



A XII-a Conferință Națională multidisciplinară – cu participare internațională
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești",
SEBEȘ, 2012

ETANOLUL, COMBUSTIBIL CURAT DESTINAT TESTELOR DE INCENDIU. SIMULARE COMPUTERIZATĂ

Constantin POPA, Valeriu PANAITESCU,
Aurelian CONSTANTINESCU, Cătălin NETCU

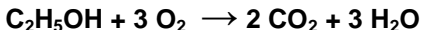
ETHANOL, CLEAN FUEL FOR FIRE TESTS. COMPUTER SIMULATIONS

The following article presents information on the choice of ethanol as combustible for suppression tests, after running a computer simulation program, called Pyrosim.

Cuvinte cheie: etanol, teste de incendiu, modele, simulare, mediu,
Keywords: ethanol, fire tests, models, simulation environment

1. Informații cu privire la etanol

După cum se cunoaște, la arderea etanolului rezultă elemente nepoluante pentru mediu



Totuși, etanolul pur nu se găsește în comerț. De obicei se întâlnește un amestec. De asemenea, în aer nu se află doar oxigen, ci și azot și alte gaze.

Prin urmare, la reacția normală de oxidare în atmosferă a etanolului, rezultă și alte produse de ardere, cum ar fi de exemplu oxizii de azot.

La arderea benzinei sau a altor combustibili similari, rezultă o mulțime de produși de ardere poluanți



Fig. 1 Comparație vizuală între arderea benzinei (stânga) și arderea etanolului (dreapta), din punct de vedere al cantității de fum eliberate

Combustibil + Aer \rightarrow Hidrocarburi + oxizi de azot + dioxid de carbon + monoxid de carbon + apă,

prin urmare ar fi de preferat utilizarea pentru testele de stingere, a etanolului (figura 1).

De asemenea, în afară de poluarea mediului, produsele de ardere înnegresc pereții incintei de testare, se depun pe termocupluri, ducând în final la degradare.

Având în vedere și faptul că temperaturile dezvoltate de etanol sunt mai scăzute decât în cazul benzinei, se recomandă pentru astfel de teste repetitive, etanolul. Având în vedere că este vorba despre un lichid combustibil, în momentul aprinderii și după aprindere, ceea ce arde este doar stratul de vapori de la suprafața liberă a lichidului, prin urmare lichidul combustibil este mult mai recomandat pentru teste, în comparație cu materialele combustibile solide.

În cazul materialelor combustibile solide, arderea se manifestă complex, cu mulți compuși toxici și resturi din ardere incomplete.

De asemenea, materialul solid arde în unele cazuri în tot volumul, fiind greu de observat și analizat un astfel de focar.

Pentru testări, în cadrul activităților de organizare, a fost achiziționată cantitatea de 50 de litri de etanol (alcool etilic tehnic denaturat conținând 90 % etanol, 10 % - apă demineralizată și violet de metil), ambalat în sticle de un litru fiecare.

2. Datele de intrare și ieșire pentru simularea computerizată

Programul Pyrosim reprezintă o platformă pentru utilizarea FDS, foarte folositoare pentru specialiștii în securitate la incendiu, oferindu-le acestora din urmă date susținute matematic, cu privire la calitățile și cantitățile asociate de obicei unui incendiu:

- temperaturi (ale aerului, ale suprafețelor);
- concentrații (de oxigen, de gaze de ardere, de fum);
- vizibilitate, strâns legată de cantitatea de fum;
- presiuni (ale diferitelor spații, presiuni exercitate de diferite surse tip ventilator etc.);
- câmpuri de temperatură, presiune și alte elemente.

FDS este un model de simulare dinamică a fluidelor, respectiv a fluxului termic degajat de incendiu. Modelul rezolvă numeric o formă a ecuațiilor Navier-Stokes pentru viteză redusă, flux termic degajat și evoluție a fumului. Derivatele parțiale ale ecuațiilor de conservare a masei, momentului și energiei sunt approximate ca diferențe finite, iar soluția este avansată în timp pe o rețea tridimensională, rectilinie.

Componentele majore ale programului FDS sunt:

- *Modelul hidrodinamic.* FDS rezolvă numeric ecuațiile Navier-Stokes pentru dinamica incendiilor. Derivatele parțiale a ecuațiilor de conservare a masei, momentului și energiei sunt approximate ca diferențe finite, iar soluția este avansată în decursul timpului pe o rețea tridimensională, rectilinie. Algoritmul principal este o schemă explicită tip predictor-corector. Turbulența este tratată cu modelul Smagorinski. Este posibil să se facă o simulare numerică directă, dacă grila de discretizare este suficient de fină. Pentru a simula mișcarea fumului se folosesc particule de tip Lagrangian.
- *Modelul de combustie.* Pentru majoritatea aplicațiilor, FDS folosește un model de combustibil bazat pe amestecul fracționat combustibil-oxigen. Modelul presupune că

materialul combustibil este controlat (se cunoaște rata de pierdere masică) și că reacția dintre combustibil și oxigen este suficient de rapidă. Frația de masă, pentru toți reactanții și produsele majore poate fi derivată din fracția de amestecare.

