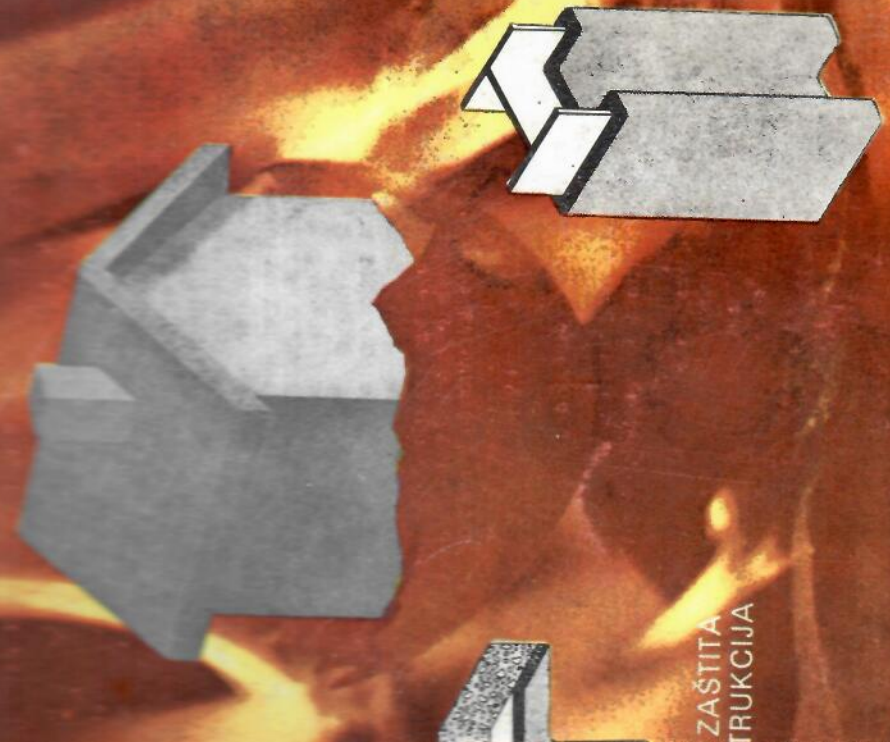


TRBANKA VERMIKULITNA PASTA

ERPAS[®]

OPERATIVA LJUBLJANA / TEL. 557-011



ZAŠTITA
TRUKCIJA

PROTIVPOŽARNA ZAŠTITA
ČELIČNIH KONSTRUKCIJA

NAUČNI, STRUČNI I INFORMATIVNI ČASOPIS

POŽAR EKSPLOZIJA PREVENTIVA

YU ISSN 0351-4714
UDK 614.84 + 614.83 (05)

1-2

POŽAR-EKSPLOZIJA-PREVENTIVA

1-2

IZDAVAČ:



NAUČNOISTRAŽIVAČKA RADNA
ORGANIZACIJA INSTITUT ZAŠTITE
OD POŽARA I EKSPLOZIJE —
SARAJEVO

IZDAVAČKI SAVJET:

Eniz AHMIĆ
Drago BAŠIĆ
Jasna BEGANOVIĆ
Ismet DAUTOVIĆ
Svetozar GORGIEVSKI
dr Ivan HUSAR
Kasim KABABIJA
mr Filip KAUČIĆ
Danilo LJUBOJEVIĆ
Hakija MEMETI
Fadil NJEMČEVIĆ
dr Mirsad RAŠIĆ
mr Hacija REDŽEPOVIĆ
dr Džorde SIMIĆ
Radomir SPAIĆ
Radivoj TASIĆ
dr Milovan VIDAKOVIĆ
mr Ratko VUJOVIĆ
Bećir ZECIĆ

REDAKCIONI ODBOR:

dr Mile BIJEIĆ
dr Esad HADŽISELIMOVIĆ
Mihailo JEREMIĆ
mr Vladimir KAPOR
mr Ismet LEPIRICA
mr Amira MAGLAJIĆ
dr Ferdo PAVLOVIĆ
mr Zoran SRZIĆ
Peter ŠIMENKO
Dragiša SIMŠIĆ
dr Dinko TUHTAR
dr Svetislav VESELINOVIĆ
mr Ratko VUJOVIĆ

GLAVNI ODGOVORNI

UREDNIK:

mr Ratko VUJOVIĆ

UREDNIK IZDANJA:

Mihailo JEREMIĆ

TEHNIČKI UREDNIK:

Mirsad HAFIZOVIĆ

Časopis izlazi četiri puta godišnje.

Adresa: Institut zaštite od požara
i eksplozije (za Redakciju), 71000
Sarajevo, Romanijska 10, Yugoslavia
Telefoni: 071 533-888, 451-611,
538-480, 538-355, 452-277. Teleks
41667 YU INZPEX

ŠTAMPA:

IGTRO „Univerzal“ — OOUR „Graficar“
— Tuzla. Za štampariju: Muris Džampo

NAUČNI, STRUČNI I
INFORMATIVNI ČASOPIS

POŽAR EKSPLOZIJA PREVENTIVA

BROJ 1-2

Godina X • Sarajevo,
februar — maj 1989.

Sprečavanje havarije i eksplozije na kuglastim rezervoarima izrađenim od sitnozrnog konstruktivnog čelika, za plinovite ugljikovode u tečnom stanju . . . . .	. 225
Niska ograničenja homogenog prostora uticaja ljudskog faktora na efikasnost alarmnih sistema . . . . .	. 229
Vlastita iskustva iz rada evropskih laboratorija u oblasti atestiranja elemenata i sistema za automatsko otkrivanje i gašenje požara . . . . .	. 235
Moguće varijante funkcije uređaja za nadzor i upravljanje u organizovanom suzbijanju požara . . . . .	. 241
Zaštita računskih centara od požara . . . . .	. 249
Komparativna analiza stanja požarno-eksplozivne ugroženosti i osposobljenosti radnika u raznim privrednim granama SR Hrvatske i SR Bosne i Hercegovine . . . . .	. 267
Požarno tveganje — mogućnosti in problemi . . . . .	. 271
Znakovi sigurnosti iz domena zaštite od požara i njihova primjena u industrijskim i drugim objektima . . . . .	. 281
Sredstva za spasavanje ljudi s visokih objekata . . . . .	. 291
Primjena vermikulita i vermikulitne paste kao vatrootpornog materijala . . . . .	. 295
Kako kreirati dozvole za rad predmetima ili sredstvima koji mogu izazvati požar ili eksploziju? . . . . .	. 299

ORGANIZACIJA ZAŠTITE OD POŽARA U OKVIRIMA PRAVNIH RJEŠENJA ZAKONA O PREDUZECIMA

U radu je ukazano na neke mogućnosti organizacije zaštite od požara u okvirima pravnih rješenja Zakona o preduzećima, a u kontekstu ostvarenih ustavnih promjena, sa ciljem da se pokaže u kojoj je mjeri važeći Zakon o zaštiti od požara u funkciji deontologije društvenih odnosa i koliko je saobražen zahtjevima da zaštita od požara postane integralni dio poslovne politike u funkciji očuvanja imovine.

ORGANIZATION OF FIRE PROTECTION WITHIN THE FRAMEWORK OF LEGAL SOLUTIONS BASED ON NEW LAW ON FIRMS

Some possibilities of the organization of fire protection offered by new legislation concerning firms are explored. The aim is to find correlations of the existing law on fire protection with new regulations.

UDK 614.84.008

Primitljeno: 1989—03—25

Stručni rad

HAJRUDIN J. HODŽIĆ, dipl. pravnik

ORGANIZACIJA ZAŠTITE OD POŽARA U OKVIRIMA PRAVNIH RJEŠENJA ZAKONA O PREDUZECIMA

Izvršene promjene Ustava SFRJ i Ustava SRBiH imaju prvenstveni zadatak da omogućе brže promjene u društveno-ekonomskom sistemu, odnosno izgradnju novog privrednog sistema utemeljenog na načelima zakonitosti robne proizvodnje i djelovanja zakonitosti tržišta, kao bitne pretpostavke za izlazak iz društveno-ekonomske i političke krize.

Istovremeno, promjenama u političkom sistemu treba da se omogućе dalji i brži proces deregulacije, odnosno decitizacije privrede, racionalnije organizovanje u oblasti društvenih djelatnosti, korišćenje nauke u ostvarivanju razvojnih programa, efikasnost pravne države i dalja demokratizacija društva.

U strukturi krupnih ciljeva koji treba da se ostvare promjenama u društveno-ekonomskom uređenju i u političkom sistemu, zaštita od požara zaista ne zauzima dominantno mjesto. No, također je nedvojbeno da će nastupjele i predstojeće promjene bitno uticati na ostvarivanje zaštite od požara kao djelatnosti od posebnog društvenog interesa.

Te promjene biće uvjetovane i determinirane prvenstveno novinama u društveno-ekonomskom uređenju. Prije svega, Ustavom se prizaje i na određeni način garantuje svojinsko-pravni pluralizam. Pored društvene svojine, kao preovladajućeg i po materijalnoj snazi dominirajućeg oblika svojine, omogućava se razvijanje i konkurencija zajedničke, mješovite, privatne i drugih oblika svojine. Na tim ustavnim osnovama, Zakonom o preduzećima se inicira i pluralizam oblika privrednog organizovanja, što je izraz logike savremenog privredivanja u civiliziranom svijetu u uslovima robne proiz-

vodnje i zakonitosti tržišta, kao i potrebe aktiviranja svih proizvodnih snaga i privrednih resursa na najracionalniji i najekonomičniji način.

Za određivanje osnovnih pravaca pronijena u pojedinim segmentima privrednog sistema, posebno su značajna dva načela za sagledavanje mogućeg položaja zaštite od požara u društveno-ekonomskom uređenju.

Prvo je zahtjev da se mora obezbijediti dalji razvoj socijalističkih samoupravnih produkcionih odnosa, zasnovanih na društvenoj svojini sredstava za proizvodnju, definisanih kao vrijednost koja se mora obnavljati i uvećavati, a na tržišnom modelu privredivanja i autonomiji privrednih subjekata.

Drugo je zahtjev da se uloga države u privrednom životu svede samo na one funkcije koje ona u robno-novčanoj i tržišnoj koncepciji naše privrede još mora imati, s tim da raspolaze efikasnim instrumenterijumom za davanje tih funkcija.

Mnogostruki uticaj na promjene u ostvarivanju zaštite od požara treba da imaju istavne promjene položaja i poslovanja zajednica osiguranja imovine i lica, koji treba da obezbijede da te zajednice, kao jedan od subjekata raspolaganja društvenim sredstvima, posluju u skladu sa djelovanjem zakonitosti tržišta. Te promjene omogućuju da za ednice osiguranja mogu da posluju ne samo po pravilima osiguranja u skladu sa načelom uzajamnosti i solidarnosti, već i po pravilima finansijskog poslovanja slobodnim novčanim sredstvima. Na taj način se obezbijeduju pretpostavke za zaštitu društvenih sredstava i imovine uopšte, kao i života, odnosno radne sposobnosti građana i istovremeno materijalni interes osnivača za poslovanje po pravilima osiguranja.

Bez obzira što u ovom trenutku nije moguće realno sagledati dubinu i domete daljih promjena u reformi privrednog i političkog sistema, postoji objektivna potreba da se sagleda i ukaže na odnose određenih rješenja Zakona o zaštiti od požara (u daljem tekstu: Zakona) prema navedenim ustavnim promjenama i osnovnim pravnim rješenjima u Zakonu o preduzećima.

Čini mi se neophodnim, prije toga, ukazati da je donošenjem Zakona izvršena značajna deatizacija u oblasti zaštite od požara u Republici. Ta se ocjena prvenstveno zasniiva na činjenici da su ukinuta prava i dužnosti organa za unutrašnje poslove da, u postupku davanja odobrenja za građenje, daju prethodnu saglasnost na njere u tehničkoj dokumentaciji. Upravo, sa ukidanjem tog pravnog instituta, pojačana je funkcija inspeksijskog nadzora organa za unutrašnje poslove na provođenju Zakona, jer ti organi više nisu svojom saglasnošću bili sputani ili predodređeni u vršenju inspeksijskog nadzora.

Zakonom se kontrola projektno dokumentacije, radi obezbjeđivanja sprovođenja zaštite od požara objekta i njegove okoline, povjerava odgovarajućim naučnim ili društvenim stručnim organizacijama udruženog rada, s tim što su propisani uslovi i postupak a ovlašćivanje određenih organizacija udruženog rada za davanje stručne ocjene o primjenci propisa, standarda i tehničkih normativa zaštite od požara u tehničkoj dokumentaciji.

Ovakva pravna rješenja u vezi sa kontrolom projektno dokumentacije specifična u samo za SRBH, jer su u drugim socijalističkim republikama i socijalističkim autonomnim pokrajinama i dalje na snazi pravna rješenja prema kojima nadležni sekretarijat za unutrašnje poslove daje saglasnost na projektnu dokumentaciju.

Iako se, zbog kratkoće vremena, ne može pouzdano suditi o značaju pronijena izvršenih Zakonom, a dosadašnji pozitivni rezultati mogu biti i slučajni, nedvojbeno se može zaključiti da su te izmjene u skladu sa ozbiljnim zahtjevom za deregulaciju društvenih odnosa i svodenje funkcija države na pravu njere. Ta tendencija je u Zakonu dograđena zaostavljanjem kriterija, preciziranjem odgovornosti u preventivnoj zaštiti

ti od požara i podsticanjem da zaštita od požara bude sastavni dio društveno-ekonomskih odnosa i zaštite društvene imovine i u privredi i u društvenim djelatnostima.

Prema tome, Zakonom su obezbijedjeni uslovi da zaštita od požara od državne funkcije postane i bude shvaćena i ostvarivana kao sastavni dio razvoja društvene produkcije i stalna svakodnevna briga u tim sredinama za privredna i društvena bogatstva, i to do te mjere da se i u primjeni novih tehnologija i materijala obezbijede rješenja za sprovođenje efikasne zaštite od požara.

U tom smjeru naročito djeluju odgovornosti, prava i dužnosti poslovnih organa, kao i dužnosti organizacija udruženog rada i drugih samoupravnih organizacija i zajednica da samoupravnim opštim aktima utvrde njere i radnje u vezi sa sprovođenjem njera zaštite od požara.

Ova pravna sredstva za obezbjeđivanje sprovođenja Zakona neminovno će morati da se prilagode promjenama nastupajućim donošenjem zakona o preduzećima.

Prema osnovnim odredbama tog zakona, napušten je jedinstveni i unaprijed utvrđen model organizovanja, u svim oblastima društvenog rada, a status preduzeća imaju i svi oblici udruživanja i organizovanja koji obavljaju privredne djelatnosti.

Sva preduzeća imaju isti položaj i kod poslovanja i kod odgovornosti i kod nastupanja na tržištu, bez obzira da li posluju sredstvima u društvenoj svojini, sredstvima na kojima stoji pravo svojine ili posluju mješovitim oblicima svojine.

Upravo time počinju osnovne dileme da li su održive neke funkcije, odnosno pravna rješenja u Zakonu.

Naimic, prena odredbi člana 63. Zakona o preduzećima, društveno preduzeće uređuje društveno-ekonomski i druge odnose statutom preduzeća i drugim samoupravnim opštim aktima. Prema odredbi člana 65, statut sadrži, pored ostalog, odredbc o opštencarodnoj odbrani i društvenoj samozaštiti. Nije sporno da društvena samozaštita obuhvata i zaštitu od požara.

Medutim, kada je u pitanju mješovito ugovorno ili privatno preduzeće, ne stoji obaveza da se statutom i opštim aktom preduzeća urdi ostvarivanje opštencarodne odbrane i društvene samozaštite, odnosno zaštite od požara.

Time su, u vezi sa sprovođenjem Zakona, otvorena pitanja u dva pravca. Pitanje je prije svega kako obezbijediti sprovođenje odredaba 27. Zakona u vezi sa obavezom da se samoupravnim opštim aktima utvrde njere i radnje i odgovornosti za zaštitu od požara, člana 29. u vezi sa raspravljanjem o stanju zaštite od požara, člana 28. u vezi sa dostavljanjem opšteg akta sekretarijatu za unutrašnje poslove i člana 11. koji se odnosi na donošenje planova zaštite od požara. Da li takve obaveze uopšte mogu opstati za preduzeća koja nemaju obavezu da opštim aktima uređuju društvenu samozaštitu, dobiće se odgovor u započatom postupku deregulacije društvenih odnosa i usklađivanja zakona i drugih propisa sa ustavnim promjenama u Republici, ali svaki odgovor će morati da obezbijedi jednakost, odnosno isti položaj i kod poslovanja i kod odgovornosti preduzeća za sprovođenje zaštite od požara, bez obzira koji je institucionalni oblik organizovanja preduzeća u pitanju.

Slijedeće važno pitanje na koje želim ukazati, sa aspekta položaja zaštite od požara, jeste opravdano očekivanje da će ustavne promjene u položaju i poslovanju zajednica osiguranja imovine i lica biti značajan podstrek za brže integriranje zaštite od požara u poslovnu politiku, kao jedne od funkcija očuvanja i zaštite imovine preduzeća bez obzira na karakter svojine.

Pravila osiguranja zasnovana su uglavnom na načelu uzajamnosti i solidarnosti u skladu sa do sada predominantnim oblikom svojine u privredivanju društvenom svojini-

nom. No, osnovano se može očekivati da će njihovo dovodenje u uslove poslovanja u skladu sa djelovanjem zakonitosti tržišta zahtijevati bitnu izmjenu pravila osiguranja i poslovne politike u cilju zaštite društvenih sredstava i imovine uopšte, kao materijalnog interesa osnivača za rezultate poslovanja zajednice osiguranja.

Za očekivati je, naime, da zajednice osiguranja premije osiguranja neposredno dovedu u funkciju obezbijedenog nivoa zaštite objekata osiguranja od rizika požara. To praktično znači da će zajednice osiguranja zbog zaštite vlastitih interesa morati prije zaključivanja ugovora o osiguranju za svaki objekat ili preduzeće kvalifikovano i stručno ocijeniti, prema svim relevantnim protivpožarnim parametrima optimalnost primijenjenih rješenja zaštite od požara kroz odabrani konstruktivni sistem i izbor materijala, opreme i uređaja koji su ugrađeni, izvore opasnosti za nastanak požara i eksplozije u okviru obavljanja djelatnosti u objektu i funkcionalnosti i efikasnosti zaštite od požara.

Dakle, ustavnim promjenama položaja i poslovanja zajednica osiguranja, ostvarenje se pretpostavke da, u uslovima djelovanja zakonitosti tržišta, suprotni poslovni i materijalni interesi zajednice osiguranja i osiguravnika, odnosno preduzeća, bitno utiču na nivo mjera zaštite od požara u cilju smanjivanja razlika da imovina bude uništena. Pri tome nije sporno da će, kad su u pitanju mješovito ugovorna ili privatna preduzeća, osiguranje imovine u cjelini, pa prema tome i zaštita od požara, biti ostvareno kao ekonomska potreba očuvanja vrijednosti imovine, a ne uopšte ili samo izuzetno kao obaveza koju je propisala država.

U kojoj mjeri će ove pretpostavke biti ostvarene, biće jasnije nakon uskladjivanja zakona o osnovama sistema osiguranja imovine i lica, ali i niza drugih saveznih i republičkih zakona.

Međutim, već sada se mogu uočiti izvjesne nesaglasnosti sa navedenim osnovama načelima za reformu privrednog sistema. Ta nesaglasnost je ostala, odnosno nasliedena iz prethodnog perioda i izražena je u kvalifikaciji i klasifikaciji sredstava za finansiranje zaštite od požara. Prema odredbi stava 5. člana 71. Zakona o računovodstvu, troškovi opštenarodne odbrane i društvene samozastite, dakle i zaštite od požara, smatraju se nematerijalnim troškovima. Ovakvo rješenje je bilo i po Zakonu o ukupnom prihodu i dohotku, koji je prestao da važi.

Too pravno rješenje može implicirati da se, u provedbenim propisima i republičkim zakonima i drugim propisima, zaštita od požara i dalje podvodi pod jedan od dva opšte ili zajedničke potrošnje, što može imati za posljedicu intervenciju države ograničavanje sredstava namijenjenih za te potrebe.

Međutim, mora se kao pozitivno istaći da, u skladu sa novim konceptom računskog sistema, Zakonom o računovodstvu izričito se ne utvrđuje koje se obaveze mogu direktno finansirati iz bruto-ličnih dohodaka i dohotka korisnika društvenih sredstava. Naime, tim zakonom predviđena je direktna mogućnost finansiranja usluga o osnovu ugovora između davaca i primaoca usluga, tako da se to odnosi i na usluge oblasti zaštite od požara.

U skladu s tim, finansiranje zaštite od požara vršice se u skladu sa odredbama čl. 75. Zakona, s tim što je finansiranje putem samoupravnim interesnih zajednica u viru već izvršenih izmjena Zakona o finansiranju zajedničkih potreba ne provodivo i 1989. godini, a za očekivati je da će, u skladu sa ustavnim promjenama, biti definicijom otklonjena ta mogućnost.

Poseban značaj za primjenu Zakona ima odredba člana 147. Zakona o preduzetima. Prema toj odredbi, preduzeće ne može da otpočne djelatnost niti da mijenja ove njegovog obavljanja ako nadležni organ nije donio rješenje o tome da su ispu-

njeni uslovi u pogledu tehničke opremljenosti i zaštite na radu, zaštite i unapređenja čovjekove sredine, kao i da su ispunjeni i drugi uslovi propisani u skladu sa Zakonom. Sa tom odredbom u skladu su odredbe člana 19. Zakona, no valjalo bi ispitati potrebu njihove dogradnje. Nije sporno ko je nadležni organ, jer je to riješeno Zakonom o prostornom uređenju, a nije sporno ni da su odredbom člana 147. obuhvaćeni propisi, standardi i tehnički normativi u oblasti zaštite od požara i eksplozija. Takođe nije sporno da će ocjena o ispunjavanju tih uslova iz oblasti zaštite od požara biti zasnovana na postupku, dokumentaciji i ocjenama prena odredbama čl. 17. i 18. Zakona, a u okviru postupka koji provodi komisija koju obrazuje nadležni organ za davanje odobrenja za upotrebu objekta.

Bitna novina je u tome što prema odredbi člana 147. Zakona o preduzećima, ako preduzeće mijenja djelatnost ili uslove njenog obavljanja, ne smije s njima otpočeti ako nadležni organ nije donio rješenje. To znači da ako se bitno mijenjaju tehnološki proces ili sredstva rada, ili drugi bitni uslovi, u tom slučaju stiču se sve pravne pretpostavke da se, u smislu odredbe člana 147. Zakona o preduzećima, ponovo provede postupak za davanje odobrenja za upotrebu objekta. I sa tog stanovišta odredba člana 19. Zakona su uskladeni, jer se ispravno mogu podvesti pod rekonstrukciju objekta i dijela objekta i stav 1. člana 19. Zakona.

S obzirom na načelo izraženo odredbom stava 3. člana 138. Zakona o preduzećima, da se zakonom mogu odrediti djelatnosti za koje se ne mogu osnivati privatna preduzeća, može se konstatovati da ni u tom pogledu nema neusklađenosti ova dva zakona. Donekle sporna može biti odredba stava 2. člana 25. Zakona u vezi sa vršenjem kontrolnih ispitivanja ručnih i prevoznih aparata za gašenje početnih požara. Međutim, organizacija iz člana 25. može da bude i privatno preduzeće iz člana 138. Zakona o preduzećima, odnosno samostalni privrednik koji obavlja djelatnost u skladu sa republičkim zakonom kojim je uređeno samostalno obavljanje privredne djelatnosti.

Na osnovu navedenih upoređenja dodirnih značajnijih pravnih rješenja iz Zakona o preduzećima i Zakona o zaštiti od požara, može se prihvatiti ocjena da bitnih neusklađenosti nema i sa zadovoljstvom konstatovati da je važeći Zakon u velikoj mjeri išao u susret promjenama koje se vrše u društveno-ekonomskom uređenju i u pravcu deregulacije društvenih odnosa. Tim više je obaveza svih činilaca i institucija u oblasti zaštite od požara da kritičkom analizom Zakona daju stvaralački doprinos njegovoj dogradnji.

*Hajrudin J. Hodžić, dipl. pravnik
Stručna služba Izvršnog vijeća
Skupštine SRBiH, Sarajevo*

JEDAN NOVI PRISTUP SISTEMSKOJ ZAŠTITI OD POŽARA I EKSPLOZIJA

Opisan je koncept jednog novog sistemskog pristupa zaštiti od požara i eksplozije. Medusobno zavisian niz komponenti sistema, tj. efekti produkata gorenja na ljude i materijalna dobra, izvori opasnosti od požara i eksplozija, kontrola izvora opasnosti, iniciranje i razvoj požara i eksplozije (požarna dinamika), detekcija požara i eksplozija, tehničke i normativne mjere zaštite su integrirani u jedan kondenzovani i jednostavan, u isto vrijeme sveobuhvatni, logičan okvir. Osnovni cilj sistema, tj. zaštita ljudi i materijalnih dobara, može se postići samo ako se sve komponente sistema razmatraju cjelokupno, a ne fragmentarno, kao što je sada često slučaj. Predloženi sistem je po svojoj prirodi općenit, pa može služiti samo kao kvalitativan putokaz za zaštitu. Međutim, on se lako može primijeniti na stvarne probleme opasnosti od požara i eksplozija, uzimajući u obzir specifičnosti i posebnosti svakog problema ponasob. Ova sposobnost sistema da odgovori na višestruke ciljeve zaštite od požara i eksplozija razlikuje ovaj sistem od postojećih sistemskih prilaza. Mada sistem ne sadrži faktore vremena, njegova logična sekvenca koraka, koje treba slijediti prilikom rješavanja problema zaštite od požara i eksplozija, omogućava jednu sistematsku analizu načina na koji se mogu postići prethodno postavljeni i definisani ciljevi zaštite.

A SYSTEM APPROACH TO FIRE AND EXPLOSION PROTECTION

The concept of a system approach to fire and explosion protection is described. The interdependent set of the components of the system, i. e. effects of combustion products on people and property, sources of fire and explosion hazard, the control of hazard sources, fire and explosion initiation and growth (e. g. fire and explosion dynamics), fire and explosion detection and technological and legislative control measures, are integrated in a condensed and simple, yet comprehensive, logical framework. The principal objective of the system, i. e. life safety and property protection can be achieved only if all of the system's components are considered in their totality rather than fragmentary as is often the current practice. The proposed system is general by its nature, and can serve only as a qualitative guide to fire and explosion protection. However, it can easily be applied to actual fire and explosion hazard problems, taking in consideration the specifics and uniqueness of each problem. This capability of satisfying multiple fire and explosion protection objectives distinguishes it from the existing approaches. Although the system does not contain time factors, its logical sequence of steps to be followed in fire and explosion protection problem solving enables a systematic analysis of ways to reach the previously defined objective(s).

JEDAN NOVI PRISTUP SISTEMSKOJ ZAŠTITI OD POŽARA I EKSPLOZIJA

1. UVOD

Interes ljudi za zaštitu od požara vjerovatno datira još od vremena otkrića i upotrebe vatre. Očigledne koristi mnogobrojnih korisnih upotreba toplome energije, kao jednog od glavnih produkata sagorijevanja, često su zasjenjene ogromnom rušilačkom snagom požara i eksplozija. Otuda je postojao kontinuirani interes za razumijevanje uzroka ovakvih opasnosti i nalaženja načina za njihovu eliminaciju ili smanjenje.

Izražena interdisciplinarna priroda preventivnih mjera zaštite dugo je sprečavala pojavu koherentnog i logički konzistentnog sistema zaštite. Dok se o mnogim aspektima zaštite od požarne opasnosti sakupilo dosta znanja, dugo je nedostajao određeni integrirani, logički opravdan, sistem. S druge strane, poznato je da bi se najbolji rezultati u postizanju visokog stupnja sigurnosti od požara i eksplozija postizali kad bi se svi elementi zaštite od požara i eksplozije razmatrali u obliku jednog integriranog sistema, koji bi se sastojao od niza međusobno zavisnih komponenti.

2. POSTOJEĆI PRISTUPI

Do sada je bilo samo nekoliko pokušaja da se zaštita od požara i eksplozija razmatra u obliku jednog sistema. Oni su se odnosili obično na neki specifičan problem požarne ili eksplozione sigurnosti, a ne na cjelovitu zaštitu od požara [1—6]. Gotovo zasigurno se može reći da je do sada najkompleksniji kvalitativni prilaz konceptu sistemске zaštite od požara u objektima ponudio NFPA — Komitet za sistemске koncepte zaštite od požara i eksplozija u objektima [7]. On zagovara da se sigurnost objekta od požara mora ukomponovati u projekat objekta u obliku jednog integriranog podsistema koji mora biti ravnopravan sa ostalim neophodnim podsistemima (estetskim, funkcionalnim, strukturalnim, električnim i mašinskim). Organizacijska šema sistema je zasnovana na jednom stablu odluke, upotrebljavajući logiku i strukturu stabla prečaka, koje opisuje elemente i njihove međusobne odnose koji se moraju razmatrati od zaštite objekta od požara. Logički redoslijed koraka koji se moraju slijediti, da bi se postigli prethodno definisani ciljevi zaštite, osigurava visok stupanj zaštite od požara u objektima još u stadiju projektovanja objekta. Struktura stabla odluka, njegova primjena i ograničenja su detaljnije opisani u odgovarajućoj NFPA smjernici [8].

U isto vrijeme su se pojavili neki kvantitativni prilazi [7, 9, 10]. Oni pokušavaju kvantificirati pojedine komponente zaštite od požara pripisivanjem odgovarajućih vrijednosti, ili nekih brojčanih vrijednosti.

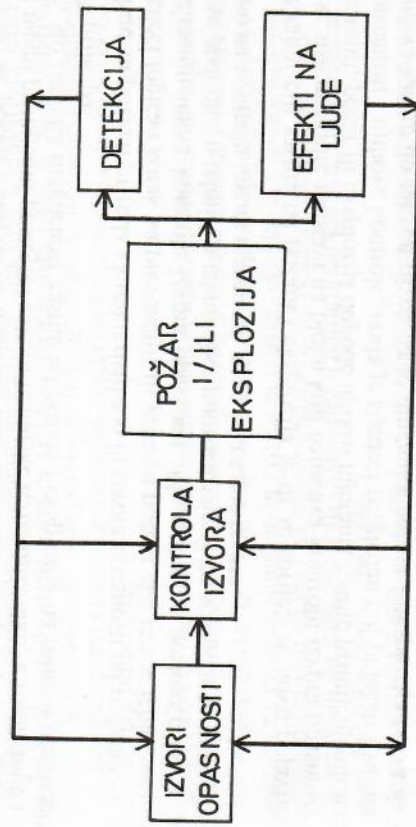
3. PRISTUP OPISAN U OVOM RADU

Kao što je rečeno, tretiranje zaštite od požara i eksplozija u obliku sistema je relativno novo. Do sada je upotrijebljeno samo na neke ograničene segmente ukupne zaštite od požara. Nadalje, područje zaštite od eksplozija još nije obradivano eksplicitno kao logičan "podsystem" unutar sistema zaštite od požara. Prema tome, očito je da nedostaje jedan kondenzovani, jednostavan, ujedno i sveobuhvatan sistem zaštite od požara i eksplozije, zasnovan na već sakupljenim znanjima o zaštiti od požara.

U ovom radu su opisani principi takvog jednog sistema. Upotrijebljeni pristup, međutim, nije novi. Sličan koncept sistemске zaštite je ranije upotrijebio Scinfield [11] u oblasti zaštite zagađenja zraka. Tuhtar [12] je proširio Scinfield-ovu metodologiju na zaštitu voda i dokazao je da bi se ona mogla upotrijebiti za jednu općenitu zaštitu okoline. Na području zaštite okoline najvažnije informacije koje se traže odnose se na opasnosti koje neki polutant(i) može izazvati. Općenito su efekti polutanata na čovjeka i okolinu takvi da se mora tražiti jedna efikasna strategija kontrole emisije polutanata. Kontrola se može postići primjenom tehnčko-tehnoških i normativnih mjera zaštite koje, ako se primjenjuju striktno, mogu osigurati da su štetni efekti koje izaziva polutant odsutni, ili smanjeni do nekog prihvatljivog nivoa. Prema tome, efekti polutanata i načini njihove kontrole čine osnovu za sistematski pristup zaštiti čovjekove okoline [11, 12].

Poblizim ispitivanjem ovog sistema otkriva se da se on može uspješno primijeniti i na problem zaštite od požara i eksplozija. Jedina principijelna razlika se sastoji u prirodi opasnosti, gdje visoka temperatura, ili toplotna energija, predstavljaju "polutant" u sistemu primijenog na zaštitu od požara. Šematski prikaz ovog sistema, primijenjenog na zaštitu od požara i eksplozije, dat je na slici 1. Na toj slici su označene komponente sistema zaštite od požara i eksplozije i njihov međusobni odnos.

TEHNIČKO-TEHNOŠKE MJERE ZAŠTITE



NORMATIVE MJERE ZAŠTITE

Sl. 1. Blok-dijagram sistemskog pristupa zaštiti od požara i eksplozije

Osnovni cilj sistema sastoji se u sigurnosti ljudi i zaštiti materijalnih dobara. To znači da efekti požara i eksplozija na čovjeka i materijalna dobra moraju biti potpuno odsutni, ili minimizirani koliko je više moguće. To se može postići jedino ako su sve postojeće i/ili postojećé opasnosti identifikirane i karakterizirane, a uzroci požara i eksplozija precizno određeni. Drugim riječima, moraju biti poznati odgovori na pitanja kao što su: "zašto se neki požar pojavi?", "zašto se proširio (ako se proširio)?", i "zašto su se pojavili gubici od požara?". Veliki dio problema se može riješiti ako se tačno ustanovi o kojim se materijalima radi, i kakva je bila priroda i intenzitet izvora energije paljenja.

Najčešći način nalazanja odgovora na gornja pitanja se sastoji u inteligentnoj upotrebi poznatog i često publiciranog „požarnog trokuta“, ili odnedavno „požarnog tetraedrona“ koji se odnosi na procese gorenja sa plamenom [13]. Međutim, pažljivim ispitivanjem može se dokazati da se i „trokut“ i „tetraedron“, u stvari, mogu svesti na osnovnu i jednostavnu jednačinu koja govori da se požar ili eksplozija mogu desiti samo ako su ispunjena tri osnovna uvjeta: a) mora postojati zapaljivi ili gorivi materijal koji igra ulogu hemijskog reducenta (često se navodi još i kao „gorivo“), b) mora postojati izvor oksigena (najčešće zrak) ili nekog drugog hemijskog spoja koji je sposoban da oksidira reducenta, i c) mora postojati izvor toplotne energije i neki od načina dovođenja te energije u kontakt sa reducentom (prikazano kao grčko slovo „delta“ u jednačinama (1) i (2)):



Pošto su požari i eksplozije u suštini nkontrolisani hemijski procesi gorenja na njih se mogu primijeniti postojeći zakoni hemijske termodinamike, termohemije i opšte hemije, što ostavlja mogućnost zaštite od požara i eksplozija na osnovu postojećih hemijskih principa.

Kad su poznati priroda i karakteristike svih izvora opasnosti od požara i eksplozija, sljedeći logičan korak ka prevenciji, ili gašenju požara ako je već izbio, sastoji se u preduzimanju mjera kontrole izvora opasnosti. Mnogobrojne postojeće mjere zaštite mogu se podijeliti u tehničko-tehnoške i normativne. Tim se mjerama mora djelovati ne samo na kontrolu izvora opasnosti, nego i na same izvore.

Krajnji cilj zaštite od požara i eksplozija je da se spriječi njihovo pojavljivanje, tj. da se sistem zaštite zaustavi na bloku koji označava kontrolu izvora opasnosti. Ako se, međutim, požar ili eksplozija dogode uprkos mjerama zaštite primijenjenih na izvornim opasnosti i njihove kontrole, onda je sljedeći očigledan cilj pojačati kvalitet i trajanje mjera zaštite do takvog nivoa da je dinamika požara i eksplozija takva da se ne pojave efekti požara na čovjeka i materijalna dobra, ili ako se pojave da su što manji. Napori da se kontrolišu izvori opasnosti usmjeravaju se na preventivno sprečavanje odigravanja reakcija (2) i (3), ili na njihovo zaustavljanje, ako je već došlo do reakcije gorenja. Saglasno tome, principi postizavanja ovog cilja mogu se klasificirati u dvije dobro poznate široke grupe: preventivne i represivne (protektivne).

Međutim, bez obzira na vrstu i kvalitet primijenjenih mjera zaštite, eksplozije i požari se ipak dešavaju zbog svoje probabilističke prirode. Kad se požar usprkos svemu, ipak pojavi, može se postaviti veliki broj pitanja na koja treba naći odgovor(e), kao npr.: „hoće li se požar sam ugasi, ili će se širiti i prenositi dalje?“, „koji su faktori koji ga kontrolišu?“, „koliko dugo će trajati i kakav će intenzitet postići?“, „koliko će biti razmijera?“, „kolika će biti temperatura plamena?“, „kolika će biti količina oslobođenog dima, kakav će mu biti sastav, i načini disperzije?“, „koliki će biti volumen oslobođenih plinova“? Broj mogućih pitanja je gotovo neograničen, ali je broj odgovora

na njih za sada veoma mali, i često su samo empirijskog karaktera. Nauka o požaru, koja je tek u razvoju, još nije dostigla nivo postignute od strane ostalih tradicionalnih fundamentalnih i primijenjenih nauka. Jedan od osnovnih razloga je u tome da je proces pojavljivanja i odvijanja požara ili eksplozije toliko kompleksan i prožet interakcijom velikog broja hemijskih i fizičkih reakcija i procesa, da je vrlo teško naći zadovoljavajuće odgovore na gore postavljena pitanja. Ipak se razumijevanje nekih osnovnih komponenti požara i eksplozija stalno poboljšava, što omogućava da se daju prilično tačni odgovori, barem na neka od pitanja koja se tiču sigurnosti ljudi i smanjenje materijalnih šteta od požara i eksplozija.

U sistemskom razmatranju zaštite od požara i eksplozije, poznavanje dinamike požara i eksplozija je važno u odnosu na ostale komponente sistema, osobito one koje se odnose na detekciju i efekte požara i eksplozija na ljude i imovinu. Očiti ciljevi zaštite se moraju sastojati u što ranijoj detekciji požara i eksplozija, odnosno što manjim efektima na ljude i materijalna dobra. Ti se ciljevi sigurno mogu lakše ispuniti ako su poznati mehanizmi požara i eksplozija počevši od faza inicijacije, preko razvoja do faze potpuno razvijenog požara.

Komponenta sistemskog pristupa zaštiti, koja se odnosi na detekciju i alarmiranje pojave požara i eksplozija, odnosno na subsekventnu reakciju na ove pojave, od velike je važnosti. Položaj ove komponente u sistemu, njen primarni odnos sa blokovima koji opisuju dinamiku požara i eksplozija, efekte tih pojava na ljude i imovinu, odnosno na kontrolu izvora opasnosti, jasno demonstrira da, ako se želi uspješna zaštita ljudi i imovine, požari i eksplozije se moraju detektirati i na njih djelovati na što ranijem stupnju pojavljivanja i razvoja, kad je požar relativno mali i kad se može relativno lako ugasi. Ovo se u praksi do sada potvrdilo nebrojno puta. Ispravno projektovani, instalirani, nadgledavani i održavani sistemi detekcije i alarmiranja mogu u velikoj mjeri smanjiti gubitke od požara.

Uloga i značaj različitih tehničko-tehnoških mjera preventivne i represivne kontrole požara i eksplozija su očigledni iz njihovog položaja u dijagramu koji prikazuje sistemski pristup (slika 1). U preventivnoj ulozi one osiguravaju da se ne pojavi požar ili eksplozija za vrijeme simultanog prisustva goriva, oksidansa i izvora paljenja, dok u represivnoj ulozi one djeluju na izvore opasnosti od požara i eksplozija i njihovu kontrolu na taj način da gase požar ili eksploziju u najranijem koraku, prije nego se pojave značajniji efekti na ljude i imovinu.

Upravo su efekti požara na ljude i imovinu razlog za postojanje normativnih mjera kontrole izvora opasnosti. Cilj zakonodavne kontrole je da se izvori opasnosti kontrolišu do te mjere da se preventivno spriječe, ili ugase požari i eksplozije. Idealno bi bilo da se normativne mjere, koje se realiziraju u obliku zakona, standarda, instrukcija i sl. primjenjuju u harmoniji sa tehničko-tehnoškim mjerama kako bi se postigla optimalna zaštita.

Predloženi pristup sistemskoj zaštiti od požara i eksplozije je, po svojoj prirodi, generalan. Prema tome su i rješenja bazirana na njemu — generalna. On može služiti samo kao kvalitativan vodič zaštite. Međutim, može se lako primijeniti na konkretne probleme opasnosti od požara i eksplozija, uzimajući u obzir specifičnosti i posebnosti svakog problema. Ova mogućnost da zadovolji multiple ciljeve u zaštiti od požara i eksplozija izdvaja ga od postojećih sistemskih pristupa. Iako sistem ne sadrži faktor vremena, niti daje kvantitativne pokazatelje kao svoj krajnji odgovor, njegova logična sekvenca koraka koje treba slijediti u rješavanju problema zaštite od požara i eksplozije

omogućava sistematsku analizu načina na koji se mogu postići prethodno postavljene ciljevi.

Predloženi sistemski pristup je izazvao znatan interes u inostranstvu, gdje je nedavno detaljnije prikazan i publikovan [14].

Prof. dr Dinko Tuhtar, dipl. inž.
Institut zaštite od požara i eksplozije
— Sarajevo

LITERATURA

- [1] Smith, J. H. W. (1983) Wiederkehrende Aspekte der sicherheitspolitik — in der unternehmensführung. *Protector* 11 No 5, 3—7.
- [2] Hoffmann, W. (1983) Die schwerpunkte für einen wirksamen brandschutz. *Textilbetrieb* 101 No. 12, 34.
- [3] Cox, A. P. and Pasman, H. J. (1983) Risk analysis in the process industries. *Inst. Chem. Eng. Symp. Ser.* No. 80, G2—G7.
- [4] Lowe, D. R. T. and Solomon, C. H. (1983) Hazard identification procedures. *Inst. Chem. Eng. Symp. Ser.* ab No 80, pp. G8—G24.
- [5] Marshall, V. C. (1980) Historical and theoretical approaches to the prediction of hazard and risk. *3rd Int. Symp. Loss Prevent. and Safety Promot. Process Ind.*, Basel, Sept. 1980, pp. 6/395—6/408.
- [6] Fowell, A. J. (1984) An approach to hazard assessment of combustion products in building fires. Proceedings of the Conference "Flame retardancy advances in fire safety: regulations, testing, products, markets". Callaway Gardens, Pine Mountain, Georgia, 1984, pp. 24—35.
- [7] Connelly, E. M. and Harvey, C. S. (1986) System concepts for building firesafety. In: Cotte, A. E. and Linville, J. L. (eds.) *Fire Protection Handbook*, 16th ed., National Fire Protection Association, Quincy, MA, pp. 7—15.
- [8] NPFA 550 (1986) Guide to the firesafety concepts tree. National Fire Protection Association, Quincy, MA.
- [9] Kaiser, J. (1979/80) Experience of the Gretener method. *Fire Safety J.* 296
- [10] Tyler, B. J. (1985) Using the Mond index to measure inherent hazards. *Plant/Operations Progress* 4 No.3, 172—75.
- [11] Semfield, J. H. (1975) Air Pollution — Physical and Chemical Fundamentals. McGraw-Hill, New York, pp. 1—4.
- [12] Tuhtar, D. (1984) Air and Water Pollution, Svjetlost, Sarajevo, Yugoslavia, pp. 213—20 (in Serbocroatian)
- [13] Haessler, W. M. (1986) Theory of fire and explosion control. In: Cotte, A. E. and Linville, J. L. (eds.) *Fire Protection Handbook*, 16th ed., National Fire Protection Association, Quincy, MA, p. 4—43.
- [14] D. Tuhtar: Fire and Explosion Protection — a Systems Approach, Ellis Horwood, Chichester, 1989.

POŽARNA STATISTIKA U POŽARNOM INŽINJERINGU

U radu je data analiza podataka koji se sakupljaju u požarnoj statistici SFRJ. Načinjeno je grubo poređenje sa nekim inostranim statistikama i utvrđena potreblijivost podataka u požarnom inžinjeringu.

FIRE STATISTICS IN FIRE ENGINEERING

This paper presents an analysis of data. Which are used in official fire statistics of Yugoslavia. A rough comparison with some foreign fire statistics is given. In addition utility of data for fire engineering is analyzed.

UDK 614.84:31

Prilijeno: 1989—03—22

Pregledni rad

BORIS STEVANOVIĆ, inž.

POŽARNA STATISTIKA V POŽARNEM INŽENIRINGU

1. UVOD

Z razvojem znanosti in tehnologije se razvija tudi področje požarne varnosti. Večje število nevarnih in katastrofalnih požarov v naravnem, bivalnem in delovnem okolju po 2. svetovni vojni je pripeljalo do intenzivnejšega obravnavanja požara kot masovne pojave v statistiki. Iz sklopih podatkov se je poizkušalo odkriti zakonitosti, ki bi bile koristne pri morebitnih večjih požarih. Statistične metode so se uporabljale v tesni povezavi z razvojem požarnega inženiringa, saj je požarna statistika postala glavno orodje pri formiranju predpisov in standardov, projektiranju gasilsko tehničnih sredstev, projektiranju sistemov oskrbe s požarno vodo, ukrepov v gradbeniški požarni preventivi, računanju učinkovitosti in ustreznosti gasilske tehnike in službe itd.

Standardna krivulja požara in specifična požarna obracmenitev sta samo enostavnejša primera uporabe statistike v požarnem varstvu. Z razvojem računalniške tehnologije se je možnost hitrega in učinkovitega obdelovanja podatkov o požarih povečala, s tem pa so se pojavile možnosti primerjave požarnih statistik znotraj države, ampak tudi med državami. Uporabnost požarne statistike je Jugoslavija spoznala že zelo zgodaj, saj je bila prva statistična raziskava o požarih in eksplozijah izvedena že leta 1946 in bila objavljena v Statističnem godišnjaku Ministarstva unutrašnjih poslov FNRJ leta 1947. Da je področje požarne statistike izrednega pomena, potrjuje dejstvo, je bila požarna statistika uvrščena v program statističnih raziskav, ki so pomembne za celo državo, nosilec te raziskave pa je zvezni sekretariat za notranje zadeve. Pričujoči članek je v bistvu analiza podatkov, ki se zbirajo v požarni statistiki SFRJ. Naročena je tudi primerjava z nekaterimi tujimi statistikami ter ugotavljanje uporabnosti podatkov v požarnem inženiringu.

2. SISTEM POŽARNE STATISTIKE SFRJ

V Jugoslaviji je trenutno v veljavi od 1. 1. 1979 navodilo o enotni metodologiji odjenja evidencije in zbiranja statističnih podatkov o požarih in eksplozijah. Osnova za biranje sta obrazca P—1 za požare in E—1 za eksplozije s pojasnilom za njihovo izpopolnjevanje, nomenklatura požara in eksplozije ter tromesečni in letni tabelarni pregledi. Podatke zbirajo in obdelujejo republiški in pokrajinski sekretariati za notranje zadeve ter jih na magnetnih trakovih pošiljajo v zvezni sekretariat za notranje zadeve in zaključnih tromesečnih in letu.

Podatki, ki se zbirajo so v grobem naslednji:

1. Mesto dogodka
 2. Oškodovanc
— naziv
— panoga dejavnosti
— sektor lastnine
— zavarovanje objekta
 3. Datum inšpekcijskega pregleda
 4. Neupoštevanje predpisanih ukrepov, ugotovljenih pri inšpekcijskem pregledu
 5. Povzročitev požara
 6. Vzrok požara
 7. Podatki o objektu—prostoru, kjer je požar nastal
 8. Časovni podatki o požaru—intervenciji
— nastanek požara
— sprejem obvesvtila o požaru
— prihod na mesto intervencije
— likvidacija požara
 9. Način odkritja požara
 10. Način obveščanja gasilske enote
 11. Udeleženci v intervenciji
— udeleženci
— uspešnost intervencije
— razlog neuspešne intervencije
— razlog nesodelovanja gasilskih enot
 12. Posledice požara
— materialna škoda
— število mrtvih
— število ranjenih
 13. Sodelovanje uradnih pooblaščenih oseb pri raziskavi požara
 14. Podatki o tem, če je bila poslana prijava represivnim organom
- Ti podatki so zbrani in obdelani na nivoju enostavne deskriptivne statistike, ki ne presega nivoja procentnega računa.

3. UPORABNOST PODATKOV

Iz analize podatkov izhaja, da so podatki pod št. 1., 2., 5., 6., 7., 11. in 12. splošni in uporabni za vse uporabnike požarne statistike.

Podatki pod št. 3. in 4. so v bistvu kazalci učinkovitosti inšpekcijskih služb. Podatki pod št. 8., 9., 10. in 11. so kazalci učinkovitosti gasilskih enot in ostalih udeležencev intervenciji, ki lahko vplivajo na požar od odkritja do likvidacije. Podatki pod

številk 13. in 14. pa kažejo sodelovanje represivnih organov pri raziskavi požara in število kaznivih dejanj na področju požarnega varstva. Iz te grobe analize izhaja, da je požarna statistika namenjena splošnim uporabnikom kot so družbeno politične skupnosti, državni organi s področja preventive in represive, zavarovalnicam in gasilcem.

Bolj podroben pregled pa kaže, da imajo ti podatki majhno uporabno vrednost za industrijo, znanstveno-raziskovalne institucije, projektante požarne zaštite in arhitekta. Ti podatki so zlasti podatki pod št. 6., 7., 8., 9., 10., in 12. Ravno ti pa so tisti, brez katerih moderni požarni inženiring ne more shajati. Države, ki so vodilne na tem področju (ZDA, Velika Britanija, ZRN in ZSSR) imajo te podatke v požarnih statistikah najtemeljiteje obdelane in na uporabi teh podatkov temeljijo vse novejšje raziskovalne in požarno-inženirske metode. Brez teh osnovnih podatkov je resno delo na tem področju nemogoče.

Nekaj enostavnih primerjav požarnih statistik:

5. Povzročitev požara
Število možnih odgovorov v pož. statistiki SFRJ je 6, ZRN 25 in ZDA 59.
6. Vzrok požara
Število možnih odgovorov pož. statistike SFRJ 20, ZRN 93 in ZDA 78.
7. Objekt-prostor, kjer je požar nastal (gradbeni objekt)
Požarna statistika SFRJ 38, ZRN 74 in ZDA 492.
7.a. Vozila
V SFRJ 9, v ZRN 52 in v ZDA 64 podatkov.
9. Način odkritja požara
V SFRJ 2, v ZRN ni znano, ZDA 9 podatkov.
12. Posledice požara — Število mrtvih in ranjenih
V pož. statistiki SFRJ samo številčen podatek, v ZRN poseben obrazec, v ZDA ločen obrazec za poškodovane in mrtve državljane in gasilce.

Naša požarna statistika ne zbira naslednjih podatkov, pomembnih za razvoj požarnega inženiringa:

- podatki o opremljenosti, ki je povzročila vžig (leto izdelave, izdelovalec, model in serijska št.)
- material, ki se je prvi vžgal
- material, ki je povzročil največ dima
- način gašenja in uporaba gasilnega sredstva (vrsta in količina)
- podatki o razvoju požara
- uporabljena gasilska tehnika
- podatki o delovanju gasilski tehničnih sredstev (vrsta, tip, vzrok odpovedi)

Zanimivo je, da je bila prejšnja statistika iz leta 1975 glede teh podatkov veliko boljša. Strokovna vprašanja je reševala na zelo enostaven in moderen način in bi jo pri novih poizkusih na tem področju veljalo upoštevati. Ker so zgornji podatki temeljnega pomena pri izdelavi pravilnikov in standardov ter uporabi metod požarnega inženiringa, je povsem logično, da se ob odsotnosti ustreznih domačih podatkov poslužujemo tujih. Lep primer je izračun požarne vode, ki temelji na SNiP II—31—74, podatkov za razmere v SFRJ pa nimamo in nam izvajanje dela probleme. Posledica pomanjkljivega zbiranja in obdelovanja podatkov o požarih je lahko tudi neekonomično in pretirano vgrajevanje gasilsko tehničnih sredstev v objekte. Tuji predpisi, ki jih prevedene uporabljamo pri nas so v glavnem iz tehnološko in ekonomsko veliko bolj razvitih držav

ot je naša, zato se naše gospodarstvo po nepotrebnem obremenjuje s pretiranimi izdatki za požarno varnost, ki je nad našim nivojem razvoja.

Kot osnovo požarnega varstva v SFRJ smo postavili varstvo ljudi in premoženja pred požari, nimamo pa osnovnih podatkov o tem, zakaj ljudje v požaru umrejo ali se škodujejo. Gre za podatke o starosti, spolu, vzroku poškodbe ali smrti, aktivnostjo in med dogodkom itd. Ker so federalne enote glode tega premajhen vzorec mora biti osnova celotna država.

