

Indukcija vazdušnih struja pri postavljanju rešetki za izbacivanje klimatizovanog vazduha na noseće stubove sedišta u pozorištu

**Prof. Aleksandar Popović, dipl. inž. i
Marko Serafimov, dipl. inž.,
Mašinski fakultet,
91000 Skoplje,
Karpoš II**

Predmet ovog rada je ostvarivanje indukcije vazdušnih struja u postrojenju za klimatizaciju vazduha sa rešetkama za ubacivanje postavljenim na nosećim stubovima sedišta, kao i ostvarivanje uslova ugodnosti u zonama boravka čoveka. Autori su izvršili laboratorijska ispitivanja rešetke na sedištima novosagrađenog Makedonskog narodnog pozorišta u Skoplju. Tom prilikom su merene brzine i temperature klimatizovanog vazduha na izlazu iz rešetke, kao i brzine i temperature u nekoliko zona u blizini sedišta. Svi dobijeni rezultati merenja prikazani su dijagramski, odakle se može dobiti slika o postignutoj indukciji i u svakoj tački, kao i o temperaturskom količniku koji je jednak recipročnoj vrednosti indukcije.

U zaključku je konstatovano da postignuti rezultati neće obezbediti tražene uslove ugodnosti u zoni boravka, zbog čega će biti potrebno izvršiti izvesne intervencije u sistemu distribucije klimatizovanog vazduha.

Klimatizacijom vazduha treba održavati određene karakteristike sredine zatvorenog prostora u uskim granicama optimalnih vrednosti. Ukoliko se klimatizovanjem rešava isključivo problem osećaja ugodnosti ljudi, onda se radi o tzv.

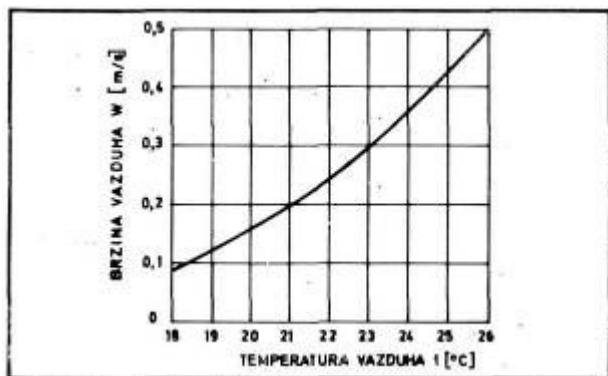
komfornoj klimatizaciji. Karakteristike sredine u komfornoj klimatizaciji su prilagođene najprijetnijem osećaju ugodnosti i potrebama organizma ljudi. Samo se u takvim prostorima ljudi mogu osećati ugodno i u njima boraviti duže vreme bez štete po zdravlje. Zbog toga se u zatvorenom prostoru moraju obezbediti određeni uslovi. To se pre svega odnosi na toplotne uslove koji obezbeđuju pravilnu termoregulaciju organizma (temperatura, relativna vlažnost, brzina vazduha i temperatura okolnih površina), a zatim i higijensko-tehničke uslove (čist vazduh, nivo buke, osvetljenje i izgled prostorije).

Radi održavanja nepromenjene telesne temperature čovek mora negde da oda toplotu proizvedenu u organizmu. Ukoliko može da ovu toplotu oda okolini u kojoj se nalazi, čovek će održavati toplotnu ravnotežu tela. Ako iz bilo kojih razloga ova ravnoteža bude poremećena, tj. ako organizam proizvodi više toplote nego što može odati okolini, ili obrnuto — ako odaje više toplote nego što proizvodi — javlja se neprijatan osećaj i zamor. Čoveku je toplo odnosno hladno i ako to traje duže, takvo stanje dovodi i do oboljenja.

