

## Zaključek

V letu 1984 je bil izdelan požarnovarnostni načrt, v katerem je bilo obdelano tudi skladišče končnih izdelkov. Izračun požarne ogroženosti je pokazal, da je možna srednja požarna ogroženost. Na podlagi izračuna smo v letih 1986 do 1988 zgradili rezervoar za 400 m<sup>3</sup> vode novo zunanje in notranje hidrantno omrežje. Skladišče in kartonaža sta bila zavarovana tudi z inozacijskimi javljalniki požara.

Ugotavljanje vzrokov za tako velik obseg in tako hitro širjenje požara je pripeljalo do spoznanja, da so bili požarni sektorji preveliki. Poleg tega je bilo ugotovljeno, da se polietilenska folija v požaru oziroma pri visokih temperaturah obnaša kot gorljiva tekočina. Gašenje bi bilo uspešnejše, če bi takoj na začetku v pritličju uporabili velike količine pene.

V nadaljnje dejavnosti, povezane s sanacijo požara, smo usmerili v izgradnjo novega sodobnejšega in požarno varnega skladišča končnih izdelkov.

Načrti so že v izdelavi, rušiti pa bomo začeli takoj, ko bodo vremenske razmere to dovoljevale. Denar, ki smo ga dobili od Zavarovalne skupnosti Triglav, moramo takoj vložiti v izgrajeno skladišče. Pri Zavarovalni skupnosti Triglav smo imeli zavarovane vse zaloge končnih izdelkov, zgradbe in izpad proizvodnje. Tudi vsi delavci smo zavarovani za primer nesreče pri delu.

1. Analize gasilske intervencije.
2. Zapisniku upravnih organov.

**Ernest Sihur**

## Fire at Steklarna Hrastnik Glassworks

A major fire was caused by playing children at the Steklarna Hrastnik glass factory. Three lives were lost and enormous material damage resulted, estimated at 40 million DEM. About 14,000 m<sup>2</sup> of storage area was completely destroyed, and another 5000 m<sup>2</sup> of storage area containing finished glass articles was damaged.

300 volunteer firemen were involved in putting out the fire with the help of experts from professional fire brigades and employees of the Republic of Slovenia fire inspection service.

It has been determined that the fire sectors were too large and that polyethylene materials burned like inflammable liquids during the fire.

# RAČUNALNIŠKI MODELI V POŽARNEM INŽENIRSTVU

Jože Urbas\*

UDK 614.842 : 681.3

**Računalniški požarni modeli so orodja, s katerimi lahko v določenem prostoru ali objektu natančno izračunamo razvoj požarnih nevarnosti in njihov vpliv na ljudi in objekt. Uporaba je zelo široka, najpogostejša pa je na naslednjih področjih: ugotavljanje obnašanja materiala ali izdelka v tipičnih požarnih scenarijih, rekonstrukcija požarov, kvalitativno vrednotenje gradbenih in drugih požarnih predpisov, predhodna analiza požara v zgradbah — za potrebe gasilcev, projektiranje optimalnih požarnih ukrepov v novih zgradbah, študij požarne varnosti v obstoječih zgradbah in znanstvene analize razvoja požara. Za delo z modeli potrebuje mo znanje s področja požarnega inženirstva in testne podatke o obnašanju materialov ali proizvodov v požaru. V Sloveniji že imamo banko najosnovnejših testnih podatkov in izkušnje z najnovejšimi požarnimi modeli.**

Modeliranje požara je izračunavanje razvoja požara v prostoru ali zgradbi. Običajno je postopek izračuna zelo kompliciran in ni možen brez računalnika. Zato skoraj vedno govorimo o računalniških požarnih modelih. Računalniški model vsebuje zaporedje matematičnih in delno empiričnih izračunov, ki računajo razvoj požarnih pogojev v naprej določeni zgradbi in požarnem scenariju v odvisnosti od časa. Osnovni požarni modeli torej za točno opisano zgradbo z znano sestavo in razporeditvijo vsebine izračunavajo temperature v različnih prostorih objekta v odvisnosti od časa, gostote in višine dimnega sloja, koncentracije različnih toksičnih produktov in še niz drugih pomembnih požarnih parametrov. Namesto modeliranja požara večkrat uporabljamo tudi izraz kvantitativna požarna analiza.

Sestavljeni računalniški požarni modeli, kot je HAZARD I (2), poleg razvoja požarnih pogojev računajo tudi čas, ki ga imajo uporabniki zgradbe na razpolago za evakuacijo. Izračunajo, koliko ljudi lahko izgubi življenje; ob predvidevanju njihovega obnašanja in občutljivosti na razne požarne vplive.

V zadnjem času je znanje o razvoju požara, ki je vključeno v računalniške modele, tako izpopolnjeno, da so modeli že na voljo za širšo uporabo strokovnjakom s področja požarnega inženirstva. Vse kaže, da bo projektiranje objektov v prihodnje temeljilo ravno na računalniških modelih.

