



UDK: 631.614

## POBOLJŠANJE MIKROKLIME U KABINI POLJOPRIVREDNIH MAŠINA PRIMENOM LOKALIZOVANE DISTRIBUCIJE VAZDUHA

**Dragan Ružić, Ferenc Časnji**

*Fakultet tehničkih nauka - Novi Sad*

**Sadržaj:** Samohodna poljoprivredna mehanizacija se na našim prostorima najvećim delom eksploatiše u tzv. toplom delu godine. U tim uslovima, zbog sunčevog zračenja i drugih izvora toplote, kabina rukovaoca mašinom može postati prostor koji je krajnje nepogodan za boravak i rad čoveka. Iz tog razloga, važan aspekt ergonomije rada u kabini mobilne poljoprivredne mehanizacije jeste stvaranje i održavanje pogodne mikroklimе.

Konvencionalni pristup analizi mikroklimatskih uslova u kabini zasniva se na posmatranju prostora kabine kao homogenog. Takođe i standardi i norme kojima se propisuju mikroklimatski uslovi u zatvorenom prostoru preporučuju što manju nehomogenost. U realnosti, uslovi su obično izrazito nehomogeni i promenljivi u vremenu, a čovekovo telo zauzima samo manji deo zapremine unutrašnjosti kabine i nema mnogo mogućnosti za promenu položaja. Pored toga, pojedini delovi čovekovog tela imaju različitu toplotnu osetljivost i različito utiču na ukupni toplotni osećaj i toplotni komfor, što je u ovom radu iskorišćeno kao osnova za istraživanje u pravcu generisanja kontrolisane neuniformnosti mikroklimatskih parametara lokalizovanom distribucijom kondicioniranog vazduha u traktorskoj kabini.

**Ključne reči:** ergonomija, kabina, ventilacija, klimatizacija, toplotni komfor

### UVOD

Toplotno okruženje u kabini mobilnih poljoprivrednih mašina, kao što su traktori i kombajni, po mnogo aspekata se razlikuju od uslova u građevinskim objektima. Specifični uslovi karakteristični za kabine su:

- mala zapremina prostora,
- promena mikroklimatskih parametara može biti nagla (zbog promene orijentacije kabine prema suncu i sl.),
- staklene površine prevladavaju na površini omotača kabine,
- rukovalac sedi blizu površina koje mogu biti znatno iznad temperature vazduha,

- rukovalac ne može da menja poziciju u kabini, takođe je promena položaja tela ograničena,
- sistem za kondicioniranje vazduha nije u funkciji kada motor mašine ne radi,
- spoljašnji vazduh može imati visok sadržaj prašine ili štetnih hemijskih sredstava, čineći prirodnu ventilaciju neprikladnom.

Bez obzira na to, uslovi toplotnog komfora bi trebali biti približno isti kao i u bilo kom drugom zatvorenom objektu. Standardi za toplotni komfor nalažu određene granice i kombinacije mikroklimatskih (temperature vazduha i površina, brzina vazduha i relativna vlažnost) i individualnih (oblačenje i aktivnost) parametara koji bi trebali da za prosečnu populaciju predstavljaju uslove koji obezbeđuju toplotni komfor, pod uslovom da su mikroklimatski parametri približno homogeni u prostoru kabine i nepromenljivi u vremenu.

U kondicioniranoj kabini samohodne poljoprivredne mašine, toplotni uslovi se postižu ubacivanjem kondicioniranog vazduha kroz otvore - duvaljke, postavljene u blizini komandne table ili na tavanicu. Zbog toga i zbog specifičnih graničnih uslova, postizanje homogene i stacionarne mikroklimatike nije jednostavno. Uzimajući u obzir interindividualne i intraindividualne razlike među rukovaocima, uslove nije moguće egzaktno specificirati, nego je potrebno ostaviti prostor za lično podešavanje rada sistema u određenim (širokim, kako se pokazalo) granicama.

