

UTICAJ POLOŽAJA PROSTORIJE U ZGRADI NA KORELACIJU IZMEĐU UNUTRAŠNJE PROJEKTNE TEMPERATURE I TEMPERATURE VAZDUHA U PROSTORIJI

*Mr Branislav Živković, dipl. inž.,
Mašinski fakultet, Beograd, i
Zoran Nikolić, dipl. inž.,
„Termovent“, Beograd*

1. Uvod

U tehničari grejanja i klimatizacije pojam unutrašnje projektne temperature je široko rasprostranjen i sreće se u svim standardima za proračun potrebne količine toplote za grejanje. Medjutim u većini tih standarda unutrašnja projektna temperatura za grejanje, t_{up} , nije striktno definisana, a još redje se navodi njena korelacija sa temperaturom unutrašnjeg vazduha, t_{vu} . Kao posledica ove nedovoljne definisanosti, u inženjerskoj praksi postoji različito tumačenje merodavne unutrašnje temperature.

Preporuke Američkog društva za grejanje, hladjenje i klimatizaciju (ASHRAE), kao i praksa u Jugoslaviji, izjednačuju ove dve temperature ($t_{up} = t_{vu}$) [1]. Većina evropskih standarda za proračun potrebne količine toplote za grejanje (nemački, belgijski, engleske preporuke) pravi jasnu razliku između t_{up} i t_{vu} , ali navode da je njihova brojna razlika obično neznatna, pa se u praksi najčešće može zanemariti. Prema ovim normativima, t_{up} je jedna fiktivna temperatura koja služi isključivo za proračun gubitaka toplote prostorije. Nasuprot njima, najnoviji holandski standard uvodi korelaciju između t_{vu} i t_{up} u zavisnosti od sistema za grejanje i termičkih karakteristika prostorije. U pojedinim slučajevima ta razlika može biti znatna i iznosi preko 3°C.

2. Polazne postavke

Razmena toplote čoveka sa okolinom predstavlja fizički vrlo složen proces i zavisi kako od brojnih ličnih faktora tako i od uslova sredine. U uslovima grejanja prostorija zimi, dominantni načini odavanja toplote čoveka su konvekcijom na sobni vazduh i zračenjem okolnim površinama. Shodno tome, rezultujuća temperatura (u literaturi se koriste i termini efektivna, operativna, ekvivalentna temperatura) dobro reprezentuje termičke uslove sredine u zatvorenom prostoru pri uobičajnim brzinama

strujanja i vlažnosti vazduha. Postoji više metoda za izračunavanje rezultujuće temperature, t_{rez} , a najčešće se računa kao aritmetička sredina između temperature vazduha t_{vu} i srednje temperature okolnih površina t_o .

$$t_{rez} = 0,5 \cdot t_{vu} + 0,5 \cdot t_o \quad (1)$$

Strogo uzevši, fizički bi bilo korektnije rezultujuću temperaturu računati na osnovu srednje temperature zračenja, a ne srednje temperature okolnih površina. No u tom slučaju, pošto se srednja temperatura zračenja menja po prostoriji, pa ako se još uzme u obzir i stratifikacija temperature vazduha po visini prostorije, kao i njena promena po dubini prostorije u zavisnosti od instalisanog grejnog sistema, dobile bi se lokalne vrednosti rezultujuće temperature, što bi zahtevalo odredjivanje neke srednje vrednosti rezultujuće temperature u prostoriji.

U ovom radu je usvojeno da je unutrašnja projektna temperatura jednaka rezultujućoj temperaturi, čija vrednost zavisi, pre svega, od namene prostorije. Za datu vrednost t_{up} , temperatura unutrašnjeg vazduha zavisi od meteoroloških uslova, primenjenog sistema za grejanje, termičkih karakteristika omotača prostorije (k -vrednost zidova i prozora), geometrije prostorije (veličina prozora, dimenzije prostorije) i režima klizanja temperature razvodne vode. Uticaj pojedinih parametara analiziran je u literaturi [8]. Cilj ovog rada je da se utvrdi korelacija između temperature vazduha u prostoriji i unutrašnje projektne temperature u zavisnosti od položaja prostorije u višespratnoj zgradi.