Temperatura i relativna vlažnost okolnog vazduha direktno utiču na količinu odate toplote. Odata toplota, osim od temperature vazduha, zavisi i od koeficijenta prelaza toplote. Ovaj koeficijent je funkcija brzine strujanja vazduha u neposrednoj blizini ljudskog tela. Pri većim brzinama strujanja ostvaruju se veće vrednosti ovog koeficijenta, pa prema tome će odavanje toplote ljudskog tela biti intenzivnije. Imajući u vidu potrebnu toplotnu ravnotežu, iz prethodnog se može zaključiti da uvećana brzina strujanja povoljno deluje pri višim temperaturama (ne iznad temperature ljudskog tela), a nepoželjna je u sredinama sa niskom temperaturom. Na sl. 1. su prikazane preporučene brzine strujanja vazduha u neposrednoj blizini čoveka, u zavisnosti od temperature vazduha.

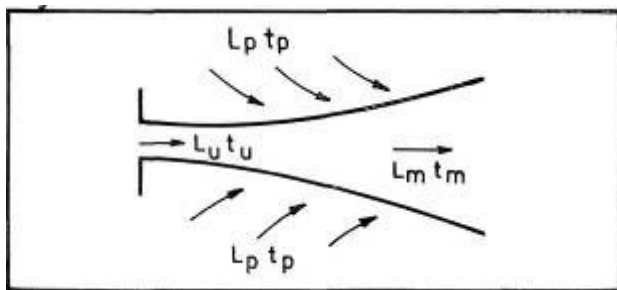
U zimskom režimu klimatizacije, da bi se mogli nadoknaditi gubici toplote, u klimatizovani prostor se ubacuje vazduh preko distributivnih

Sl. 1.

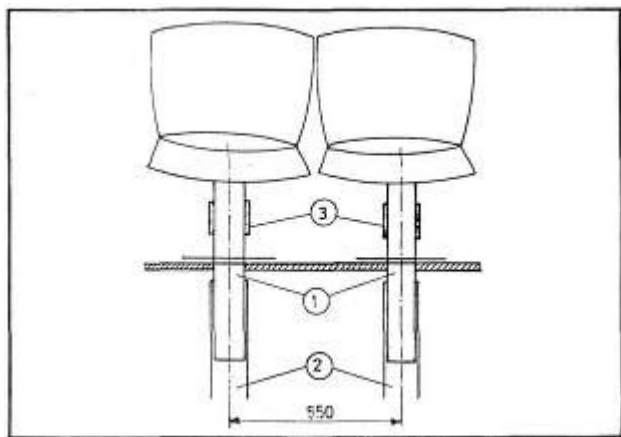


organa sa temperaturom višom od temperature koju treba održavati u prostorima. Takođe, u letnjem režimu klimatizacije, da bi se moglo preuzeti toplotno opterećenje prostorije, vazduh se ubacuje sa temperaturom nižom od temperature koju treba održavati u prostoriji. Mešanjem ubačenog vazduha sa vazduhom u prostoriji (sl. 2), u neposrednoj blizini čoveka treba ostvariti pre poručene temperature i brzine strujanja vazduha.

Sl. 2.



Sl. 3. Stolice u položaju ispitivanja; 1 — stubovi, 2 — priključne elastične cevi, 3 — izduvne rešetke



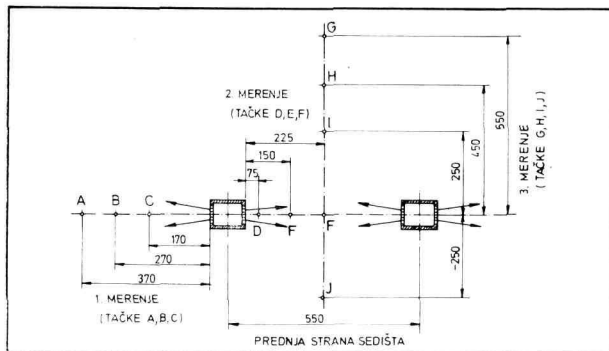
Odnos količine vazduha u prostoriji koja se meša sa količinom ubačenog vazduha, naziva se *indukcija*. Ona predstavlja jednu od karakteristika distributivnih organa, odnosno:

$$i = L_p / L_u$$

gde je i — indukcija, L_p [m³/h] količina vazduha u prostoriji koja se meša sa ubačenim vazduhom, a L_u [m³/h] — količina ubačenog vazduha.