## **LOKALNI TOPLOTNI OSEĆAJ ČOVEKA I USLOVI TOPLOTNOG KOMFORA**

Unutrašnjost kabine je i pri umerenim spoljašnjim uslovima izložena različitim toplotnim opterećenjima, kao što su direktno i odbijeno zračenje sunca i dotok toplote od pogonskog agregata.

Bez efikasnog odvođenja toplote, posledica će biti porast temperature unutrašnjosti preko prihvatljivih granica. Ambijent postaje nekomforan, radne sposobnosti rukovaoca su umanjene, prisutan je i rizik od hipertermije.

Da bi se sprečilo podizanje temperature čovekovog tela, neophodno je na neki način odvoditi toplotu iz tela, ili učiniti ambijent termički ugodnim. U kabini se mogu koristiti oba načina, posebno u prelaznim režimima kao što je rashlađivanje kabine ugrijane na suncu. Najveći udeo oslobađanja toplote sa tela u toplim uslovima pripada konvektivnom prenosu toplote i isparavanju znoja sa površine kože [8], [18]. Intenzitet prenosa toplote će zavisiti od razlike temperatura vazduha i površine kože, vlažnosti kože i od lokalne brzine vazduha. Zato lokalni i ukupni toplotni osećaj treba da bude referenca za određivanje pogodnih lokalnih mikroklimatskih parametara u kabini koje sistem za kondicioniranje vazduha treba da generiše.

Osnovni uslovi toplotnog komfora su [8], [18]:

- postignuta je toplotna ravnoteža organizma,
- kombinacija temperature kože i temperature unutrašnjosti tela obezbeđuje osećaj toplotne neutralnosti,
- odavanje znoja je u granicama koji su neophodni da bi osoba bila u stanju komfora,

- nema lokalne toplotne neudobnosti.

Osećaj toplote je zasnovan na signalima termoreceptora smeštenih u koži i unutrašnjosti tela, a toplotni osećaj pojedinih delova tela je različit, zbog različitih svojstava i drugačijeg intenziteta lučenja znoja [1], [9], [25]:

- pri lokalnom hlađenju, leđa, grudi i karlica imaju najveći uticaj na ukupni toplotni osećaj, koji prati lokalni osećaj tih delova,
- oblast glave, ruke i noge imaju umeren uticaj na ukupni toplotni osećaj,
- najmanje uticaja na ukupni toplotni osećaj ima lokalni osećaj šaka i stopala.

Gledano od strane karakteristika čovekovog tela i preferiranih uslova, ono što sistem za kondicioniranje treba da zadovolji je sledeće:

- ostvariti takve lokalne mikroklimatske parametre da se lokalne temperature kože dovedu i održe na nivou koji daje osećaj toplotnog komfora,
- mlaz vazduha mora prodrći kroz struju prirodne konvekcije oko tela,
- izbeći lokalni diskomfort zbog promaje i iritacije očiju,
- snabdeti zonu disanja svežim i čistim vazduhom.

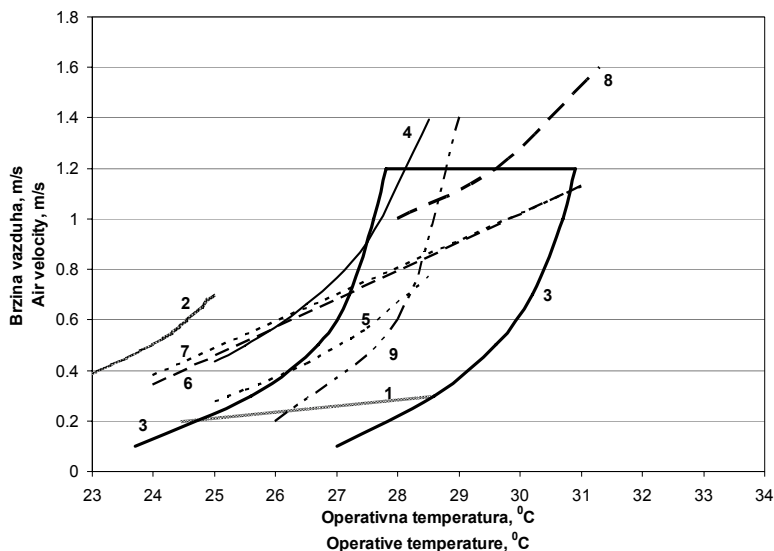
Posmatrajući navedene zahteve, može se zaključiti i da neki od njih mogu biti protivrečni. To znači da stvaranje uslova za postizanje ukupnog komfora ne znači da neće biti lokalnog diskomforta, i obrnuto. Idealan slučaj jeste homogena sredina, sa minimalnim promenama u vremenu. Kako je ranije rečeno, u kabini poljoprivredne mehanizacije nije jednostavno ostvariti takve uslove, pa se toplotni osećaj mora posmatrati na lokalizovanom nivou. Odatle sledi da i ako kombinacija mikroklimatskih parametara osrednjenih u prostoru kabine i izraženih preko PMV izlazi van granica komfora ( $PMV \leq 0,7$  za najnižu klasu komfora [12]), ipak mogu biti ostvareni uslovi koji ne predstavljaju toplotno nezadovoljstvo.