## Potreba po kvantitativni analizi požarnega rizika z računalniškimi modeli

Požarno varnost zagotavljamo s sistemom gradbenih in tehničnih predpisov,

ki temeljijo na presoji in izkušnjah strokovnjakov. Sestavni del teh predpisov so metode za testiranje materialov in proizvodov. Predpisi na splošno določajo načine konstruiranja zgradb in zahteve za gradbene materiale v odvisnosti od namenov zgradb. Zahteve predpisov se nanašajo predvsem na načine pregrajevanja zgradb in pravilno dimenzioniranje izhodnih poti. Vključene so tudi zahteve po različnih vrstah aktivne požarne zaščite, predvsem po sistemih za detekcijo požara in alarmiranje, sistemih za gašenje ter sistemih za odvod in preprečevanje širjenja dima. Sistemi aktivne požarne zaščite skupaj s pasivnimi (gradbenimi) ukrepi zagotavljajo dodatni čas za varno evakuacijo iz ogroženih delov zgradb, zmanjšujejo možnost širjenja požara ter njegov vpliv na konstrukcijo.

Sistem gradbenih in tehničnih protipožarnih predpisov zagotavlja uporabnikom zgradb določeno stopnjo varnosti. Težava s predpisi je v tem, da jih je treba dopoljevati in spreminjati ustrezno z razvojem in uvajanjem novih gradbenih materialov, konstrukcij ter konstrukcijskih rešitev. Računalniški požarni modeli omogočajo hitro in celovito ovrednotenje novih rešitev glede na zahtevano stopnjo varnosti, ki jo morajo predpisi zagotoviti. Tako se izognemo tragičnim posledicam, ki jih lahko nove rešitve povzročijo, in jih običajno spoznamo na konkretnih požarih ter šele nato reagiramo z novimi zahtevami v predpisih. Podobno lahko kvantitativne metode uporabijo proizvajalci novih materialov in proizvodov ter vnaprej ugotovijo, kakšen bo odziv njihovih proizvodov v realnem požaru.

Pri uporabi računalniških modelov moramo upoštevati in poznati veliko med seboj povezanih faktorjev. Predvsem potrebujemo eksperimentalne podatke o obnašanju materialov v požaru in natančne podatke o zgradbi, ki jo obravnavamo. Ti podatki omogočajo izračun sproščanja energije in mase v požaru v konkretnem objektu v odvisnosti od časa. Na prenos energije in mase po zgradbi vpliva njena geometrija, uporabljeni konstrukcijski materiali in inštalirani sistemi aktivne požarne zaščite. Odziv uporabni-

\* Mag., Zavod za raziskavo materiala in konstrukcij, Radovljica.

kov zgradbe in posledice požara so odvisne od tega, kdaj so uporabniki obveščeni o požaru, od njihovih fizičnih sposobnosti, njihovih odločitev in od njihove občutljivosti na vplive požara, ki so jim izpostavljeni.

Računalniški požarni modeli omogočajo ovrednotenje določenega proizvoda in njegovo obnašanje v požaru glede na cilj, ki ga v okviru požarne varnosti želimo doseči. Najpomembnejši cilj je vedno bil ustaviti širjenje požara, dokler se ljudje ne umaknejo na varno. Pri tem je zelo težko ustaviti širjenje dima. Kvantitativna analiza z računalniškim modelom omogoča, da natančno ugotovimo vplive dima, kot je recimo toksičnost, na določene uporabnike zgradbe v določenem objektu. Ugotovimo lahko, ali je čas, ki je na voljo za evakuacijo, daljši, kot je potrebno, in če ni, zakaj ni. Čas je kritični faktor. Če so na voljo 3 minute, za evakuacijo pa bi potrebovali 10 minut, so človeške žrtve tu. Če zagotovimo 30-minutno zaščito, za varno evakuacijo pa potrebujemo le 10 minut, so posledica neupravičeno visoki stroški. Z uporabo kvantitativne požarne analize preprečimo obe vrsti problemov.

Uporaba računalniških požarnih modelov omogoča veliko zmanjšanje stroškov pri projektiranju protipožarnih ukrepov. Analiziramo lahko različne požarnozaščitne pristope in izberemo najcenejšega. Poleg tega vrednotimo ukrepe v objektu celovito z upoštevanjem vseh interakcij, predvsem zgradbe in njene vsebine. Vse to omogoča fleksibilno projektiranje, onemogoča napačne rešitve in zmanjšuje ceno protipožarnih ukrepov. Požarne modele lahko uporabljamo še za rekonstrukcijo požarov, za previdevanje poteka požara kot pomoč gasilcem, za ekstrapolacijo testnih podatkov na različne konfiguracije materialov in v mnoge druge namene glede na potrebe.

## Delo z računalniškimi požarnimi modeli in potrebni podatki

Delo s požarnimi modeli je kombinacija strokovne presoje in izračunov, ki jih opravi računalnik. Celoten proces zajema štiri stopnje:

- definiranje objekta,
- definiranje požarnega scenarija,
- izračun požarnih nevarnosti in
- ovrednotenje posledic.