4. ZAKLJUČEK

Že nekaj let v okviru World Fire Statistics Centra v Ženevi (Švica) zbirajo osnovni podatki, ki služijo za primerjavo stroškov požarne varnosti posameznih držav. ti osnovni podatki so:

1. Direktna požarna škoda v % glede na bruto nacionalni dohodek
2. Indirektna škoda v % glede na BND
3. Skupno število mrtvih v požarih
4. Število požarnih žrtev na 100.000 prebivalcev
5. Stroški vzdrževanja gasilskih enot
6. Stroški administracije požarnega zavarovanja
7. Stroški požarne zaščite objektov v % glede na celotno vrednost objekta

Ker je ta primerjava vezana na % delež glede na bruto nacionalni dohodek, je možna primerjava med državami ne glede na stopnjo tehnološkega razvoja in nacionalno valuto. Za SFRJ je možno narediti tako primerjavo samo za podatke pod števil. 1., 2. in 4., saj ostalih podatkov nihče pri nas ne zbira. Tudi groba primerjava s samo tremi parametri nam lahko da okvirno pozicijo SFRJ v svetu. Primer je narejen za leto 1984 (tabela števil. 1) in nam kaže, da stanje nitako katastrofalno kot velja prepričanje pri nas. Celotno nasprotje, v primerjavi z nekaterimi razvitejšimi državami je stanje pri nas veliko boljše, saj nas ti podatki uvrščajo v svetovno dno, torej med države, ki naj imel to področje dobro organizirano.

TABELA ŠTEV. 1. — Primerjave za leto 1984

država	Štev. pož.	mrtvi	mrtvi na 100.000	dir. škode v % BND
DA	2.343.000	5357	2.26	0.05
aponska	63.789	2089	1.74	0.06
vedska	—	135	1.80	0.08
vstrijia	—	60	0.64	0.14
rancija	—	850	1.90	0.40
. Britanija	446.557	887	1.57	0.67
SSR	138.800	10646	3.89	1.00 (?)
FRJ	10.824	130	0.57	0.10

Če hočemo razvijati področje požarnega varstva na znanstveno-tehniških temeljih, moramo pač poskrbeti za boljše požarno statistiko. V primerjavi z razvitimi državami smo na področju povezave politika — požarno varstvo dosegli veliko več kot

oni ravno s pomočjo požarne statistike, pri povezavi znanstveno tehnični napredek — požarno varstvo pa smo ostali zadaj. V razvitih državah je ta situacija ravno obrtna.

Boris Stevanović, inž.

Republiški inspektorat za požarno varnost RSNZ SR Slovenije, Ljubljana

REFERENCE

- [1] Uputstvo o metodologiji prikupljanja i evidentiranja podataka o požarima i eksplozijama u Jugoslaviji, Protivpožarna zaštita št. 11/1978.
- [2] Uputstvo o jedinstvenoj metodologiji vođenja evidencije i prikupljanja statističkih podataka o požarima i eksplozijama br. P—05—1—2/14 od 12. 12. 1975.
- [3] V. Posavec, M. Nikolić, Statistički informacijski sistem o požarima i eksplozijama i automatska obrada podataka, Materijali skupa Čovek i radna sredina, Fakultet zaštite na radu, Nis 1985.
- [4] T. Wilmot, Fire statistics — the way ahead, v New Technology to reduce Fire Losses & Costs (Luxembourg), Elsevier Applied Science Publishers, 1986.
- [5] NFPA 902 M — Field Incident Manual, NFPA, Boston, 1986.
- [6] NFPA 901 — Uniform coding for Fire Protection, NFPA Boston, 1986.
- [7] DIN 14010 — Angaben zur statistischen Erfassung von Branden, Berlin, 1973.
- [8] Djakonov, Vermut statistike dostovcrnost, Požarnoc delo št. 10/1988, Moskva.

KOLIKO SMO DALEKO OD POŽARNOG INŽENJERINGA?

Termin „požarni inženjering“ odnedavno se javlja i u nas od onih koji nude širi opseg usluga u oblasti zaštite od požara. U izlaganju se ukazuje da proširenje obima usluga od ideje do puštanja objekta u rad ne znači da se radi o inženjeringu. Da bi kvantitet usluga prerastao u kvalitet, potrebno je da se u svim fazama ovih poslova primjenjuju inženjerske metode optimizacije tehničko-ekonomskih parametara, kako se to radi u klasičnim inženjerskim disciplinama. U radu se ističe da ni u oblasti nauke o zaštiti od požara (engl. — Fire Science) još nisu znanja dovoljno sistematizovana i prilagođena za inženjersku primenu s obzirom na to da je čitava ova materija u ranoj fazi razvoja. Po oceni autora, ekstrapolacijom dosadašnjeg razvoja, može se očekivati da će se zaštita od požara u razvijenim zemljama dovesti na nivo inženjeringa za oko 20 do 30 godina. Takođe se ukazuje na puteve razvoja u nas i otklanjanje prepreka, kako bi se omogućilo što brže i lakše ovladavanje tehnikama razvijenog požarnog inženjeringa.

HOW FAR ARE WE FROM FIRE ENGINEERING?

The term „Fire Engineering“ is of recently in use in this country by those who offer a wide spectrum of service in the area of fire protection. However, it is explained in the paper that the mere broadening of service volume, from idea to launching a plant, does not necessarily mean that one can talk about fire engineering. To raise the quantity of service into the quality it is necessary to employ engineering methods of optimizing technical-economical parameters in all phases of these activities, in the way it is done in classical engineering disciplines. The paper points out that accumulated knowledge in the area of „Fire Science“ is not yet systematized and adapted to engineering application, since the whole field is still in the early developing stage. According to author's judgment, by extrapolating the present growth it may be anticipated that fire protection in developed countries will reach the engineering level in 20—30 years. In addition, the paper points to directions of development in Yugoslavia to enable a faster and easier application of fire engineering techniques.

UDK 614.84:62

Primljeno 1989—02—20

Pregledni rad

NIKOLA KLEUT, dipl. inž. maš.

KOLIKO SMO DALEKO OD POŽARNOG INŽENJERINGA?

Posredstvom stručnih časopisa, preko onih malobrojnih pojedinaca koji su imali priliku da prisustvuju velikim sajmovima opreme za zaštitu od požara i drugim kanalima, stigao je do nas i izraz požarni inženjering („Fire Safety Engineering“ ili kraće „Fire Engineering“). Ovaj termin bi trebalo, po zamisli onih koji su ga uveli u upotrebu, da predstavlja kompleks mera za zaštitu od požara na visokom, inženjerskom nivou, koji bi odgovarao adekvatnom, već davno dostignutom nivou u oblasti izgradnje objekata, instalacija i postrojenja.

Ako imamo u vidu da je klasično građevinarstvo dostiglo inženjerski nivo u 19. vijeku, a većina početkom 20. vijeka, elektrotehnika sredinom ovog vijeka i da se u svakoj deceniji u ovom stolecu javljaju neke interdisciplinarne inženjerske struke na račun ovladavanja novim saznanjima i njihovom primenom, neki pojedinci, skloni preterivanju počeli su poslednjih godina da tvrde kako njihove firme nude požarni inženjering. Naravno da niko pametan, čak i clementarno obrazovan u oblasti zaštite od požara, ne shvata ozbiljno propagandne naslove tipa 'Primenite Intumex i šišti stc zaštitu od požara vašeg objekta' ali u suštini od ovakve simplifikacije nisu nogo odmakli ni oni koji nude stotine proizvoda i usluga iz ove oblasti.

U ovom slučaju radi se o tome da se samo povećava kvantitet usluga, a neznatno kvaliteta. Do kvaliteta se može doći — kako se to dogodilo u pomenutim inženjerskim disciplinama — kada se ovladalo kritično velikim naučnim saznanjem i kada je ono na j osnovi primenjeno. Kako je značajniji naučni rad u oblasti zaštite od požara u svetu počeo pre dvadesetak godina, tek je u najrazvijenijim zemljama, gde je i protok informacija brz a primena efikasna, moguće govoriti o začetima požarnog inženjeringa (u AD, Velikoj Britaniji, Japanu).

1. OSOBENOSTI INŽENJERINGA I POŽARNOG INŽENJERINGA POSEBNO

Već je nagovesteno da se podrazumeva da je inženjering praktična primena naučnih i drugih saznanja kojima treba da se nadu optimalna rešenja. Optimalna rešenja u svim inženjerskim disciplinama određuju se proračunima proisteklim iz fundamentalnih nauka, laboratorijskih istraživanja i merenja ponašanja izvedenih objekata. Naravno, pored tehničkih proračuna, nezaobilazni su i ekonomski. Samo spregra hno-ekonomskih parametara može da izluči da li će se jedna elektrotehnička firma na prijer, odlučiti da proizvodi videokorder i pri tome morati da uloži više miliona dolara. Šta procena zbrisala je mnoge firme zbog neodgovarajućeg rešenja u ovoj sferi, ne to što je danas taj zadatak nerješiv, već zato što nisu primenile dostignut nivo saznanja.

Problemi optimalnog tehnološkog projektovanja na nivou fundamentalnih nauka, danas su već na visokom nivou i, kako je očito u svim onim oblastima koje su skladno razvijale, postignuto je mnogo vrednih rezultata. Tako je, na primer, u elektronici, vazduhoplovnoj tehnici, itd. bilo više globalnih planova po kojima su se zradivali pouzdani clementi i sklopovi, da bi se došlo do pouzdanih proizvoda koji bili dovoljno jeftini da ih tržište prihvati.

Ta sistematičnost koju su u nekim oblastima negovale državne institucije ili vladne proizvodne grupacije, grupacije osiguranja, itd. dalo je rezultate — razvijen važniji, suvozemni i vodeni saobraćaj, energetika i sl. visoke pouzdanosti.

Ozbiljnija ispitivanja ponašanja materijala i konstrukcija u požarima, vršena poslednjih do 3 decenije, nisu sistematizovana, nisu dovoljno proverene neke pretpostavke u veobrojnih mera zaštite od požara, tako da su se prve analitičke metode za procenu požarnog rizika pokazale neodgovarajućim.

Tako se i za pojedine vrste objekata, koji se grade u većem broju, po parametrima koji su u velikom broju propisani — stambeni objekti, garaže, hoteli, bolnice, škole, itd. još nije izgradio sistem mera za zaštitu od požara koji bi se zasnivao na optimalnom izboru u pogledu tehnološkog rešenja. Dok su neki segmenti sistema zaštite od požara razvijeni — u nekim sredinama, na primer, gašenje požara — drugi

su tek u razvoju — npr. preduzimanje preventivnih mera u fazi projektovanja, dok su neki zanemareni — npr. sprovođenje projektovanih mera zaštite prilikom izgradnje objekta i kasnije održavanje planiranih i preduzetih mera zaštite u funkcionalnom stanju u nizu godina eksploatacije objekta.

U sredinama gde ima više različito motivisanih, subjekata u sistemu zaštite vlada veći nered, neznanje, pa je i dostizanje nivoa zaštite u rang u inženjeringa sve dalji cilj.

2. SUBJEKTI SISTEMA ZAŠTITE OD POŽARA

Industrijska i postindustrijska društva odlikuju se visokom specijalizacijom subjekata koji vrše određene funkcije i njihovom uskladenom, koordiniranim, saradnjom. Iz ranih perioda razvoja subjekti zaštite od požara su se u novije vreme razvijali ili su im se neki segmenti odvajali u nove subjekte. U sistem su ulazili i novi subjekti kada bi njihovo učešće bilo programirano od strane države ili privrede, naučnih ustanova, osiguranja, itd.

Moderno vatrogastvo u našoj zemlji ima tradiciju od oko 120 godina, proizvodnja nekih osnovnih sprava počela je pre oko 50 godina, proizvodnja sredstava za gašenje, formiranje službi u organima unutrašnjih poslova koje se bave preventivom, itd. došlo je kasnije, otprilike kad je i počela značajnija proizvodnja sistema za javljanje o požaru, instalacija za automatsko gašenje, itd. a to je bilo krajem šeste decenije ovog veka. Noviji zakoni o zaštiti od požara i drugi koji u nekoj mери pokrivaju ovu oblast pomniju oko 40 subjekata u sistemu zaštite od požara.

Neki subjekti su u društveno-političkim zajednicama, odnosno njihovim ustanovama — komisijama, odborima, komitetima, savetima. Pripremu saveznih zakona, kao i republičkih, obično vrše nadležni sekretarijati i komiteti, raspravu u skupštinskim organima vode pre donošenja zakona odgovarajući odbori i komisije: Skupštinska veća donose te zakone, a proglašava ih predsedništvo federacije, odnosno republike/pokrajine.

Brojni organi uprave kontrolišu sprovođenje mera zaštite od požara, donose podzakonska akta, tehničke propise, izdaju ovlašćenja za bavljenje poslovanjem iz ove oblasti, itd. Brojni su proizvođači sredstava za zaštitu od požara, izvođači radova, nadzorne službe za izvedene radove, kontrolori brojnih parametara, serviseri, vatrogasne službe, istraživačke ustanove, projektantske organizacije, obrazovne ustanove, itd. Tu su korisnici objekata, osiguranje i reosiguranje, strani poslovni partneri, davaoci licencnih prava i učesnici u transferu znanja.

Funkcionalne veze ovih subjekata su vrlo komplikovane, što se može posebno lako dokazati prilikom gradnje investicionih objekata kad se sve slabosti sistema, njegovane neupravljenosti, neracionalnost, ogleda kako u dugom periodu gradnje objekta, tako i u nefunkcionalnosti iole složenijeg sistema zaštite od požara već posle mesec dana od početka korišćenja objekta. Pažljiva analiza bi pokazala da se u nivou zaštite objekata obično nena pravne mere — pri čemu veliku ulogu imaju kako postojeći nekvaletni propisi, tako i zahtevi nadležnih subjekata. Često je nivo zaštite nedovoljan (pod pretpostavkom da sve instalirano funkcioniše), a događa se da se sa projektovanim merama preteralo i da je vrednost objekta neopravdano povećana, a unete su samo dodatne opasnosti da složen sistem u toku eksploatacije pokaže još manju efikasnost zbog svoje ranjivosti.

U razvijenim zemljama subjekti zaštite imali su prirodno rašćenje, u nas su neprimišljenim zakonskim i drugim aktima podstaknuti u razvoju neki subjekti, a neki su posebno formirani, mada je praktična korist od njih zanemarljiva. U novije vreme

vest o glomaznosti našeg sistema zaštite, njegovoj nepravilnosti, neekonomičnosti, itd. polako se izražava kroz ideju da se smanji normativizam u oblasti uređenja odnosa, da se poveća obim tehničke regulative. Jedna od značajnih koncepcija je da se znatno manji broj 'odlučujućih' subjekata i da se oni grupišu u dve funkcionalne celine. Ova dva radikalizam je preteran i rešenje bi moglo biti samo u analogiji sa drugim uspešno calizovanim sistemima koji obično imaju 3 do 10 funkcionalno povezanih podistema. Da bi se došlo do takvog sistema, nužne bi bile izmene u ustavima i brojnim zakonima, posebno zakonima o izgradnji objekata, zakonima o zaštiti od požara, itd. Tek u takvom sistemu imalo bi smisla očekivati efikasnije ostvarivanje požarnog inženjeringa. U sistemu gde desetine subjekata vuku na svoju stranu svaki inženjering nema izgleda da pokaže svoje mogućnosti.

3. SADAŠNJE VIDENJE POŽARNOG INŽENJERINGA

Nekoliko pojedinaca koji su se interdisciplinarnije bavili zaštitom od požara smatraju da i u ovim uslovima u kojima živimo treba razvijati pojedine subjekte ili formirati njihove grupacije, tako da pružaju usluge na nivou inženjeringa. Dok se u nekim projektantskim biroima govori o požarnom inženjeringu, očito se ima u vidu njegova krajnje osiromašena varijanta koja obuhvata izradu idejnog, glavnog i izvođačkog projekta, alarmnog plana, plana zaštite od požara i sl. nadzor u gradnji, testiranje sistema zaštite i obuku kadrova korisnika; neki proizvođači opreme za gašenje nude sve ovo, ali i svoju opremu, sredstva za gašenje, itd. O nekom realnijem inženjeringu može biti govora samo u potencijalima jedne radne organizacije koja, kako nema u svom domenu proizvodnju, ima druge bitne kvalitete — naučni, stručni kadar koji se bavi tehničko-ekonomskim analizama, laboratorijskim ispitivanjima, normativnom, propagandnom, obrazovnom i nekim drugim delatnostima. Uvidajući da je potrebno menjati mnoge odnose i nadležnosti subjekata u sistemu zaštite od požara, ova institucija je naročito pažnju poklonila uticaju na izradu takvih zakonskih i tehničkih normativa koji bi dali podlogu za inženjering. Iako su dostignuti rezultati za sada u ovom smeru skromni, jasno je da se bez ove aktivnosti neće ništa postići.

Svi koji su se i malo ozbiljnije bavili projektovanjem znaju koliko je skroman doprinos Saveznog zavoda za standardizaciju u oblasti zaštite od požara, pre svega zbog besmislenog zadatka da na način kako je organizovan donosi tehničke norme. Radeći praktično bez tima stručnjaka koji su se okalili na rešavanju zaštite od požara, Savezni zavod za standardizaciju pokušava da vrši neku 'koordinaciju' zainteresovanih da se donese određena norma, što je "Sizifov posao" ako se imaju u vidu, na skoro svim poljima, različiti interesi brojnih subjekata. U radu ovog zavoda uopšte se ne 'osjeća' interes države, jer čak i ono što je proklamovano u Zakonu o standardizaciji, a odnosi se na obaveze ovog zavoda u kontroli sprovođenja mera iz njegovog nadležnosti, ne radi — zbog administrativnih ograničenja. Još je pogubnija nemoć ove institucije da donese odgovarajuće naredbe o obaveznom atestiranju materijala i konstrukcija prema požaru i pruzme uz određene modifikacije strane, evropske (EN, i dr.), BS ili DIN — standarde. Za praktičnu primenu materijala je od osnovnog značaja da se uvede jednoznačna klasifikacija materijala u pogledu ponašanja od osnovnog značaja da se uvede jednoznačna standardizacija došlo se do zbrke oko klasifikacije čvrstih materija u uslovima požara, što proizvođači materijala iskorišćavaju i obmanjuju javnost.

Druge aktivnost Saveznog zavoda za standardizaciju i odgovarajućih saveznih sekretarijata je izrada pravilnika, odnosno tehničkih normativa. I ova produkcija predstavlja ometajući faktor ka razvoju požarnog inženjeringa. Uz novi način izrade novih

normativa, nužna je revizija postojećih tehničkih normativa i njihovo osavremenjavanje u duhu smernica za razvoj standardizacije (dokument koji najavljuje jedan fleksibilniji sistem tehničkog normativizma).

Tek u jednom dovoljno izgrađenom, koherentnom sistemu tehničkih normi stižu se potrebni uslovi za inženjering. Da danas nema mogućnosti za požarni inženjering, uverio se svako ko je, na primer, trebalo da reši problem skladištenja neke gorive robe. Iako je ovo jedan od 'lakših' problema, s obzirom na postojanje jednog pravilnika iz ovog domena, mnogi su se sapleli na nekoj od ovih tačaka:

- a) određivanje povoljne lokacije, s obzirom na okolne objekte,
- b) prilazni putevi za vatrogasna vozila i platoi za intervenciju,
- c) spoljna hidrantska mreža i drugi izvori vode za gašenje požara,
- d) izbor građevinskih materijala objekta i njegovo oblikovanje,
- e) podela objekta u požarne sektore i zone,
- f) rešavanje zona opasnosti i drugih ugroženih prostora,
- g) rešavanje instalaterskih mera zaštite od požara (mašinske i električne instalacije i njihova sprema sa opremom, odnosno drugim uređajima za zaštitu),
- h) izbor odgovarajućeg sistema za javljanje o požaru,
- i) izbor opreme i sredstava za gašenje požara,
- j) definisanje potrebnih kadrova za opsluživanje sistema zaštite i njihove obuke, kao i režima servisiranja i kontrolnog ispitivanja,
- k) izrada plana intervencije — uzbunjivanja, gašenja i evakuacije.

Da bi se rešio ovaj problem, projektanti će se ponućiiti sa desetak postojećih pravilnika, nekoliko standarda; koristeći svoje višegodišnje projektantsko iskustvo, pa ipak će pri dobijanju saglasnosti na dokumentaciju od nadležnog organa u pogledu zahtupljenosti mera zaštite od požara dobiti 'čaršaf' primedbi. Neke primedbe nastale su kao rezultat drugačijeg viđenja iste stvari, dok će neke biti pozivanje na neki stav proučavanja koji je toliko uopšten da dozvoljava svakojake zahteve.

U novije vreme iskusniji projektanti sistema zaštite od požara izrađuju idejne projekte — koncepciju sistema zaštite objekta od požara — da bi pomogli kako arhitekti i građevinci, tako i instalaterima, da ih upute koje mere zaštite treba da 'ugrade'. Uz stalnu saradnju projektanta tehnologije objekta, ovaj projektant je stručni konsultant ostalim projektantima sve do završetka projektovanja. Na kraju projektovanja, iskusniji projektant sistema zaštite od požara pravi elaborat o primenjenim merama zaštite od požara, jer se kroz postupak projektovanja nešto od koncepcije i izmislilo, a unete su mnoge nove pojedinosti.

U Zakonu o zaštiti od požara (SR Srbije) traži se elaborat o primenjenim merama zaštite od požara u investiciono-tehničkoj dokumentaciji, što je loše rešenje, jer izgleda kao da ovaj elaborat treba da se napravi kad se investiciono-tehnička dokumentacija sačini, pa se prave 'izvodi' primenjenih mera zaštite. Shodno prethodnom stavu, jasno je zašto bi više koristilo iskustvo iskusnijih projektanata sistema zaštite od požara: u zakonu bi se moralo naglasiti da se elaborat o primenjenim merama zaštite od požara sastoji iz dva dela: koncepcije sistema zaštite od požara, koja se izrađuje u fazi idejnog projekta i čini deo tehnološkog projekta i drugog dela koji čini izveštaj o reviziji glavnih projekata u smislu primenjenih mera zaštite od požara, a po ranije zacrtanoj koncepciji.

Koncepcija sistema zaštite od požara objekta daje se obično samo opisno kroz ocenu tehnoloških i drugih faktora rizika, neko daje proračun specifičnog požarnog opterećenja ili se daje proračun požarnog rizika objekta i sadržaja objekta iz nacrtu ranc verzije pravilnika o javljanju o požaru (metoda 'EUROALARM'). Trezveniji projek-

4. KAKO DO POŽARNOG INŽENJERINGA

Iz izloženog se može uočiti stanovište autora da je do realnijeg požarnog inženjeringa potrebno preći duži put koji će imati mnoga raskršća. Jasno je da se do tog nivoa ne može doći angažovanjem samo domaćih, jugoslovenskih subjekata. Tek napornim mnogih centara u svetu, gde se ova oblast razvija, može se nešto učiniti uz prepostavljanje osmišljenih, organizovanih istraživanja potpomognutih nacionalnim i međunarodnim vladinim i sl. institucijama. Tu izglede ima Evropa — kroz neki od projekata 'Eureka' koji bi se ustanovio od najstručnijih i najzainteresovanijih ljudi. Ako se objedine ispitne stanice u Braunschvaju, Kelnu, Borasu, Borehajmvudu, univerziteti iz Edinburga, Cirih, itd. na programima koje bi postavili ljudi iz International Association for Fire Safety Science (osnovana oktobra 1985. na skupu u Berkeley univerzitetu — Kalifornija, po inicijativi dr. P. H. Thomas-a, prof. K. Kawagoc-a, prof. K. Aki-ta, dr. J. G. Quintiere-a, dr. R. Friedman-a sa simpozijuma maja 1984. godine u Borehajmvudu) verovatan rok je između 20 i 30 godina. Bilo bi vrlo korisno da se neki kontakti, koje imamo sa ovim centrima, učvrste i naši skromni potencijali uključuje u te istraživačke projekte radi što brže eksploatacije saznanja.

Prepostavka uspešnog uključivanja naših subjekata je da se sredi situacija u zemlji i da se promovišu uz pomoć države oni subjekti koji su najspremniji za međunarodnu ravnopravnu saradnju.

Strogom politikom državnih organa mora se eliminisati svaki nekvalitetan rad i proizvod u ovoj oblasti. Sličnu funkciju mora da ima i subjekt osiguranja imovine i ličnog imovnog. Savezni savet za zaštitu od požara mora bi imati status stručnog tela sa daleko većim zadacima i ovlašćenjima. Mnoge 'institute' koji se bave zaštitom od požara trebalo bi ukiniti, jer tu institutskog rada uopšte nema, a one gde ima stručnih pojedinaca, trebalo bi objediniti u jedan od dva centra koji bi nešto značili u evropskim razmerama. Brojnim projektima — svaštarama — trebalo bi zabraniti rad, kao i drugima koji na sličan način nestručno obavljaju poslove. Kroz oštre uslove za rad i međusobnu konkurenciju došli bi do kadra kome bi trebalo dati znatnija materijalna sredstva da obave poslove pripreme za inženjerski rad u oblasti zaštite od požara.

U tom radu nužna je primena savremenih sredstava za dijagnostiku, sredstava za obradu podataka, korišćenje laboratorijskih postrojenja za fizičko-hemijska ispitivanja, itd. Brojni stručnjaci morali bi osmišljavati metode ispitivanja, izradivati modele požara, vršiti detaljne uvidaje požara i njihovu analizu praviti uz poređenje sa softverskim modelima.

U našim uslovima morale bi se razbiti mnoge zablude: počev od one da se za tvorca objekta (naručio onih kompleksnijih — poslovnih, industrijskih i sl.) iznosi samo ime arhitekta. Samodopadljivost arhitekta upropastila je mnoge korisnike objekata kada su kasnije — prilikom eksploatacije — bili suočeni sa potrebom da zaštite svoj objekat i osoblje od požara. Nešto se malo stanje popravila ako su konsultacije u smislu primene mera zaštite vršene u toku projektovanja, ali se, po pravilu, još ovi saveti primaju samo ukoliko ne zahtevaju veće izmene zamisli velikog tvorca. Mnogi objekti većeg požarnog rizika morali bi se podvrci ne konsultacijama, već bi morali biti rešavani, pre svega, tako da budu bezbedni od požara, a mnoge druge aspekte bi trebalo 'uklapati'. To se odnosi na objekte u kojima se proizvode, preraduju ili skladište veće količine zapaljivih materijala ili gde je uopšte požarni rizik veliki, a sadržaj objekta velikog značaja ili nenadoknadiv.

iti odavno su shvatili zloupotrebu koju su proizvođači instalacija za javljanje o požaru pokušali da ozvaniče, na osnovu korektnih polaznih postavki Gretenar-a i njegovih istraživanja vršenih krajem šezdesetih i početkom sedamdesetih godina ovog veka, u nekoliko istraživačkih centara Evrope.

U nekoliko poslednjih godina javljaju se sve značajnije težnje da se usvoji neka analitička metoda procene rizika od požara. Da bi se otišlo dalje od metode 'EURO-LARM', potrebna su brojna nova istraživanja, kroz međunarodne makroprojekte, a koje verovatno ostati izazov za novu zblizenu Evropu posle 1992. Tek nekoliko faktora, koji bi ušli u odgovarajuće obrasce, kvantificirani su i dati u odgovarajućim standardima (DIN 18232 i dr.).

Jasno je da i kad se dode do prihvatljive analitičke metode za određivanje rizika od požara, to će biti samo početak. U usvajanju koncepcije zaštite — izboru mera zaštite, građevinskih, tehnoloških, instalaterskih, organizacionih, itd. — vrši se optimizacija kroz povratno prolaženje celog proračuna rizika, jer se ukazuje potreba da se neki od polaznih parametara menjaju. Tu se javljaju metode dinamičkog planiranja koje su već razvijene za potrebe ratnih igara, inženjerskog razvoja eksperimenata, itd.

U višegodišnjoj praksi nisam video ni jedan projekat koji bi imao neke od promena koje su relativno dobro razrađene u stručnoj literaturi:

— proračun kritičnih rastojanja od izvora opasnosti ka okolini (zona opasnosti od eksplozivnih smeša, zona razaranja od mehaničkog dejstva eksplozije, zona IC zračenja iz jezgra požara, itd.),

— proračun vremena trajanja požara u slučaju neometanog razvoja požara i u slučaju gašenja,

— proračun efektivnosti i radne sposobnosti mera zaštite.

Neki tipovi ovih proračuna dolaze iz SSSR-a gde se analitičke metode razvijaju u pojnim institutima koji se bave zaštitom od požara. Za primenu proračuna efikasnosti mera zaštite potrebna bi bila istraživanja parametara pouzdanosti clemenata i sistema tehničkih i organizacionih. Parametri pouzdanosti danas nisu poznati ni za najtipičnije elemente tehničkih sistema domaćih proizvođača, pa od podatka pouzdanosti, na primer, instalacije za javljanje o požaru ne može biti govora.

Proizvođači opreme i sredstava za zaštitu od požara nisu još shvatili da bi u njihovom, a pre svega opštem interesu bilo da, umesto šarenih komercijalnih prospekata, omude inženjerske izveštaje o ispitivanju ispitivanja u uslovima požara i sl. sa takvim parametrima koji omogućuju upoređivanje po kvalitetu i analizu celog sistema zaštite. ako se npr. proizvođači sistema za javljanje o požaru ne trude da primene standard N 54 i po njemu ispitaju svoje javljače i utvrde kojoj klasi kvaliteta pripadaju, ako opšte mogu da zadovolje minimum zahteva da bi bili kategorisani.

Nemarnost i neznanje montažera i nadzornih službi prilikom gradnje objekta i iznosa instalacija je sve bliža kriminalnom ponašanju. Posebna je nevolja u tome što se za mnoge sklopove instalacija za zaštitu od požara vrlo važno pažljivo i propisno građevnjak (protivpožarna vrata, klapne, senzori gasne detekcije, itd.) i povezivanje u drugim sistemima (veze instalacije za javljanje o požaru sa automatskim sistemima ašenja, odvođenja dima i toplote, radne ventilacije, itd.). Priučnost nije dovoljna za sve složnije instalacije kako pri postavljanju, tako i u kasnijem održavanju. U nekim zemljama, gde je zakonima o izgradnji objekata, broj subjekata znatno redukovano, redvideno da poslove projektovanja, izvođenja i nadzora, kao i kasnije servisiranje i kontrolisanje, vrši isti subjekt — koji pri tome ne može da se 'vadi' da je neko drugi ogrešio — postoje pretpostavke da sistemi budu pouzdaniji.

Iako je, u smislu izloženog, rano govoriti o požarnom inženjeringu u nas, ipak i skromnom obimu, kako se danas od najspremnijih on nudi, mora mu se dati puna podrška. Već samo kompleksnije sagledavanje i sprovođenje zaštite od požara, koju nas nude ove malobrojne ekipe, pruža više nego skup parcijalnih mera sa kojima o se do danas susretali. Zato treba pomoći one ekipe entuzijaste koji vide puteve do žarnog inženjeringa i bore se u skromnim uslovima da se do njega što pre stigne.

*Nikola Kleut, dipl. inž. maš.
Gradski sekretarijat za unutrašnje
poslove, Beograd*

SAVREMENE METODE ISTRAŽIVANJA UZROKA POŽARA

Ispitivanja uzroka požara, njegovog nastanka i širenja, kao i prouzrokovanih šteta, predstavljaju ozbiljan istraživački rad. Svaka nepažnja i propust u radu pri tome dovode do smanjenja verovatnoće da se dogadaj jasno i nedvosmisleno rasvetli, te je potrebno usaglasiti rezultate u cilju fiksiranja preciznijih zaključaka.

PRESENT METHODS OF INVESTIGATION OF CAUSES OF FIRES

The investigation of causes of fires, their initiation, growth and effects is a serious research undertaking. Any carelessness and neglect in the process can lead to the decrease in probability for a clear and unambiguous answer. Therefore it is necessary to harmonize the results in order to obtain more precise conclusions.

UDK 614.84.001.5

Primljeno: 1989—03—14 Pregledno-istraživački rad

RADOSLAV KOSTIĆ, inž.

SAVREMENE METODE ISTRAŽIVANJA UZROKA POŽARA

1. UVOD

Jedan od veoma važnih zadataka u sprečavanju nastajanja požara je otkrivanje njihovih uzroka, odnosno utvrđivanje da li je do požara došlo zbog nelatnog odnosa prema imovini i njenoj zaštiti, nedostataka u izgradnji objekta, zbog dotrajalih instalacija ili je požar iz različitih razloga i s raznim motivima namerno izazvan.

U praksi se pokazalo da su tačno utvrđeni uzrok požara, te otkriveni i osuđeni krivci, često najbolja „preventiva“ za buduće stanje. Ovo naročito važi za paljevine.

Stručne analize o požarima pokazuju da je oko 80% njih prouzrokovano ljudskim faktorom, usled nepažnje i nepreduzimanja, pa i nenalaganja, odgovarajućih mera zaštite.

U celokupnom broju, namerno izazvani požari učestvuju sa oko 5%. Ovim nije obuhvaćen broj požara koji je ostao nerasvetljen, što svakako znači da je broj paljevina veći. Osim toga, to što je kod nekih požara neposredni uzrok utvrđen (električna energija, opušak cigarete i sl.), ne mora da znači da nisu namerno izazvani. To znači da se u izvesnom broju slučajeva požari smatraju proisteklim iz drugih uzroka, pa određen broj učinilaca ovih krivičnih dela ostaje neotkriven, nekažnjen i uvek u mogućnosti da ponovi krivično delo.

2. METODIKA ISTRAŽIVANJA UZROKA POŽARA

Metodika istraživanja uzroka požara podrazumeva zbir radnji i postupaka, koje se sprovodi određenim redosledom i na odgovarajući način s osnovnim ciljem da se dobi-ju odgovori na sva glavna pitanja kriminalistike. Najvažniji doprinos razjašnjavanju požara da je kriminalističko-tehnička obrada mesta događaja. Ta istraživanja u kriminalističkoj teoriji i praksi zauzimaju posebno mesto s obzirom na specifičnosti prirode požara i njegovih uzročnika. Ove specifičnosti se ogledaju u veličini prostora koji je

hvaćen vatrom, u uništenju ili prikrivenosti primarnih tragova, premeštanju tragova prostoru, u prisustvu tragova koji nisu u uzročno-posledičnoj vezi s nastankom požara, u promeni primarnih tragova usled delovanja toplote ili mehaničke energije i

Praćenje i analiza tragova koji su nastali kao posledica požara vcoma je složen posao, ali ne zbog toga što vatra iza sebe ostavlja pustoš (mi upravo i analiziramo tragove koje vatra za sobom ostavlja), već zbog toga što je u uslovinama zgarista potrebno onaci tragove koji ukazuju na stvarni način nastajanja toplote — uzrok požara. Posao utoliko teži što se prilikom gašenja znatno izmeni izgled mesta požara. Bez obzira na , tragovi nikada gašenjem ne mogu biti uništeni u tolikoj meri da se uz pravičan rad i bi mogao utvrditi uzrok požara, naravno, po prethodno nadenom centru požara i štaćenjem tragova nadenih na mestu požara i na zgaristu uopšte.

Prilikom istraživanja uzroka požara, najpogodnije je primenjivati metodu eliminacije, koja u sebi sadrži statičku i dinamičku fazu. To je vcoma kompleksna metoda i nosi se na eliminaciju materijala koji je prvi (ili nije) gorco u požaru, eliminaciju delova objekta koji su kasnije zahvaćeni vatrom radi nalaženja centra požara. Po adenom, utvrđenom mestu početka požara, istom se merom vrši eliminacija pojedinih troka, odnosno načina nastajanja toplote.

3. POSLOVI VEŠTAČENJA POŽARA POMOĆU TRAGOVA

Svi poslovi veštačenja požara pomoću tragova mogu se podeliti u tri faze:

- dok požar traje,
- kada je požar završen,
- kada su ispitivanja na zgaristu završena.

Prva dva postupka izvode se prvenstveno zbog toga da se nade mesto početka požara — centar požara, izvrši iznalaženje, fiksiranje, ispitivanje i pakovanje tragova u centru požara, dok treća faza obuhvata poslove vršenja analiza nadenog materijala, delova uređaja i sl.

3.1. POSTUPAK DOK POŽAR TRAJE

U toj fazi treba, pre svega, registrovati kakvi vremenski uslovi vladaju (smcr i čina vetra, atmosfersko praznjenje elektriciteta, padavine i sl.). Nakon toga moraju se pratiti i registrovati sve spoljašnje manifestacije požara. oga je potrebno:

- izvršiti snimanje toka požara (razvoj i faze požara),
- registrovanje zvukova i lociranje mesta odakle dopiru,
- registrovanje boja plamena, dima i čadi, te
- registrovanje mirisa.

Naročito je važno snimanje faza požara, jer to ponekad ima presudnu ulogu prilikom lociranja centra požara. Najbolja je varijanta snimanje video-kamerom, jer onda postoje mogućnosti da se više puta izvrši uvid u pojedine faze požara. Treba spomenuti da su zadovoljavajući rezultati i onda kada se snimanje vrši foto-aparatom.

Takođe, moraju se registrovati boje plamena, dima, karakteristični mirisi, zvučni efekti, što sve zajedno čini spoljne manifestacije požara, koje su vcoma važne za stvaranje prave slike o događaju.

Prilikom iznalaženja centra požara, najvažnije je da se odrude lokacije pojedinih materijala koji su se nalazili u izgorclom objektu u trenutku izbijanja požara. To

možemo kasnije saznati iz podataka dobijenih na osnovu ispitivanja uzoroka, ali i iz praćenja već spomenutih spoljnih manifestacija, jer je poznato da svaki materijal gori karakterističnim plamenom, da ima specifičan miris i sl. Količina, gustina i boja dima mogu takođe ukazati na količinu i vrstu materijala zahvaćenog požarom, stanje materijala (suv, vlažan, sitan i dr.), zatim na prisutnost dovoljne količine kiseonika (promaja, ventilacija), a može da ukaze i na to da li je upotrebljeno neko sredstvo za pospešivanje požara ili njegovo izazivanje.

Šumovi, buka, lomljava i dr. do kojih dolazi u toku razvijanja požara mogu da ukažu, približno, na stanje materijala. Na primer, ako se prilikom požara čuje pucketanje, onda znači da gori neki rastresiti materijal koji je suv; ako požar prati potmule eksplozije, radi se o vlažnom zbijenom materijalu, ili, ako je praćen eksplozijama i brzo se širi, radi se o eksplozivu ili eksplozivnim gasnim smesama; ako se, pak eksplozije ponavljaju — može da se radi o eksplozijama prašina, te ako su praćene razbacivanjem velikih količina čadi — radi se o plastičnim masama.

3.2. POSTUPAK KADA JE POŽAR ZAVRŠEN

Glavni zadatak u ovoj fazi vršenja uvidaja jeste da se, na osnovu tragova koje je vatra za sobom ostavila, locira tačno mesto početka požara, izvrši pregled u lociranom mestu početka požara, nadu, fiksiraju, ispitaju i zapakuju uzorci za dalju analizu u laboratoriji. Redosled ispitivanja poslova je sledeći:

- pregled oštećenih objekata i njihove bliže i dalje okoline radi ostvarivanja uvida u događaj i njegove posledice;
- određivanje prostora (granica) lica mesta, njihovo obeležavanje i preduzimanje mera obezbeđenja tragova;
- izrada skica, uvid u dokumentaciju i snimanje pojedinih delova objekta;
- spoljašnji pregled objekta, uočavanje, tumačenje i fiksiranje specifičnih tragova gorenja i destrukcija materijala (orclo dimnih gasova, stepen i strana nagorelosti čvrstih gorivih materijala, deformacije, promena boje i stepen istopljenosti metalnih delova, oštećenja drugih materijala i delova objekta i slično);

— pregled unutrašnjosti objekta, uočavanje, tumačenje i fiksiranje specifičnih tragova gorenja i destrukcija materijala;

— usaglašavanje specifičnih tragova na spoljašnjem i unutrašnjem delu objekta, i određivanje blizeg prostora početka požara eliminacijom ostalog prostora u objektu;

— detaljan pregled specifičnih tragova u prostoru u kome je počeo požar i utvrđivanje centra požara;

— tumačenje, fiksiranje i pakovanje specifičnih tragova iz centra požara;

— ponovni pregled oštećenog objekta, kao i njegove bliže i dalje okoline radi pronalaženja, tumačenja, odabiranja i fiksiranja tragova koji mogu biti u vezi s pretpostavljenim ili utvrđenim uzrokom požara (tragovi i mikrotragovi koji ukazuju na prisustvo zapaljivih tečnosti, razne posude, vlakna, delovi tkanine, zemlje i dr.).

Iz spomenutoga proizilazi da je prvi zadatak stručnog lica koje vrši ispitivanje tragova na oštećenom objektu — određivanje mesta početka požara — centra požara.

Bez tačno utvrđenog mesta početka požara, ni slučajno se ne može dati neki ozbiljniji zaključak o njegovom uzroku.

Utvrđivanje uzroka požara radi se na osnovu ispitivanja tragova na materijalu koji je zahvaćen požarom, a na osnovu napred navedene metodologije. To zahteva izvanredno poznavanje izgleda materijala posle delovanja toplote.

3.2.1. Izgled pojedinih materijala, predmeta i delova objekta posle delovanja toplote

Na osnovu izgleda pojedinih materijala po prestanku delovanja plamena i visoke temperature, možemo zaključiti kakvi su se procesi odvijali u toku požara, otkriti fazu požara, odakle se vatra prenosila, stvoriti temperaturnu sliku zbivanja i tako doći do mesta na kome je počelo sagorevanje — do centra požara.

Da bi se moglo odrediti mesto početka požara, potrebno je uporediti stepen oštećenosti predmeta (materijala) usled delovanja vatre sa materijalima koji nisu bili u centru požara. To je potrebno da se učini zbog toga da bi se utvrdilo odakle je vatra počela i u kakvom pravcu se širila. Uvek je potrebno vršiti ispitivanja suprotno od kretanja plamena.

Ako se u objektu koji je izgorio nađe dosta drvenih elemenata ugrađenih u konstrukciju samog objekta ili drveta, koje je tu smešteno iz drugih razloga, onda ćemo se naći centar požara, jer su tragovi delovanja vatre tu najmerodavniji. Veoma je važan izgled i drugih materijala (staklo, hartija, metalni elementi), kao i izgled svih drugih statičkih elemenata objekta.

Prilikom donošenja zaključaka, posle proučavanja izgleda pojedinih materijala i ova objekta, treba voditi računa i o drugim faktorima koji utiču na tok sagorevanja objekta, kao što su toplotna vrednost okolnog materijala, sastav njegovih produkata sagorevanja, stanje, a naročito kakvi su bili uslovi za dovod vazduha, promaju ili tačku ventilaciju.

3.2.2. Oreoli dimnih gasova iznad otvora

Postojanje naslaga dimnih gasova — gareži iznad otvora prozora i vrata često može da ukaže na prostoriju u kojoj je počeo požar. Naime, kada u jednoj zatvorenoj prostoriji počne proces sagorevanja, ovo se odvija uz trošenje kiseonika, na račun čijeg nastajanja nastaju dimni gasovi, a u prostoriji se, pored povišavanja temperature, povećava i pritisak. Zbog povećanog pritiska, dimni gasovi izlaze iz prostorije kroz otvorena prozora i, budući da su lakši od vazduha, idu prema gore, a kako dolaze iz prostora u kome se odvija požar, topliji su od spoljašnjeg vazduha, pa se iznad otvora, vrata i prozora vrši njihova kondenzacija na zidu, koji je takode hladniji od unutrašnjeg dela. Kada se požar razvije, prozori i delovi objekta se oštete, ima više kiseonika u vazduhu, omogućen dotok), pa su ove naslage iznad drugih otvora manje izražene.

U takvim slučajevima uvek moramo proveriti da oreoli nisu nastali iz drugih razloga (npr. ako je sagorevao materijal u prostoriji koji gori uz izdvajanje većih količina dima).

U većini slučajeva prostorija, iznad čijeg otvora je oreol dimnih gasova najizraženiji, jeste prostor u kome je počeo požar.

U slučaju da iznad otvora nema oreola dimnih gasova, onda požar sigurno nije počeo u unutrašnjosti objekta.

3.2.3. Tragovi u centru požara

Locirano mesto početka požara mora da bude što manji prostor, jer samo tako možemo da metodom eliminacije isključimo pojedine načine nastajanja toplote — uzročnika požara, a takode i materijale koji su prvi počeli da gore. Centar požara je mesto gde sagorevanje najpre počelo, a isto tako to mesto je i najduže, u najvećem broju

slučajeva, bilo izloženo uticaju toplote. Ovo zbog toga što materijal u mestu početka požara prvi i sagori, ali se toplota za svo vreme trajanja požara na ovo mesto prenosi konvekcijom. U takvoj situaciji na tom prostoru dolazi, najčešće, do najvećih sagorevanja, odnosno uništenja materijala. Zato je i najveća teškoća u tome da se iz centra požara odaberu uzorci i izvrši ispitivanje i tumačenje, i to oni koji su u uzročnoj vezi sa nastalim požarom, odnosno da se eliminišu oni koji nemaju vezu sa događajem.

Uzorci se uzimaju radi — utvrđivanja načina na koji je nastala toplota što je izazvala požar, te identifikacije materijala koji je prvi počeo da gori.

Ovde će biti nabrojani samo najkarakterističniji tragovi koji se moraju naći u centru požara, a na osnovu kojih se može zaključiti o kojem je uzroku požara reč.

Postojanje toplotnog izvora (provodenje, prenošenje zračenje toplote): toplotni izvor (ložište i sl.) ili tragovi na osnovu kojih se može zaključiti da je ložište postojalo.

Električna struja: Prekid provodnika sa karakterističnim kuglicama na mestu prekida, promena strukture i mehaničkih osobina u okolini tog mesta (kratak spoj); razorena izolacija i oštećenja duž provodnika (preopterećenje); zatopljenje na spojevima (veliki prolazni otpori); električna grejna tela i dr.

Statički elektricitet: nepostojanje zaštite u prostoru gde se on može stvoriti, zatrušenja.

Prirodni uzrok: istopljen materijal, metali sa višom tačkom topljenja, žice u obliku spirale, namagnetisani čelični elementi i sl. (udar groma); tela kroz koja se prelama suncana svetlost i stvara žižu (toplotno delovanje sunca); razoren objekat (potres).

Samozapaljenje: postojanje „požarnog jezgra“ i „požarnog kanala“.

Hemijske reakcije: utvrđivanje prisustva materijala koji reaguju uz izdvajanje toplote (egzotermne reakcije).

Eksplozije: tragovi eksploziva, zarušavanje objekta ili njegovog dela.

Mehanički uzrok: tragovi udara metala o metal, tragovi trenja.

3.3. POSTUPAK KADA SU ISPITIVANJA NA ZGARIŠTU ZAVRŠENA

U ovaj deo spada primena svih laboratorijskih metoda pomoću kojih možemo da izvršimo identifikaciju materijala što je goreo ili je oštećen, a isto tako i utvrdimo način na koji je nastala toplota koja je izazvala požar — uzrok požara.

Za ispitivanje tragova zapaljivih sredstava, koji ostaju posle požara ili paljevine, mogu se koristiti gotovo sve fizičko-hemijske metode. Međutim, za svaku konkretnu metodu potrebna je određena minimalna količina materijala bez koje se metoda ne može primeniti.

Konkretno je moguće da se koriste sledeće metode:

- određivanje indeksa prelamanja supstance,
- određivanje specifične težine supstance,
- utvrđivanje viskoziteta tečnosti, te
- određivanje optičke aktivnosti supstance.

Za primenu ovih metoda potrebna je relativno veća količina materijala, koja se u požarima retko nalazi. Zbog toga se najviše koriste:

- metoda gasne hromatografije,
 - metoda atomske apsorpcione spektrofotometrije, te
 - mikroelementarna spektralna analiza.
- Za ispitivanje materijala koji treba da zadrže oblik koriste se:
- rentdgenska fluorescenčna analiza, te
 - rentdgenska difrakciona analiza.

Zapisi o svim izvršenim radovima i veštacenjima mora da sadrži podatke o izvršenim ispitivanjima na mestu događaja, nadehim trgovinama, načinu uzimanja uzoraka, laboratorijskim ispitivanjima, izvršenim eksperimentima, primenjenim metodama i rezultatima analiza sa precizno datim nalazom i mišljenjem o uzroku događaja. Nalaz i mišljenje moraju biti bazirani isključivo na izvršenim ispitivanjima i izlizi materijalnih tragova, i to bez pretpostavki. Tek posle spomenutih analiza i ispitivanja u toku i za vreme trajanja požara, posle njegovog gašenja i ispitivanja izvršenih u laboratoriji, može se dati mišljenje o tačnom uzroku požara.

4. ZAKLJUČAK

Ispitivanja u oblasti uzroka požara, njegovog nastanka i širenja, te šteta prouzrokovanih njime, predstavljaju danas ozbiljan istraživački rad, čija detaljno izrađena metodologija i savremena oprema pruža odlične mogućnosti da se dođe do jasnog uvida u stvarno stanje stvari i daje mogućnosti realne rekonstrukcije događaja. Svaka nepažnja opust u radu pri tome dovode do smanjenja verovatnoće da se događaj jasno i nedvosmisleno rasvetli. Zato rezultate treba usaglasiti, da bi se mogli fiksirati zaključci.

U smislu utvrđivanja odgovornosti za nastali događaj za potrebe suda, nije dovoljno izvršiti samo fizička, hemijska i druga tehnička ispitivanja i analizirati kompletno objekte pre, za vreme i posle požara. Potrebno je potpuno ispitati ponašanje i rad lica koja su bila u na kakvoj posrednoj i neposrednoj vezi sa izgorelim objektom.

Radoslav Kostić, inž.
veštak za požare i eksplozije
Republički SUP SR Srbije, Beograd

URBANISTIČKO PLANIRANJE U POŽARNOM INŽENJERINGU

Ovaj rad ima kao osnovni zadatak da ukaže na neke elemente postojeće situacije, odnosno prostornog i urbanističkog planiranja i aspekta protivpožarne zaštite kao celovite i požarnog inženjeringa kao zaokružene celinskog pod sistema. Iskustva su locirana na teritoriju grada Beograda kroz višegodišnje bavljenje ukupnog, pa i požarnog segmenta zaštite u prostornim i urbanističkim planovima.

URBAN PLANNING IN FIRE ENGINEERING

This paper aims at pointing out some elements of the existing situation with area and urban planning, including aspects of fire protection in its totality, and fire engineering as its subsystem. Practical experience reflected through a multiyear activities in urban and fire protection planning in Belgrade, are described.

UDK 614.84:62.001.1

Primljeno 1989—03—14

Pregledni rad

PETAR J. MARKOV, dipl. inž. arh.

URBANISTIČKO PLANIRANJE U POŽARNOM INŽENJERINGU

1. UVOD

Prostor je u funkciji zaštite od požara i tu nema dilema. U mnogim situacijama, posle dogodehnih požara, mnogi se jednostavno slažu da je jedan od bitnih nedostataka urbanističko-prostorno rešenje. Tu je potrebno uočiti bitne pretpostavke. Urbanizam kao teoretski pojam nije isto što i sistem planiranja i planova u funkciji urbanizma kao realne prakse. Realizacija urbanizma je povezana i proizilazeća u sistemu prostornih (plan republike, regije, opštine i dr.) i urbanističkih planova (generalni, detaljni, uslovi i sl.) i tu su prisutne razlike, po sadržaju, nivoima obrade, vremenskom dometu, zastupljenosti opšteg društvenog interesa ili interesa određenih pojedinačnih investitora i po mnogo čemu drugom. U tom sistemu planova i procesa planiranja mi praktično nemamo ugrađen aspekt protivpožarne zaštite.

Iz autorovog iskustva, a bez potpunijih analiza i istraživanja, ovim se radom želi ukazati na nepotpunost postojeće situacije, a sa ciljem da se u budućem radu, u kontekstu ukupnih napora konsolidacije požarnog inženjeringa, na određen način nađu i situacija i rešenja vezana za prostorne i urbanističke planove.

2. OPŠTI STAVOVI

2.1. Čovekova potreba da se odbrani i zaštititi od prirodnih ili veštačkih nesreća ili ratnih razaranja jedna je od najstarijih stečenih funkcija koja se razvijala uporedo sa njegovom emancipacijom, a odbrana i zaštita od svoje primarne biološke osnove sve više je poprimala i kulturološka obelježja. Danas u savremenom smislu odbrana i zaštita izražava se u zaštiti ljudi i materijalnih i drugih dobara od ratnih razaranja, elementarnih nepogoda i drugih nesreća i ostalih opasnosti u miru i ratu.