## PREFERIRANE VREDNOSTI LOKALNE BRZINE VAZDUHA

Na osnovu pregleda relevantne literature iz oblasti toplotnog komfora i ventilacije, sakupljeni su empirijski podaci o preferiranim kombinacijama lokalne temperature i brzine vazduha u zoni glave i gornjeg dela tela, predstavljeni na sl. 1.

Na grafiku kriva označena brojem 1 predstavlja indeks  $DR = 20\%$ , prema ISO 7730, za  $TI = 50\%$  [12]. Kriva broj 2 su preporučene brzine u izotermalnom slučaju, prema DIN 1946-3 [6]. Kriva 3 ograničava polje prema standardu ASHRAE 55-2009 [5], kada izložena osoba ima kontrolu na brzini vazduha ( $PMV = \pm 0,5$ , aktivnost 1,1 Met i izolacija odeće 0,5 Clo). Krive 4 i 5 predstavljaju  $PS = 100\%$  i  $PS = 80\%$  (*Percentage of satisfied*), respektivno, prema rezultatima Fountain-a et al. [10]. Krive 6 i 7 su regresione krive rezultata Arens-a et al. [3], za neutralan osećaj kretanja vazduha i neutralan toplotni osećaj, respektivno. Krive 8 i 9 su preferirane brzine vazduha prema rezultatima Tanabe i Kimura [3] i prema rezultatima Toftum-a [24], respektivno.

Uočava se da su brzine koje su preporučene prema ISO 7730 veoma restriktivne, te da spadaju u oblast toplog osećaja. Nasuprot tome, standard ASHRAE 55-2009 kao moguće vrednosti navodi brzine vazduha do 1,2 m/s, daleko iznad ranije usvojenih preporučljivih brzina vazduha. Uslov za tako velike vrednosti brzina vazduha jeste da ona bude pod kontrolom izložene osobe, u ovom slučaju rukovaoca mašinom.



Sl. 1. Vrednosti preferiranih lokalnih izotermalnih brzina vazduha u funkciji operative temperature, za sedeći položaj, aktivnost od 1,0 - 1,2 Met i izolaciju odeće 0,35 - 0,5 Clo (0,73 Clo sa stolicom).

Kako je u toplim uslovima predviđena upotreba klimatizera za snižavanje temperature i vlažnosti vazduha koji se ubacuje u kabinu, oko tela će strujati vazduh hladniji od okolnog. Eksperimenti izvedeni u neizotermnim uslovima su pokazali da se preferirana brzina vazduha smanjuje ukoliko se povećava razlika temperatura hladnije struje vazduha i okolnog vazduha [11], [17].

### PRINCIP PRIMENE LOKALIZOVANE DISTRIBUCIJE KONDICIONIRANOG VAZDUHA U KABINI

Ako sistem za kondicioniranje vazduha i njegovo razvođenje omogućava da svaki deo tela ima razmenu toplote sa okolinom takvu da odgovara trenutnim potrebama sa aspekta toplotne ravnoteže i neutralnog toplotnog osećaja, što može varirati između pojedinih delova tela, reč je o tzv. personalizovanoj klimatizaciji, baziranoj na lokalizovanoj distribuciji kondicioniranog vazduha. Takav sistem je sposoban da bude prilagođen svakoj osobi u skladu sa njegovim željama i potrebama, koje mogu varirati u širokim granicama, kako se na primerima prikazanim na slici 1 može videti.

