

ODREĐIVANJE KOEFICIJENTA PROLAZA TOPLOTE I OTPORNOSTI PREMA POŽARU ZIDA IZRAĐENOG OD GITER-BLOKOVA

DETERMINATION OF THERMAL TRANSMITTANCE AND FIRE RESISTANCE OF WALL MADE FROM HOLE-CLAY BLOCKS

Originalni naučni rad / Original scientific paper

UDK /UDC:

Rad primljen / Paper received:

Adresa autora / Author's address:

Institute for Materials Testing (IMS), Belegarde, Serbia

*email: aleksandar.kijanovic@institutims.rs

Ključne reči

- koeficijent prolaženja toplote
- eksperimentalna analiza
- numerička analiza
- otpornost prema požaru
- THERM

Izvod

Unazad par godina, sve više pažnje se posvećuje poboljšanju energetske efikasnosti zgrada. Iz tog razloga se posebna pažnja obraća na dokazivanje što boljih performansi proizvoda koji se ugrađuju u objekte. U radu je urađena numerička i eksperimentalna analiza za dobijanje koeficijenta prolaženja toplote. Analiziran je giter-blok ispunjen kamenom vunom. Eksperimentalna analiza za dobijanje koeficijenta prolaženja toplote je urađena u skladu sa standardom SRPS U. J5.060, dok je numerička analiza izvršena primenom softvera THERM, čiji se proračun bazira na standardu ISO 15099. U radu je prikazana uporedna analiza rezultata dobijenih eksperimentalnim i numeričkim putem. Eksperimentalnim putem je dobijena vrednost za otpornost prema požaru za zid izrađen od šupljih giter-blokova. Zid je ispitan u skladu sa standardom SRPS EN 1364-1.

UVOD

Nizak stepen energetske efikasnosti u zgradarstvu, kako u svetu, tako i kod nas, ima za posledicu povećanu potrošnju energije za grejanje i hlađenje. Ovom problemu, u najvećoj meri, doprinosi nedovoljna termička zaštita omotača zgrada, što ima za posledicu visok koeficijent prolaza toplote spoljnih zidova, kao i fasadne stolarije. Fizičke karakteristike objekata dosta zavise od materijala koji se koriste. Iz tog razloga je neophodno odrediti performanse građevinskog materijala i konstrukcija (termička, zvučna, požarno-otporna svojstva).

Pre stavljanja građevinskih proizvoda na tržište, potrebno je izvršiti ispitivanje performansi proizvoda, tako da se koeficijent prolaza toplote može utvrditi u akreditovanoj laboratoriji, Laboratoriji za toplotnu tehniku i zaštitu od požara, koja se nalazi u okviru Instituta IMS, prema važećim propisima u Srbiji, a u skladu sa dva standarda: SRPS U.J5.060 /1/ i SRPS EN ISO 12567-1 /2/. Iako nije direktno povezana sa građevinskom fizikom, požarnootporna zaštita se smatra njenim delom, jer je ne možemo odvojiti od toplotnih i zvučnih karakteristika.

Keywords

- thermal transmittance
- experimental analysis
- numerical analysis
- fire resistance
- THERM

Abstract

In the last few years a demand for improving the energy efficiency in building has emerged. Due to these requirements, special attention is made to prove the best possible performance of the products installed in buildings. Numerical and experimental analysis of the hole-clay block filled with mineral wool is performed to obtain values of the heat transfer coefficient. The experimental analysis for obtaining the heat transfer coefficient was performed in accordance with the SRPS U. J5.060 standard, while the numerical thermal analysis was performed using the freeware THERM software, whose calculation method is based on the standard ISO 15099. A comparative analysis of experimental and numerical results is shown. The fire resistance value for a wall made of hole-clay blocks was obtained experimentally. The wall was tested in accordance with SRPS EN 1364-1 standard.

Termička svojstva zidova, poput koeficijenta prolaženja toplote, mogu se odrediti eksperimentalno ili numerički. U radu je, kao primer, uzet zid izrađen od giter-blokova koji su ispunjeni kamenom vunom. Eksperimentalna analiza je urađena na osnovu ispitnog standarda SRPS U.J5.060 /1/, dok je za numeričku analizu korišćen softverski paket THERM, čiji se proračun bazira na standardu ISO 15099 /3/.

Tokom gradnje, veoma je važno obratiti pažnju na otpornost konstrukcije na dejstvo požara. Giter-blokovi su napravljeni od negorivih, mineralnih sirovina, čija je klasa reakcije na požar A1, čime i male debljine zida omogućavaju postizanje optimalne zaštite od požara. Zid izrađen od šupljih giter-blokova je ispitan prema standardu SRPS EN 1364-1, /4/, dok su uslovi u peći, tokom ispitivanja, sve vreme bili u skladu sa standardom SRPS EN 1363-1, /5/.

