistīti ar nedegamu materiālu apstrādi karstā vai aukstā veidā; *E* — sprādziena nedroši procesi.

Ugunsgrēku un sprādzienu novēršanas nolūkos telpās ar ražošanas kategorijām *A*, *B* un *B* jāparedz pieplūdes un noplūdes ventilācija. Šajās telpās neatkarīgi no pieņemtās ventilācijas shēmas jāparedz gaisa novadīšana no telpas augšējās zonas; tas nodrošinātu vismaz vienkārtēju gaisa apmaiņas intensitāti.

Telpām ar ražošanas kategorijām *A*, *B* un *B* jāparedz centralizēta ventilācijas sistēmu izslēgšana.

Telpās, kur uzglabā vai pārstrādā acetilēnu, mehāniska gaisa novadīšana nav pieļaujama. Ja izdalās sprādzienbīstami putekļi, kas var izraisīt sprādzienu ne tikai no sitiena, bet arī no berzes, vai arī lielos daudzumos izdalās sprāgstošas gāzes vai tvaiki (acetilēns, ēteris), ventilatoru vietā iesaka lietot ežektorus.

Ventilācijas sistēmas, kas novada gaisu no vietējām nosūcēm, telpās ar ražošanas kategoriju *A* un *B* jābloķē ar tehnoloģiskām iekārtām, lai izslēgtu iespēju darbināt iekārtu, ja nedarbojas ventilācija.

Sprādzienbīstamu gāzu vai tvaiku, kā arī putekļu koncentrācija noplūdes un aspirācijas sistēmu gaisa vados nedrīkst pārsniegt 50% no sprādzienbīstamās koncentrācijas apakšējās robežas.

Telpās ar ražošanas kategoriju *A* un *B*, kur avārijas gadījumā var izdalīties lielos daudzumos sprādzienbīstamas vielas, jāparedz avārijas novadīšanas ventilācija. Avārijas ventilācijai telpā jānodrošina astoņkārtīga gaisa apmaiņas intensitāte. Šim nolūkam parasti izmanto aksiālos ventilatorus sprādzienbīstamā izpildījumā.

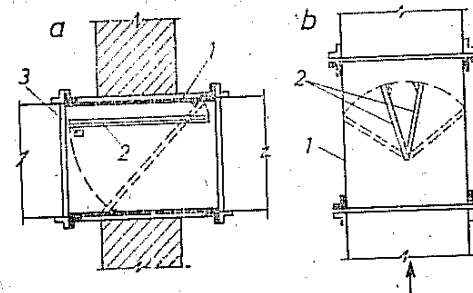
Vispārējās apmaiņas novadīšanas un pieplūdes sistēmu ventilācijas iekārtas jāizvieto speciālās ventilācijas kamerās,

ja sistēma apkalpo telpas ar ražošanas kategoriju *A* un *B*,

ja sistēma apkalpo telpas ar ražošanas kategoriju *B* un sistēmas ražīgums pārsniedz 50 000 m³/h vai sistēmā uzstādīti centrālie kondicionētāji,

ja iekārtas izvietotas bēniņos vai pagrabos.

7.13. zīm. Ugunsdrošības vārsti ventilācijas sistēmās:
a — uguni aizturošs vārsts;
b — vienvirziena vārsts; 1 — korpus; 2 — aizvars; 3 — kustīgais elements



Ventilācijas kameras nedrīkst izmantot citiem nolūkiem, piemēram, kā noliktavas.

Lai novērstu sprādzienbīstamu vai degamu vielu ieplūdi citās telpās, telpām ar ražošanas kategoriju *A* vai *B* pie ieejas ierīko vējtverus ar pašaizverošām durvīm. Vējtverī jāparedz gaisa pieplūde, kas nodrošinātu tajā virsspiedienu un piekārtīgu gaisa apmaiņas intensitāti, bet gaisa daudzumam jābūt ne mazākam par 200 m³/h.

Pieplūdes sistēmai, kas pievada gaisu vējtverim, jābūt apgādātai ar rezerves ventilatoru, vai arī gaisa jāpievada no divām dažādām pieplūdes sistēmām.

Ventilācijas sistēmas, kas apkalpo telpas ar ražošanas kategoriju *A* un *B*, nedrīkst apvienot ar sistēmām, kas apkalpo telpas ar ražošanas kategorijām *B*, *Г* un *Д*.

Nedrīkst apvienot vienā sistēmā vietējās nosūces sistēmas, kas apkalpo tehnoloģiskās iekārtas, ja nosūcamā gaisā atrodas vielas, kas savienojoties var radīt sprādzienbīstamus maisījumus (piemēram, hloru un amonjaku).

Telpās ar ražošanas kategoriju *A* un *B* noplūdes sistēmas ventilatoriem un elektrodzinējiem jābūt sprādzienbīstamā izpildījumā. Pieplūdes sistēmām, kas apkalpo šīs telpas, ventilatori var būt parastajā izpildījumā, ja aiz ventilatora gaisa vadā uzstādīts vienvirziena vārsts (7.13. zīm. *b*). Telpās ar ražošanas kategoriju *A* un *B* noplūdes sistēmas gaisa vadiem jābūt ar apaļu šķērsgriezumu. Gaisa kanāli zem grīdas seguma šādās telpās nav pieļaujami, jo tajos var sakrāties sprādzienbīstamas vai indīgas gāzes. Telpās ar *B* kategoriju cikloni sprādzienbīstamu vai degamu putekļu savākšanai aspirācijas sistēmās jāuzstāda ne tuvāk par 10 m no ēkas sienas, pie kam cikloniem un stāinēm jābūt no metāla.

Aspirācijas sistēmas ciklonus, kas apkalpo telpas ar ražošanas kategoriju *B*, drīkst uzstādīt tieši pie ēkas sienas, ja 2 m no ciklona malas visas ēkas augstumā nav logu. Pretējā gadījumā logiem jābūt metāla rāmī, no armēta stikla vai no stikla blokiem.

Noplūdes sistēmas, kas apkalpo telpas ar ražošanas kategoriju A un B, visiem regulēšanas vārstiem un aizbīdņiem jābūt izgatavotiem no materiāla, kas izslēdz dzirksteļu rašanās iespēju (parasti no alumīnija). Gaisa vadi nedrīkst šķērsot pretugunsmūrus. Pretējā gadījumā gaisa vadā jābūt uzstādītam ugunsizturīgam vārstam (7.13. zīm. a).

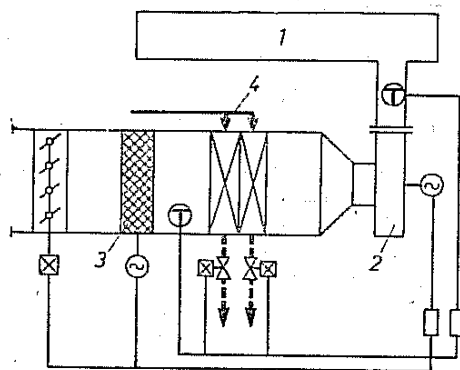
Sīkāk par ugunsdrošības noteikumiem ventilācijas sistēmās skatīt literatūrā [30].

6. VENTILĀCIJAS SISTĒMU AUTOMATIZĀCIJA

Ventilācijas sistēmu automātika sastāv no ierīču kompleksa, kas nodrošina automātisku vadību, gaisa temperatūras un relatīvā mitruma regulēšanu dotajās robežās, un no automātiskas pretavāriju aizsardzības iekārtas. Pieplūdes sistēmu automatizācija ļauj telpās uzturēt pastāvīgu gaisa temperatūru, kas ievērojami uzlabo sanitāri higiēniskos apstākļus, bet daudzos gadījumos ir nepieciešama sekmīgai tehnoloģisko procesu norisei. Automatizētās pieplūdes sistēmās siltuma patēriņš samazinās par 10—15% salīdzinājumā ar kopējo siltuma daudzumu, kuru patērē pieplūdes ventilācija. Pieplūdes sistēmās telpai pievadāmā gaisa temperatūru regulē, mainot caur kaloriferu plūstošā siltumnesēja daudzumu.

Vietējās noplūdes sistēmas, kas novada gaisu no tehnoloģiskām iekārtām, bloķē ar tehnoloģiskām iekārtām, lai ventilācijas sistēma automātiski ieslēgtos un izslēgtos vienlaikus ar tehnoloģiskās iekārtas ieslēgšanu un izslēgšanu. Gaisa aizkaru automātiskās vadības shēma parasti ieslēdzas un izslēdzas atkarībā no durvju atvēršanās un aizvēršanās, kā arī atkarībā no gaisa temperatūras durvju zonā.

Praksē lieto dažādas ventilācijas sistēmu automātiskās shēmas.



7.14. zīm. Gaisa pieplūdes sistēmas automatizācijas shēma:

1 — telpa; 2 — ventilators;
3 — filtrs; 4 — karsts ūdens

7.14. zīm. attēlota pieplūdes kameras automatizācijas shēma, kurā paredzēta

- ventilatoru un filtru elektrodzinēju vadība,
- pieplūdes gaisa temperatūras automātiska regulēšana, mainot kaloriferu siltumatdevi ar vārstiem, kas uzstādīti ūdens atpakaļgaitas vadā,
- gaisa un siltumnesēja parametru kontrole,
- ārējā gaisa vārsta bloķēšana ar ventilatora elektrodzinēju (ieslēdzoties elektrodzinējam, ārējā gaisa vārsts atveras, izslēdzoties — aizveras),
- kaloriferu automātiska aizsardzība pret aizsalšanu,
- signalizācija par ventilatora izslēgšanos avārijas gadījumā.

DABISKĀ VENTILĀCIJA

Izšķir vairākus dabiskās ventilācijas veidus:

- 1) neorganizētā dabiskā telpu ventilācija, atverot logus vai durvis (telpu vēdināšana);
- 2) organizētā dabiskā vispārējā ventilācija caur speciāliem atvērumiem — aerācija;
- 3) dabiskās kanālu ventilācijas sistēmas.

Visos dabiskās ventilācijas veidos gaisa apmaiņa telpā notiek ārējā un iekšējā gaisa temperatūru (blīvumu) starpības rezultātā, kā arī vēja spiediena vai abu šo faktoru iedarbības rezultātā.

Dabiskās ventilācijas sistēmām ir raksturīgi samērā nelieli izbūves kapitālieguldījumi un niecīgi ekspluatācijas izdevumi.

Aerāciju plaši lieto cehos, kuros izdalās liels siltuma daudzums, martena un velmēšanas cehos, lietuvēs, kalvēs, termiskajos cehos, stikla rūpnīcās utt.

Šādos cehos ventilācijas gaisa daudzums ir miljoniem kubikmetru stundā. To mehāniskai pārvietošanai būtu nepieciešams milzīgs enerģijas patēriņš.

Piemēram, martena cehā, kurā izkausē 100 t/h tērauda, izdalās apmēram 700 Gcal/h siltuma. Normālas gaisa temperatūras uzturēšanai ceham jāpievada $10 \cdot 10^6$ kg/h ārējā gaisa. Lietojot mehānisko ventilāciju, tā pārvietošanai vajadzētu patērēt apmēram 2000 kWh elektroenerģijas.

Aerācijas galvenā priekšrocība ir tā, ka ar to bez mehāniskās enerģijas lietošanas panāk intensīvu gaisa apmaiņu un apmierinošus sanitāri higiēniskos apstākļus darba zonā.

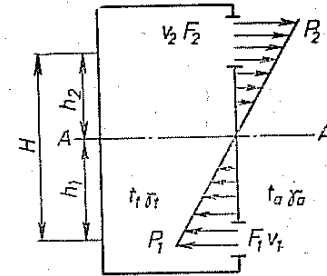
Dabiskās kanālu ventilācijas sistēmas plaši izmanto dzīvojamā un sabiedriskā ēku, kā arī rūpnīcu palīgelpu ventilācijai.

1. AERĀCIJA GRAVITĀCIJAS SPIEDIENA IEDARBĪBAS REZULTĀTĀ

Pieņemsim, ka telpā ir divi atvērumi 1 un 2, kuru laukumi ir F_1 un F_2 , un tie atrodas dažādos augstumos no grīdas (8.1. zīm.).

Ja telpas gaisa temperatūra t_t augstāka par āra gaisa temperatūru t_a , tad telpas gaisa blīvums γ_t mazāks par āra gaisa blīvumu γ_a un gaisa caur zemāko atvērumu 1 ieplūdis telpā un caur augstāko atvērumu 2 izplūdis no telpas.

8.1. zīm. Gravitācijas spiediens, ja $t_t > t_a$



No tā varam secināt, ka augstuma H robežās atrodas iedomāta plakne, kurā telpas spiediens būs tāds pats kā ārpus telpas. Šo plakni sauc par *neitrālo zonu*. Spiedienu neitrālajā zonā apzīmēsim ar p .

Spiedienu kritumu starp telpas un āra gaisu vienā un tajā pašā līmenī sauc par telpas *virsspiedienu*. Telpas virsspiediens neitrālās zonas līmenī ir vienāds ar 0. Ārējā gaisa spiediens (kg/m^2) atvēruma 1 plaknē

$$p_a^1 = p + h_1 \gamma_a, \quad (8.1)$$

kur h_1 — attālums no atvēruma 1 centra līdz neitrālajai zonai, m.

Iekšējā gaisa spiediens (kg/m^2) atvēruma 1 plaknē

$$p_t^1 = p + h_1 \gamma_t. \quad (8.2)$$

Ārējā un iekšējā gaisa spiedienu starpība (virsspiediens, kg/m^2) atvērumā 1

$$\Delta p_1 = p_a^1 - p_t^1 = h_1 (\gamma_a - \gamma_t). \quad (8.3)$$

Ārējā gaisa spiediens (kg/m^2) atvēruma 2 plaknē

$$p_a^2 = p - h_2 \gamma_a, \quad (8.4)$$

kur h_2 — attālums no atvēruma 2 centra līdz neitrālajai zonai, m.

Iekšējā gaisa spiediens (kg/m^2) atvēruma 2 plaknē

$$p_t^2 = p - h_2 \gamma_t. \quad (8.5)$$

Ārējā un iekšējā gaisa spiedienu starpība (virsspiediens, kg/m^2) atvērumā 2

$$\Delta p_2 = p_t^2 - p_a^2 = h_2 (\gamma_a - \gamma_t). \quad (8.6)$$

Spiedienu starpības Δp_1 un Δp_2 tiek pilnīgi patērētas caurplūstošā gaisa dinamiskā spiediena radīšanai, lai pārvarētu aerodinamisko pretestību atvērumos 1 un 2:

$$\Delta p_1 = \frac{v_a^2 \gamma_a}{2g}; \quad \Delta p_2 = \frac{v_t^2 \gamma_t}{2g}.$$

Kopējais spiediens (kG/m^2), kas rada gaisa plūsmu caur atvērumiem 1 un 2,

$$\Delta p = \Delta p_1 + \Delta p_2 = H(\gamma_a - \gamma_t). \quad (8.7)$$

SI sistēmā kopējais spiediens (Pa)

$$\Delta p = Hg(\gamma_a - \gamma_t). \quad (8.8)$$

Caurplūstošā gaisa daudzumu (m^3/h) pieplūdes atvērumā nosaka pēc formulas:

$$L_1 = \frac{G_1}{\gamma_a} = 3600\mu F_1 v_a, \quad (8.9)$$

kur G_1 — caurplūstošā gaisa daudzums, kg/h ;

μ — caurplūdes koeficients, kas ņem vērā spiediena zudumus, sašaurinoties strūklai atvērumā (vidēji $\mu = 0,65$);

v_a — gaisa ātrums pieplūdes atvērumā, m/s .

Dinamiskais spiediens (kG/m^2) pieplūdes atvērumā

$$\Delta p_1 = h_1(\gamma_a - \gamma_t) = \frac{v_a^2 \gamma_a}{2g}. \quad (8.10)$$

No vienādojuma (8.10) izsakām gaisa ātrumu (m/s) pieplūdes atvērumā:

$$v_a = \sqrt{\frac{2gh_1(\gamma_a - \gamma_t)}{\gamma_a}}. \quad (8.11)$$

Ievietojot v_a formulā (8.9), iegūstam

$$G_1 = 3600\mu F_1 \sqrt{2gh_1(\gamma_a - \gamma_t)\gamma_a}. \quad (8.12)$$

No vienādojuma (8.12) atrodam pieplūdes atvērumu laukumu (m^2)

$$F_1 = \frac{G_1}{3600\mu \sqrt{2gh_1(\gamma_a - \gamma_t)\gamma_a}}. \quad (8.13)$$

Analogi atrodam noplūdes gaisa daudzumu G_2 un noplūdes atvēruma laukumu F_2 :

$$G_2 = 3600\mu F_2 \sqrt{2gh_2(\gamma_a - \gamma_t)\gamma_t}; \quad (8.14)$$

$$F_2 = \frac{G_2}{3600\mu \sqrt{2gh_2(\gamma_a - \gamma_t)\gamma_t}}. \quad (8.15)$$

Noteiksim neitrālās zonas stāvokli. Ja pieņem, ka $G_1 = G_2$, tad

$$F_1\mu \sqrt{2gh_1(\gamma_a - \gamma_t)\gamma_a} = F_2\mu \sqrt{2gh_2(\gamma_a - \gamma_t)\gamma_t}.$$

Pārveidojot iegūstam

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{(F_2)^2 \gamma_t}{(F_1)^2 \gamma_a}. \quad (8.16)$$

Praktiskos aprēķinos ar pietiekamu precizitāti var pieņemt $\gamma_a \approx \gamma_t$, tad

$$\frac{h_1}{h_2} = \left(\frac{F_2}{F_1}\right)^2. \quad (8.17)$$

No formulas (8.17) redzam, ka telpā ar diviem atvērumiem neitrālā zona no atvērumiem atrodas attālumos, kas ir apgriezti proporcionāli atvērumu laukumu kvadrātiem. Ja $F_1 = F_2$, tad $h_1 = h_2$ un neitrālā zona atrodas vienādos attālumos no atvērumiem.

Aprēķina metodes, kurā izmanto neitrālās zonas jēdzienu, priekšrocība ir tā, ka neitrālās zonas stāvokli viegli noteikt dabā, nosakot gaisa plūsmas virzienus atvērumos. Šādus mērījumus izdara instrumentāli, pārbaudot aerācijas darbības efektivitāti.

Ja noteikt neitrālo zonu nav vajadzīgs, tad aerācijas aprēķins pēc V. Baturina metodes iznāk nedaudz vienkāršāks: tajā izmanto fiktīvā spiediena jēdzienu [7].

2. AERĀCIJA VĒJA IEDARBĪBAS REZULTĀTĀ

Vēja iedarbības rezultātā ēkas pusē, kur pūš vējš, rodas virspiediens, bet aizvēja pusē — retinājums (8.2. zīm.).

Vēja radītā spiediena vai retinājuma attiecību pret vēja dinamisko spiedienu sauc par *aerodinamisko koeficientu*.

$$k = \frac{p_v}{p_d^v}, \quad (8.18)$$

kur p_v — vēja spiediens vai retinājums laukuma vienībā, kG/m^2 ;

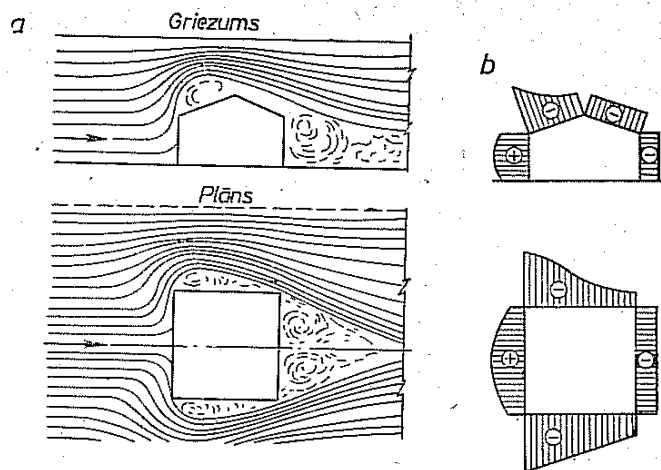
$p_d^v = \frac{v_v^2 \gamma_a}{2g}$ — vēja dinamiskais spiediens, kG/m^2 ;

v_v — vēja ātrums, m/s ;

γ_a — ārējā gaisa blīvums, kg/m^3 .

Aerodinamisko koeficientu nosaka eksperimentāli, appūšot ēku modeļus aerodinamiskā caurulē. Dažādām ēkām to vērtības var atrast literatūrā [7, 30]. Zinot k un vēja ātrumu v_v , var noteikt vēja radīto spiedienu (kG/m^2) katrā atvērumā:

$$p_v = \pm k \frac{v_v^2 \gamma_a}{2g}; \quad (8.19)$$



8.2. zīm. Gaisa plūsmu sadalījums:
a — vēja plūsma pie ēkas; b — spiedienu sadalījums

SI sistēmā vēja spiediens (Pa)

$$p_v = \pm k \frac{v_v^2 \gamma_v}{2}$$

Vēja spiedienu patērē, lai pārvarētu pretestību atvērumā un radītu tajā gaisa plūsmu ar ātrumu v_a :

$$p_v = k \frac{v_v^2 \gamma_v}{2} = \frac{v_a^2 \gamma_a}{2g} \quad (8.20)$$

No vienādojuma (8.20) iegūstam gaisa ātrumu (m/s) atvērumā:

$$v_a = \sqrt{\frac{2p_v g}{\gamma_a}} \quad (8.21)$$

Atvēruma laukumu (m^2) aprēķina pēc formulas:

$$F_a = \frac{G}{3600 \mu \gamma_a \sqrt{\frac{2g p_v}{\gamma_a}}} = \frac{G}{3600 \mu \sqrt{2g p_v \gamma_a}} \quad (8.22)$$

Vēja radītās aerācijas aprēķinu izdara tikai gadījumos, ja telpā neizdalās siltums vai arī tas ir ļoti niecīgs.

3. AERĀCIJA GRAVITĀCIJAS UN VĒJA SPIEDIENU VIENLAICIGAS IEDARBĪBAS REZULTĀTĀ

Visbiežāk sastopami gadījumi, kad aerācija darbojas gravitācijas un vēja spiedienu vienlaicīgas iedarbības rezultātā. Šajā gadījumā gaisa cirkulācija un spiedienu sadalījums telpā ir daudz sarežģītāks. Neitrālā zona vēja ietekmē novirzās uz telpas augšdaļu. Nosakot spiedienu starpību atvērumos, ņem vērā vēja un gravitācijas spiedienus. Aerācijas aprēķinus, ja vienlaikus darbojas vēja un gravitācijas spiedieni, izdara šādā secībā:

- nosaka vēja spiedienu atvērumos p_v ;
- izvēlas virsspiedienu telpas apakšējo atvērumu centros un, ņemot vērā gravitācijas spiedienu, aprēķina virsspiedienu augšējo atvērumu centros;
- katram atvērūmam nosaka summāro spiedienu;
- aprēķina gaisa ātrumu atvērumos;
- pēc gaisa ātruma un gaisa daudzuma atrod atvērumu laukumus.

Piemērs. Noteikt pieplūdes un noplūdes atvērumu laukumus telpā (8.3. zīm.), kurā ierīko aerāciju, kas darbojas gravitācijas un vēja spiedienu ietekmē. Gaisa temperatūra darba zonā $t_{d.z.} = 24^\circ C$, ārējā gaisa temperatūra $t_n = 19^\circ C$. Vēja ātrums — 2,7 m/s. Aerodinamiskie koeficienti atvērumiem: $k_1 = \pm 0,4$; $k_2 = +0,4$; $k_3 = -0,5$; $k_4 = -0,3$. Liekā siltuma daudzums telpā $Q = 950\,000$ kcal/h. Telpas augstums $H = 12$ m.

Atrisinājums. Noplūdes gaisa temperatūra

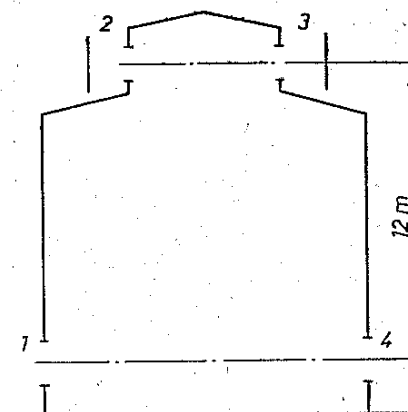
$$t_n = t_{d.z.} + k(H-2) = 24^\circ + 1(12-2) = 34^\circ C.$$

Telpas gaisa vidējā temperatūra

$$t_v = \frac{t_{d.z.} + t_n}{2} = \frac{24 + 34}{2} = 29^\circ C.$$

Gaisa daudzums izdalītā siltuma asimilēšanai

$$G = \frac{Q}{c(t_n - t_v)} = \frac{950\,000}{0,24(34 - 19)} = 264\,000 \text{ (kg/h)}.$$



8.3. zīm. Aprēķinu shēma aerācijai gravitācijas un vēja spiedienu vienlaicīgas iedarbības rezultātā

Vēja spiediens atvērumos:

$$p_v^1 = k_1 \frac{v_v^2 \gamma}{2g} = +0,4 \frac{2,7^2 \cdot 1,209}{19,6} = 0,18 \text{ (kG/m}^2\text{)};$$

$$p_v^2 = +0,4 \cdot 0,45 = 0,18 \text{ (kG/m}^2\text{)};$$

$$p_v^3 = -0,5 \cdot 0,45 = -0,225 \text{ (kG/m}^2\text{)};$$

$$p_v^4 = -0,3 \cdot 0,45 = -0,135 \text{ (kG/m}^2\text{)}.$$

Izvēlamies virsspiedienu telpas apakšējo atvērumu centros

$$\Delta p_{1,4} = -0,25 \text{ (kG/m}^2\text{)},$$

virsspiediena augšējo atvērumu centros

$$\Delta p_{2,3} = \Delta p_{1,4} + H(\gamma_a - \gamma_v) = -0,25 + 12(1,209 - 1,169) = +0,23 \text{ (kG/m}^2\text{)}.$$

Spiediena kritums atvērumos:

$$\Sigma \Delta p_1 = 0,18 - (-0,25) = +0,43 \text{ (kG/m}^2\text{)};$$

$$\Sigma \Delta p_2 = +0,23 - 0,18 = +0,05 \text{ (kG/m}^2\text{)};$$

$$\Sigma \Delta p_3 = +0,23 - (-0,225) = +0,455 \text{ (kG/m}^2\text{)};$$

$$\Sigma \Delta p_4 = -0,135 - (-0,25) = +0,115 \text{ (kG/m}^2\text{)}.$$

Gaisa ātrumi atvērumos:

$$v_1 = \sqrt{\frac{19,6 \cdot 0,43}{1,209}} = 2,64 \text{ (m/s)};$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{19,6 \cdot 0,05}{1,150}} = 0,92 \text{ (m/s)};$$

$$v_3 = \sqrt{\frac{19,6 \cdot 0,455}{1,150}} = 2,79 \text{ (m/s)};$$

$$v_4 = \sqrt{\frac{19,6 \cdot 0,115}{1,209}} = 1,37 \text{ (m/s)}.$$

Pieņemam, ka gaisa daudzumi atvērumos ir vienādi:

$$G_1 = G_2 = G_3 = G_4 = \frac{264\,000}{2} = 132\,000 \text{ (kG/h)}.$$

Izvēlamies caurplūdes koeficientu apakšējiem atvērumiem $\mu = 0,56$ un augšējiem — $\mu = 0,48$. Aprēķinām atvērumu laukumus:

$$F_1 = \frac{G}{\mu v_1 \sqrt{3600}} = \frac{132\,000}{0,56 \cdot 2,64 \cdot 1,209 \cdot 3600} = 20,6 \text{ (m}^2\text{)};$$

$$F_2 = \frac{132\,000}{0,48 \cdot 0,92 \cdot 1,150 \cdot 3600} = 72,5 \text{ (m}^2\text{)};$$

$$F_3 = \frac{132\,000}{0,48 \cdot 2,79 \cdot 1,150 \cdot 3600} = 23,7 \text{ (m}^2\text{)};$$

$$F_4 = \frac{132\,000}{0,56 \cdot 1,37 \cdot 1,209 \cdot 3600} = 39,6 \text{ (m}^2\text{)}.$$

4. AERĀCIJAS KONSTRUKTIVĀIS NOFORMĒJUMS

Aerācijas efektivitāti var pastiprināt, paredzot ēku projektā vairākus speciālus pasākumus.

Generālajos plānos ēkas jāorientē tā, lai garākā fasāde būtu vērsta pret vēju. Attālumam starp ēkām jābūt pietiekami lielam, jo aerodinamiskais koeficients ir atkarīgs no attāluma starp ēkām un tās ēkas augstuma, kura novietota vēja pusē.

Telpās, kurās izdalās liels siltuma daudzums, pieplūdes atvērumus parasti izvieto divos augstumos. Caur atvērumiem, kas izvietoti 1,5—2,5 m virs grīdas, gaisu pievada vasarā, ziemā tie ir aizvērti un nesasildīto pieplūdes gaisu padod caur atvērumiem, kas izvietoti 4—5 m virs grīdas. Šādi pievadītais gaiss, nonākot līdz darba zonai, sasilst.

Noplūdes gaisu atmosfērā izvada caur virsgaismas logiem. Parastie virsgaismas logi šim nolūkam neder, jo vēja ietekmē gaisa cirkulācija var beigties vai pat noritēt otrādi — no augšas uz leju; tas var pat pasliktināt sanitāri higiēniskos apstākļus darba zonā.

Tāpēc aerācijai izmanto speciālus virsgaismas logus, kuri nodrošina gaisa noplūdi neatkarīgi no vēja stipruma un virziena. 8.4. zīm. attēlotas dažu aerācijas virsgaismas logu konstrukcijas.

MHOT un Leningradas «Promstrojprojekt» aerācijas virsgaismas logi apgādāti ar pretvēja aizsargvairogiem. V. Baturina tipa virsgaismas loga 2 ailes vērsta viena pret otru, bet galējās malas aiztaisītas tā, lai vējš nevar iepūst logos.

Noplūdes un pieplūdes gaisa daudzumu regulē, mainot logu aizvērsanas pakāpi. Šim nolūkam virsgaismas logu rāmjos ierīko mehānismus, ar kuriem no apakšas var mainīt logu aizvērsanas pakāpi vai pilnīgi tos aizvērt.

5. DEFLEKTORI UN ŠAHTAS

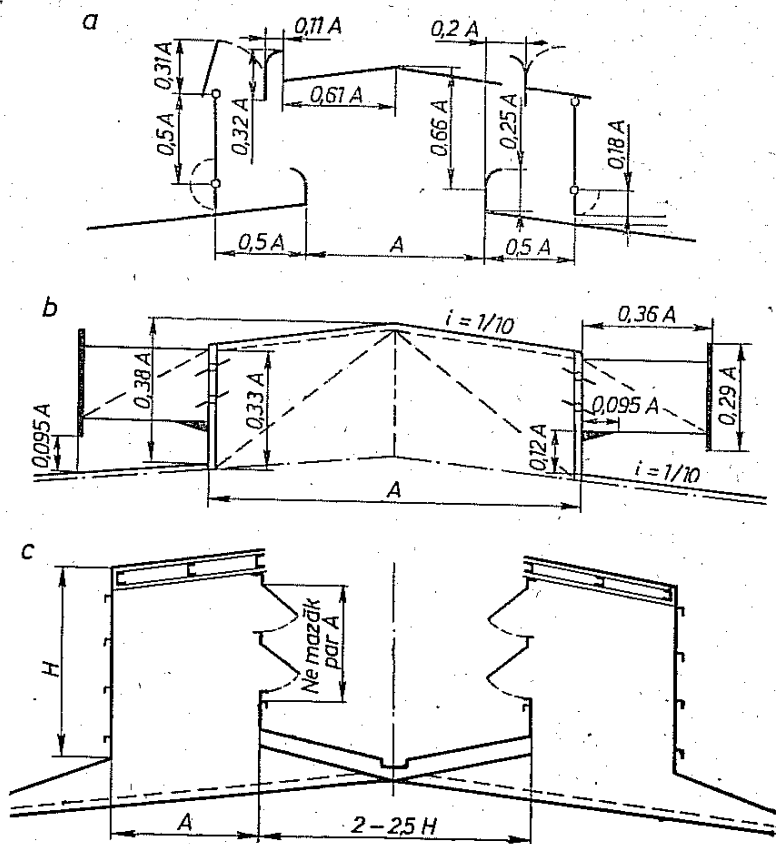
Gadījumos, kad gaisa apmaiņa samērā neliela, gaisa novadīšanai izmanto deflektorus un novadīšanas šahtas.

Par *deflektoru* sauc uzgali, kas vēja ietekmē pastiprina dabisko velkmi noplūdes gaisa vadā. Bez tam deflektors aizkavē atmosfēras nokrišņu iekļūšanu gaisa vadā.

Visbiežāk lieto ЛАГН tipa deflektorus (8.5. zīm. a), kuriem var būt apaļš vai kvadrātveida šķērsriezums.

Ievērojot niecīgo spiedienu, kuru deflektori var radīt, tos iesaka uzstādīt telpās, kurās nav mehāniskās noplūdes ventilācijas, pretējā gadījumā deflektorā var rasties apgriezta gaisa cirkulācija.

Tehnisko zinātnu doktors Butakovs [11] uzskata, ka deflektori ir efektīvi tikai telpās, kurās siltums neizdalās vai arī ir neliels, pretējā gadījumā deflektoru vietā jāierīko šahtas.



8.4. zīm. Virsgaismas logi:

a — MIOT tipa logi; b — Leningradas «Promstrojprojekt» tipa logi; c — V. Baturina tipa logi

Gaisa spiediens (kg/m^2 vai Pa), kas jārada deflektoram,

$$p_{\text{def}} = p_v - p_g, \quad (8.23)$$

kur p_v — spiediena zudumi gaisa vadā, kas pievienots deflektoram, kg/m^2 (Pa);
 p_g — gravitācijas spiediens, kas rodas sistēmā, kg/m^2 (Pa).

Deflektora diametru parasti nosaka pēc eksperimentāli noteiktām raksturliņņēm. Uz deflektora raksturliņņu grafika (8.5. zīm. b) ordinātes atlikts deflektora relatīvais spiediens

$$\bar{p} = \frac{p_{\text{def}}}{p_d^v}, \quad (8.24)$$

kur p_{def} — deflektora radītais spiediens, kg/m^2 ;

$$p_d^v = \frac{\rho v_v^2}{2g} \text{ — vēja dinamiskais spiediens, } \text{kg/m}^2.$$

Uz abscisas atlikts relatīvais gaisa ātrums deflektorā

$$\bar{v} = \frac{v_d}{v_v}, \quad (8.25)$$

kur v_d — gaisa ātrums deflektorā, m/s;
 v_v — vēja ātrums, m/s.

Līkni, kas attēlo funkcionālo sakarību starp $\bar{p}$ un $\bar{v}$, sauc par deflektora raksturliņni.

Pie dotā vēja ātruma v_v un deflektora diametra d tā ražīgums (m^3/h)

$$L = 3600 \frac{\pi}{4} \bar{v} v_v d^2. \quad (8.26)$$

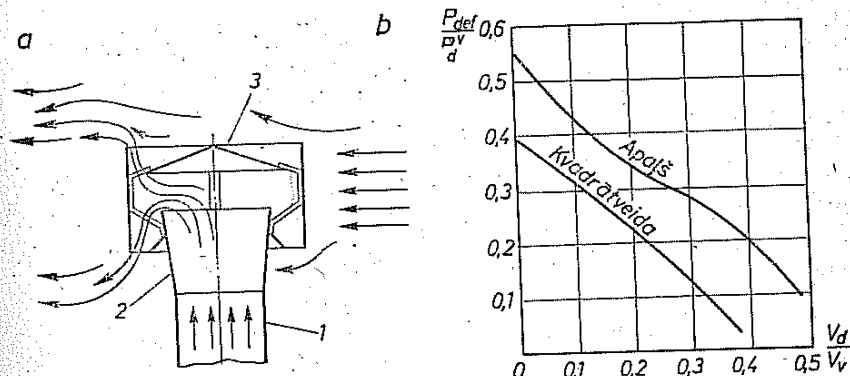
Deflektora radītais spiediens (kg/m^2)

$$p_{\text{def}} = \bar{p} \frac{\rho v_v^2}{2g}. \quad (8.27)$$

Gaisa ātrumu (m/s) cilindriskā deflektorā var aprēķināt pēc formulas:

$$v_d = \sqrt{\frac{0,4 v_v^2 + 16 p_g}{1,2 + \Sigma \xi + 0,02 \frac{l}{d}}}, \quad (8.28)$$

kur $\Sigma \xi$ — gaisa vada un deflektora vietējo pretestību koeficientu summa;
 l — gaisa vada garums, m;
 d — deflektora diametrs, m.



8.5. zīm. LIAGH tipa deflektors:

a — shēma; b — raksturliņnes; 1 — cilindriskā caurule; 2 — difuzors; 3 — kape

Orientējoši ЦАГИ tipa deflektora diametru (m) var noteikt pēc formulas:

$$d = 1,88 \cdot 10^{-2} \sqrt{\frac{L}{v_d}} \quad (8.29)$$

Ja deflektors nenodrošina nepieciešamo ražīgumu, gaisa novadīšanai izmanto šahtas. Izstrādātas pret vēju aizsargātas šahtas, kuru darbības princips analogs aerācijas virsgaisma logu darbībai.

Šādas šahtas iesaka ierīkot virs vietām, kur izdalās sevišķi daudz siltuma. Šahtas izmēru plānā pieņem $0,44(h+a)$,

kur h — attālums no siltuma izdalīšanās avota augšējās daļas līdz pārsegumam, m;

a — siltuma izdalīšanās avota izmērs plānā, m.

6. DABISKĀS KANĀLU VENTILĀCIJAS SISTĒMAS

Dzīvojamo un sabiedrisko ēku telpās ar nelielu gaisa apmaiņas intensitāti ierīko dabiskās kanālu noplūdes ventilācijas sistēmas. Pieplūdes gaiss šādās telpās ieplūst neorganizēti caur logu, durvju un norobežojošo konstrukciju neblīvumiem. Dabiskās kanālu sistēmas ir vienkāršas, un to izmaksa ir ievērojami mazāka nekā mehāniskām sistēmām. Tomēr dabiskām kanālu sistēmām piemīt vairāki būtiski trūkumi. To darbība atkarīga no āra gaisa temperatūras, kā arī no neorganizētās pieplūdes gaisa daudzuma.

Dabiskajās kanālu sistēmās rodas samērā neliels gaisa spiediens, tāpēc to darbības rādītājs ir ierobežots, bet pārvietojamā gaisa ātrumi nelieli. Šī iemesla dēļ gaisa kanālu šķērsgriezumi ir lielāki nekā mehāniskām sistēmām.