Izlazni parametri sistema lokalizovane distribucije kondicioniranog vazduha su temperatura, brzina i intenzitet turbulencije vazduha, na mestu kontakta mlaza i površine čovekovog tela. Od izlazne brzine vazduha iz duvaljke, njenih geometrijskih karakteristika, usmerenosti i udaljenosti od tela, zavisice i vrednosti navedenih parametara, time i lokalni toplotni osećaj.

Oblasti tela rukovaoca koje zahtevaju zasebnu kontrolu uslova, u zavisnosti su od njihovog uticaja na ukupni toplotni osećaj. Oblasti su prikazane na slici 2, i to su oblasti sa značajnim, srednjim i malim uticajem u toplim uslovima.



Sl. 2. Oblasti tela rukovaoca sa značajnim (crno), srednjim (sivo) i malim (belo) uticajem na toplotni osećaj u toplim uslovima

Osnovne karakteristike sistema lokalizovane distribucije kondicioniranog vazduha bile bi sledeće [1], [15], [16], [20]:

- temperatura lokalizovane struje vazduha treba da bude jednaka ili za  $3\div 4^{\circ}\text{C}$  niža od temperature okolnog vazduha u kabini;
- lokalna brzina vazduha mora biti dovoljna da mlaz proдре kroz struju prirodne konvekcije oko tela rukovaoca, a iskustvena vrednost minimalne brzina vazduha na površini tela rukovaoca je  $0,3\text{ m/s}$ ;
- mogućnost podešavanja sistema i njegov kapacitet treba da su takvi da se u skladu sa individualnim potrebama može postići i lokalna brzina vazduha do  $1,2\div 1,5\text{ m/s}$ ;
- podešavanje pravca strujanja vazduha svake duvaljke mora biti u širokim granicama, prilagodljivo različitim telesnim građama i položajima rukovaoca;
- duvaljke (difuzori) usmerene ka zoni disanja treba da daju uniforman profil brzine na izlazu, sa što manjom inicijalnom turbulencijom, jer se na taj način umanjuje mešanje sa okolnim vazduhom;
- u pogledu karakteristika strujanja, pogodnije su duvaljke sa kružnim presekom otvora, u poređenju sa otvorom pravougaonog preseka;
- preporučeno rastojanje duvaljke od tela rukovaoca bi trebalo da je 3 do 6 prečnika duvaljke, što odgovara rastojanju od  $0,4$  do  $0,6\text{ m}$ ; rastojanje i lokacije duvaljki moraju biti i u skladu sa geometrijom unutrašnjosti kabine i sa uslovima za obezbeđenje potrebne vidljivosti iz kabine;
- sveži vazduh mora dolaziti u zonu disanja rukovaoca spređa ili sa strane, tako da se izbegne diskomfor zbog promaje ili iritacije očiju;
- šum vazduha mora biti u dozvoljenim granicama za unutrašnju buku samohodnih mašina.

Na osnovu teorije strujanja vazduha iz otvora okruglog preseka, za usvojenih osam duvaljki prečnika 50 mm, prosečnu udaljenost duvaljki od površine tela rukovaoca 0,6 m i za lokalne brzine vazduha na površini tela od 0,3 do 1,0 m/s, ukupan teorijski protok vazduha sistema ventilacije bi trebao da je od 180 do 600 m<sup>3</sup>/h [4]. Te vrednosti su u skladu sa karakteristikama konvencionalnih sistema za prinudnu ventilaciju kabina.