Termička i požarna ispitivanja su urađena u cilju zadovoljenja kriterijuma elaborata energetske efikasnosti, kao i požarnog elaborata, kojima se obuhvata oblast građevinske fizike.

EKSPERIMENTALNA ANALIZA

Osnovna termička karakteristika građevinskih konstrukcija je koeficijent prolaženja toplote, u praksi poznatija kao U-vrednost. Ova termička karakteristika eksperimentalno se

određuje primenom HOT BOX metode, u skladu sa ispitnim standardom SRPS EN 12567-1, /2/. Na domaćem tržištu, koeficijent prolaza toplote se najčešće određuje u komori u skladu sa domaćim standardom SRPS U.J5.060, /1/. Iz tog razloga je baš ovaj standard izabran za eksperimentalnu analizu.

Koeficijent prolaženja toplote se određuje pri preporučenoj temperaturnoj razlici od 10 °C, koja mora biti postignuta između tople i hladne komore. Prema standardu, uređaj uz pomoć koga se dobija vrednost za koeficijent prolaženja toplote se sastoji iz dve komore (*tope* i *hladne* u kojima se uz pomoć grejnog i rashladnog tela održavaju različite temperature. Takođe je neophodno ugraditi ventilatore kako bi se stvorila što uniformnija temperaturna slika koja mora da vlada u svim delovima komore. Potrebno je da postoji i zaštita koja čuva uzorak od zračenja grejnog tela. Na sl. 1 je prikazan uređaj koji se koristi u Laboratoriji za toplotnu tehniku i zaštitu od požara, Institut IMS, /6/.



Slika 1. Ispitna komora za određivanje koeficijenta prolaženja toplote.

Merni uređaj

Za merenje temperature, koriste se temperaturni senzori - termoparovi (Cu-const, Fe-const, i sl.), otpornički termometri i sl., koji mere temperaturu na površini uzorka, kao i temperaturu vazduha unutar *tope* i *hladne* komore. Tačnost merenja ne sme da bude ispod 0.2 °C, dok debljina žice ne sme da prelazi 0.3 mm, /6/. Merenje gustine toplotnog protoka vrši se uz pomoć toplotnih fluksmetara čija tačnost merenja mora da iznosi 2 %, /6/. Toplotni fluksmetri treba da budu što tanji i da ne prelaze debljinu od 8 mm, kao ni površinu od 40 cm² /6/. Potrebno je, na godišnjem nivou, vršiti kalibraciju toplotnih fluksmetara kako bi se obavila kontrola propisane konstante, /6/.

Priprema uzorka

Uzorak se u komoru može ugraditi u osušenom ili u neosušenom stanju. Ukoliko se uzorak kondicionira (suši), neophodno je zabeležiti masu pre i nakon kondicioniranja u sušnici, nakon čega se može pristupiti ugradnji uzorka u komoru u položaju u kome će biti ugrađen u sklopu objekta. Uzorak se ugrađuje između *tope* i *hladne* komore, nakon čega se pristupa postavljanju mernih elemenata na uzorak. Kao merni elementi koriste se toplotni fluksmetri i tempera-

turni senzori (termoparovi). Broj ugrađenih fluksmetara zavisi od područja toplotnih tokova koji moraju biti obuhvaćeni. Nakon toga se postavljaju termoparovi koji se lepe unutar mernog polja toplotnih fluksmetara. Koeficijent prolaženja toplote se određuje pri preporučenoj temperaturnoj razlici od 10 °C.

Princip merenja

Nakon ugradnje uzorka i postavljanja mernih elemenata, uključuju se rashladno i grejno telo. Grejno telo obezbeđuje neprekidno zagrevanje vazduha u *toploj* komori, dok rashladno telo hladi vazduh u *hladnoj* komori čime se imitiraju stvarni uslovi kojima se uzorak izlaže nakon ugradnje u objekat. Proces konstantnog zagrevanja i hlađenja komora se vrši sve dok se ne postigne stacionarno stanje. Stacionarno stanje se uspostavlja nakon najmanje 8 časova od početka ispitivanja. Posle 8 časova, zapravo dva niza merenja od po 4 sata, treba da se dobiju najveće razlike otpora toplotnom protoku *R* koje ne smeju da pređu 1 %. Kada je ovaj zahtev zadovoljen, moguće je ugasisi opremu i pristupiti obradi podataka, /6/.