Na različitim udaljenjima od mesta ubacivanja, menja se odnos mešanja odnosno indukcije. Pošto se količina vazduha L_p ne može meriti, indukciju treba izraziti preko temperatura vazduha koje su merljive veličine.

Sl. 4. Dispozicija mernih mesta; merenja su vršena na označenim mestima na visinama od 40, 90, 140, 190, 240, 290, 340 i 390 mm



Oznake na sl. 2. imaju sledeće značenje:

$L_m = L_u + L_p$, [m³/h] — količina vazduha posle mešanja vazduha iz prostorije sa ubačenim vazduhom,

t_u [°C] — temperatura ubačenog vazduha,

t_p [°C] — temperatura vazduha u prostoriji,

t_m [°C] — temperatura izmešanog vazduha.

Jednačina mešanja dveju struja vazduha bez dovođenja i odvođenja toplote i vlage glasi:

$$L_m \cdot t_m = L_u \cdot t_u + L_p \cdot t_p$$

Pošto je $L_m = L_u + L_p$, dobija se:

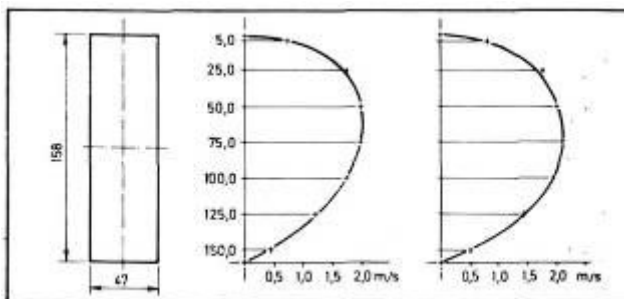
$$(L_u + L_p) t_m = L_u \cdot t_u + L_p \cdot t_p \quad / : L_u$$

$$t_m + L_p / L_u \cdot t_m = t_u + L_p / L_u \cdot t_p$$

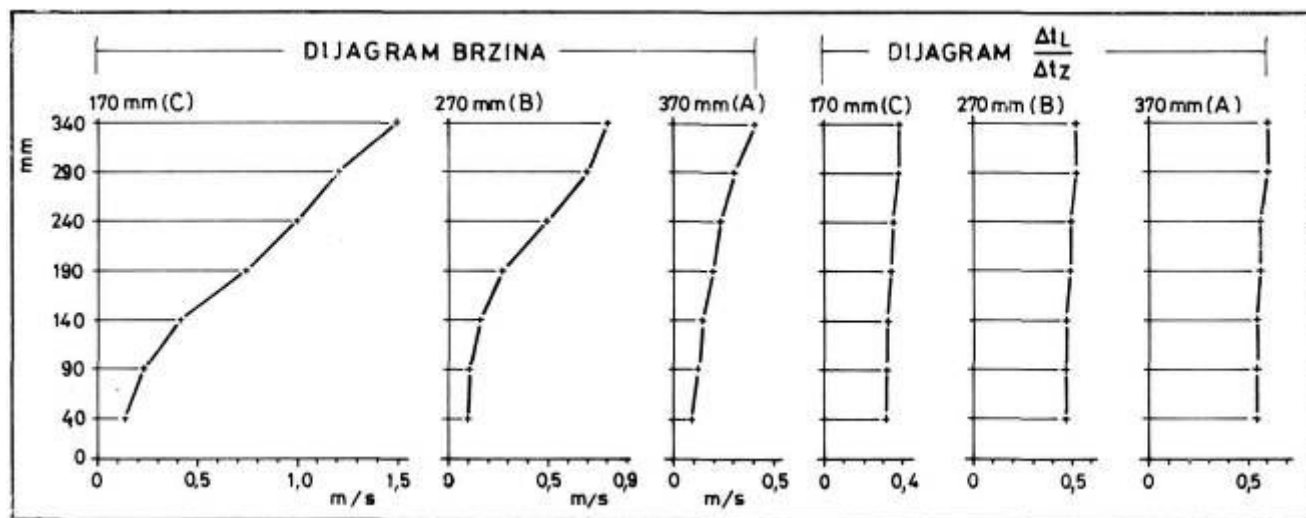
Zamenjujući $L_p / L_{L1} = 1$, posle sređivanja prethodne jednačine dobija se izraz za indukciju izražen preko merljivih veličina, tj.