## TOPLOTNI BILANS KABINE U TOPLIM USLOVIMA

Vrednosti toplotnog opterećenja kabine (dotoka toplote) u tipičnim letnjim uslovima na našim prostorima, pri spoljašnjoj temperaturi vazduha od 30°C, relativnoj vlažnosti od 50% i intenzitetu zračenja sunca od oko 500 W/m<sup>2</sup> iznose između 1,5 i 2 kW. Osim sunčevog zračenja, velik udeo ima dotok toplote od strane agregata [13], [14], [19], [21]. Osetno odavanje toplote od strane rukovaoca prosečnog rasta pod tim uslovima je oko 160 W, a latentno 150 ÷ 200 W i više, u zavisnosti od intenziteta odavanja znoja [5], [18].

Uz pretpostavku da je spoljašnji vazduh koji prođe kroz isparivač klima-uređaja ohlađen na temperaturu od 5°C, a da su u kabini homogeni uslovi sa temperaturom vazduha od 26°C i relativnom vlažnosti od 30%, razmena toplote na isparivaču (odvođenje toplote i vlage od spoljašnjeg vazduha) je reda veličine 4 kW, sa masenim protokom vazduha (spoljašnjeg, bez recirkulacije) od oko 250 m<sup>3</sup>/h. Očigledno je potrebna rashladna snaga relativno velika, imajući u vidu da je kabina namenjena smeštaju samo jedne osobe.

U takvim uslovima, za procenjenu metaboličku aktivnost rukovaoca od  $M = 1,4$  Met, i procenjenu izolaciju letnje odeće i sedišta od  $I_{clo} = 0,52$  Clo, zbog dejstva sunca i okolnih toplijih površina (operativna temperatura 29,6°C), toplotni osećaj se može oceniti preko indeksa PMV koji u tom slučaju iznosi 1,25. PMV indeks je veći od gornje granice standardnih uslova komfora ( $PMV = 0,7$ ), te će rukovaocu biti neugodno toplo. Da bi se pod tim uslovima održala toplotna ravnoteža organizma, neophodno je odvesti toplotu putem isparavanja znoja sa površine tela u iznosu od 0,42 kg/h, što odgovara visokoj vrednosti koeficijenta vlažnosti kože,  $w = 0,63$  [5], [12], [18].

Zadržavanjem istog načina kondicioniranja vazduha (kompresorskim klima-uređajem), a primenom koncepta lokalizovane distribucije kondicioniranog vazduha, moguće je dobiti povoljnije mikroklimatske uslove i toplotni osećaj rukovaoca uz smanjenje energije potrebne za hlađenje vazduha. Pored kontrolisane neuniformnosti od strane rukovaoca i podizanja lokalnih brzina vazduha prema preporučenim vrednostima, recirkulacija kabinskog vazduha je uticajan metod za smanjenje utroška energije (tabela 1).

Podaci se odnose na teorijski proračun količine koju treba odvesti od vazduha na isparivaču klima uređaja u slučaju traktorske kabine zapremine oko 3 m<sup>3</sup>, za gore navedene spoljašnje uslove. Bez obzira na rezultujuću srednju temperaturu vazduha u kabini, kombinacije lokalnih temperatura i brzina vazduha treba da budu takve da se obezbedi najpovoljniji toplotni osećaj rukovaoca. Stoga je neophodna velika sloboda u podešavanju distribucije vazduha od strane rukovaoca, u skladu sa trenutnim i individualnim potrebama. Upravljanje sistemom za lokalizovanu distribuciju kondicioniranog vazduha se takođe zasniva na promeni pravca, brzine (protoka) i temperature vazduha pojedinih duvaljki.

Tab. 1. Procentualni prikaz teorijski procenjene količine toplote koju treba odvesti od vazduha u sistemu za klimatizaciju u odnosu na referentni slučaj (250 m<sup>3</sup>/h, bez recirkulacije)

		Zapreminski protok vazduha, m <sup>3</sup> /h			
		200	250	300	350
Udeo recirkulisanoг vazduha	0%	80%	100%	120%	140%
	25%	73%	89%	104%	120%
	50%	67%	78%	89%	99%
	75%	60%	67%	73%	79%
Srednja temperatura vazduha u kabini, °C		29,5	25,9	23,2	21,1
Relativna vlažnost vazduha u kabini, %		28	33	37	41