Obrada rezultata merenja

Održavanjem temperatura u *toploj* i *hladnoj* komori dobijamo razliku temperatura koja uzrokuje proces prolaženja toplote kroz uzorak, kao i kroz zid koji razdvaja dve komore. Pored razlike temperatura, uz pomoć mernog fluksmetra, dobijamo vrednost za gustinu toplotnog protoka. Poznavajući ova dva podatka, dolazimo do izraza za otpor toplotnom protoku, koji se dobija kao količnik srednje temperaturne razlike između graničnih površina uzorka i vrednosti za gustinu toplotnog protoka kroz uzorak u stacionarnom stanju. Dobijanjem vrednosti za otpor toplotnom protoku, njegovom recipročnom vrednošću dolazimo do rezultata za koeficijent prolaženja toplote kroz uzorak, /4/:

$$U = 1 / (R_i + R + R_0),$$

gde je: *U* (W/m²K)-koeficijent prolaza toplote; *R_i* (m²K/W) i *R₀* (m²K/W)-otpori toplotnom protoku usled prolaza toplote; i *R* (m²K/W)-otpor toplotnom protoku uzorka.

REZULTATI MERENJA

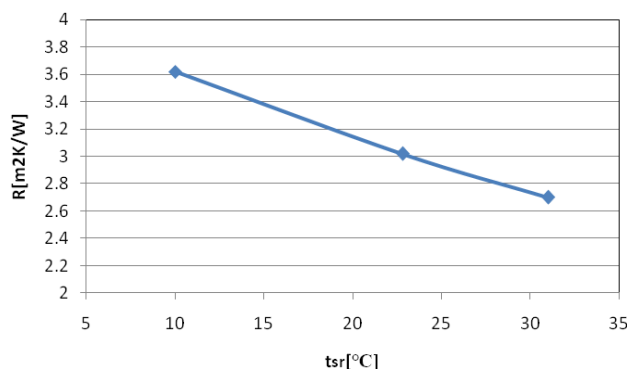
Ispitani uzorak je bio ukupnih dimenzija 1 m × 1 m (širi-na × visina), sačinjen od giter-blokova dimenzija 500 mm × 200 mm × 249 mm (L×D×H). Određivanje koeficijenta prolaženja toplote zida u svom stanju, pri srednjoj temperaturi od 10 °C, za primenu u građevinarstvu, utvrđuje se ekstrapoliranjem na osnovu rezultata merenja na dve povišene, srednje temperature od oko 30 °C i 20 °C. Razlog zbog kojeg nije izvršeno merenje na srednjoj temperaturi od 10 °C je mogućnost nastanka tačke rose na zidovima uzorka unutar hladne komore. U uslovima stacionarnog, toplotnog stanja, na uzorku su izmerene srednje vrednosti fizičkih veličina, date u Tabeli 1. Veličine u Tabeli 1 su: *t_T*-srednja temperatura površine uzorka na zidu u toploj komori; *t_H*-srednja temperatura površine uzorka na zidu u hladnoj komori; *t_{SR}*-srednja, radna temperatura; Δt -srednja razlika temperatura na površini uzorka; *q_{SR}*-srednja gustina toplotnog protoka (toplotni fluks); *R*-toplotna otpornost uzorka; *U*-koeficijent prolaza toplote uzorka.

Tabela 1. Izmerene srednje vrednosti fizičkih veličina.

Merna tačka	1	2
t_T (°C)	37.32	30.22
t_H (°C)	24.67	15.46
t_{SR} (°C)	31	22.8
Δt (K)	12.65	14.76
q_{SR} (W/m ²)	4.997	5.195
R (m ² K/W)	2.70	3.02
U (W/m ² K)	0.37	0.33

Pri određivanju toplotnog otpora zida, dodata je vrednost toplotnog otpora sa tople i sa hladne strane zida, u skladu sa standardom SRPS U.J5.060, /1/, pri čemu je vrednost za toplotnu otpornost pri prelazu toplote sa tople strane uzorka $R_T = 0.14$ m²K/W, dok je vrednost za toplotnu otpornost pri prelazu toplote na hladnoj strani zida $R_H = 0.03$ m²K/W.

Na dijagramu na sl. 2 je prikazana zavisnost toplotnog otpora i srednje, radne temperature, date u prethodnoj tabeli. Vrednost toplotnog otpora na dijagramu predstavlja ukupni otpor prolaženju toplote (uzeti su u obzir dodaci za toplotne otpore R_T i R_H).



Slika 2. Dijagram zavisnosti toplotnog otpora od srednje, radne temp.

