

Dimenzionisanje sistema za raspodelu vazduha (II)

W. Moog*

2.12. Ravan, slobodni mlaz

Slobodan mlaz je shvaćen kao linearno oblikovan mlaz vazduha određene debljine H , čija je dužina $l \gg h$ i na čije formiranje strujanja ne utiče nikakav zid. Praktično, ispusti vazduha koji se često ugrađuju, a imaju karakteristiku ravnog, slobodnog mlaza su na primer:

- a) šlicevi,
- b) kutije sa mlaznicama itd.

Šlicevi su vazdušni ispusti čiji su pravougaoni otvori dužine ≈ 30 mm i širine $= 5$ mm, linearno poredani jedan iza drugog, na malim trakastim razdaljinama. Uprkos trakama, kontinualni, ravni, slobodni mlaz se obrazuje direktno iza ispusta, kada mlaz ide vertikalno nadole. I na kutiji sa mlaznicama — na primer 3-4 paralelna otvora od 5 mm $\varnothing$ na razdaljini od 10 mm poredani su linearno — jedan ravan, slobodni mlaz se obrazuje pri vertikalnom duvanju nadole.

2.1.2.1. Izometrički proces strujanja

Karakteristična dužina izlaza slobodnog mlaza danas treba da bude određena tako što će zadovoljiti izvesne zakonitosti. Bilo bi razumno izabrati visinu šlica h_0 jednog izlaza. Merenja dužine jezgra x_0 dokazuju da bi prosečni broj mešanja $m = 0,2$ trebalo svakako

primeniti. Ova vrednost nije sasvim tačna, pošto ne postoji dovoljno raspoloživih merenja.) Sl. 8. ilustruje karakteristike ravnog slobodnog mlaza.

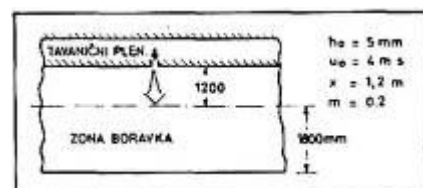
Merenja su dokazala da se brzina u osi mlaza u_M za izotermička strujanja smanjuje u oblasti $x > x_0$ prema sledećem odnosu:

$$u_M = u_0 \cdot \sqrt{\frac{x_0}{x}}$$

Ako ravni slobodni mlazevi dolaze iz vazdušnog ispusta u tavanici, oni su uvek vertikalni prema tavanici.

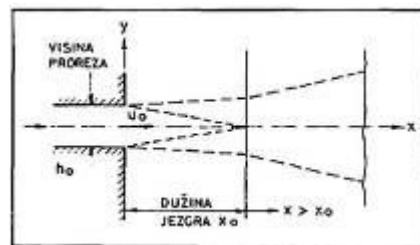
Koso izbacivanje obavezno dovodi, na kompaktnim tavanicama, do spajanja mlaza sa tavanicom (ravan zidni mlaz), kako je to prikazano na sl. 9.

Zbog Koanda efekta, mlaz se spaja sa tavanicom prema sl. 9. Pošto ima manje sobnog vazduha za mešanje (indukcijom) koji je na raspolaganju u polju 2 mlaza, razlika pritiska se obrazuje između 1. i 2, što obavezno dovodi do spajanja mlaza. Ali ako dođe do strujanja ravnih slobodnih mlazeva iz otvorenih tavaničnih rešetki, ili donje ivice panelne tavanice, tada pravac mlaza ostaje stabilan — ukoliko nema poremećaja. S obzirom na rezultate, dobijene iz jednačine (JU), oni se mogu primeniti kako je izneseno u poglavlju 2.1.1 — za kružni slobodni ulaz, sa tačnošću $\sim \pm 20\%$. Model proračuna podvlači mogućnost procene, pomoću jednačine (11).



Primer. U jednoj prostoriji od 3 m visine treba da bude ugrađena tavanica sa linearnim šlicevima — difuzorima — ispustima; dovodni vazduh treba da bude uduvan u prostoriju vertikalno nadole kroz ove ispuste. Širina šliceva je 5 mm, a brzina na ispustu je 4 m/s.