8.6. zīm. attēlota dabiskā kanālu noplūdes sistēmas shēma divstāvu ēkai. Sistēmā darbojas šādi spiedieni (kG/m^2):

$$\text{I stāvā } p_1 = h_1(\gamma_a - \gamma_t); \quad (8.30)$$

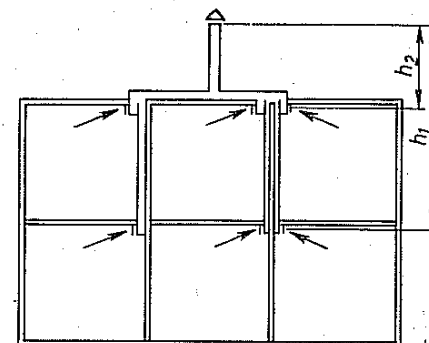
$$\text{II stāvā } p_2 = h_2(\gamma_a - \gamma_t), \quad (8.31)$$

kur h_1 un h_2 — attālums no žalūzijas restiņiem I un II stāvā līdz šahtas atvēršanai, m;

γ_a, γ_t — ārējā un iekšējā gaisa blīvums, kg/m^3 .

Nosakot spiedienu dabiskām kanālu sistēmām dzīvojamās un sabiedriskās ēkās, par aplēses temperatūru pieņem āra gaisa temperatūru $t_a = 5^\circ\text{C}$. Dabiskām kanālu sistēmām spiediens pieaug, palielinoties attālumam h . Vismazākais spiediens ir atvēršanai, kas novada gaisu no augšējā stāva. Spiediens pieaug, palielinoties ārējā un iekšējā gaisa blīvuma (temperatūras) starpībai. Siltajā gadalaikā, kad ārējā gaisa temperatūra ir vienāda vai augstāka par telpas temperatūru, gaisa cirkulācija sistēmā var beigties vai

8.6. zīm. Dabiskās kanālu noplūdes ventilācijas sistēma



norisināties otrādi — noplūdes sistēma var darboties kā pieplūdes. Kā redzam no formulām (8.30) un (8.31), spiediens nav atkarīgs no sistēmas kanālu garuma horizontālā virzienā. Pieaugot kanālu garumam, palielinās spiediena zudumi tajos. Aprēķināts, ka horizontālā virzienā dabisko sistēmu darbības rādītājs var būt līdz 8 m.

Daudzstāvu ēkās kāpņu telpās, kas pēc būtības ir vertikālas šahtas, un lifta šahtā izveidojas ievērojams spiedienu kritums starp augšējo un apakšējo stāvu. Kāpņu telpas apakšējā daļā izveidojas retinājums, bet augšdaļā virsspiediens.

Retinājuma ietekmē gaiss no apakšējo stāvu dzīvokļiem ieplūst kāpņu telpā un pārvietojas uz augšu, kur tas virsspiediena dēļ caur spraugām un atvērtām durvīm ieplūst augšējo stāvu dzīvokļos. Šādas gaisa cirkulācijas rezultātā apakšējo stāvu dzīvokļos novēro pastiprinātu ārējā gaisa infiltrāciju, bet augšējo stāvu dzīvokļos — nepietiekamu infiltrāciju. Augšējo stāvu dzīvokļos gaiss ieplūst galvenokārt no kāpņu telpas, līdz ar to tajā var būt mikroorganismi un smakas no apakšējo stāvu dzīvokļiem. Tas pasliktina gaisa sanitāri higiēnisko stāvokli augšējo stāvu dzīvokļos. Daļēji šo trūkumu var novērst, pievadot kāpņu telpā pieplūdes gaisu un noblīvējot ar gumijas starplikām augšējo stāvu dzīvokļu durvis.

1. GAISA APKURES VEIDI

Gaisa apkures sistēmās kā siltumnesēju izmanto gaisu, kura temperatūra ievērojami augstāka par telpas gaisa temperatūru un kurš, plūstot caur telpu, atdod tai siltumu, kas nepieciešams siltuma zudumu kompensācijai.

Gaisa apkures sistēmas var būt centralizētas, decentralizētas, taisnplūsmas un recirkulācijas.

Centralizētajās sistēmās gaisu pa kanāliem pievada vairākām telpām no viena gaisa apstrādes centra, kurā gaisu filtrē, uzsilda un nepieciešamības gadījumā mitrina.

Decentralizētajās sistēmās gaisa uzsildīšanas agregāti uzstādīti katrā apkurināmā telpā.

Taisnplūsmas gaisa apkures sistēmas tikai pievada āra gaisu un vienlaikus izpilda arī pieplūdes ventilācijas sistēmu funkcijas.

Recirkulācijas sistēmās izmanto telpas gaisu, un tās ir tikai apkures sistēmas. Lieto arī sistēmas ar daļēju recirkulāciju.

Gaisa apkures sistēmas var būt dabiskās vai mehāniskās.

Rūpnieciskajās ēkās galvenokārt lieto decentralizētās gaisa apkures sistēmas ar koncentrētu gaisa padevi.

Dzīvojamās ēkās ierīko centralizētās gaisa apkures sistēmas, pie tam gaisu pievada dzīvojamās istabās, kur tas, sajaucoties ar telpas gaisu, atdod siltumu, kas nepieciešams telpas apkurei. Novada gaisu caur noplūdes ventilācijas sistēmām sanitārajos mezglos un virtuvēs.

Gaisa apkures sistēmu izbūvei izlieto mazāk metāla, un tās ir lētākas nekā tvaika vai ūdens apkures sistēmas, tām ir neliela siltuma inerce. Šo sistēmu trūkumi: ar siltu gaisu telpās var izplatīties dažādas smakas un kaitīgās vielas, telpās paaugstināts gaisa kustības ātrums, ventilatora troksnis, ja agregāti uzstādīti telpā.

Gaisa apkure nav pieļaujama telpās, kur gaisa plūsmu varētu pārnest kaitīgās vielas no telpas zonas ar lielāku šo vielu koncentrāciju uz zonām ar mazāku koncentrāciju, kā arī telpās ar ražošanas kategoriju A un B. Gaisa apkuri nedrīkst lietot telpās, kur tā varētu paātrināt indīgo vielu, piemēram, dzīvsudraba iztvaikošanu.

2. GAISA APKURES SILTUMA PATĒRIŅŠ

Siltuma patēriņu Q (kcal/h vai W) gaisa uzsildīšanai gaisa apkures sistēmās ar daļēju recirkulāciju nosaka pēc formulas:

$$Q = G_r c (t_p - t_t) + G_a c (t_p - t_a), \quad (9.1)$$

kur G_r , G_a — recirkulācijas un āra gaisa daudzums, kg/h (kg/s);
 c — gaisa īpatnējā siltumietilpība, kcal/(kg·deg) [J/(kg·deg)];
 t_p — pieplūdes gaisa temperatūra, °C;
 t_t — telpas gaisa temperatūra, °C;
 t_a — ārējā gaisa temperatūra, °C.

Ja gaisa apkures sistēmā izmanto tikai recirkulācijas gaisu, tad siltuma patēriņš ir

$$Q = G_r c (t_p - t_t). \quad (9.2)$$

Siltuma daudzumam, ko gaisa apkures sistēma pievada telpai, jābūt vienādam ar telpas siltuma zudumiem.

Nepieciešamo recirkulācijas sistēmas pieplūdes gaisa temperatūru nosaka pēc formulas:

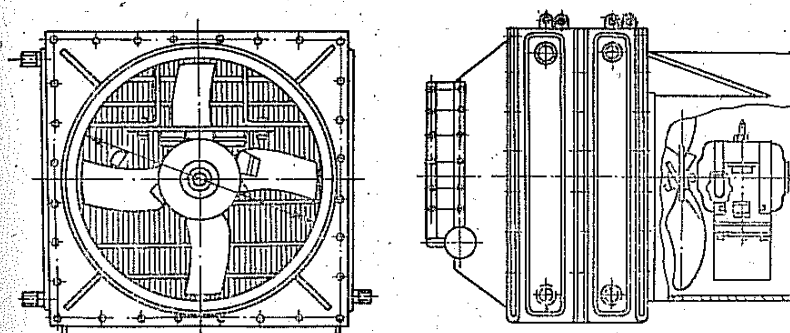
$$t_p = t_t + \frac{Q}{c G_r}. \quad (9.3)$$

Ja gaisu pievada augstumā līdz 3,5 m virs grīdas un ne tuvāk kā 2 m no darba vietām, tad to kaloriferos uzsilda līdz 45 °C temperatūrai.

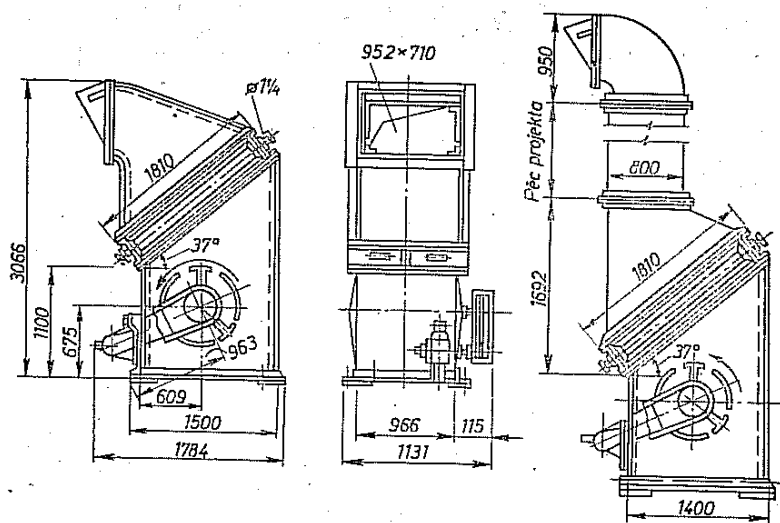
Ja gaisu pievada augstāk par 3,5 m virs grīdas, tad neatkarīgi no attāluma līdz tuvākajām darba vietām gaisu var uzsildīt līdz 70 °C.

3. GAISA APKURES AGREGĀTI

Gaisa apkurei galvenokārt lieto gaisa apkures agregātus, kuri sastāv no kalorifera, aksiālā vai centrālās ventilatora ar elektrodzinēju un no gaisa iesūkšanas un izplūdes ietaisēm.



9.1. zīm. АГВ гaisa apkures agregāts



9.2. zīm. CTD-300 M gaisa apkures agregāts

Ražo divu veidu agregātus — apkures agregātus, kas darbojas tikai ar recirkulāciju, un ventilācijas apkures agregātus, kuri darbojas ar āra un recirkulācijas gaisu.

Kā siltumnesēju agregātiem var izmantot pārkarsētu ūdeni vai tvaiku.

9.1. zīm. parādīts АПВС tipa gaisa apkures agregāts ar aksiālo ventilatoru un 9.2. zīm. — CTD tipa gaisa apkures agregāts ar centrālās ventilatoru.

Gaisa apkures agregātu raksturojums sniegts 9.1. tabulā.

9.1. tabula. Gaisa apkures agregātu raksturojums

Agregāta tips	Gaisa daudzums, ja sākuma temperatūra $t_a = 16^\circ$, m^3/h	Agregāta siltuma ražīgums Q un gaisa beigu temperatūra $t_b, ^\circ C$, ja siltumnesējs ir tvaiks ar spiedienu $p=2$ atl		Agregāta siltuma ražīgums un gaisa beigu temperatūra t_b , ja siltumnesējs ir pārkarsēts ūdens ar parametriem $t=130/70^\circ C$		Gaisa izplūdes ātrums m/s	Ventilatora elektrodzinēja uzstādītā jauda kW
		Q , $kcal/h$	$t_b, ^\circ C$	Q , $kcal/h$	$t_b, ^\circ C$		
АПВС-50-30	3 300	50 000	68,6	30 000	47,6	4,1	1
АПВС-70-40	3 900	68 500	77	39 000	50,8	2,9	1
АПВС-110-80	6 900	110 000	71,3	80 000	56,2	3,1	1,7
АПВС-200-140	13 900	200 000	66	140 000	50,8	6,1	2,8
АПВС-280-190	18 800	280 000	67,7	190 000	51	7,1	2,8
CTD-300M	28 800	256 000	—	316 000	—	—	2,8

4. GAISA APKURE AR KONCENTRĒTU GAISA PADEVI

Lielās telpās gaisa apkurei izmanto agregātus ar lielu ražīgumu un gaisa izplūdes ātrumu, kas var sasniegt līdz 25 m/s.

Apkurinot telpu ar lieliem agregātiem, samazinās kapitālie ieguldījumi, metāla patēriņš, kā arī vienkāršojas ekspluatācija, salīdzinot ar nelieliem apkures agregātiem.

Pēc higiēniskām prasībām darba zonā gaisa kustības ātrums nedrīkst pārsniegt sabiedriskās un dzīvojamās ēkās, kā arī ražošanas telpās, kur darbu izpilda sēdus, — 0,25 m/s, ražošanas telpās, kur izpilda vieglu vai vidēji smagu darbu, — 0,5 m/s.

Lai nepārsniegtu pieļaujamo gaisa kustības ātrumu darba zonā, agregātus uzstāda noteiktā augstumā h virs grīdas: telpās ar augstumu līdz 8 m $h=3,5-6$ m, telpās ar augstumu >8 m $h=5-7$ m.

Atkarībā no agregātu izvietoējuma gaisa strūklu virziens telpā var būt paralēls (9.3. zīm. a) vai vēdekļveida (9.3. zīm. b).

Lietojot paralēlo shēmu, strūklu skaitu nosaka pēc formulas:

$$k = \frac{v_i}{BHl}, \quad (9.4)$$

vēdekļveida shēmu —

$$k = \frac{v_i}{0,4R^2H}, \quad (9.5)$$

kur v_i — telpas iekšējais tilpums, m^3 ;

B, H — atbilstoši telpas platums un augstums, kuru apkalpo viena strūkļa, m;

l, R — strūkļas iedarbības attālums atbilstoši paralēlai un vēdekļveida shēmai.

Paralēlai shēmai strūkļas iedarbības attālumu (m) nosaka pēc formulas:

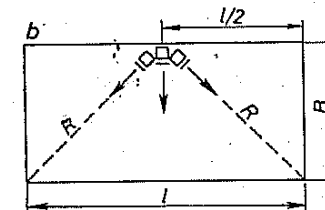
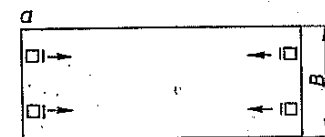
$$l = k \frac{c}{a} \sqrt{F}, \quad (9.6)$$

kur k — koeficients, kuru pieņem $k=1$, ja $h \geq 0,6 H$, un $k=0,71$, ja $h \leq 0,6 H$;

a — strūkļas turbulētās struktūras koeficients (9.2. tabula);

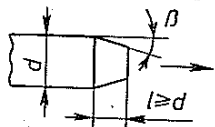
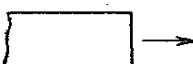
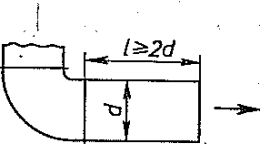
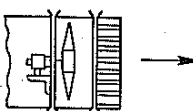
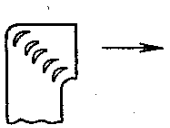
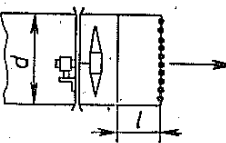
c — koeficients, kas atkarīgs no maksimāli pieļaujamā gaisa kustības ātruma darba zonā un attiecības $\frac{H}{B}$ (9.3. tabula);

F — šķērsriezuma laukums telpas zonā, kuru apkalpo viena strūkļa, m^2 .



9.3. zīm. Gaisa padeves shēmas gaisa apkures sistēmās: a — paralēli; b — vēdekļveida

9.2. tabula. Gaisa apkures uzgaļu koeficients a

Pieplūdes uzgaļu veids	Shēma	Koeficienta a vērtības
Cilindriska caurule ar konfuzoru ($l \geq d$, $\beta = 15^\circ$)		0,07
Cilindriska caurule		0,08
Cilindriska caurule aiz līkņa		0,1
Iztaisnojošas restītes tieši aiz aksiālā ventilatora		0,12
Prandļa lāpstiņas leņķgalā (90°)		0,2
Caurulē aiz aksiālā ventilatora novietots siets ($l = 0,5 d$)		0,24

9.3. tabula. Koeficients c

Strūklas shēma	B un H attiecības	Maksimālais gaisa kustības ātrums v_{max} , m/s								
		0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,75	1	1,25	1,5
Paralēla	$B \leq 4H$	0,28	0,33	0,35	0,37	0,38	0,4	0,42	0,43	0,44
	$B > 4H$	0,199	0,234	0,248	0,262	0,27	0,284	0,298	0,305	0,312
Vēdekļ-veida	—	0,2	0,25	0,27	0,29	0,3	0,32	0,33	0,35	0,36

Vēdekļveida shēmai strūklas iedarbības attālumu (m) nosaka pēc formulas:

$$R = \left(\frac{c}{a} \right)^2 H. \quad (9.7)$$

Optimālā gaisa cirkulācijas intensitāte recirkulācijas agregātos paralēlai shēmai ir

$$n = \frac{300 v_{max}^2}{l}, \quad (9.8)$$

vēdekļveida shēmai —

$$n = \frac{15 v_{max}^2}{c^2 R}, \quad (9.9)$$

kur v_{max} — maksimālais gaisa kustības ātrums, m/s (ja $B > 4H$, v_{max} pieņem 0,7 no pieļaujamā gaisa kustības ātruma darba zonā).

Pieplūdes uzgaļa diametru (m) nosaka pēc formulas: paralēlai shēmai

$$d = \frac{0,88 L}{v_{max} \sqrt{F}}, \quad (9.10)$$

vēdekļveida shēmai

$$d = \frac{6,25 a L}{v_{max} H}, \quad (9.11)$$

kur L — gaisa daudzums, kuru pievada viena strūkļa, m³/s.

Piemērs. Aprēķināt gaisa apkures sistēmu ar koncentrētu gaisa padevi mehāniskajam ceļam, kura garums 90 m, platums 24 m, augstums 8 m. Siltuma zudumi ceļā $Q = 300\,000$ kcal/h; siltumnesējs — parkarsēts ūdens ar parametriem $t = 130^\circ/70^\circ$ C.

Atrisinājums. Ievērojot telpas konfigurāciju, gaisa apkuri paredzam ar 4 recirkulācijas agregātiem, kuri uzstādīti $h = 5,5$ m augstumā virs grīdas. Strūkļu virziens — paralēls. Maksimālo gaisa kustības ātrumu darba zonā pieņemam $v_{max} = 0,45$ m/s.

Telpas iekšējais tilpums

$$v = 90 \cdot 24 \cdot 8 = 17\,300 \text{ (m}^3\text{)}.$$

Telpas šķēsgriezuma laukums, kurā apkalpo viena strūkļa,

$$F = 12 \cdot 8 = 96 \text{ (m}^2\text{)}.$$

Nepieciešamais strūklas iedarbības attālums

$$l = \frac{30}{2} = 45 \text{ (m)}.$$

Atbilstoši $v_{max} = 0,45$ un $B < 4H$. Pēc 9.3. tabulas atrodam $c = 0,36$.

Turbulentās struktūras koeficientu izvēlamies $\alpha=0,07$ (cilindriska uzgalis ar konfuzoru).

Strūklas iedarbības attālums ($h>0,6H$, $k=1$)

$$l = \frac{0,36}{0,07} \sqrt{96} = 50,5 \text{ m} > 45 \text{ m}.$$

Optimālā gaisa cirkulācijas intensitāte

$$h = \frac{300 \cdot 0,45^2}{45} = 1,35.$$

Gaisa daudzums, kas jāpievada 4 agregātiem,

$$L = 1,35 \cdot 17\,300 = 23\,400 \text{ (m}^3/\text{h)}.$$

Viena agregāta ražīgums

$$L = \frac{23\,400}{4} = 5850 \text{ m}^3/\text{h} = 1,625 \text{ (m}^3/\text{s)}.$$

Izvēlamies 4 agregātus АПБС 110-80 (vienu agregāta siltuma ražīgums 80 000 kcal/h). Kopējais siltuma ražīgums

$$Q = 80\,000 \cdot 4 = 320\,000 \text{ (kcal/h)}.$$

Pieplūdes uzgaļa diametrs

$$d = \frac{0,88 \cdot 1,625}{0,45 \sqrt{96}} = 0,325 \text{ (m)}.$$

Uzgaļa šķērsriezuma laukums

$$F = 0,083 \text{ (m}^2\text{)}.$$

Gaisa ātrums uzgalī

$$v = \frac{58 \cdot 50}{3600 \cdot 0,083} = 19,5 \text{ (m/s)}.$$

10. nodaļa

VIETĒJĀ VENTILĀCIJA

Vietējā ventilācija, līdzīgi vispārējai, var būt noplūdes un pieplūdes. Pie vietējās noplūdes ventilācijas galvenokārt pieskaitāmas dažādas vietējās nosūces (tā saucamā lokalizējošā ventilācija). Vietējās pieplūdes ventilācijas veidi ir gaisa dušas, gaisa oāzes, gaisa aizkari.

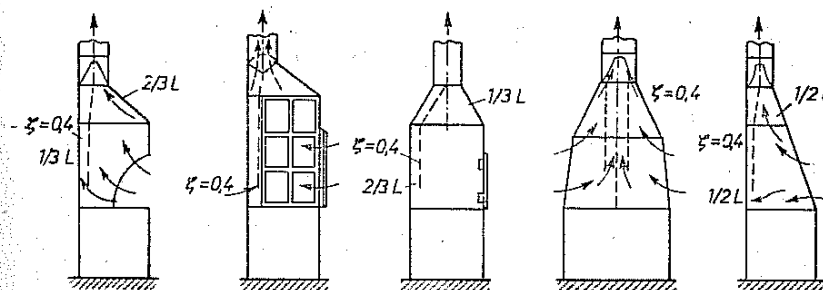
Vietējās nosūces lieto dažādu kaitīgo vielu uztveršanai (putekļu, gāzu, tvaiku, mitruma, siltuma) to izdalīšanās vietās. Tādā veidā novērš kaitīgo vielu izplatīšanos pa visu telpu un normālus sanitāri higiēniskos apstākļus telpā panāk ar mazākiem gaisa daudzumiem, nekā lietojot vispārējo ventilāciju.

Vietējās nosūces var būt *parastās*, ja kaitīgās vielas nosūc no apvalkiem un nosedzēm, un *aktivizētās*, ja kaitīgās vielas ar gaisa strūklu iepūš vietējā nosūcē.

1. VELKMES SKAPJI UN KAMERAS

Velkmes skapī kaitīgo vielu izdalīšanās vieta ir norobežota no pārējās telpas un vaļējs ir tikai atvērums darba procesa veikšanai (10.1. zīm.).

Velkmes skapjus plaši izmanto dažādās laboratorijās. Par velkmes skapjiem var uzskatīt arī analogas kameras, kur noris tehnoloģiskie procesi, kuru rezultātā izdalās liels daudzums veselībai kaitīgu gāzu, tvaiku un citu vielu, piemēram, žāvēšanas, krāso-



10.1. zīm. Dažu velkmes skapju shēmas

šanas kameras u. c. Gaisa novadīšanu velkmes skapjos ierīko no augšējās vai apakšējās zonas vai arī kombinēti — no abām zonām. Gaisu novada no velkmes skapja apakšējās zonas, ja izdalās gāzes vai tvaiki, kas smagāki par gaisu, vai putekli, un no augšējās zonas, ja kaitīgās gāzes vai tvaiki ir vieglāki par gaisu. Kombinēto gaisa novadīšanu parasti ierīko ķīmisko laboratoriju velkmes skapjos, kur var izdalīties dažādas vielas.

No velkmes skapja novadāmais gaisa daudzums jāizvēlas tā, lai aizkavētu kaitīgo vielu izklūšanu caur atvērums telpā.

Ja velkmes skapī siltums neizdalās, tad novadāmā gaisa daudzumu (m^3/h) aprēķina pēc formulas:

$$L_x = 3600 v F, \quad (10.1)$$

kur F — darba atvērums, m^2 ;
 v — vidējais gaisa ātrums atvērumā, m/s .

Ja velkmes skapjos izdalās arī siltums, nosūcamā gaisa daudzumu (m^3/h) aprēķina pēc formulas:

$$L_m = 120 \sqrt[3]{H Q F^2}, \quad (10.2)$$

kur H — atvērums augstums, m ;
 Q — siltuma daudzums, kas izdalās skapī (apmēram 50—70% no aparātūras siltuma ražīguma), kcal/h .

Velkmes skapjiem, kuros izdalās siltums, jāizvēlas lielākās L_x vai L_m vērtības.

Piemērs. Noteikt gaisa daudzumu, kas jānosūc no velkmes skapja, kurā vienlaikus dedzina 3 gāzes degļus. Viens deglis patērē $0,3 \text{ m}^3/\text{h}$ gāzes, un tā siltumspēja ir 7600 kcal/h . Siltuma zudumi caur skapja sienām sastāda 10% no kopējā izdalītā siltuma daudzuma. Velkmes skapja atvērums izmēri — $0,8 \times 0,5 \text{ (H)}$ m.

Atrisinājums. Velkmes skapī izdalītā siltuma daudzums

$$Q = 0,3 \cdot 3 \cdot 7600 (1 - 0,1) = 6150 \text{ (kcal/h)}.$$

Nosūcamā gaisa daudzums (formula 10.2)

$$L_m = 120 \sqrt[3]{0,5 \cdot 6150 (0,5 \cdot 0,8)^2} = 950 \text{ (m}^3/\text{h)}.$$

Nosūcamā gaisa daudzums (formula 10.1)

$$L_x = 3600 \cdot 0,5 \cdot 0,5 \cdot 0,8 = 720 \text{ (m}^3/\text{h)}.$$

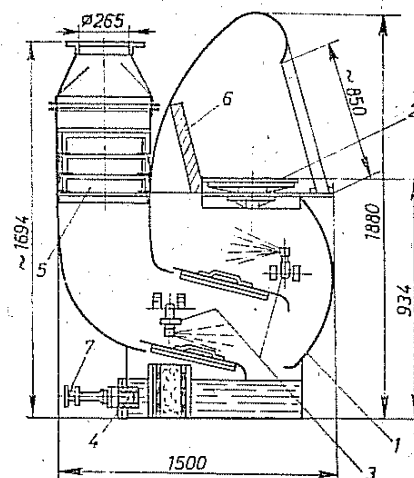
Izvēlamies $L_m = 950 \text{ m}^3/\text{h}$. Gaisa ātrums atvērumā

$$v = \frac{950}{3600 \cdot 0,5 \cdot 0,8} = 0,66 \text{ (m/s)}.$$

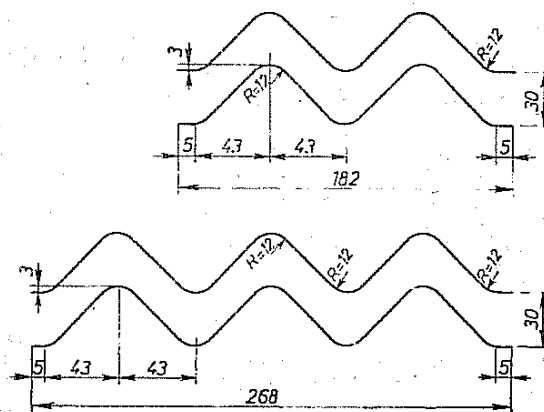
Krāsošanas kamera (10.2. zīm.) sastāv no nosedzes, kurā ar pulverizatoru krāso detaļas, un no hidrofiltra, kurā gaisu attīra

10.2. Siklu detaļu krāsošanas kamera:

1 — korpuss; 2 — griežams paliktnis;
 3 — sprauslas; 4 — ūdens filtrs;
 5 — separators; 6 — restītes; 7 — caurule



no krāsu daļiņām. Hidrofiltrs pasargā gaisa vadus un ventilatoru no aizsērēšanas ar krāsām un novērš atmosfēras piesārņošanu ar tām. Pirms hidrofiltra dažreiz uzstāda restītes, kuras uztver daļu no krāsu aerosola. Hidrofiltrā gaisu no krāsu daļiņām attīra ar ūdeni, kuru smalki izsmidzina caur speciālām sprauslām. Nepieciešamo ūdens spiedienu rada sūkns. Ūdens pilienus no gaisa atdala separators, kas sastāv no Z veida izlocītām metāla loksnēm. Autora pētījumi rādīja¹, ka ievērojami var samazināt separatoru aerodinamisko pretestību, ja to profils ir vilņveida



10.3. zīm. Vilņveida separatori

¹ Киргу Ю. Н. Исследования выходных сепараторов форсуночных камер кондиционеров. — «Водоснабжение и санитарная техника», 1969, № 4, с. 23—27.

(10.3. zīm.). Rīgas elektromašīnbūves rūpnīcā tika izstrādāta oriģināla krāsošanas kamera ar gaisa attīrīšanas hidrofiltru, kurš darbojas pēc dinamiskā putekļu atdalītāja principa. Šāda kamera ir vienkāršāka ekspluatācijā un lētāka salīdzinājumā ar kamerām, kurās ūdeni izsmidzina caur sprauslām.¹

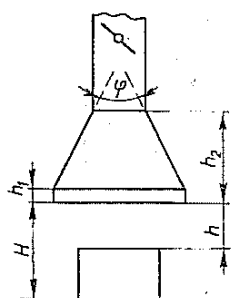
2. DŪMTVERI (kapes)

Dūmtveri (10.4. zīm.) ir vienkāršas un plaši izplatītas vietējās nosūces, kuras izmanto dažādu kaitīgu, par gaisu vieglāku vielu uztveršanai (tvaiku, dūmu, mitruma, siltā gaisa). Dūmtverus uzstāda virs kaitīgo vielu izdalīšanās vietām (smēdēs virs ēzēm, virs rūpniecisko krāšņu durtiņām, vannām, plītim utt.).

Ja kaitīgo vielu izdalīšanās vietas tuvumā atrodas pastāvīgas darba vietas, dūmtveris nav efektīvs, jo kaitīgās vielas, pirms nokļūst dūmtverī, iziet caur strādājošā elpošanas zonu.

Dūmtveru forma var būt taisnstūra vai apaļa, pēc uzstādīšanas paņēmiena tie var būt stacionāri vai pagriežami (ja tie traucē tehnoloģiskā procesa norisi).

Taisnstūrveida dūmtvera izmērus plānā nosaka pēc izteiksmes (10.4. zīm.):



$$X = x + 0,8h, \quad (10.3)$$

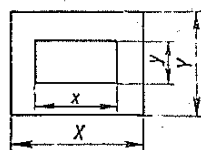
$$Y = y + 0,8h, \quad (10.4)$$

kur X, Y — dūmtvera malu izmēri, m;
 x, y — nosedzamās iekārtas malu izmēri, m;
 h — attālums no iekārtas līdz dūmtvera apakšējai malai, m.

Apaļa dūmtvera diametru nosaka pēc formulas:

$$D = d_0 + 0,8h, \quad (10.5)$$

kur d_0 — iekārtas diametrs, m.



10.4. zīm. Dūmtveris virs iekārtas, kas izdala siltumu

Lai novadāmo gaisu atvērumā iesūktu vienmērīgi, leņķim starp malām dūmtvera virsotnē jābūt ne lielākam par 60°. Dūmtveris jāuzstāda pēc iespējas tuvāk kaitīgo vielu izdalīšanās avotam, lai uztvertu maksimālo daudzumu kaitīgo vielu. Šim nolūkam dažreiz dūmtvera malas nosedz ar aizkariem.

¹ Криван Н. А., Кугур Ю. Н. Покрасочная камера с баротастенным гидрофильтром. Р., Латинти, 1965, с. 9.

Dūmtveris darbojas efektīvi, ja no tā nosūc lielāku gaisa daudzumu nekā to, kurš ieplūst dūmtverī no kaitīgo vielu izdalīšanās avota. Rekomendējamie gaisa ātrumi dūmtvera šķērsgriezumā, pēc prakses datiem, sniegti 10.1. tabulā.

10.1. tabula. Ieteicamie gaisa ātrumi dūmtvera šķērsgriezumā

Dūmtvera konstrukcija	Gaisa ātrums, m/s
Toksisku vielu novadīšanas dūmtveris atvērts	
no 4 pusēm	1,05—1,25
no 3 pusēm	0,9—1,05
no 2 pusēm	0,75—0,9
no 1 puses	0,5—0,75
Netoksisku vielu novadīšanas dūmtveris	0,15—0,25

Pēdējā laikā dūmtverus uzstāda virs gāzes plītim ar atklāto gāzes sadedzināšanu. Sadegot gāzei, telpā izdalās tvana un oļskābā gāze, mitrums un siltums. Vārot un cepot ēdienus, izdalās tvaiks, kurā ir taukvielas, smakas un dūmi. Kā rāda pētījumi, šo vielu koncentrācija virtuves un blakus virtuvei izvietoto telpu gaisā var ievērojami pārsniegt maksimāli pieļaujamās normas. Pašreiz būvētās dabiskās ventilācijas sistēmas nenodrošina pietiekami efektīvu virtuvju ventilāciju. Virtuvju ventilācijas kanālos ieteicams iebūvēt individuālus aksiālos ventilatorus. Izstrādāti un ir pārdošanā recirkulācijas agregāti, kurus uzstāda virs plīts un kuros gaisu attīra no taukvielām, smakām un dažādām gāzēm. Šo agregātu efektivitāte nav visai augsta, un tie ir periodiski jāreģenerē. Pētījumi rāda,^{1,2} ka daudz efektīvāki ir dūmtveri, kuri uzstādīti virs plītim un no kuriem piesārņoto gaisu ar iebūvētu ventilatoru novada esošajos dabiskās ventilācijas kanālos. Lai šādus dūmtverus varētu lietot plašāk, projektos gāzes plītis jāparedz uzstādīt tieši zem ventilācijas kanāla atvēruma.

3. NOSŪKŠANAS PANEĻI

Kā jau tika minēts, dūmtveri nav efektīvi, ja kaitīgo vielu izdalīšanās avoti atrodas darba vietu tuvumā (metināšana, lodēšana, lējumu izsišana utt.).

Sajā gadījumā kaitīgās gāzes, dūmus un putekļus uztver ar nosūkušanas paneļiem, kurus uzstāda kaitīgo vielu izdalīšanās avota

¹ Константинова В. Е. Экспериментальные исследования воздушной среды жилых газифицированных квартир, оборудованных опытными системами вентиляции. — В кн.: «Отопление и вентиляция». М., 1961, с. 83—113.

² Кугур Ю. Н. Об улучшении воздушной среды газифицированных квартир. — В кн.: «Вентиляция и кондиционирование воздуха», № 7. Р., 1975, с. 7.

mālā vai slīpi virs tā. Gaisa daudzums (m^3/h), kurš jānovada no sānu nosūces (paneļa),

$$L = cQ^{1/3}(H+B)^{5/3}, \quad (10.6)$$

kur c — koeficients, kas raksturo paneļa konstrukciju un tā novietojumu attiecībā pret siltuma izdalīšanās avotu;

Q — konvektīvā siltuma daudzums, kuru izdala siltuma avots, kcal/h;

H — attālums no siltuma izdalīšanās avota augšējās virsmas līdz nosūces atvēruma centram, m;

B — šīluma izdalīšanās avota platums, m.

Paneliem bez ekrāna

$$c = 240 \left(\frac{l}{H+B} \right), \quad (10.7)$$

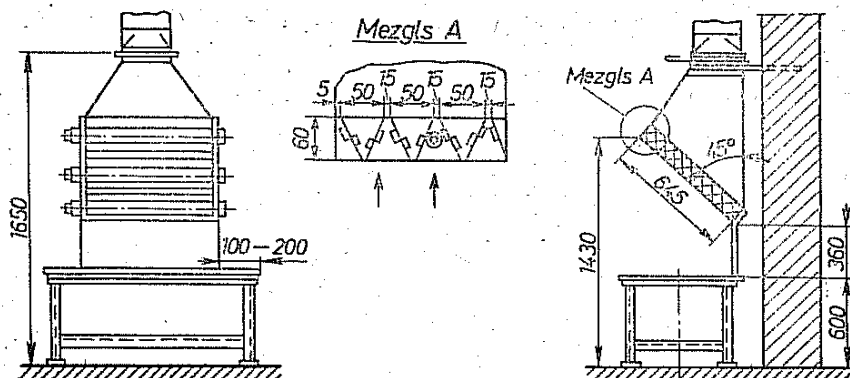
paneļiem ar ekrānu

$$c = 240 \left(\frac{l}{H + E} \right) m, \quad (10.8)$$

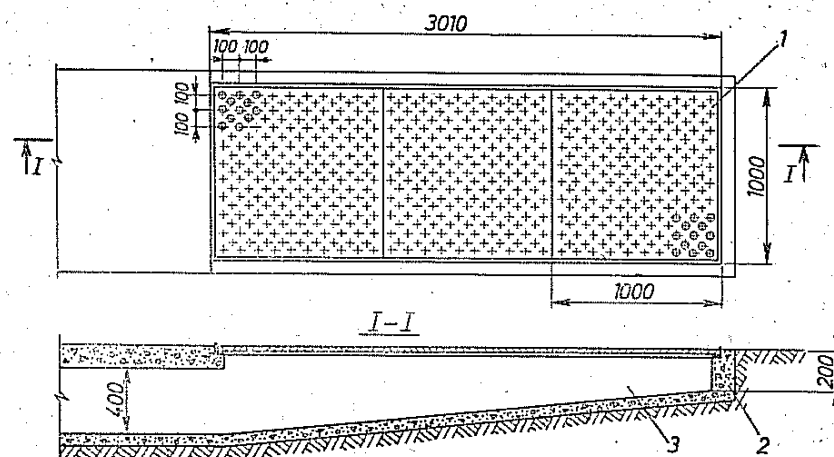
kur l — attālums no siltuma izdalīšanās avota visattālākās malas līdz iesūkšanas plaknei, m;

m — koeficients, kuru nosaka attālumš b_1 no ekrāna līdz siltuma izdalīšanas avota malai. (Ja $\frac{b_1}{R} = 0$, tad $m = 1$; ja $\frac{b_1}{R} > 1$, tad $m = 2$.)

Veicot metināšanas darbus, gaisā izdalās ļoti smalki putekļi, kuru sastāvā ietilpst mangāna oksīds. Vīrs metināšanas vietas izveidojas silta gaisa plūsma, kas putekļus iznēsā pa telpu. Putekļainā gaisa uztveršanai pie metinātāja darbgalda ierīko vietējās



10.5. zīm. Paneļa uzstādīšanas shēma pie metinātāja galda



10.6. zīm. Vietējā grīdas nosūce:
1 — perforētās plates; 2 — rāmis; 3 — zemgrīdas kanāls

nosūces — paneļus, kuru konstrukcija redzama 10.5. zīm. Paneļa atvērumā iemontētas restītes, kuras nodrošina vienmērīgu gaisa iesūkšāņu visā atvēruma laukumā.