Izračunata vrednost toplotne otpornosti i koeficijenta prolaženja toplote uzorka zida pri srednjoj temperaturi od 10 °C, u suvom stanju uzorka iznosi $U_{exp} = 0.28$ W/m²K.

POSTUPAK NUMERIČKOG PRORAČUNA ZIDA

Za numerički proračun se primenjuje softverski paket THERM, baziran na primeni algoritma definisanog standardom ISO 15099, /3/. Prednost numeričkog proračuna u odnosu na eksperimentalnu analizu je taj što uvek postavljamo iste granične uslove i imamo mogućnost da poredimo termičke performanse različitih građevinskih konstrukcija.

Kod prostiranja toplote u ventilisanim i neventilisanim šupljinama (kavitetima), prisutna su sva tri mehanizma prenosa toplote: kondukcija, konvekcija i zračenje. S obzirom da je rešavanje ovakvih jednačina dug proces, razvijeni su numerički modeli, gde se analizirani kavitet svodi na ekvivalentnu vrednost toplotne provodljivosti. Celokupni, posmatrani poprečni presek konstrukcije se svodi na rešavanje jednačine provođenja toplote, Laplasove dvodimenzijske parcijalne diferencijalne jednačine. Laplasova dvodimenzij-ska parcijalna diferencijalna jednačina je oblika:

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} = 0.$$

Rešavanje ove parcijalne diferencijalne jednačine se vrši isključivo numerički sa standardizovanim graničnim uslovima. Kako bismo rešili diferencijalnu jednačinu, neophodno je prvo pravilno definisati geometriju zida sa vrednostima toplotnih provodljivosti pojedinih elemenata zida.

U okviru standarda ISO 15099 /3/ tačno su određene dozvoljene aproksimacije i pravila za izradu geometrije zida. Bitno je napomenuti da se za numeričke proračune zidova izrađenih od giter-blokova ne koristi standard ISO 15099 /3/, već je proračun baziran na standardu SRPS EN ISO 6946 /7/. Proračun po standardu ISO 15099 /3/ je znatno složeniji i ostvareni rezultati ne odstupaju značajno od rezultata dobijenih eksperimentalnim putem.

Algoritam rada programa THERM se svodi najpre na izradi geometrije poprečnog preseka zida pomoću CAD programa. Zatim se u programu THERM po nacrtanim konturama unosi vrsta materijala, koji su sastavni deo zida. Nakon unošenja materijala, u programu THERM se definišu granični uslovi. Program automatski generiše mreže sve dok se ne zadovolji greška u toplotnom fluksu od 1 %. Ukoliko mreža nije dovoljno kvalitetna, program automatski rafiniše mrežu. Rezultati proračuna su U vrednosti, temperaturna polja duž analiziranog dela prozora, vrednosti toplotnog fluksa. Granični uslovi za numeričku analizu konstrukcija su detaljno obrađeni u poglavlju 8 standarda ISO 15099, /3/.

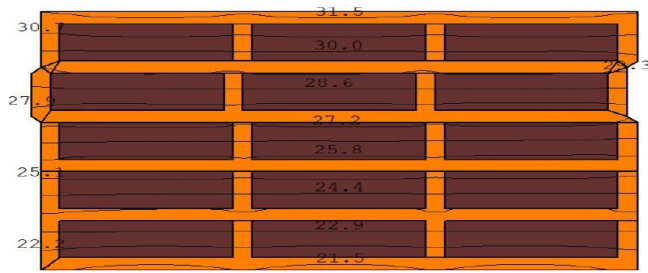
Dobijeni rezultati

Numerički proračun je sproveden primenom besplatnog softverskog paketa THERM za 2D termičke proračune u građevinarstvu u stacionarnom stanju. Numerički metod koji se koristi u proračunima je metoda konačnih elemenata (MKE analiza). Simulacije primenom ovog softvera su bazirane na procedurama propisanim ISO 15099, /3/. U ovom standardu su definisani matematički modeli za modelovanje vazдушnih kaviteta. Vazdušni kavitet se posmatra kao čvrsto telo, čija se ekvivalentna toplotna provodljivost određuje na osnovu geometrije kaviteta i primenom empirijskih formula koje uzimaju u obzir efekte zračenja i konvekcije. Za ostale materijale koji su sastavni deo giter-bloka, preuzete su preporučene vrednosti toplotne provodljivosti u okviru standarda SRPS EN ISO 10077-1, /8/.