- *Transportul de radiație*. Transferul radiativ de căldură este inclus în model prin soluția ecuației de transport prin radiație. Radiația termică este calculată folosind tehnica volumului finit pe aceeași rețea.
- *Geometria*. FDS aproximează ecuațiile cu derivate parțiale pe mai multe rețele rectangulare. Utilizatorul prescrie obstrucțiile rectangulare, care sunt forțate să se conformeze cu rețeaua de calcul.
- *Condițiile la limită*. Toate suprafețele solide au condiții termice la limită, plus informații despre comportamentul la ardere al materialului. De obicei, caracteristicile materialului sunt stocate într-o bază de date, însă pot fi adăugați și alți combustibili.

2.1. Discretizarea spațiului pentru un calcul eficient

S-au creat în spațiul de simulare două rețele de calcul, conform tabelului 1 (Dimensiunilor prezente în simularea arderii etanolului) și figurii 2.

Tabelul 1

Domeniul de calcul	Număr de celule și dimensiuni			Obs.
Domeniul 1	Numărul de celule pe direcția			Au rezultat un număr de 71442 celule, cu dimensiunile 0,09 x 0,05 x 0,04 m
	ox	oy	oz	
	18	63	63	
	Dimensiuni fizice pe			
	lungime	lățime	înălțime	
	2 m	3 m	2,4 m	
Domeniul 2	Numărul de celule pe direcția			Au rezultat un număr de 333396 celule,
	ox	oy	oz	
	21	126	126	

Domeniul de calcul	Număr de celule și dimensiuni			Obs.
	Dimensiuni fizice pe			cu
	lungime	lățime	înălțime	dimensiunile
	0,5 m	3 m	2,4 m	0,02 x 0,02 x 0,02 m

S-au introdus manual caracteristicile etanolului și s-a bifat opțiunea ca reacțiile de ardere să fie guvernate manual (eng: reaction – governed manually). Caracteristicile etanolului introduse în program sunt conform tabelului 2 (Caracteristicile etanolului introduse în Pyrosim în cadrul simulării).

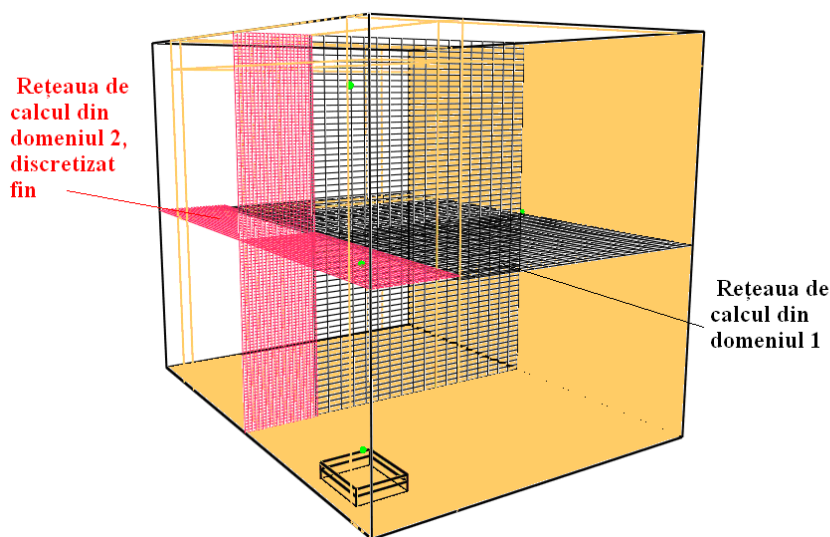


Fig. 2 Imagine din programul Pyrosim. Vedere din spate a celor două domenii de calcul folosite în simularea numărul 3

Tabelul 2

Nr. crt.	Proprietățile caracteristice etanolului	Valoarea și unitatea de măsură
1	Viteza de pierdere masică prin	0,02 kg/ (m ² s)

Nr. crt.	Proprietățile caracteristice etanolului	Valoarea și unitatea de măsură
	ardere	
2	Căldură de vaporizare	26.800 kJ/kg
3	Densitate	787 kg/m ³
4	Căldură specifică	2,45 kJ/(kg.K)

A fost păstrată o grosime a peliculei de etanol din tavă de 1 cm. Ca rezultate, s-a cerut programului următoarele date: valorile de temperatură într-un plan vertical care trece prin focar, rata de ardere, valorile ratei de eliberare a căldurii, pierderea de masă, temperatura peretelui; au fost poziționate un număr de trei termocupluri conform planului inițial. Pentru simulare s-au deschis limitele domeniilor de calcul pe câte trei fețe: cele două paralele cu plafonul camerei, cele două paralele cu ieșirea din cameră și cele două care se unesc în focar.