Sl. 8. Karakteristike ravnog slobodnog mlaza



Pitanje. Kolika je brzina u osi mlaza nakon putanje mlaza od 1,2 m, tj. U zoni boravka od 1,8 m visine iznad poda?

$$u_M = u_0 \cdot \sqrt{\frac{x_0}{x}} \quad (10)$$

* Dr. Walter Moog, dipl. ing., »Krautz« GmbH & Co., Lufttechnik, Aachen, SR Nemačka.

$$= u_0 \cdot \sqrt{\frac{h_0}{m \cdot x}} \quad h_0 = 5 \text{ mm} \quad u_0 = 4 \text{ m/s}$$

$$= 4 \cdot \sqrt{\frac{0,005}{0,2 \cdot 12}} \quad x = 1,2 \text{ m}$$

$$= 0,58 \text{ m/s} \quad m = 0,2$$

Interpretacija rezultata. Brzina na ispustu treba da se znatno smanji, da be se izbegla promaja; na primer $u_0 = 1,5 \text{ m/s}$, zatim $u_M = 0,216 \text{ m/s}$. To znači samo $27 \text{ m}^3/\text{s}$ po mestu ispusta, tj. ugradnji jedne kutije/ m^2 površine, na primer pri izmeni vazduha od $n = 9 \text{ h}^{-1}$.

2.1.2.2. Neizotermički proces strujanja

U slučaju kada postoji:

a) horizontalno strujanje $\rightarrow$ i

b) vertikalno strujanje odozgo nadole $\downarrow$,

mogućnosti proračunavanja za a) i b) brzine mlaza bi trebalo označiti na sledeći način:

a) Putanja u horizontalnom strujanju neizotermičkog mlaza $\rightarrow$ može biti proračunata približno po formuli:

$$y = 0,4 \cdot h_0 \cdot \sqrt{m \cdot Ar} \cdot \left(\frac{x}{h_0}\right)^{2,5} \quad (11)$$

(uporedite sa sl. 5).

Rezultati proračuna prema jednačini (11) su takođe neizvesni kao i proračuni putanje kružnih slobodnih mlazeva. Oni mogu služiti samo kao približna procena vrednosti. Upoređenja putanje neizotermičkih, kružnih, slobodnih mlazeva su veoma interesantna. Primer 1. pogl. 2.1.1.2. treba još jednom pomenuti.

Primer. Dato je: $g = 9,81 \text{ m/s}^2$, $h_0 = 0,1 \text{ m}$; $\Delta V = 8 \text{ K}$, $u_0 = 10 \text{ m/s}$, $T_R = 295 \text{ K}$ $Ar = 2,66 \cdot 10^{-4}$ kao i u prethodnom primeru u poglavlju 2.1.1.2:

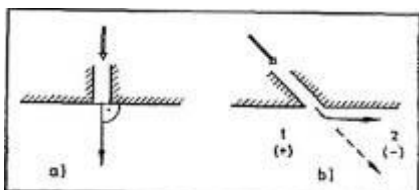
$$(6) \quad Ar = \frac{g \cdot h_0 \cdot \Delta V}{u_0^2 \cdot T_R}$$

Proračun prema jednačini (11):

$$y = 0,4 \cdot 0,1 \cdot \sqrt{0,15 \cdot 2,66 \cdot 10^{-4}} \cdot \left(\frac{25}{0,1}\right)^{2,5}$$

$$y = 4,1 \text{ m (uporedite } y = 20,57 \text{ m pri kružnom slobodnom mlazu).}$$

Sl. 9. Reakcija ravnih mlazeva



Interpretacija rezultata. Pod datim uslovima, putanja ravnog, slobodnog mlaza ima znatno manji ugao od puta kružnog slobodnog mlaza. To je lako razumeti,

1) jer je impuls veći,

2) posto je manje mešanje, pa je zato opadanje brzine manje nego kod kružnog slobodnog mlaza.

U vezi sa b), za proračun vertikalnog, ravnog mlaznog strujanja, korelacija opadanja brzine u osi mlaza za relativno topliji odnosno hladniji mlaz može biti naznačeno analogno sa kružnim slobodnim mlazom:

1) topli mlaz u hladnoj sredini:

$$\frac{u_M}{u_0} = \sqrt{\frac{x_0}{x}} - \sqrt{\frac{Ar}{m}} \left\{ 2,828 \cdot \sqrt{\frac{x}{x_0}} - 1 + \frac{\Delta\theta}{\Delta\theta_0} \frac{x_0}{H} \left[\left(\frac{x}{x_0}\right)^2 - 0,25 \right] \right\} \quad (12)$$

»A«

2) hladni mlaz u toploj sredini:

$$\frac{u_M}{u_0} = \sqrt{\frac{x_0}{x}} + \sqrt{\frac{Ar}{m}} \left\{ 2,828 \cdot \sqrt{\frac{x}{x_0}} - 1 - \frac{\Delta\theta}{\Delta\theta_0} \frac{x_0}{H} \left[\left(\frac{x}{x_0}\right)^2 + 0,25 \right] \right\} \quad (13)$$

ako je rezultat negativan, onda bi obrazovanoj vrednosti trebalo dati negativan znak.