Lai puteklainais gaiss neplūstu caur strādājošā elpošanas zonu, panelis gaisu uztver slīpi no malas. Gaisa ātrumu panela pilnajā šķērsgriezumā izvēlas 1 m/s, caurplūdes šķērsgriezumā — 3,7 m/s.

Paneli var būt stacionāri vai pagriežami. Prakse rāda, ka pēdējie nav visai ērti ekspluatācijā, jo, lai pārvietotu paneli, strādājošiem jāveic papildu kustības. Tāpēc šos paneļus izmanto reti.

Rīgas elektromašīnbūves rūpnīcā tika izstrādātas vietējās gaisa nosūces caur perforētu grīdu (10.6. zīm.) darba vietām, kurās metina liela izmēra detaļas un kur ceļamkrānu darbības dēļ nevar ierīkot parastās nosūces ar gaisa novadišanu uz sāniem vai augšu.¹ Ipatnējais gaisa daudzums no 1 m² perforētās grīdas ir 2200 m³/(m².h). Perforāciju veido caurumiņi ar diametru 25 mm, kuri izvietoti diagonālās rindās 50 mm attālumā cits no cita.

¹ Криван Н. А., Кигур Ю. Н. Опыт проектирования и наладки местных отсосов вентиляционных систем на заводе РЭЗ. Р., Латинти, 1967, с. 16.

4. BORTA NOSŪCES

Borta nosūces lieto kaitīgo vielu uztveršanai no galvaniskām u. c. vannām, ja pēc tehnoloģijas prasībām vannas virsmai jābūt vajējai. Borta nosūces plaši lieto galvaniskos cehos pie kodināšanas, attaukošanas, hromēšanas, nikelēšanas u. c. procesiem.

Borta nosūces iedala *vienpusējās* un *divpusējās*. Vienpusējās borta nosūces lieto, ja vannas platums mazāks par 700 mm, platākām vannām ierīko divpusējas borta nosūces.

Borta nosūces sauc par *vienkāršām*, ja atvēruma plakne vērtikāla, un par *apgrieztām*, ja atvēruma plakne limeniska un pagriezta pret vannas šķiduma virsmu (10.7. zīm.).

Atvēruma platumu parasti pieņem 40–100 mm.

Gaisa daudzumu (m^3h), kas jānovada no borta nosūcēm, aprēķina pēc formulas:

$$L = \alpha \sqrt{t_s - t_g} x l s, \quad (10.9)$$

kur t_s , t_g — atbilstoši šķiduma temperatūra vannā un telpas gaisa temperatūra, $^{\circ}C$;

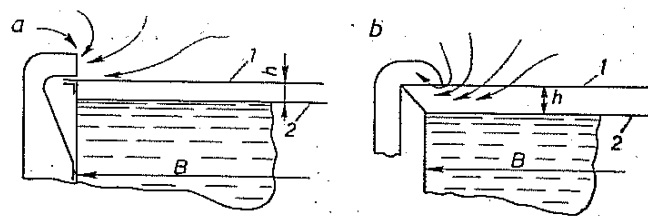
α — koeficients, kuru nosaka vannas platums, borta nosūces veids, kaitīgo vielu spektra augstums virs vannas virsmas k (10.2. tab.);

x — koeficients, kuru nosaka šķiduma līmeņa dziļums vannā (10.3. tab.);

l — vannas garums, m;

s — koeficients, kuru nosaka gaisa kustības ātrums telpā v_t , telpas gaisa un šķiduma temperatūru starpība $\Delta t = t_s - t_g$ un kaitīgo vielu spektra augstums virs vannas virsmas k (10.4. tab.).

Kaitīgo vielu spektra augstums k virs vannas virsmas raksturo šo vielu toksiskumu. Jo toksiskāka ir viela, jo mazākam jābūt k . Aprēķinos pieņem trīs kaitīgo vielu spektra augstumus: ļoti kaitīgām vielām $k=40$ mm (kodināšana slāpeklskābē, hromēšana, pārklāšana ar cianīdiem, anodēšana hrompikā, oksidēšana),



10.7. zīm. Borta nosūces shēma:

a — parasta borta nosūce; b — apgrieztā borta nosūce; 1 — vannas borts; 2 — šķiduma līmenis

10.2. tabula. Koeficients α atkarībā no vannas platuma B un kaitīgo vielu spektra augstuma k

Borta nosūces veids	k , mm	Vannas platums B , mm					
		500	600	700	800	900	1000
Vienkārša	40	730	1000	1300	—	—	—
Vienpusēja	80	530	800	1000	—	—	—
	160	400	600	800	—	—	—
Vienkārša	40	375	450	525	600	675	750
Divpusēja	80	285	350	400	455	520	575
	160	220	260	300	350	380	430
Apgriezta	40	680	900	1100	—	—	—
Vienpusēja	80	500	700	900	—	—	—
	160	400	530	690	—	—	—
Apgriezta	40	400	490	575	670	750	900
Divpusēja	80	300	375	455	540	600	680
	160	240	300	350	410	470	520

10.3. tabula. Koeficienta x vērtības

Borta nosūces veids	Šķiduma līmeņa dziļums vannā, mm			
	50	120	160	200
Vienkārša vienpusēja	1,0	0,95	0,89	0,82
Vienkārša divpusēja, ja B mm:				
500	1,0	1,4	1,9	2,7
750	1,0	1,25	1,52	2,0
1000	1,0	1,15	1,38	1,7
Apgriezta vienpusēja un divpusēja	1,0	0,9	0,8	0,7

10.4. tabula. Koeficienta s vērtības

Temperatūru starpība $\Delta t = t_s - t_g$	Kaitīgo vielu spektra augstums k , mm, ja $v_t = 0,2$ m/s			Kaitīgo vielu spektra augstums k , mm, ja $v_t = 0,4$ m/s		
	40	80	160	40	80	160
Vienpusēja vienkārša un apgrieztā borta nosūce						
20	1,07	1,10	1,14	1,19	1,25	1,32
40	1,05	1,077	1,11	1,15	1,2	1,26
60	1,03	1,052	1,08	1,11	1,15	1,2
Divpusēja vienkārša borta nosūce H-80						
20	1,4	1,525	1,65	1,8	2,15	2,55
40	1,31	1,4	1,51	1,63	1,95	2,23
60	1,22	1,3	1,37	1,46	1,65	1,9
Divpusēja apgrieztā borta nosūce						
20	1,08	1,12	1,16	1,23	1,36	1,53
40	1,05	1,09	1,12	1,13	1,28	1,42
60	1,038	1,06	1,08	1,12	1,20	1,31

kaitīgām vielām $k=80$ mm (kodināšana sālsskābē un sērskābē, dekapēšana ciānkālijā un hrompikā, elektriskā attaukošana, amalgamešana), pārējām vielām $k=160$ mm.

Piemērs. Noteikt gaisa daudzumu, kas jānosūc no hromēšanas vannas, kuras platums ir 0,6 m un garums 1,3 m. Elektrolīta temperatūra $t_s=75^\circ\text{C}$, gaisa temperatūra $t_g=23^\circ\text{C}$, un gaisa kustības ātrums telpā $v_t=0,4$ m/s.

Atrisinājums. Izvēlamies vienkāršu vienkāršo borta nosūci. Kaitīgo vielu spektra augstums $k=40$ mm, šķiduma līmeņa dziļums vannā $H=200$ mm.

Nosakām temperatūru starpību telpas gaisam un elektrolītam:

$$\Delta t = 75 - 23 = 52 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Pēc 10.2., 10.3., 10.4. tabulas atrodam $\alpha=1000$, $x=0,82$, $s=1,12$.

Pēc formulas 10.9 nosakām no vannas nosūcamā gaisa daudzumu

$$L = 1000 \sqrt[3]{52 \cdot 0,82 \cdot 1,3 \cdot 1,12} = 4450 \text{ (m}^3\text{/h)}.$$

Efektīvs pasākums cīņā pret kaitīgo vielu izplatīšanos galvaniskajos cehos ir vannu virsmas noklāšana ar peldošām lodītēm, kuras izgatavotas no skābju un sārmu izturīgiem materiāliem, piemēram, no putupolistirola vai putupoliilorvinila.

Lodīšu diametru izvēlas 20—50 mm; šķīdumā iegremdējas apmēram 25—40% no lodītes. Lodītes peldot nosedz apmēram 80% šķīduma virsmas, tādā veidā samazinot tā iztvaikošanas intensitāti. Tehnoloģisko procesu lodītes netraucē, jo, iegremdējot detaļas vannā vai izņemot tās no vannas, lodītes viegli nobīdās sāņus.

Vannu virsmu noseģšana ar lodītēm ļauj ievērojami samazināt no borta nosūcēm novadamā gaisa daudzumu, piemēram, divpusējām vienkāršām borta nosūcēm no hromēšanas vannām par 40%, bet apgrieztām borta nosūcēm — par 20%.

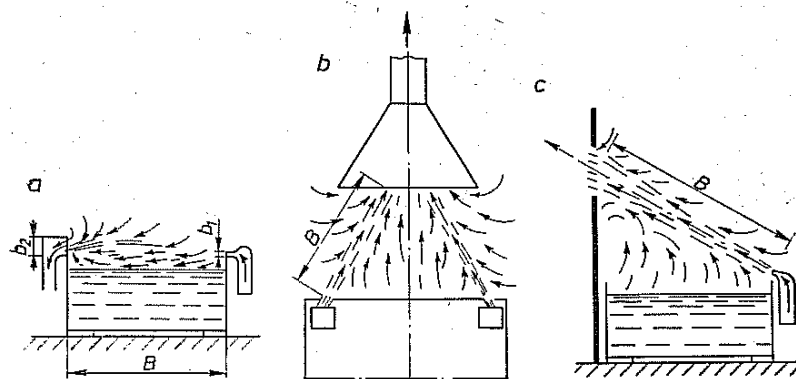
Vannām ar sālsskābes šķīdumu metāla kodināšanai, ar sārmu šķīdumu alumīnija kodināšanai un ķīmiskās attaukošanas vannām, lietojot lodītes, borta nosūces nav vajadzīgas, un to vietā ierīko vispārējās apmaiņas ventilācijas sistēmas.

5. AKTIVIZĒTĀS VIETĒJĀS NOSŪCES

Vietējās nosūces efektivitāti var paaugstināt, ierīkojot gaisa plūsmu nosūces atvērums virzienā. Šādas vietējās nosūces sauc par *aktivizētām* (10.8. zīm.).

Pieplūdes strūklai jāplūst caur kaitīgo vielu zonu, un tās virzienam jābūt vērstam uz nosūces atvēruma centru. Nosūcāmā gaisa daudzumam jāpārsniedz gaisa daudzums, kas pieplūst ar strūklu. Aktivizētā nosūce darbojas stabili, ja gaisa ātrums kritiskajā šķērsgriezumā, kur pieplūdes un nosūces strūklu iedarbība visvājākā, ir 1—2 m/s.

Pieplūdes atvēruma platumam jābūt ne mazākam par 5 mm, noplūdes atvēruma platumam — ne mazākam par 50 mm. Lai nerastos vilņi uz vannas šķiduma virsmas, pieplūdes gaisa āt-



10.8. zīm. Aktivizētās vietējās nosūces:

a — aktivizētā borta nosūce; b — aktivizētais dūmtveris; c — aktivizētā paneļa nosūce

rumu pieņem ne lielāku par 10 m/s. Aktivizētās borta nosūces nav ieteicams ierīkot, ja gaisa plūsma varētu tikt aizšķērsota ar detaļām un ja no vannām izdalās sevišķi indīgas vielas. Pēdējā gadījumā labāk vannu ir apgādāt ar parasto borta nosūci, kā arī ierīkot tai aizveramu vāku.

Aktivizēto nosūču aerodinamisko aprēķinu izdara pēc formulas, kas apkopotas 10.5. tabulā.

10.5. tabula. Aktivizēto vietējo spraugveida nosūču un pieplūdes atvērumu aprēķinu formulas

Aprēķināmais parametrs	Neierobežota pieplūdes strūkļa	Formulas №	Ierobežota pieplūdes strūkļa	Formulas №
Attālums no pieplūdes atvēruma līdz kritiskajam šķērsgriezumam	$x_{kr}=0,878B$	10.10	$x_{kr}=0,875B$	10.11
Platums, m; pieplūdes atvērumā	$b_1=0,131B \left(\frac{v_{min}}{v_1} \right)^2$	10.12	$b_1=0,066B \left(\frac{v_{min}}{v_1} \right)^2$	10.13
nosūces atvērumā	$b_2=0,202B \frac{v_{min}}{v_2}$	10.14	$b_2=0,101B \frac{v_{min}}{v_2}$	10.15
Gaisa daudzums, m ³ /h; pieplūdes atvērumā	$L_1=473Bl \frac{v_{min}^2}{v_1}$	10.16	$L_1=236Bl \frac{v_{min}^2}{v_1}$	10.17
nosūces atvērumā	$L_2=720Blv_{min}$	10.18	$L_2=364Blv_{min}$	10.19

Apzīmējumi:

- B — attālums starp nosūces un pieplūdes atvērumiem, m;
- l — pieplūdes un nosūces spraugu garums, m;
- v_1 — vidējais gaisa ātrums pieplūdes atvērumā, m/s;
- v_2 — vidējais gaisa ātrums nosūces atvērumā, m/s;
- v_{min} — minimālais gaisa ātrums kritiskajā šķērsgriezumā, m/s.

Piemērs. Aprēķināt aktivizēto borta nosūci galvaniskai vannai, kuras platums $B=1,4$ m un garums $l=2,4$ m.

Atrisinājums. Atvērumus gaisa nosūkšanai un padevei paredzam ierīkot gar vannas garākajām malām — $l=2,4$ m. Attālums no pieplūdes atvēruma līdz kritiskam šķēsgriezumam (formula 10.11)

$$x_{kr}=0,875 \cdot 1,4=1,23 \text{ (m)}.$$

Gaisa ātrumu kritiskajā šķēsgriezumā izvēlamies $v_{min}=2$ m/s. Gaisa ātrumu pieplūdes atvērumā izvēlamies $v_1=5$ m/s. Pieplūdes atvēruma platums (formula 10.13)

$$b_1=0,066 \cdot 1,4 \left(\frac{2}{5}\right)^2=0,015 \text{ (m)}.$$

Gaisa nosūkšanas ātrumu pieņemam $v_2=(2-3)v_{min}=5$ (m/s). Noplūdes atvēruma platumu nosakām pēc formulas (10.15):

$$b_2=0,101 \cdot 1,4 \cdot \frac{2}{5}=0,057 \text{ (m)}.$$

Nosūcamā gaisa daudzumu aprēķinām pēc formulas (10.19):

$$L_2=364 \cdot 1,4 \cdot 2,4 \cdot 2=2440 \text{ (m}^3/\text{h)}.$$

Pieplūdes gaisa daudzumu aprēķinām pēc formulas (10.17):

$$L_1=236 \cdot 1,4 \cdot 2,4 \cdot \frac{(2)^2}{5}=634 \text{ (m}^3/\text{h)}.$$

6. AVĀRIJAS VENTILĀCIJA

Telpās, kur avārijas gadījumā, lielos daudzumos var izdalīties indīgas degamas vai sprādzienbīstamas vielas, papildus parastai ventilācijai jāparedz noplūdes avārijas ventilācija. Šim nolūkam parasti telpas augšējā zonā uzstāda aksiālos ventilatorus, kurus var iedarbināt no blakustelpām, kur nav kaitīgo izdalījumu. Gaisa daudzumu avārijas ventilācijai parasti aprēķina, lai nodrošinātu telpā avarējuma gadījumā gaisa apmaiņu.

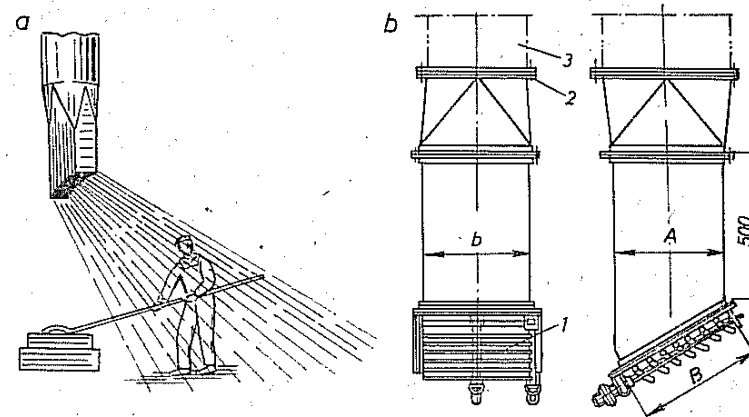
Avārijas ventilācijai organizētu pieplūdi neparedz. Negatīvā gaisa bilance samazina iespēju kaitīgām vielām pārplūst uz citām blakustelpām.

Kaitīgo vielu koncentrācija gaisā, kuru novada avārijas ventilācija, var sasniegt ievērojamus lielumus, tāpēc gaisa izvadīšana atmosfērā jāparedz tā, lai kaitīgās vielas neiekļūtu blakusējās.

Ja avārijas gadījumā var izdalīties degamas vai sprādzienbīstamas vielas, avārijas ventilācijas iekārtām jābūt sprādziendrošā izpildījumā.

7. GAISA DUŠAS UN OĀZES

Par gaisa dušu sauc gaisa strūklu, kas virzīta uz darba vietu vai uz cilvēku, lai radītu tam atvēsināšanas efektu vai samazinātu kaitīgo vielu koncentrāciju līdz pieļaujamai normai (10.9. zīm. a).



10.9. zīm. Gaisa dušas:

a — kopskats; b — V. Baturina konstrukcijas dušas uzgalis; 1 — pagriežamas žalūzijas; 2 — šarnīrs; 3 — gaisa vads

Atšķirībā no vispārējās ventilācijas, kurai jārada vienādi gaisa apstākļi visā telpā, gaisa dušu uzdevums ir nodrošināt noteiktus gaisa parametrus tikai telpas daļā (pastāvīgās darba vai atpūtas vietās, vadības pulsts zonā u. c.).

Visplašāk gaisa dušas lieto karstajos cehos, kur tās jāierīko, ja siltuma starojuma intensitāte ir $\geq 300 \text{ kcal/(m}^2/\text{h)}$ (350 W/m^2). Gaisa dušas iekārto arī cehos ar atklātiem tehnoloģiskiem procesiem, kuros izdalās indīgas gāzes vai tvaiki un kurus nevar apgādāt ar vietējām nosūcēm.

Gaisa dušas var būt *stacionāras* vai *pārvietojamās*. Pēdējās parasti izmanto recirkulācijas gaisu, kuru pievada ar aksiālo ventilatoru. Šādas visvienkāršākās gaisa dušas uztur darba vietās paaugstinātu gaisa kustības ātrumu, tādā veidā radot strādājošiem atvēsināšanas efektu. Ja nevar sasniegt nepieciešamos rezultātus, paaugstinot gaisa kustības ātrumu, gaisu atdzesē, izsmidzinot gaisa strūklu ļoti sīkus ūdens pilienīņus, kuri iztvaikojoši adiabātiski atdzesē gaisu.

Stacionārajās gaisa dušās izmanto āra gaisu, kuru aukstajā gadalaikā sasilda kaloriferā, bet karstajā — atdzesē mitrināšanas kamerā. Gaisu darba vietām pievada caur speciāliem pagriežamiem uzgaļiem ar kustīgām žalūzijām, ar kurām strādājošais pēc vajadzības var mainīt strūklu virzienu. 10.9. zīm. b attēlots šāds V. Baturina konstrukcijas uzgalis. Stacionārās gaisa dušu sistēmas līdzīgas mehāniskām pieplūdes ventilācijas sistēmām.

Gaisa dušu aprēķina pamatā ir pieplūdes gaisa strūklu plūsmas likumsakarības (skatīt 2. nodaļu).

Aprēķinot gaisa dušas, jānosaka no dušas uzgaļa izejošā gaisa ātrums, uzgaļa izmēri, gaisa daudzums un tā parametri. Parasti ir zināma gaisa temperatūra un ātrums darba vietās (10.6. tab.). Attālumu no uzgaļa līdz darba vietai x un uzgaļa augstumu virs grīdas h izvēlas atkarībā no konstruktīviem un tehnoloģiskiem apsvērumiem, parasti $x=1,2-2,0$ m, $h=1,9-2,3$ m. Strūklas šķērsriezuma diametru d_x nosaka pēc formulas:

$$d_x = 6,8(ax + 0,145d_0), \quad (10.20)$$

kur a — turbulentās struktūras koeficients (2.2. tab.);
 x — attālums no darba vietas līdz uzgalim, m;
 d_0 — uzgaļa diametrs, m.

Gaisa plūsmas ātrumu uzgalī nosaka pēc formulas:

$$v_0 = \frac{v_{d.v.}}{B} \left(\frac{ax}{d_0} + 0,145 \right), \quad (10.21)$$

kur $v_{d.v.}$ — gaisa ātrums darba vietā, m/s;
 B — koeficients, kuru nosaka pēc grafika (10.10. zīm.).

Gaisa temperatūru pie uzgaļa izejas nosaka pēc formulas:

$$t_0 = t_{ap} - \frac{t_{ap} - t_{d.z.}}{c} \left(\frac{ax}{d_0} + 0,145 \right), \quad (10.22)$$

kur t_{ap} — apkārtējā gaisa temperatūra cehā, °C;
 $t_{d.z.}$ — gaisa temperatūra darba zonā, °C;
 c — koeficients, kuru nosaka pēc grafika (10.10. zīm.).

10.6. tabula. Gaisa temperatūra un kustības ātrums v gaisa dušām

Ģadalaiks	Darba kategorija	Siltuma izstarošanas intensitāte, kcal/(m²h)							
		300—600		600—1200		1200—1800		1800—2400	
		$t, ^\circ\text{C}$	$v, \text{m/s}$	$t, ^\circ\text{C}$	$v, \text{m/s}$	$t, ^\circ\text{C}$	$v, \text{m/s}$	$t, ^\circ\text{C}$	$v, \text{m/s}$
Siltā (ārā gaisa temperatūra 10 °C un augstāka)	vieglis	22—24	0,5—1,0	21—23	0,7—1,5	20—22	1,0—2,0	19—22	2,0—3,0
	vidēji	21—23	0,7—1,5	20—22	1,5—2,0	19—21	1,5—2,5	18—21	2,0—3,5
Aukstā (ārā gaisa temperatūra zemāka par 10°)	smags	20—22	1,0—2,0	19—21	1,5—2,5	18—20	2,0—3,0	18—19	3,0—3,5
	vieglis	22—23	0,5—0,7	21—22	0,5—1,0	20—21	1,0—1,5	19—22	1,5—2,0
	vidēji	21—22	0,7—1,0	20—21	1,0—1,5	19—20	1,5—2,0	19—21	2,0—2,5
	smags	20—21	1,0—1,5	19—20	1,5—2,0	18—19	2,0—2,5	18—19	2,5—3,0

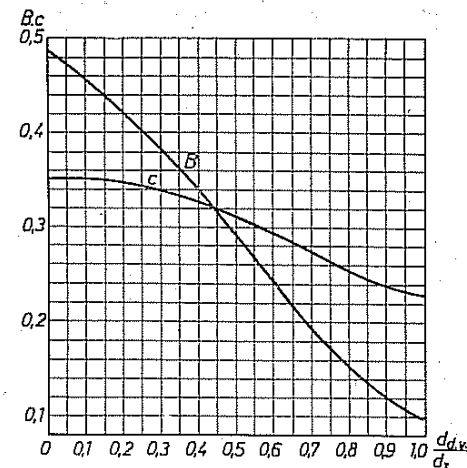
Piemērs. Aprēķināt gaisa dušu darba vietai, kuras izmēri ir 1×1 m. Gaisa ātrumam darba vietā jābūt $v_{d.v.} = 2,5$ m/s, temperatūrai $t_{d.v.} = 26$ °C; ārējā gaisa temperatūra $t_a = 20$ °C, gaisa temperatūra cehā $t_{ap} = 30$ °C. Dušas uzgaļa attālums no darba vietas $x = 2,0$ m.

Atrisinājums. Izvēlamies V. Baturina konstrukcijas dušas uzgali ar izmēriem $A \times B = 270 \times 400$ mm. Pēc tabulas atrodam turbulentās struktūras koeficientu $a = 0,12$.

Uzgaļa ekvivalentais diametrs

$$d_0 = 1,13 \sqrt{AB} = 1,13 \sqrt{0,27 \times 0,4} = 0,371 \text{ (m)}.$$

10.10. zīm. Grafiks koeficienta B un c noteikšanai



Strūklas šķērsriezuma diametrs

$$d_x = 6,8(0,12 \cdot 2 + 0,145 \cdot 0,371) = 2 \text{ (m)}.$$

$$\text{Attiecība } \frac{d_{d.v.}}{d_x} = \frac{1}{2}.$$

Pēc grafika (10.10. zīm.) nosakām koeficientus $B = 0,29$ un $c = 0,31$.
 Nosakām strūklas sākuma ātrumu (10.21. formula)

$$v_0 = \frac{2,5}{0,29} \left(\frac{0,12 \cdot 2,0}{0,371} + 0,145 \right) = 6,82 \text{ (m/s)}.$$

Gaisa daudzums, kas jāpievada uzgalim,

$$L_0 = 0,4 \cdot 0,27 \cdot 6,82 \cdot 3600 = 2650 \text{ (m}^3/\text{h)}.$$

Nepieciešamā gaisa sākuma temperatūra pie dušas uzgaļa izejas

$$t_0 = 30 - \frac{30 - 26}{0,31} \left(\frac{0,12 \cdot 2,0}{0,371} + 0,145 \right) = 19,8^\circ.$$

Kā redzam, ārējo gaisu var lietot bez atdzesēšanas.

Par gaisa oāzi sauc telpas daļu, kas norobežota no pārējās telpas ar ~ 2 m augstām sienām, kuras pievada tīrāku un vēsāku gaisu nekā visā telpā.

Gaisa oāzes ierīko karstajos cehos vietās, kur dežurē vai atpūšas apkalpojošais personāls, piemēram, elektrostaciju mašīnzālēs.

8. GAISA AIZKARI

Gaisa aizkarus plaši lieto cīņai ar ārējā gaisa ieplūšanu telpās caur ārējām durvīm un vārtiem ziemas laikā, kurus darba procesā nepieciešams bieži atvērt. Gaisa aizkari ļauj uzturēt telpās nepieciešamos meteoroloģiskos parametrus un ievērojami samazināt siltuma patēriņu telpu apkurei.

Saskaņā ar celtniecības noteikumiem gaisa aizkari jāierīko rūpnīcās pie ārējām durvīm, ja tās atver biežāk nekā 5 reizes minūtē vai tur atvērtas ilgāk par 40 minūtēm stundā un ja āra gaisa aplēses temperatūra saskaņā ar parametriem B ir -15° un zemāka.

Gaisa aizkari jāprojektē tā, lai durvju atvēršanas laikā telpu gaisa temperatūra pastāvīgajās darba vietās nebūtu zemāka par $+14^{\circ}\text{C}$, ja izpilda vieglu fizisku darbu, $+12^{\circ}\text{C}$, ja izpilda vidēji smagu darbu, $+8^{\circ}\text{C}$, ja izpilda smagu darbu. Ja durvju tuvumā nav pastāvīgu darba vietu, gaisa temperatūras pazemināšanās durvju rajonā pieļaujama līdz $+5^{\circ}\text{C}$.

Gaisa aizkars darbojas šādi: gaisu no telpas augšējās daļas ar ventilatoru izpūš no spraugas, kas ierīkota zem noteikta leņķa pret durvju plakni, tādā veidā radot šķērsli ārējā gaisa ieplūšanai telpā (10.11. zīm.). Gaisa ātrums ir 10–15 m/s.

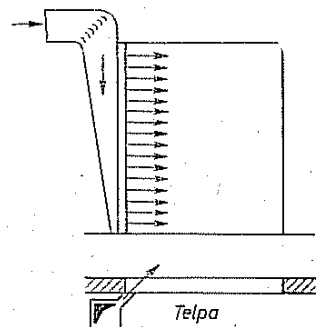
Atkarībā no aizkara spraugas novietojuma attiecībā pret durvīm izšķir *vienpusējus* un *divpusējus* sānu aizkarus un *grīdas* aizkarus. Grīdas aizkari ir efektīvāki un ekonomiskāki par sānu aizkariem, bet to ekspluatācija sarežģītāka, jo sprauga bieži aizsērē ar dubļiem un putekļiem, kas tiek ienesti ar apaviem vai automobiļu riepām. Dubļiem žūstot, gaisā pacēlas putekļi, tāpēc sanitāri higiēniskie apstākļi durvju zonā ar grīdas aizkariem ir sliktāki nekā ar sānu aizkariem. Šo iemeslu dēļ grīdas aizkarus lieto reti.

Gaisa aizkariem parasti izmanto neuzsildītu telpas gaisu. Ja telpā nav pieļaujamās gaisa recirkulācijas, gaisa aizkariem pievada āra gaisu, iepriekš sasildot to kaloriferos (siltā gaisa aizkari).

Gaisa aizkari sabiedriskās un palīgējās atšķiras no gaisa aizkariem ražošanas ēkās.

Sajās ēkās gaisa aizkarus pie ārējām durvīm ierīko, ja caur tām stundā iziet 600 un vairāk cilvēku (teātri, veikali, metro utt.).

Sabiedriskajās un palīgējās pie durvīm parasti ierīko vējtverus. Gaisa aizkaram šajā gadījumā jārada virsspiediens vējtverī, kā arī jāsa-



10.11. zīm. Gaisa aizkars pie ārējām durvīm

silda ieplūstošais āra gaiss. Gaisu pievada caur atvērumiem durvju tuvumā (atvērumu augstums sasniedz 1,2 m) ar ātrumu 4–5 m/s.

Gaisa aizkarus sabiedriskās un palīgējās aprēķina sekojoši. Gaisa daudzumu (kg/h), kas ieplūst caur durvīm, nosaka pēc formulas:

$$G_{\text{iep}} = 3600 \cdot k F \mu \sqrt{9,81 (h_{k.t.} + 2h_{st} - h_d)} (\gamma_a - \gamma_t) \gamma_a, \quad (10.23)$$

kur k — korekcijas koeficients, kurš raksturo durvju konstrukciju, izejošo cilvēku skaitu un gaisa iesūkšanas vietu (ja caur durvīm iziet 1000 cilvēku stundā un gaisu ņem no vestibila, $k=0,29-0,43$);

F — ārējo durvju laukums, m^2 ;

μ — gaisa caurplūdes koeficients, kuru nosaka ieejas konstrukciju un durvju skaits tajā, parastām durvīm $\mu=0,7$, divkārsām durvīm ar vējtveri $\mu=0,65$, rotējošām durvīm $\mu=0,1$;

$h_{k.t.}$ — kāpņu telpas augstums, m;

h_{st} — viena stāva augstums, m;

h_d — durvju augstums, m;

γ_a, γ_t — āra un telpas gaisa blīvums, kg/m^3 .

Gaisa daudzumu (kg/h), kas jāpievada aizkaram, nosaka pēc formulas:

$$G_{\text{aiz}} = G_{\text{iep}} \frac{t_t - t_a}{t_{\text{aiz}} - t_t}, \quad (10.24)$$

kur t_t, t_a — telpas un āra gaisa temperatūra, $^{\circ}\text{C}$;

t_{aiz} — temperatūra gaisam, kuru pievada aizkaram, $^{\circ}\text{C}$.

Siltuma daudzums (kcal/h) gaisa aizkaram, ņemot gaisu no telpas,

$$Q_{\text{aiz}} = 0,24 \cdot G_{\text{aiz}} (t_{\text{aiz}} - t_t). \quad (10.25)$$

Piemērs. Aprēķināt gaisa aizkaru ieejai sabiedriskā ēkā, caur kuras ārdurvīm stundā iziet 1000 cilvēku. Ieejai ir divkārsās durvis un vējtveris. Durvju augstums $h_d=2,5$ m, laukums $F=2,0$ m^2 , stāva augstums $h_{st}=3,0$ m, kāpņu telpas augstums $h_{k.t.}=20$ m.

Gaisa parametri: $t_a=-20^{\circ}\text{C}$, $\gamma_a=1,396$ kg/m^3 , $t_t=16^{\circ}\text{C}$, $\gamma_t=1,22$ kg/m^3 .

Atrisinājums. Izvēlamies korekcijas koeficientu $k=0,38$ un caurplūdes koeficientu $\mu=0,65$. Aprēķinām gaisa daudzumu, kas ieplūst pa durvīm (formula 10.23):

$$G_{\text{iep}} = 0,38 \cdot 3600 \cdot 2 \cdot 0,65 \cdot \sqrt{9,81 (20 + 2 \cdot 3 - 2,5)} (1,396 - 1,22) \cdot 1,396 = 13\,400 \text{ (kg/h)}.$$

Gaisa daudzums, kuru pievada gaisa aizkaram,

$$G_{\text{aiz}} = 13\,400 \frac{16 + 20}{50 - 16} = 14\,200 \text{ (kg/h)}.$$

Siltuma patēriņš gaisa aizkaram

$$Q = 0,24 \cdot 14\,200 (50 - 16) = 116\,000 \text{ (kcal/h)}.$$

11. nodaļa

GAISA ATTĪRĪŠANA NO PUTEKĻIEM UN KAITĪGĀM VIELĀM

Sakarā ar straujo rūpniecības un transporta attīstību ievērojami pieaugusi atmosfēras gaisa piesārņošana ar putekļiem un gāzēm. Lai nodrošinātu nepieciešamo gaisa tīrību telpās, daudzos gadījumos pieplūdes gaiss pirms ievadišanas telpā jāattīra no putekļiem. Šim nolūkam izmanto dažādus gaisa attīrīšanas filtrus.

Ne mazāk svarīgs uzdevums ir novērst atmosfēras gaisa piesārņošanu ar putekļiem, kaitīgām gāzēm un tvaikiem, kurus atmosfērā izvada ventilācijas noplūdes sistēmas.

Galvenie pasākumi cīņā ar atmosfēras gaisa piesārņošanu:

a) kaitīgo vielu koncentrācijas samazināšana noplūdes sistēmu gaisā. To panāk, pilnveidojot tehnoloģiskos procesus, mehānizējot un automatizējot tos un hermetizējot iekārtu, tādā veidā samazinot kaitīgo vielu izdalīšanos tehnoloģisko procesu rezultātā;

b) noplūdes gaisa attīrīšana no kaitīgām vielām dažādos putekļu atdalītājos un filtros;

c) kaitīgo vielu izkliešana, novadot tās atmosfēras augstākajos slāņos un tādā veidā samazinot to koncentrāciju piezemes zonā.

Projektējot jaunas rūpnīcas, kā arī izstrādājot esošu rūpnīcu rekonstrukcijas projektus, jāparedz speciāla nodaļa, kurā izstrādāti pasākumi atmosfēras gaisa aizsardzībai pret piesārņošanu. Šajā nodaļā jābūt situācijas plānam, kurā uzrādītas visas ventilācijas un tehnoloģiskās sistēmas, kas kaitīgās vielas izvada atmosfērā, kā arī jābūt aprēķiniem, kas pamato, ka kaitīgo vielu koncentrācija atmosfēras gaisā rūpnīcas un apkārtējā teritorijā nepārsniedz maksimāli pieļaujamās normas.

Pasākumi cīņā ar atmosfēras gaisa piesārņošanu jāprojektē tā, lai kaitīgās vielas nepārsniegtu

a) apdzīvotu vietu atmosfēras gaisā — maksimālo vienreizējo koncentrāciju (11.1. tab.),

b) gaisā, kas iekļūst ēkās pa ventilācijas un pa gaisa ieplūdes atvērumiem ražošanas telpu darba zonā, — 30% no maksimāli pieļaujamās koncentrācijas (11.2. tabula).

11.1. tabula. Kaitīgo vielu maksimāli pieļaujamā koncentrācija apdzīvotu vietu atmosfēras gaisā (CH 245-71)

Vielas nosaukums	Maksimāli pieļaujamā koncentrācija, mg/m ³	
	maksimāla vienreizēja	diennakts vidēja
Amonjaks	0,2	0,2
Acetons	0,35	0,35
Benzols	1,5	0,8
Dihloretāns	2	1
Putekļi, netoksiski	0,5	0,15
Sēra anhidrīds	0,5	0,05
Metāliskais dzīvsudrabs	—	0,0003
Kvēpi	0,15	0,05
Etīlskābe	0,2	0,06
Fenols	0,01	0,01
Hlors	0,1	0,03

Noplūdes gaisa attīrīšanas efektivitātei jābūt tādai, lai atmosfērā izvadītā gaisa putekļu koncentrācija nepārsniegtu lielumus, kuri uzrādīti zemāk.

Noplūdes gaisu, kas satur putekļus mazākos daudzumos, kā uzrādīts augstāk, drīkst novadīt atmosfērā bez attīrīšanas.

Maksimāli pieļaujamā putekļu koncentrācija darba zonas gaisā, mg/m ³	Pieļaujamā putekļu koncentrācija gaisā, kuru izvada atmosfērā, mg/m ³
2 un mazāk	30
no 2 līdz 4	60
" 4 " 6	80
" 6 " 10	100

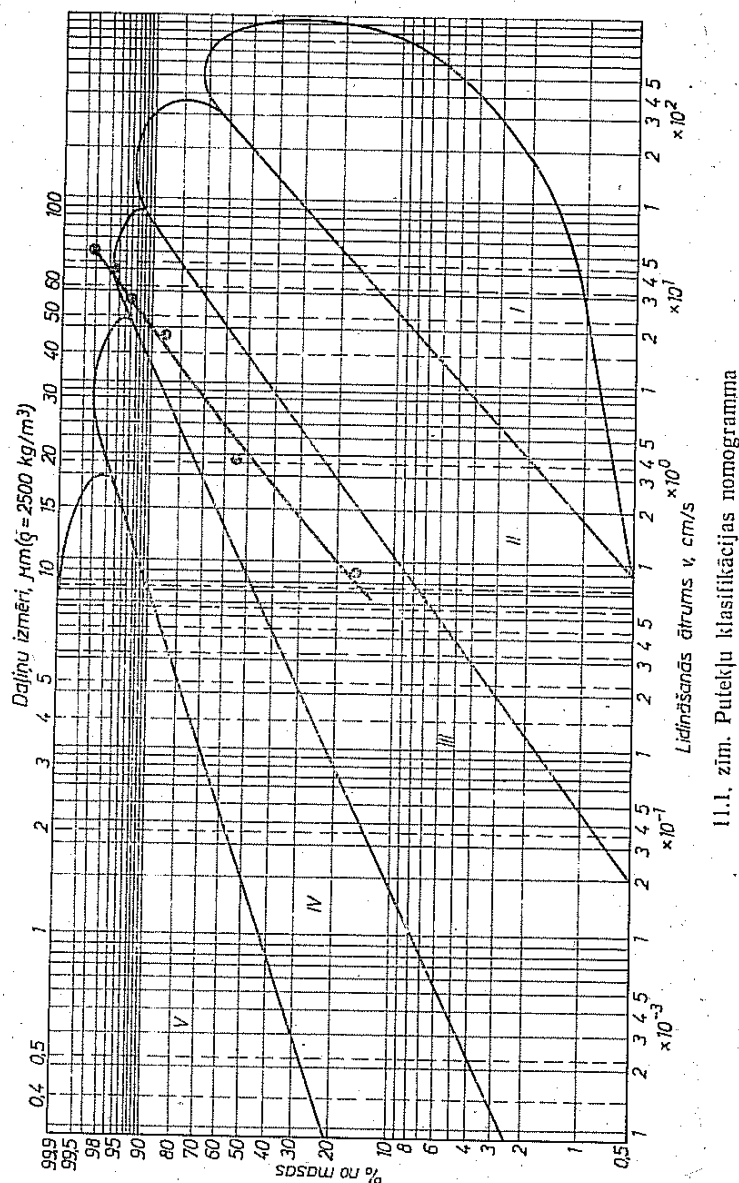
1. PUTEKĻU KLASIFIKĀCIJA

Par *putekļiem* sauc aerosolu (dispersa sistēmu), kas sastāv no cietām daļiņām ar izmēriem līdz 500 μm. Aerosolu sauc par *dūmiem*, ja tas satur cietas un šķidrās daļiņas, un par *miglu*, ja tas satur tikai šķidrās daļiņas.