U tom smislu elementi zaštite i spasavanja, transponovani u prostor, njegove držajne i funkcionalne odnose, obuhvaćeni su i tretirani istovremeno i kada se radi o zaštiti od prirodnih, tehničkih ili ratnih dejstava. Zbog te njihove „podudar- sti posledica“ (požari i rušenje objekata u prvom redu) nužno je podjednako uspešno sprovođenje svih vidova zaštite i odbrane kao celine, a posebno pri izradi prostornih i urbanističkih planova, i to nazivamo po pravilu „urbanističkim merama zaštite“.

Istovremeni pristup tom aspektu smatramo da je bitna pretpostavka efikasnosti zaštite i spasavanja ljudi i materijalnih i drugih dobara i to je ono što se ponegde naziva „zooloijom“ (izvorno N. Laptijev). Ipak mora se reći da su danas dominantna i u takvi prisutna sasvim suprotna stanovišta i mislim da se tu moraju tražiti promene.

Zaštita od požara pri izradi prostornih i urbanističkih planova u praksi Beograda stoji se tretirati na sozološkim osnovama, iako smo mi tu praktično na početku.

2.2. Ukupnost odbrane i zaštite bazira se na procenama ugroženosti i povre- osti. Ugroženost, u prvom redu, podrazumeva karakter prirodnih ili veštačkih po- a koje atakuju na ljude i materijalna i druga dobra, dok se pod povredivošću ažava skup svojstava, uglavnom urbanističkih i građevinskih, koja određuju osetji- sturbane strukture na razaranje. Ovakve procene po pravilu imaju određenu vrstu i pen tajnih podataka, te se u vezi sa istima mora vršiti zaštita tajnih podataka, te je i elemenat za diskusiju ili određeno uobličavanje.

Gotovo u celokupnoj regulativi i protivpožarnoj zaštiti u nas insistira se jedino na ceni ugroženosti, dok je procena povredivosti praktično zanemarena, što bi svaka- trebalo unaprediti.

2.3. Kada se govori o procesu planiranja i uređenja prostora uvek se mora ati na umu da se praktično radi o raznim vrstama planova. Iz ovoga mora biti puno jasno da i zaštita od požara mora pratiti vrste prostornih i urbanističkih plano- i da zaštita od požara u prostornim i urbanističkim planovima mora suštinski u osno- la se dogradi.

Ono što upravo Zakon u SR Srbiji i beogradska Odluka navode u vezi sa prostor- i i urbanističkim planovima, nedovoljno je i neprimereno tim planovima, te se mora eniti i dograđivati.

2.4. Zaštita od požara kao javna bezbednost u okviru unutrašnjih poslova defini- a je Zakonom o zaštiti od požara i na osnovama istog, ali se isto tako zaštita od žara javlja kao deo civilne zaštite, kao deo zaštite od elementarnih nepogoda ili o deo društvene samozaštite, a prisutna je u prostornim i urbanističkim planovima u izgradnji objekata, tako da mi danas imamo jedan izuzetno razuden sistem zaštite požara za koji je pitanje da li uopšte ima, ili koliko ima i gde stvarnih i potrebnih dusbno dodirnih tačaka. U odnosu na postojeću realnu zaštitu od požara svakako se že konstatovati da je ona zaokružena i da funkcionise prema potrebama, te da, ovde eti, mnogi prepleti su manje ili više bitni, no u baš tom smislu zalažem se za jasno ledavanje ko gde i šta radi i da se u tom smislu i regulativa pročisti i doradi tamo je to potrebno.

Znači, potrebna nam je jedna metodologija zaštite od požara kao celina, i sa apli- ijama na podsisteme, pa i na ono što sada zovemo požarnim inženjeringom.

3. ZAŠTITA OD POŽARA I PLANIRANJE I UREĐENJE PROSTORA

Već je rečeno da različite vrste planova moraju imati i različite elemente i nivoe ade i protivpožarne zaštite. Zaštitu od požara u planiranju i uređenju prostora mo-

guće je posmatrati iz najmanje dva ugla. Prvi je ugao posmatranja iz perspektive vatro- gastva, a drugi ugao posmatranja je iz perspektive delatnosti urbanizma, te će se razmotriti obe situacije.

3.1. Gledajući samo iz ugla vatrogastva, osnov za vezu sa urbanizmom su svega nekoliko opštih napomena iz Zakona. U vezi sa merama zaštite od požara govori se sa- mo da su prostorna i građevinska rešenja od uticaja na ukupnu zaštitu od požara. Kao prozilazeća bliža razrada toga stava u pogledu mera zaštite od požara utvrđuju se na- ročito četiri grupe bitnih elemenata uređenja prostora:

A — IZVORIŠTA I SNABDEVANJE VODOM

Pri svakvoj definisanosti mora biti jasno da su prostorni i urbanistički planovi, jako različiti planovi, kako je to već istaknuto, i da su, praktično, određeni subjekti planiranja nosioci ovoga elementa uređenja prostora, a da je urbanizam ovde samo da bi uklopio sintezno iskazane potrebe. Pri tome je interesantno poređenje sa oblašću opštenarodne odbrane gde su, na primer, osnovne i druge organizacije udruženog rada koje obavljaju privredne delatnosti dužne da obezbede izgradnju i održavanje osnovnih građevinskih objekata i sistema za vodosnabdevanje, a da su u oblasti stambeno-komu- nalnih delatnosti dužne da obezbede snabdevanje potrošača vodom u skladu sa urbani- stičkim i prostornim planiranjem. Tu je urbanizam, dakle, samo pratelji.

B — UDALJENOSTI IZMEĐU POJEDINIH ZONA

Udaljenosti između pojedinih zona, kao elemenat mogu se određivati u raznim vrstama prostornih i urbanističkih planova te ostaje za utvrđivanje u kojim planovima se koja odstojanja utvrđuju. Zakonodavac je obavezao projektante da je u vezi sa mera- ma zaštite od požara obavezujuće i ono što je kao rešenje utvrđeno u prostornim i urba- nističkim planovima. Međutim, mi praktično nemamo normative, standarde i tehničke propise koji su u vezi mera zaštite od požara u prostoru i u vezi planiranja i uređenja prostora, već i ono prostorno što ima je posledica pojedinačnih objekata.

U vezi sa tim rešenjima ranije je bilo potrebno samo mišljenje sada i saglasnost nadležnog organa unutrašnjih poslova, odnosno urbanističkih planova u nadležnosti re- publičkih, gradskih ili opštinskih organa za unutrašnje poslove u pogledu mera zaštite od požara, što bi se svakako trebalo odrediti.

C — UDALJENOST OBJEKATA RAZLIČITE NAMENE

Udaljenost objekata različite namene može se definisati tek urbanističkim plano- vima i u procesu njihovog sprovođenja. Međutim, najčešće se to praktično dešava pri projektovanju, gde je izvršeno određeno razdvajanje nadležnosti Gradskog Sup-a i Re- publičkog SUP-a, kao posledica vrste i kapaciteta pojedinih skladišta zapaljivih i ek- splozivnih materijala. U vezi sa tim postoji i obaveza investitora da za skladišta, pumpe stanice i druge objekte za smeštaj zapaljivih tečnosti i gasa i skladišta i objekte za smeštaj eksplozivnih materijala, koji su na nekoj udaljenosti od objekata od poseb- nog značaja za ONO, pre dobijanja odobrenja za izgradnju takvog objekta, pribavi sa- glasnost Republičkog SNO. Sa takvim objektima prisutna je i jedna druga obaveza shodno Odluci SIV-a o određivanju objekata pri čijem se projektovanju, izgradnji i re- konstrukciji, odnosno ukidanju mora izvršiti prilagodavanje potrebama opštenarodne

ane („Službeni list SFRJ”, broj 35/83), pa recimo i treća, shodno Odluci RIV-a o divljanju vrsite objekata i područja od posebnog značaja za opštenu odbranu Srbije („Službeni glasnik SR Srbije”, broj 30/85), i, na nekom uslovnom kraju, veće shodno čl. 13, 22, 28. i 29. Zakona o eksplozivnim materijama, zapaljivim ostima i gasovima („Službeni glasnik SRS”, broj 44/77), što je sve toliko isprepleta da se pravi smisao, svrha, pa i odgovornost gubi. Tu bi svakako trebalo stvari ti na određene suštinske potrebe, jasne izvršioce, ili, jednom rečju, na jasnu metogiju, ko, kada, gde i za šta, kod koga ostvaruje usaglašavanje.

D — ŠIRINA PUTEVA

Širina puteva, njihova geometrija, tehnička rešenja, njihove trase, načini ukrštaniprisutnost objekata infrastrukture i suprastrukture, takode se različito određuje učitim vrstama planova, te se to mora tako i sagledavati. Za mnoge planirane prožarne puteve mi danas, kada su izvedeni, gotovo da i ne znamo da su to takvi putjer se oni jednostavno ne razlikuju od mnogih pešačkih, pešačko-kolskih, kolskih i ili platoa, pa i ovaj elemenat zaslužuje jednu analizu iz koje bi proizašla mnoga tična rešenja korisna preventivnoj praksi. Sve u svemu, prostor i prostorni odnosi od izuzetnog značaja iz aspekta vatrogastva, no ono što je propisima iz ove oblasti zano kao kontaktne tačke, smatram da je nepotpuno i da treba na tome raditi da bi gradilo i unapredilo postojeće.

3.2. Drugi ugao posmatranja, od urbanizma ka vatrogastvu je, takode, i u propi-i i po praksi dosta zamagljen. Kada ovo kažem, to je iz ličnog iskustva, odnosno iz godišnje prakse Zavoda za planiranje razvoja grada Beograda ili sadašnjeg Zavoda rbanizam i projektovanje, gde se pri izradi prostornih i urbanističkih planova divao i ukupni aspekt tzv. urbanističkih mera zaštite, u kojem se sadržao i aspekt zaštite od požara. Ovaj aspekt mera zaštite obrađivao se u posebnim elaboratima javnom delu osnovnog planskog akta (iz kojih je radno više hiljada).

Rezultati ovoga rada svakako zaslužuju analizu i kritički osvrt. No, neosporan tet toga rada sa protiv-požarnog aspekta je taj da je na početku izrade urbaniog plana i, na kraju, kada je taj plan izrađen, ostvarena značajna komunikacija sa škim SUP-om — Upravom za protivpožarnu i protivtehničku zaštitu. To je bio šaj koji smatramo bitnom suštinskom prepostavkom, ali mi to danas više ne čini- jer nije tako regulisano. U odnosu na tu našu praksu, propisi iz oblasti urbanizma la ne poznaju dovoljno zaštitu od požara. Naime, radi se o tome da se ova zaštita u u iz oblasti urbanizma ne navodi samostalno, već se podrazumeva kroz „cimen- i druge veće nepogode” i kroz pojam „opštenu odbranu i društvena samo- a” u svim vrstama prostornih i urbanističkih planova.

Izuzetak je ipak prisutan, mada samo formalno, kada je u pitanju sprovođenje ur- tičkih planova putem akta o uslovima za uređenje prostora, gde se posebno navodi u vezi sa protiv-požarnom zaštitom nadležni organ za poslove urbanizma, zajedno ganima i organizacijama koje su na osnovu zakona ili drugih na zakonu zasnova- ropisa, ovlašćeni da utvrde posebne uslove iz oblasti zaštite od požara. Međutim, čeni organi unutrašnjih poslova daju samo saglasnost na prostorne i urbanističke ve, a ne i na uslove za uređenje prostora koji praktično nisu plan. Ulazne podatke pces planiranja niko nije nadležan, kao subjekat planiranja, da utvrdi, te je to ta suštinska nepotpunost.

4. ZAKLJUČAK

Zaštita od požara u prostornim i urbanističkim planovima i obrnuto je još uvek nedovoljno određena i metodološki nedefinisana. Nedostaju mnogi normativi, standardi i propisi koji se tiču zaštite od požara, a odnose se na prostor i prostorne i urbani- stičke planove. Praksa je u Beogradu da se aspekt zaštite od požara u prostornim i urbanističkim planovima obrađuje jedinstveno — sozološki pri izradi prostornih i urba- nističkih planova, odnosno pri izradi njima sastavnih tzv. priloga o merama zaštite.

Mogući su različiti pristupi optimalizaciji postojećih prakse. Ina primera gde se veće značenje, mesto i uloga daju tehnicističkom normativizmu, i to je svakako u određenoj meri i potrebno. Međutim, bitnija i bliža suštini problematike su ona nasto- janja koja idu ka metodologiji procesa ukupnog prostornog i urbanističkog planiranja i, u vezi sa tim, aspekta zaštite od požara. Sva nastojanja da prostorno i urbanističko pla- niranje, u potrebnoj meri i po određenim elementima, budu deo i požarnog inženjerin- ga, moraju uvažavati našu praksu i delovati obostrano. U tom smislu potrebna su potpunija sagledavanja i trasiranja budućih odnosa.

Petar J. Markov, dipl. inž. arh.

*Zavod za urbanizam i projektovanje,
Beograd*

OSVRT NA PRIMJENU RAČUNSKOG DOKAZA OTPORNOSTI NA POŽAR GRAĐEVINSKIH ELEMENATA PREMA DIN-u 18230

U radu je ukazano na mogućnost primjene proračuna za određivanje potrebne otpornosti na požar elemenata građevinskih konstrukcija prema standardu DIN 18230. Prednost postupka zastupljenog u standardu je ta što ostavlja otvorenu mogućnost za stalno dograđivanje relevantnih parametara na bazi rezultata daljih istraživanja na upoređivanju djelovanja realnih i standardnog požara u industrijskim zgradama. U nedostatku domaćih standarda, primjena ovog standarda i u našim uslovima je moguća.

A NOTE ON THE APPLICATION OF CALCULATED PROOF OF FIRE RESISTANCE OF BUILDING ELEMENTS ACCORDING TO DIN 18230

The paper discusses possible use of calculations for the determination of fire resistance of elements of building constructions according to German standard DIN 18230. One of the advantages of the procedure described in the standard is that is leaves enough room for a continuous improvement of relevant parameters on the basis of research results describing effects of real and standard fires in industrial structures. Since there are not as yet Yugoslav standards on this problematics, author advocates the application of the German standard.

UDK 614.84:624.07 (083.1) Primljeno: 1989—03—30

Pregledni rad

Mr HAJRIJA REDŽEPOVIĆ, dipl. inž. arh.

OSVRT NA PRIMJENU RAČUNSKOG POSTUPKA ZA ODREĐIVANJE OTPORNOSTI NA POŽAR GRAĐEVINSKIH ELEMENATA PREMA DIN-u 18230

1. U V O D

U nedostatku propisanih i standardizovanih tipova konstrukcija koje se, sa aspekta njihove otpornosti na požar kod projektovanja industrijskih zgrada mogu odabrati, svaki proračun, baziran na realnim požarnim parametrima u ovakvim zgradama, predstavlja koristan putokaz.

Dimenzionisanje elemenata građevinskih konstrukcija u požarnom inženjingu, u svakom slučaju, mora se zasnivati na detaljnom poznavanju karakteristika procesa razvoja požara. Na sadašnjem stepenu znanja, praktični rezultati mogu zadovoljiti samo pod pretpostavkom da se požar kontroliše pomoću ventilacije, dok je to manje sigurno pod uslovom da se požar kontroliše gorivom materijom.

Standard, za koji se sasvim njerodavno može reći da je zasnovan na naučnoj osnovi i rezultatima višegodišnjeg istraživanja u preventivnoj zaštiti od požara je prednorma DIN 18230, a odnosi se na građevinsku zaštitu od požara u industrijskoj gradnji.

Osnovna ideja ove prednorme je u tome da se prema požarnom riziku jednog industrijskog objekta omogućuje odgovarajuće dimenzionisanje građevinskih elemenata, te

...ne postigne bio jedinstveniji stepen sigurnosti za sve industrijske objekte. Ona ni u ...m slučaju nije data kao konačna, jer ostavlja nekoliko otvorenih parametara za dalja ...trajavanja, koja će se kroz praktičnu primjenu svakako mijenjati. Ova prednorma ta ...de predviđa i zamjenu određenog broja zaštitnih nijera u zavisnosti od veličine ...razarnog rizika i primijenjenosti drugih nijera za smanjenje vjerovatnoće nastanka ve ...ih (razvijanih) požara. Građevinske mjere za zaštitu od požara u tom slučaju mogu ...u jedinstvenije. Ona ostavlja mogućnost uzimanja u obzir primjena novih saznanja o ...čaju odvođenja topline, karakteristika požarnog potencijala i geometrije prostora na ...voj i trajanje požara.

2. PODRUČJE PRIMJENE I SVRHA

Primjena ove prednorme je moguća za objekte ili dijelove objekta, namijenjene proizvodnji ili skladištenje u radnoj organizaciji. Nije moguća primjena standarda visoke objekte, visokoregalna skladišta, silose ili skladišta koja se protežu po površini ili za industrijske pogone koji se protežu na prevelikim površinama (> od 000 m²).

Vrijednosti dobivene po ovoj normi imaju posebno značaj kad su dovedeni u pitanje zahijevi iz važećih zakonskih propisa. Vrijednosti procjene norme polaze od srednjovjerovatnoće pojave potpuno razvijenog požara za koje je uzeta vrijednost od 2 x .../m² u godini. Ovakva vjerovatnoća pojave razornih požara uzeta je kao osnov za ...ore sigurnosti (datih u tabelama, o kojima će biti riječi kasnije). Za već, odnosno ...je rizike od požara od ovih, mogući su, u pojedinačnom slučaju, zahijevi za dodaj ...a, odnosno popustima, koji uz druge dodatne mjere zaštite (kao što su odgovarajući ...laji za javljanje požara, izdvajanje posebno požarno opasnih materija, razdvajanje ...zvodnje i skladištenja i sl.), mogu da vode ka višim, odnosno povoljnijim premija- ...siguranja — njihovom smanjenju.

Svrha, odnosno suština standarda je da se računskim putem dode do tražene otp ...osti na požar građevinskih elemenata jednog požarnog odsjeka (odjela). To znači ...e, prilikom izlaganja požaru, sa dovoljnom vjerovatnoćom, neće dogoditi otkazi- ...e nekog građevinskog elementa ili cijele konstrukcije, te da se gašenje požara u ...denom vremenu može izvršiti i unutar zgrade.

Računski dokaz vrijedi kao valjan kada je klasa otpornosti na požar građevinskog ...enta jednaka ili veća od računski zahtijevanog trajanja vatrootpornosti.

3. POSTUPAK RAČUNSKOG DOKAZA I PODACI ZA PRIMJENU

Ovdje se, na početku, ustanovi potrebna pouzdanost pojedinačnih elemenata (di- ...a) konstrukcije za slučaj potpuno razvijenog požara. Klasa otpornosti crf_T, prema ...u 4102 dio 4, klasificirana je za sve građevinske elemente po pripadajućim grupa- ...IF30 do F1120, u zavisnosti od uloge građevinskog elementa u konstrukciji. ...Da bi se mogao izvesti računski dokaz za traženu otpornost protiv požara, neo- ...u su sljedeći podaci:

- namijena zgrade i požarnog odjela (odsjeka);
- požarni odsjek:

— granični građevinski dijelovi (tip, izvedba, konstrukcija),

— broj etaža,

— dimenzije i položaj;

c) požarno opterećenje u požarnom odsjeku:

— masa i toplotna vrijednost gorivih materija,

— održavanje sagorijevanja,

- požarno opterećenje u spremnicima i zatvorenim sistemima,
- požarno opterećenje u pripadajućim prostorima;

d) veličine koje utiču na proračun ekvivalentnog trajanja požara:

— toplotna izolacija obodnih građevinskih elemenata (koeficijent provođenja to-
plote),

— otvori za odvođenje toplote (veličina i položaj);

e) dalje veličine koje su od uticaja na proračun tražene otpornosti na požar:

- vatrogasna jedinica,
- uređaji za gašenje požara,
- obezbjeđenje vode za gašenje.

Računski potrebna otpornost na požar izražava se kroz relaciju:

$$crf_T = t_a \times \gamma \times \gamma_{nb}, \text{ u min,}$$

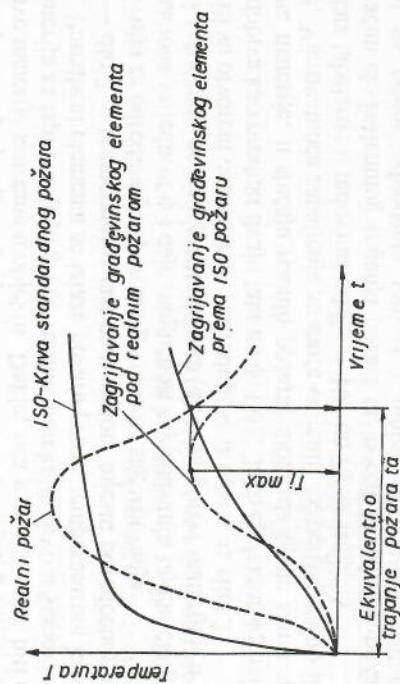
pri čemu je:

t_a — ekvivalentno trajanje požara,

γ — koeficijent sigurnosti,

γ_{nb} — dodatna vrijednost.

Ekvivalentno (empirijsko) trajanje požara, kao pojami, predstavlja ono vrijeme u minutama za koje standardni požar (ISO 834) u građevinskom elementu dostigne pri-
bližno isto dejstvo kao stvarni (realni) požar, i zavisno od traženog stepena tačnosti, ono je varijabilna veličina. U stvari, prenos maksimalne temperature građevinskog ele-
menta za stvarni požar, na standardnu krivulju temperatura — vrijeme, određuje ekvi-
valentno trajanje požara.



Slika 1.

Koeficijent sigurnosti se unosi u proračun preko 3 klase (u skladu sa DIN 4102 — dio 1, 2 i 3) sigurnosti — SKb3 do SKb1 (SKb3 — visoki, SKb2 — srednji, SKb1 — ograničeni zahtjevi), a prema površini požarnog odsjeka (posebno za jednoetažne, a posebno za višetažne zgrade).

Dodatna vrijednost γ_{nb} uzima u obzir smanjenje vjerovatnoće nastajanja razvij-
nih požara pri postojanju odgovarajućih uređaja za gašenje požara ili opremljene spo-
sobne vatrogasne jedinice. Ona se uzima iz odgovarajuće tabele, a važi samo za
građevinske elemente koji ne ograničavaju prostor požarnih odsjeka.

Ekvivalentno trajanje požara $t_ä$ se dobije pomoću sljedeće formule:

$$t_ä = q_R \times C \times w, \text{ u min,}$$

gdje je:

q_R — računsko požarno opterećenje, u kWh/m^2 ,

C — faktor preračunavanja, u $\text{min m}^2/\text{kWh}$,

w — faktor odvođenja toplote.

Računsko požarno opterećenje se računa prema jednačini:

$$q_R = \frac{\sum (M_i \times H_{ui} \times m_i \times \Psi_i)}{A}$$

gdje je:

M_i — masa pojedinih gorivih materija u kg

H_{ui} — kalorična vrijednost pojedinih materija, u kWh/kg , dobivena prema DIN-

00, dio 2.

A — računska površina požarnog odsjeka, u m^2

m_i — faktor sagorijevanja pojedinih gorivih materija,

Ψ_i — kombinaciona vrijednost za gorive materije.

Faktor sagorijevanja „ m “ je vrijednost kojom se množi požarno opterećenje, s obzirom na ponašanje gorivih materija prema vrsti, obliku i rasporedu. On se za svaki inačni slučaj određuje iz tabele prema DIN-u 18230 — dio 1 (ovdje je potreban i putem eksperimenata, jer tabela ne obuhvata sve materijale).

Za postupak vrednovanja faktora sagorijevanja „ m “, za materije date u tabeli, koriste se drugi dio istog standarda u kome je opisan i pokusni postupak ispitivanja. Njime se utvrđuje ponašanje pri gorenju prema obliku, rasporedu, gustini skladištenja i vrsti gorive materije sadržane u objektu. Dakle, ova materija mora biti definisana. Ispitna materija za ispitivanje je grubo rezano smrekovo drvo u štapovima presjeka 40 mm. Poredbeni elemenat se izlaže požaru prema temperaturnoj krivulji prema DIN-u 4102 — dio 2, a temperaturni rast na njemnom mjestu poredbenog elementa je definisan krivuljom za određivanje uporednog vremena sagorijevanja.

Kombinaciona vrijednost Ψ i daje mogućnost sagledavanja zajedničkog djelovanja požarnog i zaštićenog požarnog opterećenja (da li su gorivi materijali u posudama, posudama ili su otvoreni nezaštićeni) i određuju se iz tabele na slici 2.

Ona se dobiva kao produkt dvaju faktora Ψ_1 i Ψ_2 , tako da faktor Ψ_2 uzima u obzir zaštićene materije, u slučaju realnih požara, mogu da upale samo sa vjerovatnošću $w < 1,0$. Vjerovatnoća zapaljenja se može ocijeniti eksperimentalno ili iskustveno, gdje je data tabelarno u redovima od $P_z = 10^{-1}$ do $P_z = 10^{-6}$.

Za proračun ekvivalentnog trajanja požara $t_ä$, pored navedenog požarnog opterećenja, bitni su odnos odvođenja toplote i odnos navedenog toplote obodnih površinskih elemenata.

Faktor preračunavanja „ c “, kod određivanja eksperimentalnog požara prema DIN-u 4102, dobija se iz tabele u kojoj su takođe uvrštene vrijednosti uticaja odnosa toplote kroz obodne građevinske elemente.

Faktor odvođenja toplote „ w “ predstavlja vrijednost koja utiče na očekivano opterećenje ili smanjenje pritiska na građevinske elemente nastalog usljed različitih uslova sagorijevanja. On se određuje prvenstveno prema tabeli (prema osnovnoj prednormi DIN 4102, izdanje 1982. godine).

Otvori za odvođenje toplote vrednuju se prema površini, položaju, odnosno prema površini požarnog odsjeka, a uzimaju se u obzir i oni koji se obezbjeđuju poklopcima, a u slučaju pojave dima ili toplote sami otvaraju. Otvori u zidovima se

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Položaj otvora	tlocrt	presjek	$\frac{A_v}{h \cdot A}$					
			$> 0,05 \text{ bis } 0,10 > 0,15 > 0,20 > 0,25$					
1	Prostori sa otvorima na jednoj strani		3,2	2,0	1,5	1,2	1,0	0,9
2	Prostori sa otvorima na najmanje dvije strane		2,2	1,5	1,0	0,9	0,7	0,6
3	Prostori sa ventilacijom na krovu		1,8	1,2	0,9	0,7	0,6	0,5

Slika 2.

vrednuju jedanput (A_v u m^2), a u krovu (A_h u m^2) „ k_f “ puta. Faktor „ k_f “ dobije se iz dijagrama, gdje je:

$$hm = \frac{\sum_i (A_{vi} \times h_i)}{\sum_i A_{vi}}$$

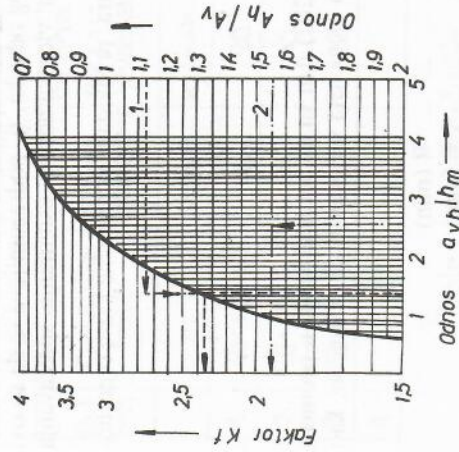
pri čemu vertikalni otvori različitog visinskog položaja imaju još dodatno odsto-

$$a_{v,hm} = \frac{\sum_i (A_{vi} \times a_{v,hi})}{\sum_i A_{vi}}$$

za $A_h/A_v > 2,0$ faktor $k_f = 1,5$,

za $A_h/A_v \leq 0,7$ i $a_{v,hm} > 4$ $k_f = 5$

Primjeri za određivanje „ k_f “ dati su na slikama 3 i 4.



Slika 3.

Slika 4.

Za višetažne požarne odsjeke, ekvivalentno trajanje požara računa se posebno za svaku etažu, kao i odnos površina otvora prema površinama etaža.

Sada se možemo vratiti na druge uticajne faktore "osnovnom izrazu" za određivanje otpornosti na požar. To su koeficijent sigurnosti γ i dodatni koeficijent

Koeficijent sigurnosti " γ " se određuje iz tabele prema površini požarnog odsjeka i pripadajućoj klasi požarne sigurnosti građevinskih elemenata, u zavisnosti od njihove konstrukcije i objekta (da li su u pitanju elementi koji razdvajaju požarne odsjeke) — SKb3, ili su elementi krovnog nosača, nenosivog vanjskog zida čije popuštanje u slučaju požara ne dovodi do otkazivanja primarnih konstruktivnih elemenata — SKb2 ili SKb1).

Koeficijent " γ " se posebno iznalazi za jednoetažne zgrade, a posebno za višetažne zgrade.

Vrijednosti iz tabele za koeficijent sigurnosti počivaju na postojanju godišnje vjerovatnoće pojave požara od $P_{13} = 10^{-6}$; $P_{12} = 10^{-5}$ i $P_{11} = 10^{-4}$ (za višetažne zgrade) i 10^{-5} , 10^{-4} , 10^{-3} (za jednoetažne zgrade). Kako se, kod intervencije vatrogasne jedinice, vjerovatnoća da dođe do pojave potpuno razvijenog požara, uzima da je jednaka 1×10^{-7} , tako da vjerovatnoća pojave razornih požara, jednaka $P = P_1 \times P_2 = 10^{-10}$, uzeta kao osnov za faktore sigurnosti daje u tabelama.

Dodatni koeficijent " γ_{nb} " se unosi u proračun, da bi se uzelo u obzir i smanjenje vjerovatnoće nastajanja razvijenih požara u uslovima postojanja odgovarajuće opreme i sredstava za gašenje požara, te podobne vatrogasne jedinice. Ovo smanjenje se ne odnosi na dodatne elemente požarnog odsjeka. Uredaji podrazumijevaju samo dodatne sisteme za gašenje očekivanog požara priznatim tehničkim pravilima i normama. Ovakvog sistema mora posjedovati oprema i kadrovi priznate oblasnim propisima (FWDV3, FWDV4, DVGW — W 405).

Ovo ne podrazumijeva provjeru i uključivanje primjene drugih propisa kada se za određivanje sigurnosti mora uvesti dodatne niјere za pokrivanje povećanog rizika od pojave požara, ali podrazumijeva prisutnost automatskih uredaja za detekciju i alarmiranje.

Kao što je navedeno, smanjenje vjerovatnoće pojave razornih požara ne uključuje uključivanje elemente konstrukcije požarnog odsjeka, tj. podrazumijeva se da su ovi elementi predviđeni sa visokom vjerovatnoćom osiguranja sprječavanja pojave požara.

U zavisnosti od klase sigurnosti od požara, predviđaju se granične klase otpornosti od požara (za klasu zaštite od požara BKV):

crf_{tf} > 120 min ————— 120
 crf_{tf} > 90 min ————— 90
 crf_{tf} > 60 min ————— 60

U posebnom prilogu (tzv. dokument I202) dati su uslovi ispitivanja u pećima i kriterijama za ocjenu, kao i kriterijama za ocjenu, kao

IZOLACIJA ————— R (min)
 OPORNOST ————— E (min)
 OBTNA IZOLOVANOST ————— I (min)

Na bazi navedenih kriterija, usvojena je klasifikacija REI, RE, R (u minutama).

3.1. PRIMJER ZA PRIMJENU PRORAČUNA

Dimenzionisanje prema ovoj normi može se prikazati na sljedećem primjeru:

Data je industrijska jednoetažna hala (proizvodnje papira) površine $A = 5.000$ i površine prozornih otvora $A_v = 150$ m². Računsko požarno opterećenje $q_R = q \times m_i/A = 200$ kWh/m².

Iz tabele se nađu:

za $A_v + h/A = 150/5.000 = 0,03$

$W = 2,2$

$c = 1,20$ — za nosive elemente konstrukcije.

Potrebna otpornost protiv požara je:

$crf_{tf} = t_a \times \gamma$

$crf_{tf} = 200 \times 0,2 \times 2,2 \times 1,20 \times 1 = 105,6$ min

prema DIN-u prva veća vrijednost je F120.

Ako u hali ima ugrađen stabilni sistem za gašenje požara, onda dodatni faktor umanjenja " γ_{nb} " uz vatrogasne ljestve iznosi 0,55, tako da je:

$crf_{tf} = 105,6 \times 0,55 = 58,08$ min

Prva veća standardizovana vrijednost je F60.

Ovdje treba napomenuti da primjena ove norme pretpostavlja primjenu opštih niјera zaštite od požara (niјere za obezbjeđenje sigurne evakuacije iz objekata i gašenje požara, požarne osobine građevinskih materija, niјere za odvođenje dima, obezbjeđenje vodom za gašenje i postavljanje uredaja za gašenje požara).

4. IZMJENE I DOGRADNJA KONCEPTA STANDARDA

Kao što se može vidjeti iz koncepta i suštine sadržaja standarda, malo je konstantnih parametara u proračunu, dok je veći broj parametara varijabilan, odnosno u samom standardu je ostavljena otvorena mogućnost dogradnje i na bazi praktičnih iskustava, dopuna i izmjena standarda. To se, prije svega, odnosi na pojedinačne parametre "ekvivalentnog trajanja požara", a posebno faktore "m", "c" i "w".

Red. broj	Dimenzije hale	Brzina sagorijevanja	Brzina rasprskivanja	Brzina protoka	Praprečna površina ventila	A_h	A_v	$A_h + A_v$
	m	kg/m ² h	m/min	m/s	m ²	[—]	[—]	[—]
1	40×60×6	30	1,0	0	0	0	0,025	
2	20×50×6	15	0,5	4	4	10	0,125	
3	120×60×7	60	1,5	8,77	8,77	0,667	0,250	
4	.					1,5		

Pregled promjenljivih parametara u proračunu

U periodu od izrade prve verzije prednorme, 1982. godine, do danas, izvršeno je traživanja u teoretskom i eksperimentalnom smislu, posebno u dijelu uporednih a eksperimentalnih stvarnih požara i uticaja parametara na tok i dužinu trajanja a u realnim uslovima i njihovu aplikaciju na građevinske elemente objekta. vnanja su pokazala da uključivanjem i drugih parametara u proračun, kao što su a rasprostiranja požara" i "poprečna ventilacija" dolazi do znatnih odstupanja u ekvivalentnog trajanja požara (slika 5).

Velicina hale: $40 \times 60 \times 6$ m

Požarno opterećenje: 30 kg/m^2

Specifično sagorijevanje: $20 \text{ kg/m}^2\text{h}$

Rasprostiranje požara: 1 m

Poprečna ventilacija: 4,0 m/s

Ah/Av : 1,0

Av + Ah/A : 0,025

ā: 72 min

a DIN : 52 min.

Posebno značajno istraživanje predstavlja studija za određivanje ekvivalentnog a požara, koristeći simulaciju realnih industrijskih požara [2, a na bazi MODE-OPLOTNOG BILANSA, provedena pomoću računskog programa MRFC (simul i program za preflješover — nije još u primjeni). Dobijeni rezultati za "ā" su divani sa onim iz standarda, te su utvrđena znatna odstupanja u odnosu na stand-nteresantni rezultati su dobijeni kod određivanja raspodjele temperatura na opte-gradjevinskog elementu. Ekvivalentno trajanje požara je pri tome definisano, U slučaju požara na jednom, 15 cm debelom, betonskom pokaznom građevin-lementu, na dubini od 3,5 m, kod prirodnog požara je proračunata ista tempera-ja nastupa u požaru unutar standardne krive (ETK) u vremenu "ā".

Pri tome se analizira koji efekat će odnos temperatura-vrijeme (uz opterećenje e i toplog sloja) izvršiti na ovaj građevinski elemenat. Rezultati za ekvivalentno e požara prirodnih požara su uključeni u najnoviju verziju standarda DIN V (1988).

stovremeno je utvrđeno da su, upotrebom "modela rasprostiranja", odstupanja u u na DIN zavisa od požarnog opterećenja, što norma ne uzima u obzir.

Posebno značajne promjene, u odnosu na parametre proračuna tražene otpornosti ar elemenata građevinskih konstrukcija po DIN-u, imaju uključivanja uticaja po-ventilacije i efekat krovne ventilacije. Uticaj poprečne ventilacije se može doka-ri čemu u pravilu, veća poprečna ventilacija je povoljnija prema ekvivalentnom u požara, dok efekat krovne ventilacije treba dalje istražiti.

Ovdje su analizirani bitni parametri, kao što su Q/At i Aw h/At (pokrivna na požarnog opterećenja i odnosna površina ventilacije). U fazi je razmatranja m uticaja vremena otvaranja otvora na objektu u odnosu na pojavu požara. Pre- i model trenutnog. (automatskog) otvaranja otvora na početku požara, prema i, nije u primjeni objektivni i zahtijeva dalje usavršavanje kroz ugradnju degini-terija za otvore u modelu "toplotnog bilansa".

Mnoga današnja istraživanja posebno su usmjerena na uporednu analizu razvoja ature na građevinskim elementima od različitih materijala (beton, čelik —

zaštićen i nezaštićen, drvo), na različitim dubinama presjeka kod realnih i standardnih požara [3].

Na kraju treba reći da značaj postupka vrednovanja, prema DIN-u V 18230 za građevinsku zaštitu od požara u industrijskoj građnji, leži u kvalitativnom uključanju suštinskih protivpožarnih parametara u posmatranju požara u jednom požarnom odsje-ku, kao što su:

- požarno opterećenje,
- proces sagorijevanja,
- ventilacioni odnos,
- prolaz toplote kroz slojeve građevinskih elemenata,

što je solidna osnova za određivanje objektivnih mjera građevinske zaštite od požara.

5. ZAKLJUČNE NAPOMENE

Zaštita nosivih elemenata građevinskih konstrukcija predstavlja značajnu stavku u investicionim troškovima kod izgradnje objekata. Da li uvijek pravilno postupamo kod opredjeljenja za zaštitu?

Primjenom standarda DIN 18230, u mogućnosti smo da, više nego do sada, na naučno zasnovanim parametrima, odredimo potrebnu otpornost na požar primarnih ele-mentata konstrukcije, te onda, odaberemo i dimenzioniramo istu, što s jedne strane, osi-gurava stabilnost objekta i, u slučaju razvijenog požara, mogućnost intervencije vatrogasaca na gašenju požara u unutrašnjosti, a s druge strane pomaže nam da racio-nalno usmjerimo društvena sredstva u zaštitu i sigurnosti, gdje ćemo biti sigurniji da su opravdana.

Mr Hajrija Redžepović, dipl. inž. arh.
Institut zaštite od požara i eksplozije — Sa-
rajevo

LITERATURA

- [1] Baulicher brandschutz im industriebau rechnerisch erforderliche feuerwiderstanddauer vor-norm DIN 18230-teil 1 und teil 2 — 1982.
- [2] V. Scheider und V. Max universitat gesamthochschule kassel: Uberprufund der faktoren m u der DIN 18230 2 fachseminar brandschutz — forschung und praxis Technische universitat — Braunschweig, 1988.
- [3] D. Hossler: Institut fur baustoffe, Massivbau und brandschutz der technischen universitat braunschweig: Weiterentwicklud des Bemessungskonzeptes der 18230 2. fachsseminar brandschutz forschung und praxis — Braunschweig, 1988.
- [4] E. Hadžiselimović, P. Dimić: Uporedba dejstva nekih realnih požara i standardnog požara, Požar ekspl. prevent., VIII (1), 1987, str. 35 — 47.
- [5] Technical report 3956 — Standard ISO 834.
- [6] Methode der prüfung und einstuftung der feuerwiderstand sfahigkeit vod bauteile — bericht eur 8750 de — 1984 Brussel.
- [7] Abschlusskolloquium bauwere unter brandein — wirkung — marz 1987, Technische universi-tet — Bauschweig, 1989.
- [8] G. Ramachandran: Probabilistic Approach to Fire Risk Evaluation, Fire Technology, 1988.

APLIKACIJA METODE KONAČNIH ELEMENATA NA PROBLEMU PRENOSA TOPLINE U CILJU ODREĐIVANJA TEMPERATURNOG ODZIVA KONSTRUKCIJA IZLOŽENIH POŽARU

Definiranje temperaturnog polja predstavlja značajnu fazu analize odziva konstrukcije koja je izložena požaru. Poznavanjem »temperaturne historije« omoguće na je analiza stanja deformacije i stanja unutarnjih statičkih količina. U članku se želi prikazati način određivanja »temperaturne historije« konstrukcije. U tu svrhu predstavljen je varijacioni princip rješavanja nestacionarnog prelaza topline kompleksnih tvrdih tvari propisanom geometrijom i propisanim ivičnim uvjetima koji su definirani temperaturom, toplinskim tokom i radijacijom. Upotrijebljena računaska metoda je metoda konačnih elemenata (MKE), kojom se obradivani dio kontinuuma transformira u konačni broj elemenata i time poznatim brojem nepoznanica.

APPLICATION OF THE METHOD OF FINITE ELEMENTS TO THE PROBLEM OF HEAT TRANSFER WITH THE AIM OF OBTAINING TEMPERATURE RESPONSE OF CONSTRUCTIONS EXPOSED TO FIRE

A significant phase in analysis of response of constructions exposed to fire is the definition of temperature field. The knowledge of »temperature history« enables an analysis of the deformation and state of internal static quantities to be made. The paper presents a method for the determination of temperature history of a construction. To this end a variational principle of solving nonstationary transfer of heat from complex solids by prescribed geometry and edge conditions is presented. The method of finite elements is employed.

UDK 614.84:624.93.001.5 Priljeno: 1989—03—20 Istraživački rad

ANDREJ REBEC, dipl. inž.

APLIKACIJA METODE KONAČNIH ELEMENATA NA PROBLEMU TOPLNOTNEGA PREHODA S CILJEM DOLOČANJA TEMPERATURNEGA ODZIVA KONSTRUKCIJ, IZPOSTAVLJENIH POŽARU

1. UVOD

Analično določanje odziva nosilnih konstrukcij izpostavljenih požaru, obteženih s predpisano računsko obtežbo, lahko smiselno razdelimo v dva računska koraka:

- določitev temperaturnega polja izpostavljene konstrukcije in
- določitev pomikov in notranjih statičnih količin konstrukcije.

Namen tega članka je prikazati določanje »temperaturnega odziva« konstrukcije. Problem nestacionarnega prehoda toplote kompleksnih trdnih snovi s predpisano obliko in predpisanimi robnimi pogoji je analiziran z uporabo me-

V matrični obliki zapisan funkcional preide v naslednjo obliko:

$$\Omega t = \frac{1}{2} \{\Theta(t)\}^T [C] \cdot \{\Theta(t)\} - \frac{1}{2} \{\Theta(t)\}^T \cdot [K] \cdot \{\Theta(t)\} - \dots (1)$$

kjer predstavljajo:

$$[C] = \sum_{V_m} [C_m] \quad [K] = \sum_{V_m} [K_m] \quad \{Q(t)\} = \sum_{V_m} \{Q_m(t)\} \dots (2)$$

Matrika [C] je definirana kot matrika toplotne kapacitete, ki je enaka vsoti matrik toplotne kapacitete posameznih elementov z naslednjo obliko:

$$[C_m] = \int_{V_m} \rho_m(\bar{x}) C_m(\bar{x}) < b_m(\bar{x}) >^T < b_m(\bar{x}) > dV_m \dots (3)$$

V izrazu (3) predstavlja $b_m(\bar{x})$ oblikovno interpolacijsko funkcijo, matrika [K] pa je definirana kot kondukcijska matrika in je enaka vsoti kondukcijskih matrik posameznih elementov, za obliko:

$$[K_m] = \int_{V_m} [a_m(\bar{x})]^T [K^m(\bar{x})] [a_m(\bar{x})] dV_m \dots (4)$$

Vektor Q je definiran kot vektor »toplotnih« sil in je enak vsoti vektorjev toplotnih sil posameznih elementov:

$$\{Q_m(t)\} = \int_{V_m} \rho_m(\bar{x}) p(\bar{x}, t) < b_m(\bar{x}) >^T dV_m + \int_{S_m} Q_m(\bar{x}, t) \cdot n_1 < b_m(\bar{x}) >^T dS_m \dots (5)$$

S prvo variacijo enačba (1) preide v naslednjo obliko:

$$[C] \{\Theta(t)\} + [K] \cdot \{\Theta(t)\} = [C] \{\Theta(0)\} + \{Q(t)\} \dots (6)$$

Enačba predstavlja sistem linearnih enačb, kjer so neznanke temperature (funkcije časa) v vozliščih elementov.

3. ROBNİ POGOJI

3.1. POVRŠINSKI PRESTOP TOPLOTE IN RADIACIJA

Prestop toplote skozi površinske elemente konstrukcije je definiran z enačbo:

$$q = h \cdot (\Theta_e - \Theta) \dots (7)$$

kjer pomenijo Θ_e znano temperaturo medija, Θ neznano temperaturo površine elementa in h koeficient toplotnega prestopa elementa. Radiacijski del robnih pogojev pa je zajet z enačbo:

$$q = b (\Theta_e - \Theta)^n + v \sigma (a \varepsilon_f \Theta_{ac}^4 - \varepsilon_s \Theta_a^4) \dots (8)$$

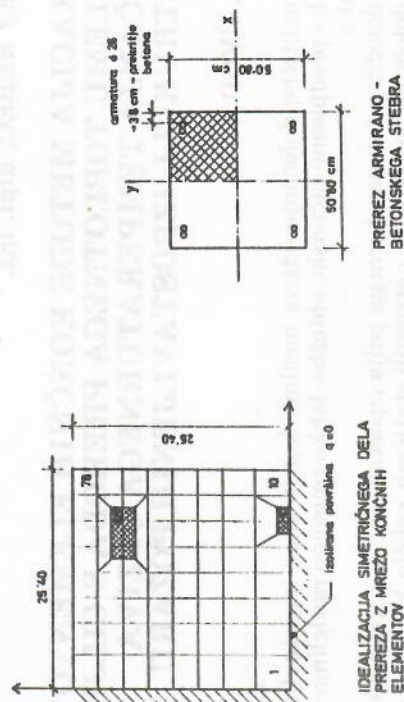
ončnih elementov (MKE). Modeliranje problemov z uporabo MKE omogoča kritizacijo dela kontinuuma v končno število elementov, s čimer prevedemo obremenitev v reševanje končnega števila časovno odvisnih neznank. Uporabljen je variacijski princip in metoda končnih elementov predstavljata učinkovito metodo za določanje temperaturnega polja v kompleksnih trdnih snoveh.

Z modeliranjem trdnih teles z MKE je telo z zvezno porazdeljeno maso razdeljeno v sistem končnih elementov. Problem toplotnega prehoda je za vsak element aproksimiran s pripadajočim temperaturnim poljem, reševanje problema prehoda toplote trdnega telesa pa preide v reševanje sistema enačb toplotnega prehoda v posameznih vozliščnih točkah.

Prednost obravnavanja problemov z MKE v primerjavi z drugimi pristopi je v tem, da metoda je popolnoma splošna in v pogledu geometrije in materialne lastnosti telesa, sestavljena iz različnih anizotropnih materialov, je mogoče uporabiti eno obravnavati. Robni pogoji v obliki podanih temperatur, toplotnega prehoda in radiacije so lahko podani kjerkoli na konstrukciji. Mogoče je matematično dokazati, da rešitev problema konvergira k ekzaktni rešitvi z naraščanjem števila uporabljenih končnih elementov (gostejša mreža), s čimer je torej mogoče doseči željen nivo natančnosti rezultatov. Analiza stacionarnega prehoda toplote z MKE generira enačbe toplotnega prehoda, ki tvorijo simetrične, polne in definitne pasovne matrike, rešljive na sorazmerno enostaven način z uporabo računalniškega spomina in časa. Nestacionaren prehod toplote je bolj kompliciran, čeprav uporaba tehnik »step by step« privede do matematično posebnih karakteristik.

2. DISKRETIZACIJA KONSTRUKCIJE NA KONČNO ŠTEVILO ELEMENTOV

Funkcional preko predpisanega dela volumna in površine kontinuuma, v katerem je opisan nestacionaren prehod toplote, je mogoče izraziti s končnim številom neznank. Tipična razdelitev osno simetričnega prereza konstrukcije v štiri-vozliščnih končnih elementov je prikazana v sliki št. 1.



Slika št. 1. Mreža končnih elementov prereza ab stebra

er pomenijo b konvekcijski koeficient, n faktor konvekcijske moči, v radiacij-
i faktor odprtosti, σ Stefan-Boltzmannovo konstanto, a absorpcijo površine, ϵ_f
nisivnost plamenov, Θ_{ac} absolutno temperaturo ognja, ϵ_s emisivnost površja,
a absolutno temperaturo površja. Vpliv naštetih robnih pogojev se manifestira
dodajanjem ustreznega dela vpliva prestopa toplote in radiacije v obliki integ-
lov po površini in volumnu k kondukcijski matriki in vektorju toplotnih sil,
ačbi (4) in (5). Ker v matričnih integralnih enačbah nastopajo površinski in
lumski integrali, mora biti predpostavljeno površinsko temperaturno polje
mpatibilno s predpostavljenim volumnskim temperaturnim poljem (oblikovne
terpolacijske funkcije).

3.2. TEMPERATURNI ROBNI POGOJI

Temperaturna distribucija (funkcija časa) je lahko določena s predpisa-
mi vozliščnimi temperaturami po površini konstrukcije. S tako definiranimi
zliščnimi temperaturami na površini preide matrična enačba (6) v obliko:

$$\begin{bmatrix} \Theta_a \\ \Theta_b \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} C_{aa} & C_{ab} \\ C_{ba} & C_{bb} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Theta_a \\ \Theta_b \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} K_{aa} & K_{ab} \\ K_{ba} & K_{bb} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \Theta_a \\ \Theta_b \end{bmatrix} \quad \dots (9)$$

er so Θ_a neznanne temperature, Θ_b znane temperature, Q_a vektor zna-
»toplotnih« sil in Q_b vektor neznanih »toplotnih« sil. Prvi parcialni del
trične enačbe (9) lahko napišemo kot:

$$[C_{aa}] \{\Theta_a\} + [K_{aa}] \cdot \{\Theta_a\} = \{Q_a\} + [C_{aa}] \{\Theta_a(0)\} \quad \dots (10)$$

er je vektor Q_a definira z:

$$\{Q_a\} = \{Q_a\} - [Cab] \{\Theta_b\} - [Kab] \cdot \{\Theta_b\} + [Cab] \{\Theta_b(0)\} \quad \dots (11)$$

Matrika efektivnih toplotnih sil Q_a je s tem popolnoma definirana, tako
je mogoče enačbo (10) rešiti s standardnimi tehnikami. Če nas zanimajo nez-
ne toplotne sile Q_b , ki so povezane s podanimi vozliščnimi temperaturami,
lahko izračunamo direktno iz drugega parcialnega dela enačbe (10).

4. REŠEVANJE PROBLEMA S TEHNIKO »STEP BY STEP«

Vozliščne temperature sistema končnih elementov morajo, upoštevaje
nperaturne robne pogoje in robne pogoje toplotnega toka ter radiacije, zado-
ti enačbi (11). V tej enačbi lahko nastopa nekaj sto neznanek za tipičen pro-
m reševanja z MKE, zato pristop reševanja te enačbe s »termično modalno
analizo« in problemom »lastnih vrednosti« ni praktičen zaradi izredno velikega
vila numeričnih operacij.

Enačbo (11) je mogoče reševati s »step by step« tehniko, vendar je v ta
nen potrebno enačbo napisati v naslednji obliki:

$$\{\Theta(t)\} + [K] \{\Theta(t)\} = [C] \{\Theta(t - \Delta t)\} + \{Q(t)\} \quad \dots (12)$$

V časovnem intervalu $(t, t - \Delta t)$ je vozliščni vektor temperatur mogoče izraziti
z:

$$\{\Theta(\xi)\} = \{F\} + [\xi - (t - \Delta t)] \{F_2\} \quad \dots (13)$$

Izvednotenje vektorja toplotnih sil zahteva časovno integracijo toplotne-
ga toka in konvekcijskih ter radiacijskih robnih pogojev, kakor tudi volumnsko
generirane toplote konstrukcije. Za našete spremenljivke predpostavimo li-
nearno spreminjanje v časovnem intervalu $(t, t - \Delta t)$. Z upoštevanjem teme-
ratur na krajišnih intervala, ki zagotavlja kontinuiteto temperaturnega polja v
odvisnosti od časovnih spremenljivk, lahko odvisnost vozliščnih vektorjev tem-
peratur zapišemo z naslednjo enačbo:

$$\{\Theta(t)\} = \frac{(t - \xi)}{\Delta t} \{\Theta\}_{t-\Delta t} + \frac{[\xi - (t - \Delta t)]}{\Delta t} \{\Theta\}_t \quad \dots (14)$$

Z vstavljanjem te enačbe v enačbo (12) dobimo naslednjo matrično enač-
bo sistema končnih elementov:

$$\begin{aligned} ([C] + \frac{1}{2} \Delta t [K]) \{\Theta\}_t &= ([C] - \frac{1}{2} \Delta t [K]) \{\Theta\}_{t-\Delta t} + \\ + \frac{1}{2} \Delta t \{\Theta\}_t + \frac{1}{2} \Delta t \{\Theta\}_{t-\Delta t} & \quad \dots (15) \end{aligned}$$

V preglednejši obliki lahko to enačbo zapišemo tudi kot:

$$[\bar{K}] \{\Theta\}_t = \{Q\}_t \quad \dots (16)$$

kjer predstavljajo:

$$\{\Theta\}_t = \frac{1}{2} \{\Theta\}_t + \frac{1}{2} \{\Theta\}_{t-\Delta t}$$

$$[\bar{K}] = [K] + \frac{2}{\Delta t} [C]$$

$$\{\Theta\}_t = \frac{1}{2} \{\Theta\}_t + \frac{1}{2} \{\Theta\}_{t-\Delta t} + \frac{2}{\Delta t} [C] \{\Theta\}_{t-\Delta t}$$

V naslednji tabeli so v zgoščeni obliki zbrani posamezni koraki uporablje-
ne tehnike »step by step«.