Kao primer jedne izotermičke putanje mlaza, ravnog, vertikalnog strujanja slobodnog mlaza, u poglavlju 2.1.2.1, opisan je jedan šlic, koji je ugrađen na glatkoj tavanici. Ovaj primer bi opet trebalo iskoristiti za neizotermički proces strujanja (bez temperaturne slojevitosti, tj. $\Delta V_R = 0$, uslov »A« $\rightarrow$ 0).

Primer. (Uporediti sa poglavljem 2.1.2.2)

Dato je:

$$h_0 = 5 \text{ mm} \quad \Delta\theta = 8 \text{ K}$$

$$u_0 = 1,5 \text{ m/s} \quad R = 20^\circ\text{C}$$

$$x = 1,2 \text{ m}$$

$$m = 0,2$$

Pri izotermičkom procesu strujanja, nađena je brzina u osi mlaza proračunata prema jednačini (13), $u_M = 0,568 \text{ m/s}$, nađena je nakon putanje od 1,2 m. (Proračun ovde nije dat u detaljima, ali ga je lako izvršiti.)

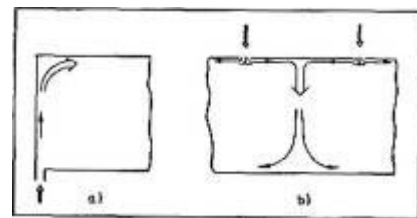
Interpretacija rezultata. Termičke sile ubrzavaju mlaz vazduha tako, da mora doći do promaje, čak ako je brzina možda manja od proračunatih $0,568 \text{ m/s}$.

2.1.3. Ravan, zidni mlaz

Ravan zidni mlaz je linearni oblik mlaza, čija će debljina odnosno širina ispusta uopšte biti manja od linearne dužine mlaza, pa mlaz dodiruje površinu zida direktno nakon ispusta u prostoriji.

Često se ravan zidni mlaz može naći u klimatizovanim prostorijama, izazvan strujanjem duž prozora (suprotno-smerno strujanje vazduha na prozoru radi kompenzacije transmisionih uticaja), ili izazvane

Sl. 10. Različiti oblici krivljenja zidnog mlaza; a) krivljenje mlaza zbog zida ili tavanice koji su vertikalni na pravac mlaza; b) krivljenje mlaza zbog suprotnosti strujanja dva ravna zidna mlaza



indukcionom jedinicom visokog pritiska ili linearnim šlicevima na tavanici. Mogućnost proračuna zidnih mlazeva je manja nego kod slobodnog mlaza, jer je u većini slučajeva u pitanju ugao ravnih zidni mlaz; ali se mora napraviti razlika između dva slučaja, koji su ilustrovani na sl. 10.

Sledeće osobenosti ravnog zidnog mlaza moraju se istaći. Pošto je na slobodnom mlazu, u slučaju klimatizacije, temperaturna kompenzacija između vazduha u prostoriji dovodnog vazduha postignuta indukcijom (mešanjem), toplotna energija može biti dovedena ili odvedena do ravnog zidnog mlaza pomoću konvektivne razmene toplote usled transmisije na zidu ili na prozoru.

2.1.3.1. Izotermički proces strujanja

Karakteristična dužina ravnog zidnog mlaza je širina šlica — ispusta h_0 . Brojni rezultati ispitivanja su na raspolaganju. Sl. 11. bi trebalo uporediti.