Putekļus pēc daļiņu lieluma iedala šādās grupās:

- I — ļoti rupji dispersēti putekļi;
- II — rupji dispersēti putekļi (smiltis);
- III — vidēji dispersēti putekļi (portlandcements);
- IV — smalki dispersēti putekļi (maltais kvarcs);
- V — ļoti smalki dispersēti putekļi.

Putekļu klasifikācijas grupas noteikšanai A. Pirumovs [27] izstrādājis nomogrammu (11.1. zīm.).



11.1. zīm. Putekļu klasifikācijas nomogramma

Putekļu klasifikācijas grupu nosaka, konstruējot nomogrammu to dispersa sastāva grafiku. Grafiku konstruē, pamatojoties uz dispersa sastāva analīžu datiem, kurus izsaka «ar lidināšanās» ātrumu.

Par «lidināšanās» ātrumu sauc vertikālās gaisa plūsmas ātrumu, kurš ir vienāds ar putekļu daļiņu nosēšanās ātrumu. Pie šī ātruma putekļu daļiņas nenosēžas, bet «lidinās» gaisa plūsmā.

Piemērs. Noteikt tabakas putekļu klasifikācijas grupu, kuri izdalās papirosu izgatavošanas cehā. Putekļu dispersa sastāvs sniegts 11.2. tabulā.

11.2. tabula. Tabakas putekļu dispersa sastāvs

Frakciju izmēri, μm	<5	<10	<20	<30	<40	<50	>60
Lidīnāšanās ātrums, cm/s	0,9	0,9—3,7	3,7—18	18—28	28—48	48—70	70—92
Frakciju sastāvs	17	53	86	96	98	99,2	100

Atrisinājums. Uz nomogrammas (11.1. zīm.) uzzīmējam tabakas putekļu dispersa sastāva grafiku, no kura redzam, ka šie putekļi atbilst III klasifikācijas grupai.

2. PUTEKĻU ATDALĪTAJU KLASIFIKĀCIJA UN EFEKTIVITĀTE

Putekļu uztveršanas iekārtas pēc normām CHM11-Г5-62 iedala divās grupās: 1) pieplūdes un recirkulācijas gaisa attīrīšanas filtri ventilācijas un gaisa kondicionēšanas sistēmām; 2) putekļu atdalītāji noplūdes un aspirācijas sistēmām pirms gaisa izvadišanas atmosfērā.

Šāds iedalījums ir diezgan nosacīts, jo filtrus var izmantot arī noplūdes gaisa attīrīšanai un putekļu atdalītājus — pieplūdes gaisa attīrīšanai. Tāpēc putekļu atdalītājus un filtrus var iedalīt pēc to darbības principa. Putekļu uztvērējus pēc darbības principa iedala šādās grupās: gravitācijas putekļu atdalītāji (putekļu nosēšanās kameras), inerces putekļu atdalītāji (cikloni, skruberi, žāļuzijas, putekļu atdalītāji), kontakta filtri (kasešu, piedurkņu, eļļas filtri), elektrofilti, akustiskie putekļu atdalītāji.

Gaisa attīrīšanas efektivitāti η , %, no putekļu atdalītājiem aprēķina pēc formulas:

$$\eta = \frac{(s_1 - s_2) 100}{s_1}, \quad (11.1)$$

kur s_1, s_2 — putekļu koncentrācija gaisā pirms un aiz putekļu atdalītāja, mg/m³.

Putekļu atdalītāju efektivitāte galvenokārt atkarīga no putekļu sadalījuma pēc frakcijām. Tāpēc, lai novērtētu putekļu atdalītāja darbību, jāzina, cik efektīvi tas uztver katru putekļu frakciju.

Zinot putekļu sadalījumu pēc frakcijām, kopējo putekļu atdalīšanas efektivitāti (%) var noteikt pēc formulas:

$$\eta_r = \frac{\mu_1\eta_1 + \mu_2\eta_2 + \dots + \mu_n\eta_n}{100}, \quad (11.2)$$

kur $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$ — katras putekļu frakcijas daudzums, % no kopējās putekļu masas;

$\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_n$ — frakcijas putekļu atdalīšanas efektivitāte dotajam putekļu daļiņu izmēram, % no kopējās šo izmēru putekļu daļiņu masas.

Ja vajadzīgais attīrīšanas efekts sasniegts vienā putekļu atdalītājā, tad tādu attīrīšanu sauc par *vienpakāpju*. Ja putekļu koncentrācija gaisā ir liela, vienpakāpju attīrīšana bieži nevar nodrošināt nepieciešamo gaisa attīrīšanas efektivitāti. Šādos gadījumos aiz viena putekļu atdalītāja uzstāda otru; šādu attīrīšanu sauc par *divpakāpju*.

Divpakāpju attīrīšanas efektivitāti nosaka pēc formulas:

$$\eta = \eta_1 + \eta_2 - (\eta_1\eta_2), \quad (11.3)$$

kur η_1 un η_2 — attīrīšanas efektivitāte pirmās un otrās pakāpes putekļu atdalītājos.

Par *putekļietilpību* sauc maksimālo putekļu daudzumu, ko var uztvert putekļu atdalītājs.

3. PIEPLŪDES UN RECIRKULĀCIJAS GAISA ATTĪRĪŠANAS FILTRI

Izstrādāts daudz dažādu pieplūdes un recirkulācijas gaisa attīrīšanas filtru konstrukciju, kurās izmanto visdažādākos filtrējošos materiālus. Šos filtrus pēc gaisa attīrīšanas efektivitātes iedala 3 grupās (11.3. tabula).

11.3. tabula. Filtru klasifikācija pēc efektivitātes

Filtra grupa	Filtra uztvertā daļiņu izmēri, μm	Vidējā efektivitāte, attīrot atmosfēras gaisu, %
I	<1	99
II	>1	85
III	>10	60

I grupas (absolūtos) filtrus lieto gadījumos, ja tehnoloģiskā procesa norisei nepieciešams sevišķi tīrs gaiss. Šos filtrus izgatavo no smalkiem, sintētiskiem diedziņiem. II grupas filtri nodrošina gaisa attīrīšanu no daļiņām, kas lielākas par $1 \mu\text{m}$ un kas

varētu būt kaitīgas cilvēka organismam. Šos filtrus arī galvenokārt lieto tehnoloģisko procesu vajadzībām. II grupā ietilpst elektrofilti, kuros putekļu nosēšanās notiek elektrostatiskā lauka ietekmē. III grupas filtri attīra gaisu no samērā rupjām daļiņām, un tos lieto pieplūdes ventilācijas sistēmās, ja nav sevišķu prasību pēc gaisa tīrības. Šos filtrus izgatavo no diegiem, stikla šķiedras, metāliskiem vai viniplasta sietiem, speciāli apstrādāta putupoleuretāna utt. Lai aizturētu nosēdušos putekļus, dažreiz šos filtrus samērcē eļļā. Pēc konstrukcijas veida filtri var būt kasešu, kuros filtrējošo materiālu ievieto izņemamās kasetēs, ruļļa, kuros filtrējošo materiālu pārtin uz speciāla rāmja no viena ruļļa otrā, pašattīrošie, kuros filtrējošais materiāls pārvietojas pa vertikālu rāmi un viens tā gals novietots eļļas vannā.

11.4. tabulā sniegts pieplūdes un recirkulācijas gaisa attīrīšanas filtru raksturojums.

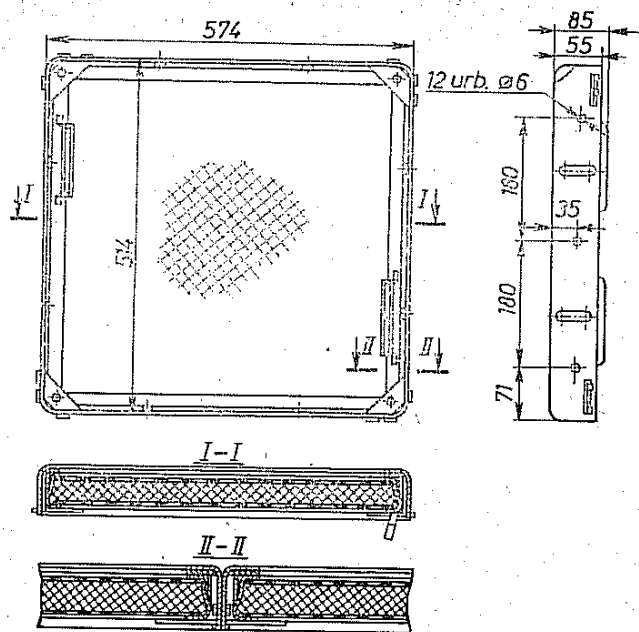
Sīkāk par I un II grupas filtriem, kā arī par pašattīrošajiem eļļas un ruļļu filtriem skatīt literatūru [27].

Kasešu filtri

Kasešu filtri sastāv no atsevišķām kasetēm, kuras pildītas ar filtrējošo materiālu un samontētas uz kopēja rāmja. Kasešu aizpildīšanai izmanto metāla vai viniplasta sietus, rašīga rinķus, metāla skaidas utt. Efektivitātes paaugstināšanai kasetes aizpilda

11.4. tabula. Pieplūdes un recirkulācijas gaisa attīrīšanas filtru raksturojums

Filtra marka	Filtra tips	Konstrukcija	Gaisa daudzums, $\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$	Sākuma pretestība, kG/m^2	Putekļu ietilpība, g/m^2	Efektivitātes grupa
<i>Sausi poru</i>						
ФЯЛ	diegu	kasešu	6000	10	430	I
ЛАНК	diegu	kasešu	150	14—48	—	I
ФРП	diegu	ruļļu	5000	10	1000	III
ФЯВ	sietu	kasešu	6000	6	2600	III
ФЯП	poru	kasešu	6000	7	350	III
<i>Samērcēti poru</i>						
ФРУ	diegu	ruļļu	8000	6	450	III
ФЯУ	diegu	kasešu	6000	4	570	III
ФШ	sietu	pašattīrošie	7000	8	—	III
ФЯР	aizkari	kasešu	6000	6	2300	III
ФЯВ	sietu	kasešu	6000	6	2600	III
<i>Elektrofilti</i>						
ФЭ	divzonu elektriskie	agregāta	7000	1	1500	II
ЭФ-2	divzonu elektriskie	agregāta	7000	1	1500	II



11.2. zīm. Unificētā Φя tipa filtra kasete

ar nevienāda izmēra sietiem. Piemēram, Reka tipa filtrā aizpildījumam izmanto 12 rindu šāda izmēra gofrētus sietus:

no 1. līdz 5. rindai sieta acs izmērs — 2,5 mm, stieples diametrs — 0,5 mm;

no 6. līdz 9. rindai sieta acs izmērs — 1,2 mm, stieples diametrs — 0,35 mm;

no 10. līdz 12. rindai sieta acs izmērs — 0,63 mm, stieples diametrs — 0,25 mm.

Lai nosēdušies putekļi netiktu aizpūsti, filtrējošos materiālus samērcē ar viscīna vai vārpstu eļļu.

Eļļas patēriņš vienas kasetes sietu samērcēšanai — 200 g.

Kasešu filtrus periodiski attīra no uztvertiem putekļiem: kasetes izņem no rāmja, filtrējošo materiālu mazgā 60—70 °C karstā 10% kaustiskās sodas šķīdumā, noskalo ar tīru, karstu ūdeni, no jauna samērcē eļļā un pēc liekās eļļas notecēšanas uzstāda rāmī. Rūpnīcās, kur ir daudz filtru, izmanto filtru mazgāšanas mašīnas.

Kasetes aizpilda arī ar stikla šķiedru un ar putupoliuretānu. Stikla šķiedru neregenerē, bet nomaina ar jaunu. Putupoliuretānu tīra, izmazgājot to ūdenī.

Krjukovas ventilatoru rūpnīca ražo Φя markas unificētos kasešu filtrus (11.2. zīm.) ar šādu raksturojumu (1 kasetei):

šķērsriezuma laukums — 0,22 m²;

caurplūstošā gaisa daudzums — 1540 m³/h;

attīrīšanas efektivitāte — 80%;

aerodinamiskā pretestība — 3—6 kG/m².

Vienas kasetes gabarīti — 514×514×55 mm. Kasetes rāmī montē vienā plaknē vai V veidā. Pēdējais kasešu novietošanas veids ļauj ievērojami samazināt filtra izmērus.

Kasešu filtrus izmanto gaisa attīrīšanai no smalkiem putekļiem, kuru sākuma koncentrācija nepārsniedz 5 mg/m³.

4. NOPLŪDES GAISA ATTĪRĪŠANAS PUTEKĻU ATDALĪTĀJI

Sausie inerces un gravitācijas putekļu atdalītāji

Putekļu nosēšanās kameras. Putekļu nosēšanās kamera ir visvienkāršākais rupjās gaisa attīrīšanas putekļu atdalītājs (11.3. zīm.). Putekļi tajās nosēžas gravitācijas spēku ietekmē. Sīku putekļu daļiņu nosēšanās ir diezgan lēns process, tāpēc, lai papildzinātu gaisa atrašanos kamerā, izvēlas mazu gaisa kustības ātrumu — $v = 0,1—0,6$ m/s. Šā iemesla dēļ kameras šķērsriezuma laukums ir desmitiem reižu lielāks nekā gaisa vada laukums.

Pieņemsim, ka kameras augstums ir h , garums l , platums B , gaisa kustības ātrums v_g un putekļu daļiņu nosēšanās ātrums v_p . Putekļu daļiņas nosēdīsies kamerā, ja tiks ievēroti šādi noteikumi:

$$\frac{h}{v_p} = \frac{l}{v_g} \quad (11.4)$$

Pēc formulas (11.4) nosakām putekļu nosēšanās kameras garumu (m):

$$l = \frac{v_g h}{v_p} \quad (11.5)$$

Redzam, ka kameras garums proporcionāls tās augstumam. Kameras garumu var samazināt, sadalot kameru vairākās horizontālās sekcijās.

11.3. zīm. b attēlota šāda kamera.

Putekļu nosēšanās kameru galvenie trūkumi ir lielie izmēri un ugunsbīstamība, attīrot sprādzienbīstamus vai degamus putekļus. Tāpēc mūsdienu ventilācijas sistēmās lielas putekļu nosēšanās kameras gandrīz nelieto.

Nelielas putekļu nosēšanās kameras dažreiz izmanto kā pirmās pakāpes putekļu atdalītājus aspirācijas sistēmās, ja nosūcamais gaiss satur daudz smagu liela izmēra putekļu frakciju.

Putekļu nosēšanās kameras aiztur putekļu daļiņas, kuru izmēri lielāki par $100 \mu\text{m}$ (I un II dispersa grupa), to attīrīšanas efektivitāte reti pārsniedz 40—60%.

Cikloni. Ciklonus lieto sausu, nelīpošu, rupju un vidēja izmēra (I, II un III dispersa grupas) putekļu atdalīšanai no gaisa.

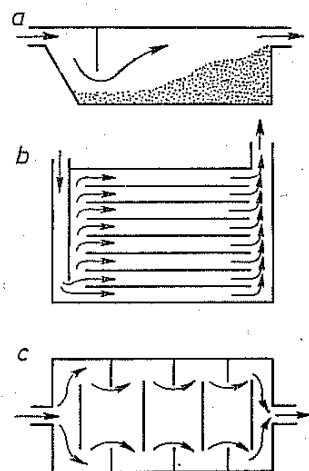
Ciklons (11.4. zīm.) sastāv no cilindra 1, konusa 3, attīrītā gaisa novadišanas caurules 2, kura aizsargāta pret atmosfēras nokrišņiem ar jumtiņu 4. Putekļainais gaiss ieplūst ciklonā tangenciāli. Cilindriskajā daļā tas virzās pa spirāli uz leju līdz koniskās daļas virsotnei un tālāk pa novadišanas cauruli tiek izvadīts no ciklona atmosfērā.

Putekļu daļiņas centrālās spēku iedarbībā piespiežas pie ciklona sienām un pašsvara ietekmē nobirst koniskajā daļā, no turienes uzkrājas speciālā bunkurā.

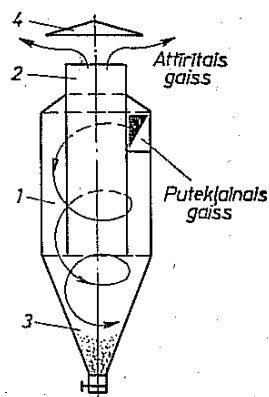
Putekļu atdalīšanas efektivitāte ciklonos atkarīga no gaisa ieejas ātruma, ciklona diametra un putekļu daļiņu izmēriem.

Ciklonu efektivitāte pieaug, palielinoties gaisa ieejas ātrumam, putekļu daļiņu izmēriem un samazinoties ciklona diametram. Tādēļ viena lielā ciklona vietā labāk uzstādīt divus vai vairākus mazākus. Nav vēlams lietot ciklonus, kuru diametrs pārsniedz 800—1000 mm. Gaisa plūsmas ātrumu ciklona ieejas atvērumā izvēlas robežās no 15 līdz 25 m/s. Ciklonu efektivitāte parasti sasniedz 80—90%.

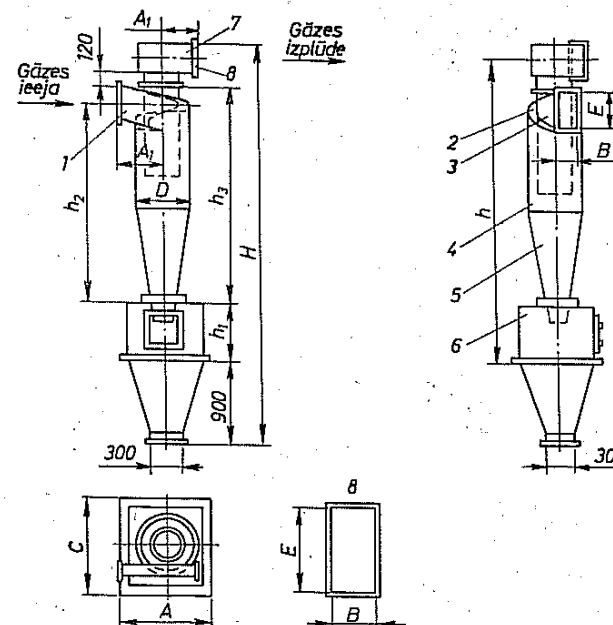
Viens no pirmajiem Padomju Savienībā ražotajiem cikloniem ir ЛИОТ tipa ciklons, kurš vēl patlaban diezgan bieži sastopams



11.3. zīm. Putekļu nosēšanās kameras:
a — tiešās darbības; b — plauktu;
c — labirinta



11.4. zīm. Ciklona shēma:
1 — cilindriskā daļa; 2 — novadcaurule; 3 — konusa daļa;
4 — kape



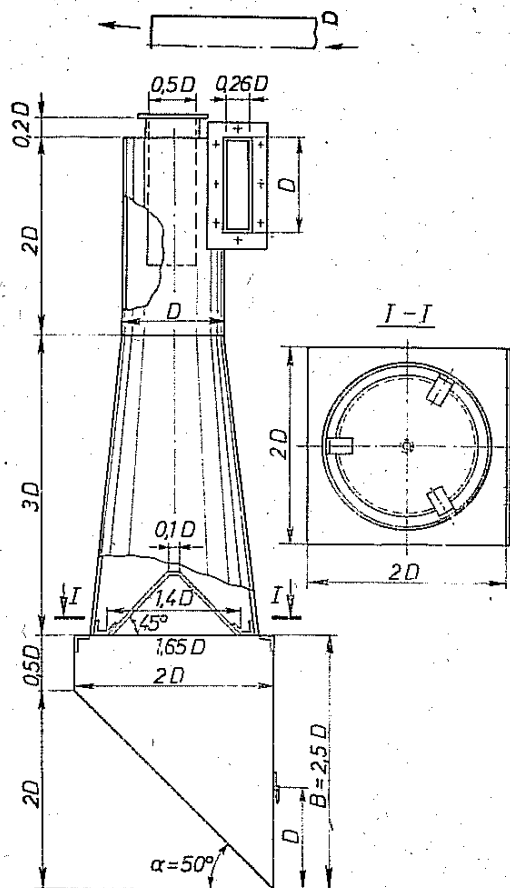
Izmēri, mm										
D	A	A ₁	C	B	E	H	h	h ₁	h ₂	h ₃
400	800	240	800	104	192	3452	2456	600	1271	1640
500	800	300	800	130	240	3910	2890	600	1838	2050
630	1240	378	1200	164	303	4804	3752	900	2318	2580
800	1240	480	1200	208	384	5584	4492	900	2941	3280

11.5. zīm. LIH-11 НИИОГАЗ tipa ciklons:

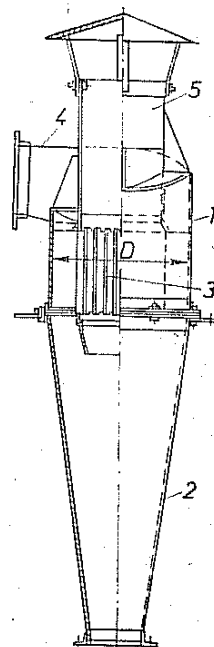
1 — ieejas caurule; 2 — vāks; 3 — izejas caurule; 4 — korpusa cilindriskā daļa;
5 — korpusa koniskā daļa; 6 — bunkurs; 7 — spirālvelds uzgalis; 8 — atloks
gāzes ieejas un izejas caurules plevienošana

rūpnīcās. Tam ir neliela aerodinamiskā pretestība ($\xi=4,2$), arī zema efektivitāte. Tāpēc tas nav ieteicams lietošanai.

Patlaban vieni no visekonomiskākajiem un visefektīvākajiem ir НИИОГАЗ tipa cikloni. Ventilācijas sistēmās galvenokārt lieto šī tipa cilindriskos ciklonus (LIH-11, LIH-15, LIH-24), kuriem ir gara koniskā daļa. Ļoti efektīvs ir ciklons LIH-11 (11.5. zīm.); nedaudz zemāka efektivitāte ir ciklonam LIH-15. Vietējās pretestības koeficienti ciklonam LIH-11 ir $\xi=6,1$ un LIH-15 — $\xi=7,6$. СДК-ЛИ-33 un СК-ЛИ-34 koniskiem cikloniem ir lielāka aerodinamiskā pretestība un arī augstāka attīrīšanas efektivitāte.



11.6. зīm. ВЦНИИОТ типа циклонс ar paplašinātu konusu

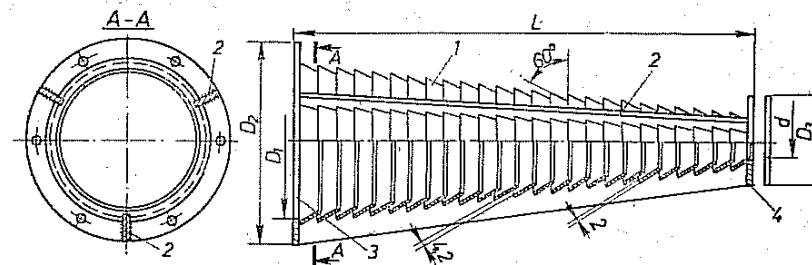


11.7. зīm. «Giprodrėvrom» типа циклонс:

1 — korpuss; 2 — konuss;
3 — separators; 4 — spirālvads; 5 — izmēšanas caurule

Lielu gaisa daudzumu attīrīšanai cilindriskos НИИОГАЗ типа циклонус apvieno grupās ar kopējo putekļu savākšanas bunkuru.

СИОТ типа циклонam cilindriskās daļas vispār nav, tā augstums ievērojami mazāks, bet diametrs lielāks nekā ciklonam ЦН-11. Šim ciklonam samērā ātri izdilst koniskā daļa, tāpēc tajā attīrīt gaisu, kas satur abrazīvus putekļus, neiesaka, bet ieteic to lietot šķiedrainu putekļu atdalīšanai (gumijas, plastmasas ebonīta utt.). Vietējās pretestības koeficients ciklonam СИОТ ir $\xi=6,0$. ВЦНИИОТ типа циклонam (11.6. зīm.) koniskā daļa uz leju ir paplašināta, tāpēc tā nekad neaizsērē un mazāk izdilst. Šo ciklonu var lietot abrazīvu un arī šķiedrainu putekļu atdalīšanai. Bet tam ir samērā liela aerodinamiskā pretestība ($\xi=10,5$).



11.8. зīm. Zalūzijas putekļu atdalītājs:

1 — tērauda gredzeni; 2 — balsti; 3 — konusa pamatne; 4 — konusa virsotne

«Giprodrėvrom» II типа циклон (11.7. зīm.) izstrādāts koka skaidu un putekļu atdalīšanai aspirācijas un pneimotransporta sistēmās kokapstrādes rūpnīcās. Šajā ciklonā gaiss papildus attīrās separatorā, kas uzstādīts pie ieejas izmēšanas caurulē. Vietējās pretestības koeficients tam ir $\xi=5,4$.

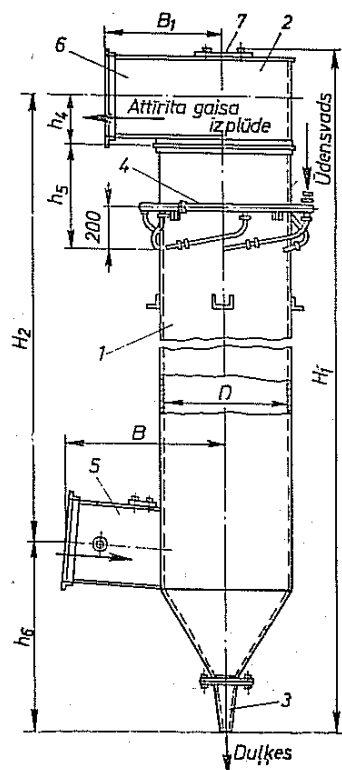
Zalūziju veida putekļu atdalītāji. Zalūziju veida putekļu atdalītājs (11.8. зīm.) sastāv no liela skaita konisku gredzenu 1, kuru diametrs pakāpeniski samazinās. Puteklainais gaiss ieplūst caur konusa pamatni 3 un izplūst pa spraugām starp gredzeniem, mainot kustības virzienu par 90° . Putekļu daļiņas inerces spēku ietekmē atsitas pret gredzenu virsmu un, atlecot no tās, turpina virzīties uz konusa virsotni 4. Caur gredzenu spraugām izplūst 92—95% no attīrāmā gaisa, pārējos 5—8% puteklainā gaisa caur konusa virsotni novada speciālā ciklonā, no kurienes pēc attīrīšanas no jauna ievada sistēmā. Putekļus no ciklona bunkura periodiski iztīra. Gaisa ātrumu ieejas atvērumā pieņem 15—25 m/s. Zalūziju veida putekļu atdalītāju efektivitāte sasniedz 86—97%, vieļējās pretestības koeficients $\xi=2$. Ciklona vietējās pretestības koeficients $\xi=3,6$.

Zalūziju veida putekļu atdalītāju ekspluatācija ir sarežģītāka par ciklonu ekspluatāciju, tāpēc tos kā patstāvīgus putekļu atdalītājus lieto reti. Biežāk tos izmanto cita veida putekļu atdalītājos kā vienu no attīrīšanas pakāpēm (piemēram, putekļu atdalītājā УСД ЛИОТ).

Mitrie putekļu atdalītāji

Putekļu daļiņu, kā arī virsmu, uz kurām nosēžas putekļi, mitrināšana ievērojami palielina inerces putekļu atdalītāju efektivitāti, vienkāršo atdalīto putekļu aizvākšanu, likvidē sprādzienu un ugunsgrēku iespēju.

Mitros putekļu atdalītājus lieto III un IV dispersa grupas putekļu uztveršanai. Vienlaikus ar putekļu atdalīšanu mitrie



Скрубера типс	Izmēri, mm							
	D	B	B ₁	H ₁	H ₂	h ₄	h ₅	h ₆
ЦБП-3	315	445	283	2434	1711	132	250	595
ЦБП-4	400	505	360	3014	2173	159	320	685
ЦБП-5	500	640	450	3684	2806	189	400	792
ЦБП-6	630	765	565	4554	3401	229	500	927
ЦБП-8	800	1025	720	5699	4305	282	640	1116
ЦБП-10	1000	1335	900	7044	5367	344	800	1336

11.9. зīm. Скруберс ЦБП:

1 — корпус; 2 — глечи; 3 — гидрослѣзис;
4 — колектор; 5 — иејас искаурале; 6 — иејас
искаурале; 7 — лѣка

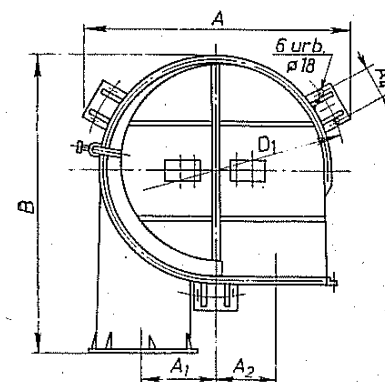
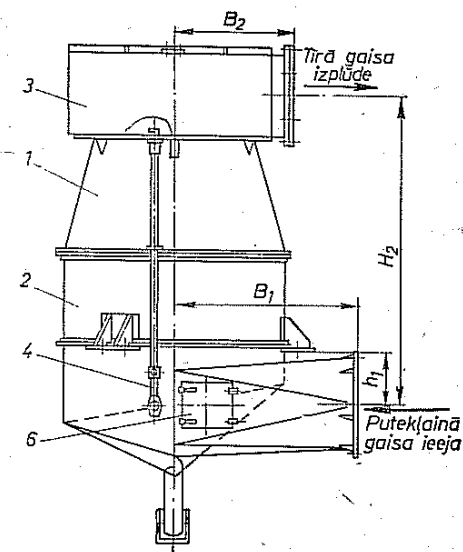
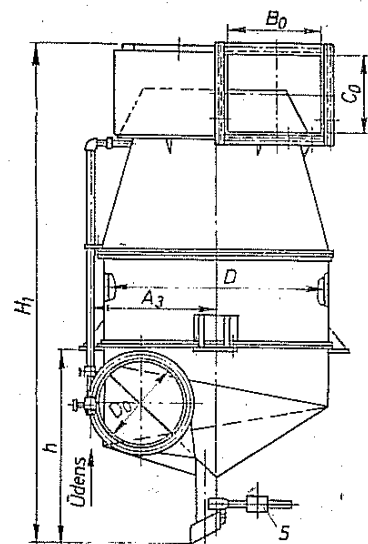
puteķļu atdalītāji var uztvert arī tvaika un gāzes veida komponentus.

Скрубера ЦБП. ЦБП марķас скрубера (11.9. зīm.) puteķļainais gaiss ieplūst tangenciāli pa gaisa pievadcauruli 5. Cilindriskajā korpusā 1 gaiss plūst no apakšas uz augšu spirālveidā; sakarā ar to puteķļu daļiņas centrālās spēku iedarbības rezultātā tiek atsviestas pie cilindra sienām. Caur kolektoru 4 скруберам pievada ūdeni, kas notek gar cilindra sienām un noskalo atdalītos puteķļus скрубера apakšējā koniskajā daļā, no kurienes tālāk caur гидрослѣзи 3 tos periodiski izpludina kanalizācijā.

Attīrīto gaisu novada caur augšējo gaisa plūsmas taisnotāju 2.

Скрубери ЦБП paredzēti puteķļainā gaisa attīrīšanai no jebkuriem necementējošiem puteķļiem pirms izvadišanas atmosfērā. Скруберus izvēlas pēc paredzētā gaisa daudzuma un pieļaujamās aerodinamiskās pretestības.

Скрубериem ir 2 izpildījumi: normālam gaisa ātrumam иејас



N ^o	Izmēri, mm															
	C ₀	B ₀	C ₀	D	D ₁	A	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	B	B ₁	B ₂	H ₄	H ₂	h
5	560	618	504	1344	1545	1552	448	366	784	180	1855	1125	725	3170	1900	1295
6	665	734	600	1596	1795	1800	532	435	910	180	2190	1335	850	3660	2255	1445
7	790	870	711	1896	2095	2085	632	517	1062	220	2590	1585	947	4250	2674	1632

11.10. зīm. Atргaitas puteķļu uztvērējs СНОТ:

1 — конисķais корпус; 2 — цилиндриķais корпус; 3 — гaisa plūsmas итalsnotājs;
4 — ūdens vads; 5 — aizvars; 6 — лѣка

caurulē $v=16-25,6$ m/s, un palielinātam gaisa ātrumam $v=32-44$ m/s. Palielinoties gaisa ātrumam, attīrīšanas efektivitāte pieaug, palielinās arī aerodinamiskā pretestība.

Skrubera aerodinamiskā pretestība normālam gaisa ātrumam ir $p=36-91,5$ kG/m² un palielinātam gaisa ātrumam $p=94-178$ kG/m². Šos skruberus ražo ar diametru 315—1000 mm.

Ātrgaitas mitrie putekļu atdalītāji ČHOT. Ventilācijas un aspirācijas sistēmās plaši lieto ČHOT tipa ātrgaitas mitros putekļu atdalītājus (11.10. zīm.).

Putekļainais gaiss šajā putekļu atdalītājā ieplūst no apakšas tangenciāli. Ūdeni caur ūdens sadalītāju pievada no augšas. Putekļi centrālās spēku iedarbības rezultātā tiek spiesti pie sienām, no kurienes ar ūdens strūklu tos noskalo koniskajā daļā un tālāk novada kanalizācijā.

Gaisa attīrīšanas vidējā efektivitāte šādiem putekļu atdalītājiem sasniedz 98—99%. Gaisa ātrumam ieejā jābūt 14—20 m/s (11.5. tabula).

11.5. tabula. ČHOT tipa ātrgaitas mitro putekļu atdalītāju raksturojums

Rādītāji	Putekļu atdalītāja numurs								
	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ieejas caurules diametrs, mm	560	665	790	940	1120	1330	1590	1880	2240
Gaisa daudzums, tūkst. m ³ /h, ja ieejas ātrums $v=14$ m/s	12,5	17,5	25	35	50	70	100	140	200
Tas pats, ja $v=20$ m/s	17,5	25	35	50	70	100	140	200	280
Ūdens patēriņš, m ³ /h	2	2,8	3,9	5,5	7,7	11,0	15,5	22	31

Aerodinamisko pretestību (kG/m²) nosaka pēc eksperimentālas formulas:

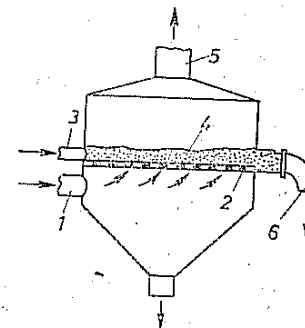
$$p=11v_0+73,$$

kur v_0 — gaisa ātrums ieejas caurulē, m/s.

ČHOT markas putekļu atdalītājus var izmantot jebkuru putekļu uztveršanai, izņemot cementējošos un šķiedrainos, ja putekļu sākuma koncentrācija gaisā ir ≤ 5000 kg/m³. Ja putekļu koncentrācija lielāka, jāparedz iepriekšējā putekļu attīrīšanas pakāpe.

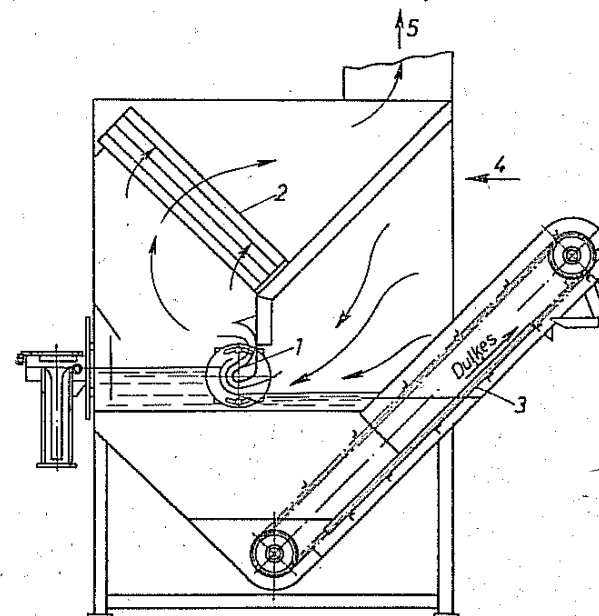
Putu putekļu atdalītāji. Putu putekļu atdalītājā (11.11. zīm.) putekļainais gaiss ieplūst pa cauruli 1 un virzās uz augšu caur restēm 2. Restēm 2 pa cauruli 3 pievada ūdeni, kur tas, sajaucoties ar caurplūstošo gaisu un putekļu daļiņām, izveido putu slāni 4. Putas ar uztvertiem putekļiem pār sliekšni novada caurulē 6.