3. Model prostorija

Analiza je vršena za model prostoriju neto veličine $4 \times 4 \times 2,6$ m (slika 1). Razmatrana su 4 položaja model prostorije na jednoj etaži (slika 2). Model prostorija I je sa jednim spoljnim zidom u kome se nalazi drveni dvostruki prozor veličine $1/7$ površine poda. Prostorija I je sa sve tri strane okružena identičnim prostorijama. Model prostorija II je vrlo slična prostoriji I, samo se prema spoljašnjem zidu nalazi unutrašnji zid koji tu prostoriju razdvaja od negrejanog stepeništa. Svi ostali elementi su isti kao za prostoriju I. Model prostorija III se nalazi na uglu zgrade. Sa obe unutrašnje strane graniči se sa prostorijama I. Prozor, veličine $1/7$ površine poda, je u jednom od spoljašnjih zidova. Prostorija IV se razlikuje od model prostorije III jedino po tome što se prozori nalaze u oba spoljna (susedna) zida.

Model prostorije mogu imati tri položaja: u prizemlju, P, između spratova (tipski sprat), M, i na poslednjem spratu, T, (slika 2). Za prostorije u prizemlju postoje 3 varijante: na tlu, iznad negrejanog podruma i iznad otvorenog prolaza, dok se za prostorije na poslednjem spratu razlikuju dva slučaja: ispod tavana i tavanicu čini krovna konstrukcija (model prostorija je u potkrovlju).

Sve model prostorije su analizirane za tri nivoa termičke izolovanosti. Osnovni nivo je prema trenutno važećem jugoslovenskom propisu JUS U.J.5.600 za II klimatsku zonu. S obzirom da je veliki deo postojećeg stambenog fonda u Beogradu starijeg datuma izgradnje, posmatrane su model prostorije i u zgradama gradjenim prema propisima o termičkoj zaštiti zgrada pre 15-20 godina kao i uobičajnom načinu gradnje u to vreme. Treći analizirani slučaj odnosi se na vrlo dobro termički izolovane zgrade kakve se već grade u zemljama Zapadne Evrope i kakve se predviđa da će se graditi i kod nas u bližoj budućnosti. Pregled usvojenih vrednosti koeficijenata prolaza toplote za pojedine gradjevinske elemente prikazan je u tabeli 1, dok su karakteristike prozora date u tabeli 2.

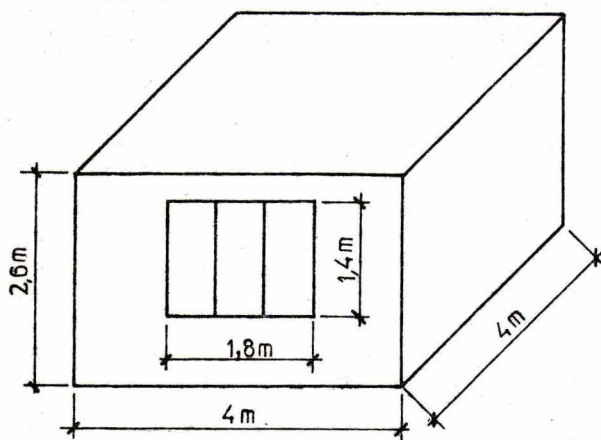
Tabela 1. Pregled usvojenih vrednosti koeficijenata prolaza toplote za zgrade različite termičke izolovanosti

GRADJEVINSKI ELEMENTI		k [W/m ² K]		
		Stara gradnja	Sadašnji normativ	Buduća gradnja
Spoljni zid		1,45	0,9	0,5
Prozor		3,3	2,4	1,8
Unutrašnja pregrada	zid	1,4	1,85	1,2
	prema negrej.step.	1,45	0,9	0,5
	medjuspratna konstr.	1,5	1,35	1,2
Pod	na tlu		0,75	
	iznad podruma	1,4	0,6	0,35
	iznad prolaza		0,45	
Tavanica	prema tavanu	1,4	0,8	
	krovnna konstrukcija	1,0	0,65	0,35