Definicija broja mešanja za ravni zidni mlaz je sledeća:

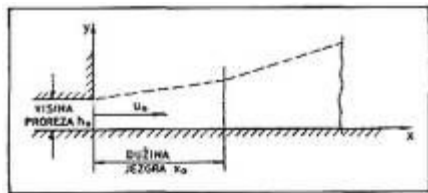
$$m = \frac{2h_0}{x_0} \quad (14)$$

Prema Conradu^[16], broj mešanja od $m = 0,13$ bi trebalo prihvatiti za proračun dužine jezgra jednog ravnog zidnog mlaza. Otuda je dužina jezgra x_0 :

$$x_0 = 15,4 \cdot h_0 \quad (15)$$

Naravno, ono je duže nego što je kod ravnog slobodnog mlaza.

Sl. 11. Karakteristike ravnog zidnog mlaza



Za smanjenje brzine u osi primenljiv je sledeći zakon[6,16,17]:

$$u_M = u_0 \left(\frac{x_0}{x} \right)^{0,375} \\ = u_0 \left(15,4 \frac{h_0}{x} \right)^{0,375} \quad (16)$$

Ova zakonitost se takođe primenjuje kada su termičke sile, u poređenju sa impulsnim silama, zanemarljive, što se javlja kod sistema sa strujanjem preko prozorskih površina. U ovim sistemima dovodni vazduh — zavisno od koeficijenata otpora u prolazu toplote prozora i njegove visine — izduvava se brzinom od 2 do 4 m/s, pri temperaturnoj razlici između vazduha u prostoriji i dovodnog vazduha, u režimu hlađenja od maksimum 4—6 K i u režimu grejanja od maksimum —25 K i odnosima količine vazduha između 25 i 50 m³/h po metru fasade.

Izraz (17) opisuje eksperimentalno potvrđeni matematički model za termodinamičku analizu ovih uređaja za strujanje duž prozora. Mlaz vazduha morao bi da ima temperaturu prostorije i brzine od < 0,5 m/s kada dostigne prevojnu tačku na tavanici. Kao primer u nastavku ćemo prikazati rezultate proračuna na računaru za mlaz vazduha kod uređaja za strujanje duž prozora, prema[17].

Proračun sistema sa strujanjem duž prozorskih površina

Ulaz:

- 1.) Spoljna temperatura u °C —18,0
- 2.) Unutrašnja temperatura u °C 22,0
- 3.) Temperatura izlaznog vazduha u °C 44,0
- 4.) Odnos količine u m³/h m 50,0
- 5.) Širina šlica u mm 4,0
- 6.) Visina prozora u m 2,5
- 7.) Koeficijent prolaza toplote prozora k u kcal/m² h K 2,8

Brzina izlaznog vazduha je 3,47 m/s. Najvažniji parametri, kao funkcija visine prozora su navedeni u tabeli. Značenja su:

T(F) — temperatura na površini prozora (unutra)
T(S) — temperatura mlaza,

- V — odnos zapremine mlaza,
U — brzina mlaza,
Ql — veličina toplotnog protoka lokalno izmenjena sa prozorom
Q — veličina toplotnog protoka izmenjena sa prozorom.

Poseban slučaj: ugaoni mlaz

Putanja ugaonog zidnog mlaza se može podeliti u dve sekcije, prema sl. 12. Za izotermički proces, dva polja se mogu razmatrati približno jedan iza drugog. Prema (16) i (17) utvrđeno je sledeće:

1. za $x \leq x_K$
2. za $x > x_K$

$$u_M = u_0 \cdot \left(15,4 \cdot \frac{h_0}{x} \right)^{0,375}$$

$$(16) \quad u_M = u_0 \cdot \left(15,4 \cdot \frac{h_0}{x} \right)^{1,3} \quad (17)$$

Jedan primer: Uzajamni odnosi strujanja u visokopritisnom indukcionom sistemu.

Jedna prostorija je klimatizovana pomoću visokopritisnog indukcionog sistema. Kod prozora su ugrađene visokopritisne jedinice, iz šlica koji ima širinu 80 mm struji dovodni vazduh brzinom na ispustu od 4 m/s duž prozora visokog 1,9 m, gde se skreće pod uglom od 90°. Koja je brzina u osi nakon putanje duge 3 m?