$$i = \frac{L_p}{L_u} = \frac{t_u - t_m}{t_m - t_p}$$

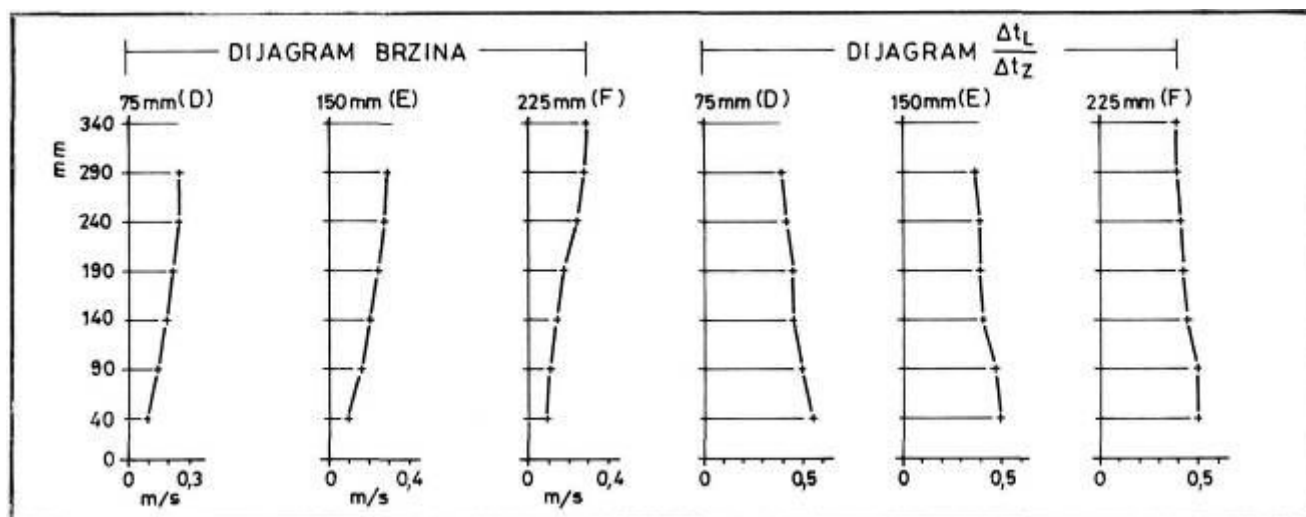
Sl. 5. Dijagram brzina na izlazu iz rešetaka