11.11. zīm. Putu putekļu atdalītājs
1 — putekļainais gaiss; 2 — restes; 3 — ūdens vads; 4 — putu slānis; 5 — attīrītais gaiss; 6 — duļķes

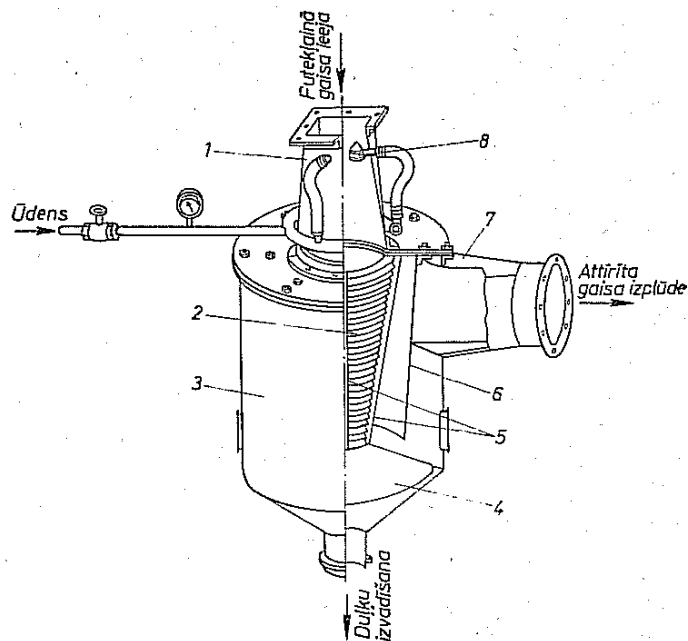


Optimālais putu slāņa biezums ir 80—100 mm, gaisa ātrums — 2—2,5 m/s. Īpatnējais ūdens patēriņš ir 0,2—0,3 kg/m³ uz attīrāmā gaisa 1 kubikmetru. Putu putekļu atdalītājus lieto gaisa attīrīšanai no hidrofobiem putekļiem (naftalīna, apatīta u. c.), ja to sākuma koncentrācija gaisā ir liela. Tie ir efektīvi, ja putekļu daļiņu izmēri ir 5—10 μm.

Dinamiskais, mitrais putekļu atdalītājs (rotoklons). Dinamiskais, mitrais putekļu atdalītājs (11.12. zīm.) sastāv no metāla korpusa, kurš ar starpsienu sadalīts divās daļās. Sieniņas aug-



11.12. zīm. Dinamiskais putekļu atdalītājs:
1 — impellers; 2 — separatoris; 3 — transportieris; 4 — putekļainais gaiss; 5 — attīrītais gaiss



11.13. zīm. Putekļu atdalītājs УСД-ЛИОТ:

1 — ieejas caurule; 2 — gredzeni; 3 — apvalks; 4 — konuss ūdens notecei; 5 — slēnis; 6 — ekrāns; 7 — izejas caurule; 8 — sprauslas

šējā daļā izveidots S veida kanāls (impelers) 1, caur kuru ar lielu ātrumu plūst putekļainais gaiss. Gaisa plūsma aizrauj līdzī ūdeni, kas iepildīts korpusa apakšējā daļā. Gaisa plūsma impelerā vairākas reizes maina kustības virzienu. Inerces spēku ietekmē putekļu daļiņas nosēžas uz ūdens pilieniem un mitrā impelera virsmas, no kurienes tās tiek noskalotas konusa apakšējā daļā un tālāk aizvāktas ar transportieri. Attīrītais gaiss plūst caur separatoru 2, kurā atdalās ūdens pilieni, un tālāk ar ventilatoru to izvada atmosfērā.

Rotoklons, ja putekļu koncentrācija gaisā ir liela (vidēja smalkuma hidrofilie putekļi), nodrošina attīrīšanas efektivitāti 95—99,9%. Šos putekļu atdalītājus ieteic lietot putekļainā gaisa attīrīšanai lietojēs, stikla fabrikās, aglomerācijas fabrikās, metalurģiskajās rūpnīcās.

Rīgas elektromašīnu rūpnīcā izstrādāja vairākus putekļu atdalītājus, kuri darbojas pēc dinamisko (rotoklonu) putekļu atdalītāju principa un nodrošina efektīvu gaisa attīrīšanu no putekļiem.¹

¹ Криван Н. А., Кнур Ю. Н. Эффективный вентиляционный пылеулавливающий агрегат. Р., ЛатИИТИ, 1964, с. 8.

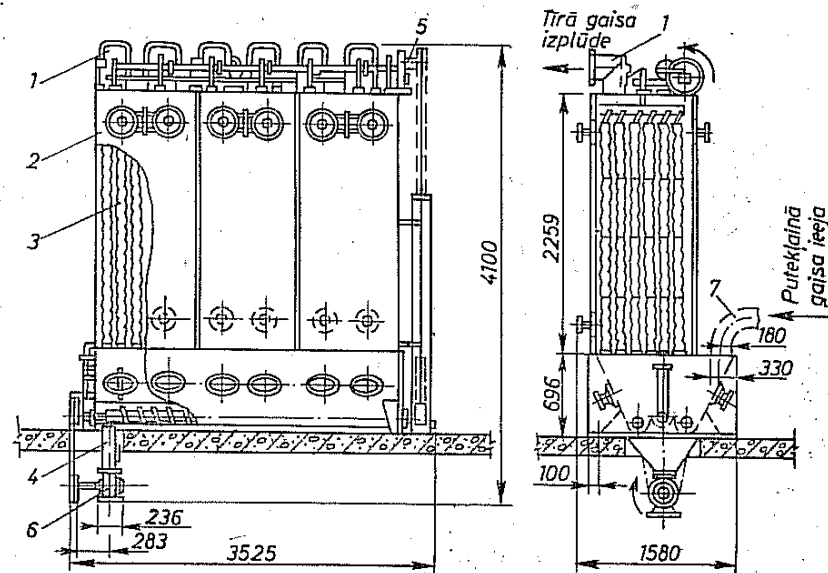
Putekļu atdalītājs УСД ЛИОТ. Putekļu atdalītājā УСД ЛИОТ (11.13. zīm.) iemontēti koniski gredzeni 2, kuru diametrs pakāpeniski samazinās, analogi žāļūzijas putekļu atdalītāja gredzeniem. Putekļainais gaiss ieejas caurulē 1 ieplūst ar ātrumu 14—16 m/s. Ieejas caurulē gaisu samitrina ar ūdeni, kuru izsmidzina no četrām sprauslām 8. Plūstot caur koniskajiem gredzeniem, gaiss sadalās sīkās strūkļiņās un maina kustības virzienu par 90°. Tāpēc putekļu daļiņas inerces spēku ietekmē ietriecas ūdens plēvē. Ūdens ar uztvertajiem putekļiem notek gar ekrānu 6 koniskajā daļā un tālāk kanalizācijā.

Ipatnējais ūdens patēriņš šim putekļu atdalītājam ir 0,25—0,50 kg/m³.

Putekļu atdalītājus УСД ЛИОТ lieto necementējošu un nešķiedrainu putekļu uztveršanai. Mazo izmēru un samērā lielā ražīguma dēļ šos putekļu atdalītājus izmanto nelielās telpās, kur citi putekļu atdalītāji lielo izmēru dēļ neiekļaujas.

Piedurkņu filtri

Rūpniecībā plaši izplatīti piedurkņu filtri (11.14. zīm.), kurus lieto smalku, sausu III, IV un V dispersa grupas putekļu atdalīšanai no gaisa (cementa, ogļu, koka, miltu, sodrēju utt.). Šie



11.14. zīm. Nosūces piedurkņu filtrs ФВ-90М:

1 — gaisa izejas vārsts; 2 — metālisks apvalks; 3 — piedurknes, Ф 135 mm; 4 — putekļu savācējs; 5 — elektrodzinējs; 6 — izejas vārsts; 7 — ieejas caurule

filtri ir ļoti efektīvi, ja sākuma putekļu koncentrācija gaisā nepārsniedz 5000 kg/m³. Ja putekļu koncentrācija ir lielāka, piedurkņu filtrus izmanto kā otro attīrīšanas pakāpi.

Gaisam plūstot caur filtrējošo materiālu, putekļu daļiņas nosēžas uz tā virsmas. Palielinoties putekļu slāņa biezumam, pieaug filtra aerodinamiskā pretestība. Tāpēc nosēdušies putekļi periodiski jāizvāc. To izdara, sakratot piedurknes ar speciālu mehānismu, kuram ir elektropievads, vai ar rokas kratīšanas ierīci. Filtrācijas efektivitāte lielā mērā atkarīga no filtrējošā materiāla kvalitātes un no putekļu tipa. Gludi kokvilnas vai sintētiskie materiāli samērā viegli laiž cauri putekļus, tie sāk pietiekami labi uztvert putekļus tikai pēc tam, kad uz materiāla virsmas sakrāties putekļu slānis, kas pats kalpo kā filtrs. Pūkainiem vilnas audumiem filtrējošās īpašības ir labākas, un to efektivitāte ir maz atkarīga no uzkrājušos putekļu slāņa. 11.14. zīm. parādīts piedurkņu ΦBM markas filtrs, kurš darbojas tikai tad, ja ir retinājums. 11.6. tabulā sniegti šo filtru tehniskie dati. Šie filtri jāuzstāda telpā ar gaisa temperatūru, pie kuras nav iespējama attīrāmā gaisa ūdens tvaiku kondensācija.

Pieļaujamais gaisa daudzums (slodze) uz filtrējošo materiālu virsmas atkarīgs no putekļu grupas, no to koncentrācijas gaisā, kā arī no filtrējošā materiāla īpašībām. Maksimāli pieļaujamie gaisa daudzumi caur filtrējošā materiāla 1 m² virsmu sniegti 11.7. tabulā.

11.6. tabula. Piedurkņu filtru ΦBM raksturojums

Filtru marka	Filtrējošās virsmas laukums, m ²	Piedurkņu skaits	Sekciju skaits	Aerodinamiskā pretestība p, kG/m ²	Putekļu attīrīšanas efektivitāte, %	Gabarītmēri, mm			Masa, kg
						garums	platums	augstums	
ΦBM-30	30	36	2	45,0	90—99	1435	1580	4100	900
ΦBM-45	45	54	3			1970	1580	4100	1210
ΦBM-60	60	72	4			2490	1580	4100	1460
ΦBM-90	90	108	6			3525	1580	4100	2000

11.7. tabula. Maksimāli pieļaujamais gaisa daudzums caur filtrējošā materiāla 1 m², m³/(m²h)

Filtrējošais audums	II, III putekļu grupa				IV, V putekļu grupa			
	putekļu koncentrācija gaisā, g/m ³				putekļu koncentrācija gaisā, g/m ³			
	<1	<5	<10	<20	<1	<5	<10	<20
Kokvilna, lavyāns, nitrons, audums 4 m, ILM	120—150	80—100	60—70	40—50	70—90	50—70	40—50	30—50
Stikla šķiedra	50—90	50—60	40—50	30—50	50—60	40—50	30—40	30—40

5. KAITĪGO VIELU IZKLIEDĒSANA ATMOSFĒRĀ

Kaitīgo vielu koncentrāciju rūpnīcu teritorijā un apdzīvotajās zonās var samazināt, izkliedējot netīro noplūdes sistēmu gaisu atmosfērā. Šim nolūkam ventilācijas sistēmu gaisu, kas satur kaitīgās vielas (gāzes, tvaikus, aerosolus), izvada pēc iespējas augstāk virs zemes virsmas, kur tas, sajaucoties ar tīro gaisu, izkliedējas plašākā teritorijā; tādā veidā kaitīgo vielu koncentrācija piezemes joslā samazinās.

Piesārņoto gaisu atmosfērā novada ar ventilācijas sistēmu gaisa vadiem, kurus parasti būvē augstāk par ēku jumtiem. Šim nolūkam izmanto arī speciālas šahtas vai skursteņus.

Pēdējā laikā noplūdes sistēmām lielo t. s. strūklu izplūdes atmosfērā, kur gaisu no gaisa vada vai šahtas izvada ar lielu ātrumu, tāpēc piesārņotais gaiss tiek izvadīts atmosfērā ievērojami augstāk par šahtas augstumu. Dažos gadījumos tas dod iespēju samazināt šahtas augstumu.

Lai palielinātu gaisa izejas ātrumu, gaisa vada galu apgādā ar konfuzoru un cilindrisku uzgali, kura šķērsgriezums mazāks par gaisa vada šķērsgriezumu (11.15. zīm.). Piesārņotā gaisa izkliedēšanas efektivitāte palielinās, palielinoties gaisa ātrumam uzgalī, vienlaikus pieaug arī aerodinamiskā pretestība.

Atkarībā no kaitīgo vielu koncentrācijas, to daudzuma un gaisa vada augstuma virs zemes līmeņa gaisa ātrumu uzgalī parasti izvēlas robežās — 15—40 m/s. Augstumu virs cilindriskā uzgaļa, m, kurā tiek novadītas kaitīgās vielas, var noteikt pēc formulas (pie vidējā vēja ātruma 2,5 m/s):

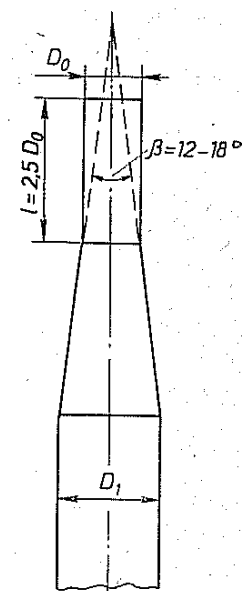
$$h = 2,6 D_0 \sqrt[3]{v_0^2}, \quad (11.6)$$

kur D_0 — cilindriskā uzgaļa diametrs, m;
 v_0 — gaisa izplūdes ātrums, m/s.

Uzgaļa aerodinamisko pretestību var noteikt, pieņemot uzgaļa vietējās pretestības koeficientu $\xi = 1,1$.

Piesārņotā gaisa izvadīšanu no vairākām sistēmām iesaka apvienot vienā šahtā. Vējam apūšot ēkas, aiz tām izveidojas aerodinamiskā ēna ar noslēgtām gaisa cirkulācijām. Tāpēc gaisa izvadīšana jāparedz augstāk par aerodinamiskās ēnas zonu. Piesārņoto gaisu var izvadīt aerodinamiskās ēnas zonā, ja to pamato ar atbilstošu aprēķinu.

Projektējot attīrīšanas ietaises, jāparedz uzturto vērtīgo vielu savākšana un, ja tas ir iespējams, otrreizēja izmantošana.



11.15. zīm. Uzgālis gaisa izmešanai atmosfērā

Izvēloties pasākumus cīņā ar atmosfēras gaisa piesārņošanu, jāaprēķina kaitīgo vielu summārā koncentrācija apdzivojamā zonā un rūpniecības teritorijā, pieplūdes ventilācijai nepieciešamās gaisa iesūkšanas vietās. Aprēķinu veic dominējošai vielai.

Par *dominējošo* sauc vielu, kurai bīstamības koeficients k ir vislielākais.

$$k = \frac{\Sigma M}{10^3 c_{m.p.}}, \quad (11.7)$$

kur ΣM — kaitīgās vielas summārais daudzums, kuru izmet atmosfērā, g/s;
 $c_{m.p.}$ — vielas maksimāli pieļaujamā koncentrācija.

Apdzīvotām vietām $c_{m.p.}$ izvēlas pēc 11.1. tabulas, rūpniecības teritorijām $c_{m.p.}$ pieņem 0,3 no maksimāli pieļaujamās koncentrācijas darba zonā. Izdarot atmosfēras gaisa piesārņojuma aprēķinus, dominējošās vielas koncentrācija jānosaka gaisa piezemes joslā atkarībā no kaitīgo vielu daudzuma un augstuma, kādā tās novada atmosfērā.

Šim nolūkam aptuveni aprēķiniem izmanto P. Andrejeva formulu:

$$c_m = \frac{235MK}{2,5v_0H^2}, \quad (11.8)$$

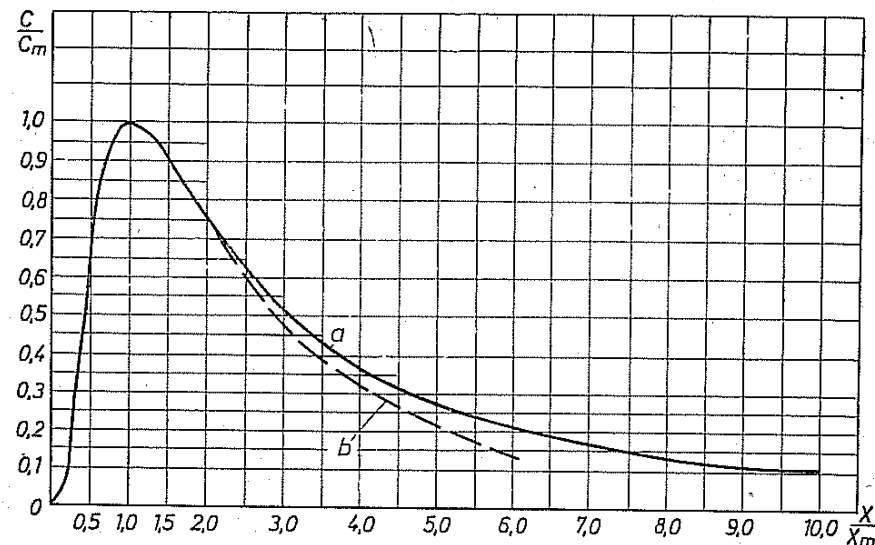
kur c_m — kaitīgo vielu maksimālā vienreizējā koncentrācija piezemes joslā, mg/m³;
 M — kaitīgo vielu daudzums, kuru novada atmosfērā caur vienu vai vairākiem gaisa vadiem, g/s;
 v_0 — vēja ātrums visnelabvēlīgākajā — siltajā gadalaikā, m/s;
 $H = h_v + h_b$ — kaitīgo vielu novadišanas augstums atmosfērā, m;
 h_v — gaisa vada augstums virs zemes, m;
 h_b — gaisa strūkļas augstums, m;
 k — koeficients, kas raksturo kaitīgo vielu nosēšanās ātrumu (gāzēm $k=1$, putekļiem $k=2-2,5$).

Maksimālā kaitīgo vielu koncentrācija gaisā no izvadišanas vietas atrodas attālumā (m)

$$x_m = 20H. \quad (11.9)$$

11.16. zīm. sniegts grafiks $\frac{c}{c_m} = f\left(\frac{x}{x_m}\right)$, pēc kura var noteikt kaitīgo vielu koncentrāciju piezemes joslā, ja attālums no novadišanas vietas x atšķiras no x_m .

Piemērs. Noteikt sēra anhidrīda SO₂ koncentrāciju apdzīvotās vietas piezemes atmosfēras gaisā, kas atrodas 1500 m attālumā no rūpniecības, kurā sēra anhidrīdu caur šahtu izvada atmosfērā 25 metru augstumā virs zemes ($H=25$ m). Vēja ātrums $v_0=4$ m/s, sēra anhidrīda daudzums $M=0,7$ g/s.



11.16. zīm. Kaitīgo vielu koncentrācijas maiņas grafiks piezemes joslā:
 a — gāzēm; b — putekļiem

Atrisinājums. Pēc Andrejeva formulas (11.8) aprēķinām maksimālo piezemes koncentrāciju ($k=1$)

$$c_m = \frac{235 \cdot 0,7 \cdot 1}{2,5 \cdot 4 \cdot 25^2} = 0,0263 \text{ (mg/m}^3\text{)}.$$

Maksimālā sēra anhidrīda koncentrācija no novadišanas vietas atrodas attālumā (11.9)

$$x_m = 20 \cdot 25 = 500 \text{ (m)}.$$

Piezemes koncentrāciju attālumā $x=1500$ m no novadišanas vietas atrodam pēc grafika (11.16. zīm.): $\frac{x}{x_m} = \frac{1500}{500} = 3, \frac{c}{c_m} = 0,51, c = 0,51 \cdot 0,0263 = 0,0134 \text{ mg/m}^3$.

Pēc 11.1. tabulas redzam, ka sēra anhidrīda koncentrācija apdzīvotajā vietā nepārsniedz maksimāli pieļaujamo koncentrāciju.

ATPUKĒĻOSANAS SISTĒMAS

1. ASPIRĀCIJAS SISTĒMAS

Dažādu smalku, birstošu materiālu pārstrāde un transportēšana saistīta ar putekļu izdalīšanos. Iekārtas, kas izdala putekļus, parasti apgādā ar dažādām nosedzēm un apvalkiem, tomēr tas pilnībā neizslēdz putekļu izdalīšanos caur neblīvumiem un atvērumiem. Lai aizkavētu putekļu izkļūšanu no nosedzēm, tajās parasti uztur retinājumu. To panāk, nosūcot no tām noteiktu putekļainā gaisa daudzumu.

Mehāniskās ventilācijas sistēmas, kas nosūc putekļaino gaisu no tehnoloģisko iekārtu un putekļu izdalīšanās vietu nosedzēm vai apvalkiem, sauc par *aspirācijas* sistēmām.

Ja sistēmu uzdevums ir transportēt putekļus, tad tās sauc par *pneimotransporta* sistēmām. Dažreiz aspirācijas sistēmu un pneimotransporta sistēmu apvieno vienā, piemēram, kokapstrādes cehā putekļus no darbgaldiem savāc un transportē uz katlu māju.

Pneimotransporta sistēmas šajā darbā netiek apskatītas, to aprakstus var atrast speciālajā literatūrā [30, 31].

Aspirācijas sistēma sastāv no nosedzēm, gaisa vadiem, ventilatora, putekļu atdalīšanas ierīces un šahtas, caur kuru attīrīto gaisu izvada atmosfērā.

Lai mazinātu putekļu berzes iedarbību uz ventilatoru, putekļu atdalītāju parasti uzstāda pirms tā.

Putekļu atdalītāja veidu izvēlas atkarībā no putekļu īpašībām, dispersa sastāva un tā koncentrācijas nosūcamajā gaisā (skatīt 11. nodaļu).

Aspirācijas sistēmām jābūt pēc iespējas decentralizētām, ar minimālu gaisa vadu garumu. Vienai sistēmai parasti pievieno ne vairāk kā 12—15 vietējās nosūces. Lai izvairītos no putekļu nosēšanās gaisa vados, tos izgatavo tikai ar apaļu šķērsgrīzumu un montē vertikāli vai slīpi (45° — 60°).

Gaisa vadu nozarojumus maģistrālēm pievieno tikai no sāniem vai no augšas zem leņķa 25° — 30° .

Līkņus izgatavo ar lieliem rādiusiem — $R=(3-5)d$. Pie visiem T gabaliem, krustgabaliem, līkņiem un aspirējamām nosedzēm ierīko lūkas ar aizbīdņiem gaisa vadu attīrīšanai no putekļiem.

Ja aspirācijas sistēma nosūc gaisu, kas satur lipīgus vai mit-

rus putekļus, lieto decentralizētu gaisa attīrīšanu, uzstādot putekļu uztvērējus tūlīt aiz nosedzes vai apvalka.

Putekļainā gaisa ātrumu gaisa vados izvēlas atkarībā no putekļu īpašībām (12.1. tabula).

12.1. tabula. Minimālie gaisa ātrumi aspirācijas sistēmu gaisa vados

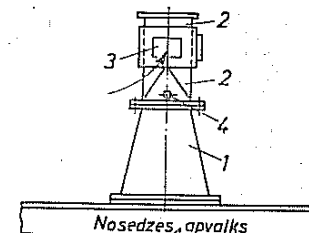
Materiāla nosaukums	Gaisa ātrums, m/s	
	vertikālajos posmos	horizontālajos posmos
Veidzeme	13	15
Mitrās zemes un smilšu putekļi	15	18
Sīki minerālie putekļi	12	14
Putekļi no auduma pulēšanas ripām	10	12
Metāla skaidas un putekļi	19	23
Putekļi no slīpēšanas darbgaldiem	15,5	19
Linu putekļi	16	18
Viļņas putekļi	19	20
Koka putekļi	10	12—14
Koka skaidas	14—16	16—18

2. ASPIRĒJAMĀS NOSEDZES

Putekļu izdalīšanās vietas apgādā ar aspirējamām nosedzēm, kurās uztur retinājumu robežās no 3 līdz 15 kg/m^2 . Lai aizkavētu birstošā materiāla iekļūšanu aspirācijas sistēmā, gaisa vadus pie nosedzēm pievieno ar piltuvveida paplašinājumu, kurā gaisa ātrums nedrīkst pārsniegt 1 m/s miltiem materiāliem ar daļiņu diametru līdz 1 mm un 2 m/s materiāliem ar lielāku daļiņu diametru (12.1. zīm.).

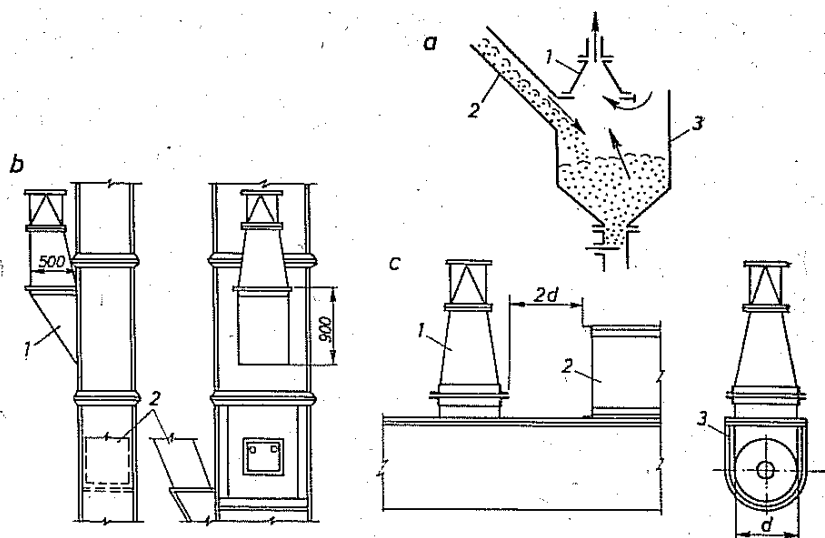
Liela izmēra bunkuros un nosedzēs gaisa iesūkšanas ātrumu neierobežo.

Ja nepieciešams regulēt nosūcamā gaisa daudzumu, gaisa vadus slīpi iemontē aizbīdņus, kā arī ierīko lūkas ar aizbīdņiem, kurus atverot var samazināt no nosedzes nosūcamā gaisa daudzumu.



12.1. zīm. Gaisa vada pievienošana aspirējamai nosedzei:

1 — korpuss; 2 — gaisa vads; 3 — atvērums gaisa ievadīšanai; 4 — droseļvārsts



12.2. zīm. Dažas aspirējamās nosedzes:

a — bunkuram; b — elevatoram; c — gliemežskrūvei; 1 — gaisa vads ar paplašinājumu; 2 — materiāla padeve; 3 — apvalks

12.2. zīm. sniegti dažu aspirējamo nosūču piemēri.

Gaisa daudzumu (m^3/h), kas jānosūc no nosedzēm, nosaka pēc formulas:

$$L_a = L_m + L_n, \quad (12.1)$$

kur L_m — gaisa daudzums, kas iekļūst nosedzē ar birstošo materiālu, m^3/h ;
 L_n — gaisa daudzums, kas jāiesūc caur nosedzes neblīvumiem, lai putekļi neiekļūtu telpā, m^3/h .

L_m un L_n vērtības atkarīgas no nosedzes veida, un tās nosaka pēc formulām, kas uzrādītas rokasgrāmatās [30].

Piemēram, ja iepilda bunkuros vai tvertnēs birstošu materiālu ar konveijeru, gaisa daudzumu, kurš iekļūst nosedzē ar materiālu, nosaka pēc formulas:

$$L_m = 0,12 G_m v_m^2 + G_m, \quad (12.2)$$

kur G_m — materiāla daudzums, m^3/h ;
 v_m — materiāla kustības ātrums pie ieejas nosedzē, m/s .

$$v_m = \sqrt{19,62 H (1 - 1,2 f \operatorname{ctg} \alpha)}, \quad (12.3)$$

kur H — materiāla krišanas augstums, m ;
 f — materiāla berzes koeficients (pret sienām);
 α — gaisa vada pieslēguma slīpuma leņķis.

Gaisa daudzumu, kurš jāiesūc caur nosedzes neblīvumiem, lielākai daļai nosūču nosaka, pieņemot gaisa ātrumu neblīvumos $1-2 m/s$.

12.2. tabulā sniegti nosūcamā gaisa daudzumi no dažām aspirējamām nosedzēm.

12.2. tabula. Nosūcamā gaisa daudzums no dažām aspirējamām nosedzēm

Iekārtas nosaukums un raksturojums	Gaisa daudzums, m^3/h
Elevators; transportē aukstu materiālu; $h \leq 10 mm$; $B \leq 300 mm$	1200
Autosvari, mazie	500—800
Tie paši, lielie	1000—1500
Lentes transportieris, $B=500 mm$	300—400
no 1 m	800—1000
Bunkurs, kuru piepilda ar elevatoru, $B \leq 500 mm$	800—1200
Lodes dzirnavas, māsas	1500—2500
Tās pašas, lielās	25—40
Gliemežskrūve, $D \leq 200 mm$	no 1 m
Pacelāji	1500—2500
Attīrīšanas trumuļi	1800 D^2
Lējumu izsišanas restes	6000—9000
no 1 m^2	

Apzīmējumi: B — lentes platums; h — iekārtas augstums;
 D — iekārtas diametrs.

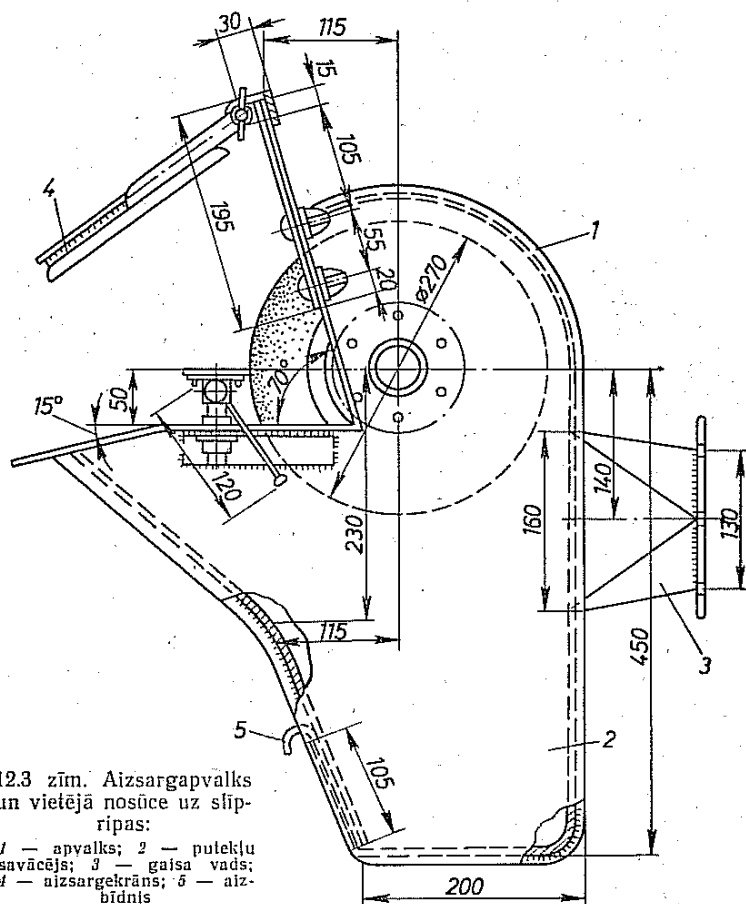
3. VIETĒJĀS NOSOCES UZ SLĪPĒŠANAS UN PULĒŠANAS DARBGALDIEM

Slīpējot un pulējot detaļas, gaisā izdalās abrazīvie, metāliskie un organiskie putekļi. Šos putekļus uztver ar vietējām nosūcēm — apvalkiem, kuri aptver slīpēšanas vai pulēšanas ripas (12.3. zīm.).

Gaisa daudzums, kas jānosūc no slīpēšanas vai pulēšanas darbgaldiem, atkarīgs no ripu materiāla un diametra, un to nosaka pēc formulām, kuras sniegtas 12.3. tabulā.

12.3. tabula. No slīpēšanas un pulēšanas darbgaldu vietējām nosūcēm un apvalkiem nosūcamā gaisa aprēķinu formulas

Darbgalda nosaukums	Ripas diametrs, mm	No vienas ripas nosūcamā gaisa daudzums atkarībā no ripas diametra (d , mm) L , m^3/h
Slīpēšanas darbgaldi	$d < 250$ $d = 250-600$ $d > 600$	$L = 2d$ $L = 1,8d$ $L = 1,6d$
Pulēšanas darbgaldi:		
auduma ripas	—	$L = 6d$
filca ripas	—	$L = 4d$



12.3 zīm. Aizsargapvalks un vietējā nosūce uz slīp-ripas:

1 — apvalks; 2 — putekļu savācējs; 3 — gaisa vads; 4 — aizsargekrāns; 5 — aizbīdnis

Apvalka atklātās daļas šķērsgriezumā gaisa ātrumam jābūt ne mazākam par 4 m/s auduma ripām un 3 m/s filca ripām.

No atklātām piltuvveida vietējām nosūcēm nosūcamā gaisa daudzumu (m³/h) nosaka pēc formulas:

$$L = 3600 \cdot v_s a^2 \left(\frac{k}{\frac{v_s}{v_b} - 1} \right)^{1.4}, \quad (12.4)$$

kur v_s — gaisa sākuma ātrums, kas vienāds ar gaisa ātrumu gaisa vadā, m/s;
 v_b — gaisa beigu ātrums pie ripas, m/s (parasti pieņem $v_b = 2$ m/s);
 a — plūsmas iedarbības attālums, m;
 k — koeficients, kas atkarīgs no nosūces ģeometriskajiem izmēriem; apaļiem atvērumiem pieņem $k = 7,7$, taisnstūra atvērumiem ar malu attiecību 1:1—1:3 — $k = 9,1$.

4. ASPIRĀCIJAS SISTĒMU APRĒKINS

Spiediena zudumus aspirācijas sistēmās aprēķina pēc *dinamisko spiedienu* metodes, pie kuras berzes pretestību gaisa vados aizstāj ar ekvivalentām vietējām pretestībām ξ_{alz} :

$$\frac{\lambda l}{d} \frac{v^2 \gamma}{2g} = \xi_{alz} \frac{v^2 \gamma}{2g},$$

no šī vienādojuma

$$\xi_{alz} = \frac{\lambda l}{d}, \quad (12.5)$$

kur λ — berzes pretestības koeficients;

l — gaisa vada garums, m;

d — gaisa vada diametrs, m;

$\frac{v^2 \gamma}{2g}$ — dinamiskais spiediens, kG/m².

Gaisa vada pretestība (kG/m²) tīram gaisam, ieskaitot vietējās pretestības,

$$P = (\xi_{alz} + \Sigma \xi) \frac{v^2 \gamma}{2g}; \quad (12.6)$$

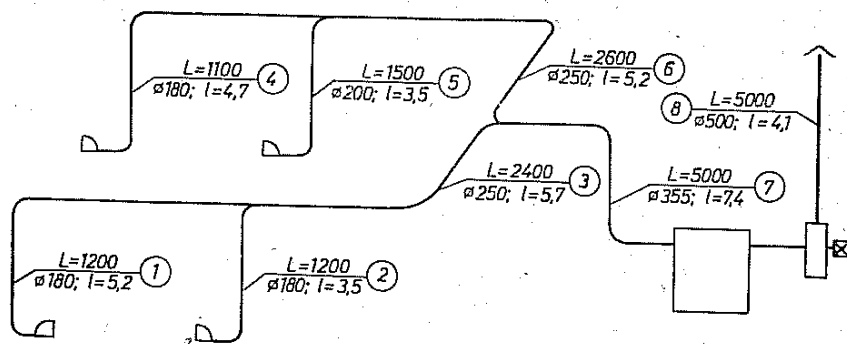
SI sistēmā (Pa) $p = (\xi_{alz} + \Sigma \xi) \frac{v^2 \gamma}{2},$

kur $\Sigma \xi$ — vietējo pretestību koeficientu summa dotajam gaisa vadam, kG/m².

$\frac{\lambda}{d}$ vērtības gaisa vadu vienam metram sniegtas 12.4. tabulā.

12.4. tabula. Attiecība $\frac{\lambda}{d}$ gaisa vada vienam metram

d, mm	Gaisa ātrums, m/s					
	6,1—9	9,1—12	12,1—15	15,1—18	18,1—21	21,1—25
100	0,243	0,232	0,225	0,221	0,217	0,214
110	0,215	0,206	0,2	0,196	0,193	0,19
125	0,184	0,175	0,17	0,167	0,164	0,162
140	0,159	0,152	0,148	0,145	0,143	0,141
160	0,135	0,129	0,125	0,123	0,121	0,119
180	0,116	0,111	0,108	0,106	0,104	0,103
200	0,102	0,097	0,094	0,092	0,091	0,09
225	0,088	0,084	0,082	0,08	0,079	0,078
250	0,077	0,074	0,072	0,07	0,069	0,068
280	0,067	0,064	0,062	0,061	0,06	0,059
315	0,058	0,055	0,054	0,053	0,052	0,051
355	0,05	0,048	0,046	0,045	0,045	0,044
400	0,043	0,041	0,04	0,039	0,038	0,038
450	0,037	0,035	0,034	0,034	0,033	0,033
500	0,032	0,031	0,03	0,03	0,029	0,029



12.4. zīm. Aspirācijas sistēmas aprēķina shēma

Gaisam ar mehāniskiem piejaukumiem spiediena zudumus (kG/m^2 vai Pa) gaisa vados aprēķina pēc formulas:

$$p_{\text{piej}} = 1,1p(1 + k\mu), \quad (12.7)$$

kur $\mu = \frac{G_m}{G_g}$ — maisījuma masas koncentrācija, kg/kg ;

G_m — putekļu masa, kg/h ;

G_g — gaisa masa, kg/h ;

k — eksperimentālais koeficients (piemēram, koka, miltu putekļiem $k=1,4$).

Maisījuma masas koncentrācija aspirācijas sistēmās parasti ir neliela ($\mu < 0,1 \text{ kg/kg}$). Ja $\mu < 0,01$, tad gaisam ar mehāniskiem piejaukumiem spiediena zudumi lielāki nekā tīram gaisam par 1—1,5%, tāpēc mehānisko piejaukumu ietekmi šajā gadījumā var neņemt vērā.

Piemērs. Aprēķināt gaisa vadu tīklu un izvēlēties ventilatoru aspirācijas sistēmai, kas novada gaisu no koka pulēšanas darbgaldiem. Novadāmā gaisa daudzums un gaisa vadu garums uzrādīts shēmā (12.4. zīm.). Putekļu uzņemšanai pirms ventilatora uzstādīts piedurkņu filtrs, kura pretestība $p=80 \text{ kG/m}^2$.

Atrisinājums. Aprēķinu izdara pēc dinamisko spiedienu metodes. Shēmā numurē gaisa vadu posmus un atzīmē gaisa daudzumus tajos; 12.5. tabulā ieraksta minimālos gaisa daudzumus L (2. aile), minimālos gaisa ātrumus v (3. aile) un gaisa vadu posmu garumus l (4. aile).