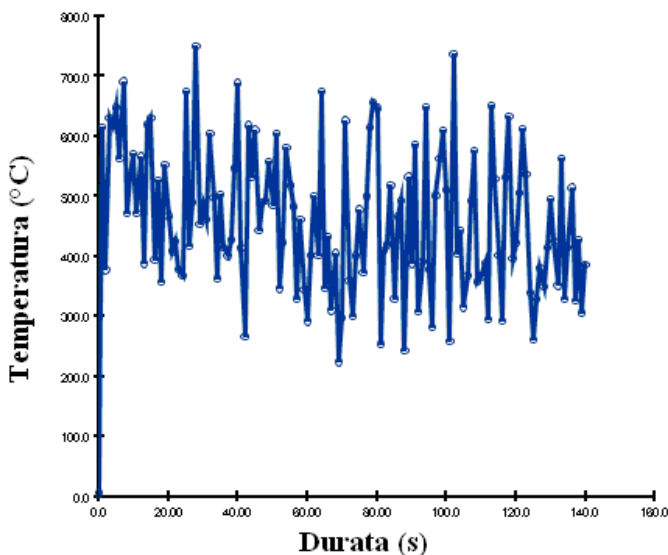


Fig. 3 Imagine de la simularea numărul 3 cu programul Pyrosim. Rezultat cu privire la valorile înregistrate de termocuplul aflat în flacără

Au fost impuse pentru calcul programului un număr de 155 de secunde de ardere și o temperatură inițială a mediului de 5 °C.

După comanda „run”, programul a rulat pentru 10,19 ore, cu un flux de căldură cumulat calculat de 48.263 kW.

Pentru rulări a fost folosit un computer performant, cu procesor de 2400 MHz Intel Core 2 Duo și memorie RAM de 2048 MB

Urmărind graficul din figura 3 se observă pentru valorile de temperatură din flacără, o evoluție foarte dinamică, specifică, denumită în literatura de specialitate „dinți de fierăstrău”.

Având în vedere că diferențele între valori luate la secunde apropiate sunt de chiar 300 °C, este logic faptul că, pentru a fi folosită, valoarea trebuie mediată.

La baza acestor salturi stă rezolvatorul său Navier-Stokes (ecuațiile Navier-Stokes) utilizat de program.

3. Concluzii

■ În urma simulărilor succesive în care s-au modificat diferiți parametri și diverse materiale, s-au obținut următoarele informații generale:

- în cazul folosirii etanolului ca lichid combustibil în focar, temperatura aproximativă a fost preconizată a fi de aproximativ 600 °C;
- pentru rezultate optime, având în vedere dimensiunile modelului, este necesar a se utiliza o rețea de calcul de minim 300.000 de celule.

■ Cum era de așteptat, fumul gros, așa cum este el cunoscut la arderea benzinelor, nu este prezent în cazul etanolului (în urma ecuației chimice de oxidare a etanolului, rezultă dioxid de carbon și apă).

BIBLIOGRAFIE

[1] Popa, C., *Contribuții privind simularea, modelarea și stingerea incendiilor în structuri dezvoltate pe verticală*, teză de doctorat, Universitatea Politehnica București, septembrie 2011.

[2] Popa, C., Panaitescu, V.N., *Securitatea la incendiu a clădirilor dezvoltate pe verticală*. Știință și inginerie. Vol. 20/2011, ISSN 2067-7138, Editura AGIR, București, 2011, pag. 253-260.

- [3] Quintiere, J.G., *Fundamentals of Fire Phenomena*, University of Maryland, USA, John Wiley & Sons Ltd, 2006, ISBN 0-470-09113-4 / 449 pag.
- [4] DiNenno, P.J., *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering* - National Fire Protection Association, Quincy, Massachusetts, 3rd edition, 2002.

Asist.univ. Dr.Ing. Constantin POPA
Academia de Poliție „A. I. Cuza”, Facultatea de Pompieri
membru AGIR
e-mail: costi_popa001@yahoo.com

Prof.univ.Dr.Ing. Valeriu PANAITESCU
Universitatea Politehnica București, Facultatea de Energetică
membru AGIR
e-mail: valeriu.panaitescu@yahoo.com

Drd.Ing. Aurelian CONSTANTINESCU
Ofițer în cadrul IGSU
e-mail: aurelianc2003@yahoo.com

Drd.Ing. Cătălin NETCU
Universitatea Politehnica București, Facultatea de Energetică
e-mail: catalin_victor@yahoo.com