TABELA ŠT.1

ZAČETNI RAČUNSKI KORAKI:

1. določitev matrik $[C]$ in $[K]$ in vektorja toplotnih sil Q .
2. upoštevanje vseh robnih pogojev
3. določitev $[\bar{K}]$

$$[\bar{K}] = [K] + \frac{2}{\Delta t} [C]$$

4. transformiranje matrike $[K]$ v trikotno obliko

1. izračunati $\{Q_i\}$

$$= \frac{1}{2} \{Q\}_t + \frac{1}{2} \{Q\}_{t-\Delta t} + \frac{2}{\Delta t} [C] \{\Theta\}_{t-\Delta t}$$

2. definirati $\{\Theta_i\}$

$$t = \frac{1}{2} \{\Theta\}_t + \frac{1}{2} \{\Theta\}_{t-\Delta t}$$

3. izračunati $\{\Theta_i\}$ z reševanjem sistema

$$\{\Theta_i\} = \{Q_i\}$$

4. izračunati $\{\Theta_i\}_t$

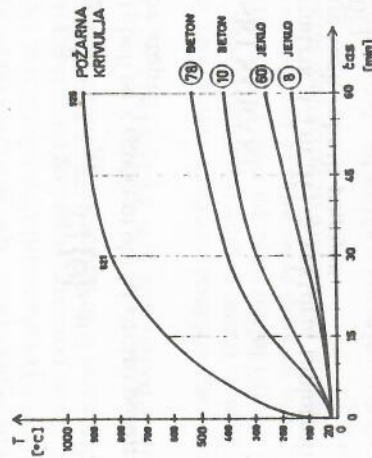
$$t = 2 \{\Theta_i\}_t - \{\Theta_i\}_{t-\Delta t}$$

5. povoviti postopek za naslednji časovni interval.

Postopek nadaljujemo do željenega časa in definiranega vektorja toplot-sil in pripadajočih robnih pogojev.

5. PRIMER DOLOČANJA TEMPERATURNE »ZGODOVINE« PREČNEGA PREREZA AB STEBRA, IZPOSTAVLJENEGA POŽARU

Prikazana je »temperaturna« zgodovina a.b. stebra pravokotnega pre- ga prereza. Skica »razdelitve« stebra v sistem končnih elementov je pri- ka v sliki št. 1. Zaradi simetrije prereza in prostorsko konstantne razporeditve peratur v danem času požarnega ambienta, lahko analiziramo le simetrično tino obravnavanega prereza stebra.



ČASOVNA ZGODOVINA PREREZA ARMIRANOBETONSKEGA STEBRA

Slika št. 2. Naraščanje temperatur izbranih končnih elementov št. 8, 10, 60 in 78

Prerez je razdeljen v mrežo končnih elementov, ki je na robu prereza gos- tejša zaradi pričakovanega večjega temperaturnega gradienta, v sredini stebra pa jeredkejša. Armaturne palice so bile idealizirane s pravokotnim prerezom ($r = 0.89d$).

Robni pogoji požara so bili simulirani z nelinearnim modelom, z emisiv- nostjo betona $\epsilon_s = 0.9$ in emisivnostjo plamenov $\epsilon_f = 0.3$. V sliki št. 2 so prikazani rezultati analize, izdelane z računalniškim programom FIRES T3 v obliki tem- peraturno časovnih odvisnosti končnega elementa št. 78 (robni zunanji ele- ment), končnega elementa št. 10 (sredinski element) in dveh končnih elemen- tov, ki predstavljata armaturni palici št. 8 in št. 60.

6. ZAKLJUČEK

V članku prikazano določanje temperaturnega polja po obravnavanem elementu ali konstrukciji predstavlja vmesno fazo analize požaru izpostavljene- ga elementa ali konstrukcije. Začetno fazo predstavlja določitev temperatur dimnih plinov v požarnem sektorju. Odvisno od pristopa k projektiranju so te temperature lahko: – določene s standardi (standardni požar) ali

– definirane s karakteristikami dejanskega požarnega sektorja. Končno fazo, v kateri je analizirano stanje pomikov in notranjih statičnih količin, je mo- goče izvesti s poznavanjem rezultatov prvih dveh faz. V svetu obstojajo paketi kompatibilnih računalniških programov, ki omogočajo kompletno analizo pož- aru izpostavljenih konstrukcij.

Prikazan način analize nestacionarnega toplotnega prehoda kompleksnih trdnih teles (konstrukcij) je bil izvršen z uporabo MKE. Metoda ima proti dru- gim numeričnim pristopom prednosti, ker omogoča nelinearno analizo nasled- njih spremenljivk:

- toplotnih karakteristik konstrukcije,
- temperatur ambienta,
- robnih pogojev izpostavljenosti in
- geometrije konstrukcije.

Uporabljena tehnika »step by step« je stabilna in omogoča reševanje več- jih časovno odvisnih problemov.

Andrej Rebec, dipl. inž.
Zavod za raziskavo materiala in kon-
strukcij, Ljubljana

- M. Becker and B. Bresler, Reinforced Concrete Frames in Fire Environments, Journal of the Structural Division, January 1971.
- C. Zienkiewicz, P. Mayer, Y. K. Cheung, Solution on Anisotropic Seepage Problem by Finite Elements, A. S. C. E., Journal of Engineering, Mechanics Division, Vol. 92, 1966.
- H. Argyris, C. Mareczek, and D. W. Scharpe, Two and Three Dimensional Flow Using Finite Elements, Journal of Royal Aeronautical Society, Vol. 73, 1969.
- L. Wilson, K. J. Bathe, and F. E. Peterson, Finite Element Analysis of Linear and Nonlinear Heat Transfer.
- J. Bathe and E. L. Wilson, Numerical Methods in Finite Element Analysis, Prentice Hall, Inc, Englewood Cliffs, New Jersey 1976.
- Iding, B. Bresler, Z. Nizamuddin, Fires-T3 A, Computer Program for the Fire Response of Structures - Thermal (three dimensional version), Structural Engineering and Structural Mechanics Department of Civil Engineering, University of California, Berkeley, October 1977.
- Anderberg and N. E. Forsen, Fire Resistance of Concrete Structures, Nordic Concrete Research Committee 1982.
- E. Magnusson and S. Thelander, Temperature Time Curves of Complete Process of Fire Development, Division of Structural Mechanics and Concrete Construction, Lund Institute of Technology, Stockholm 1970.

TESTIRANJE I KLASIFIKACIJA POŽARNO—OTPORNIH VRATA

Ako se Jugoslavija želi uključiti u jedinstveno tržište Evropske ekonomske zajednice, neophodno je slijediti zahtjeve propisa važećih u državama EEZ. U postupku uskladjivanja, među ostalim je i propis za ispitivanje požarne otpornosti vrata. Prijedlog postupka po EUR 8750, kao i JUS U. J1.160, ima određene nedostatke, koji će biti do 1992. godine vjerovatno otklonjeni.

TESTING AND CLASSIFICATION OF FIRE—RESISTANT DOORS

If Yugoslavia is to be included in the common market of European Economic Communities, it is necessary he follows requirements of the existing EEC regulations. Among the regulations to be harmonized is the regulation concerning the testing of fire resistance of doors. The EUR 8750 draft proposal, as well as JUS U. J1. 160 have some deficiencies which will presumably be eliminated by 1992.

UDK 614.84:624.028.1.001.5 Primljeno: 1989—03—20 Pregledno-istraživački rad

MILAN HAJDUKOVIĆ, dipl. inž.

TESTIRANJE IN KLASIFIKACIJA POŽARNO ODPORNIH VRATA

1. UVOD

Zgrade so v smislu požarne varnosti i pregrajene s požarno odpornimi obodnimi konstrukcijami na manjše požarne sektorje. Tudi v takih zidovih so nujne odprtine, ki omogočajo komunikacijo med posameznimi oddelki. Te odprtine morajo biti zavarovane s požarno odpornimi zapornimi sredstvi, ki obodnega zidu požarnega oddelka v smislu požarne odpornosti ne zmanjšajo, največkrat pa morajo zadostiti tudi pogojem zvočne in toplotne zaščite, poleg tega pa še zaščitne lastnine.

Pod izrazom "zaporno sredstvo" so v tem sestavku mišljene naslednje vrste vrat:

- eno in dvokrilna vrata,
- eno in dvokrilna nihajna vrata,
- eno in dvokrilna drsna vrata,
- drsna vrata z vgrajenimi dodatnimi vrati,
- dvizna vrata (eno ali dvokrilna),
- rolo vrata in
- vrata za dvigala različnih izvedb.

Do leta 1992 morajo imeti države članice EGS usklajene tudi vse predpise, zato so se že septembra 1987 v Luxemburgu sestali predstavniki držav članic EGS z namenom, da uskladijo nacionalne predpise na področju testiranja in klasifikacije požarno odpornih vrat. V tem sestavku bo poleg vloge vrat v primeru požara podana tudi priporočila veljavne regulative v nekaterih državah EGS in Jugoslaviji, v skrajšani obliki pa bo podan predlog za usklajeni testi in klasifikacijski postopek EUR 8750.

2. VLOGA VRAT V PRIMERU POŽARA

V požaru se zaradi razkroja različnih gorljivih materialov razvija toplota in dimeni. Dim je disperzija trdnih in tekočih delčkov v plinih, ki nastajajo ob pirolizi in gorenju organskih materialov. Plini so lahko odvisno od načina zgorevanja različnih materialov le rahlo dražljivi ali pa visoko toksični. Vsekakor predstavljajo ob nastanku požara velik problem za vse prisotne.

Že v začetni fazi požara, se vroči dimni plini dvigujejo dokler ne naletijo na ovin največkrat strop prostora v katerem je požar nastal. V majhnem prostoru višina cone zelo hitro narašča, dokler ne doseže vrat. Če so ta odprta, se dim hitro razširi v ostale prostore, s tem pa že ogroža evakuacijo in zmanjšuje možnost gašenja. Plini dovolj vroči, lahko prenesejo požar v sosednji prostor. Če so vrata prostora odprta, bo požar nastal zaprta, se bo celoten prostor hitro napolnil z dimom, temperem in zaradi ekspanzije plinov se bo tlak v prostoru zvišal.

Nadtlak bo najvišji tik pod stropom, najnižji pa na tleh — največkrat bo tam pod nadtlakom tlačna os bo nekje v srednji tretjini višine prostora. Skozi vse odprtine odhodnih zidovih sobe, ki se nahajajo nad nevtralnno osjo, bodo začeli uhajati dimni plini, to pa pomeni, da bodo izhajali tudi skozi pripiro v zgornjem delu vrat. Z nadaljnjim razvojem požara bodo vrata izpostavljena tudi višjim temperaturam. Pri tem bo do gorenja gorljivih delov vrat in do njihove deformacije. Prepustnost plinov pri pripiro bo odvisna od velikosti odprtih (posledica deformacij) in od tipa tesnila. Požar polno razviti, so vrata izpostavljena visokim temperaturam (nad 600 st. C), na se bodo progresivno slabšala. Možnost vrat, da v teh pogojih preprečijo prehod dimnih plinov in požara je odvisna od konstrukcije vrat in od prisotnosti temperaturno obstojnega tesnila.

Na osnovi zgoraj navedene kratke analize lahko rečemo, da so glede požarne varnosti zahtevani trije tipi vrat:

- dimotesna vrata (to so vrata, ki zmanjšujejo prehod dima pri temperaturah do 250 C),
- požarno odporna vrata (preprečujejo razširitev požara pri pogojih polno razvitega požara), in
- dimotesna požarno odporna vrata (preprečujejo prehod dima in razširitev požara).

2.1. ZNAČILNOSTI DIMOTESNIH VRAT

Dimotesna vrata zmanjšajo izhajanje dima na sprejemljivo mejo pri specifičnih tlakih in temperature na eni strani vrat. Stopnja prehajanja dima je odvisna od vrste priprave med krilo in podbojem, ter od razlike tlakov na obeh straneh vrat. Tlak odvisen od večjih faktorjev: ventilacije prostorov, efekta dinamika v visokih zgradbah in ekspanzije plinov v požaru. Gradient tlaka po višini vrat je odvisen od gibanja dima v prostoru, kjer je požar.

Zaradi porasta temperature se vsa vrata bolj ali manj deformirajo, zaradi česar se povečana izhajanja plinov. Če so vrata kovinska, pride zaradi razširitve krila do zmanjševanja priprave in s tem do zmanjševanja količine izhajajočih plinov. Vrata narejena iz gorljivih materialov, nastopi zaradi vročine razgradnja materialov in s tem povečanje količine dimnih plinov. Produkt razgradnje je dim, ki sili na odprtino stran vrat. Kontraktacija dima na neizpostavljeni strani vrat se zmanjšuje z odprtostjo, ker pride do mešanja dima s svežim zrakom. Pri tem se dim tudi ohladi, njegove plinov je upočasnjeno, to pa povzroča povečanje višine dimnega sloja.

Mnoge preiskave so pokazale, da je količina dimnih plinov na neizpostavljeni strani, ki se pojavlja pri vratih izdelanih iz negorljivih materialov veliko manjša, kot pa pri vratih izdelanih iz gorljivih materialov.

2.2. ZNAČILNOSTI POŽARNO ODPORNIH VRAT

Teoretično so vrata izpostavljena enakim pogojem požara kot stena, ki omejuje širjenje požara. Pogoji požara so podani s standardom *JUS U. J1. 070 (ISO 834 ali EUR 8750)*. Kriteriji zadovoljevanja zahtev se nanašajo na integriteto in izolacijsko sposobnost vrat. Vrata imajo v smislu požara več slabih točk: zračnost med krilom in podbojem, ter prisotnost toplotnih mostov (ključka, ključavnica, tečaji, ...). Zelo so podvržena deformacijam. Če so vrata na treh tečajih, na nasprotni strani pa so zaprta le v sredini, ostanejo velike površine, ki se lahko prosto deformirajo. Način deformacije je zelo odvisen od smeri odpiranja vrat, oz. od strani, ki je izpostavljena požaru in od materialov iz katerih je narejeno krilo. Če se vrata odpirajo proti ognju in če je izpostavljena stran krči (lesena vrata), se bo spodnji in zgornji vogal deformiral v smeri proti ognju, s tem pa se bo povečala zračnost. Nasprotno se dogaja s kovinskimi vrati. Pri teh se izpostavljena stran razširi. To pomeni, da se bo zračnost vrat povečevala le v primeru, če se odpirajo v smeri od ognja.

Test integritete vrat pri preiskavi požarne odpornosti temelji le na možnosti vžiga bombažne blazinice — ali so izhajajoči plini dovolj vroči, da povzročijo vžig suhe vate iz čistega bombaža.

Za merjenje količine izhajajočih plinov bi bilo potrebno na neizpostavljeni strani vrat narediti komoro določene velikosti, v kateri bi se merila količina in gostota dima.

Stopnja izolativnosti požarno odpornih vrat je bila vedno vprašljiva. Nekateri vztrajajo na tem, da vrata ne smejo biti slabša od zahtev za zid v katerega so vgrajena, drugi pa so mnenja, da so vrata lahko slabša, ker predstavljajo le del zidu in v stiku z vrati ne more biti noben gorljiv material, ker mora biti prostor ob vratih tako in tako prost. Nekateri so šli v tem tako daleč, da v gradbeno požarnih predpisnih sploh ne zahtevajo toplotno izolativnih vrat (Anglija, Nizozemska). Če smatramo, da v bližini vrat res ni gorljivih materialov, potem lahko dopustimo določene olajšave glede toplotne izolativnosti vrat. Če temperatura na neizpostavljeni strani vrat naraste na okoli 300 C, je težko verjetno, da se bo material v oddaljenosti 50 cm vnel. Tudi ni potrebno vzeti v ozir lokalna pregrevanja (vijaki, ...), če se meri celotno toplotno sevanje s površine vrat. Glede na zgoraj navedeno, bi lahko razlikovali izolativna in neizolativna vrata, zahtevate pri testiranju izolativnih vrat pa bi lahko omolili.

Vsa požarna vrata morajo biti opremljena z mehanizmom za prisilno zapiranje, ki zagotavlja, da so vrata zaprta, če niso v uporabi, ali pa da se v primeru požara zapro. Odprta ali slabo zaprta vrata ne predstavljajo oviro širjenju dima in požara.

2.3. VRATA ZA DVIGALA

Vrata za dvigala predstavljajo poseben primer požarnih vrat. Ponavadi so vgrajena v požarno odporen jašek. Požaru so lahko izpostavljena le z zunanje strani saj ni verjetno, da bi bil izvor požara v dvigalnem jašku, če pa bi že bil, je njegova intenzivnost majhna. Ta vrata je potrebno testirati na vpliv požara le z zunanje strani — s strani hodnika. Toplotna izolativnost vrat ni kritična, vpliv na gorljiv material v jašku pa se lahko oceni na osnovi meritev toplotnega sevanja. Test integritete vrat s pomočjo bombažne blazinice ni primeren, zato se uporablja za oceno vpliva izhajajočih vročih dimnih plinov baldahin.

3. PRIMERJAVA NACIONALNIH PREDPISOV TESTIRANJA

V tej točki bodo podane glavne značilnosti postopkov testiranja po ISO 3008, v Jugoslaviji (JUS U.J1.160) in v naslednjih državah:

- Velika Britanija (GB) BS Part 8 (1972), Part 20, 21, 22 (87)
- Zahodna Nemčija (D) DIN 4102, Teil 5
- Francija (F) Arrête du Ministere de l'interieur
- Nizozemska (NL) NEN 3885
- Belgija (B) NBN 713.020 (1982)
- Danska (DM) DS 1051.2 (1980), NT Fire 008

Požarna komora

Povsod uporabljajo enako peč kot za perciskavo zidov (3x3m). Pogoji v peči:

	Nadtlak:	Število termoparov
ISO	0 na 1/3 višine vrat	6
YU	0 na 1/3 višine vrat	6
GB	15 + —5 Pa na zg. robu vrat	1/1,5 m2
D	10 + —2 Pa na zg. robu vrat	6
F	10 + —5 Pa na zg. robu vrat	4—6
NL	odvisno od zahtev	12
B	20 Pa na zg. robu vrat	10
DM	0 na 1/3 višine vrat	6

Temperatura v peči mora slediti standardni požarni krivulji, ki je opisana tudi v JUS U.J1.070.

Pred testom požarne odpornosti je potrebno po nekaterih predpisih opraviti tudi funkcionalno preiskavo vrat z večkratnim odpiranjem in zapiranjem:

D:	5000 x
F:	2000 x za nihajna in 400 x za drsna vrata
DM:	10000 x

V ostalih obravnavanih državah ta preizkus ni potreben.

Potrebne meritve pri preiskavi požarne odpornosti vrat

	termopari		integriteta		deformacije	
	fiksni	prečni	bombažna	blazinica	bombažna	drugače
ISO	da	da	da	da	nc	nc
YU	da	da	da	da	da	da
GB	da	da	da	150x6 mm	nc	nc
D	da	nc	da	nc	da	da
F	da	da	da	plamenček	nc	nc
NL	da	da	da	deformacije	da	da
B	da	nc	nc (druga oblika)	nc	nc	nc
DM	da	nc	da	nc	da	da

*Testirati se mora največja velikost iz dimenzijske skupine vrat

Število testnih vzorcev

Število vzorcev vrat, ki jih je potrebno preiskati je odvisno od simetričnosti vrat in od poznavanja strani, ki se v požaru obnaša slabše.

	Vrata so simetrična		Vrata so asimetrična	
	ne omenja	znana	slabša stran je neznana	neznana
ISO	nc omenja	1	2	2
YU	nc omenja	2	2	2
GB	1	1	2	2
D	2	2	2	2
F	1	1	2	2
NL	1	—	2	2
B	1	1	2	2
DM	1	1	2	2

Stran, ki velja za slabšo, oziroma se izpostavi požaru:

ISO in JUS te možnosti ne omenja (preiskati je potrebno obe strani).

	tečaji ali mehanizem na nasprotni strani od ognja (vrata se odpirajo v smeri od ognja)	tečaji ali mehanizem v ognju (vrata se odpirajo v smeri proti ognju)
OdO		
PrO		
Gb	enokrilna dvokrilna les: OdO in PrO ostalo: OdO	nihajna drsna OdO, PrO
D	OdO	OdO
F	les: PrO les: OdO ostalo: OdO, PrO	OdO, PrO
NL	OdO, PrO	OdO, PrO
B	OdO	OdO, PrO
DM	OdO	OdO

Veljanost preiskave za druge dimenzije vrat:

ISO in JUS te možnosti ne omenja

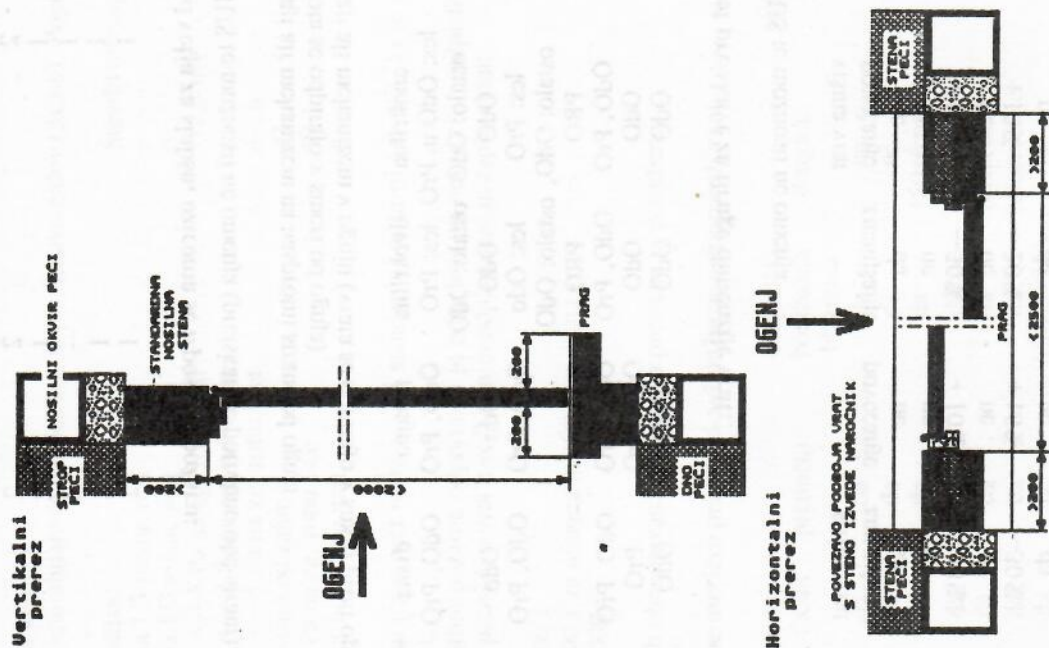
	višina vrat		širina vrat	
	povečanje	zmanjšanje	povečanje	zmanjšanje
GB	nc	da	nc	da
D	nc	nc	nc	nc*
F	+10%	—30%	+10%	—30%
NL	nc	nc	nc	nc
B	+10%	—20%	+16%	—30%
DM	nc	da	nc	da

4. PREGLED PREDLOGA USKLAJENEGA POSTOPKA TESTIRANJA KLASIFIKACIJE POŽARNO ODPORNII VRAT S KOMENTARJEM GLEJ NA ZAHTEVE JUS U. J1.160

V tej točki so podane glavne značilnosti postopka testiranja po predloženi normi R 8750 s komentarjem in primerjavo postopka po JUS U. J1.160. Podano je tudi nje glede potrebne spremembe JUS-a.

4.1. PRIPRAVA VZORCA

Vzorec vrat ali sredstva za zapiranje mora biti enak kot se uporablja v praksi in imeti kompletno opremo (kavali, ključavnica, mehanizem za prisilno zapiranje



Slika 4.1: Način vgradnje vrat v požarno komoro

je...), vse, ki bi lahko kakorkoli vplivalo na rezultate preiskave. Vzorec vrat, ki ne more biti testiran v naravni velikosti, ne sme biti nižji od 2,8 m in ožji od 2,6 m. Nastavitev kril mora biti taka kot v praksi — z enako velikostjo pripric. Če zračnost ni definirana, ne sme biti manjša od 3 mm.

Način vgradnje vrat mora biti enak kot v praksi. Če se vrata vgrajujejo le v betonsko ali zidano steno, se vrata za testiranje lahke vgradijo v zid iz penjenega betona debeline 150 mm, če požarna odpornost ni večja od 2 h in če nosilnost to dopušta. Če se vrata v praksi vgrajujejo v drugačne stene — to velja predvsem za montažne predelne stene — morajo biti vrata za testiranje vgrajena v steno v katero se bodo kasneje vgrajevala, pri tem pa požarna odpornost stene ne sme biti manjša od odpornosti vrat. Prag mora biti ponazorjen z ngorljivo ploščo, ki je na vsaki strani krila širok vsaj 200 mm. Stena z vrati mora biti vgrajena v tog okvir.

JUS U. J1.160: V tej točki je naš standard dovolj dorečen in je dovolj podoben predlogu EUR 8750. Vrata za testiranje v laboratoriju ZRMK se običajno vgrajujejo v betonsko steno. V taki steni so vrata trdnjeje vgrajena in je deformacija podboja onemogočena, s tem po pridejo do večjega izraza relativna deformacije krila vrat glede na podboj. Če je debelina betona le 10 cm, lahko pride do velikih deformacij stene (izbočenost v smeri proti ognju), kar v nekaterih primerih ugodno vpliva na obnašanje vzorca. Če se za kriterij izolativnosti upošteva tudi porast temperature na podboju, je vgradnja v beton ugodnejša, ker je skozi beton večji odvod toplote kot skozi penjeni beton. Smatram, da lahko naš standard v tej točki ostane tak kot je, ta problem pa bi se reševal v postopku atestacije oz. izdaje potrdila o požarni odpornosti vrat.

4.2. KONDICIONIRANJE

Kondicioniranje vzorca mora biti v skladu z EUR 8750 — del 2, točka 4.5.

4.3. PREDHODNE PREISKAVE

Teh preiskav JUS U. J1.160 sploh ne omenja, zato bi ga bilo potrebno ustrezno dopolniti, ker so zelo pomembne. S testom funkcionalnosti se n.pr. dokazuje, da so vrata funkcionalno zanesljiva tudi po določenem času uporabe.

4.3.1. Konstrukcija vrat

Večkrat ni možna popolna kontrola vrat glede na tehniško dokumentacijo, ki jo mora dati izdelovalec vrat. Laboratorij mora potrditi identičnost testnega vzorca, za to pa so na razpolago dve metodi:

- ogled proizvednega postopka, ali
- naročnik dostavi dodatni vzorec od katerih laboratorij enega izbere za verifikacijo konstrukcije.

4.3.2. Meritve zračnosti in velikosti pripir

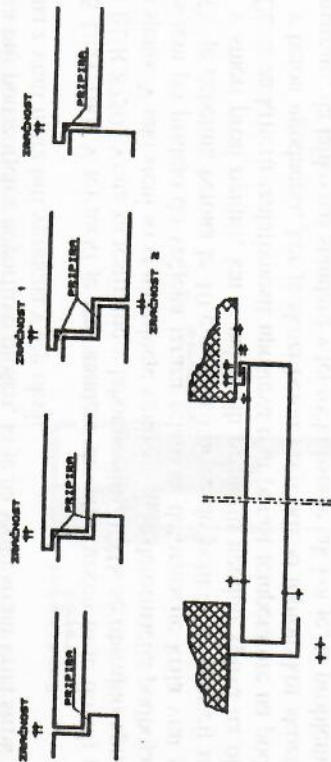
Pred preiskavo požarne odpornosti se morajo opraviti meritve zračnosti z natančnostjo 0,5 mm. Meritve se opravijo na način prikazan v naslednji skici:

4.3.3. Test funkcionalnosti

Vrata, ki imajo mehanizem za prisilno zapiranje, morajo biti nastavljena tako, da največje zapiralno silo. Taka vrata se 5000x izpostavijo izmeničnemu odpiranju in anju tako, da se jih odpre za kot 50 stopinj, zaprejo pa se zaradi delovanja meha-

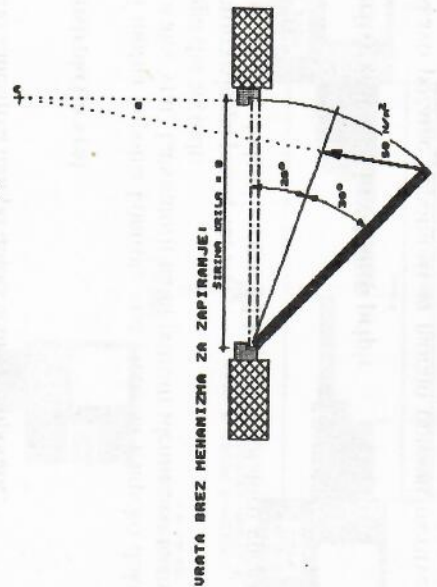
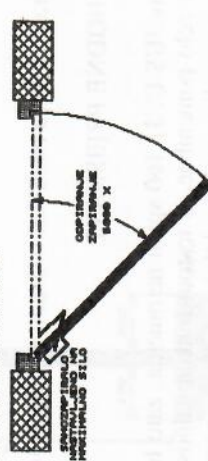
a. Vrata, ki nimajo mehanizma za prisilno zapiranje, se zapirajo s silo cneko 50 2 krila vrat.

Med tem testom se mehanizem, ki drži vrata zaprta (ključavnica, zapah, ...), od-



Slika 4.2: Način merjenja zračnosti med vrati in podbojem, ter med kriloma

URATA Z MEHANIZMOM ZA ZAPIRANJE



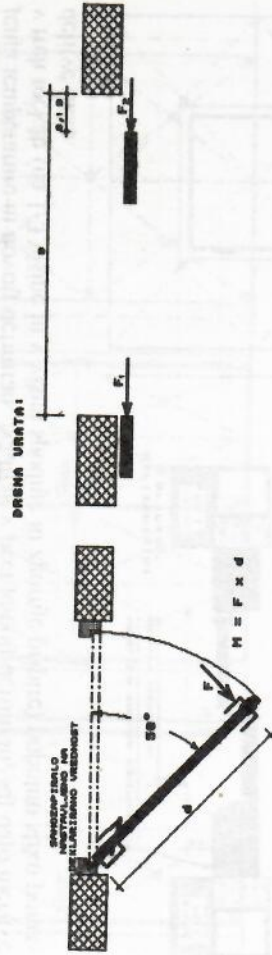
Slika 4.3: Postopek cikličnega zapiranja vrat

Ni jasno zakaj je predlagana sila zapiranja pri vratih brez mehanizma za zapiranje 50 N/m², če je znano, da je moment običajnega mehanizma za zapiranje le okoli 4 Nm. To pomeni pri vratih v velikosti 2 m² približno 25x manjšo silo.

Tudi ni razumljivo, da se med testom funkcionalnosti odstrani ključavnica. Če ta ni predmet preiskave, lahko med tem testom pride le še do poškodb izolacijskega sloja — mineralna volna se lahko posode, ... vendar pa je to le malo verjetno.

4.3.4. Sila zapiranja

Po cikličnem testu se izmeri sila zapiranja. Naročnik preiskave lahko mehanizem za zapiranje nastavi na deklarirano vrednost.



Slika 4.4: Merjenje sile zapiranja

4.4. POŽARNI PREIZKUS

Celotna površina vzorca skupaj z minimalno širino nosilne konstrukcije (200 mm) mora biti izpostavljena standardnemu požaru. Istočasno se lahko testirata dva vzorca (požaru sta izpostavljeni obe strani), če je izpolnjena zahteva, da zid med obema vrati širok vsaj 200 mm.

Testira se lahko samo en vzorec, če je izpolnjen vsaj en od naslednjih pogojev:

- v praksi bo požaru lahko izpostavljena samo ena stran,
- popolna simetrija vrat (n.pr. pri nihajnih vratih) ali
- stran, ki se izpostavi požaru je evidentno slabša glede na obnašanje v požaru, kar je možno določiti na osnovi izkušenj pri testiranju podobnih vrat.

Pred požarnim testom se vrata odpre in pusti, da se zaprejo zaradi delovanja mehanizma za zapiranje, če pa tega ni, se jih zaloputne. Če se vrata pri tem ne zaprejo pravilno, se da naročniku preiskave možnost, da jih nastavi. V tem primeru se ponovo opravi merjenje sile zapiranja.

Vrata med požarnim preizkusom ne smejo biti zakljenjena, če ni to edini način, da ostanejo zaprta.

JUS U.JI.160: Standard ne predvideva možnost testiranja le enega vzorca. Če se testira tako, da je standardnemu požaru izpostavljena le ena stran, govori o nepopolni klasifikaciji. Smatram, da bi možnost testiranja samo ene strani morali dodati, seveda ob navedenih pogojih. S tem bi zmanjšali stroške preiskave.

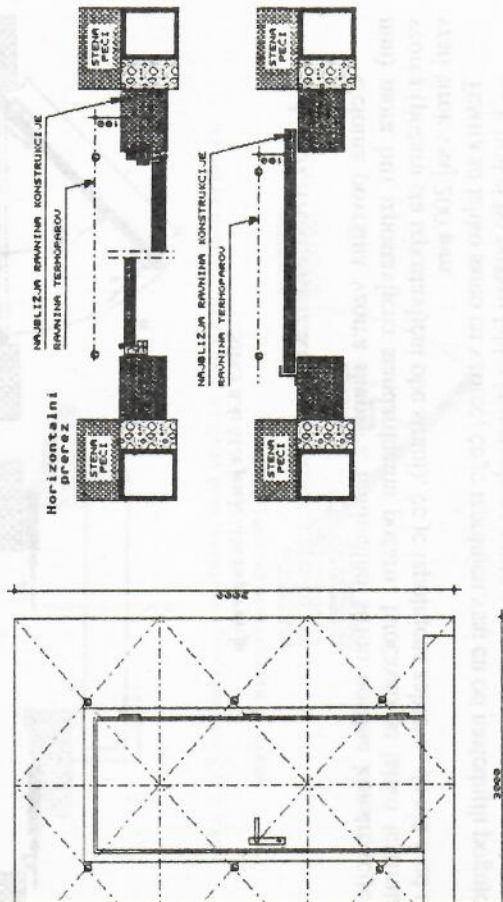
V standardu tudi ni omenjen način zaprtja vrat pred testom — požarno odporna vrata, ki med požarom ostanejo odprta, ne preprečujejo širjenja požara.

4.5. POGOJI V POŽARNI KOMORI

— Temperatura v peči:
 Temperatura v požarni komori se mora meriti z najmanj enim termoparom na 1,5 m od stene konstrukcije. Termopari morajo biti enakomerno razporejeni 100 mm od stene konstrukcije.

— Tlak v peči:
 Tlak v peči mora biti kontroliran tako, da je na 1/3 višine vrat tlak enak okoliskemu tlaku, se razlikuje za največ 2 Pa.

JUS U.J1.160: Je popolnoma primerljiv z navedenimi pogoji, čeprav način meritve temperature ni dovolj definiran. Nadtlak v peči je bolj definiran, saj dajo meritve na točkah (na 1/3 višine in v višini spodnje in zgornje pripre) popolno sliko porazdelitve tlaka.



Slika 4.5: Skica mernih mest v peči

4.6. MERITVE NA VZORCU

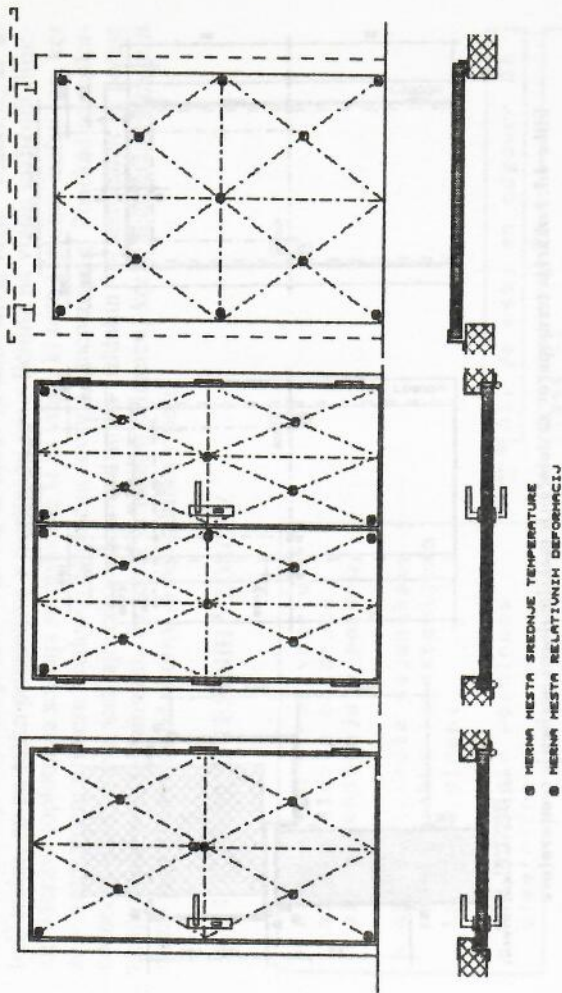
4.6.1. Temperatura na površini vzorca

— Srednja temperatura neizpostavljene strani vzorca
 Na vsako krilo vrat se mora namestiti najmanj 5 termoparov: en v središču in po sredini vsake četrtine krila. Termopari morajo biti oddaljeni vsaj 50 mm od ojačitve toplotnega mostu in najmanj 100 mm od roba krila. Če je vratno krilo narejeno iz več delov z različno toplotno prevodnostjo, morajo biti na vsaki taki površini enakomerno razporejeni vsaj 4 termopari. V tem primeru so potrebni osnovni terponari. Če je celotna površina druge toplotne prevodnosti šla od 0,25 m², se na tej površini temperatura ne meri.

— Maksimalna temperatura na neizpostavljeni strani vzorca

a) Termopari na podboju

Termopare je potrebno namestiti v sredini obeh vertikal podboja in na zgornji horizontalni (glej sl. 4.7). Termopari označeni s črko A morajo biti postavljeni čim bližje stiku med krilom in podbojem, termopari označeni s črko B pa čim bližje stiku med podbojem in steno, vendar pri tem razdalja med termopari in svetlo odprtino vrat ne sme biti večja od 100 mm.



Slika 4.6: Merna mesta za določanje srednjega povišanja temperature na enokrilih, dvokrilih in drsnih vratih

Ostale termopare se postavi na katerokoli točko, na kateri se pričakuje povišana temperatura.

b) Termopari na krilu vzorca

Termopare je potrebno namestiti v sredini obeh vertikalnih robov in na zgornjem robu kril vrat (glej sl. 4.7). Termopari označeni s črko A morajo biti postavljeni čim bližje stiku med krilom in podbojem, termopari označeni s črko B pa v razdalji 100 mm.

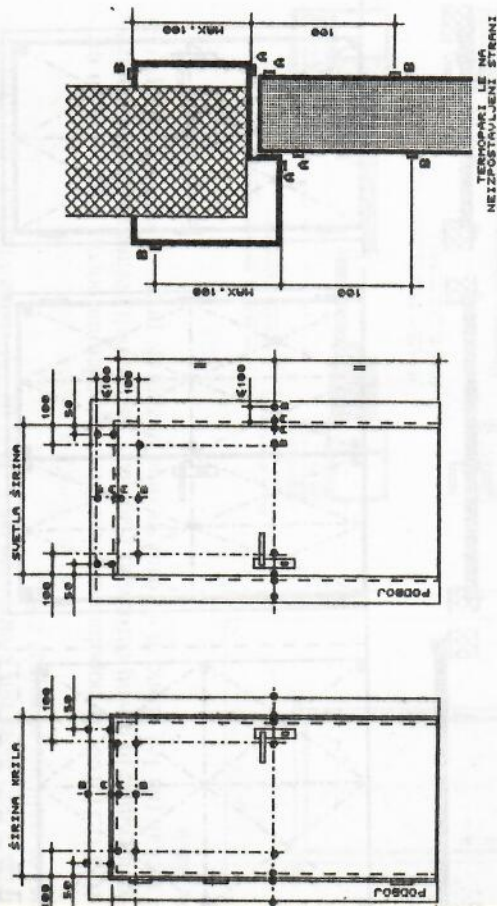
Ostale termopare se postavi na katerokoli točko, na kateri se pričakuje povišana temperatura.

c) Termopari na zasteklitvi ali stranskemu panelu

Dodatne termopare se lahko postavi tudi na zasteklitve ali stranske panele konstrukcije vrat (to pride v poštev v primeru toplotno izolativnega stekla).

JUS U.J1.160: Po našem standardu je razpored termoparov na neizpostavljeni strani vzorca opisan v točki 7.2. Njegova pomanjkljivost je predvsem v tem, ker ni popolnoma jasn. Na podboju vrat je lahko porast temperature tudi preko 180 K, ker je meritev samo informativna. Položaj termoparov za merjenje kasimalnega porasta tem-

tur na krilu je nedefiniran, zato se te termopare lahko postavi tudi tik ob pripiro, em pa še vedno velja kriterij 180 K na katricoli točki krila. V predlogu standarda prašjiva števina nima mesta maksimalnih temperatur, ker je znano, da porast erature na vratih ni kritičen — v vližini vrat se ne more nahajati materijal, ki bi se zaradi stika z vročo površino. Meritev temperatur tik ob pripiro tudi zato ni sni- a, ker je ta zelo odvisna od velikosti zračnosti in pa nadtlaka v peči. Bolj pomem- je določitev merjenja temperature na mestu stika podboja s steno. Tam se lahko jajo gorljivi obložni materijali sten kot so tapete, lesene obloge ...



Slika 4.7: Lokacija termoparov za določanje maksimalnega povišanja temperature

4.6.2. Integriteta

Integriteta vrat se preizkuša s pomočjo blazinice iz čistega bombaža. Ta se posta- i mm od rapoke skozi katero izhajajo vroči plini in pri tem ne sme priti do vžiga nica. Za določitev razpoka pod nevtralnno tlačno osjo, se nadtlak v peči poveča na a v višini 1/3 vrat. Vse skupaj ne sme trajati več kot 90 sekund.

JUS U.J1.160: Test integritete je enak, le da se preboj plamena v spodnji tretjini sploh ne testira, ker bi moral v času preiskave biti pritisk v požarni komori večji normalnega. Smatram, da to ni pomanjkljivost našega standarda, temveč slabost pisa EUR 8750. Ko se vzpostavi nadtlak 10 Pa na višini 1/3 višine vrat je nadtlak agu 5 Pa, to pa je dovolj, da se vata vžge zaradi izhajanja vročih plinov skozi pri- ragu. To pomeni, da bi morala biti vsa vrata v pragu zatesnjena kar v praksi ni jljivo. V tem času je nadtlak v zgornji tretjini vrat okoli 20 Pa, zaradi česar lahko do vžiga lesnega krila na neizpostavljeni strani. To vsekakor niso realne raznc- ito smatram, da je prav, da se test integritete v spodnjem delu vrat sploh ne izvaja.

4.6.3. Deformacije

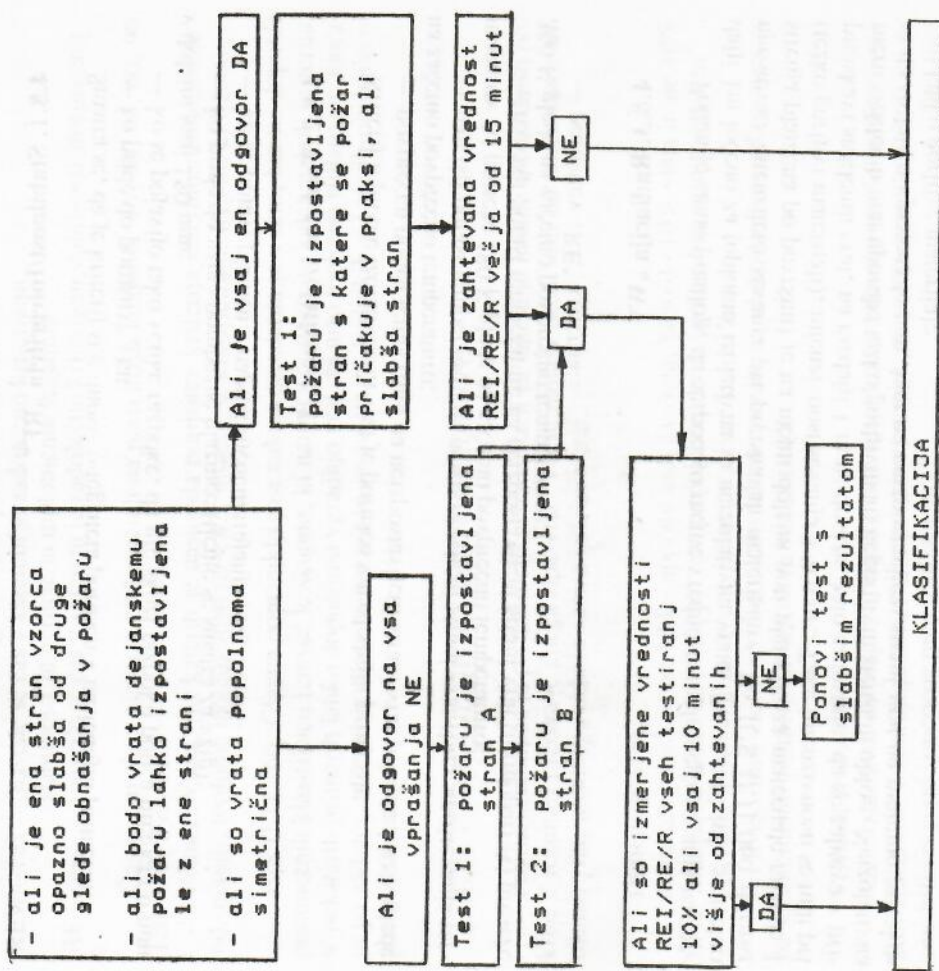
Meritve deformacij krila vrat relativno na podboj sicer niso obvezne, so pa podat- deformacijah uporabni pri izdaji uporabnega dovoljenja tudi za ostale dimenzije

4.6.4. Radiacija

Meri se toplotni tok, ki seva s celotne površine vzorca. Radiometer se postavi pravokotno na središče vrat v razdalji, ki je enaka polovici diagonalne vrat. S pomočjo omčjalnika vidnega polja radiometra se meri toplotno sevanje le s površine vzorca vrat.

JUS U.J1.160: Po našem standardu se meri radiacija v taki razdalji, da vidno pol- je radiometra pokrije diagonalno vrat. Na ta način se dobi nekaj nižje vrednosti, ki so bolj realne, so pa težko primerljive z meritvami opravljenimi na vratih različnih dimc- zij. Meritve toplotnega sevanja so primerne le za vrata, ki niso toplotno izolativna, ker so v nasprotnem primeru vrednosti toplotnega sevanja zanemarljive. Ponekad se toplot- no neizolativna vrata testirajo tako, da je nad njimi baldahin — nerodajen je porast temperature pod baldahinom. Ta način ni najbolj primeren, ker je temperatura na tem mestu preveč odvisna od okolice in od nadtlaka v peči.

4.7. ŠTEVILO TESTNIH VZORCEV



JUS U.JI.160: Naš standard zahteva, da se izvrši preiskava požarne odpornosti z strani vrat. V nasprotnem primeru je klasifikacija požarne odpornosti vrat nepopolna. Ker so preiskave dokaj drage smatram, da lahko za naše razmere testiramo le z vrstami — tiste, ki se v požaru slabše obnaša. Lesena vrata naj se odpirajo v smeri požaru, kovinska pa v smeri od požara. Če dimenzije požarne komore dopuščajo, izvrši preiskava vpliva požara z obeh strani vrat neankrat. Ni jasna zahteva standarda EN 1634-1, da morajo biti dosežene vrednosti požarne odpornosti višje vsaj 10% od zahtevanih. To bi bilo primerno le v primeru, če bi se testiral samo en vzorec.

4.8. KRITERIJI

Požarno odpornost vrat predstavlja v minutah izražen čas, v katerem pri preiskavi ne odpornosti vrata zadovoljujejo enega ali več naslednjih kriterijev:

- stabilnost/integriteta ... RF
- toplotna izolativnost I
- toplotno sevanje W

4.8.1. Stabilnost/Integriteta „RF“

Smatra se, da je kriterij stabilnosti/integriteta porušen v naslednjih primerih:

- ko pride do porušitve vrat;
- ko se pojavijo tako velike razpoke, da gre skozi razpoko polica premera 6 mm žini vsaj 150 mm;
- ko pride do vžiga bombažne blazinice (tlejice se smatra za vžig);
- ko se pojavi plamen v neprekinjenem trajanju vsaj 10 sek.

4.8.2. Toplotna izolativnost „I“

Kriterij toplotne izolativnosti vrat je porušen v naslednjih primerih:

- povprečen porast temperature na neizpostavljeni strani vrat preseže 140 K glede na začetno povprečno temperaturo;
- najvišji porast temperature na neizpostavljeni strani vrat (brez upoštevanja termostata) preseže 180 K glede na začetno povprečno temperaturo;
- najvišji porast temperature na neizpostavljeni strani vrat (termopari A) preseže 140 K glede na začetno povprečno temperaturo;
- porušitev „RE“ kriterija.

4.8.3. Radiacija „W“

Podan je samo predlog, da se podajo mejne vrednosti toplotnega sevanja na razdalji 1 m ločeno za toplotno izolativna in neizolativna vrata. Pri tem bi bilo smiselno tehati intenziteto sevanja pri preiskavah materialov. Po JUS U.JI.060 (hitrost gorenja plamena po površini) je na mejni dolžini poti plamena za materiale razreda I dovoljena intenzivnost sevanja 3 W/cm². Take intenzivnosti se tudi pri steklenih vratih, na razdalji 1 m ne doseže, zato zadostuje, da se zahteva v pripravi steklenih vrat uporaba težko gorljivih ali ngorljivih stenskih oblog. Neizolativna vrata so lahko vgrajena le tam, kjer na neizpostavljeni strani vrat ne moremo pričakovati goričvega materiala.

JUS U.JI.160: V principu so kriteriji požarne odpornosti vrat po našem standardu enaki, le da so manj definirani. Temperatura na mernih mestih A se ne meri, zato tudi ni podane dovoljene vrednosti porasta temperature na teh površinah. Te meritve tudi niso usmetne, ker na teh mestih ni gorljivih materialov, ki bi se lahko vžgali. Pri kriteriju integritete ni podane največje dovoljene razpoke, kar pa ni pomembno ker se bombažna blazinica zanesljivo vžge zaradi izhajanja vročih plinov skozi razpoko 6 x 150 mm. V nekaterih primerih je temperatura vogalov vrat tako visoka, da lahko pride do vžiga bombažne vate zaradi lokalnega toplotnega sevanja to pa ne bi smel biti kriterij izgube integritete.

4.9. KLASIFIKACIJA

Če se testira več vzorcev, klasifikacija bazira na rezultatih najslabšega vzorca. Klasifikacija se poda v naslednji obliki:

REI—čas (navede se čas v katerem je zadoščeno kriterijem stabilnosti/integritete in toplotne izolativnosti)
REW—čas (navede se čas v katerem je zadoščeno kriterijem stabilnosti/integritete in toplotnemu sevanju)
RE—čas (navede se čas v katerem je zadoščeno kriterijem stabilnosti/integritete)

Čas se navaja v minutah zaokroženih na prvo nižjo vrednost: 15, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 240, 360.

Primer: Vrata, pri katerih je nastopila porušitev kriterija stabilnosti/integritete v 80. minuti, toplotne izolativnosti pa v 42. minuti, se klasificirajo: REI 30 in RE 60

JUS U.JI.160: Glavna pomanjkljivost našega standarda je v tem, ker ne dopušča posameznih klasifikacij temveč le skupno, ki natopi s porušitvijo kateregakoli kriterija. V nekaterih primerih lahko dopustimo vgradnjo vrat, ki niso toplotno izolativna, morajo pa zadrževati širjenje dima in požara (n.pr. vrata na hodnikih v katerih običajno ni gorljivih materialov).

