

AKUMULACIJA TOPLOTE U PROSTORIJI

*Mirjana Drpić, Slaviša Bogunović**

Ključne reči: *prostorijska, akumulacija toplote, spoljašnji sistem, unutrašnji sistem, temperaturni modul.*

SAŽETAK:

Temperatura vazduha u prostoriji zavisi od spoljašnjih i unutrašnjih toplotnih uticaja. Ove promene su nestacionarne, periodične. Spoljašnji toplotni uticaji imaju dnevni ritam kolebanja od 24 časa, koji je uslovljen insolacijom. Brzina i intenzitet promena određuju temperaturu vazduha u prostoriji a zavise, pre svega, od sposobnosti toplotne akumulacije građevinskih elemenata koji ograničavaju prostoriju. Svi granični elementi - kao delovi spoljašnjeg i unutrašnjeg sistema, utiču na sposobnost akumulacije toplote u prostoriji. Jedan od mogućih pristupa za proračun ovih uticaja zasnovan je na teoriji temperaturnog modula. U radu se izlažu osnovni teorijski principi i praktične preporuke za realizaciju prihvatljivih nivoa akumulacije toplote u prostoriji.

1. UVOD

Uobičajeni postupak za ocenu pogodnosti građevinskog elementa u pogledu karakteristika toplotne stabilnosti u letnjim uslovima neophodno se proširuje na kriterijum za obuhvatanje termičkih karakteristika svih graničnih konstrukcija, tj. uvažavanje karakteristika unutrašnjeg i spoljašnjeg prostornog sistema, uvođenjem karakteristične veličine - temperaturnog modula (*TM*). Ovaj postupak predstavlja korak od pojedinačnog građevinskog elementa ka prostornom sistemu. Pored netransparentnih građevinskih elemenata, u proračun se uzimaju i transparentni elementi (prozori, balkonska vrata, lanterne i sl.).

Izdvajaju se dva sistema:

- spoljašnji sistem (spoljni zidovi sa transparentnim elementima i krov)

* Mirjana Drpić, dipl.inž., Institut IMS, 11000 Beograd, Bulevar vojvode Mišića 43;
Slaviša Bogunović, dipl.inž.arh., Institut IMS, 11000 Beograd, Bulevar vojvode Mišića 43

- unutrašnji sistem (unutrašnji zidovi, međuspratna konstrukcija, pod).

Nova je činjenica da sposobnost akumulacije toplote nekada više zavisi od unutrašnjeg sistema, tj. da se na nju više može uticati preko unutrašnjeg sistema.

2. OSNOVNE POSTAVKE

U letnjim temperaturnim uslovima građevinski element dobija ukupnu količinu toplote sastavljenu od dve komponente:

- toplota usled insolacije
- toplota usled konvekcije.

U zavisnosti od vrste građevinskog elementa, dobijena količina toplote dvojako se raspoređuje:

a) Građevinski elementi značajnog toplotnog kapaciteta akumuliraju određenu količinu toplote, a jedan deo direktno propuštaju u unutrašnji prostor. Akumulirana toplota u periodu snižavanja temperature vazduha u prostoriji naknadno dovodi do oslobađanja nove količine toplote u unutrašnji prostor. Sam građevinski element se usled značajnog toplotnog kapaciteta sporo zagreva i sporo se hladi;

b) Građevinski elementi malog toplotnog kapaciteta akumuliraju zanemarljivo malu količinu toplote, tako da praktično svu dobijenu količinu toplote predaju unutrašnjem prostoru. Laki građevinski elementi se brzo zagrevaju i time dovode do brzog zagrevanja prostorije (analogno se dešava pri hlađenju).

Ovo su fundamentalne razlike u termičkim svojstvima građevinskih elemenata, u uslovima realnog nestacionarnog toplotnog stanja.

Dobro odabrani građevinski elementi prostorije kontrolišu nestacionarne toplotne uticaje, pa se gubi potreba za ventilacionim i klima-uređajima, ili se njihova potrebna snaga smanjuje na prihvatljiv nivo.