Poznato je: $h_0 = 0,08$ m, $u_0 = 4$ m/s, $x_x = 1,9$ m

$$x = x_x + 3 \text{ m} = 4,9 \text{ m}$$

Treba naći: u_M pri $x = 4,9$ m

1. Proračun u_M pri x_K (nije neophodno).

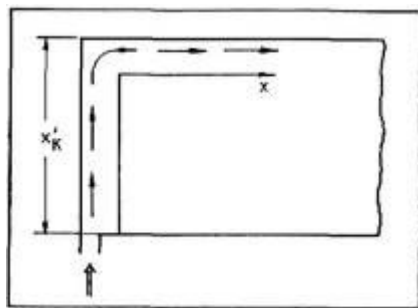
$$(16) \quad u_M = 4 \cdot \left(15,4 \cdot \frac{0,08}{1,9} \right)^{0,375} = 3,4 \text{ m/s}$$

2. Proračun u_M pri $x = 4,9$ m

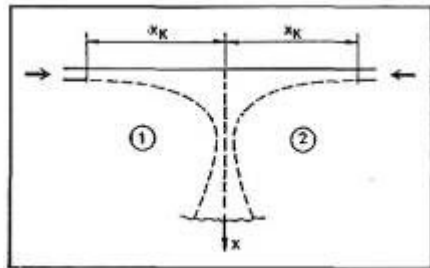
$$(17) \quad u_M = 4 \cdot \left(15,4 \cdot \frac{0,08}{4,9} \right)^{1,3} = 0,66 \text{ m/s}$$

X	T(F)	T(S)	V	U	Ql	Q
M	C	C	M3/H.M	m/s	KCRL/M2.H	KCRL/H.M
0,000	30,39	44,00	50,0	3,472	225,86	0,00
0,200	15,62	29,56	129,2	1,898	156,92	36,48
0,400	12,61	27,22	167,6	1,464	142,85	66,61
0,600	10,23	25,81	195,1	1,257	135,03	95,18
0,800	9,95	25,03	217,4	1,129	130,44	122,19
1,000	9,21	24,46	236,3	1,038	127,02	148,28
1,250	8,48	23,83	257,0	0,955	123,58	180,03
1,500	7,92	23,36	275,2	0,891	118,96	210,93
1,750	7,45	22,96	291,5	0,841	118,80	241,17
2,000	7,06	22,61	306,5	0,800	116,95	270,87
2,250	6,71	22,29	328,4	0,766	115,34	300,11
2,500	6,41	22,00	333,3	0,736	113,92	328,95

Sl. 12. Iskrivljeni, ravni zidni mlaz; x_K — putanja mlaza do prevojne tačke



Sl. 13. Suprotno strujanje, ravni zadni mlazevi



Interpretacija rezultata. U slučaju da mlaz napušta tavanicu nakon 3 m dubine prostorije, može se očekivati promaja u polju silazne struje.

Poseban slučaj: naspramno strujanje, ravan zidni mlaz,

Sliku 13. bi trebalo posmatrati pod uslovom jednakih odnosa količine vazduha, koji struji jedan protiv drugog, sa istom izlaznom brzinom.

Osa simetrije odgovara zidu kod zidnog mlaza 1) i 2). Može se upotrebiti prethodno data formula (17).

Primer. Dva linearna izlaza vazduha su ugrađena na tavanici, na razdaljini od 1,8 m. Izduvni šlic je 8 mm; brzina vazduha na ispustu je 4 m/s, što odgovara protoku dovodnog vazduha od 115 m³/h po metru izlaza. Ako je visina prostorije 3 m, brzinu u osi mlaza bi

trebalo računati u zoni strujanja nadole, na razdaljini od 1,2 m ose tavanice.

Poznato je: $h_0 = 0,008$ m, $u_0 = 4$ m, $x_K = 0,9$ m, $x = 2,1$ m = $0,9 + 1,2$ im
1. Brzina u osi, pri $x = x_K$ je

$$(16) u_M = 4 \cdot (15,4 \frac{0,008}{0,9})^{0,375} = 1,9 \text{ m/s}$$

2. Brzina u osi, pri $x = 2,1$ m

$$(17) u_M = 4 \cdot (15,4 \frac{0,008}{2,1})^{1,3} = 0,1 \text{ m/s}$$

Interpretacija rezultata. Sa izotermičkim uslovima strujanja u zoni stabilnog strujanja nadole, ne treba očekivati promaju.