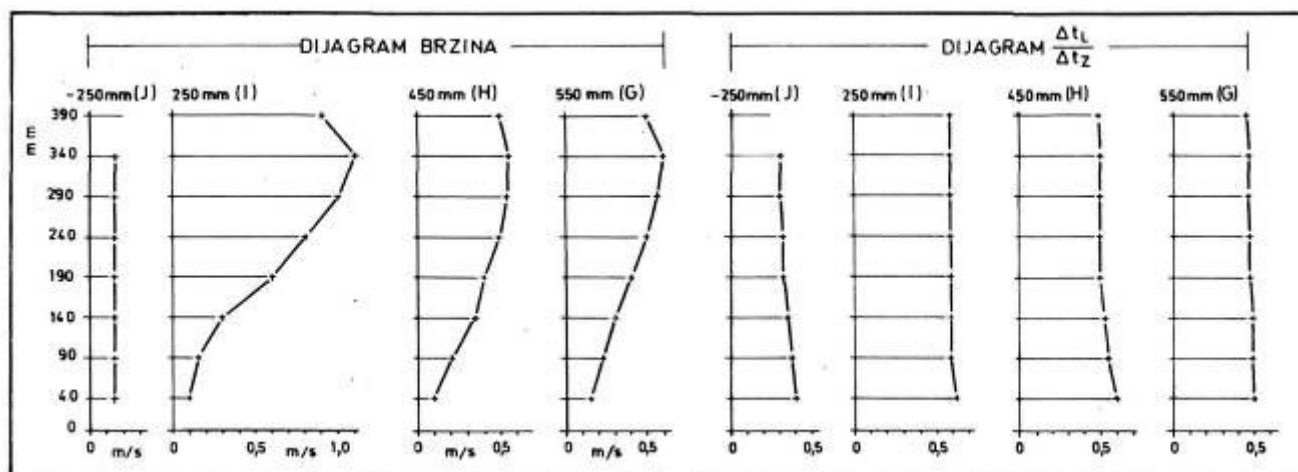
Sl. 6. Zimski režim — 1. merenje



Sl. 7. Zimski režim — 2. merenje



Sl. 8. Zimski režim — 3. merenje

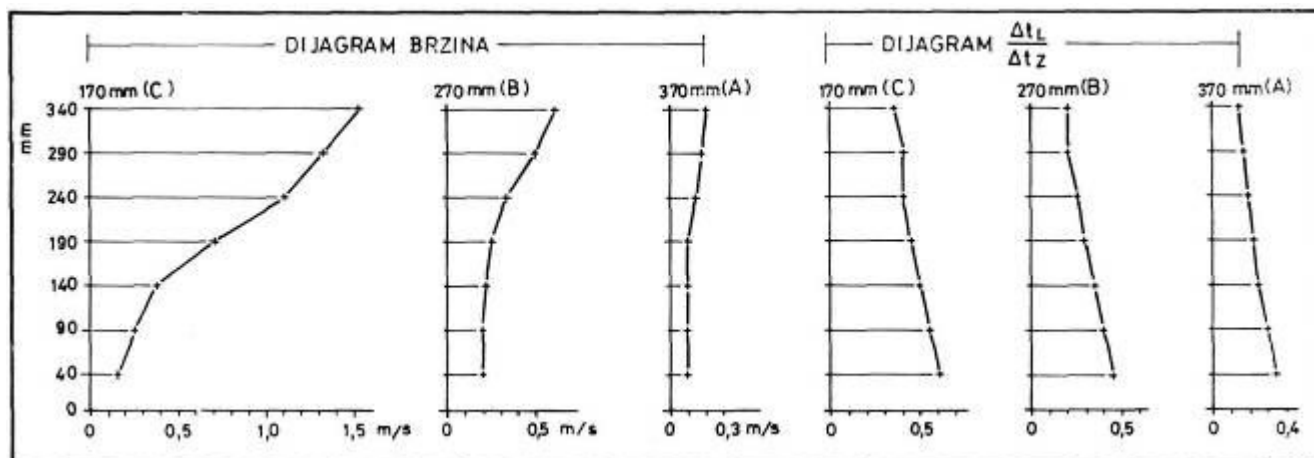


Recipročna vrednost indukcije naziva se temperaturnim količnikom, odnosno:

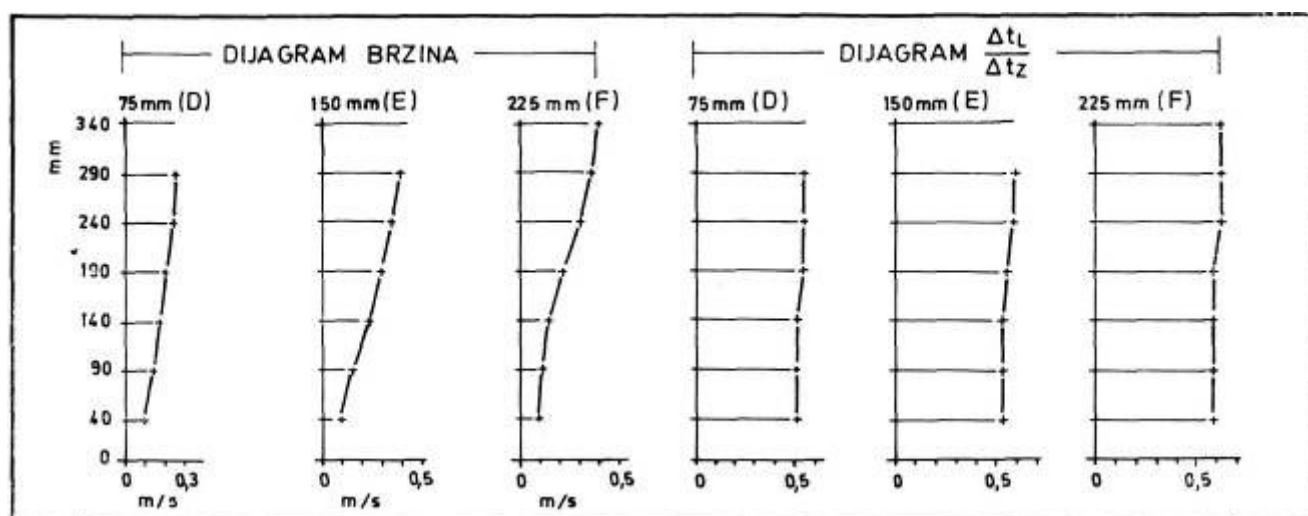
$$\frac{1}{i} = \frac{\Delta t_l}{\Delta t_u} = \frac{t_m - t_p}{t_u - t_m}$$