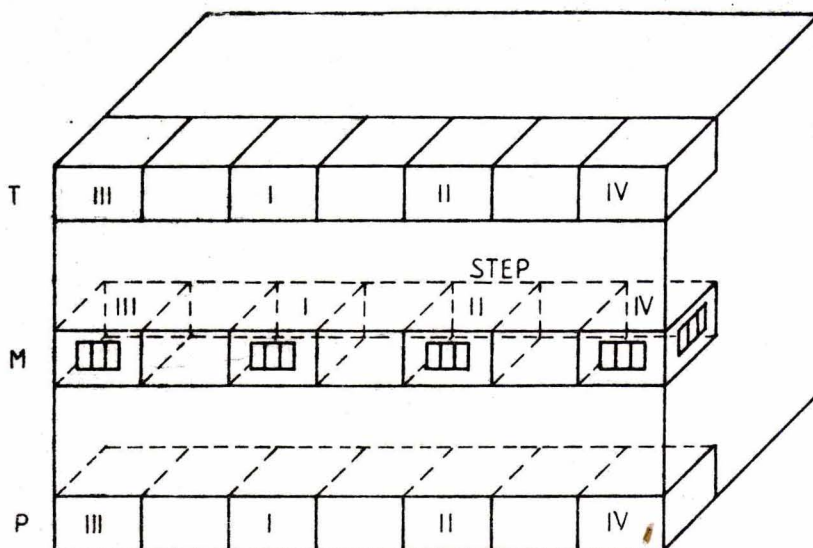
Tabela 2. Karakteristike prozora model-prostorija

KARAKTERISTIKA PROZORA	Stara gradnja	Sadašnji normativ	Buduća gradnja
Površina A [m ²]	3,0	2,52	2,52
Koef.propustljivosti a [m ³ /m h Pa ^{2/3}]	0,4	0,4	0,3
Dužina fuga l [m]	9	7,8	7,8

Temperature unutrašnjih površina spoljašnjih elemenata (prozori i spoljni zidovi) računata su na osnovu kombinovanog koeficijenta prenosa toplote (obuhvata konvekciju i zračenje). Svi koeficijenti prenosa toplote su usvojeni prema JUS U.J5.600 i konstantni su duž površine. U svim model prostorijama predviđeno je radijatorsko grejanje toplom vodom 90/70°C u projekt-nim uslovima. Temperatura grejnih tela uzeta je u obzir pri određivanju srednje temperature omotača prostorije.



Slika 1. Izgled model-prostorije



Slika 2. Položaj model-prostorija u zgradi

4. Rezultati istraživanja

Za numeričko izračunavanje potrebne unutrašnje temperature vazduha koja u datim uslovima obezbeđuje rezultujuću temperaturu jednaku unutrašnjoj projektnoj temperaturi, razvijen je računarski program UPTSG.

Ovaj program je spregnut s programom za proračun gubitaka toplote i dimenzionisanje grejnih tela, tako da se za svaku model prostoriju određuje odgovarajuća površina radijatora.

U tabeli 3 date su temperature vazduha u prostoriji koje odgovaraju rezultujućoj temperaturi $+20^{\circ}\text{C}$ pri spoljašnjoj projektnoj temperaturi -15°C za zgradu zidanu po važećim propisima o minimalnoj termičkoj izolovanosti. Rezultati istraživanja jasno ukazuju da je u prostorijama u prizemlju i na poslednjem spratu potrebno održavati nešto višu temperaturu vazduha nego u odgovarajućim prostorijama na tipskom spratu da bi se obezbedili isti (slični) termički uslovi ugodnosti. Takođe je očigledno da što prostorija ima više "rashladnih" površina (spoljni zidovi i unutrašnje pregrade koje razdvajaju prostoriju od negrejanih susednih prostora) to je potrebno održavati višu temperaturu unutrašnjeg vazduha. Za prostorije u prizemlju, termički uslovi sredine minimalno zavise od toga što se nalazi ispod prostorije (tle, negrejani podrum, prolaz).