2.1.3.2. Neizotermički proces strujanja

Ne postoje osnove za proračun ravnog, neizotermičkog zidnog mlaza, koji se udvava u određenu, veliku prostoriju horizontalno, ispod čvrste granične površine. Međutim, ako se ravni zidni mlaz udvava odozdo nagore — kao u slučaju prozorske prodavnice instalacije — može se primeniti jednačina koju je odredio Sodec[18] i to u slučaju pojave termičkih sila (to znači: velike temperaturne razlike između vazduha u prostoriji i dovodnog vazduha, do kojih obično ne dolazi). Sl. 14. objašnjava postupak proračuna.

Između dva sledeća termodinamička slučaja pravi se razlika:

1. slučaj: režim hlađenja letnji režim

$$\vartheta_a > \vartheta_R > \vartheta_s > \vartheta_0$$

↓
sila potiska reaguje suprotno od inercione sile

2. slučaj: režim grejanja zimski režim

$$\vartheta_a < \vartheta_R < \vartheta_s < \vartheta_0$$

↑
sila potiska je pridodata inercionoj sili

Za bezdimenzionalni odnos brzine primenjuje se sledeći izraz:

u_0

$$\frac{u_M}{u} = \left(\frac{x_0}{x} \right)^{0,375} \pm \frac{1}{u_0}$$

$$\sum_{i=1}^k \left(\frac{\vartheta_{si} - \vartheta_R}{T_u} g \right) x \quad (18)$$

T_R — apsolutna temperatura prostorije,

u_A — brzine od sile potiska,

— primenjuje se za 2. slučaj,

— primenjuje se za 1. slučaj.

Za prvi proračun sekcija u_A se može izračunati prema sledećoj jednačini:

$$\frac{u_A}{u_1} = \sqrt[4]{0,952 \frac{Ar}{m} \left[4,75 \cdot \left(\frac{x}{x_A} \right)^{0,58} - 1 \right]} \quad (19)$$

S obzirom da je polje primene ovih jednačina (18) i (19) u klimatizaciji ograničeno, nije potrebno davati primere radi objašnjenja.

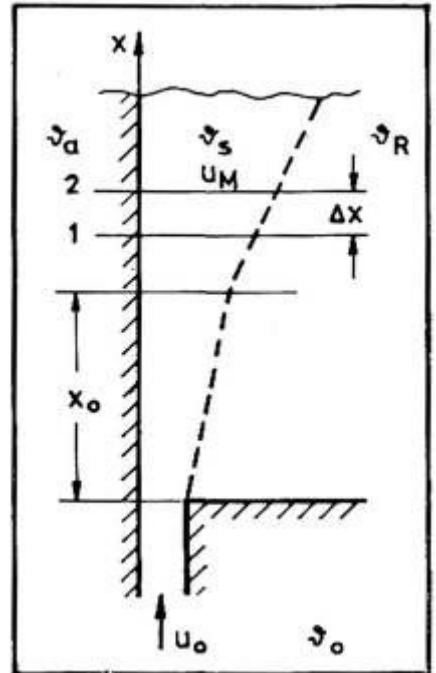
Zaključne napomene u vezi sa poglavljem 2.1. — Zakonitosti mlaza i njihova ograničenja

Zakoni o mlazu se obrazlažu zato da bi se inženjeri osposobili da ih koriste — pogotovu ako mlazevi vazduha predstavljaju deo strujanja u prostoriji u zoni boravka ljudi. Rezultati proračuna, uz pomoć zakona o mlazu — to moramo nanovo pomenuti — mogu biti razmatrani jedino kao grube aproksimativne vrednosti. Dovodni vazduh, koji ulazi u prostoriju u određenoj formi mlaza, proizvodi manje ili više karakteristična strujanja u prostoriji, koja ispunjavaju celu prostoriju. To je razlog zbog koga će u sledećem poglavlju biti razmatrana mogućnost proračuna ukupnog strujanja vazduha u prostoriji.