Granični uslovi korišćeni u numeričkom proračunu su: $R_T = 0.14$ m²K/W - toplotna otpornost pri prelazu toplote sa tople strane zida, dok je temperatura vazduha sa tople strane zida 31.7 °C; $R_H = 0.03$ m²K/W - toplotna otpornost pri prelazu toplote sa hladne strane zida, dok je temperatura vazduha sa hladne strane zida 21.1 °C.

Grafički prikaz rezultata numeričke analize

Prikazani su grafički rezultati numeričkog proračuna giter-blokova ispunjenih mineralnom vunom toplotne provodljivosti 0.035 W/mK. Na narednoj sl. 3 su dati ostvareni rezultati sa prikazom izotermalnih linija po poprečnom preseku bloka zida. Na slici se može uočiti uticaj toplotnih mostova koji su izrađeni od gline i grafički se zaključuje da uticaj toplotnih mostova znatno utiče na vrednost koeficijenta prolaženja toplote.



Slika 3. Grafički prikaz rezultata dobijenih numeričkim proračunom - prikaz izotermalnih linija.

Osim temperaturnog polja i polja toplotnog fluksa, programom se određuje i koeficijent prolaženja toplote. Numeričkim proračunom dobijena je vrednost koeficijenta prolaženja toplote koja iznosi 0.2807 W/m²K.

OTPORNOST NA DEJSTVO POŽARA OMALTERISANOG ZIDA IZRAĐENOG OD ŠUPLJIH BLOKOVA

Izvršeno je i eksperimentalno ispitivanje otpornosti na dejstvo požara nenosećeg, pregradnog zida, dimenzija 3000 mm x 3000 mm, debljine 200 mm. Uzorak je izložen standardnom požaru, pri čemu su uslovi unutar ispitne peći definisani standardom SRPS EN 1363-1:2014 /5/. Na zid su, sa neizložene strane požaru, postavljeni merni elementi, termoparovi Ni-Cr-Ni. Broj termoparova je definisan u standardu SRPS EN 1364-1:2015 /4/. Temperature sa neizložene strane zida su merene u 13 tačaka termoparovima Ni-Cr-Ni.

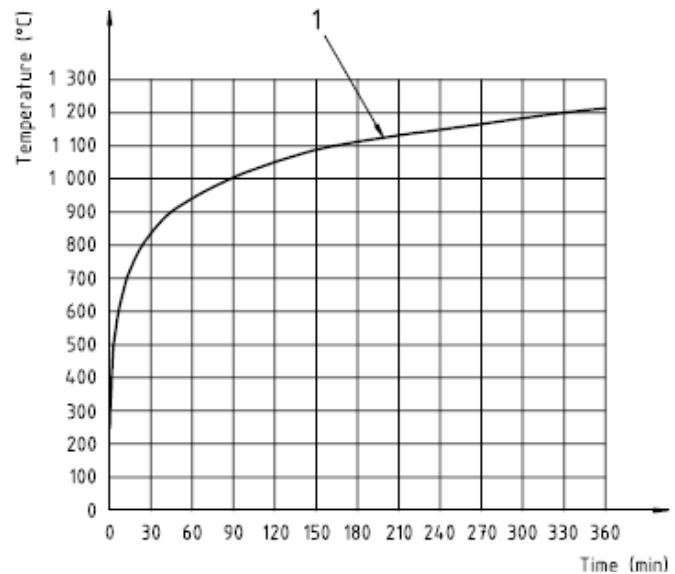
OPIS OPREME I EKSPERIMENTALNOG DELA

U radu je prikazano termičko ponašanje obostrano omalterisanog zida dimenzija 3000 mm x 3000 mm debljine 200 mm izrađenog od šupljih giter-blokova izloženog standardnom požaru. Korišćeni su isti giter-blokovi dimenzija 500 mm x 200 mm x 249 mm (L x D x H), kao i prilikom ispitivanja termičkih svojstava giter-blokova. Nakon ugradnje ispitnog uzorka, zid je obostrano omalterisan mašinskim malterom, debljine 15 mm. Zid je ispitivan u standardnoj, vertikalnoj, ispitnoj peći sa akvizicionim sistemom u Institutu IMS u Laboratoriji za toplotnu tehniku i zaštitu od požara. Ispitna peć se sastoji od četiri, dvostepena gorionika na tečno gorivo tip: *Major P25 AB HS TL V.C.*, toplotne snage gorionika 296 kW, proizvođača *ECO FLAM*. Za merenje pritiska unutar peći korišćena su dva transmitera diferencijalnog pritiska proizvodnje *TESTO*, Nemačka, tip 6321, opsega ±100 Pa. Unutar peći je merena temperatura na šest mernih mesta, termoparovima tip K, mernog opsega od -270 °C do 1372°C. Akvizicioni sistem za upravljanje gorionicima, temperaturama unutar peći je kompletno razvijen unutar Laboratorije za toplotnu tehniku i zaštitu od požara, Institut IMS. Akviziciona oprema prati sve uslove zadate standardom SRPS EN 1363-1 /5/. Standardni razvoj požara unutar peći je opisan logaritamskom krivom koja definiše porast temperature u ispitnoj peći datom jednačinom:

$$T = 20 + 345 \log_{10}(8t + 1),$$

gde je: *t* (min) - vreme; *T* (°C) - temperatura u peći u vremenu *t*.