Temperaturni modul (TM) [1] ne daje podatak o maksimalnoj temperaturi koja može da se pojavi tokom leta u prostoriji. On omogućava relativna poređenja - govori o termostabilnosti. Ako je iznad definisanog nivoa, potrebni su uređaji za ventilaciju i (ili) klimatizaciju. Ograničenost primene temperaturnog modula je u tome što nije primenljiv za ekstremno lake konstrukcije, odnosno u tim slučajevima je samo uslovno primenljiv. Temperaturni modul je odnos preuzete količine toplote i temperaturne stabilnosti. Niži TM obezbeđuje bolju zaštitu.

Proračun TM je neophodan za klimatski eksponirane i ugrožene prostore, kao što su: prostorije u potkrovlju, ispod krovnih tavanica; prostorije iznad otvorenih prolaza; prostorije male visine; prostorije sa više prozora, ili sa velikim staklenim površinama; osunčane prostorije, posebno orijentacije jugozapad; prostorije sa više spoljnih zidova. On obezbeđuje klimatski ispravno građenje - uz pomoć građevinskih mera održava se vrednost TM na prihvatljivom (niskom) nivou i obezbeđuje određenu minimalnu termostabilnost prostorije. Neka istraživanja pokazuju da je preporučljiva vrednost TM ispod $6K$ [1].

U tabeli 1 za različite građevinske elemente date su osnovne karakteristike koje određuju ponašanje elementa u pogledu akumulacije toplote u letnjem periodu.

Tabela 1 - Karakteristike građevinskih elemenata - prema [1], [2] i [3]

Građevinski element	Karakteristika. Definisane probleme.
Krov	<ul style="list-style-type: none"> - prednost masivnih krovova sa spoljnom termoizolacijom - prednost dvoslojnih krovova, sa doziranim provetravanjem - poželjno smanjenje površine
Spoljni zid	<ul style="list-style-type: none"> - prednost snažnih termoizolacionih materijala sa spoljne strane - problem lakih zidova (potrebni 5 - 10 puta deblji slojevi termoizolatora u odnosu na masivne zidove) - prednost zidova sa ventilisanim slojem - problem se rešava i postavljanjem zaklona tipa lake fasade - uticaj (geografske) orijentacije i dimenzionisanje termoizolacionog sloja (optimizacija)
Spoljni transparentni elementi (prozori, balkonska vrata, lanterne i sl.)	<ul style="list-style-type: none"> - optimizacija s obzirom na (geografsku) orijentaciju i veličinu - svojstva refleksije toplote - optimizacija s obzirom na sistem gradnje (laka, srednje teška, teška) - elementi zaštite (unutrašnji, između stakala, spoljni)
Međuspratne konstrukcije	<ul style="list-style-type: none"> - prednost konstrukcija većeg toplotnog kapaciteta - značajan uticaj na vrednost TM - kontrola vrednosti TM i u lakoj gradnji
Podovi	<ul style="list-style-type: none"> - problem toplih podova u letnjim uslovima - razgraničenje po nameni prostorije
Unutrašnji zidovi	<ul style="list-style-type: none"> - značajan uticaj na vrednost TM - povećavanje termostabilnosti prostorije srazmerno površinskoj masi

3. ŠEMA PRORAČUNA TM

U tabeli 2 prikazan je postupak proračuna vrednosti TM , prema [1].

Korektan proračun temperaturnog modula moguć je samo za precizno utvrđene klimatske parametre, pre svega za:

- poznate nivoe jediničnog toplotnog opterećenja (lokalni uslovi) usled sunčevog zračenja u letnjem periodu ([4]);
- poznate podatke o prosečnim i o ekstremnim temperaturama vazduha u letnjem periodu.