Aprēķinu sāk no visattālākā posma 1. Pēc gaisa ātruma un gaisa daudzuma nosaka gaisa vada diametrus (7. aile) un pēc 12.4. tab. atrod $\frac{\lambda}{d}$ vērtības

(8. aile). Reizinot $\frac{\lambda}{d}$ ar gaisa vadu posmu garumu, nosaka ξ_{aiz} (9. aile).

Aprēķina vietējo pretestību koeficientu summu $\Sigma \xi$ veidgabaliem (10. aile).

Iegūtos lielumus ξ_{aiz} un $\Sigma \xi$ summē (11. aile). Pēc 3. pielikuma tabulas

nosaka dinamiskos spiedienus $p_d = \frac{\rho v^2}{2g}$, kas atbilst pieņemtajam ātrumam (sk. 6. aili), un ieraksta tos 12. ailē. Reizinot summāro vietējās pretestības

12.5. tabula. Aspirācijas sistēmas aprēķina piemērs

Posma Nr.	Dotie lielumi			Pieņemtie lielumi			$\xi_{\text{aiz}} = \frac{p}{\lambda \cdot l}$	$\Sigma \xi$	$\Sigma (\xi_{\text{aiz}} + \Sigma \xi)$	$\frac{v^2}{2g}, \text{ kG/m}^2$	Spiediens posmā $p, \text{ kG/m}^2$	Spiediena zudumi kG/m^2 maģistrālē	Vietējo pretestību koeficientu Vertības
	minimālais gaisa daudzums $L, \text{ m}^3/\text{h}$	gaisa ātrums $v, \text{ m/s}$	posma garums $l, \text{ m}$	gaisa daudzums $L, \text{ m}^3/\text{h}$	gaisa ātrums $v, \text{ m/s}$	gaisa vada diametrs $d, \text{ mm}$							
1	1200	10—12	5,2	1209	13,2	180	0,562	1,1	1,662	10,66	17,71	17,71	0,8; 0,15×2;
2	1200	10—12	3,5	1209	13,2	180	0,378	1,45	1,828	10,66	19,50	32,30	0,8; 0,15; 0,5
3	2400	10—12	5,7	2418	13,7	250	0,41	0,85	1,26	11,48	14,45	33,52	0,15; 0,7
4	1100	10—12	4,7	1209	13,2	180	0,507	1,1	1,607	10,66	17,1	40,10	0,8; 0,15×2;
5	1500	10—12	3,5	1503	13,3	200	0,329	1,15	1,479	10,82	16,0	44,05	0,8; 0,15; 0,2
6	2600	10—12	5,2	2612	14,8	250	0,376	0,85	1,226	13,4	16,42	33,52	0,15; 0,7
7	5000	10—12	7,4	5030	14,1	355	0,340	0,3	0,64	12,16	7,8	44,05	0,15×2
8	5000	6—8	4,1	5030	7,1	500	0,131	1,15	1,281	3,08	3,95	1,15	1,15

koeficientu ar dinamisko spiedienu, iegūst spiediena zudumus posmā $p = p_d(\xi_{niz} + \Sigma \xi)$ (13. aile). Vienādo spiediena zudumus paralēlos posmos (ar precizitāti $\pm 10\%$). Saskaita spiediena zudumus maģistrālē (14. aile).

Spiediena zudumi putekļainam gaisam ($\mu=0,1$, $k=1,4$)

$$p = 44,05(1 + 1,4 \cdot 0,1) = 50,2 \text{ (kG/m}^2\text{)}.$$

Spiediena zudumi, ieskaitot filtra pretestību un rezervi,

$$p = 1,1(50,2 + 80) = 143,5 \text{ (kG/m}^2\text{)}.$$

Izvēlamies LIPI-40 markas putekļu ventilatoru Nr. 5.

$$n = 1780 \text{ apgr/min,}$$

$$N = 7,5 \text{ kW (5.10. zīm.).}$$

5. HIDROATPUTEKĻOŠANA

Cīņā ar putekļiem aspirācijas efektu dažreiz pastiprina ar hidroatputekļošanu. Ar šo metodi atputekļo, izsmidzinot ūdeni putekļu izdalīšanās vietās aspirējamās nosedzēs un telpā. Sīkie ūdens pilieniņi, saduroties ar putekļu daļiņām, paātrina to nosēšanos, kā arī samazina putekļu izdalīšanos.

Aspirācijas sistēmās, kur līdztekus lieto hidroatputekļošanu, no nosedzēm nosūcamā gaisa daudzums vidēji samazinās par 20—40%.

Hidroatputekļošanu lieto, sasmalcinot un sijājot dažādus materiālus, ieberot un izberot no bunkuriem smalkus materiālus, transportējot tos ar transportieriem, elevatoriem utt.

Ūdens izsmidzināšanai lieto pneimatiskās un parastās tangenciālās sprauslas. Vienas sprauslas ražīgumu izvēlas ne lielāku par 100 l/h, ūdens spiedienu pirms sprauslas — 2—3 kG/cm².

Ūdens daudzumu (l/h), kas nepieciešams hidroatputekļošanai, nosaka pēc formulas:

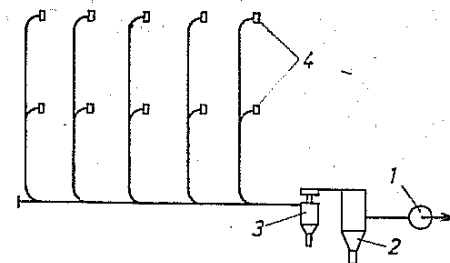
$$W = \frac{G(d_2 - d_1)}{100}, \quad (12.8)$$

kur G — apstrādājamā materiāla daudzums, kg/h;
 d_1 — materiāla sākuma mitrums, %;
 d_2 — materiāla maksimāli pieļaujamais mitrums, %.

Lietojot hidroatputekļošanu, materiāla mitrums parasti palielinās par 6—8%, bet tā mitruma saturs nedrīkst pārsniegt ražošanas tehnoloģijā pieļauto.

6. PUTEKĻU NOSŪKŠANAS SISTĒMAS (pneimatiskā putekļu aizvākšana)

Svarīgu vietu cīņā ar putekļiem ieņem *vakuuma* (pneimatiskā) putekļu aizvākšana. Sadzīvē plaši izplatītie pārnēsājamie putekļsūcēji sabiedriskās un rūpnieciskās ēkās ir mazefektīvi, jo tie bieži



12.5. zīm. Putekļu nosūkšanas sistēmas shēma:

1 — vakuumsūknis vai ventilators;
 2 — filtrs; 3 — ciklons; 4 — uzgaļi

jāattīra no uzkrātiem putekļiem un to ražīgums ir nepietiekams. Tāpēc pēdējā laikā ēkās, kurās bieži jāattīra putekļi, arvien vairāk lieto stacionāras, centralizētas putekļu nosūkšanas sistēmas, ar kurām periodiski tīra telpu un iekārtu virsmas. Putekļu nosūkšanas sistēmas ierīko viesnīcās, birojos, grāmatu glabātavās, tabakas fabrikās, dzirnavās, miltu noliktavās, mēbeļu cehos utt.

Putekļu nosūkšanas sistēmas sastāv no cauruļvadu tīkla (12.5. zīm.), kurā ar vakuumsūkni vai augstspiediena ventilatoru panāk retinājumu. Attīrāmās telpās uzstādīti gaisa vadu nozarējumi, pie kuriem pievieno lokanas caurules ar uzgaļiem putekļu uztveršanai. Nosūktās putekļu daļiņas tiek aizturētas putekļu atdalītājos.

Putekļu uztveršanai izmanto vairāku tipu uzgaļus, kas paredzēti dažādu virsmu tīrīšanai. Cauruļvadu tīklu metina no tērauda bezšuvju caurulēm. Lai novadītu statisko elektrību, kas rodas putekļu daļiņu berzes rezultātā, cauruļvadiem jābūt sazemētiem.

Putekļu nosūkšanas sistēmas ražīgumu (m³/h) nosaka pēc formulas:

$$L = nL_0\beta, \quad (12.9)$$

kur L_0 — gaisa daudzums, kuru nosūc ar vienu uzgaļi, m³/h (atkarībā no putekļu koncentrācijas gaisā pieņem $L_0=100-250$ m³/h);
 β — rezerves koeficients, kurā ievērotas gaisa piesūces caur neblīvumiem (parasti $\beta=1,25$);
 n — vienlaikus pieslēgto uzgaļu skaits ($n \leq 6$).

Lokanās caurules diametru parasti izvēlas 50 mm, garumu — ne lielāku par 15 m, gaisa ātrumu caurulē ~ 15 m/s, uzgaļu atvērumos — 20—35 m/s. Uzgaļa un lokanās caurules vietējās pretestības koeficientu aptuveni var pieņemt $\xi=16$.

Cauruļvados gaisa ātrumu izvēlas — vertikālajos posmos $v=10-15$ m/s, horizontālajos posmos $v=15-20$ m/s. Projektējot cauruļvadu tīklu, horizontālo vadu posmi, kuros varētu nosēties

putekļi, iespējami jāsaīsina; lai putekļus atdalītu no gaisa, izmanto piedurkņu vai maisa filtrus. Dažreiz pirms filtriem uzstāda pirmās pakāpes putekļu atdalītājus — ciklonus. Vakuumsūkņus vai ventilatorus, ciklonus un filtrus parasti izvieto ēku pagrabtelpās, paredzot vibroizolāciju un trokšņu izolāciju.

Putekļu sūkšanas sistēmas vidējais ražīgums var būt 1500—2000 m³/h, pilnais spiediens 4000—5000 kG/m². Šāda retinājuma radīšanai bieži izmanto PMK-3 un PMK-4 tipa vakuumsūkņus.

Ekās ar putekļu nosūkšanas sistēmām putekļu koncentrācija gaisā ievērojami samazinās, uzlabojas sanitāri higiēniskie apstākļi telpās, pieaug apkopēju darba ražīgums. Telpās, kur ir putekļu sūkšanas sistēmas, viens strādnieks vidēji attīra 180 m²/h telpas platības.

13. nodaļa

VENTILĀCIJAS SISTĒMU TEHNISKĀ PĀRBAUDE, REGULĒŠANA UN EKSPLUATĀCIJA

Jaunām ventilācijas sistēmām pirms nodošanas ekspluatācijā jāveic *pieņemšanas* (montāžas) pārbaude un regulēšana, kuras rezultātā panāk ventilācijas sistēmas atbilstību projektam. Sakarā ar neprecizitātēm aprēķinos un montāžas darbos ventilācijas sistēmu faktiskais ražīgums un gaisa sadalījums telpās var atšķirties no projektā paredzētajiem. Šādas pārbaudes uzdevums ir iegūt ventilācijas sistēmu faktisko tehnisko raksturojumu: ventilatora ražīgumu un pilno spiedienu, gaisa daudzumu atsevišķos gaisa pieplūdes un noplūdes atvērumos, kaloriferu siltuma ražīgumu, pieplūdes gaisa temperatūru. Ja šie parametri neatbilst projektā paredzētajiem, ventilācijas sistēma jāieregulē. Atšķirība starp projektētajiem un faktiskajiem parametriem nedrīkst pārsniegt

±10% gaisa daudzuma ventilācijas sistēmās (kopējos un atsevišķos atvērumos),

+10% gaisa daudzuma aspirācijas sistēmās,

±2°C pieplūdes gaisa temperatūras.

Pieņemšanas pārbaudi veic tad, kad sabiedriskās un dzīvojamās ēkas vēl netiek ekspluatētas, bet rūpnīcās nedarbojas tehnoloģiskās iekārtas.

Ekspluatējot ventilācijas sistēmas, periodiski jāpārbauda telpu gaisa vides sanitāri higiēniskais stāvoklis, nosakot gaisa meteoroloģiskos parametrus: temperatūru, relatīvo mitrumu, kustības ātrumu, kā arī kaitīgo vielu koncentrāciju gaisā.

Ja gaiss telpā neatbilst sanitāri higiēniskajām prasībām, izdara atkārtotu ventilācijas sistēmas pārbaudi un regulēšanu — tā saucamo *ekspluatācijas* pārbaudi un regulēšanu.

Sanitāri higiēniskie apstākļi telpā var pasliktināties sakarā ar tehnoloģiskā procesa pārmaiņām (uzstādītas jaunas iekārtas, palielināta produkcijas izlaide utt.), kā arī ventilācijas sistēmu dažu defektu dēļ (aizsērējuši filtri vai gaisa vadi, samazinājies ventilatora ražīgums utt.).

Ekspluatācijas pārbaudes un regulēšanas uzdevums ir panākt ventilācijas sistēmu darbības efektivitāti, t. i., lai ventilācijas sistēmu darbības rezultātā telpās nodrošinātu normām atbilstošus sanitāri higiēniskos apstākļus.

1. MĒRINSTRUMENTI GAISA SPIEDIENA UN ĀTRUMA NOTEIKŠANAI

Gaisa spiedienu ventilācijas sistēmās mēra ar pneimometrisko (Pito) caurulīti un manometru vai mikromanometru.

Pneimometriskā caurulīte (13.1. zīm.) sastāv no divām salodētām vara vai misiņa caurulītēm 1, kuru iekšējais diametrs ir 1—6 mm. Viena no caurulītēm ar urbumiem sānos ($d=0,5-8\text{ mm}$) 2 uztver statisko spiedienu. Otrā caurulīte ar galā izurbītu atvērumu uztver pilno gaisa spiedienu.

Mērot gaisa spiedienu, pneimometrisko caurulīti ar lokanām gumijas caurulītēm savieno ar mikromanometru un caur speciālu lūku ievada gaisa vadā. Pilnā spiediena atvērumam jābūt pagrieztam pret gaisa plūsmu.

Pārbaudot ventilācijas sistēmas, visbiežāk lieto MMH vai ЦАГИ tipa mikromanometrus. MMH tipa mikromanometrs (13.2. zīm. a) sastāv no rezervuāra un kapilārās caurulītes ar skalu. Kapilārās caurulītes slīpumu var mainīt atkarībā no mērāmā spiediena lieluma. Nostādot kapilāro caurulīti slīpāk, pieaug mērījumu precizitāte.

Izmērītais spiediens (kG/m^2)¹

$$p = lk, \quad (13.1)$$

kur l — nolasiņums pēc skalas, mm;

k — koeficients, kura vērtības mainās atkarībā no kapilārās caurulītes slīpuma.

Koeficienta k vērtības paredzētas mērījumiem ar etilspirtu ($\gamma=0,8095\text{ g/cm}^3$). Ja mikromanometrs piepildīts ar šķidrumu, kura blīvums γ' atšķiras no etilspirta blīvuma, tad iegūtais spiediens jāreizina ar attiecību $\frac{\gamma'}{0,8095}$.

Ar MMH tipa mikromanometru var izmērīt spiedienu no 1 līdz 300 kG/m^2 . ЦАГИ tipa mikromanometrs (13.2. zīm. b) atšķiras no MMH tipa mikromanometra ar to, ka kapilārā caurulīte ar skalu nekustīgi piestiprināta pie rezervuāra un, mainot tās slīpumu, rezervuārs griežas.

Ar ЦАГИ tipa mikromanometru izmērītais spiediens (kG/m^2)

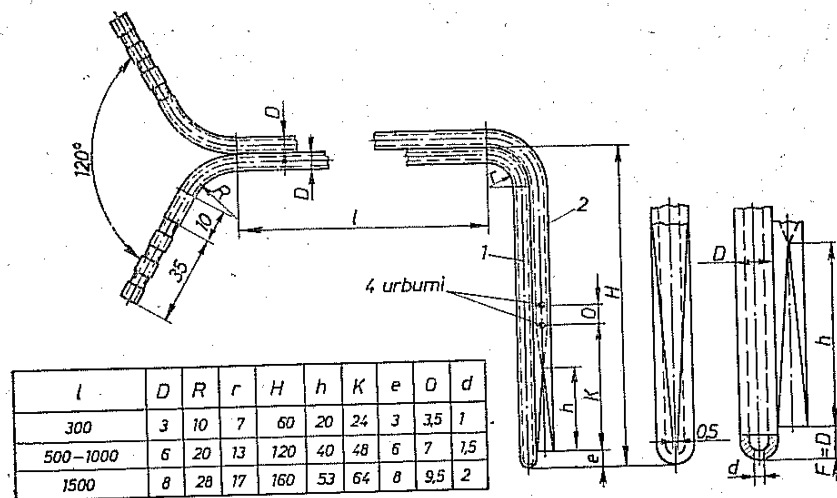
$$p = k(l_2 - l_1) \gamma \sin \alpha, \quad (13.2)$$

kur l_1, l_2 — nolasiņumi pēc mikromanometra skalas pirms un pēc mērījuma, mm;

k — koeficients, uzrādīts mikromanometra pasē;

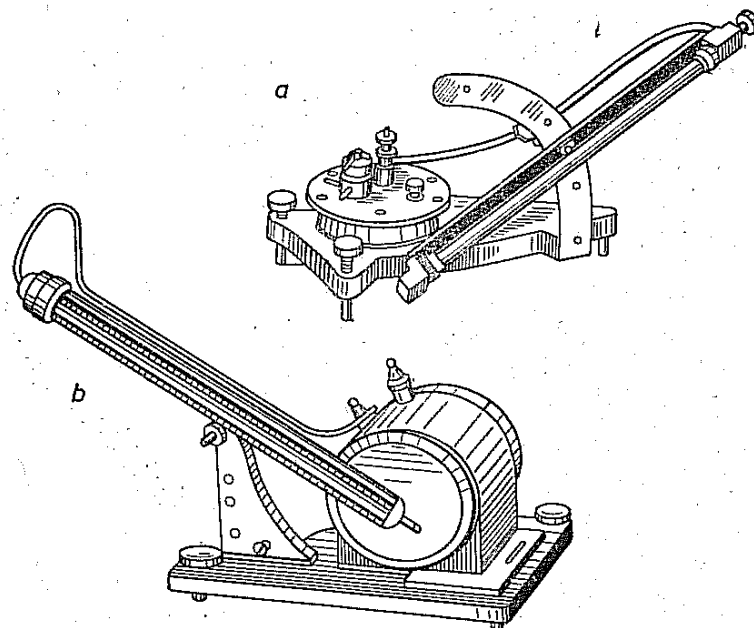
α — caurulītes slīpuma leņķis ($\sin \alpha$ lielumi atzīmēti uz mikromanometra statīva).

¹ Tā kā mērinstrumentus patlaban vēl ražo ar graduējumu vecajās mērvienībās, šajā nodalījumā mērvienības SI sistēmā netiek dotas.



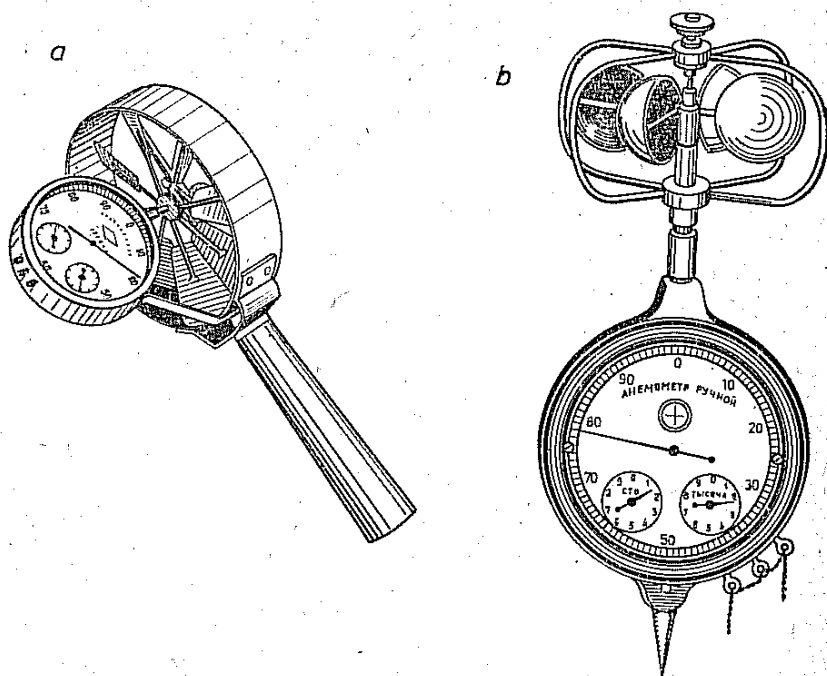
13.1. zīm. MHOT tipa pneimometriskā caurulīte:

1 — caurulīte pilnā spiediena mērīšanai; 2 — caurulīte statiskā spiediena mērīšanai



13.2. zīm. Mikromanometri:

a — MMH tipa; b — ЦАГИ tipa



13.3. zīm. Anemometri:
a — spārniņu anemometrs; b — kausiņu anemometrs

Ar ЦАГИ tipa mikromanometru var izmērīt spiedienu no 1 līdz 200 kg/m^2 . Gaisa spiedienus ventilācijas vados var mērīt arī ar U veida stikla manometriem. Ar šiem mērinstrumentiem iegūto datu precizitāte ir zemāka.

Gaisa ātruma mērīšanai izmanto kausiņu un spārniņu anemometrus.

Kausiņu anemometrs (13.3. zīm. b) sastāv no četriem kausiņiem, kas piestiprināti pie vārpstas un savienoti ar skaitīšanas mehānismu. Kausiņiem griežoties, skaitīšanas mehānisms uzrāda apgriezību skaitu. Anemometra palaišanai un apstādināšanai paredzēta speciāla svira. Pirms gaisa plūsmas ātruma mērīšanas pieraksta anemometra sākuma rādījumu. Gaisa ātrumu mēra šādi: anemometru novieto gaisa plūsmā perpendikulāri tās virzienam. Kausiņi gaisa plūsmas ietekmē sāk griezties. Kad griešanās ātrums paliek nemainīgs, ieslēdz skaitīšanas mehānismu un vienlaikus arī hronometru. Parasti mērījuma ilgumu izvēlas 1–2 min. Beidzot mērīšanu, vienlaikus izslēdz anemometru un hronometru. Pēc tam pieraksta skaitītāja pēdējo rādījumu un mērījuma laiku sekundēs. Skaitītāja sākuma un beigu rādījumu starpību dala ar

mērījuma laiku sekundēs un iegūst anemometra apgriezību skaitu vienā sekundē.

Gaisa kustības ātrumu nosaka pēc anemometra raksturlielnes, kurā dota anemometra apgriezību skaita atkarība no gaisa plūsmas ātruma.

Kausiņu anemometri paredzēti ātruma mērīšanai diapazonā no 1 līdz 20 m/s .

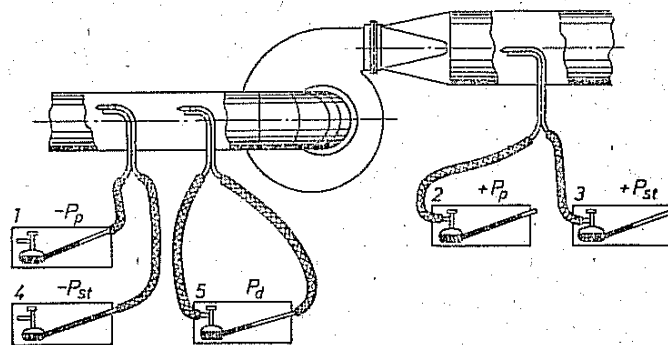
Spārniņu anemometram (13.3. zīm. a) kausiņu vietā ir 8 spārniņi. Šie anemometri ir jutīgāki nekā kausiņu anemometri, tie paredzēti gaisa ātruma mērīšanai robežās no 0,3 līdz 5 m/s . Patlaban ir uzsākta arī EA-1M tipa pusvadītāju termianemometru ražošana. To darbības pamatā ir termorezistora siltumapmaiņas mainīšanās atkarībā no gaisa plūsmas ātruma. Ar termianemometru var izmērīt gaisa plūsmas ātrumu no 0 līdz $4,5 \text{ m/s}$.

3. GAISA TEMPERATŪRAS UN RELATĪVĀ MITRUMA NOTEIKŠANA

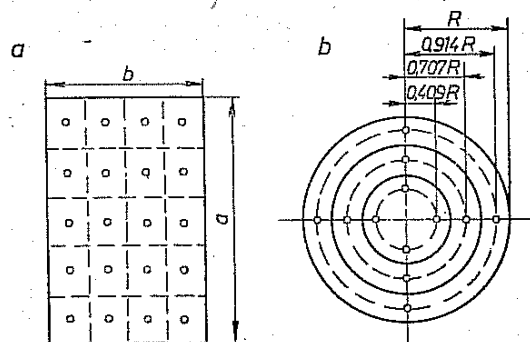
Pneimometriskās caurulītes un mikromanometra savienojumu shēmas, mērot statisko, pilno un dinamisko spiedienu, sūces un spiediena vados sniegtas 13.4. zīmējumā.

Statiskais un dinamiskais spiediens gaisa vada šķērsgriezumā ir mainīgs. Tādēļ, lai iegūtu pareizus rezultātus, spiedienu jāizmēra vairākos gaisa vada šķērsgriezuma ekvivalentos laukumos.

Mērījumu vietas gaisa vados ar apaļu šķērsgriezumā nosaka pēc 13.5. zīm. b un ar taisnstūra šķērsgriezumā — pēc 13.5. zīm. a. Vados ar apaļu šķērsgriezumā mērījumus veic pa divām savstarpēji perpendikulārām asīm caur diviem atvērumiem gaisa vadā. Gaisa vados ar taisnstūra šķērsgriezumā mērījumus izdara



13.4. zīm. Pneimometriskās caurulītes un mikromanometra savienojuma shēma



13.5. zīm. Mērījumu punktu izvietojums gaisa vadā:
a — taisnstūrveida šķēsgriezuma gaisa vadā; b — apaļa šķēsgriezuma gaisa vadā

pa vienu vai vairākām asīm, kas ir perpendikulāras malai, kurā izurbti atvērumi pneimometriskai caurulītei. Šo atvērumu skaits atkarībā no malas platuma uzrādīts 13.1. tabulā.

13.1. tabula. Atvērumu skaits spiediena mērīšanai gaisa vadā ar taisnstūra šķēsgriezumu

Malas platums, mm	Atvērumu skaits malā
<200	1, vidū
200—450	2, katras puses vidū
450—700	3, katras trešdaļas vidū
700	4, katras ceturtdaļas vidū

Mērījumu skaitu gaisa vadā katras ass virzienā izvēlas pēc 13.2. tabulas.

13.2. tabula. Mērījumu skaits gaisa vadā katras ass virzienā

Diametrs apaļa šķēsgriezuma vadam vai malas garums taisnstūra šķēsgriezuma vadam	<350	350—400	400—500	500—600	600—700	700—800	800—900	900
Mērījumu skaits	6	7	9	10	12	14	15	16

Pilno un statisko spiedienu aprēķina kā vidējo aritmētisko no visiem mērījumiem šķēsgriezumā.

Gaisa daudzumu šķēsgriezumā nosaka pēc formulas:

$$L = 3600 v_v F, \quad (13.3)$$

kur v_v — gaisa vidējais ātrums šķēsgriezumā, m/s;
 F — šķēsgriezuma laukums, m².

Vidējo gaisa ātrumu v_v nosaka pēc formulas:

$$v_v = \sqrt{\frac{2g \cdot p^v_d}{\gamma}}, \quad (13.4)$$

kur p^v_d — dinamiskā spiediena vidējā vērtība, kG/m².

Ja izmērītie dinamiskie spiedieni $p_{d1}, p_{d2}, \dots, p_{dn}$ šķēsgriezumā maz atšķiras cits no cita, tad p^v_d ar pietiekamu precizitāti praktiskiem nolūkiem var aprēķināt kā vidējo aritmētisko. Ja dinamiskā spiediena maksimālā un minimālā vērtība atšķiras viena no otras vairāk nekā divkārt, p^v_d , kG/m², aprēķina kā vidējo geometrisko pēc formulas:

$$p^v_d = \frac{(\sqrt{p_{d1}} + \sqrt{p_{d2}} + \dots + \sqrt{p_{dn}})^2}{n}. \quad (13.5)$$

Ja nav vajadzīgi sevišķi precīzi rezultāti, gaisa daudzumu gaisa vadā ar apaļu šķēsgriezumu var noteikt, novietojot pneimometrisko caurulīti gaisa vada centrā. Tādā gadījumā gaisa daudzums (m³/h) standarta apstākļiem ir

$$L = 0,8 \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81 p_d}{1,2}} \frac{\pi d^2}{4} 3600 = 9150 d^2 \sqrt{p_d}, \quad (13.6)$$

kur d — gaisa vada diametrs, m;
 p_d — dinamiskais spiediens gaisa vada centrā, kG/m².

Pārbaudot ventilācijas sistēmas, jānosaka arī gaisa daudzums, kas izplūst caur ventilācijas sistēmu un ēku konstrukciju atvērumiem. Šādā gadījumā gaisa ātrumu parasti mēra ar anemometru, bet gaisa daudzumu nosaka pēc formulas (13.3).

Ja atvēruma laukums mazāks par 2 m², gaisa ātrumu mēra, vienmērīgi un lēni pārvietojot anemometru pa visu laukumu. Ja atvēruma laukums lielāks par 2 m², to nosacīti sadala vairākos vienādos laukumos un ātrumu mēra katra laukuma centrā. Gaisa daudzumu nosaka pēc visu laukumu ātrumu vidējā aritmētiskā.

Lielu atvērumu augšējā un apakšējā daļā gaiss var plūst dažādos virzienos. Šajā gadījumā iepriekš jānosaka neitrālās līnijas stāvoklis, kur $v=0$. Pēc tam izmēra vidējo ātrumu abās atvēruma daļās.

Nosakot gaisa daudzumu pie pieplūdes restītēm, laukumu F formulā (13.3) aprēķina kā vidējo no caurplūdes šķēsgriezuma laukuma F_c un gabarīta laukuma F_g (m²):

$$F = \frac{F_c + F_g}{2}. \quad (13.7)$$

Veidgabalu, kaloriferu, filtru u. c. ventilācijas sistēmu elementu aerodinamisko pretestību (kG/m² vai Pa) nosaka kā pilno spiedienu starpību pirms un aiz dotā elementa

$$\Delta p = p_s - p_b, \quad (13.8)$$

kur p_s — pilnais faktiskais spiediens gaisa vadā pirms dotā elementa, kG/m² (Pa);
 p_b — pilnais faktiskais spiediens gaisa vadā aiz dotā elementa, kG/m² (Pa).

Ja gaisa vada šķēsgriezuma laukums pirms un aiz dotā elementa ir vienāds, tad aerodinamisko pretestību var noteikt kā statisko spiedienu starpību pirms un aiz elementa.

3. GAISA TEMPERATŪRAS UN RELATĪVĀ MITRUMA NOTEIKŠANA

Pārbaudot ventilācijas sistēmas, gaisa temperatūru mēra ar spirta vai dzīvsudraba termometriem. Pēdējos lieto gadījumos, ja ārējā gaisa temperatūra zemāka par -30°C .

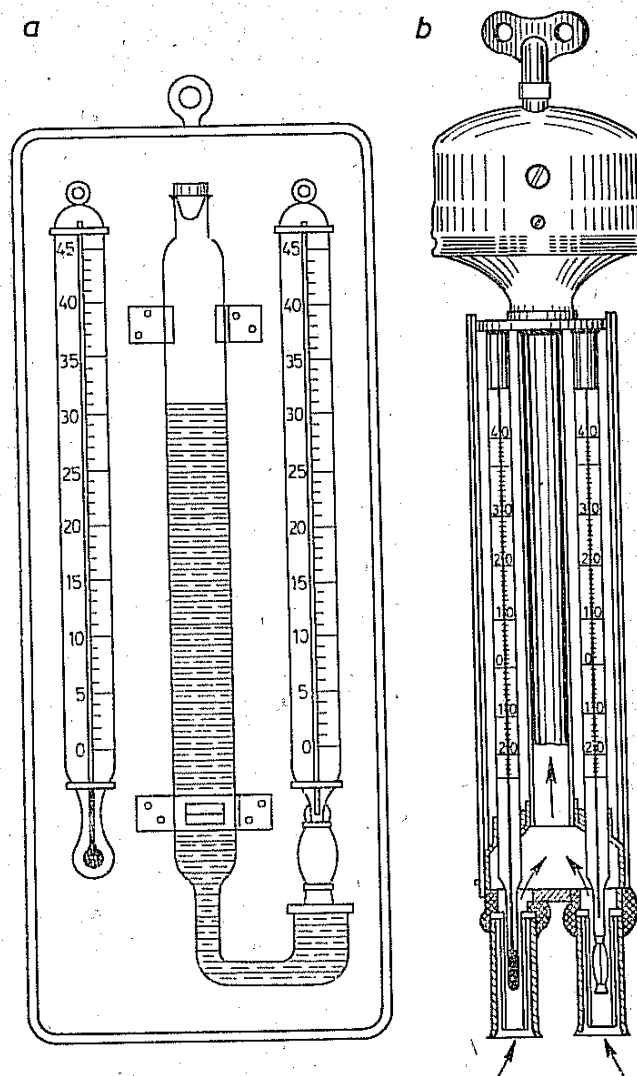
Nepārtrauktai temperatūras mērīšanai izmanto *termogrāfus*, kuri temperatūru automātiski izmēra un pieraksta. Diennakts termogrāfa M-16c darbības princips ir šāds: mainoties gaisa temperatūrai, bimetāla plāksnīte maina savu liekuma rādiusu un pārvadmehānisms šo deformāciju pārveido rādītāja kustībā. Rādītājs ar spalvu pārvietojas pa lenti, kura nostiprināta uz pulksteņmehānisma cilindra. Aparāta mērījumu precizitāte ir $\pm 1^{\circ}\text{C}$.

Nepārtrauktu relatīvā mitruma mērīšanu un reģistrēšanu veic ar *higrogrāfu*. Rūpniecībā ražo plēves vai mata higrogrāfus, kuru darbības pamatā ir attaukota cilvēka mata vai dzīvnieka plēves izmēru maiņa, mainoties gaisa relatīvajam mitrumam. Pārvadmehānisms pārveido lineāro izmēru maiņu par rādītāja un spalvas kustību uz papīra lentes, kas nostiprināta uz rotējoša cilindra, kuru darbina pulksteņmehānisms. Šo mērinstrumentu precizitāte nav visai augsta. Pārbaudot ventilācijas sistēmas, gaisa relatīvo mitrumu parasti mēra ar *psihrometriem*. *Augusta psihrometrs* (13.6. zīm. a) sastāv no diviem termometriem, kuri novietoti uz kopēja statīva. Viens no tiem kalpo apkārtējā gaisa temperatūras mērīšanai, un to sauc par sauso termometru. Otra termometra dzīvsudraba rezervuārs aptīts ar marli vai batistu, kura brīvais gaiss novietots trauciņā ar destilētu ūdeni. Mitrā termometra rezervuāram jāatrodas 30–40 mm atstatumā no ūdens līmeņa trauciņā.

Marle uzsūc ūdeni, un tas iztvaikojot atņem apkārtējam gaisam tiešo siltumu. Termometra dzīvsudraba rezervuārs un apkārtējais gaiss atdziest. Šis termometrs rāda gaisa mitrā termometra temperatūru (skatīt I nodaļu), un to sauc par mitro termometru.

Sausā un mitrā termometra temperatūru starpība atkarīga no gaisa relatīvā mitruma. Jo sausāks apkārtējais gaiss, jo intensīvāk notiek ūdens iztvaikošana un lielāka ir mitrā un sausā termometra rādījumu starpība, un otrādi — palielinoties gaisa mitrumam, starpība samazinās. Pie relatīvā mitruma 100% abu termometru rādījumi ir vienādi.

Augusta psihrometrs nav visai precīzs, jo mitrā termometra temperatūru maina apkārtējo priekšmetu izstarotais siltums un gaisa kustības ātrums telpā.



13.6. zīm. Psihrometri:

a — Augusta psihrometrs; b — Asmaņa psihrometrs

Samazinoties gaisa ātrumam, pasliktinās tvaika novadišana no iztvaikošanas zonas un mitrā termometra temperatūra paaugstinās.

Lai novērstu minētos trūkumus, *Asmaņa* (aspirācijas) *psihrometrā* (13.6. zīm. b) mitrais un sausais termometrs ievietots

metāla aizsargcaurulītē. Ar speciālu ventilatoru gaisu pa caurulītēm pārvieto ar pastāvīgu ātrumu 2—3 m/s. Ar to ir novērsta gaisa ātruma maiņas ietekme uz mitrā termometra temperatūru.

Marli vai batistu periodiski samitrina ar destilētu ūdeni.

Gaisa relatīvo mitrumu (%) nosaka pēc formulas:

$$\varphi = \frac{p_m - \alpha(t_s - t_m)p_b}{p_s} 100, \quad (13.9)$$

kur t_s, t_m — gaisa temperatūra pēc sausā un mitrā termometra, °C;
 p_s, p_m — piesātinātu ūdens tvaiku spiediens atbilstoši sausā un mitrā termometra temperatūrai, mmHg (Pa);
 p_b — barometriskais spiediens, mmHg (Pa);
 α — psihrometriskais koeficients, kurš raksturo gaisa plūsmas ātrumu.

Psihrometrisko koeficientu var noteikt pēc formulas:

$$\alpha = \left(65 + \frac{6,75}{v}\right) 10^{-5}, \quad (13.10)$$

kur v — gaisa plūsmas ātrums, m/s.

Pēc formulas (13.9) sastādīti grafiki un tabulas, pēc kurām praksē nosaka gaisa relatīvo mitrumu. Šim nolūkam var izmantot arī $I-d$ diagrammu.

Piemērs. Noteikt gaisa relatīvo mitrumu, ja sausā termometra temperatūra $t_s = 22^\circ\text{C}$ un mitrā $t_m = 17^\circ\text{C}$, barometriskais spiediens $p_b = 760$ mmHg, gaisa kustības ātrums $v = 0,3$ m/s.

Pēc 2. pielikuma tabulas atbilstoši dotajiem t_s un t_m atrodam ūdens tvaika daļējos spiedienus:

$$p_s = 19,83 \text{ mmHg}, \\ p_m = 14,53 \text{ mmHg}.$$

Pēc formulas (13.10) aprēķinām psihrometrisko koeficientu

$$\alpha = \left(65 + \frac{6,75}{0,3}\right) \cdot 10^{-5} = 87,5 \cdot 10^{-5}.$$

Nosakām gaisa relatīvo mitrumu (formula 13.9)

$$\varphi = \frac{14,53 - 87,5 \cdot 10^{-5} (22 - 17) 760 \cdot 100}{19,83} = 56,5\%.$$

4. VENTILATORU PĀRBAUDE UN REGULĒŠANA

Lai noteiktu ventilatora darbības faktiskos parametrus, jāveic ventilatora pārbaude. Pamatojoties uz šiem datiem, regulē ventilatora darbību un sastāda ventilācijas sistēmas pasi.

Veicot ventilatora pārbaudi, nosaka tā faktisko pilno spiedienu, statisko spiedienu, ražīgumu, rotora apgriezienu skaitu minūtē un patērēto jaudu.