Na narednoj slici je predstavljena standardna kriva razvoja požara data standardom SRPS EN 1363-1, /5/.

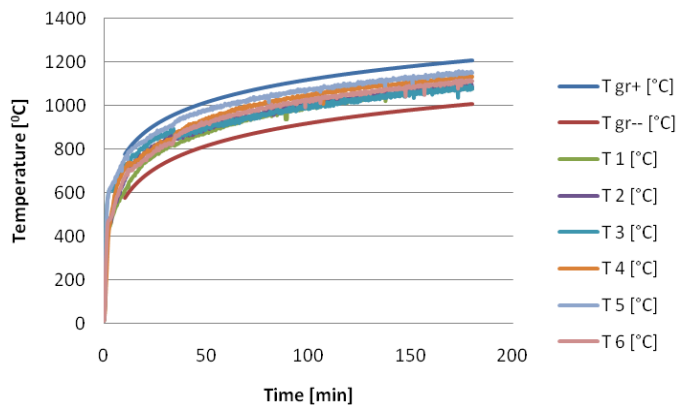


Slika 4. Standardna kriva razvoja požara.

Sa neizložene strane požaru, na uzorak su zakačeni merni elementi, 13 termoparova tip T. Tokom ispitivanja uzorak mora da zadovolji kriterijume stabilnosti kako bi mogao da dobije zahtevanu vrednost za otpornost prema požaru. Kriterijumi za stabilnost su očuvanje stabilnosti i integriteta konstrukcije, kao i očuvanje termoizolacionih svojstava. Termoizolaciona svojstva konstrukcije su očuvana kada porast srednje temperature svih mernih elemenata koji su zakačeni sa neizložene strane uzorka požaru ne pređu 140 °C, dok porast temperature svakog, pojedinačnog termopara ne sme da pređe vrednost od 180 °C u odnosu na početnu, ambijentalnu temperaturu. Tokom ispitivanja, praćen je i pritisak na dva mesta unutar peći (gornja i donja zona ispitne peći). Pritisak u gornjoj zoni iznosi 20 Pa, dok merni opseg u donjoj zoni, u prvih 10 minuta ispitivanja, mora da se kreće u granicama od -5 Pa do +5 Pa, dok nakon desetog minuta merni opseg postaje stroži i mora da se kreće u granicama od -3 Pa do +3 Pa.

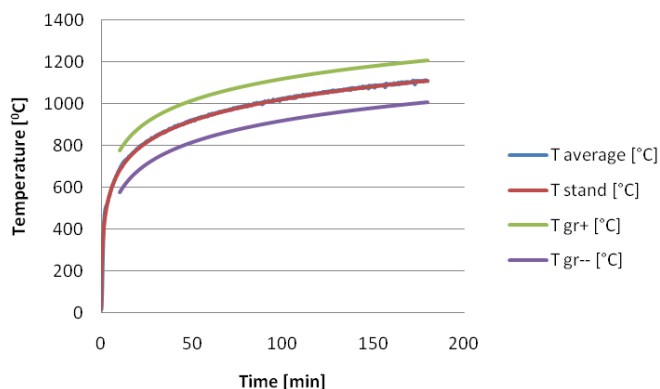
EKSPERIMENTALNI REZULTATI I DISKUSIJA

Na sl. 5 su date izmerene temperature unutar peći, merene sa šest termoparova tip K tokom ispitivanja.



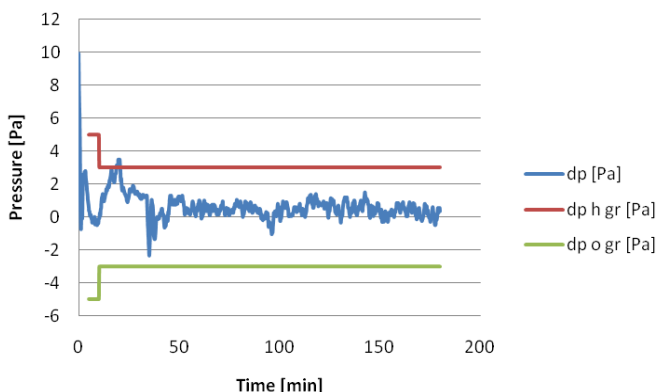
Slika 5. Temperature merene na šest mesta unutar peći tokom ispitivanja.