Autori ovog rada su merili karakteristike rešetke sedišta (brzinsko polje i temperaturni količnik odnosno indukcija) za distribuciju klimatizovanog vazduha u sali Makedonskog narodnog pozorišta u Skoplju. Ove rešetke su postavljene na stubovima koji nose sedišta.

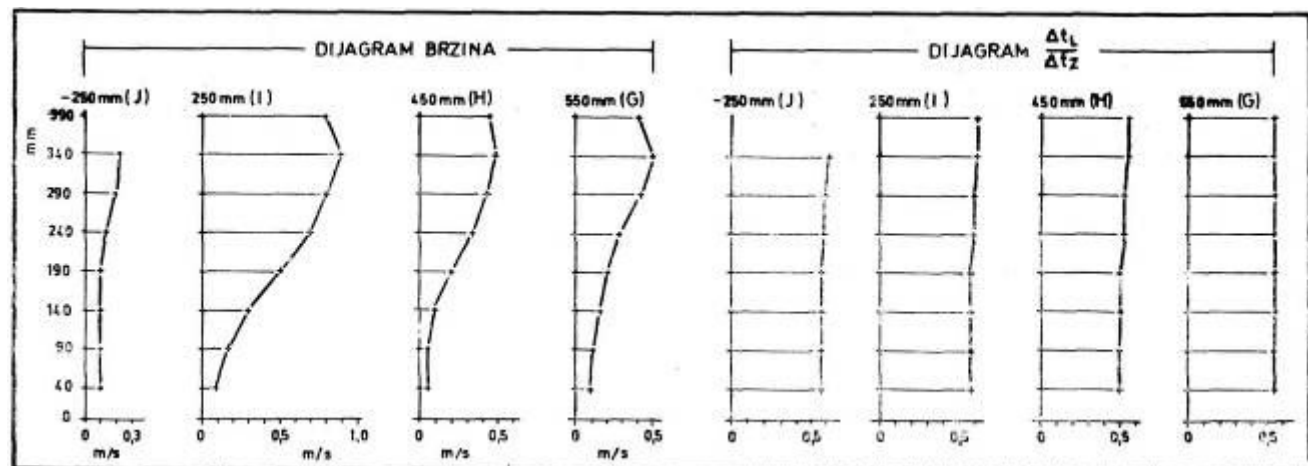
Sl. 9. Letnji režim — 1. merenje



Sl. 10. Letnji režim — 2. merenje



Sl. 11. Letnji režim — 3. merenje



Stubovi imaju oblik slova V; na jednom njihovom delu je ostavljen otvor za postavljanje sijalice, a na drugom delu bočno su postavljene dve izduvne rešetke, čije su dimenzije otvora 158 x 47 mm. Rešetke su izrađene od perforiranog lima.