2.2. Mogućnost proračuna strujanja vazduha u prostoriji

U proračunima izotermičkog strujanja vazduha u prostoriji ili strujanja u prostoriji sa malim temperaturnim razlikama, najčešće se primenjuju jednačina kontinuiteta i jednačine kretanja Navie-Stokesa. Da bi se mogao upotrebiti ograničeni broj diferencijalnih jednačina, mora se zamisliti turbulencija, kao što je na primer uvođenje viskoznosti, koju je učinio Nielsen[3]. Vi zamišljate uopšte linearne sisteme vazdušnih ispusta i stabilno, dvodimenzionalno strujanje koje ulazi u prostoriju. Nielsen, međutim, smatra da isprva, iza bilo kakvog ispusnog otvora može prevladati trodimenzionalno strujanje. Ali je uslov matematičkog modela promena prvog trodimenzionalnog strujanja u dvodimenzionalno strujanje, nakon kraće putanje. Kao što je već izneseno, kada su objašnjavani zakoni mlaza: rezultati proračuna su najčešće grube aproksimativne vrednosti praktičnih primera primene. Da li su postupci proračunavanja za komplikovanije sisteme — kao što je strujanje vazduha u prostoriji — tačniji i šta ako nisu? Najvažniji uslov za proračun strujanja u prostoriji pomoću klasičnih diferencijalnih jednačina je njegova stabilnost ili njegov stacionaran karakter. To znači, da linije strujanja moraju biti u svakom trenutku reproduktivne. Drugim rečima, na određenom kraju prostorije moraju uvek kontinualno prevladavati iste brzine s obzirom na pravac i veličinu ali bar jedna prosečna vrednost. Da

Sl. 14. Vertikalni, ravni zidni mlaz duva odozdo nagore; ϑ_a — Spoljna temperatura; ϑ_s — temperatura mlaza; ϑ_R — temperatura prostorije; ϑ_0 — temperatura mlaza na ispustu; Δx — korak; $i = 1 \dots 2 \dots K$



li ovi uslovi odgovaraju stvarnom strujanju u prostoriji? U sledećem poglavlju će biti odgovoreno na ovo pitanje.

2.2.1. Fenomen stvarnog strujanja vazduha u prostoriji

Brzine vazduha u prostoriji, koje mogu prevladavati u zonama boravka u prostoriji, ograničene su zbog osećaja ugodnosti ljudi. Zbog toga su međusobni odnosi sila u strujanju, koje izazivaju kretanje, u strogo određenim granicama, koje će biti detaljnije definisane kasnije. U opštem slučaju razlikuju se tri karakteristične varijante strujanja u prostoriji.

1) Dovodni vazduh ulazi u prostoriju preko vazdušnih ispusta u bilo kojoj formi vazdušnih mlazeva i oni formiraju oblik strujanja u prostoriji u zoni boravka.

2) Dovodni vazduh se uvodi u prostoriju tako da dolazi do klipnog strujanja premeštanja strujanja).

Prva i druga varijanta se uglavnom primenjuju u oblasti ugodnosti. Treća varijanta se primenjuje u posebnim slučajevima.

U slučaju ugradnje linearnih elemenata za ubacivanje vazduha, u cilju razumevanja prve ili druge varijante, obično je razmatrano stabilno, dvodimenzionalno strujanje u prostoriji. U slučaju instalacije sa zračecim ispuštima, preovlađuje ideja o sistemu strujanja vazduha u prostoriji, koji pokazuje rotacionu simetriju. Intenzivno osmatranje strujanja vazduha u prostoriji pokazalo je da ove preovlađujuće ideje o dvodimenzionalnim, stabilnim, strujanjima vazduha u prostorijama (ili stabilnim u pogledu rotacione simetrije) u stvarnosti ne postoje. šta znači »stvarnost«?

- 1) uobičajeno rashladno opterećenje u klimatizovanoj prostoriji;
- 2) uobičajeni slučaj toplotnog opterećenja;
- 3) uobičajeni slučaj parcijalnog opterećenja.

Izvršena su istraživanja odnosno osmatranja različitih varijanti vazdušnog ispusta i broja izmena vazduha od 4 do preko 30 h^{-1} ; primećeno je sledeće:

- 1) gde merna strujanja, dolazi do kvazistacionarnih strujnih linija;
- 2) strujanje je bilo trodimenzionalno i nestabilno i u slučaju različitih geometrija prostorija;
- 3) stabilnosti ili nestabilnosti nisu reproduktivne u izvesnim delovima prostorije;
- 4) strujanja karakteriše obrazovanje vrtloga, koji imaju različite veličine, oblike (kružne, elipsaste) i različito trajanje.

Zaključci. Takvo strujanje ne može biti opisano matematičkim modelima poznatim do sada, odnosno ne može biti opisano uopšte[19,20]. Međutim, neophodno je interpretirati i opisati takva strujanja vazduha u prostoriji.

Pre svega, trebalo bi pokušati naći uzrok prirode strujanja vazduha u prostoriji.

(Nastavak u sledećem broju)