Na sl. 6 je prikazana srednja temperatura koja predstavlja prosečnu temperaturu dobijenu merenjem u šest tačaka. Na slici se vidi da su temperaturni uslovi unutar peći bili u skladu sa standardnom, logaritamskom krivom razvoja požara, koja je data u standardu SRPS EN 1363-1, /5/.



Slika 6. Srednja temperaturna vrednost dobijena merenjem šest termoparova unutar peći.

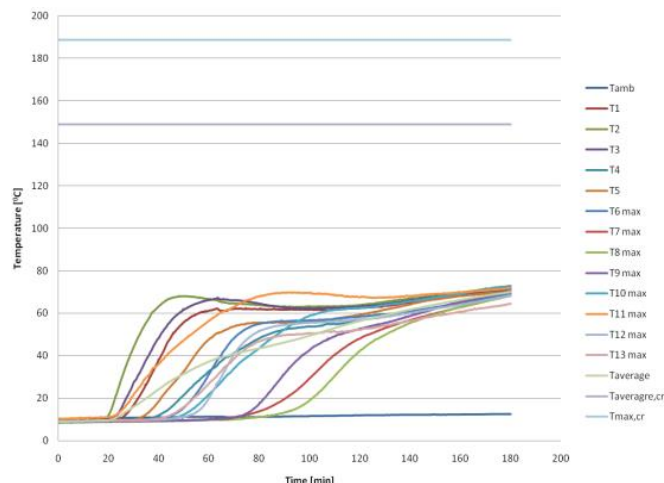
Na sl. 7 je prikazano kretanje pritiska unutar ispitne peći tokom ispitivanja, pri čemu su se vrednosti kretale u granicama propisanim standardom.



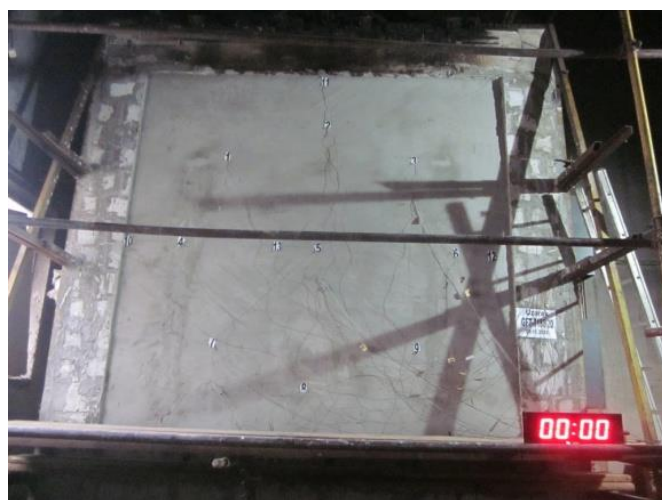
Slika 7. Pritisak meren tokom ispitivanja unutar peći.

Na zahtev naručioca zid je ispitivan na 180 minuta. Sa požaru neizložene strane, merena je ambijentalna temperatura, kao i temperature na mernim mestima (13 termoparova). Na sl. 8 su prikazane temperature na 13 mernih mesta. Sa slike je moguće videti da su sve temperature bile ispod dozvoljene granice koja iznosi 180 °C u odnosu na početnu temperaturu, pri čemu je njihova srednja vrednost (svih 13 termoparova) bila ispod granice za srednju vrednost koja iznosi 140 °C u odnosu na početnu temperaturu. Na slici možemo da primetimo da na početku ispitivanja, nakon progrevanja peći i prelaska temperature radijacijom i konvekcijom na zid temperatura bila konstantna. Zatim je usled kondukcije došlo do porasta temperature usled isparavanja vlage, nakon čega se temperatura ponovo ustalila. Ambijentalna temperatura se kretala unutar granica definisanih standardom, što je takođe moguće videti na sl. 8. Temperatura se kretala od 9,3 °C do 12,5 °C, odnosno, nije porasla za 5 °C u odnosu na početnu vrednost.

Na sl. 9 možemo videti kako izgleda uzorak sa neizložene strane požaru pre ispitivanja, dok na sl. 10 je prikazan uzorak na kraju ispitivanja.



