

ALEKSEJS PROZUMENTS, BC. SC. ING., RTU
ANATOLIJS BORODIŅCS, DR. SC. ING., RTU

Pieplūdes gaisa difuzori

Par ēku ventilāciju runājam itin bieži, jo īpaši energoefektīvu sistēmas risinājumu kontekstā. Ventilācijas sistēmā šāds piemērs ir pieplūdes gaisa sadales iekārta (difuzors), kurā integrēts gaisa caurplūdes regulēšanas jeb VAV mehānisms, kas reaģē uz gaisa kvalitātes, gaisa temperatūras un telpas noslodzes izmaiņām. Kad telpa ir tukša, tajā nav nepieciešamības pēc augstas gaisa apmaiņas, tāpēc ventilācijas sistēma darbojas minimāli iestatītajā gaisa caurplūdes režīmā Q_{min} , nodrošinot minimāli noteikto pieplūdes gaisa padevi. Savukārt, kad telpas noslodze ir augsta un gaisa kvalitāte krītas, sistēma operē ar augstu gaisa caurplūdi, nepārsniedzot maksimāli iestatīto caurplūdes vērtību Q_{max} . Šādās sistēmās ir divi telpas gaisa kvalitātes un mikroklimata indikatori, kas nosaka, vai gaisa caurplūde jāpalielina vai jāsamazina, – tas ir CO_2 saturs un gaisa temperatūra. Caurplūdes regulēšana notiek diapazonā starp Q_{min} un Q_{max} , kas tiek definēts kā pieplūdes gaisa difuzora darba lauks.

Pieplūdes gaisa difuzoru konstruktīvais izpildījums ir daudzveidīgs, un tas tiešā veidā ietekmē gaisa sadali un izplatīšanos telpā. Šajā aprakstā akcents likts uz jauktās ventilācijas sistēmā izmantojamo griestu difuzoru darba lauku, ja ir mainīga gaisa caurplūde. Tie ir plakanie, perforētie, rotācijas un sprauslu difuzori. Tā kā katram difuzoram tā darba lauks jānosaka atsevišķi, šim mērķim tika veikts eksperimentāls pētījums sertificētā aerodinamikas laboratorijā. Pētījuma uzstādījumi bija šādi:

- ▶ pieplūdes gaisa temperatūrai jābūt par 8K zemākai nekā telpas gaisa temperatūrai ($\Delta t = t_{telpas} - t_{pieplūdes} = 8K$);
- ▶ minimālās plūsmas robeža Q_{min} ir tā caurplūdes vērtība, virs kuras gaisa kustības ātrums nepārsniedz 0,2 m/s ($v < 0,2$ m/s) un neapmierināto īpatsvars¹ nepārsniedz 20% ($DR < 20\%$), ASHRAE standarts 55:2004;
- ▶ maksimālā plūsmas robeža Q_{max} ir tā caurplūdes vērtība, virs kuras trokšņu līmenis pārsniedz 35 dB(A) ($L_p < 35dB(A)$), CEN Tehniskais ziņojums CR 1752:2008, prasības B klases tipveida biroja telpām.

Q_{max} vērtība katram difuzoram tiek nosaukta pēc tā tehniskās diagrammas akustikas liknēm. Šo caurplūdes vērtību var

variēt atkarībā no telpas nozīmes un atbilstošajam mikroklimata prasībām. Savukārt Q_{min} lielumam iepriekš netika vērstā pietiekama uzmanība, un tā nozīmei līdz šim bija atstāta sekundāra loma. Taču no telpas iemītnieku komforta viedokļa Q_{min} vērtībai ir ļoti būtiska nozīme. Ir zināms, ka paaugstināts gaisa kustības ātrums cilvēka uzturēšanās zonā izraisa caurvēja sajūtu, līdz ar to neapmierināto īpatsvars caurvēja diskomforta dēļ telpā ir augsts. ASHRAE 55:2004 standarts nosaka: lai telpas mikroklimatu uzskatītu par apmierinošu, neapmierināto īpatsvaram jābūt mazākam par 20%. Šī prasība parasti tiek apmierināta, ja gaisa kustības ātrums nepārsniedz 0,2 m/s. Ja caurplūde ir neliela, gaisa strūkļa, izplūstot no difuzora, krīt vertikāli lejup. Tas izraisa caurvēja sajūtu cilvēka uzturēšanās zonā. Pakāpeniski palielinot caurplūdi, tiek sasniegts robežstāvoklis, kad starp gaisa strūkļu un griestu virsmu izveidojies zemspiediena slānis, un rezultātā gaisa strūkļa piekļaujas griestu virsmai un sadalās vienmērīgi horizontālā virzienā, neradot caurvēja risku cilvēka darba zonā. Gaisa caurplūdes vērtība šajā robežstāvoklī atbilst minimālās plūsmas robežai Q_{min} . Savukārt parādību, kad gaisa strūkļa piekļāvusies griestu virsmai, sauc par Koanda efektu. Šī efekta pilnīgai attīstībai nepieciešamas trīs stadijas:

- ▶ sākuma stadija (1) – vertikālā gaisa plūsma pakāpeniski pārtop platākā gaisa strūklā ar vismaz 30° leņķi starp vertikālo atskaites asi un strūklas virzienu asi;
- ▶ pārejas stadija (2) – gaisa strūklas trajektorija ir diagonāla, un strūkļa sāk pamazām piekļauties griestu virsmai, taču jebkāds ārējs aerodinamiskais šķērslis (siltuma slodzes, cilvēku kustība, konfrontējoša gaisa plūsma) šo tendenci izjauc;
- ▶ stabilizācijas stadija (3) – strūkļa ir pilnībā piekļāvusies griestu virsmai ar pastāvīgu, horizontāli vērstu trajektoriju.

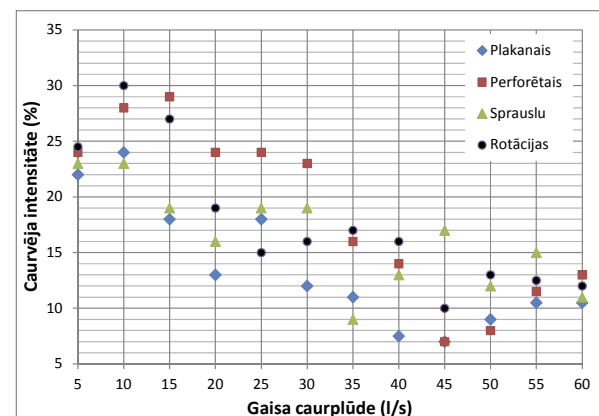
Pieplūdes gaisa difuzoru aerodinamiskais pētījums tika veikts šim nolūkam speciāli uzbūvētā testu kamerā, kas imitēja tipveida biroja telpu (6x4 m) ar augstumu 2,5 m. Tās griestos tika uzstādīts pētāmais pieplūdes gaisa difuzors. Zem difuzora centra vertikālās ass trijos līmeņos (stāvoša

cilvēka galvas, gurnu un pēdu zonā saskaņā ar ASHRAE:55–2004) tika uzstādītas gaisa kustības ātruma un temperatūras mērīšanas zondes (attiecīgi 0,2 m, 1,1 m un 1,8 m virs grīdas līmeņa). Kopumā tika uzstādītas 24 šādas zondes ar 0,2 m soli no difuzora centra vertikālās ass, kas aptvēra cilvēka uzturēšanās zonu. Gaisa kustības ātruma un temperatūras mērījumi tika veikti, sākot ar mazāko uztveramo caurplūdes vērtību, kas tika pakāpeniski palielināta ar soli 3–5 l/s līdz Q_{max} vērtībai, kad tiek pārsniegts pieļaujama trokšņa līmenis.

Projekta izstrādes un rezultātu analīzes laikā tika novērots, ka ietekmējošie faktori pieplūdes gaisa sadalījumam un sajaukšanās efektivitātei ar telpas gaisu ir:

- ▶ gaisa caurplūde q , l/s;
- ▶ pieplūdes gaisa un telpas gaisa temperatūru starpība Δt , K;
- ▶ gaisa kustības ātrums v , m/s;
- ▶ difuzora konstruktīvais izpildījums;
- ▶ telpas siltuma slodzes;
- ▶ pieplūdes un nosūces iekārtu savstarpējais novietojums.

Mērījumu rezultāti četru veidu griestu difuzoru prototipiem ar 160 mm diametra pieslēgumu gaisa vadam, kādus parasti izmanto nelielās biroja telpās, attēloti diagrammās. Tajās uzrādītas maksimālās gaisa kustības ātruma (v) un caurvēja intensitātes (DR) vērtības, kas reģistrētas cilvēka darba zonā katrā mērījumu ciklā, ja ir attiecīgā caurplūde. Var novērot, ka, palielinoties gaisa caurplūdei, v un DR vērtība cilvēka darba zonā krītas. Šī tendence liecina,



Caurveja intensitātes diagramma.