4.10. PODRUČJE UPORABNOSTI PREISKAVE

Područje uporabe je po definiciji vrsta situacij za katere je možno trditi, da so pogoji za rezultati preiskave enega tipa vrat. To se nanasa predvsem na spremembe dimenzij vrat, nosilnega zidu in načina izdelave vrat.

Dimenzije vrat:

Rezultate preiskave se lahko uporabi tudi za vrata, ki so do 10% višja in do 10% širša. Manjša so lahko do 30%, pri tem pa površina krila ne sme biti manjša od 1 m². Površina REW vrat se ne sme povečati za več kot 10%.

Pri dvokrilnih vratih se to določilo lahko uporabi za vsako krilo posebej, ne sme pa se spremeniti razmerje širin kril za več kot 10%.

Velikost zračnosti:

Razen zračnosti na pragu, ta ne sme biti večja kot je bila najmanjša izerjena velikost zračnosti v zgornji polovici vrat pred testiranjem. Največja zračnost v praksi ne sme biti večja od izmerjene pred testiranjem.

Nosilni zid:

Če je bil vzorec vrat za preiskavo vgrajen v zid iz penjenega betona, se rezultati ne smejo uporabljati za vrata vzdolžna v katerikoli zid iz opeke ali betona debeline naj 90 mm.

Za vse ostale primere je uporabnost rezultatov omejena na vgradnjo v cnak zid, od preiskavo.

Komponente vratnih kril:

Noben del od konstruktivnih delov vrat se ne sme spremeniti. Velikost zasklelitve ne sme biti manjša, ne sme pa se povečati.

Podboj:

Spremenbe preseka podboja niso dovoljene, sme pa se spremeniti način sidranja in polnilni material med podbojem in steno.

Obližni material vrat:

Površinski (zaključni) sloj do debeline 1 mm se lahko spremeni pri REI vratih. Pri REW vratih te spremembe niso dovoljene.

Okovje vrat:

Spremenbe niso dovoljene.

JUS U.J1.160: Područje uporabnosti testa, oziroma dovoljena odstopanja vgrajenosti od tistih, ki so bila preiskana v našem standardu ni obravnavano, kar se mi zdi pomembno. Ta določila je potrebno vključiti v pravilnik za atestacijo vrat. Dokler tempore podboja ni kriterij toplotne izolativnosti vrat ni smiselno da se zahteva vgradnja zid iz penjenega betona. Rezultati preiskave vrat, vgrajenih v kakršni koli zid iz lahkega pregradni, so merodajni za vse vrste sten v katere so vrata togo vgrajena, tudi med podbojem in steno pa zatsnjen.

5. ZAKLJUČEK

Z primerjavo našega predpisa za preiskavo požarne odpornosti vrat s predpisom EN 1634-1 opazimo, da je naš predpis v nekaterih primerih nekoliko strožji (merna mesta temperatur na neizpostavljeni strani, število vzorcev,...), ali pa nekoliko bolj zahtevna (predhodne preiskave,...). Ker je pri nas že dovolj proizvajalcev požarno odpornih vrat, vodo nekateri svoja vrata želijo tržiti tudi v tujino, zato bomo verjetno prisiljeni standard prilagoditi zahtevam evropskega standarda EN 1634-1.

Predlog EUR 8750 za preiskavo požarne odpornosti vrat je tudi pomanjkljiv in še ne ustreza v določeni obliki, ker morajo države članice EGS testni postopek uskladiti. Vsekakor mora biti testni postopek do leta 1992 usklajen, do takrat pa morajo proizvajalci vrata, ki naj bi po mojem mnenju zahtevala meritve v skladu s predpisom EN 1634-1, morali pa bi upoštevali zahteve EUR 8750. Postopek po JUS U.J1.160 moramo medsebojno uskladiti vse testne institucije v Jugoslaviji, da kasneje ne pride do nesporazumov glede priznavanja preiskav enega ali drugega laboratorija. Za to je potrebno tudi zaradi ponovljivosti rezultatov preiskav. Obenem moramo iz-

delati tudi postopek obveznega atestiranja vrat. V tem predpisu morajo biti podane zahteve, ki naj bi jih izpolnjevala požarno odporna vrata, pa tudi zahteve glede notranje in zunanje neodvisne kontrole kvalitete.

Milan Hajduković, dipl. inž. voda laboratorija za požarne preiskave Zavod za raziskavo materiala in konstrukcij, Inštitut za konstrukcije, gradbeno fiziko in sanacije, Ljubljana

LITERATURA

[1] H. L. Malhotra: The role and use of fire and smoke control doors, Testing and classification of fire doors, Seminar EGOLF, Luxembourg, 14 & 15 Sept. 1987.

[2] Dr. Westhoff: Anforderungen an Feuerschutzabschlüsse, Testing and classification of fire doors, Seminar EGOLF, Luxembourg, 14 & 15 Sept. 1987.

[3] Poročila o testiranju požarne odpornosti vrat izvršenih v Požarnem laboratoriju ZRMK, Ljubljana.

[4] Standardi, ki obravnavajo požarno odpornost vrat:

JUS U.J1.160	požarno odpornost elementov za zapiranje,
JUS U.J1.070	standardni požar,
EUR 8750	testiranje in klasifikacija požarno odpornih vrat,
EN 81/1	vrata za dvigala,
DIN 4102, del 5	požarna zapirala,
DIN 4102, del 8	mala požarna komora,
DIN 18082, del 1, 2 in 3	požarna vrata T-30,
DIN 18089, del 1 in 2	izolacija za požarna vrata,
DIN 18095, del 1 in 2	dimotesna vrata,
DIN 18200	kontrola gradbenih delov,
DIN 18250, del 1	ključavnica za požarna vrata,
DIN 18262	tečajji za požarna vrata,
DIN 18263, del 1, 2 in 3	zapiralo za požarna vrata,
DIN 52273	žaroziguba mineralne volne,

ONORM B 3850,

ONORM B 3855,

BS 476, del 8, 20, 21 in 22,

ISO 3008

ISO 3009

ISO 5925, del 0, 1, 2 in 3

ISO 834

test požarne odpornosti vrat,
zasklelitve,
dimotesna vrata,
test požarne odpornosti.

VRATA — NAJSLABIJI ELEMENAT U SPREČAVANJU ŠIRENJA POŽARA U OBJEKTU

U ovom radu je razmatrana uloga vrata u kontekstu širenja požara na putevima evakuacije iz objekta, kao i prijedlog načina konstruisanja vrata na osnovu nekih teorijskih i eksperimentalnih istraživanja. Takođe je razmatrana i korelacija između eksperimentalnih rezultata i rezultata dobivenih analitičkim proračunom. Moguće je sa dosta tačnosti analitičkim proračunima predviđjeti ponašanje izabrane strukture ispunne krila vrata u uslovima požara, koji bi mogli poslužiti kao polazna tačka kod projektovanja i izvođenja vrata.

DOORS — THE WEAKEST ELEMENT IN CASE OF FIRE PROPAGATION AND GROWTH IN A STRUCTURE

The role and function of doors in the light of fire growth in escape routes from a structure is discussed. A proposal for a method of door construction on the basis of some theoretical and experimental research is offered. The correlation of experimental results and results obtained by analytical calculations is also discussed. It is found that it is possible to predict fire behavior of the chosen structure of door wings fill which could make a basis for the design and installation of fire doors.

UDK 624.028.1:614.842

Prilijeno: 1989—03—23

Stručni rad

SENAD KOLDŽO, dipl. inž. grad.

Mir ZORAN SRZIC, dipl. inž. hem.

Dr ESAD HADŽISELIMOVIĆ, dipl. fiz.

VRATA — NAJSLABIJI ELEMENAT U SPREČAVANJU ŠIRENJA POŽARA U OBJEKTU

1. UVOD

Razvoj požara u prostoriji započinje od izvora požara (žarišta) i fazom flešovera prelazi u potpuno razvijeni požar. Obični prozori (odnosno stakla) ne predstavljaju nikakvu prepreku za širenje požara, jer u prvoj fazi požara dolazi do njihovog loma.

Dva najvažnija načina širenja požara u objektu, iz prostorije u kojoj je nastao požar, jesu kroz vrata i preko fasade ka prostoriji na sljedećoj etaži. Zbog toga su vrata veoma značajna sa aspekta širenja požara u druge dijelove objekta, kao i njihov položaj na putevima evakuacije.

U ovom radu se razmatra uloga vrata u kontekstu širenja požara na putevima evakuacije ljudi iz objekta, kao i prijedlog načina konstruisanja vrata na osnovu nekih teorijskih i eksperimentalnih istraživanja.

2. NAČIN ŠIRENJA POŽARA U OBJEKTU

Širenje požara iz prostorije u kojoj je nastao požar, vrši se na četiri načina. Prvi način je širenje požara preko prozora na fasadi objekta kroz koji izbija plamen, odnosno fasade prema gornjim prozorima.

Drugi način je širenje požara kroz vrata, bilo da su ona otvorena ili zatvorena, pa je došlo do njihovog progortijevanja.

Treći način je da dođe do rušenja konstruktivnih elemenata prostorije u kojoj je požar nastao, i da na taj način plamen prodre u drugu prostoriju.

Četvrti način širenja požara je provođenjem toplote kroz elemente prostorije i zatvaranje materijala u drugoj prostoriji.

Treći i četvrti način širenja požara su malo vjerovatni, uzimajući u obzir da privedni elementi (zidovi, stropovi) uglavnom mogu da odolijevaju napadu požara i više od pola sata, osim ako nisu gorivi.

Zbog toga je širenje požara konvekcijom kroz vrata, odnosno prozore, koji su najosjetljiviji elementi u sprječavanju širenja požara, i najvjerovatnije.

3. VRATA U FUNKCIJI IZOLACIJE POŽARA U PROSTORIJI

Različitim kombinacijama drugih materijala sa drvom može se postići da drvena vrata, koja se najčešće koriste na ulazima u stanove, mogu izdržati požarni test u trajanju od oko trideset minuta. Međutim, osnovni problem je u tome da li su ova vrata u slučaju izbijanja požara zatvorena, odnosno otvorena. Naravno, ako su vrata otvorena, širenje požara u objektu je veoma brzo.

U praksi se pokazalo da je upotreba mehanizma za automatsko zatvaranje vrata veoma korisna, tako da neke zemlje u svojim propisima zahtijevaju obaveznu ugradnju i mehanizama.

Prenašanje topline, ugradnja mehanizma za automatsko zatvaranje vrata je značajna vrata u cilju sprječavanja širenja požara. Međutim, nismo sigurni da je način održavanja vrata mehanizama kod nas na takvom nivou, i da će u slučaju eventualnog požara vrata svoju ulogu. Zbog toga smo skeptični kada se ugradnjom tih mehanizama smatra da su nepotrebne druge mjere za sprječavanje širenja požara na puteve evakuacije.

4. VRATA U OBJEKTU U FUNKCIJI SPREČAVANJA ŠIRENJA POŽARA NA PUTEVE EVAKUACIJE

Vrata imaju drugu, veoma važnu funkciju, a to je da sprječavaju širenje požara, odnosno dima na puteve evakuacije.

Treba razlikovati sljedeće vrste vrata:

1. obična vrata,
 2. protivpožarna vrata,
 3. protivdimna vrata.
- U prvu grupu bi mogli svrstati sve vrste vrata koja imaju svoju osnovnu funkciju, tj. da zatvaraju određeni prostor, odnosno da ih međusobno povezuju. U drugu grupu bi mogli svrstati sva vrata koja, pored svoje osnovne funkcije, obavljaju i segment granice požarnog sektora, čiji je zadatak da u požaru sprječavaju širenje požara iz jednog požarnog sektora u drugi.

Sve tri vrste vrata sprječavaju širenje plamena, s tim što se za protivdimna vrata odnose i dodatni uslovi. I obična i protivpožarna vrata u velikoj mjeri sprječavaju širenje dima u objektu.

Osnovni princip u projektovanju objekta je da se obezbijedi da dim i toksični gasovi ne mogu da se evakuiraju iz objekta, odnosno da ne prođu dovoljno daleko u pojedinih prostorima, koje je požar već zahvatio, na puteve evakuacije.

U praksi je čest slučaj da se o ovom principu slabo vodi računa ili nikako, tako da se granicama između tampon-zone (prostor stepeništa i liftovi) i ostalih prostora koriste staklena vrata, — koja u slučaju eventualnog požara mogu biti samo smetnja na putevima evakuacije, odnosno nemaju nikakvu ulogu u sprječavanju širenja požara u objektu.

Značaj pravilnog izbora i kvaliteta vrata, kao i njihova pravilna postavka u objektu, mogu imati ogroman značaj kod sprječavanja širenja požara u objektu, odnosno kod evakuacije ljudi iz objekta.

5. ISPITIVANJE VRATA

Već kod projektovanja objekta, projektantu se postavljaju odgovarajući zahtjevi u pogledu otpornosti na požar pojedinih pozicija vrata.

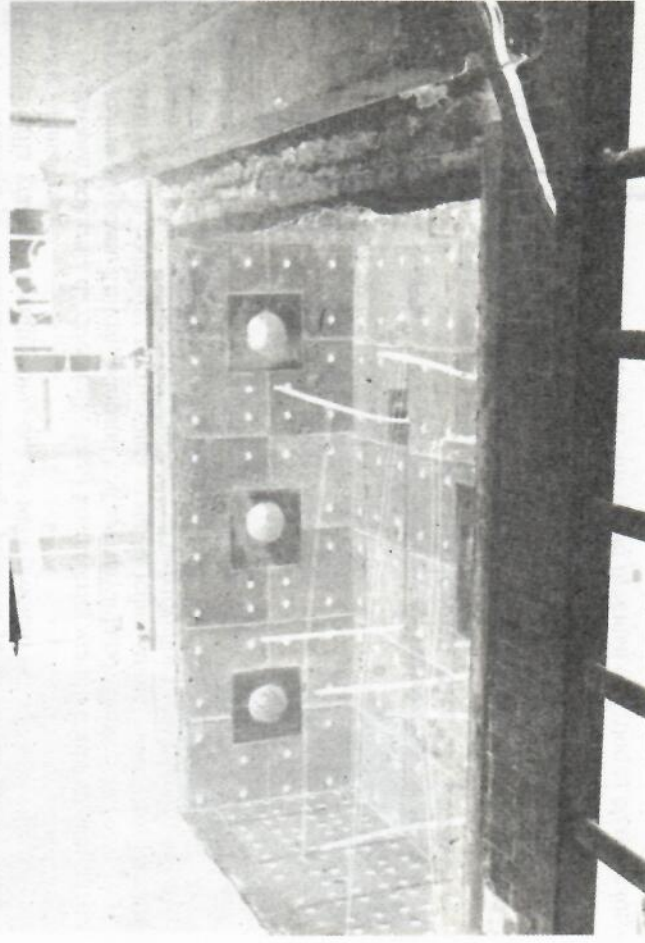
Otpornost na požar pojedinih pozicija vrata utvrđuje se njihovim laboratorijskim ispitivanjima.

Ispitivanje otpornosti na požar vrata kod nas je definisano jugoslovenskim standardom JUS U. JI. 160 iz 1986. godine, gdje su definisani i kriteriji po kojima se ocjenjuje otpornost na požar pojedinog uzorka.

Ti kriteriji su sljedeći:

1) Gubitak integriteta:

- prodor plamena — trajanje plamena duže od 10 sekundi,
- ispitivanje pomoću vate — zapaljenje prediva vate,
- rušenje vrata — stvaranje pukotina ili otvora, rušenje vrata;



Slika 1. Peć za ispitivanje otpornosti na požar vrata

2) Izolacijska sposobnost:

- prosječna temperatura na neizloženoj strani krila vrata — ne smije preći početnu temperaturu za 140°C,
- maksimalna temperatura na neizloženoj strani vrata ne smije preći maksimalnu temperaturu od 180°C.

Ovaj standard je povezan sa druga dva standarda sa kojima čini cjelinu: JUS U. JI. 070 i JUS U. JI. 200.

Prvi od ovih standarda definiše temperaturni režim u peći za ispitivanje, a drugi nješenja temperatura na neizloženoj strani uzorka. Peć za ispitivanje treba da je čvrsta u skladu sa zahtjevima standarda JUS U. J1. 090.

Na slici broj 1 dat je primjer peći u kojoj se mogu ispitivati uzorci raznih vrsta

1. PROJEKTOVANJE I IZVEDBA PROTIVPOŽARNIH VRATA

Kroz dosadašnja ispitivanja došlo se do nekih iskustava koja bi mogla da posluže

u izradi projekta protivpožarnih vrata.

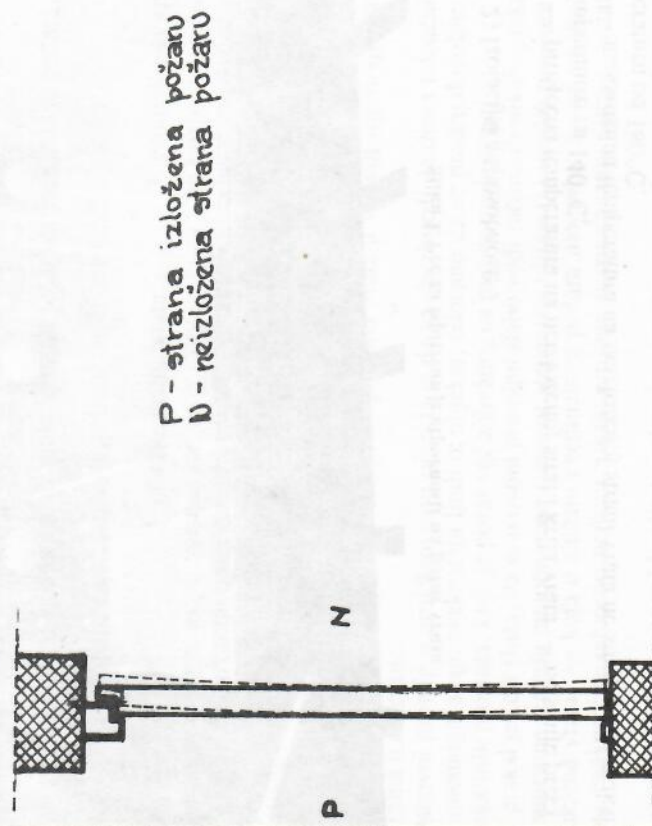
U ovom slučaju uzeta je metalna okretna vrata, koja se dosta često koristi u stambenim objektima.

Upravo je slučaj da se metalna vrata sa ispunom od mineralne vune mogu koristiti u protivpožarnim vratima, što je veoma diskutabilno. Ispitivanja su pokazala da su vrata otporna prema požaru vrata složen i da ga treba ozbiljnije i temeljitije ispitivati.

Prvi problem je konstrukcija vrata, drugi problem je način zatvaranja vrata i vrata sa dovratnikom, dok je treći problem vezan za pravilan izbor i vrata sa ispunom vrata.

U ovom slučaju su pokazala da dovratnik, kao i kostur krila vrata u hladnom stanju, treba da budu dovoljno kruti, odnosno kod zagrijavanja određenu elastičnost.

U toku ispitivanja, odnosno zagrijavanja vrata sa jedne strane, dolazi do deformiranja vrata, i to tako što se krajevi krila isturaju ka neizloženoj strani i samim tim stvaraju prazninu koja omogućuje prolaz plamena na neizloženoj strani. Način deformisanja krila vrata prikazan je na slici broj 2.



Slika 2. Šema deformacije vrata kod izlaganja požaru

Način veze krila vrata i dovratnika odnosno završena vrata, takođe je vrlo bitan element, koji bi trebalo pravilno riješavati.

Ispitivanja su takođe pokazala da se, ukoliko se krilo vrata za dovratnik fiksira u minimalno tri tačke po visini, u sredini i što bliže krajevima krila, mogu očekivati bolji rezultati u odnosu na slučajevima kada je krilo vrata „normalno“ vezano i završeno za dovratnik.

Na slikama 3 i 4 dat je jedan od dobrih načina postavljanja veza krila i dovratnika i završavanja vrata.



Slika 3. Gornji detalj završavanja vrata

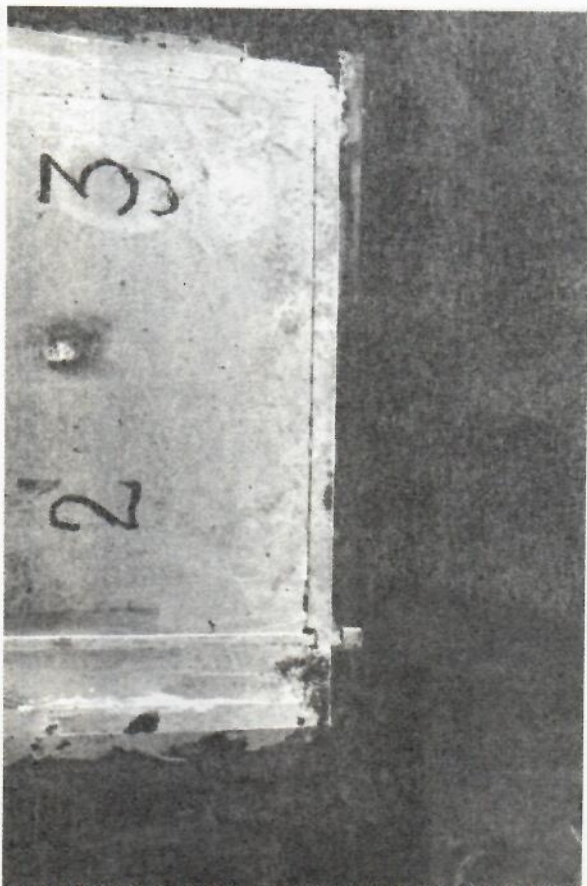
Pravilan izbor i postavka ispunne krila vrata je nesumnjivo najznačajniji element na kojem se mora voditi računa kod protivpožarnih vrata.

Da bi se postigli, odnosno mogli očekivati dobri rezultati ispitivanja, iskustvo je pokazalo da je potrebno napraviti dobru sintezu konstrukcije vrata i odgovarajuće ispunne.

Raznim kombinacijama materijala u dva ili više slojeva moguće je postići dosta dobre rezultate u prenosu toplote od izložene strane požaru ka neizloženoj. Ispitivanja su pokazala da, ukoliko se koriste materijali male gustine sa dobrim toplinskim karakteristikama, gdje je koeficijent toplotne provodljivosti (λ) mali i specifična toplota (C_p) dosta velika, za očekivati je sporiji prolaz toplote od izložene strane požaru ka neizloženoj.

Da bi se mogla napraviti poređenja u prolazu toplote kroz višeslojne strukture, uzeta su tri slučaja, kod kojih je tokom ispitivanja došlo do narušavanja izolacione sposobnosti.

Za strukturu I upotrijebljena su dva različita materijala postavljena u tri sloja. Prvi sloj je znatno veće gustine u odnosu na ostale slojeve, dok su koeficijenti toplote (lambda) i specifična toplota (Cp) manji u odnosu na vrijednosti ostalih slojeva. Debljina ovog sloja je znatno manja u odnosu na debljinu drugog i trećeg sloja, koji su od istog materijala i iste debljine.



Slika 4. Donji detalj završene vrata

Za strukturu II upotrijebljeni su isti materijali kao i za strukturu I, samo što su za prvi sloj upotrijebljeni isti materijali iste debljine, dok je za srednji sloj upotrijebljen drugi materijal različite debljine u odnosu na prvi i treći sloj.

Za strukturu III upotrijebljena su dva različita materijala, sa približno istom gustinom i specifičnom toplotom i različitim koeficijentom toplotne provodljivosti. Prvi sloj je u tri sloja, tako da su prvi i treći sloj od istog materijala različite debljine, a srednji sloj od drugog materijala, različite debljine u odnosu na prvi i treći.

Za svaku strukturu je napravljen i analitički proračun prolaza toplote, s tim da su koeficijenti toplotne provodljivosti (lambda) uzete veće vrijednosti obzirom na to da se mijenjaju (rastu) sa porastom temperature, što je uzrokovalo i brži porast temperature na neizloženoj strani uzorka.

Na slikama 5, 6 i 7 dati su tabelarno rezultati analitičkog proračuna.

Na slikama 8, 9 i 10 dati su dijagrami porasta temperature na neizloženoj strani uzorka, dobiveni eksperimentalnim putem (tačkasta i isprekidana linija) i analitičkim putem (puna linija).

Možemo uporediti rezultate dobivene eksperimentalno i proračunom za sve tri strukture, otkrivajući da vrijednosti dobivene eksperimentalno nešto sporije rastu u odnosu na proračunom.

Analičkim proračunom nije obuhvaćena slobodna i hemijski vezana voda u materijalu, koja kod ispitivanja isparava, a u određenom vremenskom intervalu znatno umanjuje porast temperatura na neizloženoj strani uzorka.

Uočljivo je da se analitičkim proračunom kod odabiranja materijala za ispunu mogu dobiti dosta dobri rezultati, koji mogu poslužiti kao orijentir da li smo dobro ili loše odabrali ispunu krila vrata.

Da bi se postiglo da rezultati analitičkog proračuna budu što bolji i što približniji rezultatima ispitivanja, nameće se potreba da se u analitički proračun uvede i uticaj vlažnosti materijala.

$$d_1 = 5 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 = 0,1163 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$f_1 = 770 \text{ kg/m}^3$$

$$c_1 = 816 \text{ J/kg}^{\circ}\text{K}$$

$$d_2 = 35 \text{ mm}$$

$$\lambda_2 = 0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$f_2 = 180 \text{ kg/m}^3$$

$$c_2 = 1000 \text{ J/kg}^{\circ}\text{K}$$

$$d_3 = 35 \text{ mm}$$

$$\lambda_3 = 0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$f_3 = 180 \text{ kg/m}^3$$

$$c_3 = 1000 \text{ J/kg}^{\circ}\text{K}$$

t	ΔT
5	0,25
10	8,18
15	27,87
20	50,01
25	69,36
30	84,91
35	97,20
40	106,92
45	114,75
50	121,094
55	126,36
60	130,80
65	134,6
70	137,87
75	140,75

Slika 5. Tabelarni prikaz porasta temperature na neizloženoj strani strukture I (analitički proračun)

$d_1 = 30\text{mm}$

$\lambda_1 = 0,19 \text{ W/m}^\circ\text{K}$
 $f_1 = 180 \text{ kg/m}^3$
 $C_1 = 1000 \text{ J/kg}^\circ\text{K}$

$d_2 = 20\text{mm}$

$\lambda_2 = 0,11 \text{ W/m}^\circ\text{K}$
 $f_2 = 150 \text{ kg/m}^3$
 $C_2 = 1150 \text{ J/kg}^\circ\text{K}$

$d_3 = 30\text{mm}$

$\lambda_3 = 0,19 \text{ W/m}^\circ\text{K}$
 $f_3 = 180 \text{ kg/m}^3$
 $C_3 = 1000 \text{ J/kg}^\circ\text{K}$

t	ΔT
5	0,124
10	5,03
15	19,31
20	37,1
25	53,59
30	67,40
35	78,52
40	87,44
45	94,63
50	100,51
55	105,37
60	109,5
65	112,93
70	115,9
75	118,54
80	120,85
85	122,86
90	124,72
95	126,4
100	127,9
105	129,31
110	130,6
115	131,8
120	132,93

Slika 7. Tabelarni prikaz porasta temperature na neizloženoj strani strukture II (analitički proračun)

$d_1 = 10\text{mm}$

$\lambda_1 = 0,19 \text{ W/m}^\circ\text{K}$
 $f_1 = 180 \text{ kg/m}^3$
 $C_1 = 1000 \text{ J/kg}^\circ\text{K}$

$d_2 = 60\text{mm}$

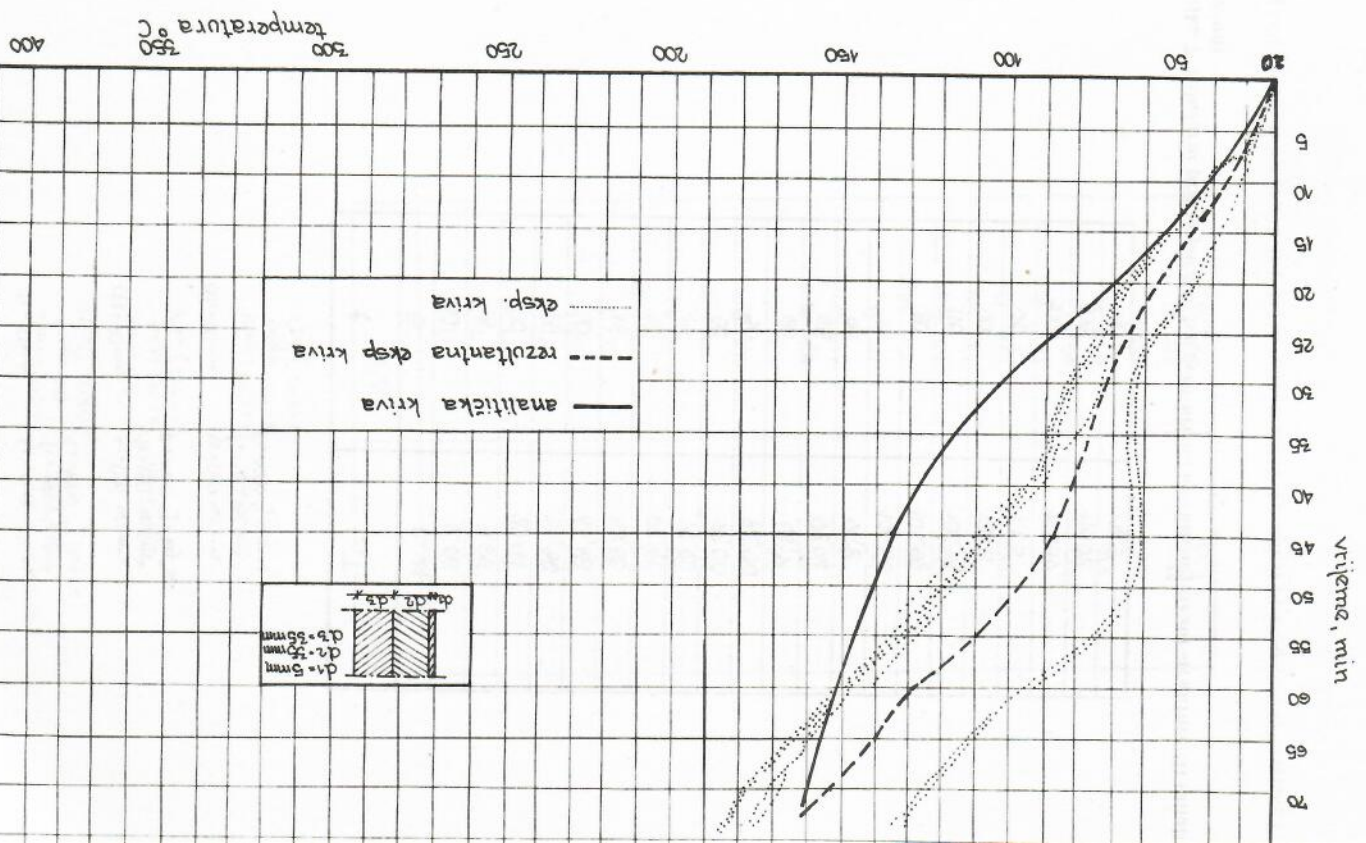
$\lambda_2 = 0,11 \text{ W/m}^\circ\text{K}$
 $f_2 = 150 \text{ kg/m}^3$
 $C_2 = 1150 \text{ J/kg}^\circ\text{K}$

$d_3 = 20\text{mm}$

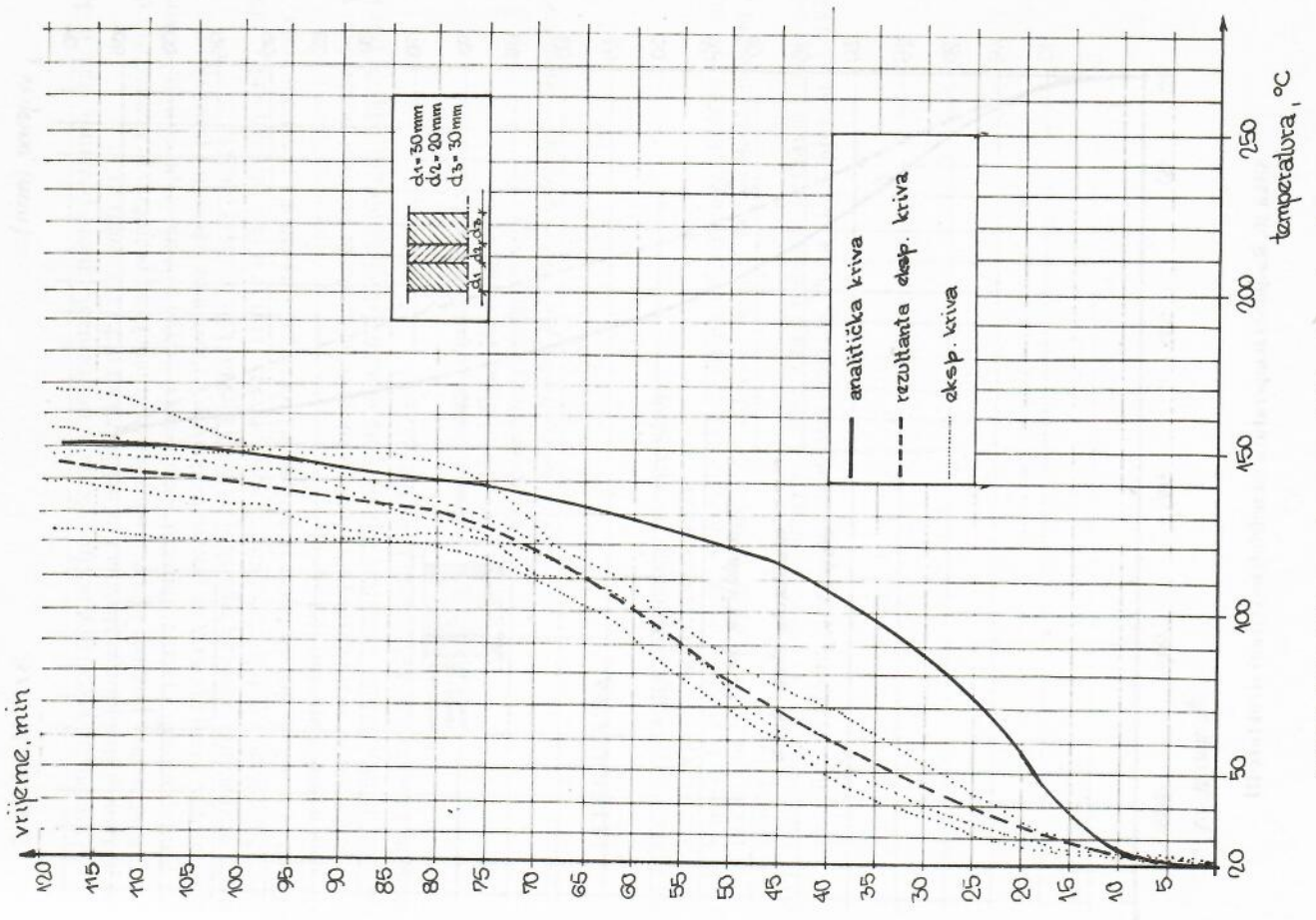
$\lambda_3 = 0,19 \text{ W/m}^\circ\text{K}$
 $f_3 = 180 \text{ kg/m}^3$
 $C_3 = 1000 \text{ J/kg}^\circ\text{K}$

t	ΔT
5	0,024
10	2,06
15	9,65
20	20,64
25	32,96
30	43,48
35	53,53
40	62,41
45	70,00
50	77,00
55	82,95
60	88,7
65	92,74
70	96,8
75	100,55
80	103,82
85	106,34
90	108,8
95	111,3
100	113,17
105	115,02
110	116,7

Slika 7. Tabelarni prikaz porasta temperature na neizloženoj strani strukture III (analitički proračun)



Slika 8. Raspored temperatura na neizloženoj strani strukture I



Slika 9. Raspored temperatura na neizloženoj strani strukture II

7. ZAKLJUČAK

Iz naprijed navedenog uočljivo je da je problematika protivpožarnih vrata u sklopu požarnog inženjeringa složena i da je kao takvu treba i posmatrati.

Kod analize požarne ugroženosti pojedinih objekata, potrebno je razmotriti i ulogu protivpožarnih vrata, u funkciji sprječavanja širenja požara iz prostorije, odnosno sprječavanja širenja požara na puteve evakuacije. Pravilnim izborom i postavljanjem vrata može se značajno povećati sigurnost ljudi u objektu, kao i samog objekta.

Nepophodno bi bilo da se kod svakog objekta, koji je u fazi projektovanja, obrati pažnja, a u sklopu drugih mjera požarnog inženjeringa, i na izbor i postavljanje vrata, što do sada u praksi nije bio čest slučaj.

Određenim analitičkim proračunima moguće je sa dosta tačnosti predviđjeti ponašanje pretpostavljene strukture ispunje krila vrata u uslovima požara, koji bi bili kao polazna tačka kod projektovanja i izvođenja vrata.

Senad Koldžo, dipl. inž. grad.

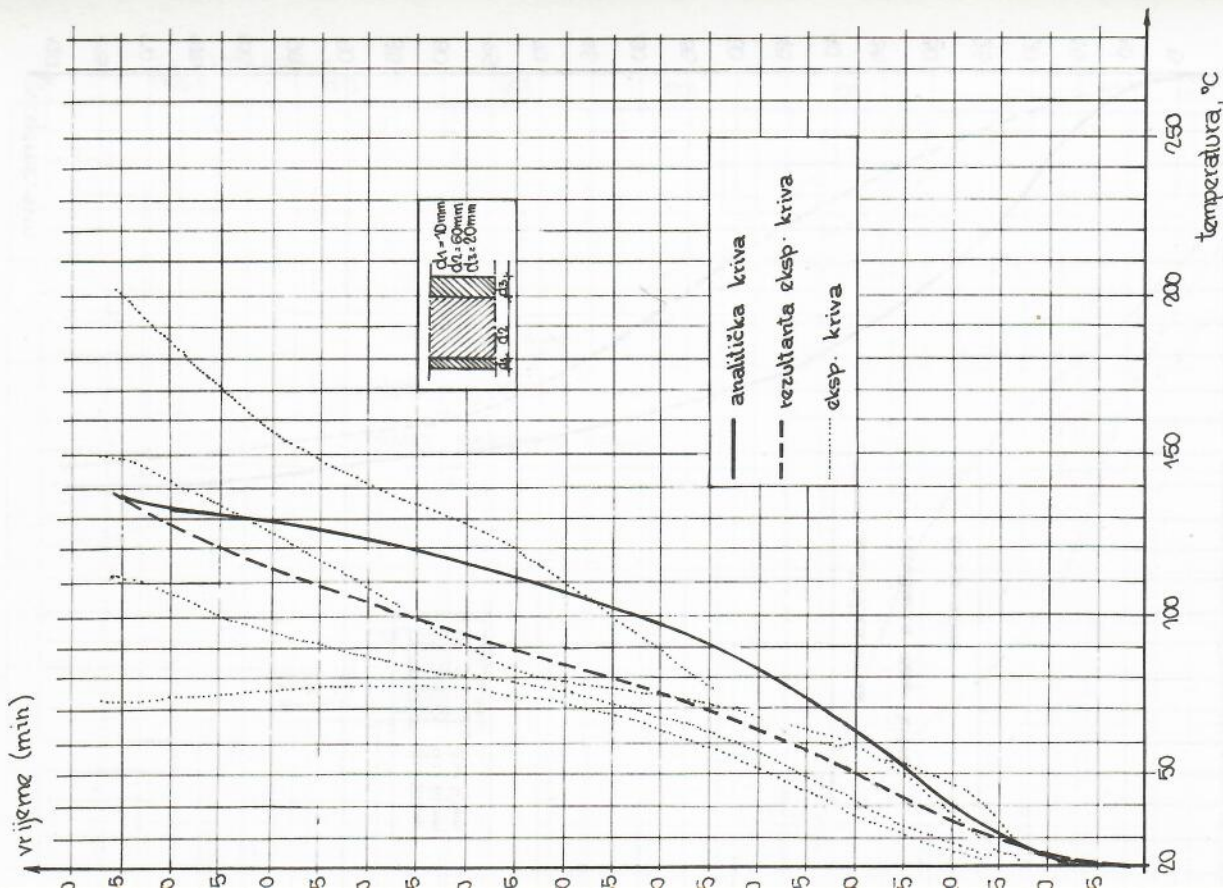
Mr Zoran Srzić, dipl. inž. hem.

Dr Esad Hadžiselimović, dipl. fiz.

Institut zaštite od požara i eksplozije — Sarajevo

LITERATURA

- [1] T. Harmathy: *Design of Buildings for Fire Safety*, Part II, Vol. 12, No. 3, August 1976.
- [2] R. Vujović, E. Hadžiselimović: K. Suruliz: Određivanje vremena temperaturnom valu analitičkim putem za troslojne prepreke pri uslovima požara, *Požar ekspl. prevent.*, 4 (1983), 19—25.
- [3] E. Hadžiselimović, P. Dimić, Z. Srzić, S. Koldžo: Uticaj promjene toplinskih karakteristika materijala na otpornost na požar jednoslojnih pregrada, *Požar ekspl. prevent.*, 4 (1988), 321—329.



Slika 10. Raspored temperatura na neizloženoj strani strukture III

ISPITIVANJE INTENZITETA ZRAČENJA VRATA DIZALA U UVJETIMA POŽARA

U radu je dat prikaz ispitivanja intenziteta zračenja plohe vrata dizala na strani kabine, za slučaj kada je strana kata izložena uvjetima požara. Prikazana su dva načina mjerenja na osnovu kojih je izračunat intenzitet zračenja plohe vrata. Mjerenja su izvršili stručnjaci Laboratorija za toplinu i toplinske uređaje FSB - Zagreb.

RADIATION INTENSITY TESTING OF THE ELEVATOR DOOR AT FIRE CONDITIONS

The paper deals with the radiation intensity determination of the elevator door at the cabin side, while the other side of the door is exposed to fire conditions. Two measuring procedures are presented. The measurements were carried out by experts from the Laboratory for applied thermodynamics, FSB - Zagreb

UDK 614.84: [621.876:624.028.1].001.5

Primljeno: 1989—03—23 Istraživačko-pregledni rad

Mr SREČKO ŠVAIĆ, dipl. inž. str.
Mr MLADEN ANDRASSY, dipl. inž. str.

ISPITIVANJE INTENZITETA ZRAČENJA VRATA DIZALA U UVJETIMA POŽARA

1. UVOD

Propisom o protivpožarnim karakteristikama vrata za osobna dizala ograničen je intenzitet zračenja njihove površine na strani kabine iznosom $W = 0,5$ W/m^2 , i to na udaljenosti 1 m od sjecišta dijagonala vrata.

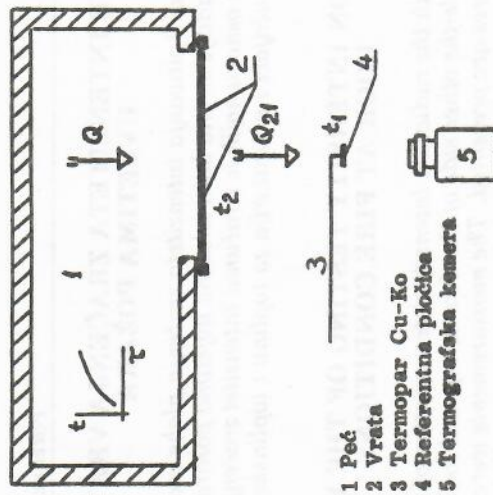
U radu je prikazana metoda određivanja intenziteta zračenja površine vrata dizala kad ne raspoložemo instrumentacijom pomoću koje se može direktno mjeriti intenzitet zračenja, već se on određuje proračunski na bazi mjerenja temperature površine vrata dizala.

Temperature površine mjerene su jedanput pomoću termoparova, a drugi puta beskontaktno, termografskim uređajem AGA 680 Standard*.

Mjerenja su provedena za slučaj kada je strana kata bila izložena uvjetima požara datim standardom ISO 834.

2. OPIS MJERENJA

Vrata dizala postavljena su na otvor komorne peći (slika 1). Peć je ložena plinom, a regulacija temperature peći vođena je prema uvjetima standarda ISO 834.



Slika 1. Mjerna postava

Preporuke za ispitivanje predviđaju da instrument za mjerenje intenziteta zračenja bude smješten na normali koja prolazi sjecištem dijagonala vrata i od njih za polovinu dijagonale.

U našem slučaju, za registraciju količine zračenja korištena je apsorbirajuća referentna pločica od bakra čije su površine bile zacrnjene termobojom. Dijelovi pločica su 50x50x0,6 mm, a pločica je opremljena termoparom bakar-antim.

Temperatura površine vrata mjerena je na dva načina. U prvom slučaju mjereni su termoparovi postavljeni na karakteristična mjesta po površini vrata (2), dok su u drugom slučaju temperatura i njezina razdioba mjereni termoparom putem.

Iz podataka o temperaturama površine vrata i pločica, i uz poznavanje njihovih koeficijenata obiju površina, moguće je izračunati intenzitet zračenja određenom trenutku, a na mjestu gdje se nalazi pločica. Ovako izračunati podaci proračunava se kasnije u intenzitet zračenja na udaljenosti od 1 m, kako je opisano u prilogu.

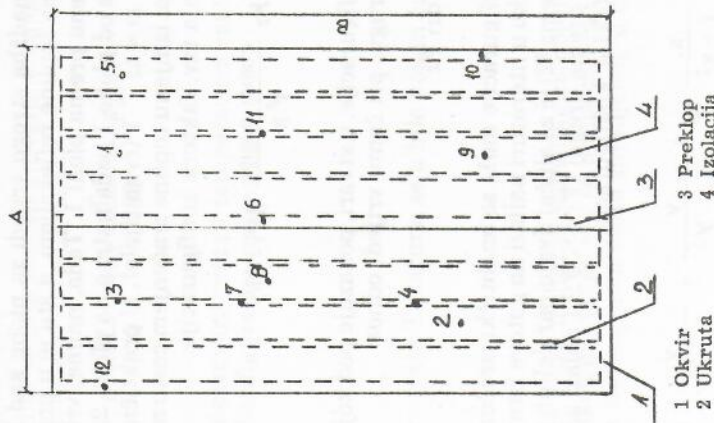
Već je prije rečeno da je za proračun potrebno poznavati emisijske koeficijente i obiju površina. Njihove vrijednosti određene su laboratorijskim mjerenjima pomoću infracrvenog bolometra Heineman KT 40.

Emissijski koeficijent referentne pločice $\varepsilon_1 = 0,98$ kod $t_1 = 80^\circ\text{C}$

Emissijski koeficijent uzorka vrata $\varepsilon_2 = 0,94$ kod $t_2 = 250^\circ\text{C}$

Na osnovu ovako provedenih mjerenja temperatura obiju površina, pri čemu se računaju intenziteta zračenja za svako mjerenje.

Termografija je beskontaktna metoda mjerenja temperature i njezine razdiobe na površini. Mjeri se na mjerenju infracrvenog zračenja površine. Toplinska slika promatrane površine prikazuje se na ekranu katodne cijevi u vidu dvodimenzionalne slike na kojoj su temperature naznačene brojevima u slučaju crno-bijelog termograma, odnosno kodirane bojenim tonovima za slučaj kolornog termograma.



Slika 2. Razmještaj termoparova

3. PRORAČUN INTENZITETA ZRAČENJA

Toplinsku energiju koju zrači neka ploha moguće je mjeriti pomoću različitih instrumenata. Tako je npr. već opisana termografska kamera zapravo instrument za mjerenje energije zračenja. Na žalost, taj instrument ne pruža mogućnost određivanja zračenog energije izvornim putem.

U nedostatku instrumenta za direktno mjerenje zračenog energije, moguće je u nekim jednostavnijim slučajevima posegnuti za proračunskim metodom. Za dvije općenito smještene plohe u prostoru, vrijedi za određivanje količine topline kojom ploha 1 zrači na plohu 2, prema [1] izraz:

$$q_{12} = \varepsilon_1 \varepsilon_2 C_c \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \int F_1 \int F_2 \frac{\cos\varphi_1 \cdot \cos\varphi_2}{r^2} dT_1 \cdot dF_2$$

gdje su:

ε_1 i ε_2 – koeficijenti emisije ploha 1 i 2,

$C_c = 5,667 \text{ W/m}^2\text{K}$ konstanta crnog tijela,

T_1 i T_2 – apsolutne temperature plohe 1 i 2,

φ_1 i φ_2 – kut između normala na plohu 1 odnosno 2 i spojnice težišta ploha 1 i 2,

F_1 i F_2 – površina ploha 1 i 2,

r – udaljenost težišta ploha 1 i 2.

Gornja jednadžba strogo vrijedi za plohe kod kojih se može zanemariti osobna izmjena topline refleksijom, a što je u praksi zadovoljeno u slučaju ploha 2 malena prema plohi 1. Tada, naime, vrlo mali dio zračenja plohe 1 se reflektira od plohe 1 pada natrag na plohu 2. Drugi slučaj koji zadovoljava ovaj uvjet je $\epsilon_1 = \epsilon_2 = 1$ (crno tijelo). U praktičnoj primjeni kod ovako navedene jednadžbe za izmjenu topline zračenjem često nailazimo na poteškoće pri izračunavanju tzv. faktora konfiguracije:

$$F_d = \int F_1 \int F_2 \frac{\cos \varphi_1 \cos \varphi_2}{r^3} dF_1 \cdot dF_2$$

Faktor konfiguracije, u stvari, pokazuje pod kojim prostornim kutem jedna ploha »vidi« drugu, pri čemu vrijedi odnos:

$$F_{d12} F_1 = F_{d21} F_2$$

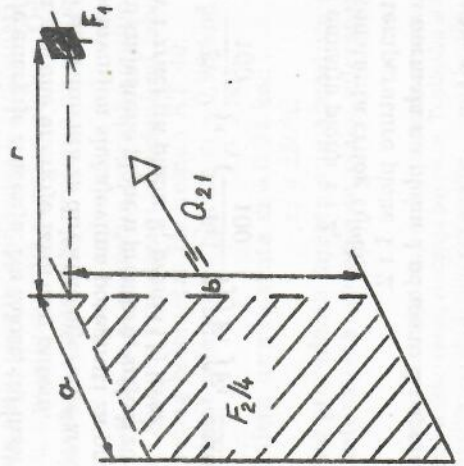
Faktor konfiguracije može se analitički izračunati za neke jednostavnije plohe, pa se tako u literaturi nailazi na gotove izraze za neke karakteristične plohe. Prema [2] je za slučaj dvaju paralelnih ploča, od kojih je jedna znatno manja prema drugoj ($F_1 \gg F_2$) i nalazi se nasuprot ugla veće ploče udaljenosti r , faktor konfiguracije:

$$F_{d12} = \frac{1}{2} \left(-\frac{x}{1+x^2} \operatorname{tg}^{-1} \frac{y}{1+y^2} + \frac{y}{1+y^2} \operatorname{tg}^{-1} \frac{x}{1+x^2} \right)$$

gdje:

$$x = \frac{a}{r}; \quad y = \frac{b}{r}$$

etrijske karakteristike smještaja ploha prema slici 3.



Slika 3. Uz proračun intenziteta zračenja

U tom slučaju moći će se proračunati energija koju dozrađuje četvrtina plohe ispitivanih vrata površine F_1 prema izrazu:

$$Q_{21} = \frac{1}{4} F_2 \epsilon_1 \epsilon_2 C_c \left[\left(\frac{T_2}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_1}{100} \right)^4 \right] F_{d21}$$

uz uvjet da su poznate temperatura vrata i temperatura referentne pločice.

Pri tome se faktor konfiguracije računa kao:

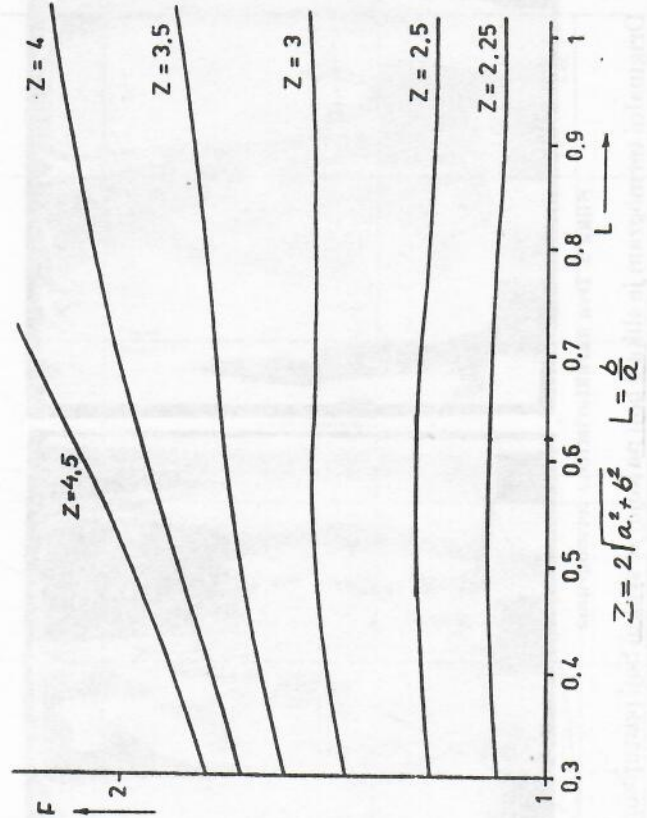
$$F_{d21} = F_{d12} \frac{F_1}{F_2}$$

Srednja temperatura vrata T_2 računa se u bilo kojem času prema izrazu:

$$T_2 = \sum_{i=1}^n \frac{F_i}{F_2} T_i$$

gdje je: F_n – površina plohe vrata približno jednolike temperature T_n .