Tabela 3. Temperatura vazduha u model-prostoriji zavisno od njenog položaja u zgradi zidanoj prema trenutno važećim propisima, $^{\circ}\text{C}$

POLOŽAJ PROSTORIJE		MODEL-PROSTORIJA			
		I	II	III	IV
M - između spratova		20,29	20,40	20,55	20,61
P - prizemlje	na tlu	20,56	20,66	20,82	20,86
	iznad podruma	20,45	20,56	20,71	20,76
	iznad prolaza	20,57	20,68	20,82	20,89
T - poslednji sprat	ispod tavana	20,66	20,77	20,90	20,97
	potkrovlje	20,69	20,80	20,95	21,02

Tabele 4. i 5 pokazuju potrebnu temperaturu vazduha u prostoriji u slučaju kada su zgrade građene prema starim propisima i očekivanim propisima o minimalnoj termičkoj zaštiti zgrade u budućnosti, respektivno. Što je prostorija bolje termički izolovana dovoljna je niža temperatura vazduha u njoj. Sve vrednosti u tabelama važe za spoljnu projektnu temperaturu -15°C i unutrašnju projektnu temperaturu $+20^{\circ}\text{C}$.

Tabela 4. Temperatura vazduha u model prostoriji zavisno od njenog položaja u zgradi zidanoj u ranijem periodu [$^{\circ}\text{C}$]

POLOŽAJ PROSTORIJE		MODEL PROSTORIJA			
		I	II	III	IV
M - između spratova		20,48	20,65	20,88	20,98
P - prizemlje		20,98	21,17	21,39	21,50
T - poslednji sprat	ispod tavana	21,10	21,30	21,52	21,63
	potkrovlje	21,09	21,29	21,50	21,61

Tabela 5. Temperatura vazduha u model prostoriji zavisno od njenog položaja u zgradi zidanej prema strožim kriterijumima toplotne zaštite [°C]

POLOŽAJ POSTORIJE	MODEL-PROSTORIJA			
	I	II	III	IV
M - izmedju spratova	20,19	20,24	20,33	20,38
P - prizemlje	20,30	20,36	20,45	20,50
T - poslednji sprat	20,39	20,46	20,53	20,60

5. Zaključak

Polazeći od pretpostavke da je unutrašnja projektna temperatura jednaka rezultujućoj temperaturi, uspostavljena je korelacija izmedju temperature vazduha u prostoriji i unutrašnje projektne temperature pri spoljnim projektnim uslovima, za različite položaje prostorija u zgradi i termo-fizičke karakteristike model prostorija. Iz sprovedenih istraživanja proizlazi:

1. što je zgrada bolje termički izlovana potrebno je održavati nižu temperaturu vazduha da bi se obezbedili isti uslovi sredine;
2. što je veći broj rashladnih površina u prostoriji potrebna je viša temperatura vazduha u njoj;
3. prostorije u prizemlju i na poslednjem spratu zahtevaju višu temperaturu vazduha od analognih prostorija lociranih izmedju spratova.

LITERATURA

- [1] ***: ASHRAE Handbook of fundamentals, 1989.
- [2] ***: DIN 4701 "Regeln für die Berechnung des Wärmebedarfs von Gebäuden", izdanja 1959. i 1983.
- [3] ***: Holandski standard NEN 5086 "Warmteveliesberekening voor gebouwen", 1990.
- [4] ***: Guide, Volume A. London, 1986.
- [5] ***: JUS U.J5.600 "Tehnički uslovi za projektovanje i gradjenje zgrada", 1987.
- [6] ŽIVKOVIĆ, B.: Uperedna analiza metoda proračuna potrebne količine toplote za grejanje, KGH 2/1990.
- [7] TODOROVIĆ, B.: Projektovanje postrojenja za centralno grejanje, Mašinski fakultet, 1982.
- [8] ŽIVKOVIĆ, B. i NIKOLIĆ, Z.: Korelacija izmedju unutrašnje projektne temperature i temperature vazduha u prostoriji, KGH 3/1990.