Nr. p. k.	Caurplūdes diapazons, l/s	Plakanais difuzors, Ø 160 mm	Perforētais difuzors, Ø 160 mm	Sprauslu difuzors, Ø 160 mm	Rotācijas difuzors, Ø 160 mm
1	5–10	Caurvējš	Caurvējš	Caurvējš	Caurvējš
2	10–15	Caurvējš	Caurvējš	Caurvējš	Caurvējš
3	15–20	Koanda (1, 2) ²	Caurvējš	Koanda (1, 2)	Caurvējš
4	20–25	Koanda (3)	Caurvējš	Koanda (3)	Koanda (1)
5	25–30	Koanda (3)	Caurvējš	Koanda (3)	Koanda (2,3)
6	30–35	Koanda (3)	Caurvējš	Koanda (3)	Koanda (3)
7	35–40	Koanda (3)	Koanda (1)	Koanda (3)	Koanda (3)
8	40–45	Koanda (3)	Koanda (2)	Koanda (3)	Koanda (3)
9	45–50	Koanda (3)	Troksnis	Koanda (3)	Koanda (3)
10	50–55	Koanda (3)	Troksnis	Troksnis	Troksnis
11	55–60	Troksnis	Troksnis	Troksnis	Troksnis
12	60–65	Troksnis	Troksnis	Troksnis	Troksnis
13	>65	Troksnis	Troksnis	Troksnis	Troksnis

ka izveidojies stabils Koanda efekts (3. stadija), t.i., gaisa strūkļa no difuzora izplūst vienmērīgi gar griestu virsmu, neradot diskomforta risku cilvēka darba zonā. Tabulā ir uzskatāms rezultātu apkopojums.

Pētījuma rezultātu diagrammas norāda, ka Koanda efekta ierosināšanas pamatā ir difuzoru konstruktīvais izpildījums. No mērījumu rezultātiem var secināt, ka šis efekts visilgstošāk tiek nodrošināts ar plakanajiem difuzoriem. Izmantojot plakanos difuzorus, Koanda efekts tiek ierosināts jau tad, ja ir neliela caurplūde (atkarībā no difuzora izmēra), un normālos apstākļos tas tiek uzturēts līdz pat vērtībai, kas ievērojami pārsniedz Q_{max} robežu. Savukārt, kā novērots pētījumā, perforētie difuzori nav piemēroti gaisa padevei, kura temperatūra ir vairāk kā par 4K zemāka nekā telpas gaisa temperatūra³. Balstoties uz pētījumu, var secināt, ka perforētie difuzori piemēroti lēnās plūsmas ventilācijā jebkādos apstākļos un jauktajā ventilācijā, ja $t_{pieplūdes} - t_{telpas} \geq -4K$. Sprauslu un rotācijas difuzorus var konfigurēt atbilstoši vēlamajam gaisa sadales režīmam. Sprauslas tāpat kā lāpstiņas šī tipa difuzoros regulējamās tā, lai tiktu nodrošināts augsts komforta līmenis, gan padodot siltu gaisu, gan padodot aukstu gaisu⁴. Šie difuzori tika pētīti, orientējot sprauslas/lāpstiņas standarta variācijā.

Automatizācijas sistēmas ēku ventilācijā lieto arvien plašāk, tāpēc ir svarīgi veikt eksperimentālos un inženieranalītiskos pētījumus un optimizēt sistēmu darbību tā, lai nodrošinātu iekštelpu komfortu gan no aerodinamiskā, gan no akustiskā aspekta.