Tabela 2 - Šema proračuna TM za letnje uslove

Korak	Proračunska veličina	Napomena
1	$P [m^2]$ - površina građevinskog elementa	-
2	$Q^* [W]$ - toplotno opterećenje, toplotni protok - ukupna toplota koju preuzimaju građevinski elementi spoljašnjeg sistema	Potrebno: - određivanje intenziteta direktnog sunčevog zračenja po jedinici površine, $J [W/m^2]$, po građevinskim klimatskim zonama - utvrđivanje faktora zasenčenja transparentnih elemenata - određivanje početnih razlika temperatura vazduha za letnje uslove, po građevinskim klimatskim zonama
3	$U_i [W/(m^2 \cdot K)]$ - koeficijent upijanja toplote unutrašnjeg sloja (slojeva) građevinskog elementa (Odnos upadnog temperaturnog talasa prema sekundarnom temperaturnom talasu na unutrašnjoj površini.)	Potrebno: - proračun za netransparentne elemente - prema JUS U.J5.530 - određivanje zone uticaja (broj / dubina sloja za proračun U_i) - za transparentne elemente: usvajanje relevantnih vrednosti koeficijenta apsorpcije toplote
4	$B [W/(m^2 \cdot K)]$ - koeficijent apsorpcije toplote (Karakteristika preuzimanja toplote građevinskog elementa, izravnavanja temperaturnih kolebanja i ponovnog oslobađanja toplote.)	Potrebno: - proračun za sve netransparentne građevinske elemente - veličina zavisna od U_i i koeficijenta prelaza toplote, α_i : $B = (U_i \cdot \alpha_i) / (U_i + \alpha_i)$ - usvajanje vrednosti za transparentne građevinske elemente
5	$H [W/K]$ - temperaturna stabilnost Izračunava se iz relacije: $H = \sum (B_j \cdot P_j)$ (zbirno za sve građevinske elemente, gde j uzima vrednosti od 1 do n , gde je n	Odnosi se na termička svojstva prostorije u celini.

	broj građevinskih elemenata).	
6	TM [K] - temperaturni modul Izračunava se iz relacije: $TM = Q^*/H$.	Potrebno: - utvrđivanje $TM_{krit}^{(*)}$ - utvrđivanje $TM_p^{(**)}$.

U tabeli 2 je:

(*) TM_{krit} [K] - kritična vrednost temperaturnog modula, koja treba da se utvrdi za svaku građevinsku klimatsku zonu;

(**) TM_p [K] - preporučljiva vrednost temperaturnog modula prema nameni prostorije.

4. ZAKLJUČAK

Proračun veličine TM [K] uvodi kvalitativna poboljšanja u okviru tehničke regulative iz oblasti toplotne tehnike u građevinarstvu: parcijalni pristup sa nivoa pojedinačnog proračuna osnovnih karakteristika građevinskog elementa (karakteristike v [-] i η [h] prema standardu JUS U.J5.530) dovodi na nivo proračuna globalnog uticaja. Na ovaj način omogućava se optimizacija toplotne zaštite objekta: određivanje potrebnog nivoa toplotne izolacije i vrste zastakljenja s obzirom na orijentaciju prostorije i graničnih građevinskih elemenata.

LITERATURA

- [1] F. Eichler und I. Pohnert: Bauphysikalische Entwurfslehre, *Band 1 - Berechnungsgrundlagen des Wärme- und Feuchtigkeitsschutzes*, VEB Verlag für Bauwesen, Berlin, 1974, Seite 146-250.
- [2] F.S. Dubin, Ch.G. Long, Jr.: Energy Conservation Standards, *McGraw-Hill Book Company*, New York, 1978, pp. 161-195.
- [3] M.D. Egan: Concepts in Thermal Comfort, *PRENTICE-HALL, INC.*, New Jersey, 1975, pp. 19-44.
- [4] Zbornik radova: SUNČEVA ENERGIJA - Nove metode, materijali i tehnologije, 26. Kongres KGH, Beograd, novembar 1995, str. 19 - 28.

HEAT-ACCUMULATION IN THE ROOM

ABSTRACT:

The air-temperature in the room depends on external and internal heat-influences. These changes are unstationary, periodical. External heat-influences have 24-hours daily swing-rhythm. Velocity and intensity of these changes determine the air-temperature in the room and they depend, first of all, on the heat-accumulation ability in the building-elements which surround the room. All room-surrounded elements - as parts of the external and of the internal systems, exerted influence on heat-

accumulation ability in the room. One of possible entrances to the calculation of these influences is based on the theory of the temperature modules. In these paper there are explained basic theoretical principles and practical recommendations for the realization of the acceptable levels of the heat-accumulation in the room.