Slika 8. Temperature merene sa neizložene strane uzorka.



Slika 9. Neizložena strana uzorka na početku ispitivanja.



Slika 10. Neizložena strana uzorka na kraju ispitivanja.

ZAKLJUČAK

Na osnovu dobijenih vrednosti eksperimentalnim i numeričkim putem možemo zaključiti da je ostvaren visok stepen

podudarnosti ostvarenih rezultata, koji iznosi 0.25 %. Razlog zbog kojeg se ostvareni rezultati poklapaju je usled geometrije zida, koje predstavlja čvrsto telo, odnosno, smanjuje se mogućnost nastanka greške pri aproksimaciji zračenja i konvekcije u kavitetima blokova, jer su svi matematički modeli aproksimativni. Jasno je da ukoliko bi ispitali blok sa šupljinama u kojima struji vazduh, odstupanja ostvarenih rezultata iznosila bi do 15 %, /9/. Može se zaključiti da kod ovakvih tipova građevinskih proizvoda dovoljno je sprovesti numerički proračun, jer se mogu ostvariti rezultati povišene tačnosti.

U sklopu Laboratorije za toplotnu tehniku i zaštitu od požara, nalazi se ispitna peć za određivanje otpornosti prema požaru. Zid, izrađen od šupljih giter-blokova, dimenzija 3000 mm × 3000 mm × 200 mm (širina × visina × debljina) je ispitan prema standardu SRPS EN 1364-1, /4/. Standard služi za dobijanje klase otpornosti prema požaru. Eksperimentom je dobijeno da zid izrađen od šupljih giter-blokova dobija vrednost za otpornost prema požaru od 180 minuta. Blokovi od porozirane gline su napravljeni od negorivih, mineralnih sirovina klase A1, što znači da i male debljine zidova omogućavaju postizanje optimalne, požarnootporne zaštite. Povećanjem debljine zida, povećava se i njegoa otpornost prema požaru.

U radu su prikazani rezultati dobijeni na osnovu ispitivanja požarne otpornosti i koeficijenta prolaza toplote za zid izrađen od giter-blokova dimenzija 500 mm × 200 mm × 249 mm (L × D × H). Sva ispitivanja su urađena u svrhu pokrivanja termičkih i požarnootpornih svojstava koja ulaze u oblast građevinske fizike.

ZAHVALNOST

Autori se zahvaljuju Ministarstvu prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije na finasijskoj podršci za istraživanja kroz Ugovor br. 451-03-68/2022-14/200012.

REFERENCES

1. SRPS U.J5.060, Toplotna tehnika u visokogradnji. Laboratorijske metode merenja prolaza toplote u građevinskim konstrukcijama zgrada, Savezni zavod za standardizaciju, SFRJ, 1984.
2. SRPS EN ISO 12567-1, Toplotne performanse prozora i vrata - Određivanje koeficijenta prolaza toplote metodom grejne kutije - Deo 1: Kompletni prozori i vrata, ISS, 2012.
3. ISO 15099, Thermal performance of windows, doors, and shading devices - Detailed calculation, 2003.
4. SRPS EN 1364-1, Ispitivanje otpornosti nenosećih konstrukcija na požar - Deo 1: Zidovi, ISS, 2015.
5. SRPS EN 1363-1, Ispitivanje otpornosti na požar - Deo 1: Opšti zahtevi, ISS, 2014.
6. Ilić, S., Kijanović, A., Laban, M., (2021), *Comparative analysis of current standards for testing thermal protection of facade carpentry*, VII Int. Scientific Professional Conf. Security and Crisis Management - Theory and Practice - Safety for the Future, 2021, pp.213-221.
7. SRPS EN ISO 6946, Komponente i elementi zgrade - Toplotna otpornost i koeficijent prolaza toplote - Metode proračuna, ISS, 2017.
8. SRPS EN ISO 10077-1, Toplotne performanse prozora, vrata i zastora - Proračun koeficijenta prolaza toplote - Deo 1: Opšte, ISS, 2017.
9. Kijanović, A., Rudonja, N., Gojak, M. (2019), *Eksperimentalno i numeričko određivanje koeficijenta prolaženja toplote kroz*

šestokomorni dvostruko zastakljeni PVC prozor sa argonskom ispunom, KGH, Beograd, 2019.

© 2023 The Author. Structural Integrity and Life, Published by DIVK (The Society for Structural Integrity and Life 'Prof. Dr Stojan Sedmak') (<http://divk.inovacionicentar.rs/ivk/home.html>). This is an open access article distributed under the terms and conditions of the [Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License](#)