Definiranje objekta pomeni opredelitev namena oziroma uporabe zgradbe. Požarni scenarij opredelimo z določitvijo vira vžiga, določitvijo predmetov, ki jih lahko zajame požar, ugotovitvijo, ali so vrata odprta ali zaprta, in z določitvijo števila ljudi in njihove mobilnosti. Izračun požarnih nevarnosti je izračun dinamičnega poteka razvoja in širjenja požara, izračun

časovnega poteka delovanja aktivnih požarnih ukrepov in gibanja oziroma odziva ljudi. Ovrednotenje posledic je ocena posledic za ljudi, ki so izpostavljeni požarnim vplivom. Pri tem upoštevamo kriterije za vpliv visokih temperatur, toksičnega potenciala strupenih plinov in zmanjšane vidljivosti zaradi dima. Vse stopnje postopka zahtevajo od uporabnika sposobnost presoje, izkušnje in znanje požarnega inženirstva. Potrebni je tudi nekaj izkušenj z osebnimi računalniki. Osnovna zahteva pa je dostopnost potrebnih podatkov.

Poleg podatkov o geometriji zgradbe, njenih inštalacijah, sistemih za detekcijo požara, sistemih za gašenje, količinah in razporeditvi vsebine posameznih prostorov, ki jih običajno ni težko dobiti, za vse materiale potrebujemo še podatke o njihovih požarnih lastnostih. Te podatke je mogoče dobiti z meritvami na aparaturi Cone Calorimeter (1), kjer preiskujemo majhne vzorce, ali pa s požarnimi testi celih proizvodov v naravnem merilu (sobni test, pohištvni kalorimeter) (3). Vse omenjene testne metode so standardizirane v Mednarodni organizaciji za standardizacijo (ISO) in v mnogih državah. Zelo verjetno bodo postale tudi novi evropski standardi. Podatki, ki jih potrebujemo, so naslednji: hitrost sproščanja toplote, hitrost izgube mase, količina sproščenega dima in koncentracije toksičnih plinastih produktov. Vsi podatki morajo biti navedeni v odvisnosti od časa za celoten proces gorenja.

Nobene od aparatur za dinamično merjenje požarnih lastnosti materialov ali proizvodov pri nas še nimamo, upamo pa, da bomo v kratkem dobili Cone Calorimeter. Vseeno nam je uspelo v tujini opraviti meritve na najpomembnejših domačih gradbenih in pohištvnih materialih. Izmerjeni podatki in tuje podatkovne baze nam omogočajo, da najnovejše računalniške požarne modele že uporabljamo tudi v Sloveniji.

## Zaključek

V sestavku sem opisal celovit računalniški požarni model. Seveda obstaja cela vrsta parcialnih modelov. Nekateri obravnavajo le potek gibanja ljudi v primeru evakuacije (EVACNET, EXITT), drugi razvoj požara v enem prostoru (FIRST, ASETT, HARVARD 5), tretji razvoj in širjenje požara v več prostorov (FAST, HARVARD 6, FPETOOL). Modeli, kot so TASEF, FASBUS in FIREST-3, obravnavajo vpliv realnega požara na požarno odpornost nosilnih in pregradnih konstrukcij. Vsi naštetih in še mnogi drugi računalniški modeli simulirajo razvoj realnega požara v realnem okolju določene zgradbe ali pa odziv ljudi ali gradbenih materialov oziroma delov na požarne vplive. V njih, zlasti pa v najnovejšem modelu HAZARD I, je vgrajeno vse obstoječe svetovno znanje o razvoju in vplivih požara. Kljub temu ti modeli še niso popolni. Glavna pomanjkljivost je v tem, da zahtevajo precejšnje znanje in izkušnje s področja požarnega

inženirstva. To se odraža v pravilni izbiri vstopnih podatkov, ki jih model zahteva. V rokah izkušenih strokovnjakov pa so izredno močno orodje, ki lahko prihrani marsikatero življenje in veliko nepotrebnih stroškov ter omogoči celo vrsto koristnih analiz.

1. Babrauskas V., 1982. Development of the Cone-Calorimeter — a Bench Scale Heat Release Apparatus Based on Oxygen Consumption. Nat. Bur. Stand. (US), NBSIR 82-2611.
2. Bukowski W., R. D. Peacock, W. W. Jones, C. L. Forney, June 1989. HAZARD I. Fire Hazard Assessment Method. Center for Fire Research. National Institute for Standards and Technology, Gaithersburg. MD 20899.
3. NT Fire 025 — Surface Products: »Room Fire Test in Full Scale, »NORDTEST«. Helsinki 1986.

Jože Urbas

## Computer Models in Fire Control Studies

Computer fire models are tools that can be used for the prediction of fire hazards, their influence on users of a building, and on a building itself. Predictions can be made for a predetermined room or building with a defined fire scenario. Specific applications depend on the user, but these can include material/product performance evaluation, fire reconstruction and litigation, evaluation of code changes or modifications, fire department pre-planning, planning of fire prevention measures for new and existing buildings, and scientific analysis of fire problems. A great deal of judgement and expertise in fire safety practice is necessary to work with the models. Fire test data on materials and products that can be obtained on the Cone Calorimeter or large scale test methods are needed as input. Some data and experience with the newest computer fire models already exist in Slovenia.

UJMA