Telpas gaisa kvalitāte diennakts griezumā ir mainīga, tāpēc ventilācijas sistēmas jāpielāgo šādām variācijām un gaisa kvalitātes pazemināšanās jākompensē ar pieplūdes gaisa daudzuma palielināšanu, neapdraudot cilvēka darba zonu ar paaugstinātu gaisa kustības ātrumu ($v < 0,2$ m/s), caurvēja intensitāti ($DR < 20\%$) un troksni ($Lp < 35$ dB). Taču jāņem vērā, ka šie ierobežojumi sašaurina difuzoru darba diapazonu un darbības potenciālu, tāpēc, projektējot iekštelpu ventilāciju, jāuzstāda pietiekami augstas, taču adekvātas prasības. **LB**

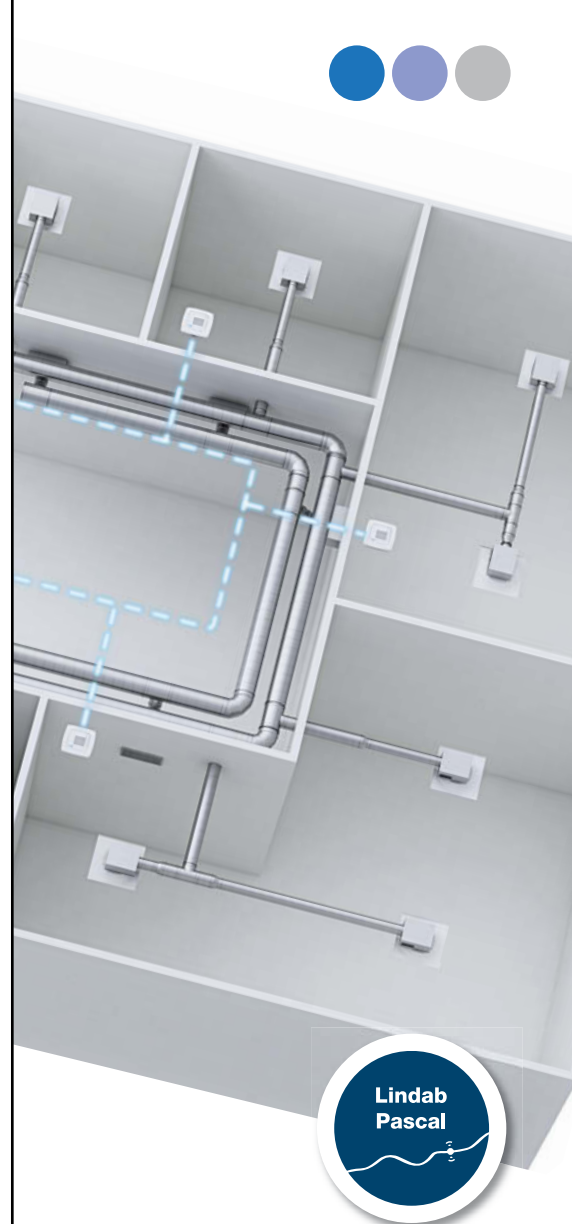


ALEKSEJS PROZUMOVS

Profesionālais bakalaura grāds un inženiera kvalifikācija Siltuma, gāzes un ūdens tehnoloģijas institūtā, iegūts RTU, 2012.

RTU Zelta fonda izlasē. SIA «Lindab» tehniskais konsultants, kopš 2011. Pirms tam – laboratorijas inženieris palīgs AS «Lindab Comfort» Dānijā specializējošās prakses laikā. Baltijas–Amerikas Brīvības fonda programmas stipendiāts, 2012., iegūstot viena gada profesionālo pieredzi «Suniva Inc.» kompānijā Atlantā. 2012. gadā piedalījies 10. starptautiskajā industriālās ventilācijas konferencē Parīzē.

1 Šis lielums procentuāli norāda neapmierināto īpatsvaru telpā caurvēja radītā diskomforta dēļ. **2** Cipari iekavās norāda Koanda efekta attīstības stadijas attiecīgajā caurplūdes diapazonā. **3** Ar dotajiem gaisa kustības ātruma un caurvēja intensitātes nosacījumiem. **4** Šie definējumi ir relatīvi attiecībā pret telpas gaisu: silts gaiss ($t_{pieplūdes} > t_{telpas}$), auksts gaiss ($t_{pieplūdes} < t_{telpas}$).



Lindab Pascal

Vienkāršots un ilgtspējīgs VAV risinājums

Lindab ievieš tirgū jaunākās paaudzes VAV sistēmu ar mērķi vienkāršot un optimizēt dažādas ēku būvniecības fāzes – no projektēšanas līdz ekspluatācijai. Šis risinājums atvieglos sistēmas uzstādīšanu un būtiski samazinās ēkas energopatēriņu. Lindab Pascal ir vienkāršākais risinājums ar visu nepieciešamo Jūsu VAV sistēmas optimizēšanai.

Lindab – mēs vienkāršojam būvniecību

www.lindab.lv