Ventilatora pilnais spiediens

$$p_p = p_{p \text{ sūc}} + p_{p \text{ sp}}, \quad (13.11)$$

statiskais spiediens

$$p_{st} = p_{st \text{ sūc}} + p_{st \text{ sp}}, \quad (13.12)$$

kur $p_{p \text{ sūc}}, p_{p \text{ sp}}$ — ventilatora pilnais spiediens sūces un spiediena vados, kG/m² (Pa);

$p_{st \text{ sūc}}, p_{st \text{ sp}}$ — statiskais spiediens ventilatora sūces un spiediena vados, kG/m² (Pa).

Ventilatora ražīgumu aprēķina kā vidējo aritmētisko gaisa daudzumiem sūces $L_{sūc}$ un spiediena L_{sp} vados:

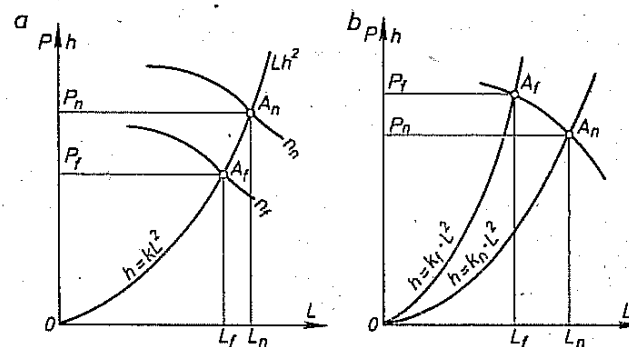
$$L = \frac{L_{sūc} + L_{sp}}{2}. \quad (13.13)$$

Atšķirība starp $L_{sūc}$ un L_{sp} nedrīkst pārsniegt 5%.

Ventilatora pārbaudes rezultātus salīdzina ar ventilatora katalogu darbiem.

Šim nolūkam uz ventilatora raksturliķņu grafika atzīmē punktu, kas atbilst faktiskajam ražīgumam un spiedienam. Ja šis punkts atrodas uz līknes, kas raksturo ventilatora darbību pie dotajiem faktiskajiem apgriezieniem, tad ventilators atbilst kataloga datiem. Ja atrastais punkts ievērojami novirzīts no ventilatora raksturliķnes, tad jāpārbauda ventilatora griešanās virziens, atstarpe starp skrejratu un sūc vadu, skrejrata lāpstiņu līrība, kā arī jālikvidē visi atklātie defekti.

Ventilatora ražīgumu var regulēt, mainot tā raksturliķni, mainot skrejrata apgriezienu skaitu vai mainot tīkla raksturliķni (13.7. zīm.).



13.7. zīm. Ventilatora regulēšanas metodes:

a — mainot ventilatora raksturliķni; b — mainot tīkla raksturliķni

Ventilatora apgriezienu skaits minūtē, lai sasniegtu vajadzīgo (projektēto) ražīgumu, ir

$$n_n = n_f \frac{L_n}{L_f}, \quad (13.14)$$

kur n_f — faktiskais apgriezienu skaits minūtē, apgr/min;
 L_f — faktiskais ražīgums, m³/h.

Mainot ventilatora apgriezienu skaitu, pilnais spiediens p_n (kG/m² vai Pa) un patērētā jauda N_n mainās šādi:

$$p_n = p_f \left(\frac{n_n}{n_f} \right)^2, \quad (13.15)$$

$$N_n = N_f \left(\frac{n_n}{n_f} \right)^3, \quad (13.16)$$

kur p_f — faktiskais pilnais spiediens, kG/m² (Pa);
 N_f — faktiskā jauda, kw.

Mainot apgriezienu skaitu, ievērojami pieaug pilnais spiediens un jo sevišķi patērētā jauda. Ja ražīgums jāpalielina vairāk nekā par 40—45%, tad ekonomiski izdevīgāk nomainīt gaisa vadus, lai samazinātu pretestību vai uzstādītu citu ventilatoru.

Tikla raksturojumu maina, mainot droseļu vai aizbīdņu stāvokli, uzstādot diafragmas, mainot gaisa vadu šķēsgriezumu (gaisa vadu rekonstrukcija).

5. KALORIFERU PĀRBAUDE

Kalorifera pārbaudi izdara pēc tam, kad siltumnesēja un gaisa temperatūra aiz kalorifera nostabilizējusies un paliek nemainīga 30 min. Pārbaudot kaloriferus, izmēra gaisa temperatūru pirms un aiz kalorifera, ūdens temperatūru turpgaitas un atpakaļgaitas vadā, tvaika spiedienu, caurplūstošā gaisa daudzumu un aerodinamisko pretestību.

Kalorifera faktisko siltuma ražīgumu Q_f (kcal/h vai W) nosaka pēc formulas:

$$Q_f = c L_f \gamma (t_b^f - t_s^f), \quad (13.17)$$

kur L_f — caurplūstošā gaisa daudzums, m³/h (m³/s);
 γ — gaisa blīvums, kg/m³;
 t_s^f, t_b^f — gaisa temperatūra pirms un aiz kalorifera, °C;
 c — gaisa siltumietilpība, kcal/(kg·deg) [J/(kg·deg)].

Ja temperatūra pirms kalorifera atšķiras no aplēses pieņemtās temperatūras, tad siltuma ražīgumu Q (kcal/h vai W) pie dotās aplēses temperatūras nosaka pēc formulas:
 ja siltumnesējs ir ūdens,

$$Q = Q_f \frac{t_k + t_a - 2t_s}{t_k^f + t_a^f - 2t_s^f}; \quad (13.18)$$

ja siltumnesējs ir tvaiks,

$$Q = Q_f \frac{t_T - t_s}{t_T^f - t_s^f}, \quad (13.19)$$

kur t_k, t_a — turpgaitas un atpakaļgaitas ūdens aplēses temperatūra, °C;
 t_k^f, t_a^f — turpgaitas un atpakaļgaitas ūdens faktiskā temperatūra, °C;
 t_s, t_s^f — aplēses un faktiskā gaisa temperatūra pirms kalorifera, °C;
 t_T, t_T^f — aplēses un faktiskā tvaika temperatūra.

Faktisko siltuma ražīgumu un aerodinamisko pretestību salīdzina ar projektēto. Ūdens kaloriferiem siltuma ražīgumu var palielināt, pārslēdzot to pēc siltumnesēja no paralēlās shēmas virknē.

Aerodinamisko pretestību var pazemināt, attīrot kaloriferu apribojumu no netīrumiem vai pārslēdzot kaloriferus pēc gaisa kustības — paralēli.

6. PUTEKĻU ATDALĪTĀJU PĀRBAUDE

Putekļu atdalītājus pārbauda, lai noteiktu to gaisa attīrīšanas efektivitāti.

Pirms pārbaudes putekļu atdalītāji jāsavied kārtībā: bunkuri jāiztīra no putekļiem, jālikvidē neblīvumi piedurknēs, apvalkos, jāizremontē sakratišanas mehānismi, putekļu aizvākšanas ietaises utt.

Pārbaudot putekļu atdalītājus, tehnoloģiskām iekārtām jādarbojas normālā režīmā.

Izdara pārbaudi:

- 1) izmēra pilno, dinamisko un statisko gaisa spiedienu pirms un aiz putekļu atdalītāja;
- 2) pēc dinamiskā spiediena aprēķina gaisa ātrumu pie ieejas putekļu atdalītājā;
- 3) nosaka gaisa daudzumu pirms un aiz putekļu atdalītāja;
- 4) aprēķina putekļu atdalītāja aerodinamisko pretestību (kG/m² vai Pa) pēc formulas:

$$\Delta p = p_s - p_b, \quad (13.20)$$

kur p_s un p_b — pilnais spiediens pirms un aiz putekļu atdalītāja, kG/m² (Pa);

5) izdara gaisa analīzes pirms un aiz putekļu atdalītāja un nosaka putekļu koncentrāciju gaisā; izrēķina putekļu attīrīšanas efektivitāti putekļu atdalītājā (formula 11.1).

Ja putekļu atdalītājā ir gaisa piesūces vai noplūdes, tad attīrīšanas efektivitāti aprēķina pēc formulas:

$$\eta = \frac{S_s L_s - S_b L_b}{S_s L_b}, \quad (13.21)$$

kur S_s, S_b — putekļu koncentrācija pirms un aiz putekļu atdalītāja, mg/m^3 ;
 L_s, L_b — gaisa daudzums pirms un aiz putekļu atdalītāja, m^3/h .

Filtriem nosaka īpatnējo slodzi uz 1 m^2 filtrējošā materiāla

$$L_i = \frac{L}{F}, \quad (13.22)$$

kur L — gaisa daudzums filtrā, m^3/h ;
 F — filtrējošās virsmas laukums, m^2 .

Ja slodze pārsniedz pieļaujamo (11.7. tab.), atbilstoši jāsamazina gaisa daudzums sistēmā vai jāuzstāda papildu filtri.

Ciklonu efektivitāti var ievērojami paaugstināt, palielinot gaisa ieejas ātrumu ciklonā vai uzstādot vairākus ciklonus ar mazāku diametru.

Ja putekļu atdalītājs neatbilst attīrāmo putekļu izmēriem, tas jānomaina ar cita veida putekļu atdalītāju.

7. VENTILĀCIJAS TĪKLU REGULĒSANA

Gaisa sadali pa nozarojumiem un atvērumiem regulē, palielinot vai samazinot papildu pretestības atbilstošajos nozarojumos vai atvērumos.

Papildu pretestību (kG/m^2 vai Pa) var noteikt pēc formulas:

$$\Delta p = \pm p_t \left[\left(\frac{L_t}{L_n} \right)^2 - 1 \right], \quad (13.23)$$

kur p_t — faktiskā gaisa vada pretestība, kG/m^2 (Pa).

Ja Δp vērtība ir pozitīva, tad gaisa vada pretestība jāpalielina, aizverot droseļvārstu, ja negatīva, tad jāsamazina gaisa vada pretestība.

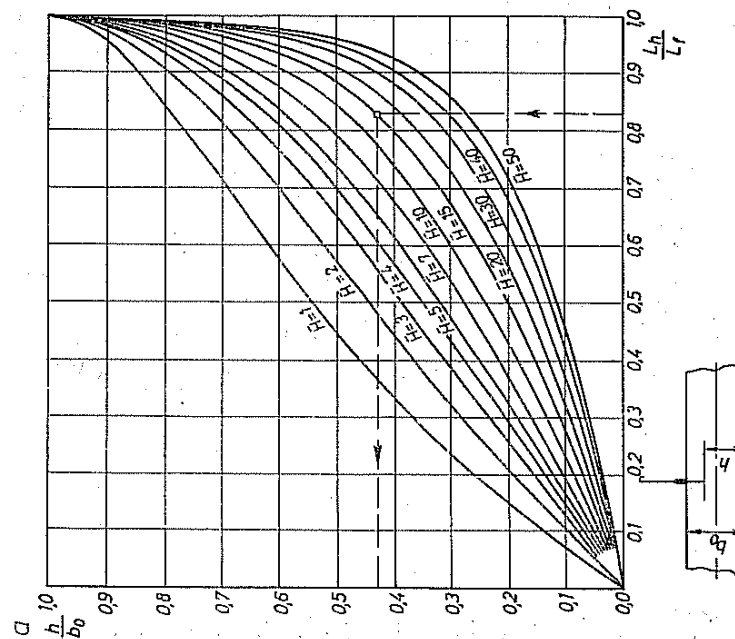
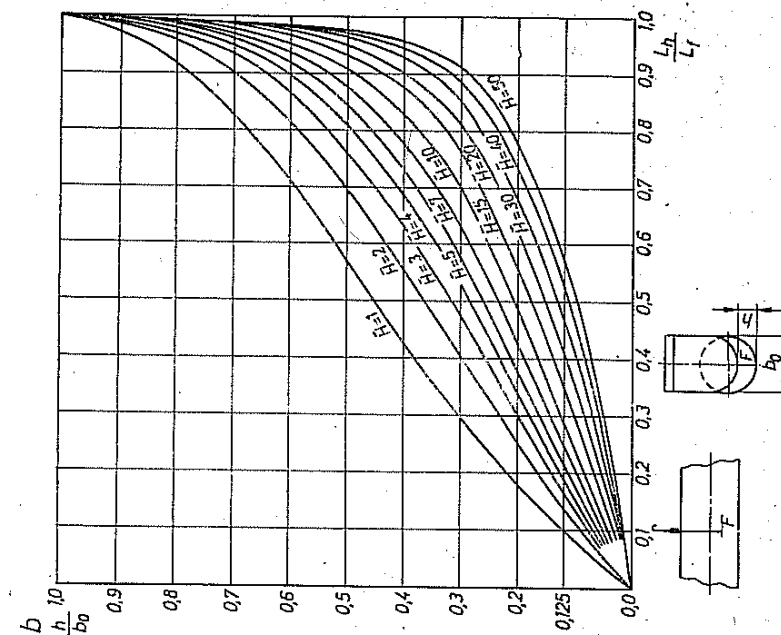
Atbilstoši Δp jāizvēlas droseļvārsta vai aizbīdņa aizvēršanas pakāpe.

Šim nolūkam var izmantot autora izstrādātās nomogrammas (13.8. zīm.).

Lai varētu lietot nomogrammas, jāzina faktiskais gaisa daudzums L_t un pretestība p_t regulējamā posmā pie pilnīgi atvērta aizbīdņa, kā arī jāaprēķina regulējamā posma relatīvā pretestība.

$$\bar{p} = \frac{p_t}{p_{d1}}, \quad (13.24)$$

kur p_{d1} — dinamiskais spiediens gaisā vadā, ja aizbīdnis atvērts, kG/m^2 .



13.8. zīm. Grafiks caurplūstošā gaisa daudzuma noteikšanai atkarībā no aizbīdņa stāvokļa gaisā vadā:
 a — taisnstūrveida šķēsgriezuma gaisa vadā; b — apaļa šķēsgriezuma gaisa vadā

Ja aizbīdnis vai droševārsts uzstādīts maģistrālajā vadā pirms vai aiz ventilatora, tad regulējamā posma pretestība ir vienāda ar tīkla pretestību (ventilatora pilno spiedienu).

Piemērs. Ventilatora projektētais ražīgums $L_n = 10\,000 \text{ m}^3/\text{h}$, faktiskais $L_t = 12\,000 \text{ m}^3/\text{h}$, faktiskā tīkla pretestība $p_t = 120 \text{ kG/m}^2$. Gaisa vadā aiz ventilatora uzstādīts aizbīdnis. Gaisa ātrums aizbīdņa uzstādīšanas vietā $v = 11,45 \text{ m/s}$, gaisa vada šķērsgriezums — $540 \times 540 \text{ mm}$. Noteikt, cik vajag aizvērt aizbīdni, lai ventilatora ražīgums samazinātos līdz projektētajam.

Atrisinājums. Dinamiskais spiediens gaisa vadā

$$p_d = \frac{v^2 \gamma}{2g} = \frac{11,45 \cdot 1,2}{2 \cdot 9,8} = 8 \text{ (kG/m}^2\text{)}.$$

Gaisa relatīvais daudzums

$$\frac{L_n}{L_t} = \frac{10\,000}{12\,000} = 0,834.$$

Tīkla relatīvā pretestība (formula 13.24)

$$\bar{p} = \frac{120}{8} = 15.$$

Uz nomogrammas velkam vertikālu līniju, kas atbilst $\frac{L_n}{L_t} = 0,834$, līdz krustojumam ar līkni $\bar{p} = 15$. Caur krustpunktu velkam horizontālu līniju un uz vertikālās ass atrodam attiecību $\frac{h}{b_0} = 0,43$. Tā kā pēc noteikumiem $b_0 = 540$, tad $h = 540 \cdot 0,43 = 232 \text{ mm}$. Lai samazinātu ventilatora ražīgumu no $12\,000 \text{ m}^3/\text{h}$ līdz $10\,000 \text{ m}^3/\text{h}$, aizbīdnis jāaizver par $540 - 232 = 308 \text{ (mm)}$.

Diafragmas apaļā atvēruma laukumu (m^2) nosaka pēc formulas:

$$f_d = \frac{1,17}{\frac{1}{F} + 4 \sqrt{p \left(\frac{1}{L_n^2} - \frac{1}{L_t^2} \right)}} \quad (13.25)$$

kur F — gaisa vada šķērsgriezuma laukums diafragmas uzstādīšanas vietā, m^2 ;
 p — spiediens šķērsgriezumā (sūces vadā $p = p_p$, spiediena vadā $p = p_{st}$), kG/m^2 .

Ventilācijas tīklu regulēšanu veic ar pakāpeniskās tuvināšanas metodi vai ar faktiskā un projektējamā gaisa daudzuma attiecību sekojošu vienādojumu metodi.

Ar pakāpeniskās tuvināšanas metodi vispirms noregulē gaisa daudzumus atsevišķos nozarojumos, pēc tam regulē tos atvērumos.

Tā kā pēc regulēšanas sistēmas ražīgums samazinās par 10—20%, tad gaisa daudzumu regulē pēc attiecības

$$(0,8-0,9) \frac{L_t}{L_n},$$

kur L_t , L_n — faktiskais un nepieciešamais (projektētais) gaisa daudzums, m^3/h .

Pēc pirmās regulēšanas pārbauda gaisa daudzumus atvērumos; ja tie neatbilst projektētiem, tad atkārtoti regulē gaisa daudzumus nozarojumos un atvērumos. Regulēšanu šādā secībā turpina tik ilgi, kamēr atšķirība starp faktisko un projektēto gaisa daudzumu nepārsniedz pieļaujamo vērtību (parasti $\pm 10\%$).

Šo metodi iesaka lietot nelielu sistēmu regulēšanai.

Ar faktiskā un projektējamā gaisa daudzumu attiecību sekojošu vienādojuma metodi regulē sazarotus tīklus ar lielu atvērumu skaitu.

Šīs metodes pamatā ir apstāklis, ka, ja kādā no nozarojumiem maina gaisa daudzumu, pieverot vai atverot droseli, tad visos nozarojumos pēc regulējamā, skaitot no ventilatora, gaisa daudzumi mainās vienādās attiecībās.

Regulējot pēc šīs metodes, iepriekš vienādo faktiskā un projektējamā gaisa daudzuma attiecību atvērumos:

$$n = \frac{L_t}{L_n}.$$

Regulēšanu sāk ar diviem no ventilatora visattālākiem atvērumiem. Pieverot aizbīdni vienā no atvērumiem, vienādo tajos faktisko gaisa attiecību pret projektējamo. Apzīmēsim šo attiecību ar n_1 . Abus noregulētos atvērumus pieņem par vienu veselu un tālāk regulē to ar nākamo atvērumu. Šos trīs atvērumus noregulē uz vienu un to pašu attiecību n_2 . Tādā pašā secībā regulē pārējos atvērumus; rezultātā visi nozarojuma atvērumi ir noregulēti uz vienu un to pašu attiecību N_1 .

Analogi regulē gaisa daudzumu attiecības sistēmas pārējo nozarojumu atvērumos. Pēc tam pārbauda faktiskos gaisa daudzumus atvērumos.

Tālāk regulē gaisa daudzumus sistēmas nozarojumos. Sāk ar vistālāko nozarojumu no ventilatora. Rezultātā jāpanāk, lai visi nozarojumi būtu noregulēti uz vienu un to pašu attiecību $-\frac{L_t}{L_n} = N_1$.

8. Raksturīgākie ventilācijas sistēmu defekti un pasākumi to novēršanai

Iespējamie defekti	Defekta rašanās iemesls	Pasākumi defektu novēršanai
1	2	3
<i>Ventilatori</i>		
Ventilatora ražīgums un spiediens mazāks par projektā paredzētajiem (ventilatora apgriezienu skaits atbilst projektētajam)	Skrejrats griežas nepareizā virzienā Sprauga starp sūcavadu un skrejratu pārsniedz pieļaujamo robežvērtību	Jāmaina skrejrata griešanās virziens Jāsamazina sprauga starp sūcavadu un skrejratu līdz 0,01 no skrejrata diametra

1	2	3
Ventilatora ražgums mazāks par projektēto (spiediens un apgriezienu skaits atbilst projektam)	Nepareizi izvēlēts ventilators Aizvērti drošēvārsti vai aizbīdņi gaisa vados Aizsērējuši gaisa vadi vai atvērumi	Jānomaina ventilators Jāatver drošēvārsti vai aizbīdņi Jāiztīra gaisa vadi vai atvērumi
Ventilatora ražgums lielāks par projektā paredzēto	Nepareizi aprēķināti gaisa vadi	Jāpārbauda gaisa vadu aprēķins un, ja nepieciešams, jānomaina esošie gaisa vadi pret lielāka diametra gaisa vadiem
Darbojoties ventilators ļoti vibrē	Neblīvi gaisa vadi Gaisa vadu pretestība mazāka par projektēto	Jānoblivē gaisa vadi Jāpiever drošēvārsti vai aizbīdņi maģistrālajā gaisa vadā Jāpievelk skrūves, ar kurām piestiprināts ventilators vai elektrodzinējs Jāizbalansē skrejrats
Ventilatoram darbojoties, ir stiprs troksnis, kas pārsniedz maksimāli pieļaujamo	Ventilators vai elektrodzinējs slikti piestiprināti pie pamata Neizbalansēts ventilatora skrejrats Ventilators uzstādīts bez amortizatoriem Nav elastīgu posmu starp gaisa vadiem un ventilatoru	Ventilators jāuzstāda uz amortizatoriem Gaisa vados pirms un aiz ventilatora jāierīko elastīgi posmi Jāuzstāda ventilators ar augstāku lietderības koeficientu Jāuzstāda ventilators ar zemāku apgriezienu skaitu minūtē
Centrbēdzes ventilatoram darbojoties, pārkarsē elektrodzinējs	Ventilatoram zems lietderības koeficients Ventilatora apgriezienu skaits minūtē pārsniedz dotajiem apstākļiem pieļaujamos Gaisa vadu pretestība ievērojami mazāka par projektēto	Jāpalielina gaisa vadu pretestība, pieverot aizbīdņi vai drošēvārstu maģistrālajā vadā Jānoblivē gaisa vadi Jāuzstāda elektrodzinējs, kas atbilst patērējamajai jaudai
Gaiss kaloriferā pārkarsē	Nepareizi izvēlēts elektrodzinējs	Jāatver vārsts aplejas kānālā Ja nav iespējams izmantot siltumnesēju ar projektētajiem parametriem, jāuzstāda kalorifers ar lielāku sildvirsmu
Gaiss kaloriferā uzsilst par maz	Kaloriferi Kalorifers izvēlēts ar pārāk lielu rezervi Siltumnesēja temperatūra neatbilst projektētajai	Jāpalielina siltumnesēja cauruļu diametrs Kalorifers jāiztīra, izpūšot to ar saspīestu gaisu un izskalojot ar karstu kaustiskās sodas šķīdumu
Kalorifera pretestība lielāka, nekā paredzēts projektā	Siltumnesēja daudzums neatbilst aprēķinā paredzētajam Aizsērējis kalorifera cauruļu apribojums	

1	2	3
Caur kaloriferu plūst vairāk gaisa, nekā paredzēts projektā	Jāsamazina caurplūstošā gaisa daudzums, aizverot aizbīdņi maģistrālē. Ja tas nav vēlams, jāuzstāda kalorifers ar lielāku gaisa caurplūdes šķēsgriezuma laukumu Jāuzstāda kalorifers ar mazāku pretestību	
Nepareizi izvēlēts kalorifers		
Putekļu atdalītāji un filtri	Izdilis materiāls, no kā izgatavotas piedurknes Piedurknēm atīrušas šuves, neblīvas piedurkņu pievienojuma vietas pie korpusa Slodze uz filtrējošā materiāla virsmas 1 m ² pārsniedz pieļaujamo Piedurkņu materiāls neatbilst atdalāmiem putekļiem	Jānomaina piedurknes Jāizremontē piedurknes, jānoblivē savienojuma vietas Jāsamazina gaisa daudzums, kuru pievada filtram, ja tas nav iespējams, jāuzstāda papildu filtri Piedurknes jāizgatavo no materiāla, kas paredzēts doto putekļu uzīveršanai (skat. tab. 11. nod.) Jāpalielina gaisa daudzums vai jāuzstāda ciklons ar mazāku diametru Jānoblivē ciklona mezgli, jālikvidē noplūdes vai piesūces Atbilstoši normai jāsamazina gaisa daudzums, kuru pievada putekļu atdalītājam Jāpārbauda un jāizremontē sakratišanas mehānisms
Ciklons nenodrošina nepieciešamo attīrīšanas pakāpi	Gaisa ieejas ātrums ciklonā par mazu Nehermētisks ciklons	
Ciklona vai filtra pretestība pārsniedz projektēto	Gaisa daudzums, kas plūst caur putekļu atdalītāju, pārsniedz projektēto Nedarbojas piedurkņu sakratišanas mehānisms	
Gaisa vadi, pieplūdes un noplūdes atvērumi		
Gaisa daudzums atvērumos neatbilst projektētajam Gaisa vadu pretestība pārsniedz projektēto	Aprēķinot gaisa vadu tiklu, nav izlīdzinātas pretestības nozarojumos Aizvērti drošēvārsti vai aizbīdņi nozarojumos vai pie atvērumiem; montējot gaisa vadus, samazināti gaisa vadu diametri	Ar drošēvārstu palīdzību jāneregulē gaisa daudzums atvērumos Jāatver drošēvārsti vai aizbīdņi Gaisa vadi jāsamontē atbilstoši projektam

9. VENTILĀCIJAS SISTĒMU EKSPLOATĀCIJA

Ventilācijas sistēmu efektivitāte lielā mērā atkarīga no tā, kā organizēta ekspluatācija. Par vispārējo ventilācijas sistēmu stāvokli atbild rūpnīcas galvenais inženieris, par pareizu un nepārtrauktu sistēmas ekspluatāciju — cehu priekšnieki. Ventilācijas sistēmu ekspluatāciju un remontu tehniski vada un kontrolē

galvenais mehāniķis vai enerģētiķis. Šo uzdevumu veikšanai galvenā enerģētiķa vai mehāniķa daļā jābūt speciālam dienestam. Cilvēku skaitam šādā dienestā jābūt atbilstošam ventilācijas sistēmu skaitam rūpnīcā. Ventilācijas sistēmas pielīdzina nosacītai vienībai, par kuru pieņemta noplūdes sistēma ar 10 gaisa iesūkšanas atvērumiem un elektrodzinēja jaudu līdz 7 kW. Ventilācijas sistēmu novērtēšana pēc nosacītām vienībām sniegta 13.4. tabulā.

13.4. tabula. Ventilācijas sistēmu novērtēšana nosacītās vienībās

Ventilācijas sistēmu raksturojums	Nosacīto ventilācijas sistēmu skaits, ja elektrodzinēja jauda, kW.		
	<7	7—15	>15
1	2	3	4
Vietējā noplūdes sistēma bez putekļu atdalītāja, ar gaisa iesūkšanas atvērumu skaitu			
<10	1	1,1	1,2
10—25	1,25	1,4	1,55
>25	1,5	1,65	1,8
Vispārējā noplūdes sistēma ar gaisa ieņemšanas atvērumiem gaisa vadā, ja to skaits			
<10	0,8	0,9	1,0
10—25	1,1	1,2	1,3
>25	1,2	1,3	1,3
Putekļu atdalītāji noplūdes sistēmās: piedurkņu filtrī	0,75	0,9	1,1
skruberi	0,5	0,6	0,7
cikloni	0,25	0,3	0,35
Pieplūdes sistēmas bez filtra un sprauslu kameras, ar kaloriferu un pieplūdes uzgaļu skaitu			
<10	1,1	1,2	1,3
10—25	1,35	1,5	1,65
>25	1,65	1,8	2,0
Tās pašas ar gaisa izplūdes atvērumiem gaisa vadā, ja to skaits			
<10	1	1,1	1,2
10—25	1,25	1,4	1,55
>25	1,55	1,7	1,85
Filtri un sprauslu kameras pieplūdes sistēmās:			
filtrs	0,25	0,3	0,35
sprauslu kamera	0,55	0,65	0,8
Aksiālais ventilators bez gaisa vadiem	0,1	—	—
Jumta ventilators	1,0	—	—
Apkures-ventilācijas agregāts: ar aksiālo ventilatoru	1,0	—	—
ar centrālās ventilatoru	1,3	—	—

Rūpnīcās, kurām nosacīto ventilācijas vienību ir vairāk par 200, ventilācijas sistēmu ekspluatācijai organizē ventilācijas biroju, kura galvenie uzdevumi ir ventilācijas sistēmu tehniskā uzraudzība, pārbaude, regulēšana un projektēšana.

Ja nosacīto ventilācijas vienību rūpnīcā ir 30—200, tad ventilācijas ekspluatācijai izveido ventilācijas inženiera grupu.

Rūpnīcās, kur nosacīto ventilācijas vienību skaits ir mazāks par 30, par ventilācijas ekspluatāciju atbild galvenais mehāniķis vai enerģētiķis vai kāds no viņu padotajiem, piemēram, remontu un mehāniskā vai enerģētiskā ceha priekšnieks.

Ventilācijas sistēmu tekošo tehnisko apkopi izdara dežurējošie atslēdznieki. Šo darbu izpildei nepieciešams 1 dežurējošais atslēdznieks uz 25—65 nosacītām ventilācijas sistēmām.

Visas jaunās — samontētās ventilācijas sistēmas ekspluatācijā pieņem speciāla komisija, kuras sastāvā ir pārstāvji no pasūtītāja un montāžas organizācijas, sanitārā dienesta, arodbiedrību tehniskās inspekcijas utt. Pieņemšanas komisijai jāuzrāda projekta dokumentācija, tehniskās pārbaudes un regulēšanas akts, ventilācijas sistēmas pases un ekspluatācijas instrukcijas.

Komisija pārbauda ventilācijas sistēmu montāžas kvalitāti, atbilstību projektam, tās darbības efektivitāti un izlemj, vai sistēmu var pieņemt ekspluatācijā.

Nepareizi izbūvētām vai nekvalitatīvām ventilācijas sistēmām jānovērš komisijas atzīmētie defekti, tikai pēc tam tās var pieņemt ekspluatācijā. Pieņemšanu noformē ar atbilstošu aktu. Katrai ekspluatācijā pieņemtai ventilācijas sistēmai jābūt tehniskai pasei un ekspluatācijas instrukcijai. Tehnisko pasi sastāda, pamatojoties uz tehniskās pārbaudes rezultātiem. Pasē uzrāda datus par iekārtām (tips, modelis, izmēri, numurs, jauda utt.), projekta un faktiskos gaisa daudzumus, spiedienus, ventilatoru apgriezienu skaitu utt.

Pasē jāatzīmē visas pārmaiņas, kas ieviestas sistēmā ekspluatācijas laikā. Ekspluatācijas instrukcijā uzrāda ceha vai telpas nosaukumu, kuru apkalpo ventilācijas sistēma, par ekspluatāciju atbildīgās personas uzvārdu, gaisa temperatūru un relatīvo mitrumu darba vietās, sistēmas ražīgumu un ventilatora apgriezienu skaitu, ieslēgšanas un izslēgšanas kārtību, gaisa vadu, filtru, ventilatoru tīrīšanas laiku, norādījumus, kā jārikojas avārijas vai ugunsgrēka gadījumā, utt.

Katrai ventilācijas sistēmai ieteicams piešķirt apzīmējumu un numuru, kuru uzraksta ar spilgtu krāsu uz ventilatora. Sistēmas apzīmējumam un numuram jāatkārtojas visos tehniskajos dokumentos: pasē, instrukcijā, ekspluatācijas un remontu žurnālā. Pieplūdes sistēmas apzīmē ar burtu *P*, noplūdes — ar burtu *N*, dabiskās — ar burtu *D*, kondicionēšanas — ar *K*. Sistēmas numuru liek aiz apzīmējuma, piemēram, *P-1*, *N-12*. Ventilācijas sistēmām ieteicams iekārtot ekspluatācijas žurnālu, kurā atzīmē bojājumus,

piespiedu izslēgšanas gadījumus, dežurantu uzvārdus, dežūras laiku.

Telpās, kur izdalās kaitīgās vielas, vispārējās ventilācijas sistēmas jāieslēdz 10—15 minūtes pirms darba sākuma un jāizslēdz arī 10—15 minūtes pēc darba beigšanas.

Vietējās nosūces sistēmas ieslēdz 3—5 min pirms darba sākuma un izslēdz 3—5 min pēc darba beigšanas.

10. DROŠĪBAS TEHNIKA VENTILĀCIJAS SISTĒMU PĀRBAUDĒ UN EKSPLUATĀCIJĀ

Personas, kas apkalpo ventilācijas sistēmas un izdara to remontu vai pārbaudi, drīkst pielaist pie darba tikai pēc atbilstošas drošības tehnikas un ugunsdrošības instruktažas.

Apkalpojošais personāls jāinstruē ne retāk kā reizi trijos mēnešos. Par instruktažu jāizdara ieraksti instruktažas žurnālā.

Atslēdzniekiem, kas veic ventilācijas sistēmu remontu, jāievēro celtniecības montāžas darbu drošības tehnikas noteikumi, kurus apstiprinājusi Celtniecības darbinieku arodbiedrības centrālā komiteja.

Personālam, kas apkalpo ventilācijas sistēmas, jāzina drošības tehnikas un ugunsdrošības noteikumi, kas atbilst atbilstošo ceļu specifiskajiem apstākļiem.

Eksploatējot un pārbaudot ventilācijas sistēmas, jāievēro šādas galvenās drošības tehnikas prasības:

eksploatēt drīkst tikai nebojātas, nokomplektētas un pārbaudītas iekārtas;

platformām, uz kurām uzmontētas ventilācijas iekārtas, jābūt apgādātām ar stacionārām kāpnēm; šīm platformām, lūkām tajās un kāpnēm jābūt norobežotām ar margām;

ventilācijas kamerās un kanālus nedrīkst izmantot citām vajadzībām, piemēram, kā noliktavas;

ventilatoru, elektrodzinēju un sūkņu remontdarbus drīkst izpildīt tikai pēc tam, kad ir pilnīgi apstādinātas rotējošās daļas, atslēgti elektrodzinēji un pie palaišanas slēdžiem izkārti uzraksti «Neieslēgt, strādā cilvēki!»;

veicot darbus uz platformām, kāpnēm utt., zem tām nedrīkst atrasties cilvēki;

lūku durtiņām, paceļamām kāpnēm u. c. jābūt ietaisēm to fiksēšanai atvērtā (paceltā) stāvoklī;

darba vietā ventilācijas sistēmas gaisa vadi, ventilatoru kronšteini un pārējie ventilācijas sistēmas elementi jāizvieto ne zemāk kā 1,8 m virs grīdas līmeņa;

telpām, kur uzstādītas ventilācijas iekārtas, jābūt ar stacionāru apgaismojumu;

nedrīkst izmantot pārnēsāmās elektriskās lampas ar spriegumu, lielāku par 36 V;

pagaidu elektroinstalācijai un iekārtām jāatbilst tādiem pašiem drošības tehnikas noteikumiem kā stacionārām iekārtām;

aizdegoties elektroinstalācijai, uguns dzēšanai drīkst izmantot tikai oglskābes ugunsdzēsšanas aparātus;

nedrīkst ekspluatēt nesazemētas elektroiekārtas, kā arī iekārtas bez rotējošo daļu aizsegumiem;

piedziņas mehānisma siksnas drīkst uzlikt un noņemt tikai elektrodzinēja atslēgtā stāvoklī;

elektroiekārtu remontu drīkst veikt tikai speciālisti ar atbilstošu kategoriju;

ja elektrodzinējus remontam atvieno no tīkla, barojošo vadu gali jāizolē;

remontdarbi jāizpilda ar atbilstošiem darba rīkiem, kuri ir darba kārtībā;

pārnēsāmām kāpnēm, kuras izmanto, veicot ventilācijas sistēmas apskati, tīrīšanu vai remontu, jābūt apgādātām ar drošības āķiem vai citām ietaisēm, kas nodrošina to stabilitāti;

ja ventilācijas iekārtās parādījušies neparasti trokšņi, sitieni vai vibrācijas, tās jāizslēdz, jāpārbauda un bojājumi jānovērš;

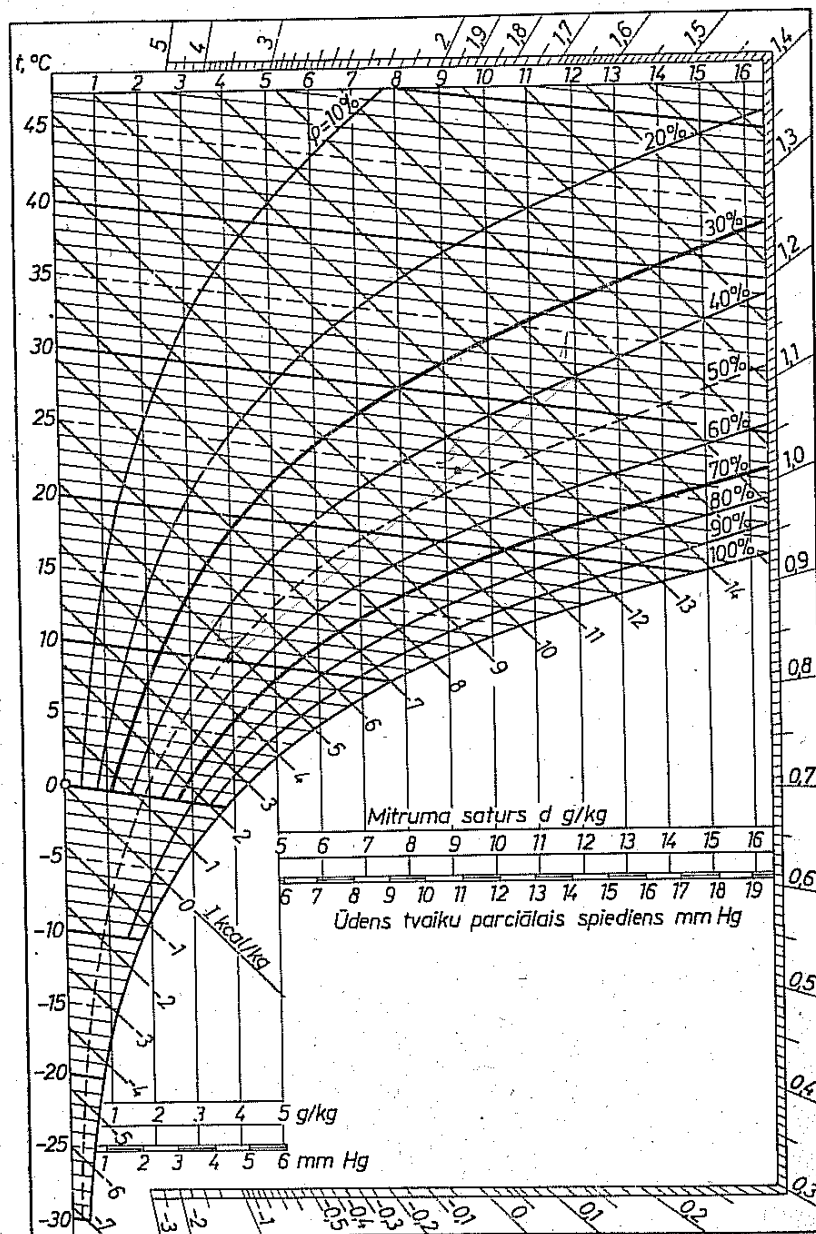
aizliegts ielīst kanālos, bunkuros, tvertnēs, nosedzēs utt. pirms atbilstošo iekārtu pilnīgas apstādināšanas, kanālu, bunkuru utt. attīrīšanas no putekļiem un to izvēdināšanas;

pirms ventilācijas iekārtas ieslēgšanas jāpārliedz, vai aizvērtas ventilācijas kameru durvis, lūkas utt.;

ventilācijas kamerās un vietās, kur atrodas ventilācijas iekārta, jāizkar instrukcijas un plakāti par drošības tehniku un ugunsdrošību.