Za slučaj termografskog mjerenja, ova se temperatura i površina određuju relativno jednostavno iz termograma vrata snimljenog u danom trenutku.



Slika 4. Određivanje korekcijskog faktora F

Određivanje F_n i T_n , na osnovu podataka dobivenih mjerenjem pomoću termoparova, donekle je intuitivno i tačnost ovisi o tome koliko je termoparova ostavljeno i na kojim mjestima.

U ovom su radu rezultati mjerenja zračenja plohe vrata svдени na jedinicu površine (1 cm^2) referentne pločice i na udaljenosti 1 m od sjecišta dijagonalna vrata, a preko izraza:

$$W_1 = 4 \frac{Q_{21}}{F_1} \cdot \frac{F}{1} \quad (\text{W/cm}^2)$$

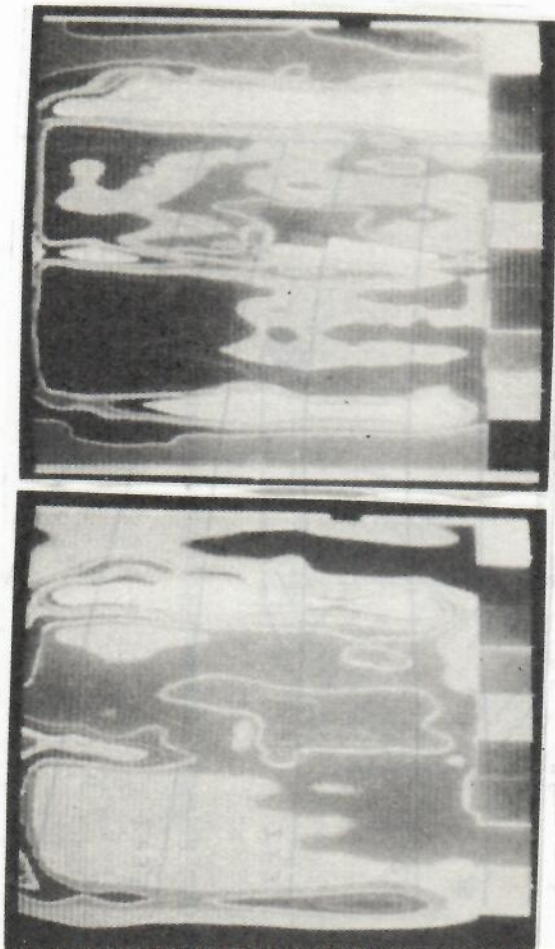
koji je dat propisom.

Faktor F je konvekcijski faktor i određuje se pomoću dijagrama slike 4.

DVA PRIMJERA PROVEDENIH MJERENJA

Obrađena su dva provedena mjerenja intenziteta zračenja vrata za osobno zvalo čija je jedna strana izložena uvjetima požara prema ISO 834.

Prvi primjer odnosi se na mjerenje provedeno s termografskim uređajem GA Thermovision 680 Standard. Shematski prikaz mjerenja dat je na slici 1. Omjena temperature referentne pločice registrirana je termoparom koji je spojen na pisač, dok je razdioba temperature površine vrata zabilježena u obliku termograma snimanih u razmacima od po 10 minuta. Dva karakteristična primjera termograma, snimljena u desetoj i dvadesetoj minuti nakon početka mjerenja, prikazana su na slici 5.

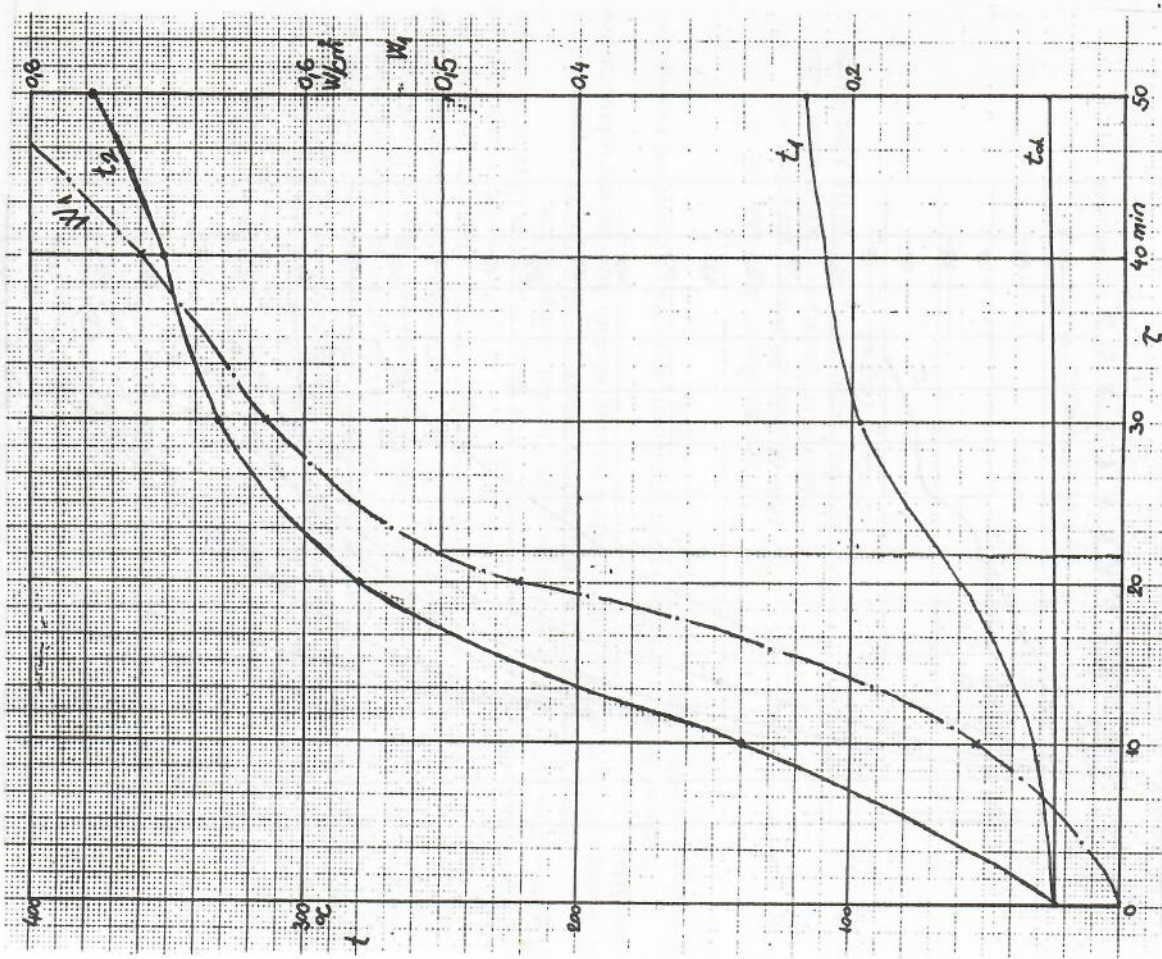


Slika 5. Dva karakteristična termograma

Originalni termogram je slika u boji na kojoj se svakoj boji postupkom dekodiranja može dodijeliti pripadna temperatura. Ovdje na žalost nije moguće reproducirati slike u boji, pa se prepušta mašti čitatelja da tonove sive boje za- i kao različite boje. Postupkom planimetriiranja površina, koje su na termog-

ramu poprimile istu boju, određuje se iznos površine F_n čija je temperatura T_n i s tim se podacima izračunava prosječna temperatura površine vrata T_2 .

Dijagram vremenske promjene temperature referentne pločice T_1 , proračunate temperature površine vrata T_2 i reduciranog intenziteta zračenja W_1 , prikazan je na slici 6. Iz prikazanog, lako je vidljivo da je, već nakon 22 minute, izloženost ispitnog uzorka uvjetima požara, prema ISO 834, premašena dozvoljena na granica intenziteta zračenja od 0.5 W/cm^2 . U skladu s time ispitivanom se proizvodu dodjeljuje određena klasa vatrootpornosti.



Slika 6. Promjena temperature vrata i referentne pločice i intenziteta zračenja u ovisnosti o vremenu

Drugi primjer opisuje mjerenje provedeno na sličan način, s time da je temperatura površine ispitivanog uzorka mjerena pomoću 12 termoparova razmještenih po površini prema slici 2. Ta su mjesta određena prema dokumentaciji dobivenoj uz uzorak, pri čemu se vodilo računa da budu zastupljeni svi karakteristični elementi konstrukcije.

Izmjereni tokovi temperatura pojedinih dijelova vrata i same referentne pločice prikazani su na slici 7. U ovom slučaju nije proračunata vremenska ovisnost intenziteta zračenja, već je načinjena provjera intenziteta zračenja površine vrata nakon 60 minuta izloženosti uvjetima požara. Kao što je vidljivo iz slike 7, u tom je času temperatura referentne pločice iznosila $t_1 = 76^\circ\text{C}$, a pomoću podataka s iste slike i dokumentacije za ispitivani uzorak izračunata je srednja temperatura površine vrata $t_2 = 248^\circ\text{C}$. Temeljem tih podataka izračunat je reducirani intenzitet zračenja $W_1 = 0,2 \text{ W/cm}^2$.

5. ZAKLJUČAK

Na osnovu ova dva primjera, vidimo da je uzorak, ispitivan u drugom slučaju, dao znatno bolji stupanj vatrootpornosti od prvog. Postavlja se pitanje da li je to rezultat poboljšane konstrukcije i toplinske izolacije ili, pak, netočnost mjerne metode. Analiza oba mjerenja i ispitivanih uzoraka potvrđuje utjecaj i prvog i drugog faktora. Vrata ispitivana pomoću termoparova bila su, naime, suđeci prema dokumentaciji proizvođača, tehnički dotjeranija i bolje toplinski izolirana. Ipak se iz dijagrama na slici 7 vidi da izolacija nije na svim mjestima jednake kvalitete, jer je npr. bilo za očekivati da će termoparovi 2 i 9 pokazati slične temperature s obzirom na smještaj, a mjerenje je pokazalo značajne razlike. Slično se može konstatirati i za termoparove 7 i 11, koji su stavljeni na toplinske mostove oba krila. Očito, termopar broj 7 nije dobro smješten ili je netačna dokumentacija, jer je isti pokazao najslabiji porast temperature.

Opisane nelogičnosti u usporedbi s termografskim mjerenjem temperature ovakvog načina mjerenja u rezultatima mjerenja ukazuju na nepouzdanost površine.

Nadamo se da će rezultati ovih istraživanja pomoći u daljnjem razvoju regulative iz ovog veoma važnog područja zaštite.

Mr Srećko Švaić, dipl. inž. str.

Mr Mladen Andrassy, dipl. inž. str.

Fakultet strojarstva i brodogradnje u Zagrebu, Laboratorij za toplinu i toplinske uređaje, Zagreb

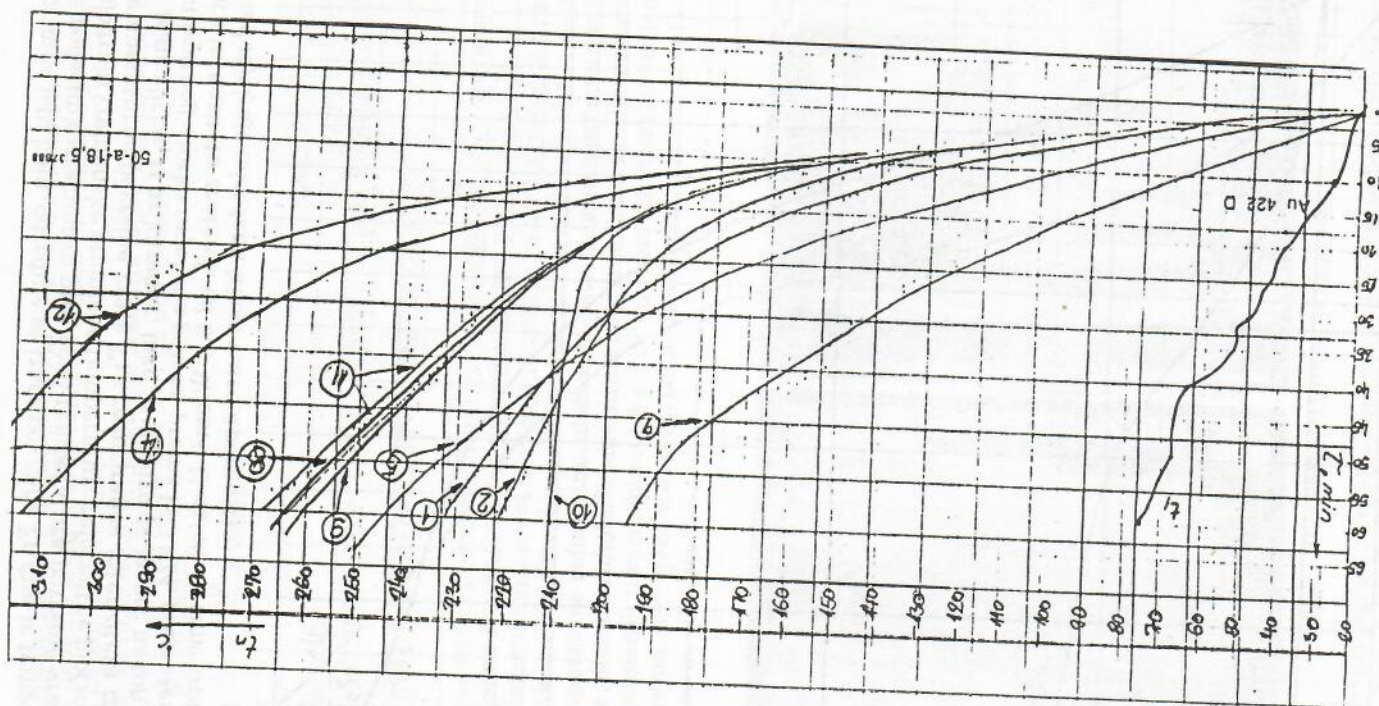
LITERATURA

[1] Bošnjaković, F.: *Nauka o toplini I*, Tehnička knjiga, Zagreb, 1962.

[2] Siegel Howel *Thermal Radiation Heat transfer* Mc Graw-Hill Book Co, New York, 1972.

[3] Švaić, S., Andrassy, M.: *Studija intenziteta zračenja vertikalne ploče*, Izvještaj br. 8/82, 14/83 i 14/86, FSB, Zagreb.

[4] ISO 834.



Slika 7. Promjena temperature vrata (1-12) i temperature referentne pločice (t) u ovisnosti o vremenu

POTREBA I MOGUĆNOSTI PRIMJENE RACIONALNIH TEHNIČKIH RJEŠENJA U PODJELI OBJEKATA NA POŽARNE SEKTORE

Ekonomsku opravdanost tehničkih mjera zaštite od požara i eksplozije najbolje potvrđuju brojne analize posljedica nastalih požara. Analize, na žalost, ne mogu nadoknaditi već izgubljene ljudske živote i nastalu materijalnu štetu. Pravovremeno angažovanje na projektovanju i izvođenju požarnih prepreka u objektima, kao i iznalaženje racionalnijih i efikasnijih tehničkih rješenja, bitno utiču na visinu ulaganja u mjere zaštite, a njihovo postojanje opravdava utrošak.

THE NECESSITY AND POSSIBILITIES OF RATIONAL TECHNICAL SOLUTIONS IN PARTITIONING STRUCTURES ON FIRE ZONES

The economical necessity of technical fire protection measures is best seen in numerous analyses of effects of fires. Unfortunately, analyses alone cannot compensate for lost human lives and material damage. The timely involvement in the design and application of fire partitions in structures, as well as finding rational and efficient technical solutions, influence to a considerable degree on expenditures for protection measures, justifying their existence and costs.

UDK 614.84:624.022

Primljeno: 1989—03—21

Pregledni rad

NADA SELMAN, dipl. inž. arh.

POTREBA I MOGUĆNOSTI PRIMJENE RACIONALNIH TEHNIČKIH RJEŠENJA U PODJELI OBJEKATA NA POŽARNE SEKTORE

Saznanja o posljedicama požara često ukazuju da podjela objekata u požarne sektore, između ostalog, bitno utiče na broj izgubljenih života i obim nastalih šteta. Praktično dokazuje da u svijesti većine sudionika u realizaciji i eksploataciji objekata još uvijek nije zaživjelo shvaćanje o realnom značaju ovog vida preventivne zaštite, što, u velikom broju primjera, rezultira formalnim pristupom u ocjenjivanju potrebe za podjelom objekata u požarne sektore i definisanje svojstava njihovih granica.

Materijalna ulaganja u izvedbu granica požarnih sektora nisu mala, a opravdana su u svim slučajevima kada je ova potreba realno ocijenjena, a granice požarnih sektora, u svakom njihovom segmentu, osposobljene da u požaru spriječe njegovo širenje izvan prostora koji ograničavaju. Efekat pravilno usmjerenih materijalnih ulaganja u kvalitetna rješenja podjele objekata u požarne sektore, kroz iznose premija osiguranja imovine i lica, kontinuirano pozitivno se odražava u toku eksploatacije objekta, bez obzira da li je došlo ili ne do nastanka požara u osiguranom objektu.

Metodološki pristup sagledavanju izvora opasnosti u proizvodnim procesima i objektima, pravilna procjena mogućnosti nastanka požara ili eksplozije, ocjena mogućnosti i puteva njegovog širenja, kao i realna procjena efikasnosti potencijalnih reprecisivnih mjera zaštite, bitno određuju obim i vrstu zaštitnih mjera u objektima i direktno treba da utiču na ekonomičnost navedenih protivrinskih rješenja.

Kvalitet tzv. "pasivnih" preventivnih mjera zaštite od požara i eksplozije objekata (konstrukcija u osnovi je određen još u ranoj fazi projektovanja, a u toku razrade i sa mogućnost racionalizacije tehničkih rješenja zaštite od požara i eksplozije, uz istovremeno postizanje najvišeg stupnja zaštitnih mjera. Naglašena uloga projektanta u kreiranju zaštitnih mjera, premda je to i njegova zakonska obaveza, može biti odlučujuća samo u uslovima da raspolaže kvalitetnim informacijama, na osnovu kojih će moći otkriti potencijalnu opasnost, ustanoviti njenu lokaciju, predvidjeti efekte eventualne havarije ili požara i predvidjeti potrebne mjere zaštite.

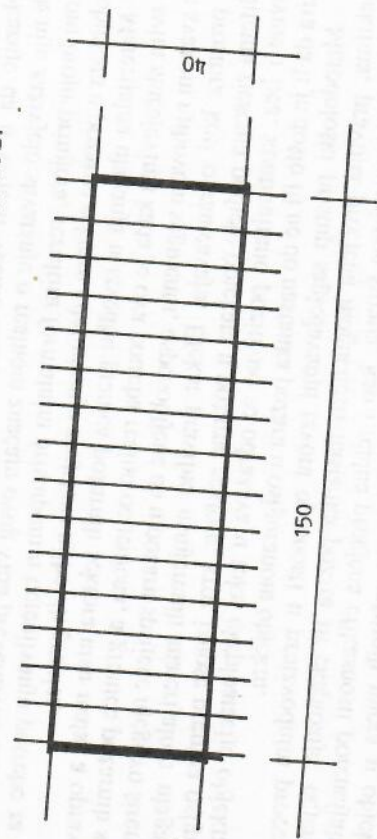
Univerzalni recept, prema kome bi projektant mogao definisati podjelu objekta u požarne sektore, izvjesno ne postoji. Svaki objekat sadrži specifične karakteristike koje ga značajno razlikuju od njemu sličnih, počev od različitosti lokacija, specifičnosti u tehnologiji, požarnom opterećenju, itd., do različitosti materijala koji će se primijeniti za gradnju. U okviru važeće normativne regulative, koja je u primjeni kod nas, fragmentarno postoje određeni zahtjevi i u pogledu definisanja požarnih sektora, kao i određivanja požarnih svojstava njihovih granica u objektima skladišta, lakirnica, trafo-postrojenja, kotlovnica, akumulatorskih stanica i visokim objektima. Nedostatak brojnih tehničkih normativa i standarda, kao i nedorečenost postojećih, posebno u domenu arhitektonskog projektovanja, objektivno otežavaju poziciju projektanta, a prisutne probleme o izboru mjera zaštite ponekad rezultiraju i opredjeljenjem za ekonomski nepravednija rješenja.

Česta je pojava da skladišni objekti različitog karaktera, u kojima je požarno opterećenje iznad granice niskog, zaprenaju velike površine, a odabrana konstrukcija je male otpornosti prema požaru. Posljedica je zahtjev za povećanjem otpornosti konstrukcije prema požaru ili uvođenje stabilnog sistema za automatsko gašenje.

U fazi izrade tehničke dokumentacije može se sprovesti značajna racionalizacija rješenja:

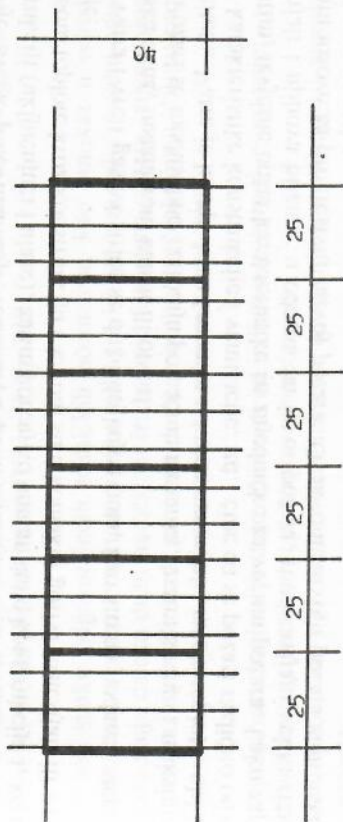
- podjelom jedinstvenog skladišnog prostora velike površine na više manjih skladišnih prostora, od kojih svaki predstavlja zaseban požarni sektor,
- izborom konstrukcije veće otpornosti prema požaru, pravilnim dimenzioniranjem i položajem otvora za odvod dima i toplote nastalih u požaru,
- ograničenjem požarnog opterećenja u okviru niskog.

Mogućnost racionalizacije rješenja prikazana je na slikama 1 i 2.



Slika 1. Skladište čvrstih materija — temperatura paljenja do 300°C.

- $P = 6.000 \text{ m}^2$
- $P_0 = 4.000 \text{ MJ/m}^2$
- Zahtijevani stepen otpornosti prema požaru — V (veća otpornost) ili IV (velika otpornost), ako je instaliran stabilni sistem za automatsko gašenje
- Obavezna ugradnja instalacije za automatsko otkrivanje požara



Slika 2. Isto skladište podijeljeno u požarne sektore

- $P = 6 \times 1.000 \text{ m}^2 = 6.000 \text{ m}^2$
- $P_0 = 660 \text{ MJ/m}^2$ u svakom požarnom sektoru
- Zahtijevani stepen otpornosti prema požaru — II (mala otpornost)
- Ne postavlja se zahtjev za instalisanje stabilnog sistema za automatsko gašenje
- Ne postavlja se zahtjev za ugradnjom instalacije za automatsko otkrivanje požara

Ovakva mogućnost rješavanja postoji u svim skladištima, izuzev kod onih gdje je neophodan jedinstven veliki prostor radi manipulacije krupnim gabaritima koji se uskladištavaju.

Uporedna analiza različitih rješenja mjera zaštite od požara stvara uslove za značajne uštede u izvedbi i eksploataciji objekata.

Kao jedan od brojnih primjera moguće racionalizacije rješenja može poslužiti primjer zajedničkih garaža u stambenim objektima ili uz njih. U većim stambenim nizovima ili u okviru stambenih blokova često su etaže podruma ili suterena namijenjene garažama, koje se, ako im je površina veća od 500 m^2 , štite stabilnim sistemom za automatsko gašenje. Izvedbom skupog sistema nije uvijek zastupljena i garancija da će u slučaju požara ovaj sistem ostvariti svoju ulogu, jer je, skoro redovito, bez stalnog nadzora, izložen oštećenjima i otuđivanju pojedinih elemenata. Česta je pojava da, nakon useljenja objekta, ostaje problem ko i na koji način će obezbijediti zaštitu sistema od oštećenja i vršiti redovita ispitivanja.

Problem je mogao biti eliminisan još u fazi projektovanja objekta, ukoliko je projektant tehničkim rješenjem obezbijedio podjelu prostora garaža na požarne sektore manje površine, čime bi prestala potreba za ugradnjom i održavanjem stabilnog sistema za automatsko gašenje.

Ako u onjcr stavimo vrijednost projektovanja, ugradnje i održavanja stabilnog sistema, uz rizik da postoji mogućnost da ne ostvari svoju funkciju u požaru i vrijednost projektovanja i izvedbe požarnih prepreka koje bi spriječile širenje požara na veći dio garaža, očito je da je ovo drugo rješenje racionalnije, a efikasnost preduzetih mjera veća.

Utjecaj aktivnih sredstava protivpožarne zaštite u objektima ne bi se smio zancnari. Instalacija vatrodioavc pouzdani stabilni sistem za automatsko gašenje i mo

st efikasne intervencije vatrogasaca, treba da utiču na smanjenje zahijeva u otpornosti objekata prema požaru.

širenje požara od njegovog izvorišta na ostale dijelove objekta zavisi od njegovog razvoja na mjestu nastanka, a odvija se provođenjem, prenosom i zračenjem toplote iz svega putevima koji vode kroz postojeće otvore ili pukotine u okolnoj konstrukciji (uključujući i ulaze), zatim gorenjem unutar same konstrukcije i, konačno, kroz otvore u uslove za progresivni razvoj požara. Ovakvom razvoju požara suprotstavljaju se različite vrste prepreke.

Podjela objekata na više požarnih sektora je bitan element oblika pasivne protivpožarne zaštite, čiji je cilj da ograniči razmjere nastalog požara, svede ga na granice određenog prostora i spriječi prodor dima i vatre u prostore koji ga okružuju. Cilj nije samo očuvanje materijalnih vrijednosti, već i obezbjeđenje uspješne evakuacije ljudi iz objekata, te poboljšanje uslova za efikasnu intervenciju učesnika u nastalog požaru.

Veličina požarnih sektora, prema propisima raznih zemalja, određene su različitim faktorima, kao što su: opasnost od klase prisutne materije, stepenu opasnosti objekta prema požaru, spratnosti objekta, mogućnostima intervencije, itd. U našoj zemlji veličina požarnih sektora određena je jedino za objekte čija je visina veća od 10 metara, a za skladišne prostore uslovljena je stepenom otpornosti objekta prema požaru i visinom požarnog opterećenja.

Na osnovu dosadašnjih iskustava i saznanja koja proističu iz literaturnih izvora, u ovom radu predloženo je racionalnije podjelje objekata u požarne sektore, može se izvršiti sljedeći pristup:

a) Ustanoviti izvor opasnosti po nastanak požara ili eksplozije, analizirati karakteristike opasnosti i odrediti granice prostora u kojem se žele zadržati prepostavljene posljedice;

b) Izvršiti proračun požarnog opterećenja i ustanoviti mogući intenzitet razvoja požara u potencijalno opasnom prostoru;

c) Ustanoviti potrebu ugradnje stabilnog sistema za automatsko gašenje požara;

d) Usvojiti princip odvođenja dima i toplote nastalih u požaru;

e) Na osnovu prethodnih parametara, odrediti potrebni stepen otpornosti prema požaru i elemenata konstrukcije duž granica požarnog sektora;

f) Projektom do detalja definisati sve elemente protivpožarne prepreke i konkretizirati ih u projekat, uzimajući u obzir mogućnosti prodora visokih temperatura, vatre i dima.

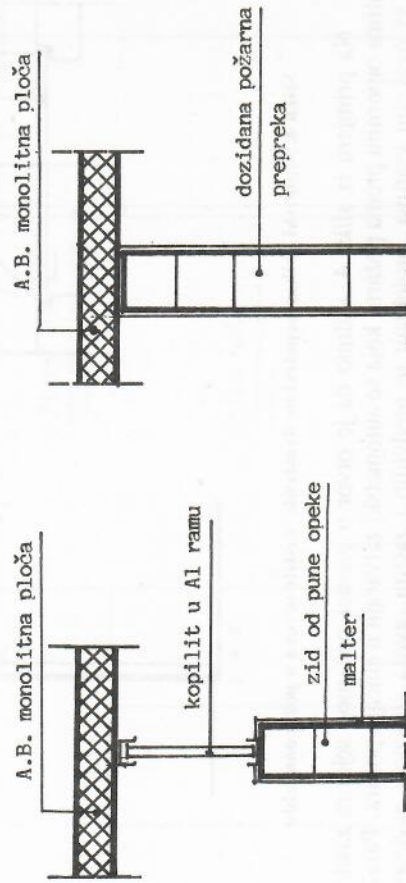
van granica pretpostavljenog sektora, uz pravilno riješen odvod dima i toplote iz prostora;

g) Na graničnim plohamo između susjednih požarnih sektora primijeniti negorivi materijal i elemente koji posjeduju dokaze požarnih karakteristika za zahtijevani stepen otpornosti prema požaru prema JUS-u U.J1. 240.

U nedostatku odgovarajućih tehničkih normativa, kao putokaz u određivanju podjele objekata u požarne sektore, mogu poslužiti iskustva zemalja, koje u odnosu na našu, posjeduju daleko dužu tradiciju u izučavanju fenomena požara i njegovih posljedica. Iz sinteze ovih iskustava proističe da, u principu, u objektima u kojima prevladavaju negorivi materijali, u odvojene požarne sektore treba locirati:

1. prostore u kojima postoje opasnosti od izbijanja požara ili eksplozije;
2. prostore sa povećanim požarnim opterećenjem;
3. horizontalne i vertikalne komunikacije namijenjene evakuaciji i sprovođenju akcije gašenja;
4. horizontalne i vertikalne kanale, koji međusobno povezuju više požarnih sektora ili etaža;
5. prostore za smještaj liftova i pripadajućih pogonskih uređaja, ventilacione i klima-komore;
6. prostore u kojima su smješteni uređaji, oprema, sredstva i mediji za gašenje požara;
7. podrumске i tavanске etaže;
8. sigurnosne prostore u višespratnim objektima, namijenjene privremenoj evakuaciji iz ugroženih etaža do momenta evakuacije iz objekta.

Za objekte, u kojima su za izvedbu pretežno zastupljeni gorivi materijali, pored navedenog principa podjele, treba analizirati ukupnu površinu objekta i odlučiti da li po tom osnovu treba formirati dodatne požarne prepreke.



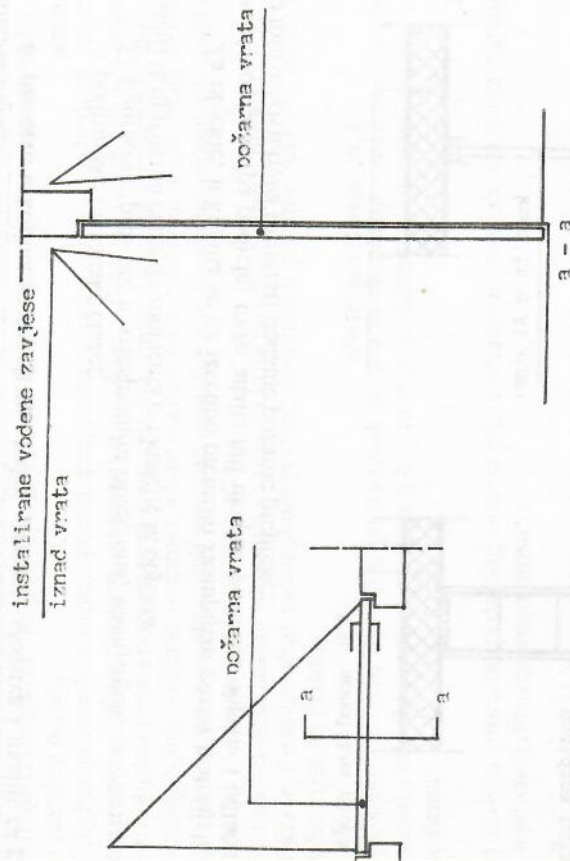
a) Nepravdano ugrađena oštakljenog pocjusa b) Ostvaren zahtjev u pogledu kvaliteta požarne prepreke
Slika 3.

Racionalizacija tehničkih rješenja zaštite od požara i eksplozije, najčešće zavisi ojektanta i njegove umješnosti da npr. zahtijevanu fizičku granicu jednog prostora o u njemu egzistira izvor opasnosti, projektuje kao granicu požarnog sektora.

Ova mogućnost obično ostaje neiskorištena zbog čestog shvatanja da su mjere e od požara nešto što treba da uslijedi nakon završenog projektovanja i svodi se na idanje represivnih mjera. Zaštita od požara u objeima mora zaživjeti u projekti- kao što je zaživjela potreba za zaštitom od prodora vode, termičkom zaštitom, om od buke, itd. Kad prevlada ovakvo shvatanje, neće se ponavljati slični primj- acionalnih rješenja kakav je prikazan na slici 3.

Na slici 3. prikazan je pregradni zid između dva prostora, koji treba da su odvo- i zasebne požarne sektore. U ovom primjeru očito je da je arhitekta težio estet- efektu pregradnog zida, zanemarujući neopravdanost ugradnje ostakljenog pojasa rom da ni jedan od dva susjedna prostora nema prirodno osvijetljenja. Ostakljena je znatno skuplja od izvedenog zida iste površine, koji bi, da je izveden do stropa osjeduje zadovoljavajući stepen otpornosti prema požaru, predstavljaao kvalitetnu u požarnih sektora. Kod sanacije ovakvih primjera, ugrađeno staklo treba de- rati, a sredstva ponovo ulagati u izvedbu dograđuje postojećeg zida.

Ponekad (što je znatno rjeđe), projektant, u želji da kroz tehnička rješenja primi- ce poznate mjere zaštite od požara, u nedostatku saznanja, projektuje neracional- senje, kao što je prikazano na slici 4.

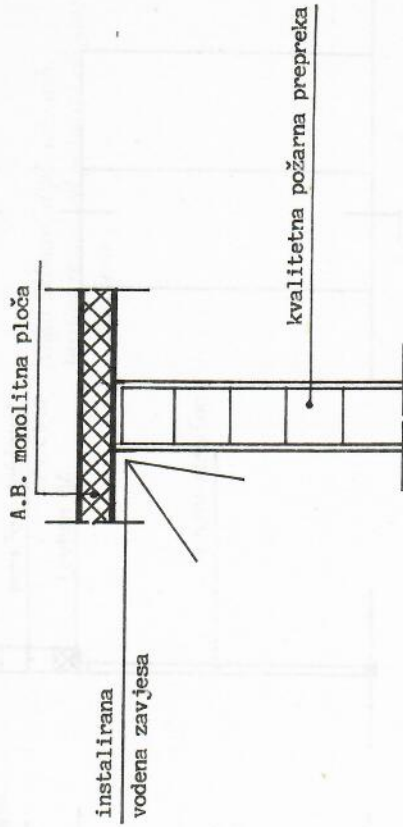


Slika 4. Šematski prikaz nepotrebne dvostruke zaštite otvora u požarnom zidu

a primjeru iz slike 4. vidimo da je otvor u granici požarnog sektora zaštićen otpornim prema požaru, koja se automatski zatvaraju u slučaju požara. Paralel- ovakvim vratima, projektant je predvidio i zaštitu otvora vodenom zavjesom. je izveden u krugu industrijskog kompleksa, koji oskudijeva vodom za gašenje u raspoložive količine i pritiska. Rješenja, u kojima je vodena zavjesa pred- kao segment granice požarnog sektora, mogu se, u ovakvim slučajevima, pred-

vidjeti samo ako ne postoji nikakav drugi način odvajanja sektora, jer njeno instaliranje povlači za sobom ulaganja u rezervoar požarne vode i postrojenja za povećanje pritiska u mreži. S obzirom na to da je, u našem primjeru, otvor u požarnoj prepreci zatvoren odgovarajućim vratima, instaliranje vodene zavjese je suvišno i ekonomski neopravda- no.

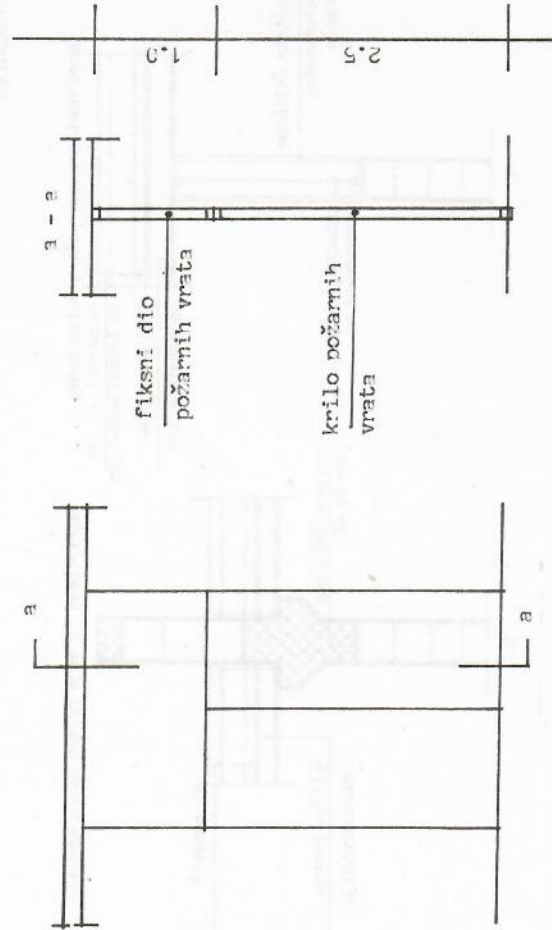
Navešćemo još jedan primjer (slika 5. neracionalnog razmišljanja i rješenja:



Slika 5. Primjer neracionalnog ulaganja

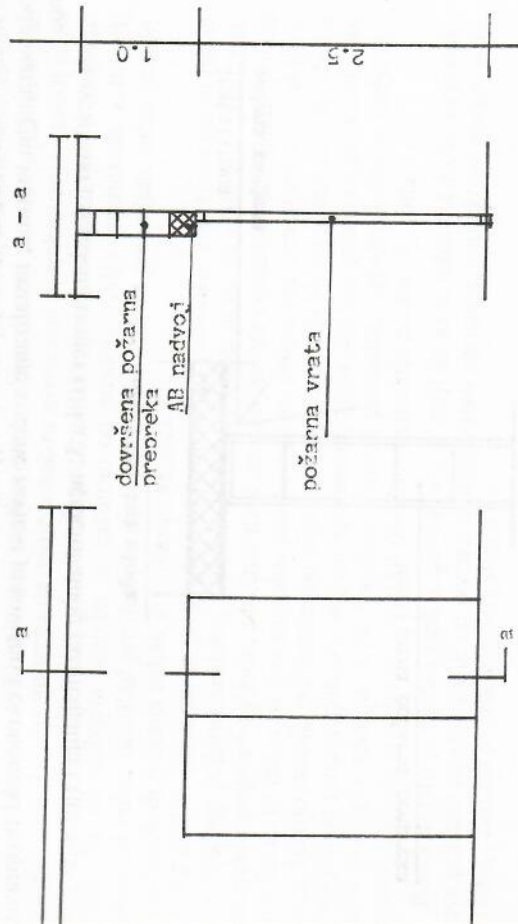
Prikazani detalj odnosi se na požarnu prepreku između susjednih sektora. Pošto su projektovani zid i stropna konstrukcija visokog stepena otpornosti na požar, dodatna vodena zavjesa, projektovana paralelno sa takvim zidom, predstavlja potpuno neoprav- dano ulaganje.

U svakodnevnoj praksi, često susrećemo sljedeći primjer, prikazan na slici 6.



Slika 6. Otvor u požarnom zidu veći od neophodnog minimuma

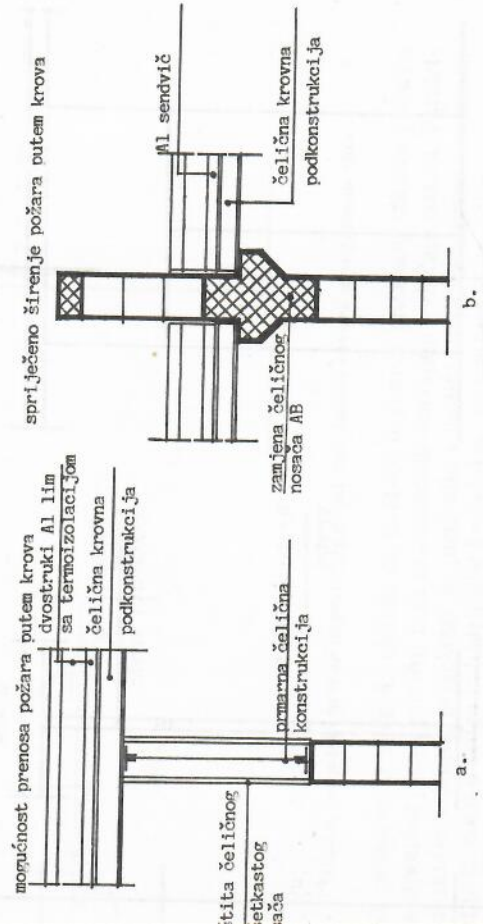
Način zatvaranja otvora u požarnoj prepreci kakav je prikazan na slici 6, mogao bi biti racionaliziran na način prikazan na slici 7.



Slika 7. Otvor u požarnom zidu dimenzioniran prema neophodnom minimumu

Ako stavimo u onjjer visinu ulaganja potrebnih za izvedbu fiksnog dijela nadvrtna, koji, kao i protivpožarna vrata, mora posjedovati karakteristike otpornosti na požar i visinu ulaganja za izvedbu nadvrtnika i dijela zida, jasno je da su rješenja, kao na slici 6, neracionalna.

Sljedeći primjer (slika 8) odnosi se na rješenja konstrukcije na granici požarnog sektora.



Slika 8. Mogućnost kvalitetnijeg rješenja konstruktivnih elemenata na granici požarnih sektora

Kvalitetnije i racionalnije rješenje predstavljaju rješenja dato na slici 8 b, jer ne iziskuje dodatne troškove za izvedbu zaštite primarnog nosača, a istovremeno u potpunosti požarno izdvaja sekundarne cemente konstrukcije.

Navedeni primjeri ilustriraju samo neke od brojnih mogućnosti kvalitetnijeg, ali i racionalnijeg načina projektovanja mjera zaštite od požara. Dati su sa ciljem da iniciraju težnju da se iznosi ulaganja u izvedbu mjera zaštite od požara smanje, a nivo zaštite poboljša.

Nada Selman, dipl. inž. arh.
 Institut zaštite od požara i eksplozije
 — Sarajevo

PROBLEMATIKA ODVOĐENJA DIMA I TOPLOTE IZ OBJEKATA KROZ PROJEKATNA RJEŠENJA

U ovom radu date su osnovne mjere zaštite od dima i toplote u projektnim rješenjima za različite vrste objekata. Obrazložene ove problematike ilustrirano je karakterističnim primjerima. Dat je i osvrt na postojeću zakonsku regulativu iz ove oblasti, sa primjerom proračuna otvora za odvođenje dima i toplote u industrijskom objektu prema važećem pravilniku.

PROBLEMATICS OF EVACUATION OF SMOKE AND HEAT FROM STRUCTURES THROUGH DESIGN SOLUTIONS

The paper deals with basic protection measures against smoke and heat in various structures through design solutions. Some characteristic examples are cited. A reference to the existing regulation is given, with an example of the estimation of heat and smoke relief areas for industrial structures according to the present regulation.

UDK 614.84:697.9.001.1

Primljeno: 1989—03—23

Pregledni rad

AZEMINA JAMAKOSMANOVIĆ, dipl. inž. arh.

PROBLEMATIKA ODVOĐENJA DIMA I TOPLOTE IZ OBJEKATA KROZ PROJEKATNA RJEŠENJA

1. UVOD

Opasnosti od širenja dima i toplote kod požara sve više ukazuju na potrebu za blagovremenom primjenom adekvatnih mjera zaštite još u fazi projektovanja objekta.

Požar je relativno rijetka pojava i većina ljudi i ne pomisli na činjenicu da se može naći u prostoriji u kojoj je izbio požar. Međutim, sa sigurnošću se može tvrditi da ne postoji zgrada niti tehnološki postupak gdje ne bi moglo doći do požara. Svjedoci smo da se na tržištu, gotovo svakodnevno, pojavljuju novi materijali koji se ugrađuju u objekte, instalacije i opremu i imaju svojstva da prilikom gorenja, pored toplote, proizvode velike količine dima. Pored toga, što smanjuje vidljivost u objektu i otežava evakuaciju, posebno su po život ljudi opasna njegova toksična dejstva.

Za razliku od oslobodene toplote od požara, koja predstavlja opasnost za objekat i širenje požara, dim je najveća opasnost za ljude. Količine dima koje se oslobadaju prilikom gorenja razlikuju se za pojedine vrste požara. Sa aspekta protivpožarne zaštite, sem količine dima, potrebno je poznavati i brzinu nastanka dima, jer su ova dva elementa vrlo značajna za sigurnu evakuaciju ljudi iz zapaljenog objekta. Statistike pokazuju da znatno veći broj ljudi strada gušenjem od dima u uslovima smanjene vidljivosti, nego od samog plamena.

Požar se može brzo savladati samo ako se obezbijedi dovoljno dugo vremena da se omogućí vatrogascima da neometano dođu do njegovog žarišta i da se blagovremeno omogućí spasavanje ljudi iz vatrene stihije.

Sve je ovo moguće izvesti pod uslovom da se objekat u međuvremenu ne razruši. fikasno rješenje mjera za odvođenje dima i toplote predstavlja značajan element u cjelkupnom sistemu zaštite od požara, jer upravo omogućava da objekti sačuvaju osnovnu konstrukтивnu svojstva i da se osigura efikasna evakuacija, kao i gašenje požara.

Činjenica je da se opasnosti od požara ne mogu sasvim izbjeći, ali ih je primjerno odgovarajućih mjera zaštite moguće svesti na minimum. S obzirom da širenje dima, kao i toplote, zavisi od mnogo faktora, vrlo je teško predvidjeti i proračunati ovaj element. Pa ipak, vremenom su uočeni neki prevladavajući faktori mehanizma kretanja dima, što omogućava da se usavrše metode zaštitnih mjera.

Stoga je neophodna detaljna analiza mehanizma kretanja dima i toplih gasova za svaki objekat još u fazi projektovanja. To uključuje različite pretpostavke mjesta nastanka požara i procjenu mjera zaštite u tim slučajevima.

I. METODE ZAŠTITE OD DIMA I TOPLOTE PRI POŽARU

Ove metode, pored detekcije dima i uključivanja alarma, obuhvataju arhitektonsko-gradevinske mjere zaštite.

U cilju sprečavanja širenja dima i toplih gasova na susjedne prostore, uz obezbjeđenje blagovremene evakuacije, predviđaju se sljedeće mjere u projektim rješenjima: formiranje požarnih i dimnih sektora, zaštita puteva evakuacije, zaštita vertikalnih komunikacija — stepeništa i liftova, ugradnja tampon-zona, protivpožarnih-dimmonsopušnih vrata i sl.

Druge metode odnose se na plansko usmjeravanje dima putem posebnih kanala, hitova, drenaza dima i sl.

II. ELEMENTI ZA ODREĐIVANJE MJERA ZAŠTITE OD DIMA I TOPLIH GASOVA U FAZI PROJEKTOVANJA

Potrebni elementi za određivanje mjera zaštite kod jednoetažnih objekata su sljedeći [1]:

- namjena i veličina objekta,
- požarno opterećenje,
- dimno opterećenje (količina dima koji proizvodi jedinica mase nekog materijala),
- procjena vremena zadimljenja objekta,
- proračun otvora za odimljavanje,
- putevi evakuacije i mogućnost vatrogasne intervencije,
- otvori u donjem dijelu objekta za dotok svježeg zraka,
- različite varijante pretpostavke o mjestu nastanka požara.

Za višespratne objekte analiza mjera zaštite od dima i toplih gasova trebalo bi da drži sljedeće elemente:

- namjena i veličina objekta,
- požarno opterećenje,
- dimno opterećenje,
- mogućnost evakuacije sa pretpostavkom mjesta nastanka požara na pojedinim etažama za različite slučajeve požara.

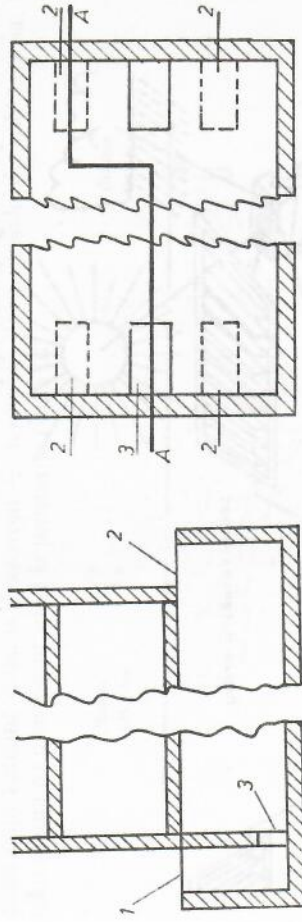
Na kraju je neophodno izvršiti detaljnu analizu svih predviđenih mjera zaštite od dima i toplih gasova i ispitati da li te snjese mogu obezbijediti sigurnost ljudi, kao i materijalnih dobara.

2. MJERE ZAŠTITE OD DIMA I TOPLOTE SUTERENSKIH I PODRUMSKIH PROSTORIJA

Sutrenske i podrumске prostorije predstavljaju naročito ugrožene objekte od dima i toplih gasova u požaru.

U ovim objektima požar duže traje, ima destruktivnije dejstvo, a posebno je izražen problem evakuacije i gašenja požara.

Odvođenje dima i toplih gasova regulise se ventilacionim otvorima sličnim otvorima na krovu objekta, a po principu protoka vrelih gasova kao u dimnjaku. Mogu se predvidjeti oba otvora na nivou zemljic, s tim što treba isključiti mogućnost promjene smjera kretanja dima uslijed naizmjenničnog rada dovodnih i odvodnih otvora. Rješenje je u postavljanju odgovarajućih klapni na otvoru za dovod zraka.

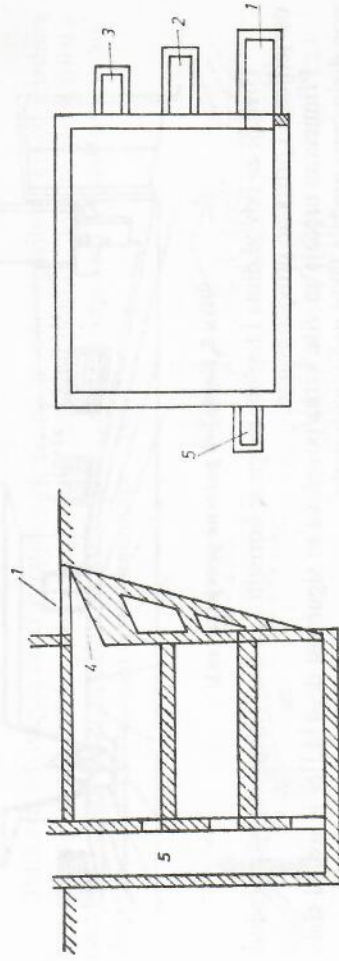


Slika 1. Odimljavanje podruma i sutereva

1 — nivo zemljic, 2 — otvori za dim, 3 — otvori za dovod svježeg vazduha

Slika 2.

Ukoliko se radi o podzemnim objektima sa više etaža, obično se predviđa zajednički dovod zraka za sve etaže, a posebni odvodni kanali za svakog sprata (slika 3 i 4).



Slika 3. Odimljavanje višespratnih podzemnih objekata

1, 2, 3, 4 — otvori za odvođenje dima, 5 — šaht za dovod vazduha

Slika 4.

Kod rješenja gdje je zajednički odvodni kanal, moraju se predvidjeti odgovarajuće klapne koje sprečavaju zadimljavanje ostalih etaža. Često se kao dovodni kanali koriste hodnici, a za odvod dima i toplih gasova dimni šahtovi.