U pogledu kvaliteta vazduha, sveži vazduh je potrebno direktno sprovesti do zone disanja, na takav način da ne dolazi do mešanja sa okolnim vazduhom kabine. Protok od 36 - 72 m<sup>3</sup>/h je preporučena količina za jednu osobu u zatvorenom prostoru [4], što iznosi od oko jedne desetine do jedne petine od ukupnog protoka koji konvencionalni sistem može obezbediti. Da bi se realizovao opisani sistem, a posebno da se prednosti recirkulacije iskoriste na optimalan način, sistem distribucije vazduha se mora izvesti sa nezavisnom regulacijom protoka vazduha za svaku od duvaljki usmerenih na telo čoveka, a poseban podsistem bi činio dovod i kondicioniranje vazduha svežeg, filtriranog vazduha namenjenog zoni disanja i gornjem delu tela, dok na ostale delove tela može delovati i delimično recirkulisani vazduh.

## ZAKLJUČAK

U cilju poboljšanja mikroklimatskog komfora u kabini samohodnih poljoprivrednih mašina, ali i povećanja energetske efikasnosti sistema klimatizacije vazduha, uporedo sa smanjenjem protoka toplote kroz zidove kabine, potrebno je i efikasnije koristiti sistem kondicioniranja vazduha primenom lokalizovane distribucije kondicioniranog vazduha pod kontrolom rukovaoca. Na taj način nastaje neuniformno mikroklimatsko polje u kabini, prvenstveno u svrhu formiranja pogodnih uslova u samoj okolini rukovaoca.

Da bi se pravilno ocenile karakteristike ovog koncepta klimatizacije i ventilacije kabine, neophodno je u potpunosti modelirati ceo sistem okolina-kabina-rukovaoc-sistem za kondicioniranje vazduha. Zbog većeg broja nezavisno kontrolisanih duvaljki, složene unutrašnje konfiguracije kabinskog prostora i različitih mehanizama razmene toplote, jasno je da će polje mikroklimatskih parametara biti veoma složeno, pa će dalja istraživanja biti usmerena na modeliranje i optimizaciju primenom CFD softverskih paketa.

Optimizacija sistema treba da obuhvati broj, razmeštaj i karakteristike duvaljki, odnos spoljašnjeg i recirkulisanoг vazduha i vrednosti izlaznih brzina i temperatura vazduha pojedinačnih duvaljki sa aspekta toplotnog osećaja rukovaoca i utroška energije.