Stubovi su pri ispitivanju postavljeni na međusobnom rastojanju od 550 mm, odnosno na

rastojanju koje odgovara stvarnom stanju u sali. Za vreme ispitivanja u prostoriji u kojoj je ono vršeno, bile su održavane temperature koje je trebalo održavati u sali, odnosno $t_v = 22^\circ\text{C}$ za zimski režim, i $t_v = +27^\circ\text{C}$ za letnji režim. Temperature vazduha koji se preko rešetki ubacuje u prostoriju odgovaraju temperaturi klimatizovanog vazduha koji se ubacuje u salu, tj. $t_u =$

= + 28,6°C za zimski režim, i t_u = + 17°C za letnji režim. Količina vazduha koja se dovodi jednom stubu (dve rešetke) iznosi 52,5 m³/h. Na stubovima su bila postavljena sedišta identična sa onima u sali. Položaj sedišta pri ispitivanju se vidi na sl. 3.

Protok vazduha u cevovodu je meren pomoću Pitotove cevi, pri čemu je za merenje dinamičkog pritiska upotrebljen precizan električni mikromanometar (tipa »mikrotector«), sa tačnošću od +9,8 Paskala. Brzine vazduha na izlazu iz rešetke kao i na drugim mernim mestima merene su termometrom sa usijanom žicom (tipa »wallac«), sa tačnošću od 0,1 m/s. Temperature vazduha na istim mestima merene su elektrootpornim termometrom (tipa »wallac«). Oba instrumenta su integrisana u jedan sklop, što omogućava simultano očitavanje dveju mernih veličina neposredno jedne za drugom. Za kontrolu stacionarnosti temperature u prostoriji i vazduha na izlazu iz rešetke, korišćeni su precizni stakleni termometri ispunjeni živom (sl. 3).

Za dobijanje realne slike temperaturskih i brzinskih stanja definisane su i utvrđene tri merne zone i to:

- 1) zona koja odgovara 1. merenju odnosi se na krajnju rešetku;
- 2) zona koja odgovara 2. merenju u osi dve susedne rešetke od dva susedna stuba;
- 3) zona koja odgovara 3. merenju u simetrali ose između oba stuba.

Sva merna mesta su tačno definisana na mernoj skici (sl. 4).

Pored navedenih merenja izvršena su i merenja brzina vazduha na samom izlazu iz rešetke. Ova merenja nemaju isti cilj kao i prethodna, već se odnose na dobijanje slike o kvalitetu distribucije vazduha u rešetki

(sl. 5). Svi dobijeni rezultati merenja temperature i brzina su grafički prikazani na dijagramima.

Na sl. 5. dat je profil brzine na izlazu iz rešetke za zimski i letnji režim. Podaci o 1, 2, i 3. merenju dati su na sl. 6, 7. i 8. za zimski režim, a na sl. 9, 10. i 11. za letnji režim. Brzine su izražene u m/s, dok su merene temperature date u obliku temperaturnog količnika $\Delta t_1/\Delta t_u$.

Zaključak

Dijagram na sl. 5. ukazuje na neujednačenost brzina na izlazu iz rešetke. Ta neujednačenost je iskazana oblikovanjem vrha parabole u gornjem delu rešetke. Maksimalna brzina vazduha je veća od uobičajene za takav vid distribucije vazduha. Velike brzine na izlazu iz rešetke izazivaju i nedozvoljene brzine u pojedinim zonama boravka ljudi.

Dijagramom brzina za 3. merenje, letnji režim, u tačkama G i H dobijaju se brzine do 0,6 m/s pri temperaturi od 21,5 do 22,5 °C. One se nalaze u zoni boravka. Za navedene temperature dozvoljene brzine vazduha iznose od 0,22 do 0,27 m/s. Imajući ovo u vidu, dobijena distribucija vazduha sa ovom rešetkom neće dati tražene uslove ugodnosti za boravak ljudi. Razlozi neostvarivanja uslova ugodnosti su sledeći:

- velika količina ubacivanog vazduha po jednoj rešetki, a time i velika brzina;
- neuobičajeno velika razlika između temperatura vazduha u prostoriji i vazduha na izlazu iz rešetke;
- neadekvatno konstrukciono rešenje rešetke za ovakvu namenu.