Drošības tehnikas noteikumu izpilde ir obligāta, to neievērošana var izraisīt avārijas un nelaimes gadījumus. Šleiga un dažādi «sevišķi» apstākļi nevar attaisnot drošības tehnikas noteikumu neievērošanu.

1. pielikums. I-d diagramma



2. pielikums. Mitrā gaisa fizikālās īpašības pie gaisa barometriskā spiediena 760 mmHg

Temperatūra, $^{\circ}\text{C}$	Sausā gaisa blīvums, kg/m^3	Piesātinātā ūdens tvaika parciālais spiediens, mmHg	Piesātinātā ūdens tvaiku saturs		
			mitrā gaisā, g/m^3	mitrā gaisā, g/kg	sausā gaisā, g/kg
1	2	3	4	5	6
-20	1,396	0,940	1,1	0,80	0,77
-18	1,325	1,116	1,3	0,92	0,93
-16	1,374	1,308	1,5	1,10	1,11
-14	1,368	1,549	1,7	1,29	1,30
-12	1,353	1,836	2,0	1,49	1,50
-10	1,342	2,14	2,3	1,78	1,79
-8	1,332	2,455	2,7	2,06	2,08
-6	1,322	2,876	3,4	2,38	2,40
-4	1,312	3,368	3,6	2,78	2,80
-2	1,303	3,941	4,2	3,29	3,28
0	1,293	4,580	4,9	3,78	3,80
2	1,284	5,302	5,6	4,40	4,48
4	1,275	6,097	6,4	5,05	5,10
6	1,265	6,998	7,3	5,70	5,78
8	1,256	8,017	8,3	6,60	6,65
10	1,248	9,210	9,4	7,50	7,63
12	1,239	10,520	10,6	8,60	8,75
14	1,230	11,988	12,0	9,80	9,97
16	1,222	13,630	13,6	11,2	11,40
18	1,213	15,48	15,3	12,7	12,9
20	1,205	17,53	17,2	14,4	14,7
22	1,197	19,83	19,3	16,3	16,8
24	1,189	22,38	21,6	18,4	18,8
26	1,181	25,21	24,2	20,7	21,4
28	1,173	28,35	27,0	23,4	24,0
30	1,165	31,82	30,1	26,3	27,28
32	1,157	35,66	33,5	29,5	30,6
34	1,150	38,90	37,3	33,1	34,4
36	1,142	44,56	41,4	37,0	38,8
38	1,135	49,69	45,9	41,4	43,5
40	1,128	55,32	50,8	46,3	48,9
42	1,121	61,50	56,1	51,6	54,8
44	1,114	68,26	61,9	57,5	61,3
46	1,107	75,65	68,2	64,0	68,9
48	1,100	83,70	75,0	71,1	77,0
50	1,093	92,51	83,3	79,0	86,3

3. pielikums. Apaļa šķēsgriezuma

Dinamiskais spiediens, kG/m ²	Gaisa plūsmas ātrums, m/s	Gaisa daudzums, m ³ /h (augšējais skaitlis), berzes pretestība,						
		100	110	125	140	160	180	200
0,0006	0,1	2,8	3,4	4,42	5,64	7,2	9,2	11,3
		0,0004	0,0003	0,0003	0,0003	0,0002	0,0002	0,0002
0,0024	0,2	5,6	6,8	8,8	11,1	14,5	18,3	22,6
		0,001	0,001	0,001	0,0008	0,0007	0,0006	0,0005
0,0098	0,4	11,3	13,7	17,7	22,1	28,9	36,6	45,2
		0,004	0,004	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002
0,022	0,6	16,9	20,5	26,5	33,2	43,4	54,9	67,8
		0,009	0,008	0,007	0,006	0,005	0,004	0,004
0,0391	0,8	22,6	27,3	36,3	44,3	57,9	73,2	99,4
		0,015	0,013	0,011	0,01	0,008	0,007	0,006
0,0612	1	28,3	34,2	44,2	56,4	72,3	91,6	113
		0,022	0,019	0,017	0,014	0,012	0,011	0,009
0,0881	1,2	33,9	41	53	66,5	86,8	110	136
		0,03	0,027	0,023	0,02	0,017	0,015	0,013
0,12	1,4	39,6	47,9	61,8	77,5	101	128	158
		0,04	0,035	0,03	0,026	0,022	0,019	0,017
0,157	1,6	46,2	54,7	70,6	88,6	116	147	181
		0,051	0,045	0,038	0,033	0,028	0,024	0,021
0,197	1,8	50,9	61,5	79,5	99,7	130	165	204
		0,062	0,055	0,047	0,041	0,035	0,03	0,026
0,245	2	56,5	68,4	88,3	111	145	183	226
		0,075	0,067	0,057	0,049	0,042	0,036	0,032
0,352	2,4	67,8	82,1	106	134	174	220	271
		0,104	0,093	0,079	0,068	0,058	0,05	0,044
0,48	2,8	79,1	95,7	124	155	203	256	317
		0,138	0,122	0,104	0,09	0,076	0,066	0,057
0,626	3,2	90,4	109	141	170	231	293	362
		0,175	0,156	0,132	0,115	0,097	0,084	0,073
0,793	3,6	102	123	159	199	260	330	407
		0,216	0,193	0,164	0,142	0,12	0,104	0,091
0,979	4	113	137	177	222	289	366	452
		0,263	0,233	0,198	0,172	0,145	0,126	0,11
1,18	4,4	124	150	194	244	318	403	497
		0,313	0,278	0,237	0,205	0,174	0,15	0,131
1,41	4,8	136	164	212	266	347	440	543
		0,366	0,325	0,277	0,24	0,203	0,176	0,154
1,53	5	141	171	221	277	362	458	565
		0,395	0,35	0,299	0,259	0,219	0,189	0,165
1,78	5,4	153	185	238	299	391	494	610
		0,455	0,404	0,344	0,299	0,253	0,218	0,191
2,06	5,8	164	198	256	321	420	531	656
		0,519	0,46	0,392	0,341	0,288	0,249	0,217
2,2	6	170	205	265	332	434	549	678
		0,552	0,49	0,418	0,362	0,306	0,265	0,231
2,51	6,4	181	219	283	355	463	586	724
		0,622	0,552	0,47	0,408	0,345	0,298	0,261
2,83	6,8	193	233	300	377	492	623	769
		0,696	0,617	0,526	0,457	0,386	0,334	0,292
3	7	198	239	309	388	506	641	791
		0,734	0,651	0,555	0,482	0,407	0,352	0,308
3,44	7,5	212	257	331	415	543	687	848
		0,834	0,741	0,631	0,548	0,463	0,4	0,35

gaisa vadu aprēķins

kG/m² (apakšējais skaitlis), uz gaisa vada 1 metru, ja gaisa vada diametrs, mm,

225	250	280	315	355	400	450	500	560	630	710
14,3	18	22	28	36	45	57	71	89	112	142
0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	—	—	—
28,6	35	44	56	71	90	114	141	177	224	285
0,0005	0,0004	0,0004	0,0003	0,0003	0,0002	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
57,2	71	89	112	142	181	229	283	354	449	570
0,002	0,001	0,001	0,001	0,0009	0,0008	0,0007	0,0006	0,0005	0,0004	0,0004
85,8	106	133	168	214	271	343	424	532	673	855
0,003	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	0,0009	0,0008
114	141	177	224	285	362	458	565	708	897	1140
0,005	0,005	0,004	0,004	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002	0,001	0,001
143	177	222	280	356	462	572	707	886	1122	1425
0,008	0,007	0,006	0,005	0,004	0,004	0,003	0,003	0,003	0,002	0,002
172	212	266	336	427	543	687	848	1063	1346	1710
0,011	0,01	0,008	0,007	0,005	0,005	0,005	0,004	0,004	0,003	0,003
200	247	310	393	499	633	801	989	1241	1570	1994
0,014	0,013	0,011	0,009	0,008	0,007	0,006	0,006	0,005	0,004	0,003
229	283	354	449	570	723	916	1130	1418	1795	2279
0,018	0,016	0,014	0,012	0,01	0,009	0,008	0,007	0,006	0,005	0,004
258	318	399	505	641	814	1030	1270	1595	2019	2564
0,023	0,02	0,017	0,015	0,013	0,011	0,01	0,008	0,007	0,006	0,005
286	353	443	561	707	894	1145	1413	1784	2289	2949
0,027	0,024	0,021	0,018	0,015	0,013	0,011	0,01	0,009	0,008	0,006
343	424	532	673	855	1085	1373	1696	2127	2692	3419
0,038	0,033	0,029	0,025	0,021	0,018	0,016	0,014	0,012	0,01	0,009
401	495	620	785	997	1266	1602	1978	2481	3141	3989
0,05	0,044	0,038	0,033	0,028	0,024	0,021	0,018	0,016	0,014	0,012
458	565	709	897	1140	1447	1831	2261	2836	3589	4555
0,064	0,056	0,048	0,042	0,036	0,031	0,027	0,023	0,02	0,018	0,015
515	636	796	1009	1252	1628	2060	2543	3190	4038	5129
0,079	0,069	0,06	0,052	0,045	0,038	0,033	0,029	0,025	0,022	0,019
572	705	886	1122	1426	1800	2289	2826	3545	4481	5698
0,095	0,083	0,072	0,062	0,054	0,046	0,04	0,035	0,03	0,026	0,023
629	777	975	1234	1567	1990	2518	3109	3899	4935	6268
0,113	0,099	0,087	0,075	0,064	0,055	0,048	0,042	0,036	0,031	0,027
687	848	1063	1345	1710	2170	2747	3391	4254	5484	6838
0,133	0,117	0,101	0,087	0,075	0,065	0,056	0,049	0,043	0,037	0,032
715	883	110	1402	1781	2261	2861	3532	4431	5608	7123
0,143	0,126	0,109	0,094	0,081	0,06	0,053	0,046	0,04	0,034	0,03
773	954	1196	1514	1923	2442	3090	3815	4786	6057	7693
0,165	0,145	0,126	0,108	0,093	0,08	0,069	0,061	0,053	0,046	0,039
830	1024	1285	1626	2066	2623	3319	4098	5140	6506	8263
0,188	0,165	0,143	0,124	0,107	0,092	0,079	0,069	0,06	0,052	0,045
858	1060	1329	1682	2137	2713	3434	4239	5317	6730	8548
0,2	0,176	0,152	0,132	0,113	0,098	0,084	0,074	0,064	0,055	0,048
916	1130	1418	1795	2279	2894	3662	4522	5672	7173	9117
0,226	0,98	0,172	0,148	0,128	0,11	0,095	0,083	0,072	0,062	0,054
973	1201	1501	1907	2422	3075	3892	4804	6026	7627	9687
0,252	0,221	0,192	0,166	0,143	0,123	0,106	0,093	0,081	0,07	0,06
1001	1236	1554	1963	2493	3165	4006	4945	6204	7851	9972
0,266	0,238	0,203	0,175	0,151	0,13	0,112	0,098	0,085	0,074	0,063
1075	1325	1662	2103	2571	3391	4292	5299	6647	8412	10685
0,303	0,265	0,23	0,199	0,171	0,148	0,127	0,112	0,097	0,084	0,072

Dinamiskais spiediens, kg/m ²	Gaisa plūsmas ātrums, m/s	Gaisa daudzums, m ³ /h (apgūtais skaits), berzes pretestība,						
		100	110	125	140	160	180	200
3,91	8	226	274	353	443	579	733	904
		0,94	0,834	0,711	0,617	0,522	0,451	0,394
4,42	8,5	240	291	375	471	615	778	961
		1,05	0,932	0,797	0,691	0,584	0,505	0,441
4,95	9	254	308	397	499	651	824	1017
		1,17	1,04	0,886	0,769	0,65	0,562	0,491
5,52	9,5	269	325	420	526	687	870	1074
		1,3	1,15	0,98	0,851	0,719	0,622	0,543
6,12	10	283	342	442	554	724	916	1130
		1,43	1,27	1,08	0,936	0,792	0,684	0,598

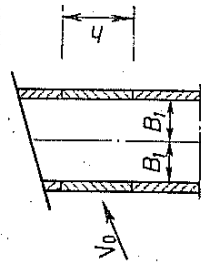
kg/m ² (apgūtais skaits), uz gaisa vada 1 metru, ja gaisa vada diametrs, mm.										
225	250	280	315	355	400	450	500	560	630	710
1145	1413	1772	2243	2849	3617	4578	5652	7090	8973	11 397
0,299	0,299	0,26	0,224	0,193	0,166	0,143	0,126	0,109	0,094	0,081
1216	1501	1885	2383	3027	3843	4864	6005	7533	9534	12 109
0,382	0,335	0,291	0,251	0,216	0,186	0,161	0,144	0,122	0,105	0,091
1288	1590	1994	2524	3205	4069	5150	6359	7976	10 095	12 821
0,425	0,373	0,323	0,279	0,241	0,207	0,179	0,157	0,136	0,117	0,101
1359	1678	2105	2664	3383	4296	5437	6712	8419	10 656	13 534
0,47	0,412	0,35	0,309	0,266	0,229	0,198	0,173	0,15	0,13	0,112
1431	1766	2216	2804	3561	4522	5723	7065	8362	11 216	14 246
0,517	0,454	0,394	0,34	0,293	0,252	0,218	0,191	0,165	0,143	0,123

4. pielikums. Gaisa vadu vietējās pretestības koeficients

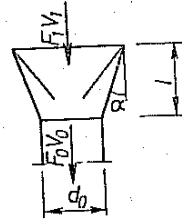
Pretestības nosaukums un tās shēma		Vietējās pretestības koeficients									
Ieeja caurulē ar sienu		F_c/F_0	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1		
		ξ_0	4	2,65	1,97	1,58	1,32	1,14	1		
Ieeja nekustīgās žalūzijas restēs		F_c/F_0	0,2	0,4	0,6	0,8	1				
		ξ_0	52,5	10,5	3,6	1,56	0,85				
Šahta ar kapi		H/d	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9				
		Pieplūde Noplūde	2,63 4,0	1,53 1,5	1,31 1,18	1,15 1,05	1,07 1,05				

 ξ_0 attiecas uz v_0

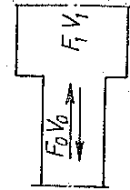
Pieplūdes šahta ar žalūzijām

 l — žalūzijas platums

Pāreja no taisnstūra šķēsgriezuma uz apaļu



Paplāšinājums vai sašaurinājums gaisa vadā

 ξ_0 attiecas uz v_0 žalūziju caurplūdes šķēsgriezumā

l/h	B_1/h				
	0,6	0,8	1	1,2	1,4
0,6	3,9	3,2	2,8	2,5	2,4
2,4	3,4	2,7	2,3	2,1	2,0

 ξ_0 attiecas uz v_0 apaļā šķēsgriezumā

l/d_0	α°			
	5	10	15	20
0,10	0,41	0,34	0,27	0,24
0,6	0,29	0,2	0,15	0,13

F_0/F_1	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Pļusmas paplašinājums	1	0,81	0,64	0,5	0,36	0,25	0,15	0,09	0,04	
Pļusmas sašaurinājums	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3	0,25	0,2	0,15	0,1	

Pretestības nosaukums un tās shēma

Atvērums gaisa vadā

Apaļi, kvadrātveida un taisnstūrveida leņķgabali

Vietējās pretestības koeficients

Izejā

v_0/v_1	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2
ξ_0	1,8	1,7	1,7	1,8	1,9	2,1	2,3	2,6	3

Gaisa vadā

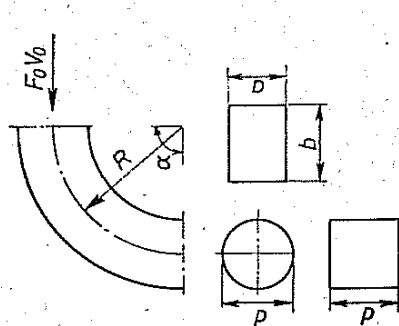
v_0/v_1	0,4	0,5	0,6	0,8	1
ξ_0	0,06	0,01	-0,03	-0,06	-0,03

Apaļi un kvadrātveida leņķgabali

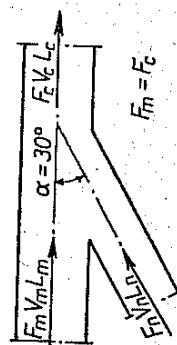
α	30	45	60	90	130	180
ξ_0	0,16	0,32	0,56	1,2	2,6	3,6
Taisnstūrveida leņķgabaliem ξ_0 jāreizina ar C						
b/a	0,25	0,5	1	2	4	6
c	1,1	1,07	1	0,9	0,78	0,72

Apaļi, kvadrātveida un taisnstūrveida leņķgabali

Apaļi un taisnstūrveida līkņi



Noplūdes T veidgabals



Apaļi un taisnstūrveida līkņi

α°	30	45	60	90	130	180
ξ_0	0,09	0,13	0,16	0,21	0,25	0,29
ξ_0	0,07	0,09	0,12	0,15	0,18	0,21

$R/d=1$

$R/d=2$

Taisnstūrveida līkņiem ξ_0 jāreizina ar c

b/a	0,25	0,5	1	1,5	2
c	1,3	1,17	1	0,9	0,85

ξ_m magistrālē

ξ_n nozarojumā

L_n/L_c	0,2	0,4	0,6	0,8	L_n/L_c	0,2	0,4	0,6	0,8
F_n/F_c	0,2	0,4	0,6	0,8	F_n/F_c	0,2	0,4	0,6	0,8
0,2	0,2	-1,8	-13	-105	0,2	0,3	1	1	1
0,4	0,2	-0,2	-5	-47	0,4	-0,4	0,9	0,9	0,9
0,6	0,2	0,2	-0,5	-15	0,6	-5	-0,1	0,3	0,4

Pieplūdes T veidgabals

Diagram illustrating the T-junction geometry and flow parameters:

- Horizontal pipe diameter: D
- Horizontal pipe length: L_c
- Vertical pipe diameter: D_n
- Vertical pipe length: L_n
- Flow velocity in horizontal pipe: v_c
- Flow velocity in vertical pipe: v_n
- Angle between pipes: $\alpha = 90^\circ$

Tables showing the relationship between the dimensionless parameter ξ_m and the flow velocities v_m/v_c for different values of F_c and F_m .

Table 1: ξ_m magīstrālē $F_n + F_m > F_c$, $F_m = F_c$

v_m/v_c	0,4	0,5	0,6	0,8
ξ_m	0,4	0	-0,1	-0,1

Table 2: ξ_m magīstrālē $F_n + F_m = F_c$

v_m/v_c	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4
ξ_m	4,4	3,8	3,1	0	0,1	0,2

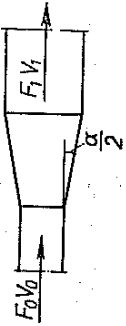
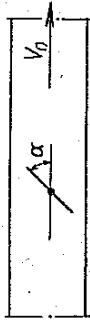
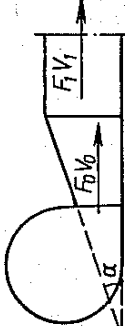
Table 3: ξ_n nozarojumā $F_n + F_m > F_c$, $F_m = F_c$

v_n/v_c	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4
ξ_n	0,4	2,3	1,2	0,8	0,7	0,7

Table 4: ξ_n nozarojumā $F_n + F_m = F_c$

v_n/v_c	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4
ξ_n	0,4	2,3	1,2	0,8	0,7	0,7

4. pielikuma turpinājums

Pretestības nosaukums un tās shēma		Vietējās pretestības koeficients										
Difuzors		ξ_0 attiecās uz ātrumu v_0										
		α°		5	10	20	30	40	50	60	70	
				0,3	0,55	0,35	3,55	9,3	25	77	368	
				0,25	0,50	1,55	3,90	11	33	118	751	
Drošēlvārsts		Taisnstūra difuzors ξ_0										
		α°		10	12	14	16	20	25	30	35	40
				0,2	0,12	0,14	0,17	0,19	0,25	0,35	0,45	0,55
				0,4	0,08	0,09	0,1	0,12	0,15	0,20	0,25	0,30
				0,6	0,05	0,05	0,07	0,07	0,08	0,10	0,12	0,14
Plakans difuzors aiz ventilatora		ξ_0 attiecās uz ātrumu v_0										
		α°		10	12	14	16	20	25	30	35	40
				0,2	0,12	0,14	0,17	0,19	0,25	0,35	0,45	0,55
				0,4	0,08	0,09	0,1	0,12	0,15	0,20	0,25	0,30
				0,6	0,05	0,05	0,07	0,07	0,08	0,10	0,12	0,14

5. pielikums. Ventilācijas sistēmas pase

Vispārējie dati

1. Apkalpojamo telpu nosaukums _____
2. Sistēmas raksturs _____
3. Apkalpojamās iekārtas nosaukums _____
4. Projektu izstrādājis _____
5. Sistēmu montējis _____
6. Sistēma nodota ekspluatācijā _____

Tehniskie dati

Parametri	Pēc projekta	Praktiski
1	2	3

Ventilators

1. Tips
2. Numurs
3. Griešanās virziens
4. Skriemeļa diametrs, mm
5. Apgriezienu skaits minūtē, apgr/min
6. Ražīgums, m³/h
7. Pilnais spiediens, kG/m²

Elektrodzinējs

1. Tips
2. Jauda, kW
3. Skriemeļa diametrs, mm
4. Apgriezienu skaits minūtē, apgr/min

Kalorifers

1. Tips
2. Modelis
3. Skaits un uzstādīšanas shēma
4. Siltumnesējs
5. Siltumnesēja parametri
6. Gaisa temperatūra pirms kalorifera, °C
7. Gaisa temperatūra aiz kalorifera, °C
8. Siltuma ražīgums, kcal/h
9. Aerodinamiskā pretestība, kG/m²

Cikloni

1. Tips
2. Numurs
3. Ciklonu skaits
4. Gaisa daudzums, m³/h
5. Aerodinamiskā pretestība, kG/m²

5. pielikuma turpinājums

1	2	3
<i>Filtri</i>		
1. Tips		
2. Sekciju skaits		
3. Filtrējošā materiāla nosaukums		
4. Filtrācijas virsma, m ²		
5. Gaisa daudzums uz filtrācijas virsmas vienu kvadrātmētru, m ³ /(h·m ²)		
6. Aerodinamiskā pretestība, kG/m ²		

Pases sastādīšanas datums

Pasi sastādīja
Pasi pārbaudīja

(paraksts)
(paraksts)

6. pielikums. Mērinstrumentu komplekts ventilācijas sistēmu tehniskai pārbaudei

1. Mikromanometrs	1 gab.
2. Pneimometriskās caurulītes: garums $l=500$ mm $l=1000$ mm	1 gab. 1 gab.
3. Gumijas caurulītes (iekšējais diametrs $d=5$ mm)	20–30 m
4. Kausiņu anemometrs	1 gab.
5. Spārniņu anemometrs	1 gab.
6. Hronometrs	1 gab.
7. Tahometrs	1 gab.
8. Aspirācijas psihrometrs	1 gab.
9. Spirta termometri ar skalu no -30 līdz $+100^{\circ}$	2 gab.

7. pielikums. Sakarība starp dažādu sistēmu mērvienībām

Nosaukums	Sakarība starp mērvienībām
Spiediens	1 at=760 mmHg=101 325 Pa 1 mmHg=133,322 Pa 1 Pa=0,101972 mmHg=7,5006·10 ⁻³ mmHg 1 kg/m ² =1 mmHg=9,80665 Pa
Siltuma daudzums	1 kcal=4186,87=4,1868 kJ 1 J=0,23885 kcal
Siltuma plūsma	1 kcal/h=1,163 w 1 w=0,859845 kcal/h
Ipatnējā siltumietilpība	1 kcal/(kg·deg)=4,1868 kJ/(kg·deg) 1 kJ/(kg·deg)=0,23885 kcal/(kg·deg)
Siltuma plūsmas blīvums	1 kcal/(m ² ·h)=1,163 w/m ² 1 w/m ² =0,859845 kcal/(m ² ·h)
Siltuma atdeves un siltuma pārejas koeficienti	1 kcal/(m ² ·h·deg)=1,163 w/(m ² ·deg) 1 w/(m ² ·deg)=0,859845 kcal/(m ² ·h·deg)

LITERATURA

1. Ciemiņš R., Nagla J., Saveļļevs P. Siltumtehnika. R., «Zvaigzne», 1967. 454 lpp.
2. Krēsliņš A. Gaisa kondicionēšana. R., «Liesma», 1969. 96 lpp.
3. Krēsliņš A. Ēku sanitāri tehniskās iekārtas 2. daļa. Ventilācija. R., LPSR Augstākās un speciālās izglītības ministrijas Tehnikumu pārvaldes izd., 1975. 100 lpp.
4. Krēsliņš A. Gaisa kondicionēšana rūpniecības un sabiedriskajās ēkās. R., «Liesma», 1975. 210 lpp.
5. Plaude K. Dabiskās vēdināšanas iekārtas. R., LVI, 1952. 58 lpp.
6. Širaks Z. Siltumapgāde. R., «Liesma», 1973. 216 lpp.
7. Батулин В. В. Основы промышленной вентиляции. М., Профиздат, 1965. 608 с.
8. Бромлей М. Ф., Кучерук В. В. Технические испытания вентиляционных установок. М., Стройиздат, 1952. 215 с.
9. Бромлей М. Ф., Щеголов В. П. Проектирование отопления и вентиляции. М., Стройиздат, 1965. 259 с.
10. Богуславский Л. Д. Экономика теплогазоснабжения и вентиляции. М., Стройиздат, 1967. 250 с.
11. Бутаков С. Е. Основы вентиляции горячих цехов. Свердловск, Металлургиздат, 1962. 288 с.
12. Варягин К. Ю. Справочное руководство по вентиляции газифицированных зданий. М., Стройиздат, 1970. 225 с.
13. Донин Л. С. Справочник по вентиляции, кондиционированию и теплоснабжению предприятий пищевой промышленности. М., «Пищевая промышленность», 1968. 288 с.
14. Дроздов В. Ф. Теплоснабжение и вентиляция. М., «Высшая школа», 1968. 351 с.
15. Инструкция по испытанию и наладке вентиляционных устройств. Изд. 2-е переработанное и исправленное. И, ЦБТИ Минмонтажспецстрой, 1968. 103 с.
16. Калинин М. П. Вентиляторные установки. Изд. 6-е перераб. и доп. М., «Высшая школа», 1967. 259 с.
17. Каменев П. Н. Отопление и вентиляция. Ч. II. Вентиляция. Изд. 3-е. М., Стройиздат, 1966. 479 с.
18. Кострюков В. А. Отопление и вентиляция. Ч. II. Вентиляция. М., Стройиздат, 1965. 327 с.
19. Кострюков В. А. Примеры расчета по отоплению и вентиляции. Ч. II. Вентиляция. Изд. 2-е. М., Стройиздат, 1966. 188 с.

20. Кучерук В. В. Очистка вентиляционного воздуха от пыли. М., Машгиз, 1963. 143 с.
21. Крупчатников В. М. Вентиляция при работе с радиоактивными веществами. Изд. 2-е исправл. и доп. М., Атомиздат, 1973. 367 с.
22. Левитан Б. И. Вентиляция на предприятиях целлюлозно-бумажной промышленности. М., «Лесная промышленность», 1972. 168 с.
23. Максимов Г. А. Отопление и вентиляция. Ч. 2. Вентиляция. Изд. 3-е перераб. М., «Высшая школа», 1968. 463 с.
24. Михайлов Ф. С. Отопление и основы вентиляции. М., Стройиздат, 1972. 415 с.
25. Молчанов Б. С. Проектирование промышленной вентиляции. Изд. 2-е перераб. Л., Стройиздат, 1970. 239 с.
26. Нестеренко А. В. Основы термодинамических расчетов вентиляции и кондиционирования воздуха. Изд. 3-е перераб. и доп. М., «Высшая школа», 1971. 460 с.
27. Пирумов А. И. Обеспыливание воздуха. М., Стройиздат, 1974. 207 с.
28. Сорокин Н. С. Вентиляция, отопление и кондиционирование воздуха на текстильных предприятиях. Изд. 5-е перераб. и доп. М., «Легкая индустрия», 1974. 328 с.
29. Справочник по специальным работам. Наладка, регулировка и эксплуатация систем промышленной вентиляции. М., Стройиздат, 1962. 555 с.
30. Справочник проектировщика. Ч. 2. Вентиляция и кондиционирование воздуха. М., Стройиздат, 1969. 536 с.
31. Сухарева А. И. Вентиляция и пневмотранспорт в полиграфии. М., «Книга», 1971. 316 с.
32. Талиев В. Н. Аэродинамика вентиляции. Изд. 2-е перераб. и доп. М., Стройиздат, 1963. 340 с.
33. Фильней М. И. Проектирование вентиляционных установок. М., «Высшая школа», 1966. 205 с.
34. Эльтерман В. И. Воздушные завесы. Изд. 2-е перераб. и доп. М., «Машиностроение», 1966. 164 с.
35. Хазанов И. С. Эксплуатация и ремонт вентиляционных установок машиностроительных заводов. Изд. 3-е перераб. и доп. М., «Машиностроение», 1968. 342 с.

SATURS

Ievads	3
1. nodaļa. Fiziskie un higiēniskie ventilācijas pamati	5
1. Mitrā gaisa īpašības	5
2. I-d diagramma	9
3. Apkārtējās vides iedarbība uz cilvēku	14
2. nodaļa. Telpu ventilācijas paņēmieni. Gaisa kustība ventilējamās telpās	20
1. Telpu ventilācijas paņēmieni	20
2. Gaisa kustība pie pieplūdes atvērumiem	22
3. Gaisa kustība pie noplūdes atvērumiem	25
4. Gaisa kustība telpā atkarībā no pieplūdes un noplūdes atvērumu savstarpējā novietojuma	25
3. nodaļa. Ķaitīgo izdalījumu aprēķins. Gaisa apmaiņas noteikšana	28
1. Izdalītā siltuma daudzuma aprēķins	28
2. Ventilācijas gaisa daudzuma aprēķins lielā siltuma asimilēšanai	33
3. Izdalītā mitruma asimilēšanai nepieciešamās gaisa apmaiņas noteikšana	35
4. Vienlaicīgai siltuma un mitruma asimilēšanai nepieciešamā gaisa daudzuma noteikšana	36
5. Ķaitīgo tvaiku un gāzu daudzuma noteikšana	38
6. Ķaitīgo gāzu un tvaiku asimilēšanai nepieciešamā ventilācijas gaisa daudzuma noteikšana	41
7. Putekļu novadīšanai nepieciešamā gaisa daudzuma noteikšana	42
8. Gaisa apmaiņas intensitāte un ventilācijas gaisa daudzuma noteikšana pēc sanitārajām normām	43
9. Gaisa bilance telpā	44
10. Arējā gaisa aplēses parametri	45
4. nodaļa. Gaisa vadu aprēķini	46
1. Spiediena sadalījums gaisa vados	46
2. Spiediena zudumi, pārvadot berzes pretestību	47
3. Spiediena zudumi vietējo pretestību pārvarēšanai	49
4. Gaisa vadu aprēķins	52
5. Vienmērīgas nosūkšanas un sadales gaisa vadu aprēķins	58

5. nodaļa. Ventilatori	61
1. Centrbēdzes ventilatori	61
2. Aksālie ventilatori	63
3. Citi ventilatoru tipi	64
4. Ventilatoru izpildījums	65
5. Ventilatoru raksturlieknes	67
6. Ventilatoru darbības analīze	69
7. Ventilatoru kopējā darbība	74
6. nodaļa. Gaisa sildīšana	76
1. Kaloriferu klasifikācija un to konstrukcijas	76
2. Kaloriferu aprēķins	80
3. Kaloriferu uzstādīšanas shēmas	82
4. Pasākumi pret kaloriferu aizsalšanu	84
7. nodaļa. Ventilācijas sistēmu konstruktīvie elementi	85
1. Ventilācijas kameras	85
2. Gaisa vadi	89
3. Pieplūdes un noplūdes atvērumi	94
4. Pasākumi vibrācijas un trokšņu novēršanai ventilācijas sistēmās	96
5. Ugunsdrošības noteikumi ventilācijas sistēmās	98
6. Ventilācijas sistēmu automatizācija	100
8. nodaļa. Dabiskā ventilācija	102
1. Aerācija gravitācijas spiediena iedarbības rezultātā	102
2. Aerācija vēja iedarbības rezultātā	105
3. Aerācija gravitācijas un vēja spiedienu vienlaicīgas iedarbības rezultātā	107
4. Aerācijas konstruktīvais noformējums	109
5. Deflektori un šahtas	109
6. Dabiskās kanālu ventilācijas sistēmas	112
9. nodaļa. Gaisa apkure	114
1. Gaisa apkures veidi	114
2. Gaisa apkures siltuma patēriņš	115
3. Gaisa apkures agregāti	115
4. Gaisa apkure ar koncentrētu gaisa padevi	117
10. nodaļa. Vietējā ventilācija	121
1. Velkmes skapji un kameras	121
2. Dūmtveri (kapes)	124
3. Nosūkšanas paneļi	125
4. Borta nosūces	128
5. Aktivizētās vietējās nosūces	130
6. Avārijas ventilācija	132
7. Gaisa dušas un oāzes	132
8. Gaisa aizkari	136
11. nodaļa. Gaisa attīrīšana no putekļiem un kaitīgām vielām	138
1. Putekļu klasifikācija	139
2. Putekļu atdalītāju klasifikācija un efektivitāte	141
3. Pieplūdes un recirkulācijas gaisa attīrīšanas filtri	142

4. Noplūdes gaisa attīrīšanas putekļu atdalītāji	145
Sausie inerces un gravitācijas putekļu atdalītāji (145). Mitrie putekļu atdalītāji (149). Piedurkņu filtri (155).	
5. Kaitīgo vielu izkļiedšana atmosfērā	157
12. nodaļa. Atputeļošanas sistēmas	160
1. Aspirācijas sistēmas	160
2. Aspirējamās nosedzes	161
3. Vietējās nosūces no slīpēšanas un pulēšanas darbgaldiem	163
4. Aspirācijas sistēmu aprēķins	165
5. Hidroatputeļošana	168
6. Putekļu nosūkšanas sistēmas (pneimatiska putekļu aizvākšana)	168
13. nodaļa. Ventilācijas sistēmu tehniskā pārbaude, regulēšana un ekspluatācija	171
1. Mērinstrumenti gaisa spiediena un ātruma noteikšanai	172
2. Gaisa spiediena un gaisa daudzuma noteikšana	175
3. Gaisa temperatūras un relatīvā mitruma noteikšana	178
4. Ventilatoru pārbaude un regulēšana	180
5. Kaloriferu pārbaude	182
6. Putekļu atdalītāju pārbaude	183
7. Ventilācijas tīklu regulēšana	184
8. Raksturīgākie ventilācijas sistēmu defekti un pasākumi to novēršanai	187
9. Ventilācijas sistēmu ekspluatācija	189
10. Drošības tehnika ventilācijas sistēmu pārbaudē un ekspluatācijā	192
Pielikumi	194
Literatūra	209

Юрис Николаевич Кигур
ВЕНТИЛЯЦИЯ

Издательство «Лиезма» Рига 1976
На латышском языке
Обложку рисовала Т. Матуле

Juris Nikolaja d. Kigurs

VENTILĀCIJA

Redaktore Dz. Birnbauma. Mākslinieciskais
redaktors A. Sprūdžs. Tehniskā redaktore
V. Ruskule. Korektore I. Kalniņa.

Nodota salikšanai 1975. g. 6. jūnijā. Pa-
rakstīta iespēšanai 1976. g. 9. februārī. Ti-
pogrāfijas papīrs Nr. 3, formāts 60×90/16.
13,5 fiz. iespiedl.; 13,5 uzsk. iespiedl.;
12,93 izdevn. l. Metiens 3000 eks. JT 05077.
Maksā 79 kap. Izdevniecība «Liesma» Rīgā,
Padomju bulv. 24. izdevn. Nr. 15/27462-R-1857.
Iespiesta Latvijas PSR Ministru Padomes
Valsts izdevniecību, poligrāfijas un grā-
matu tirdzniecības Ietu komitejas tipogrā-
fijā «Ciņa» Rīgā, Blaumaņa ielā 38/40.
Pasūt. Nr. 2062.

Pamanītās kļūdas

Lpp.	Rinda	Iespēsts	Jābūt
7.	(1.12) formula	$\varphi = \frac{\gamma_{tv}}{\gamma_{tv}}$	$\varphi = \frac{\gamma_{tv}}{\gamma'_{tv}}$
10. r. no augšas		$\gamma_{tv} = \frac{p_{tv}}{R_{tv}T}$; $\gamma'_{tv} = \frac{p'_{tv}}{R_{tv}T}$	$\gamma_{tv} = \frac{p_{tv}}{R_{tv}T}$; $\gamma'_{tv} = \frac{p'_{tv}}{R_{tv}T}$
30.	3. r. no apakšas	šāda	šēda
50.	(4.17) formula	$\xi = \left(1 - \frac{v_1}{v_2}\right) = \left(1 - \frac{F_2}{F_1}\right)$	$\xi = \left(1 - \frac{v_1}{v_2}\right)^2 = \left(1 - \frac{F_2}{F_1}\right)^2$
60.	12. r. no augšas	$\sigma_0 = \frac{1,5}{6 \cdot 5} = 0,05 \text{ (m)}.$	$\delta_0 = \frac{1,5}{6 \cdot 5} = 0,05 \text{ (m)}.$
98.	16. r. no augšas	tas	kas
124.	zemspītras piezīmē	баротастеным	барботажным
207.	15. r. no augšas	3. Gaisa temperatūras un relatīvā mitruma noteikšana	2. Gaisa spiediena un gaisa daudzuma noteikšana

J. Kīgurs. Ventilācija