## LITERATURA

- [1] Arens E, Zhang H, Huizenga C: Partial- and whole-body thermal sensation and comfort. Part I and II, *Journal of Thermal Biology* 31, 2006, pp. 53 - 66
- [2] Arens E, Turner S, Zhang H, Paliaga G: A Standard for Elevated Air Speed in Neutral and Warm Environments, *ASHRAE Journal*, May 51 (25), 8 - 18, 2009
- [3] Arens E, Xu T, Miura K, Hui Z, Fountain M, Bauman F: A study of occupant cooling by personally controlled air movement, *Energy and buildings* 27 (1998) pp. 45-49
- [4] ASHRAE Fundamentals Handbook, Atlanta, USA, 1997
- [5] ASHRAE Standard 55P. Thermal environmental conditions for occupancy, Third public review, ASHRAE Inc., 2003
- [6] DIN 1946-3, Entwurf, Raumluftechnik, Teil 3: Ventilation von Personenkraftwagen und Lastkraftwagen, 2003
- [7] Fanger P. O: Human requirements in future air-conditioned environments, *International Journal of Refrigeration* 24, 2001, pp. 148-153
- [8] Fanger P. O: Thermal comfort, McGraw-Hill, New York, 1970
- [9] Fiala D: Dynamic Simulation of Human Heat Transfer and Thermal Comfort, PhD thesis, De Montfort University, 1998
- [10] Fountain M, Arens E, de Dear R, Bauman F, Miura K: Locally Controlled Air Movement Preferred in Warm Isothermal Environments, *ASHRAE Transactions*, 1994, Vol. 100, part 2
- [11] Gong N, Tham K W, Melikov A, Wyong D P, Sekhar S C, Cheong K W. The acceptable air velocity range for local air movement in the tropics. *International Journal of Heating, Ventilating, Air-Conditioning and Refrigerating Research* 2006;12(4):1065-76
- [12] ISO 7730. Moderate thermal environment- Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort. International Organization for Standardization, 1994
- [13] Jahns G. von, Janssen J.: Klimatisierung von Fahrer cabinen landwirtschaftlicher Fahrzeuge, *Grundl. Landtechnik* Bd 32, 1982, pp. 164-171
- [14] Janssen J.: Luftführung in Fahrer cabinen unter dem Gesichtspunkt der thermischen Behaglichkeit, *Grundl. Landtechnik* 34, Nr 5, 1984, pp. 198-205
- [15] Khalifa H. E, Janos M. I, Dannenhoffer J. F: Experimental investigation of reduced-mixing personal ventilation jets, *Building and Environment* 44, 2009, pp. 1551-1558
- [16] Melikov A: Personalized ventilation, *Indoor Air* 2004, 14 (Suppl. 7): pp. 157-167
- [17] Melikov A, Cermak R, Majer M: Personalized ventilation: evaluation of different air terminal devices, *Energy and Buildings* 34, 2002, pp. 829-836
- [18] Parsons K: Human thermal environments: The effects of hot, moderate and cold environments on human health, comfort and performance, 2nd ed. Taylor & Francis, London, 2003
- [19] Rugh J, Farrington R: Vehicle Ancillary Load Reduction Project Close-Out Report, Technical Report NREL/TP-540-42454, 2008
- [20] Ružić D, Časnji F: Personalized ventilation concept in mobile machinery cab, in proceedings of International Congress Motor Vehicles & Motors 2010, Kragujevac, 2010, pp. 216-225
- [21] Ružić D, Časnji F, Muzikravić V: Glass properties as an influencing factor on microclimate in tractor cab (in Serbian), *Tractors and power machines*, Vol. 12, No. 4, 2007, pp. 92-97



- [22] Ružić D, Časnji F, Muzikravić V: Thermal load on passengers in an automobile cabin, in proceedings of International Congress Motor Vehicles & Motors 2006, Kragujevac, 2006
- [23] Sun W, Tham K. W, Zhou W, Gong N: Thermal performance of a personalized ventilation air terminal device at two different turbulence intensities, Building and Environment 42, 2007, pp. 3974–3983
- [24] Toftum J: Air movement – good or bad?, Indoor Air 2004; 14 (Suppl 7), pp. 40–45
- [25] Zhang H: Human Thermal Sensation and Comfort in Transient and Non-Uniform Thermal Environments, PhD thesis, University of California, Berkeley, 2003

## **IMPROVEMENT OF MICROCLIMATE CONDITIONS IN CAB OF AGRICULTURAL MACHINES BY USING LOCALIZED AIR DISTRIBUTION**

**Dragan Ružić, Ferenc Časnji**

*Faculty of Technical Science, Novi Sad*

**Abstract:** Self-propelled agricultural machinery is mainly utilized during the warm period of the year. Under such conditions, due to solar radiation and other heat sources, inside conditions of operator's cab could become detrimental. Therefore, generating and maintaining of comfortable microclimate is very important aspect of ergonomics in the machinery cab.

Conventional approach for cab microclimate conditions analyze is based on the presumption that there is homogenous state. Standards for indoor microclimate conditions also recommend minimal non-homogeneity. In reality, the conditions are usually non-homogenous and transient, but human body occupies only minor part of total cab interior volume and there are no much possibility for change the postures. Beside of this, individual parts of the body have different thermal sensitivity and different influence on overall thermal sensation and thermal comfort. This fact was used in this paper as a basis for research in field of non-uniformity of microclimate parameters in tractor cab by localized distribution of conditioned air.

**Key words:** *ergonomics, cab, ventilation, air-conditioning, thermal comfort*