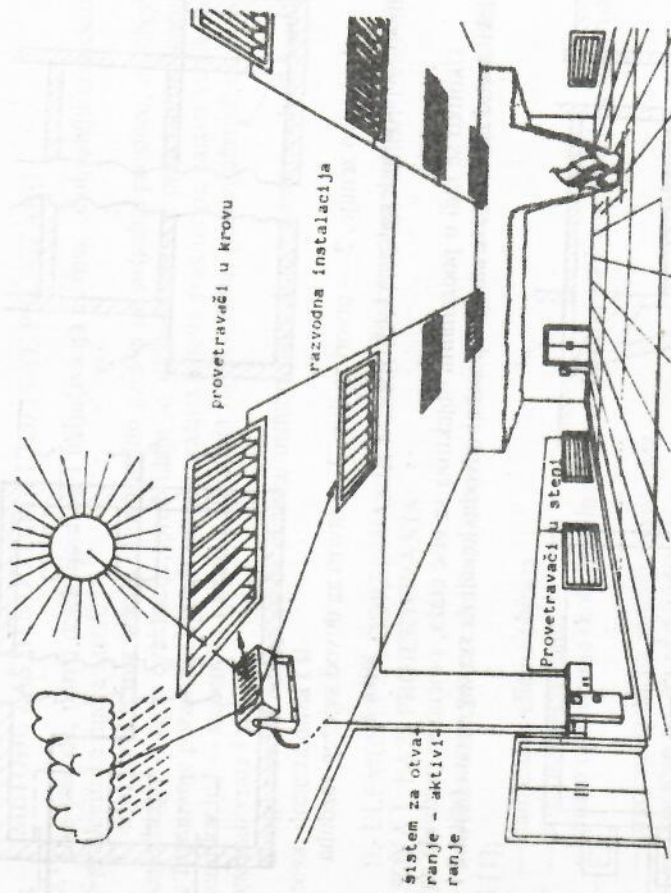
Posto nema tačnih uputstava o proračunu površine ventilacionih otvora, uzima se da su površine dovodnih otvora dvostruko veće od odvodnih.

3. ZAŠTITA OD DIMA I TOPLOTE PRIZEMNIH OBJEKATA

Kad se predviđaju mjere za odvođenje dima i toplote za prizemne objekte, uglavnom se misli na industrijske objekte. To je tako, prije svega, što je kod stambenih i drugih prizemnih objekata umanjena opasnost od dima prilikom evakuacije ljudi.

Odimljavanje ovih objekata vrši se pomoću ventilacionih otvora u obliku žaluzije, poklopcu, kupole, prozora i sl., postavljених uglavnom na krovu, a može i u zidu, koji sa otvorom za dovod vazduha pri podu djeluju kao prirodni ventilator.

Aktiviranje požarnog provjetravanja može se riješiti ručno, automatski — koštanjem impulsa javljača požara ili pomoću topljivog elementa ugrađenog u mehanizam za otvaranje uređaja (slika 5) [3].



Slika 5. Uređaj za požarno provjetravanje

Uređaji za odvod dima i toplote mogu se koristiti i za druge namjene — prirodno jetljenje i prirodno provjetravanje.

Primjenom uređaja za više svrha povećava se sigurnost dejstva, jer je uslijed stalnog djelovanja uređaja lakše uočiti nedostatke.

3. 1. FUNKCIONALNOST SISTEMA ZA ODVOĐENJE DIMA I TOPLOTE I POŽARU

Adekvatnim rješenjem sistema za odvođenje dima i toplote postižu se brojni efekti —

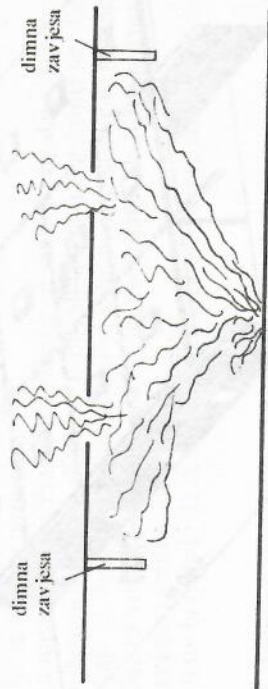
- ne postoji opasnost od zadimljenja prostorije,
- vidljivo je žarište požara i mogućnost efikasnog djelovanja vatrogasne ekipe,

- dovod hladnog vazduha spolja hladi okolni prostor i materijale usporavajući širenje požara, a nosiva konstrukcija ne dostiže temperaturu deformacije,
- pošto se produkti sagorijevanja ne zadržavaju ispod tavanice, ne postoji opasnost od eksplozije gasova.

U slučaju objekata velikih površina koji nisu podijeljeni na požarne sektore, nepoželjno je ugradnja dimnih zavjesa ispod stropa u cilju sprječavanja širenja dima i toplih gasova.

Prema Pravilniku [7] maksimalna površina dimnog sektora je 1600 m², a dužina sektora ne smije biti veća od 60 m. Neki literaturni izvori preporučuju da za objekte sa visokim požarnim opterećenjem dužina dimnog sektora iznosi 30 m.

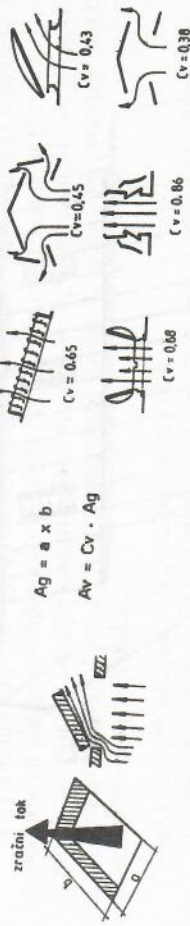
Dimne zavjese moraju biti izradene od negorivog materijala i važno ih je pri vrhu objekta dobro zapitati, kako se dim ne bi širio dalje. Mjera zaštite ovdje se sastoji u ograničenju količine dima pod krovom — rezervoar dima između dimnih zavjesa, a preko otvora na krovu dim izlazi iz prostorije (slika 6).



Slika 6. Računska debljina dimne zone određuje se za svaki slučaj posebno

3.2. UTICAJI VAZDUŠNOG OTPORA I VJETRA NA UREĐAJE ZA ODVOĐENJE DIMA I TOPLIH GASOVA [3]

Priklom odvođenja dima i toplih gasova, na samim uređajima, uslijed vazduha koji obliva njegove stjenke, nastaju otpori koji smanjuju protok. Stoga se geometrijska površina uređaja (Ag) smanjuje za koeficijent vazdušnog otpora (Cv) koji se utvrđuje eksperimentom za svaki slučaj posebno (slike 7 i 8).



Slika 7.

Slika 8.

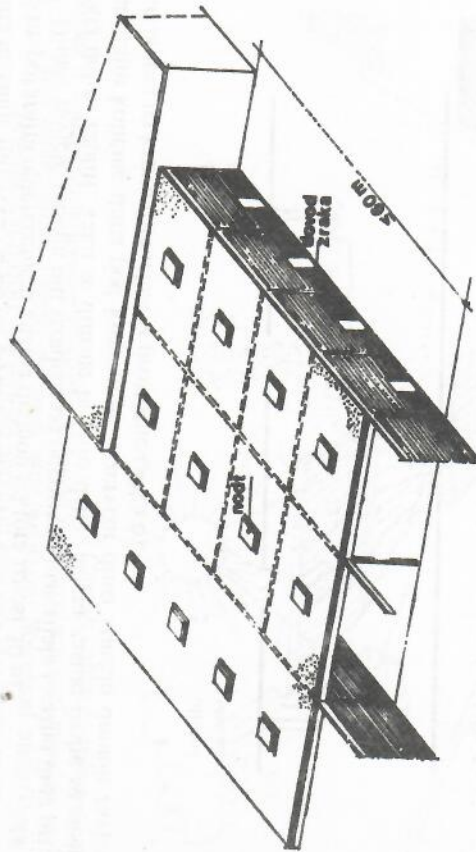
Kod ugradnje uređaja za odimljavanje, neophodno je uzeti u obzir uticaj vjetra. Pored toga što vjetar može oštetiti, nespособiti ili odnijeti uređaj sa krova, može se proizvesti nepoželjan efekat suprotstavljanju kretanja dima i toplih gasova iz otvora na krovu.

3.3. RASPORED SISTEMA ZA ODVOĐENJE DIMA I TOPLOTE

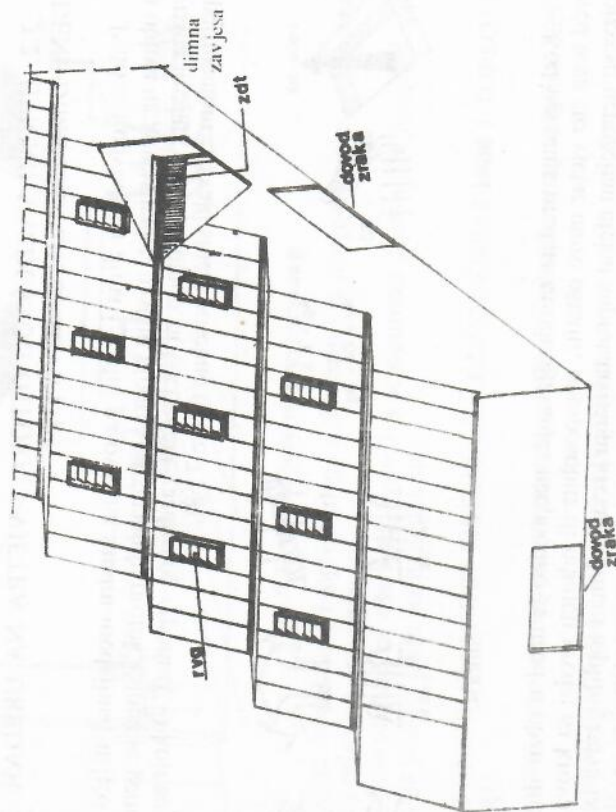
Pravilan raspored sistema za odvođenje dima i toplote ima značajnu ulogu kod požarnog provjetravanja.

Česti su slučajevi da je uređaje sistema gotovo nemoguće razmjestiti prema odredbama važećeg pravilnika, tako da se raspored pojednostavljuje, oslanjajući se na prethodna iskustva.

Neki primjeri rasporeda uređaja dati su na slikama 9 i 10.



Slika 9. Ravni krov



Slika 10. Šed krov

3.4. PRORAČUN OTVORA ZA ODVOĐENJE DIMA I TOPLOTE, SA OSVRTOM NA PRAVILNIK O TEHNIČKIM NORMATIVIMA ZA SISTEME ZA ODVOĐENJE DIMA I TOPLOTE NASTALIH U POŽARU („SLUŽBENI LIST SFRJ, BROJ 45/83)

Kod nas je u upotrebi Pravilnik o tehničkim normativima za sisteme za odvođenje dima i toplote nastalih u požaru („Službeni list SFRJ“, broj 45/83), iako su u toku aktivnosti za izradu novog propisa.

Ovaj pravilnik je u praksi teško primjenjivati, jer ne postoje jednostavna uputstva o dimenzionisanju uređaja za pojedine objekte. Suvise faktora utiče na brzinu oslobađanja toplote i dima, da bi se jednom formulom mogle proračunati površine otvora koje su potrebne. I pored toga, do izmjene i dopune pravilnika dužni smo postupati u skladu sa njegovim odredbama.

Načelna primjedba koja se može staviti na Pravilnik je da nije donesen u sklopu jedinstvenog normativnog regulisanja zaštite od požara. Kod primjene formula poziva se na određene tabele u kojima se vrši razvrstavanje objekata i sl. a da se nije izvršilo usklađivanje sa drugim propisima.

Pored toga, odredbe Pravilnika odnose se samo na uređaje koji se postavljaju na krovove prizemnih objekata ili na posljednjem spratu u objektima sa više etaža. On se primjenjuje za stepeništa, objekte koji se štite uređajima za gašenje inertnim gasovima, skladišta sa visokim regalima i skladišta materijala skladištenog iznad maksimalne visine, dimnjake i ventilacione uređaje.

Pravilnik bi trebalo da obuhvati i uređaj za odvođenje dima i toplote iz podruma i suterena.

3.4.1. Primjer proračuna sistema za odvod dima i toplote po Pravilniku o tehničkim normativima za sisteme za odvođenje dima i toplote nastalih u požaru [8]

a) Osnovni podaci o objektu
Tvoronica za proizvodnju obuće:

— dužina hale $a = 70,00 \text{ m}$

— širina hale $b = 40,00 \text{ m}$

— srednja konstrukciona visina $h = 6,50 \text{ m}$

— površina poda $F_p = 2800 \text{ m}^2$

— hala je dvobrodna sa dvodvodnim krovom nagiba $7,5^\circ$.

b) Podaci očitani iz Pravilnika

Za tvornicu za proizvodnju obuće, prema tabeli broj 1, kategorija opasnosti je 2, 3. Na osnovu kategorije opasnosti iz tabele broj 4, očitano referentnu grupu 3. U tabeli broj 5, na osnovu srednje konstrukcione visine $h = 6,50 \text{ m}$, računске debljine dimne zone (pretpostavka) $d = 2,25 \text{ m}$ i referentne grupe 3, dobije se procenat efektivne površine otvora $p = 0,68\%$.

c) Proračun ukupne efektivne površine otvora

Ukupna efektivna površina otvora izračunava se prema formuli iz člana 23:

$$A_{vs} = p \times F_p = 0,68/100 \times 2800 = 19,04 \text{ m}^2$$

d) Izbor i raspored uređaja za odvod dima i toplote

Za uređaje su izabrane svjetlosne kupole čija je geometrijska površina $A_{gv} = 1,52 \text{ m}^2$ (svijetli otvor $80 \times 190 \text{ cm}$), čija je efektivna površina $A_{vu} = 0,912 \text{ m}^2$.

Broj kupola $n = A_{vs}/A_{vu} = 19,04/0,912 = 20,87$

Uvažujući 22 kopolne, radi lakšeg rasporeda, te ih nanijestamo u skladu sa odredbama 3 i 4 u članu 5.

c) Podjela na dimne sektore

Prema članu 11. Pravilnika, maksimalna površina dimnog sektora je 1600 m². Tako halu moramo podijeliti na dva dimna sektora, formiranjem dimnih zavjesa koje moraju biti u skladu sa odredbama čl. 16 i 17. Pravilnika. U našem slučaju, prema čl. 29, najmanja visina dimne zavjese je 2 m.

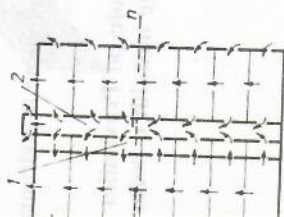
Posebnu pažnju treba posvetiti hodnicima i stepeništima u cilju obezbjeđenja.

4. MJERE ZAŠTITE OD DIMA I TOPLOTE VIŠESPATNIH OBJEKATA

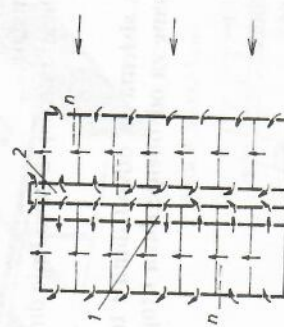
Problem odimljavanja kod višespratnih objekata treba posvetiti naročitu pažnju još u fazi projektovanja, jer je za evakuaciju iz ovih objekata potrebno znatno više vremena.

Eksperimenti vršeni u prirodnim uslovima požara pokazuju da se već u roku od 2 minute stepenište i šahтови liftova ispunje dimom.

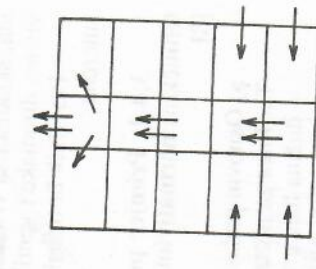
Tipična šema kretanja toplih gasova u višespratnim objektima predstavljena je na slikama 11, 12 i 13.



Slika 11. Šema kretanja dima u visokom objektu u slučaju kada nema vjetrova (prirodne ventilacije — uski period)



Slika 12. Šema kretanja dima u visokom objektu u slučaju kada duva vjetrova



Slika 13. Efekat dimnjaka

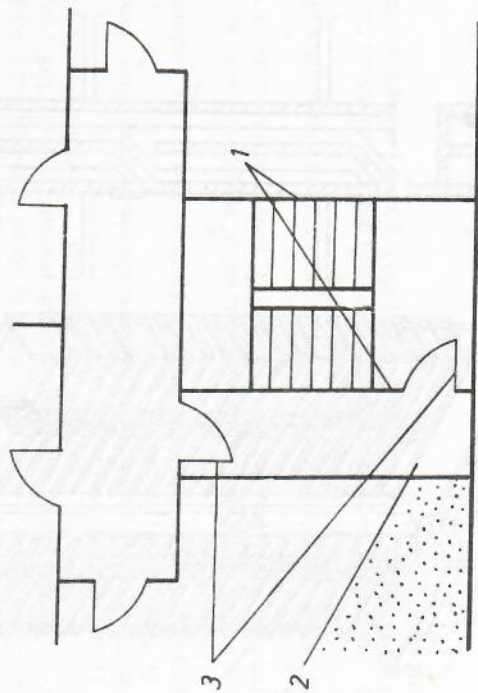
Ukoliko je temperatura okolnog vazduha u ljetnim mjesecima veća od temperaturu u objektu, postoji opasnost od zadimljenja prostora i puteva evakuacije ispod sprata kojim je nastao požar, posebno ako je žarište požara na spratovima iznad neutralne linije (mjesto na kojem je pritisak jednak atmosferskom — nema kretanja dima ni vazduha).

Vjetrov može znatno da utiče na zadimljenje objekta u zavjertini veće brzine vjetrova objekta u zavjertini može se sasvim zadimiti. To ukazuje da, prilikom projektovanja, treba voditi računa o ruži vjetrova.

Kao jedna od osnovnih mjera zaštite od dima višespratnih objekata bila bi podjela na dimne sektore, s tim da se iz svakog sektora obezbijedi veza sa sigurnim evakuacionim putevima.

Posebnu pažnju treba posvetiti hodnicima i stepeništima u cilju obezbjeđenja sigurne evakuacije.

Dobro rješenje je odvajanje stepeništa od ostalog dijela objekta tampon-zonom sa dimnonepropusnim vratima. Tampon-zone mogu se štiti i mehanički — formiranjem zone natpritisaka (slika 14). Najbezbednija evakuacija se rješava sa alternativnim putevima evakuacije.



Slika 14. Stepenište sa tampon-zonom i dimnonepropusnim vratima
1 — stepenište, 2 — tampon-zona, 3 — dimnonepropusna vrata

Plansko usmjerenje dima postiže se uglavnom prinudnim odimljavanjem — klapnima, odnosno šahovima. Na svakom spratu nalazi se klapna koja se u slučaju požara automatski otvara. Radi sigurnosti, može se izvršiti povezivanje ventilacionih otvora — dimnim šahom (slike 15 i 16)

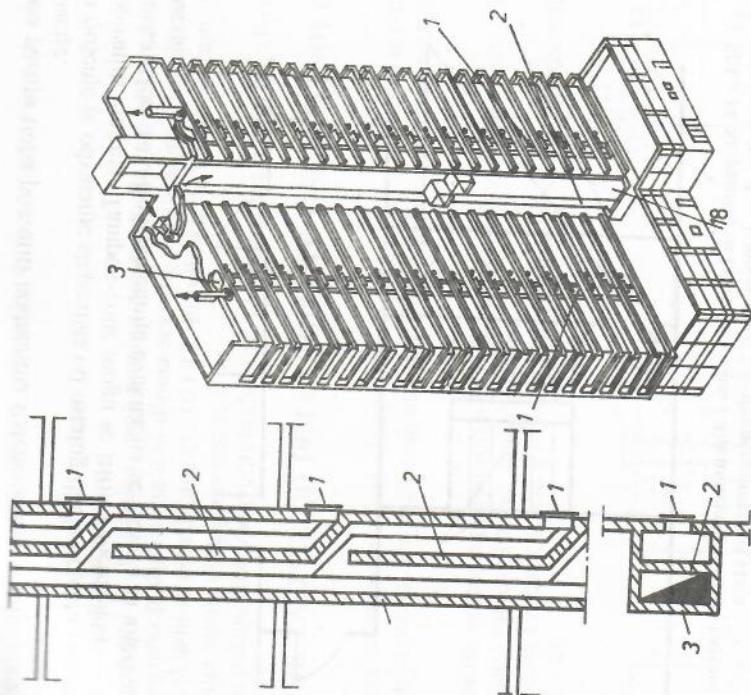
Interesantan i racionalan prirodan način odimljavanja, koji kod nas još nije zaživio, jeste sistem drenaže dima i toplih gasova. Ovdje se koristi vlastita energija požara čineći ga relativno neopasnim na tri načina:

1. dodavanjem zraka u prostoriju u kojoj je nastao požar, u količinama potrebnim da se osigura uslovi da požar bude kontrolisan površinom gorive materije (kratko trajanje požara i relativno niske temperature);
2. održavanjem pritiska u prostoriji u kojoj je nastao požar ispod pritiska okružujućeg prostora;
3. odvođenjem dima i toplote na siguran i organizovan način.

Može se koristiti i verzija sistema za drenažu, koja koristi ventilatore za odvođenje dima i toplote, obično smještena na krovu objekta i snabdjevene zasebnim izvorom električne energije.

LITERATURA

- [1] D. Tuhtar, E. Hadžiselimović: **Zaštita od dima pri požaru**, Institut zaštite od požara i eksplozije, Sarajevo, 1985.
- [2] T. Wakamatsu: Calculation Methods for Predicting Smoke Movement in Building Fires and Designing Smoke Control Systems, **Fire Standards and Safety**, ASTM STP 614, A. F. Robertson, Ed. American Society for testing Materials, 1977, 168—193.
- [3] J. Godnov: Požarno provjetranje — uredaji za odvod dima i toplote i prirodno provjetranje u industrijskim objektima, **Požar eksplo. prevent.**, VIII (2), 1987, str. 221—233.
- [4] T. T. Lic, J. H. Mc Guire, Control of Smoke in High — Rise Buildings, **Fire Technology**, Vol. 11, No. 1, 1975, 5—14.
- [5] A. P. Robertson, Estimating Smoke Production During Building Fires, **Fire Technology**, Vol. 11, No. 2, 1975, 80—94.
- [6] T. Z. Harmathy, Design of Buildings for Fire Safety — Part I, **Fire Technology**, Vol. 12, No. 3, 1976.
- [7] Pravilnik o tehničkim normativima za sisteme za odvođenje dima i toplote nastalih u požaru, **Službeni list SFRJ**, broj 45 od 18. jula 1983. godine sa stupanjem na snagu 18. jula 1984. godine.
- [8] J. Bartolj: Pravilnik o tehničkim normativima za odvod dima i toplote nastalih pri požaru s komentarjem, **Delo in varnost**, Ljubljana, 1984.
- [9] Pravilnik o tehničkim normativima za zaštitu visokih objekata od požara br. 50—16277/1, **Službeni list SFRJ**, broj 7 od 3. novembra 1983. godine (sa stupanjem na snagu 3. novembra 1984. godine).



Slika 15. Šema dimnog šahta

- 1 — automatska klapna
- 2 — pregradni zid
- 3 — zid dimnog šahta

Slika 16. Objekat sa dimnim šahtovima

- 1 — dimni šahtovi
- 2 — šaht za lift
- 3 — ventilator

Azenina Janakosmanović, dipl. inž. arh.
Institut zaštite od požara i eksplozije — Sarajevo

PRORAČUN VATROOTPORNOSTI ARMIRANOBETONSKE PLOČE

Betonske konstrukcije imaju dobru otpornost na djelovanje visokih temperatura. Međutim, u određenim slučajevima potrebno je uraditi proračun vatrootpornosti konstruktivnih elemenata. Analitičko prikazivanje ponašanja jednog elementa konstrukcije, izloženog dejstvu visokih temperatura, zahtijeva termičku analizu i proračun vatrootpornosti na osnovu te termičke analize. U radu je naveden proračun vatrootpornosti prema DIN-u i prema CSTB-u. Oba proračuna mogu se primijeniti za armiranobetonske konstrukcije koje se rade kod nas, s tim da se u proračunu koriste rezultati mehaničkih osobina čelika, proizvedenih po njemačkim standardima, koji su vrlo slični našim armaturnim čelicima.

THE CALCULATION OF FIRE RESISTANCE OF REINFORCED CONCRETE SLABS

Building constructions made of concrete possess a good resistance to effects of high temperatures. However, in some cases it is necessary to apply a calculating method for the determination of fire resistance of construction elements. The analytical presentation of behavior of a single construction element exposed to effects of high temperatures requires a thermal analysis and calculation of fire resistance on the basis of this thermal analysis to be made. Calculations according to DIN and CSTB regulations are described. Both of them can be applied to reinforced concrete constructions currently made, with a remark that results of mechanical characteristics of steel made according to German standards should be used in calculations since they are very similar to Yugoslav reinforced steel.

UDK 614.84: [691.328:624.073]

Primljeno: 1989—03—25

Pregledni rad

JASNA BEGANOVIĆ, dipl. inž. grad.

PRORAČUN VATROOTPORNOSTI ARMIRANOBETONSKE PLOČE

1. UVOD

Betonske konstrukcije imaju dobru otpornost na djelovanje visokih temperatura zbog svoje slabe provodljivosti i zbog činjenice da gube mehanička i fizička svojstva tek na relativno visokim temperaturama. Uslov vatrootpornost vrlo rijetko je odlučujući faktor za koncepciju betonske konstrukcije i zbog njenog konstruktivnog rješenja.

Analitičko prikazivanje ponašanja jednog elementa konstrukcije izloženog dejstvu visokih temperatura zahtijeva termičku analizu i proračun vatrootpornosti na osnovu te termičke analize. U stvari, radi se o dva odvojena postupka.

2. TERMIČKA ANALIZA

Termička analiza omogućava da se odredi distribucija temperatura konstruktivnih elemenata koji čine jedan termički program. Diferencijalne jednačine se uglavnom izvode korištenjem numeričkih metoda, ali mogu biti isto tako riješene aproksimativnim grafičkim metodama.

Standardna kriva temperatura/vrijeme, koja odgovara funkciji:

$$T - T_0 = 345 \log (8t + 1) \quad (1)$$

gdje jc:

t — vrijeme, u min,

T — temperatura u vremenu t , u °C,

T_0 — početna temperatura, u °C,

služi kao osnova za izradu programa za proračun rasprostiranja temperature u betonskom presjeku. Rasprostiranje temperature kroz betonski presjek dato je Furijevom diferencijalnom jednačinom:

$$\partial t / \partial t = \lambda / c\rho (\partial^2 T / \partial x^2 + \partial^2 T / \partial y^2) + w \quad (2)$$

gdje jc:

T — temperatura,

t — vrijeme,

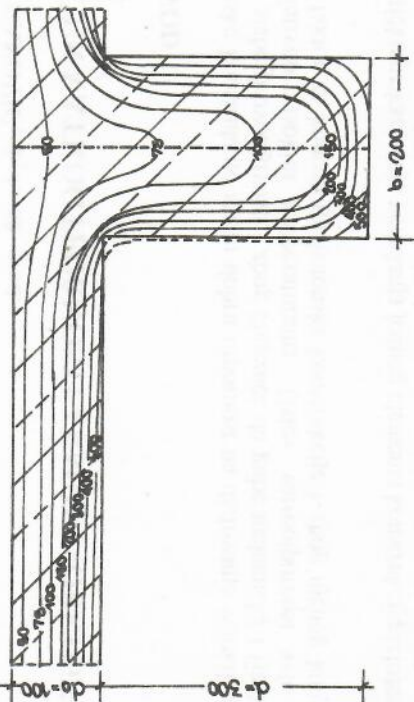
λ — toplina provodljivost,

c — specifična toplota,

ρ — zapreminska težina,

w — izvor toplote.

Granični uslovi ove jednačine određeni su zakonima razmjene toplote zračenjem i konvekcijom.

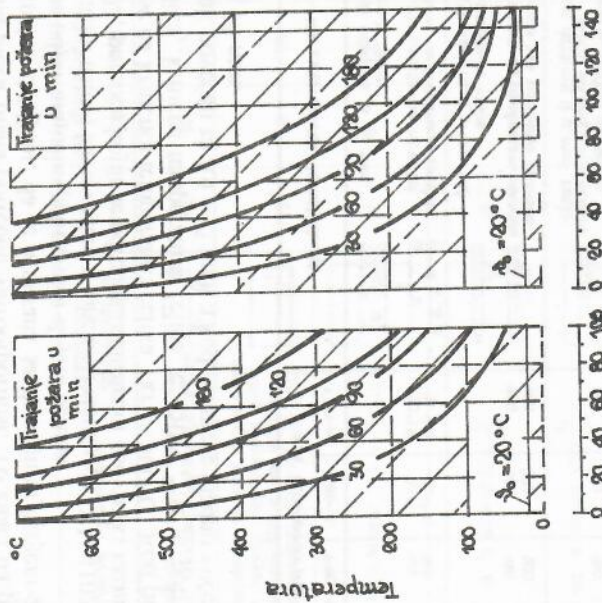


Slika 1. Izoterme u °C prema DIN 4102, dio 2 (ETK) za ploču i gredu izloženu požaru 30 min, od betona sa kvarcnim agregatom

Uticaj armature na rasprostiranje temperature u betonskom presjeku može se zanemariti.

Danas u svijetu postoje čitave serije tipskih presjeka različitih elemenata sa izotermama u funkciji trajanja zagrijavanja prema optima ISO 834 [1]. Na slici 1 prikazane su izoterme grede i ploče izložene požaru 30 minuta [2].

Sa slike se može primijetiti da su izoterme ploče bez otvora, u stvari, ravne linije. Na slici 2 data je raspodjela temperature u pločama, debljine 10 cm i 15 cm, od malnog betona sa kvarcnim agregatom [2].



Slika 2. Raspodjela temperature prema DIN 4102, dio 2 (ETK) u ploči izloženoj požaru sa jedne strane, od betona sa kvarcnim agregatom

3. PRORAČUN VATROOTPORNOSTI ARMIRANOBETONSKE PLOČE

3.1. PRORAČUN PREMA DIN 4102

Analizirajući proces zagrijavanja, neophodno je prihvatiti činjenicu da nosiva sposobnost konstrukcije zavisi od opterećenja koja na nju djeluju, a ta opterećenja usvojena su propisima. Proračunsko opterećenje A može se izraziti kao zbir:

$$A = G + Q + W + S \quad (3)$$

gdje jc:

G — sopstvena težina,

Q — korisno opterećenje,

W — uticaj vjetra,

S — opterećenje od snijega.

S druge strane, potrebno je imati u vidu da prilikom izlaganja konstrukcije visokim temperaturama nastaju termička naprezanja zbog nemogućnosti širenja posmatranog elementa usljed prisustva konstrukcije koja ga ograničava. To širenje zavisi od sposobnosti konstrukcije da primi takva naprezanja.

Ovaj odnos se izražava pomoću koeficijenta linearnog širenja ili prostorne temperature deformacije iz uslova zagrijavanja posmatranog elementa. Temperature deformacije mogu imati za posljedicu rušnije konstrukcije; na primjer: širenje horizontalnih elemenata izaziva rušnije vertikalnih elemenata po konturi objekta. Prilikom proračuna miranobetonске ploče, prema DIN 4102, potrebno je uzeti u obzir minimalne uslove i bi posmatrana ploča imala potrebnu vatrootpornost. To znači da ploča mora imati određenu minimalnu debljinu, da je armirana sa dovoljnim brojem armaturnih šipki i zije su zaštićene odgovarajućim pokrovnim slojem betona.

Ovi minimalni uslovi su navedeni u tabelama standarda DIN 4102, 4. dio. Sve tabele u DIN 4102, pomoću kojih se određuje minimalni osovinski razmak u armaturnih šipki, baziraju se na kritičnoj temperaturi čelika $T_{kr} = 500^{\circ}\text{C}$. Kod primjene termički poboljšanih čelika, kritična temperatura čelika je 450°C , pa je potrebno minimalni osovinski razmak povećati za $\Delta u = 5$ mm, a kod primjene hladno vučenih žica je: $T = 300^{\circ}\text{C}$, a $\Delta u = 15$ mm.

Red	Karakteristika konstrukcije	Klasa otpornosti na požar				
		F 30-A	F 60-A	F 90-A	F 120-A	F 180-A
1	Najmanja debljina d u mm neoboljelih ploča					
1.1	kod elastičnog nosača	80(7)2	90(7)2	100	100	180
1.2	kod elastičnog nosača sa plivajućim podom	80(7)2	90(7)2	100	100	180
2	Najmanja debljina d u mm kad-konstrukcija bez pojačanja osovica	750	160	180	160	180
2.1	kod konstrukcija sa pojačanim osovica	150	200	200	200	200
2.2	kod konstrukcija bez pojačanja osovica	50	50	50	60	75
3	Najmanja debljina d u mm neoboljelih ploča sa rasprutim podom od cementa ili podom od estera					
4	Najmanja debljina D u mm - d + debljina ploče od cementa	60(7)2	80(7)2	100	100	180
4.1	kod elastičnog nosača	80(7)2	80(7)2	100	100	180
4.2	kod elastičnog nosača sa plivajućim podom	80(7)2	80(7)2	100	100	180
5	Najmanja debljina d u mm neoboljelih ploča od elastičnog nosača od cementa sa izolacionim slojem					
5.1	kod elastičnog nosača	60(7)2	60(7)2	60(7)2	60(7)2	80(7)2
5.2	kod elastičnog nosača sa plivajućim podom	60(7)2	60(7)2	60(7)2	60(7)2	80(7)2
6	Najmanja debljina d u mm kod ploče od neopuhivog građ. materijala ili estera	75	75	75	30	40
7	Najmanja debljina d u mm ploča prema redovima 1, 2 i 5 sa oblogama od žbuke					
7.1	Najmanja debljina d u mm ploča sa oblogama od žbuke					
7.2	Ploče od drvene vune za lake konstrukcije takođe bez žbuke kod					
7.2.1	debljina ploče od drvene vune za lake konstrukcije > 75 mm	50	50	50	50	50
7.2.2	debljina ploče od drvene vune za lake konstrukcije > 50 mm	50	50	50	50	50
7.3	Podstavci	d > 50				

TABELA 1. Najmanje debljine ploča od armiranog betona i prednapregnutog betona bez otvora

U tabeli [3] date su minimalne debljine ploča bez otvora za određene klase otpornosti na požar.

1. Kod sadržaja vlage u betonu $> 4\%$, kao i kod gustog rasporeda armature (rastajanja šipki < 100 mm), najmanja debljina d prema redovima 1 i 5, kao i najmanje debljine D prema redu 4, mogu se povećati za 20 mm.

2. Kod ploča izloženih požaru na više strana, potrebno je da najmanje debljine d prema redovima 1 i 5, kao i najmanje debljine D prema redu 4 budu uvijek ≥ 100 mm. Nakon usvajanja najmanje debljine ploče za potrebnu vatrootpornost konstrukcije može se, pomoću tabele 2 [3], usvojiti najmanje rastojanje osovine armature zavisno od načina oslanjanja.

Red	Karakteristika konstrukcije	Klasa otpornosti na požar				
		F 30	F 60	F 90	F 120	F 180
1	Najmanje rastojanje osovine šipke u mm neoboljelih jednoosovno napregnutih ploča	12	26	35	45(7)	60(7)
2.1	Najmanje rastojanje osovine šipke u mm neoboljelih dvoosovno napregnutih ploča na 3 strane ukleštene sa jednom slobodno oslonjenom stranom $\frac{b}{l} > 1.0$	12	25	35	45(7)	60(7)
2.2	ukleštene sa 3 strane $1.0 \leq \frac{b}{l} \leq 0.7$	12	40	30	35	45(7)
2.3	ukleštene sa 3 strane $0.7 > \frac{b}{l}$	12	15	25	30	40
2.4	ukleštene sa 4 strane $1.5 \geq \frac{b}{l}$	12	12	15	20	30
2.5	ukleštene sa 4 strane $\frac{b}{l} \geq 0.0$	12	25	35	45(7)	60(7)
3	Najmanje rastojanje osovine u u mm ploča sa oblogama od žbuke	Najmanje rastojanje osovine u prema redovima 1 i 2, smanjena su možda, samo u ne manje od 12				
3.1						
3.2	Ploče od drvene vune za lake konstrukcije takođe bez žbuke kod					
3.2.1	debljina ploče od drvene vune za lake konstrukcije > 75 mm	12	12	12	12	15
3.2.2	debljina ploče od drvene vune za lake konstrukcije > 50 mm	12	12	12	12	15
3.3	Podstavci	u > 12 konstrukcija premećuje u 6.5				

TABELA 2. Najmanje rastojanje armature slobodno oslonjenih armiranih ploča od normalnog betona

U DIN 4102 dat je niz tabela koje definišu potrebnu vatrootpornost različitih vrsta ploča.

Radi ilustracije, u tabeli 1. i tabeli 2. dati su minimalni uslovi [3] koje bi ploča bez otvora morala ispuniti da bi imala zahtijevanu vatrootpornost.

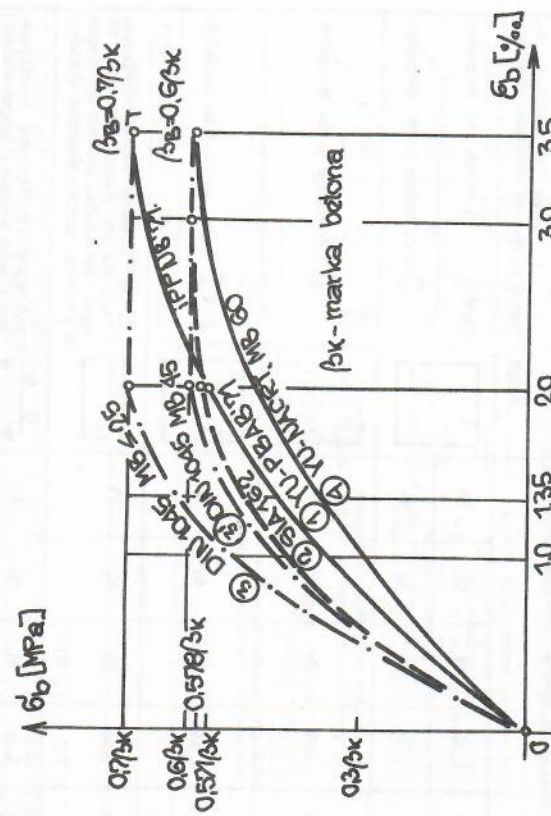
Iz navedenog slijedi da se proračun vatrootpornosti ploče prema DIN-u radi tako da se dimenzije i potrebna armatura ploče sračunaju za uslove normalne temperature od 0°C, za propisane opterećenje prema jednačini (63) i usvojeni konstruktivni sistem. Zatim se dobijeni rezultati uporede sa podacima iz tabele datih u DIN 4102 i usvoje iz tabele minimalni uslovi za postizanje potrebne vatrootpornosti (debljine ploče, pokrovi i sloj betona).

3. 2. PRORAČUN VATROOTPORNOSTI PREMA CSTB-U

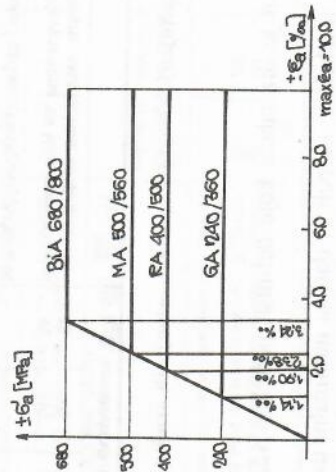
3. 2. 1. Radni dijagram betona i čelika

Prilikom određivanja vatrootpornosti konstruktivnih elemenata, ponašanje betona armature dato je dijagramom $\delta - \epsilon$, napon — deformacija.

Radni dijagram betona (RDB) utvrđen je propisima pojedinih zemalja iz uslova a što vjernije prikaže ponašanje pritisnutog betona u stanju granične nosivosti (slika 3) [4].



Slika 3. Radni dijagram betona



Slika 4. Računski (idealizovani, radni) dijagram $\delta - \epsilon$ za betonske čelike koji se proizvode u svojoj zemlji

Za računski (idealizovani, radni) dijagram $\delta - \epsilon$ uzima se bilinearni radni dijagram sa graničnom čvrstoćom čelika jednakom granici razvlačenja δ_v , odnosno δ_{02} , kao što je prikazano na slici 4 [4].

Prena modelu propisa CEB—FIP '78 dobijene vrijednosti se koriguju sa parcijalnim koeficijentima sigurnosti — za beton $\gamma_m = 1,5$, za čelik $\gamma_m = 1,15$.

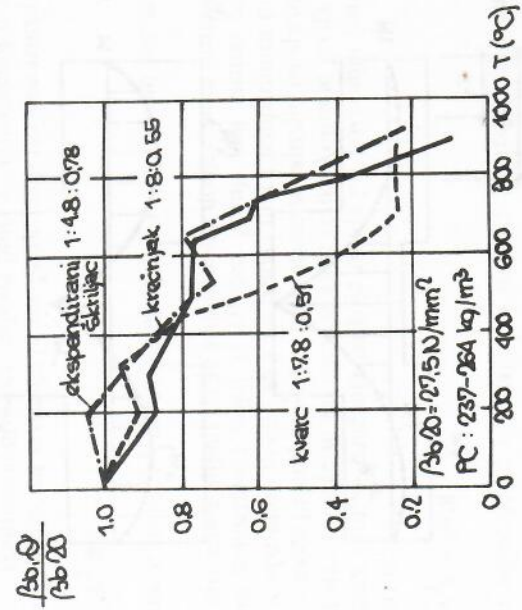
3. 2. 2. Promjena fizičko-mehaničkih osobina betona i čelika pod uticajem visokih temperatura

Promjena čvrstoće i elasto-plastičnih svojstava građevinskih materijala jesu najvažniji pokazatelji koji utiču na promjenu nosive sposobnosti građevinskih konstrukcija u požaru.

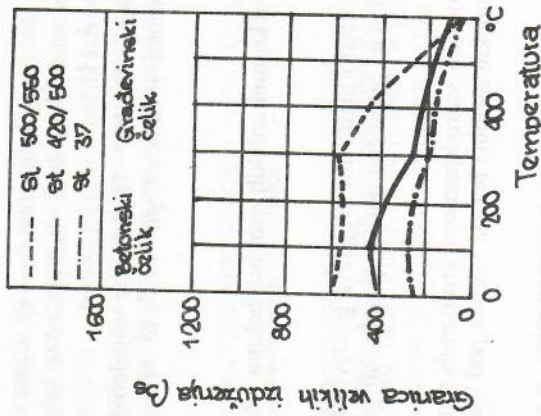
Da bi se uradio proračun vatrootpornosti armiranobetonske ploče, potrebno je poznavati promjenu mehaničkih osobina betona i čelika pod uticajem visokih temperatura.

Promjene čvrstoće betona pri visokim temperaturama, u zavisnosti od vrste agregata, vrste cementa, vodocementnog faktora i sl. bila je predmet ispitivanja mnogih laboratorija u svijetu. Dobijeni rezultati pokazuju da zagrijavanjem betona dolazi do smanjenja čvrstoće na pritisak i zatezanje, te ukoliko one dostignu kritičnu vrijednost dolazi do rušenja konstruktivnog elementa.

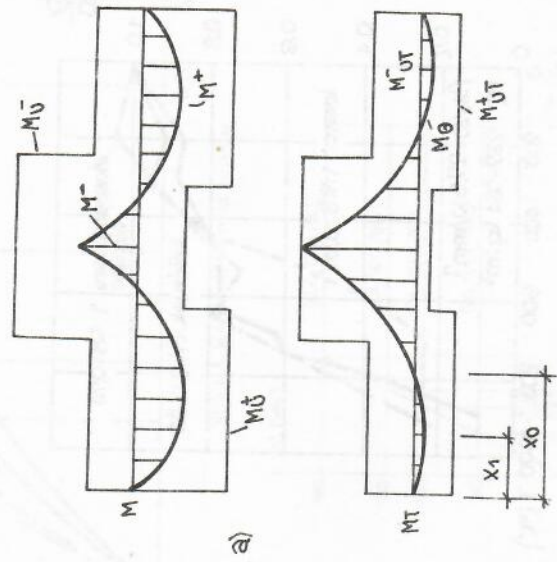
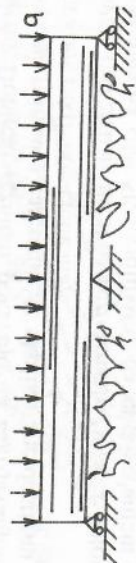
Vrsta agregata ima znatan uticaj na vezu između čvrstoće betona na pritisak i temperature. Sa dijagrama na slici 5 [2] vidljivo je da sa povećanjem temperature nastaje najprije lagano opadanje čvrstoće, a od određene temperature čvrstoća počinje brzo opadati.



Slika 5. Uticaj vrste agregata na čvrstoću pritisaka betona kod visokih temperatura



Slika 6. Uticaj temperature na granicu velikih izduženja čelika



b)

Slika 7. Raspodjela momenata savijanja za armiranobetonske grede i ploče izložene požaru

Povećanje temperature ima veliki uticaj na granicu velikih izduženja armaturnih čelika, što je vidljivo iz dijagrama na slici 6 [2].

Granica velikih izduženja armaturnih čelika opada sa povećanjem temperature, a na temperaturama većim od 500°C približava se nuli.

3.2.3. Preraspodjela momenata savijanja kontinuirane armiranobetonske ploče

Kontinuitet, u pravilu, pogodno utiče na vatrootpornost armiranobetonskih ploča. Pod uticajem visokih temperatura, dolazi do preraspodjele momenata i uticaja sa više ka manje izloženim dijelovima u vrijeme izlaganja požaru.

Princip preraspodjele momenata predstavljen je na slici 7 [5] za kontinuiranu gredu na dva raspona izloženu požaru odozdo.

Slika 8 prikazuje dijagram momenata za jednako podijeljeno opterećenje q , pozitivni moment savijanja M^+ u polju i negativni M^- na osloncu. Slika 8 daje preraspodjelu momenata savijanja prouzrokovanu jednako podijeljenim opterećenjem q i termičkim gradijentom u poprečnom presjeku poslije određenog vremena izlaganja požaru. Porast temperature je mnogo manji za armaturu u gornjoj ivici grede, nego za armaturu u blizini donje ivice. Pozitivni moment nosivosti M^+ je više uticajan kod izlaganja požaru u odnosu na negativni moment. Kao posljedica, pozitivni moment M^+ može biti redukovan na vrijednost bitno manju od početnog pozitivnog momenta bez opasnosti po gredu izloženu požaru.

3.2.4. Proračun vatrootpornosti kontinuirane armiranobetonske ploče

Pretpostavimo da je ploča debljine d , dimenzionirana na propisano opterećenje A (3), armirana na osloncu u gornjoj zoni sa n šipki \emptyset , površine poprečnog presjeka A_s^a postavljenih na rastojanju μg od gornje površine ploče, izložena požaru sa donje strane. Armatura u polju, postavljena na rastojanju μd od donje površine ploče sastoji se od šipki armature površine poprečnog presjeka A_s^a . Proračunom treba odrediti da li ploča ima zahtijevanu vatrootpornost FT.

Radi se o kontinuiranoj ploči raspona polja L , opterećenoj jednako podijeljenim opterećenjem q . Moment savijanja proste grede istog raspona iznosi:

$$M_0 = qL^2/8 \quad (4)$$

Potrebno je najprije odrediti temperature u poprečnom presjeku ploče na način naveden u 2.

Iz tog proračuna slijedi da je temperatura donjeg sloja armature θ_{ad} , a gornjeg θ_{ag} pri čemu temperatura kojoj je izložen gornji sloj znatno niža. Na isti način određuje se temperatura donjih slojeva betona θ_{bd} i temperatura pritisnute zone θ_{bg} . Moment koji može primiti presjek u polju može se odrediti na sljedeći način. Za θ_{ad} iz dijagrama na slici 6 može se zaviso od vrste čelika kojim je gređa armirana, odrediti njegova granica velikih izduženja β_s koja opada pri povećanju temperature. Veličina sile u armaturi je:

$$F_a = A_s^a \times \beta_s \theta \quad (5)$$

Za θ_{ag} određuje se iz dijagrama na slici 5 procentualni pad čvrstoće betona $\beta_b \theta / \beta_b, 20^\circ C$, pa je sila koju prima beton:

$$F_b = \beta_b \theta / \beta_b, 20^\circ C \cdot \beta_b 20^\circ C \times 100 \times y \quad (6)$$

Iz ravnoteže sile u presjeku $F_a = F_b$ slijedi da je:

$$A^d a \beta s, \theta = \beta b, \theta / \beta b, 20^\circ \text{C} \times \beta b, 20^\circ \text{C} \times 100 \times y, \quad (7)$$

a je visina pritisnute zone betona:

$$y = A^d a \beta s, \theta / (\beta b, \theta / \beta b, 20^\circ \text{C}) \times \beta b, 20^\circ \text{C} \times 100 \quad (8)$$

Iz odnosa

$$Z = h - y/2 \quad (9)$$

slijedi da je momenat koji može primiti presjek u polju jednak:

$$M^+ \theta = A^d a \times Z \quad (10)$$

Momenat na osloncu se može odrediti na sljedeći način.

Za $\theta^d b$, iz dijagrama na slici 5 može se utvrditi procentualni pad čvrstoće betona $\beta b, \theta / \beta b, 20^\circ \text{C}$. Armatura u gornjoj zoni presjeka, na osloncu prima silu:

$$F_a = \beta s, \theta \times A^s a \quad (11)$$

pritisnuta zona betona prima silu:

$$F_b = \beta b, \theta / \beta b, 20^\circ \text{C} \times \beta b, 20^\circ \text{C} \times 100 \times y \quad (12)$$

Iz ravnoteže sile u presjeku slijedi da je visina pritisnuta zona betona jednaka:

$$y = \beta s, \theta \times A^s a / 100 \times (\beta b, \theta / \beta b, 20^\circ \text{C}) \times \beta b, 20^\circ \text{C} \quad (13)$$

Krak sile Z se iznalazi prema jednačini (9), te je momenat koji prima oslonac:

$$M^- \theta = A^s a \times Z \quad (14)$$

Da bi ploča imala zahtijevanu vatrootpornost FT, mora biti ispunjen uslov da je:

$$q \leq q\theta$$

dje je:

$$q\theta = 8/L^2 \times (M^+ \theta + M^- \theta)$$

Visina pritisnute zone betona je:

$$X = y/0,8$$

je veličina deformacije armature:

$$\epsilon a = 3,5 \times 10^{-3} (h - x)/x$$

pri čemu mora biti zadovoljen uslov da je:

$$\epsilon a < \epsilon g$$

tj. deformacije se moraju nalaziti u dopuštenim granicama.

Dopunska provjera:

Dužina armaturnih šipki u gornjoj zoni ploče na osloncu ne smije biti manja od dužine na kojoj momenat ugiba ima negativni znak, nakon djelovanja visokih temperatura.

Naime, nakon požara dolazi do preraspodjele momenata, odnosno promijene dijagrama momenta savijanja, pa je zbog toga neophodno uzeti u obzir i dužinu armaturnih šipki. Taj uslov dat je u tabeli 3 [6].

Tabela 3.

Vatrootpornost u h		0,5	1	1,5	2	3	4
Minimalne debljine, cm		6	7	9	11	15	17,5
Slobodno oslonjena ploča	$\frac{M_1 + M_2}{2M_0} = 0$	1	2	3	4	6	8
	$\frac{u, \text{cm}}{l_1 + l_2}$	0	0	0	0	0	0
Kod prisvajanja armature na osloncima	$\frac{M_1 + M_2}{2M_0} \geq 0,50$	1	1,5	2	2,5	3,5	4,5
	$\frac{u, \text{cm}}{l_1 + l_2}$	0,25	0,3	0,4	0,5	0,55	0,6

U tabeli 3[6] dati su minimalni uslovi koje treba uzavavati u proračunima. Ovdje je sa b i c označena debljina ploče i poda ili toplotne izolacije na njoj, M_0 — statički određeni momenat ugiba, M_1 i M_2 — momentni ugiba uravnoteženi na osloncima armaturnim šipkama čija slobodna dužina unutar posmatranog raspona l iznosi l1 i l2.

Za određivanje pokrovnog sloja u i (l1 i l2) / l, u zavisnosti od veličine (mj + M2) / 2M0, koristi se linearna interpolacija. Podrazumijeva se da se navedeni podaci odnose na nosivu armaturu.

4. ZAKLJUČAK

U tekstu je naveden način određivanja vatrootpornosti prema DIN-u i prena CSTB-u. Pošto armaturni čelici koji se proizvode kod nas imaju osobine vrlo slične mehaničkim osobinama njemačkih čelika, proračun po DIN-u se može koristiti.

Način proračuna prema CSTB-u može se usvojiti, s tim da se koriste rezultati laboratorijskih istraživanja mehaničkih osobina armaturnih čelika pod uticajem visokih temperatura koji se odnose na čelike usvojene po njemačkim standardima.

1] ISO standardi.

2] K. Kordina, C. Meyer — Ottens, **Beton Brandschutz Handbuch**, Beton Verlag, Düsseldorf, 1981.

3] DIN 4102.

4] M. Ačić, A. Pakvor, Ž. Perizić, **Teorija armiranobetonskih i prethodno napregnutih konstrukcija**, "Naučna knjiga", Beograd, 1983.

5] Bulletin d'information N° 174, Comité euro-international du béton" Contribution à la 25. Session Plénière du C. E. b. Treviso — Mai, 1987.

6] Methode de prevision par le calcul du comportement au feu des structures en beton, Document Technique Unifié, Paris, 1980.

PROCENA VATROOTPORNOSTI PREDNAPREGNUTIH ARMIRANOBETONSKIH KONSTRUKCIJA

U radu je ukazano na izvesne specifičnosti kod procene stepena vatrootpornosti prednapregnutih betonskih, u odnosu na klasične armiranobetonske konstrukcije. S obzirom na sve veću primenu ovakvih savremenih sistema, naglašava se njihova povećana osjetljivost na dejstvo visokih temperatura i objašnjavaju se faktori zbog kojih ovakve konstrukcije imaju najčešće samo II stepen otpornosti prema požaru (mala otpornost prema JUS. U. J1. 240/81).

Prikazan je mehanizam loma i osnovne numeričkog proračuna vatrootpornosti prednapregnutog armiranobetonskog elementa, a na kraju su date i praktične preporuke za projektovanje i zaštitu od požara prethodno napregnutih armiranobetonskih konstrukcija.

ESTIMATION OF FIRE RESISTANCE OF OVERSTRAINED REINFORCED CONCRETE CONSTRUCTIONS

The paper points out to certain specificities regarding the estimation of the degree of fire resistance of overstrained reinforced constructions in comparison with classical reinforced constructions. Since these modern systems are in increasing use, their enhanced sensitivity toward high temperatures is emphasized. The reasons why such constructions have mostly a II degree of fire resistance (low fire resistance, according to Yugoslav standard, JUS U. J1. 240/81) are explained. Destruction mechanisms and the basics of numerical calculation of overstrained reinforced concrete elements are described, as well as practical recommendations for the design and fire protection of previously overstrained reinforced concrete constructions.

UDK 614.84:691.328

Primljeno: 1989—03—24

Pregledni rad

SLOBODAN KRNETIN, dipl. ing. grad.

PROCENA VATROOTPORNOSTI PREDNAPREGNUTIH ARMIRANOBETONSKIH KONSTRUKCIJA

1. UVOD

Postupak prednapreznja armiranobetonskih konstrukcija sve češće se primenjuje ne samo prilikom gradnja industrijskih objekata, već sve više, zbog orijentacije na prefabrikovanu montažnu izgradnju i kod stambenih objekata (sistemi IMS, GIMS, SI-STEM-50, Industrogradnja...)

S obzirom na izraženiju osjetljivost ovakvih konstrukcija na uticaje temperatura, u odnosu na klasične armiranobetonske, neophodno je kod izbora sistema poznavati određene specifičnosti ovih savremenih rešenja i uvažiti sve opasnosti i nedostatke koji ih u požaru prate.

Cilj ovog rada je da ukaže na potrebu definisanja osnovnih kriterijuma kod izbora konstrukcija i materijala, posebno za objekte sa većim požarnim opterećenjem, veću vrednosti i posrednog društvenog značaja.

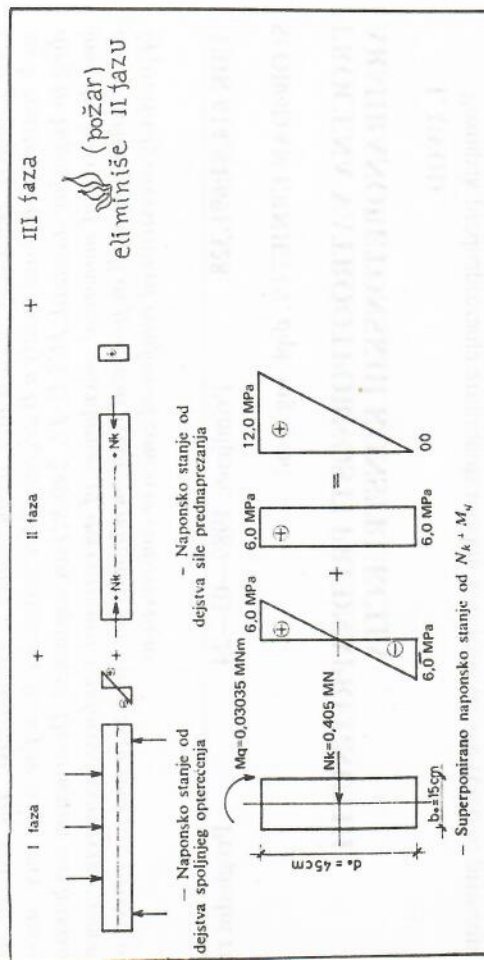
2. SPECIFIČNOSTI PREDNAPREGNUTIH BETONSKIH KONSTRUKCIJA

Danas su u upotrebi sledeći načini (sistemi) prednaprezanja:

- prednaprezanje putem adhezije (adhezioni sistem),
- prednaprezanje kablovima (kablovski sistem),
- prednaprezanje putem ekspanzivnih cementata (Losijcov sistem) i
- elektrotermički sistem.

Od svih navedenih sistema, samo prva dva su u široj upotrebi u Jugoslaviji, od kojih je najstariji upotrebljen u Zagrebu 1939. godine (Hojerov sistem). Trenutno je u najširoj upotrebi kablovski sistem IMS koji se primenjuje još od 1952. godine (autor akademik B. Žeželj), a danas se razvio u nekoliko oblika, kao što su SISTEM-50, GIMS (generativni IMS prilagođen nižespratnoj stambenoj gradnji) i BIMS (bondruk IMS-sistem prilagođen brdskim trustnim područjima).

Osnovne konstruktivne prednosti prednapregnutog betona jesu znatno manji utrošak betona (20%), čelika (60%), veća nosivost (1,6 do 2,0 puta), manje deformacije ugiba (dva puta) i eliminisanje prsline u betonu, što sve može da produži vek konstrukcije. Realizacija prednaprezanja se ostvaruje istezanjem kablova na krajevima nosača, čime se uvode pritiskujuće sile u beton i tako eliminišu opasni naponi zatezanja u betonu i prsline (slika 1).



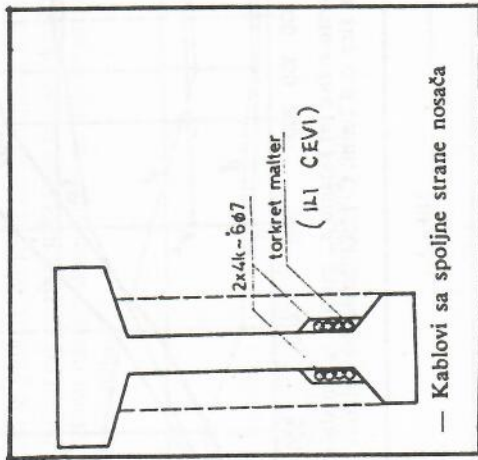
Slika 1.

Superponiranjem ovog prethodno unctog napona sa eksploacionim, može se ostvariti optimalna naponska slika u nosaču, u kojoj je osnovni cilj potpuno eliminisanje istezanja u betonu.

Pored navedenih pozitivnih svojstava, sa stanovišta zaštite od požara kod prednapregnutih konstrukcija pojavljuju se i krupni nedostaci, koji se manifestuju u njihovoj bitno manjoj vatrootpornosti.

Ovo proističe, pre svega, zbog manjih dimenzija presecka, čime je progrevanje brže i zaštita kablova slabija. Specijalni hladno vućni čelici za prednaprezanje su znatno osjetljiviji na uticaje visokih temperatura od obične GA armature i znatno brže gube nosivost, koju zatim gube nepovratno.

Posebno su opasne konstrukcije kod kojih su kablovi vodeni sa spoljne strane nosača u cevima ili torkret-malteru (danas se po našim propisima više ne sme primenjivati ovakav sistem, slika 2).



Slika 2.

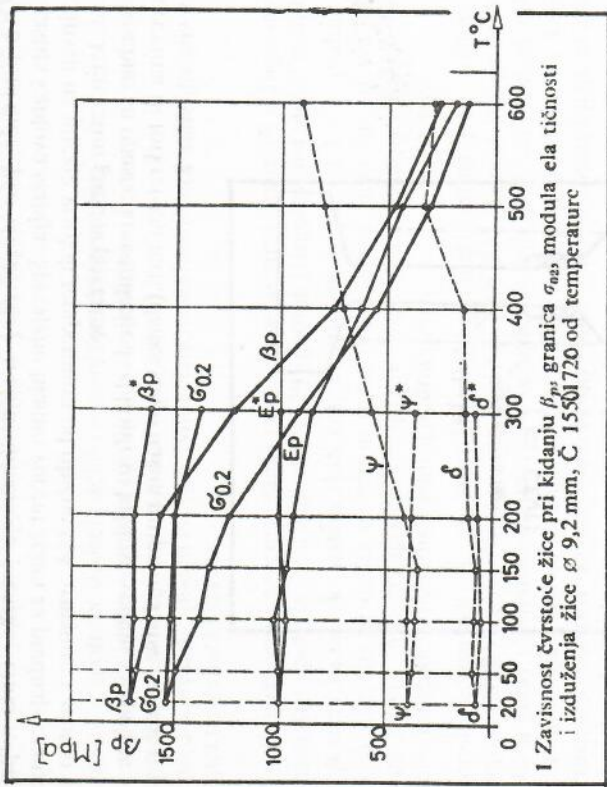
Kod adheziono prednapregnutih elemenata na temperaturama preko 100°C naglo opada vrednost adhezije τ_{pm} između armature i betona, da bi na 450°C bila potpuno izgubljena, što dovodi do „proklizavanja” žica i potpunog nestanka unctih prednapona (na primeru slike 1. napon od 6 Mpa).

Sve ovo ukazuje na potrebnu povećanu opreznost kod primene prednapregnutih sistema u požarno ugroženim objektima.

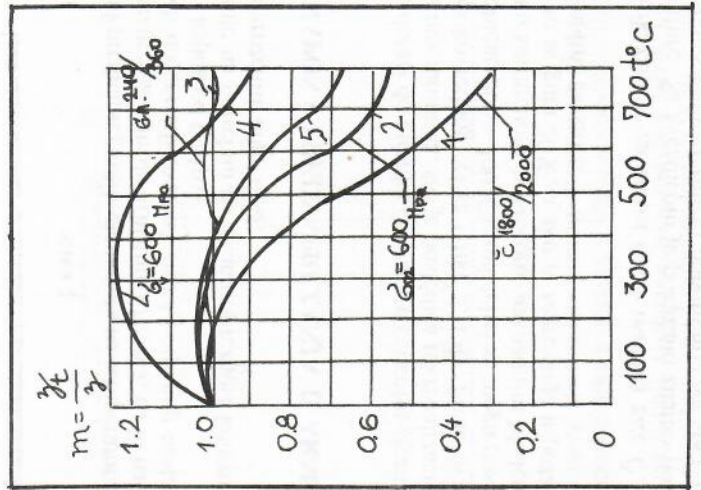
3. GUBICI NAPONA PREDNAPREZANJA U ARMATURI PRI ZAGREVANJU

Poznato je da dolazi do gubitka čvrstoće u čeličnim žicama (kablovima) prilikom izlaganja visokim temperaturama, što je posledica rekristalizacije i naglog sniženja modula elastičnosti visokovrednog čelika (slike 3. i 4). Posle ovakvog termičkog napreznja (u požarima obično 200—700°C), ovi čelici se mogu posmatrati kao toplovaljani čelici, sa nepovratno smanjenom čvrstoćom: naknadnim hlađenjem, ako je zagrevanje bilo do 500°C trajno se gubi 30%, a ako je zagrevanje u požaru bilo 700°C, gubitak iznosi čak 60% prvobitne čvrstoće.

Na slici 3. prikazana je zavisnost nekih osobina žice Č. 1550/1720 prečnika Ø 9,2 mm od temperature. Sa zvezdicom je pokazano znatno povoljnije ponašanje istog čelika koji je prethodno žaren (termički poboljšan). Na slici 4. prikazana je promena čvrstoće armaturnih čelika posle zagrevanja i naknadnog hlađenja. Na slikama 5. i 6. je



Slika 3.



Slika 4.

prikazano ponašanje našeg čelika Č. 1200/1510, austrijskog čelika Č. 1550/1720 i nemackih Č. 1600/1800, 800/1050 i 450/1600.

Osim navedenog gubitka mehaničkih osobina čelika, u požaru se kod prednapregnutih konstrukcija pojavljuju i dodatni gubici unetih prednapona u armaturi od:

- skupljanja i tečenja betona,
 - relaksacije napona u armaturi i
 - razlike temperaturnog širenja armature i betona.
- Najizraženiji od ovih je gubitak od relaksacije napona u armaturi koji iznosi oko 40% svih gubitaka, dok gubici od skupljanja betona iznose oko 20—30%.

Pri zagrevanju, u betonu nastaje skupljanje kao nepovratna deformacija koja izaziva gubitak prednapona u armaturi:

$$\sigma_{yt} = \epsilon_y(t_a - t_0) \times E_{at},$$

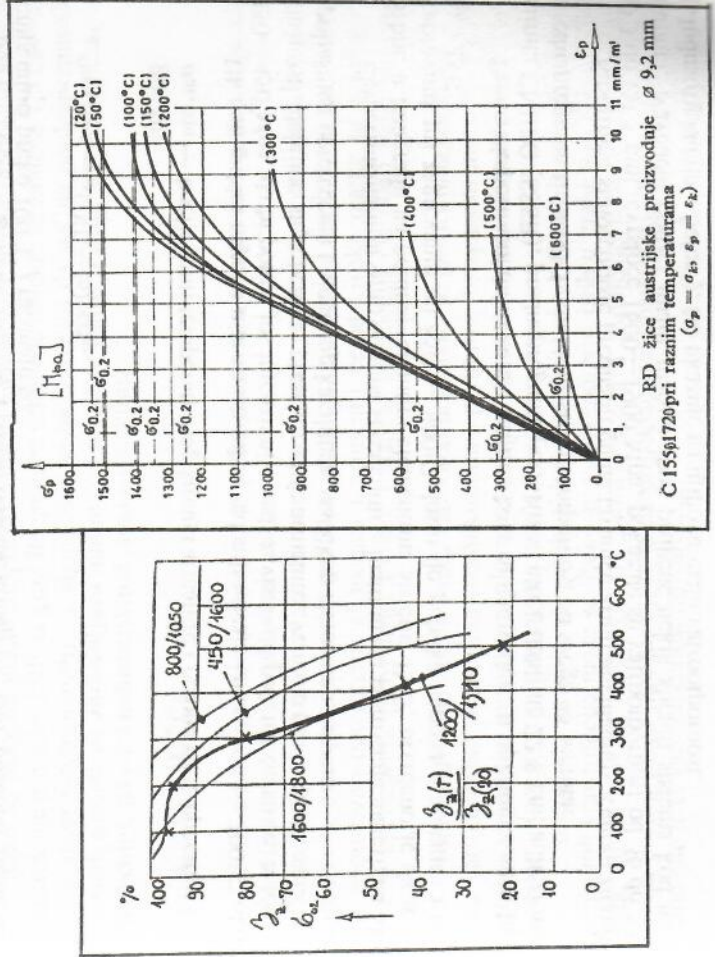
gde jc:

ϵ_y — skraćenje (dilatacija),

t_a — temperatura zagrejanje armature,

T_0 — početna temperatura,

E_{at} — modul elastičnosti armature na temperaturi t .



Slika 5.

Slika 6.

Gubici usled tečenja betona pri zagrevanju određuju se sa uticajem napona u beto-

$$\sigma_{T1} = k \times \sigma_{Tb},$$

gde je:

k — koeficijent zavisan od temperature zagrevanja betona (do 70°C iznosi k = 7, do 200°C iznosi k = 2,5, itd.)

σ_{Tb} — napon u pritisnutoj zoni betona.

Gubici u armaturi od relaksacije napona pri zagrevanju mogu se odrediti po obrascu K. V. Mihajlova i Z. A. Kričevskog:

$$\sigma_{R1} = K \times (t_a - t_0) \times \sigma_{01},$$

gde je:

k — koeficijent za visokovredne žice iznosi 0,0012,

σ_{01} — napon u armaturi koji izaziva trajne nepovratne deformacije $\epsilon_y = 0,1\%$,

U prednapregnutim armiranobetonskim konstrukcijama armatura je istegnuta, a beton elastično pritisnut, te razlika u temperaturnom širenju armature i betona pri zagrevanju uveličava gubitak napona prednapreznja armature. Oni posebno rastu na temperaturi preko 100°C i računaju se:

$$\sigma_{R2} = (\alpha_{at} - \alpha_{bt})(t_a - t_0) \times E_{at},$$

gde su:

α_{at}, α_{bt} — koeficijenti temperaturnog širenja armature i betona na temperaturi t.

Ukupni gubici napona u armaturi od navedenih uticaja iznose već na 200°C oko 50—450 Mpa, da bi potom još intenzivnije rasli zavisno od početne čvrstoće betona, vlažnosti, debljine sloja betona, preseka, vrste armature, veličine prednapona, veličine najšijeg opterećenja i njegovog karaktera, statičkog elementa i raspona.

Ekperimentalnim ispitivanjima izvedenim u Institutu za ispitivanje materijala SR Srbije u Beogradu na prednapregnutim elementima sistema IMS, utvrđeno je da je u obojima pri zagrevanju od 850 — 900°C došlo do gubitka napona u armaturi i od oko 25%.

Prena eksperimentalnim istraživanjima koja su sprovedena u opitnom centru Instituta CNIPO (SSSR), prednapregnute perforirane ploče debljine 22,8 cm, adheziono rednapregnute žicom Ø 3 mm imale su vatrootpornost od svega 45 minuta.

Kascirane sitnorebraste prednapregnute tavanice armirane hladnovučenom žicom Ø 3 do Ø4,5 mm, čvrstoće 1600—1900 Mpa, pokazale su vatrootpornost od 36 do 53 minuta. Navedeni podaci imaju značaja zbog primene nekih sličnih sistema kod nas (Industrogradnja, Šefer"), što ukazuje na njihovu malu vatrootpornost.

Prena SN i P II-A.5.70 međuspratne ploče prednapregnute visokovrednom hladnovučnom žicom Ø 3—8 mm imaju vatrootpornost od 0,5 do 2,2 časa, zavisno od debljine zaštitnog sloja betona do armature i debljine preseka konstrukcije prema tabeli:

Debljina zaštitnog sloja betona (mm)	Debljina preseka (cm)	Vatrootpornost (čas)
20	6,5	0,5
35	6,5	0,6
20	10	0,6
35	10	0,7
50 i više	10	0,8
20	16	0,7
30	16	0,8
50	16	1,1
20	20 i više	0,8
30	20 i više	1,1
40	20 i više	1,4
50	20 i više	1,7
60	20 i više	2,2

Prema švajcarskim propisima BVD—BLATT, GE.3.31, prednapregnute sitnorebraste betonske konstrukcije sa pločom debljine 10 cm, bez posebne zaštite imaju vatrootpornost manju od 30 minuta, što ukazuje da i slične domaće konstrukcije (Pi-ploče), bez posebnog oblaganja zaštitnim malterima ili negorivim mineralnim pločama, imaju minimalnu vatrootpornost.

Kako se mnogim našim propisima zahteva znatno veći stepen otpornosti noseće konstrukcije u požaru (NP za grad Beograd za stambene objekte se zahteva 1,5 čas vatrootpornost međuspratnih), sa sigurnošću se može tvrditi da većina prednapregnutih domaćih sistema ne zadovoljava minimalno potrebne uslove zaštite od požara, kako u stambenim, tako i u industrijskim i javnim objektima.

4. ZAKLJUČCI

Iz navedenih primera očigledno je prikazana velika osetljivost prednapregnutih betonskih konstrukcija u uslovima požara.

Da bi se ostvarila povećana vatrootpornost, kada je već neophodna primena prednapreznja, osnovno je povećati debljinu zaštitnog sloja betona (min. 5—6 cm), smanjiti normativno opterećenje elemenata i primeniti beton visoke marke sa agregatom niskog koeficijenta provodjenja toplote i statički obezbediti elastično uklješćenje na osloncima.

Posebno efikasna zaštita i veća vatrootpornost može se postići oblaganjem elementa vatrootpornim malterima (vermikulitnim, perlitnim, brizganom mineralnom vunenom) ili negorivim mineralnim pločama u obliku plafonskih ploča ili spušenih plafona ("negor" ploče ili armirane gipsane ploče).

U slučaju da se ne izvrši nikakva dodatna zaštita, kod domaćih sistema prednapregnutih konstrukcija može se očekivati vatrootpornost istih u granicama 35—45 minuta, što ih, prema JUS-u U. J1. 240/81, svrstava u objekte II stepena otpornosti prema požaru (mala otpornost), te je na projektantima obaveza da ih primenjuju samo tamo gde je ta vatrootpornost dovoljna.

- Bajdukov, I. S.: Požarnaja bezopasnost specijalnih predpriyatij, Kiev, 1973.
- Gitman, F. E., Olimpcev, V. G.: Rasčet železobetonnih perekritij na ognestojkost, Moskva, 1970.
- Krnjčin, S.: Ponašanje armiranobetonskih konstrukcija u požaru, Požar. ekspl. prevent., VIII (1), 1987, str. 83—100.
- Milovanov, A. F.: Rasčet žarostojkih železobetonnih konstrukcij, Moskva, 1975.
- Jelić, D.: Prednapregnuti beton Beograd, 1979.
- Romić, S.: Prednapregnuti beton u teoriji i praksi, Beograd, 1982.

UTICAJ TEMPERATURE NA PONAŠANJE BETONA OD PORTLAND-CEMENTA I KOMPONENTI

Beton je, zahvaljujući pored ostalog i svojim dobrim osobinama, najčešće korišćen građevinski materijal. Da bi se obezbedilo pravilno korišćenje betona u betonskim i armiranobetonskim konstrukcijama, potrebno je, pored ostalog, voditi računa i o činjenici da je beton osetljiv materijal na visoke temperature. Pri dejstvu visokih temperatura dolazi do fizičko-hemijskih procesa koji dovode do strukturnih promena u betonu, pa prema tome i njegovih fizičko-mehaničkih osobina. U tom smislu, ovde je prikazan uticaj visokih temperatura na cement, agregat i osobine betona. Ovim radom tretira se samo beton raden sa portland-cementom.

EFFECT OF TEMPERATURE ON THE BEHAVIOUR OF PORTLAND CEMENT CONCRETE AND COMPONENTS

Concrete, owing to its good characteristics among other things, is the most often used the construction material. In order to provide correct use of concrete in concrete and reinforced-concrete constructions, it is necessary, among other things, to take into account the fact that concrete is a material sensitive to high temperatures. High temperatures effect results in physical-chemical processes which can cause structural changes in concrete and therefore its physical chemical characteristics. In this content in this paper the effect of high temperatures on concrete, aggregate and concrete features is shown. The paper treats only concrete made with portland cement.

UDK 666.972:536.4

Primljeno: 1989—03—23

Pregledni rad

Dr SPIRIDON DORDEVIĆ, dipl. inž.

Mr SLOBODANKA JANKOVIĆ, dipl. inž.

UTICAJ TEMPERATURE NA PONAŠANJE BETONA OD PORTLAND-CEMENTA I KOMPONENTI

1. UVOD

Beton kao heterogen, višefazni materijal koji sadrži cement, relativno inertni agregat, vodu i vrlo često različite dodatke, predstavlja kompoziciju osetljivu prema promenama okolne sredine, pa u tom smislu i prema visokim temperaturama.

Iako je beton nesagorljiv materijal, iako se za njega može reći da dosta dobro podnosi visoke temperature, koje se razvijaju u požaru, ipak vrlo često dolazi do oštećenja, pojave prslina, smanjenja nosivosti, a u najnepovoljnijim slučajevima i do rušenja betonskih i armiranobetonskih konstrukcija.

Ponašanje običnog betona na visokim temperaturama je uglavnom posledica ponašanja njegovih sastavnih komponentata, pre svega cementa i agregata.

Naime, pri delovanju visokih temperatura na beton, dolazi do promene strukture očvrstlog cementnog kamena i agregata i njihovih osobina. Ove promene dovode i do promena strukture i fizičko-mehaničkih osobina betona.

2. UTICAJ VISOKIH TEMPERATURA NA KOMPONENTE BETONA

2.1. PORTLAND-CEMENT

Pri zagrevanju očvrstlog cementnog kamena na srednjim i visokim temperaturama, čvrstoća cementa opada više ili manje, kao posledica promena u kompoziciji i formiranju novih faza u cementnom kamenu.

Očvrstli portland-cementni kamen izložen zagrevanju gubi slobodnu, fizički i hemijski vezanu vodu. Pri tome prelazi u privremeno anhidridno stanje, a zatim u rešavinu novih faza čiji je mineraloški sastav određen termičkim režimom i trajanjem zagrevanja. Reakcije dehidratacije ne odvijaju se kontinualno, već periodično u određenim temperaturnim intervalima. Poznavanje dehidratacionih procesa, kao i načina odstranjivanja vode značajno je, jer od toga zavise zapreminske promene i prostorne mehaničkih čvrstoća cementnog kamena.

Pri temperaturama od 60—90°C dolazi do smanjenja čvrstoće cementnog kamena. Naime, pri zagrevanju u ovom temperaturnom intervalu dolazi do dubljeg prodiranja vode u pore i mikropore cementnog kamena, zbog čega se, pokrivena slojnom vodom, povećava površina cementnog kamena, a prema tome smanjuje površinska energija kristala. Zbog smanjenja površinske energije olakšan je nastanak mikropukotina pri delovanju spoljašnjeg opterećenja.

Izlaganje cementnog kamena temperaturama od 100—250°C dovodi do povećanja čvrstoće cementnog kamena, što se objašnjava zgušnjavanjem njegove strukture zbog udaljavanja vode adsorbirane gelom dikalcijumsilikata, a i zbog pojačane kristalizacije $\text{Ca}(\text{OH})_2$, što takođe zgušnjava cementni kamen.

Udaljavanje slobodne vode je pri temperaturama od 100—150°C, dok udaljavanje hemijski vezane vode počinje pri temperaturama oko 350—400°C, a najintenzivnije je na temperaturama oko 500°C. Gubitak vode u cementnom kamenu vodi razaranju prostorne rešetke kristalohidrata, a ispoljava se promenom njegove zapremine i smanjenjem čvrstoće.

Znatno smanjenje čvrstoće cementnog kamena zapaža se pri temperaturama od 500—600°C. Pri temperaturi iznad 550°C dolazi do dehidratacije kalcijumhidroksida, pri čemu se obrazuje CaO i CO . Pojava slobodnog CaO predstavlja nedostatak za portland-cement iz razloga što obrazovani kalcijumoksid ima sposobnost ponovne hidratacije, odnosno dolazi do gašenja slobodnog CaO vlagom iz vazduha, što je praradno povećanjem zapremine. Zapreminske promene mogu da idu i do 44%.

Najveće smanjenje čvrstoće na površinama cementnog kamena i narušavanje strukture primećeno je pri izlaganju temperaturi 900°C i više, između ostalog, kao posledica disocijacije krečnjačkog agregata ako je beton spravljen sa njim.

2.2. AGREGAT

Ponašanje betona pri zagrevanju u velikoj meri je uslovljeno ponašanjem agregata, koji je zavisan od vrste, takođe podložan promenama.

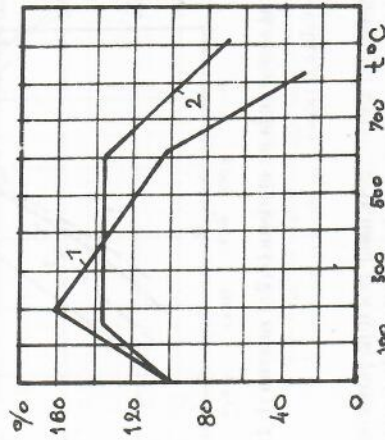
Betoni sa krečnjačkim agregatom pokazuju manje smanjenje čvrstoće od betona sa granitnim agregatom na temperaturama iznad 450°C. Gubitak čvrstoće betona izlaganjem visokim temperaturama uopšte, osim toga, manji je kada je agregat bez silicijuma. Beton u čiji sastav ulazi dolomit, kao agregat, otporan je na visoke temperature, što se objašnjava time da je disocijacija dolomita ($\text{CaCO}_3 \text{ MgCO}_3$) endotermni proces.

Naime, pri izlaganju visokim temperaturama, usled nejednakih koeficijenta širenja minerala koji ulaze u sastav granita, nastaje naprezanje. Naravno, razarajuć

dejstvo na granit pokazuje kvarc koji ulazi u njegov sastav sa 20—40%, a za koji su karakteristične polimorfne promene. Pri temperaturi oko 573°C kvarc prelazi iz β -modifikacije u α -modifikaciju, što je praradno povećanjem zapremine za (0,82—0,85%), smanjenjem gustine i čvrstoće kvarca, pa prema tome i agregata u čiji sastav ulazi. Pri temperaturi većoj od 1050°C α -kvarc prelazi u β -kristobolit koji, pak, u intervalu od 1400—1450°C prelazi u α -tridimit sa zapreminskim promenama 0,60%. Te promene izazivaju raspadanje granita i uopšte agregata koji sadrži kvarc pri zagrevanju. Do temperature 200°C čvrstoća granita raste, a za više temperature se smanjuje. Naravno, jako smanjenje čvrstoće nastupa posle 600°C, tako da pri 800°C iznosi 35% prvobitne čvrstoće.

Kod krečnjačkog agregata do izrazitih promena čvrstoće dolazi tek pri temperaturama preko 850°C, kada dolazi do razlaganja krečnjaka. Pri temperaturama do 130°C, čvrstoća krečnjaka se povećava, što se odražava do temperature do 600°C. Pri daljem zagrevanju čvrstoća počinje da se smanjuje, ali je pri temperaturi 700°C još uvek veća od prvobitne. Međutim, intenzivno razlaganje krečnjaka počinje pri temperaturi 900°C, pri čemu se obrazuje CaO i CO_2 . Kalcijumoksid ima manji koeficijent provodljivosti toplote od krečnjaka, na njegovoj površini obrazuje opnu što usporava proces zagrevanja. Osim toga, proces razlaganja CaCO_3 je endotermni proces, što takođe smanjuje zagrevanje. Međutim, ukoliko dođe do naknadnog vlaženja krečnjaka izlaganog temperaturi 900°C dolazi do ponovne hidratacije CaO , što dovodi do povećanja zapremine i odslojavanja.

Promena čvrstoće granita i krečnjaka pri dejstvu visokih temperatura data je na slici 1 [9].



Slika 1. Promena čvrstoće granita i krečnjaka pri zagrevanju
1 — granita
2 — krečnjaka

3. UTICAJ VISOKE TEMPERATURE NA FIZIČKO-MEHAČIČKE OSOBINE BETONA

3.1. ČVRSTOĆA NA PRITISAK

Promene fizičko-mehaničkih osobina, koje se dešavaju pri zagrevanju cementnog kamena i agregata, utiču na promene i ponašanje betona u čiji sastav ulaze.

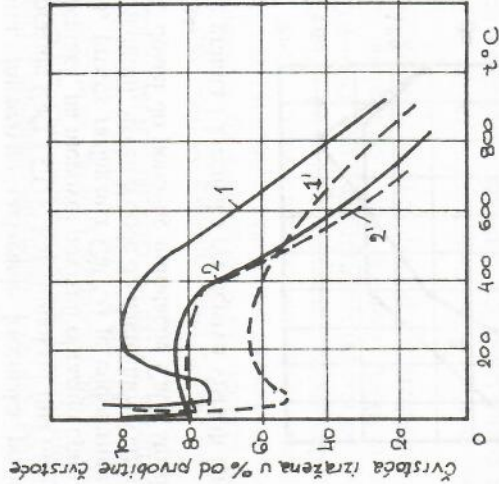
Zagrevanje betona ($\gamma = 1800\text{—}2500 \text{ kg/m}^3$) ima za posledicu promenu njegove čvrstoće na pritisak. Prema [2], pri zagrevanju betona na 60—100°C, dolazi do sman-

njenja njegove čvrstoće na pritisak za 20—35%, a čvrstoće na zatezanje za oko 50%. manjenje čvrstoće objašnjava se smanjenjem čvrstoće cementnog kamena.

Osim toga, pri zagrevanju betona, do 100°C, budući da koeficijent temperaturnog širenja vode prevazilazi koeficijent temperaturnog širenja cementnog kamena i agregata dolazi do pojačanog dejstva vodenih opni oko cementnog kamena i agregata i stvaranja naprezanja koja mogu imati nepoželjne posledice.

Pri temperaturama od 100—250°C čvrstoće betona se povećavaju za 5—17%, tako što čvrstoća na pritisak dostiže početnu vrednost, a čvrstoća na zatezanje se ne vraća istoj meri.

Dalje zagrevanje betona preko 250°C vodi naglom smanjenju čvrstoća. Tako kod betona zagrejanih do 500°C ostaje 60-70%, do 600°C 50%, a do 700°C oko 40% prvobitne čvrstoće, odnosno čvrstoće pri normalnoj temperaturi (slika 2) [2]. Na osnovu toga, može se zaključiti da je beton od portland-cementa primenljiv za radne temperature manje od 600°C.



Slika 2. Uticaj zagrevanja na pritisnu (1, 2) i zateznu (1', 2') čvrstoću
1,1' — obični beton
2,2' — beton velike čvrstoće

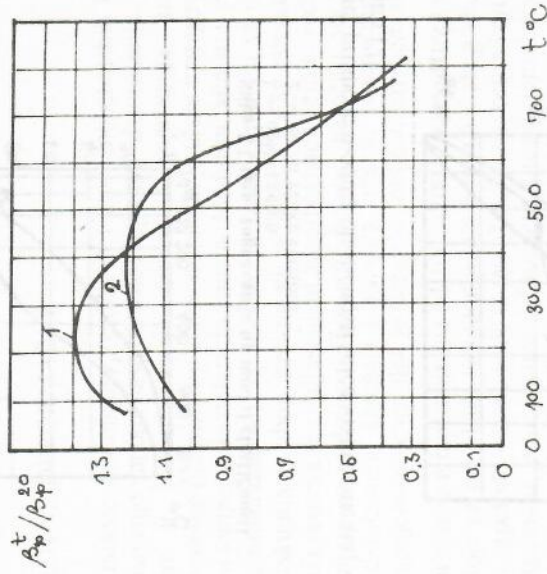
Najintenzivnije smanjenje čvrstoće betona počinje posle zagrevanja na 500°C i više, jer nakon tih temperatura dolazi do dehidracije kalcijumhidroksida u cementnom kamenu, transformacija kvarca u agregatu, kao i disocijacije kalcijumkarbonata.

Dehidracioni proces kalcijumhidroksida i disocijacija agregata od kalcijumkarbonata, pri čemu se obrazuje CaO, koji je sposoban za ponovnu hidrataciju uz znatno povećanje zapremine, dovodi do narušavanja strukture i odvajanja površinskih slojeva betona. Smanjenje poprečnog preseka betonskih konstrukcija prati povećanje napona u njima, što može da bude uzrok njihovog rušenja.

Radi sprečavanja ove pojave, treba na neki način uzeti stvoreni CaO. To je moguće kada se cementu doda „zgura“ ili „pucolan“. Ovi dodaci doprinose da se Ca(OH)₂ u procesu vezivanja, vezuje sa dodacima u obliku silikata i aluminata kalcijuma, i time smanje količinu Ca(OH)₂, a s druge strane i da na višim temperaturama vezuju CaO.

Osnovni uzrok smanjenja čvrstoće betona predstavlja pojava dodatnih napona uslovljenih narušavanjem veze između cementnog kamena i agregata, kao posledica različitih zapreminskih promena, što dovodi do obrazovanja mikropukotina. Praćenjem uticaja visokih temperatura na beton došlo se do zaključka da marka betona kod betona sa vodocementnim faktorom od 0,40—0,65 nema nekog uticaja na oblik krive $\beta_p = f(t)$. Znatno veći uticaj na ovu zavisnost pokazuje količina cementa i vrsta agregata.

Snatira se da je β_p betona sa manjom količinom cementa pri zagrevanju manje osetljiva od betona sa većom količinom cementa. Što se tiče uticaja vrste agregata, kako je na slici 3 [5] prikazano do 400°C beton sa granitnim agregatom ponaša se bolje od betona sa krečnjačkim agregatom, iznad 400°C ponašanje je obrnuto.



Slika 3. Promena čvrstoće na pritisak
1 — beton sa granitnim agregatom
2 — beton sa krečnjačkim agregatom

Prema nekim ispitivanjima β_p betona, posle hlađenja ima tendenciju opadanja, i to 10—20% zavisno od toga posle koliko vremena se vrši ispitivanje. To se objašnjava potrebnim vremenom za reakciju stvorenog CaO sa vlagom iz vazduha, što je praćeno znatnim povećanjem zapremine. Taj proces narušava strukturu cementnog kamena i izaziva odvajanje površinskih slojeva betona. Na primer, beton sa granitnim agregatom, zagrejan do 550°C i ispitan posle jednog dana, ne smanjuje čvrstoću, ali ispitan posle sedam dana smanjuje čvrstoću na pritisak za 12%.

3.2. MODUL ELASTIČNOSTI

Izlaganje betona visokim temperaturama dovodi i do promena modula elastičnosti, na sličan način kako se menja i čvrstoća na pritisak.

Prema [2] pri zagrevanju do 800°C, modul elastičnosti može se odrediti po obrascu:

$$E_{bt} = n_{bt} \times E_b$$

gde je:

n_{bt} — koeficijent promene modula elastičnosti pri zagrevanju,

E_b — početna vrednost modula elastičnosti.

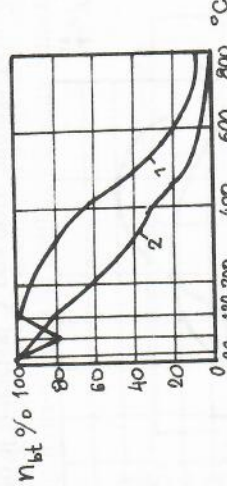
Promene E_{bt} , u zavisnosti od temperature, iznose:

$$\begin{aligned} E_{bt} &= 0,7 E_b \\ E_{bt} &= 0,43 E_b \\ E_{bt} &= 0,18 E_b \end{aligned}$$

at do 100°C

at do 500°C

at do 700°C

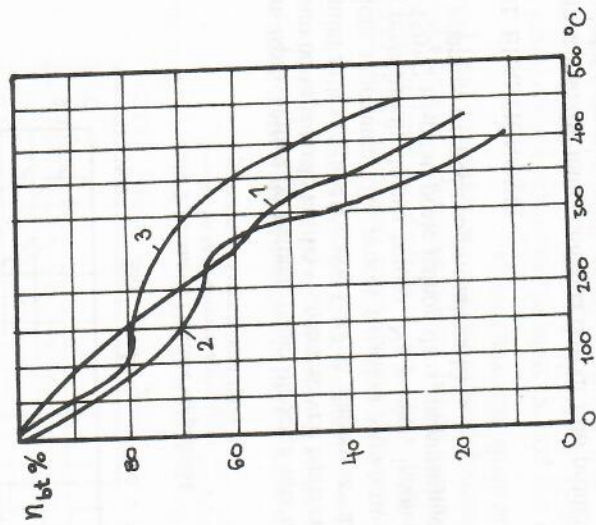


Slika 4. Uticaj zagrevanja na modul elastičnosti

1 — običan beton

2 — beton velike čvrstoće

Na intenzitet promene modula elastičnosti utiče vrsta cementa, vrsta agregata (slika 5) i temperatura [2].



Slika 5. Promena modula elastičnosti

1 — beton sa kretnjčkim agregatom

2 — beton sa granitnim agregatom

3 — beton sa dolomitnim agregatom

Koeficijent n_{bt} zavisi od temperature i prena Zinovljevu [2] iznosi:

$$n_{bt} = 1 - n_0 t + 0,5 n_1 t^2$$

gde su: n_0 i n_1 — konstante.

Za interval temperature 20—800°C, ukoliko se radi o kratkotrajnom zagrevanju, a u pitanju je obični beton i beton velike čvrstoće sa granitnim agregatom konstante imaju vrednosti:

$$\begin{aligned} n_0 &= 2,5 \times 10^{-3} (^\circ\text{C}^{-1}) \\ n_1 &= 3,26 \times 10^{-6} (^\circ\text{C}^{-2}) \end{aligned}$$

3.3. TOPLOTNE DEFORMACIJE

Za ocenu noseće sposobnosti betonskih i armiranobetonskih konstrukcija, neophodno je i poznavanje napona nastalih usled toplotnih deformacija. Naime, sa promenom temperature u betonu, nastaju unutrašnja naprezanja, izazvana različitim koeficijentima toplotne deformacije komponentata koje ulaze u njegov sastav. Po pravilu, pri povećanju temperature dolazi do širenja. Međutim, ako su u pitanju materijali u čiji sastav ulaze mineralna veziva, kao što je beton, uporedo sa toplotnim širenjem može doći i do skupljanja zbog strukturnih promena, jer sa povećanjem temperature dolazi do složenih procesa sa udaljavanjem adsorbiranih i vezanih vode.

Osnovni uticaj na toplotne deformacije betona, naročito pri prvom zagrevanju imaju toplotne deformacije agregata i cementa koje se superponiraju. Skupljanje je uslovljeno skupljanjem cementa, dok je širenje uslovljeno širenjem agregata.

Izlaganjem betona temperaturama od 100—200°C nastaje toplotno širenje cementnog kamena, koje se pri višim temperaturama poništava zbog skupljanja izazvanog udaljavanjem adsorpciono vezane vode iz tela. Ukoliko je beton koji se izlaže temperaturi sa većom vlažnošću, postoji samo deformacija širenja, jer udaljavanje vode ne izaziva skupljanje u toj meri kao kod betona manje vlažnosti.

Karakteristično je da skupljanje po preseku betonskog elementa nije jednako, zbog neravnopravnog isušivanja. Količina slobodne i adsorbirane vode je različita u zavisnosti od udaljenosti od površine preseka koji se zagreva, pa prena tome, delovi bliže površini pri zagrevanju pre gube deo slobodne vode iz makro i mikro kapilara, a intenzivno udaljavanje adsorbirane vode nastaje skupljanje. Nakon zagrevanja, slobodna voda se kreće od središta ka površini. To dovodi do bubrenja gela u perifernim delovima koji su delimično obezvodnjani. Vlaženje gela izaziva širenje.

Širenje betona zavisi od vrste agregata. Pri zagrevanju agregat se širi. Izuzetno, kod nekkih agregata pri zagrevanju od 200—600°C, može doći do neznatnog skupljanja zbog isušavanja, ili pri zagrevanju preko 800°C zbog strukturnih promena.

Koeficijent toplotnog širenja agregata zavisi od vrste agregata. Na primer, kod granita on se kreće od $(1,8-11,9) \times 10^{-6} (^\circ\text{C}^{-1})$, a kod krečnjaka od $(0,9-16) \times 10^{-6} (^\circ\text{C}^{-1})$ ili peščara od $(4,3-13,9) \times 10^{-6} (^\circ\text{C}^{-1})$.

Uticaj vrste agregata na koeficijent širenja betona spravljenih u razmeri 1:6 prikazan je u tabeli 1.

TABELA 1.

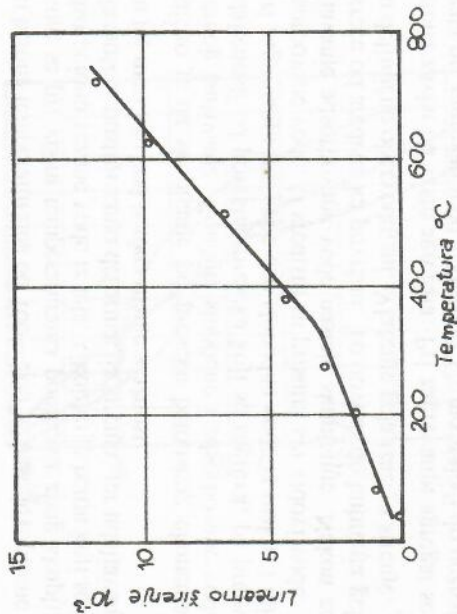
PROSTORNA AGREGATA koeficijent toplotnog širenja $10^{-6} (^{\circ}\text{C}^{-1})$
beton čuvan

	na vazduhu	u vodi	na vazduhu potom u vodi
ni šijunak	13,1	12,2	11,7
nit	9,5	8,6	7,7
šćar	11,7	10,1	8,6
čnjak	7,4	6,1	5,9

Osim toga, koeficijent toplotnog širenja betona zavisi i od razmere mešanja. Sa rastom količine agregata u mešavini, on se smanjuje.

Koeficijenti toplotnog širenja agregata se kreću u granicama od $(5-13) \times 10^{-6} (^{\circ}\text{C}^{-1})$. Koeficijent toplotnog širenja cementnog kamena kreće se od $(11-16) \times 10^{-6} (^{\circ}\text{C}^{-1})$, pa i do $20 \times 10^{-6} (^{\circ}\text{C}^{-1})$.

Razlika u koeficijentima toplotnog širenja cementnog kamena i zrna agregata dolazi do razaranja veze cementa kamen — agregat. Smatra se da su u području temperatura od $4-65^{\circ}\text{C}$, razlike u koeficijentima, čak i više, ali ne veće od $5,5 \times 10^{-6} (^{\circ}\text{C}^{-1})$ ne deluje razorno, što nije slučaj ako se beton izlaže višim temperaturama. Do razaranja veze cementni kamen — agregat doći će uvek pri višim temperaturama, ako je primenjeni agregat za spravljanje betona, sa malim koeficijentom toplotnog širenja, kao što je granit i krečnjak. Izlaganjem betona zagrevanju dolazi do povećanja njegovog koeficijenta toplotnog širenja (slika 6) [3].



Slika 6. Linearno širenje betona pri zagrevanju (krečnjački agregat, W/C = 0.40)

Do porasta koeficijenta toplotnog širenja betona dolazi na temperaturama od $50-60^{\circ}\text{C}$, zbog dehidratacije, a iznad 550°C i zbog strukturnih faznih promena kod agregata koji sadrži kvarc.

3.4. PROVODLJIVOST TOPLOTE

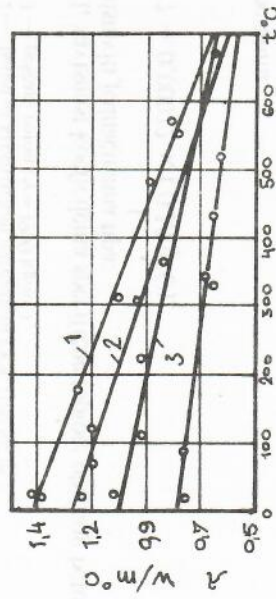
Koeficijent provodljivosti toplote, kao i kod drugih materijala, i kod betona zavisi od:

- hemijsko-mineralošskog sastava agregata,
- zapremninskog mase betona,
- teksture i količine šupljina,
- fizičko-hemijskih promena u betonu pri zagrevanju, i
- vlažnosti betona.

Mineraloška priroda agregata, zapremninska masa betona, i njegova vlažnost, u najvećoj meri utiču na provodljivost toplote. Toplotna provodljivost je utoliko manja, ukoliko je njegova zapremninska masa manja. Provodljivost toplote običnih betona ($\gamma = 1800-2500 \text{ kg/m}^3$) na normalnoj temperaturi kreće se u granicama od $0,9-2,0 (\text{W/m}^{\circ}\text{C})$. Vlažnost betona primetno povećava provodljivost toplote. Voda ima koeficijent provodljivosti toplote 25 puta veći od vazduha, te zamena vazduha vodom prouzrokuje povećanje koeficijenta toplote provodljivosti betona. Povećanje vlažnosti za 1% povećava koeficijent provodljivosti toplote za $0,01-0,03 (\text{W/m}^{\circ}\text{C})$.

Provodljivost toplote zavisi od temperature, i ako su u pitanju obični betoni, povećanje temperature snižava toplotnu provodljivost, tako da pri temperaturi od oko 600°C ona opadne na oko 50% od provodljivosti na 20°C .

Smanjenje provodljivosti se objašnjava dehidratacionim procesima pri zagrevanju cementnog kamena.



Slika 7. Uticaj temperature na koeficijent provodljivosti toplote

- 1 — beton sa granitnim agregatom ($\gamma = 2220 \text{ kg/m}^3$)
- 2 — beton sa krečnjačkim agregatom ($\gamma = 2190 \text{ kg/m}^3$)
- 3 — peščani beton ($\gamma = 1900 \text{ kg/m}^3$)

Na slici 7 data je promena koeficijenta provodljivosti toplote u zavisnosti od temperature [7].

Prirastaj koeficijenta toplote provodljivosti [2] iznosi:

- za beton sa granitnim agregatom,
- za zapremninskom vlažnošću od $1,2-2,5\%$

$$\Delta\lambda = -0,0003 t$$

$$\gamma = 2330 \text{ kg/m}^3 \text{ i}$$

- za beton sa krečnjačkim agregatom,
 - za zapremninskom vlažnošću od $1,3-2,5\%$
- $$\Delta\lambda = -0,00047 t \gamma = 2250 \text{ kg/m}^3 \text{ i}$$

— za beton velike čvrstoće,
i zapreminske vlažnosti od 3—3,3%

$$\Delta\lambda = 0,00015 \frac{t}{\text{m}^2}$$

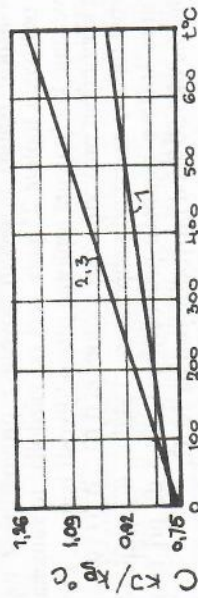
$$\gamma = 2310 \text{ kg/m}^3$$

gde jc:

t — temperatura

3.5. SPECIFIČNA TOPLOTA

Specifična toplota se osetno menja sa promenom vlažnosti betona, dok mineralni sastav agregata nema većeg uticaja. Vrednost specifične toplote za običan beton može se izmedu 0,75—0,96 (kJ/kg °C). Sa porastom temperature specifična toplota se povećava (slika 8) [7].



Slika 8. Promena koeficijenta specifične toplote sa temperaturom

- 1 — beton sa granitnim agregatom ($\gamma = 2220 \text{ kg/m}^3$)
- 2 — beton sa krečnjakim agregatom ($\gamma = 2190 \text{ kg/m}^3$)
- 3 — peščani beton ($\gamma = 1900 \text{ kg/m}^3$)

Prema [7], zavisnost koeficijenta specifične toplote običnog betona od temperature može se predstaviti jednačinama tipa:

$$C = 0,77 + 0,00012 \times t \text{ (kJ/kg } ^\circ\text{C)},$$

gde jc:

t — temperatura.

4. ZAKLJUČAK

Na osnovu napred izloženog, može se zaključiti sledeće:

- Ponašanje betona od portland-cementa, pri višim temperaturama, uslovljeno je ponašanjem cementa, agregata i vode;
- Na beton pri višim temperaturama dva su uticaja bitna: širjenje, odnosno skupljanje koje je po pravilu, nejednako za razne sastojke i izaziva lokalna naprezanja i strukturne faze promene;
- S obzirom na primenljivost betona od portland-cementa do radne temperature oko 600 °C, strukturne promene su izazvane uglavnom procesima dehidracije.

Prof. dr Spiridon Dorđević, dipl. inž.

Građevinski fakultet u Nišu

Asist. mr Slobodanka Janković, dipl. inž.

Fakultet zaštite na radu u Nišu

LITERATURA

- [1] Romanenkov, I. G., Zigern-Korn, V. N., Ognestojkost' stroitel'nyh konstrukcij iz effektivnyh materialov, Strojizdat, Moskva, 1984.
- [2] A. F. Milovanov, Ognestojkost' železobetonnyh konstrukcij, Strojizdat, Moskva, 1986.
- [3] A. M. Nevil, Svojstva betona, Građevinska knjiga, Beograd, 1976.
- [4] K. G. Krasil'nikov, L. V. Nikitina, N. N. Skoblinskaja, Fiziko-hemija sobstvennyh deformacij cementnogo kamnja, Strojizdat, Moskva, 1980.
- [5] V. P. Bušev, V. A. Pčelincev, F. S. Fedorenko, A. I. Jakovlev, Ognestojkost' zdaniy, Izdatel'stvo literatury po stroitel'stvu, Moskva, 1970.
- [6] V. Ramačandran, R. Fel'dman, D. Boduzn, Nauka o betone, Strojizdat, Moskva, 1986.
- [7] Prof. N. A. Sirel'čuk, Vzyvobezopasnost' i ognestojkost' v stroitel'stvc, Izdatel'stvo literatury po stroitel'stvu, Moskva, 1970.
- [8] M. Rojzman, E. P. Komissarov, V. A. Pčelincev, Požarnaja profilaktika v stroitel'stvc, Strojizdat, Moskva, 1978.
- [9] M. Rojzman, Osnovy protivopožarnogo normirovanija v stroitel'stvu, Moskva, 1969.