

**2014-2015**

Master, anul II:

Reabilitarea si Cresterea Sigurantei Constructiilor, Inginerie Structurala, Ingineria Cladirilor

# **Imprastirea fumului si gazelor fierbinti in interiorul spatiilor inchise**

**- analiza CFD (Computational Fluid Dynamics) -**

drd. ing. Zeno Grigoras



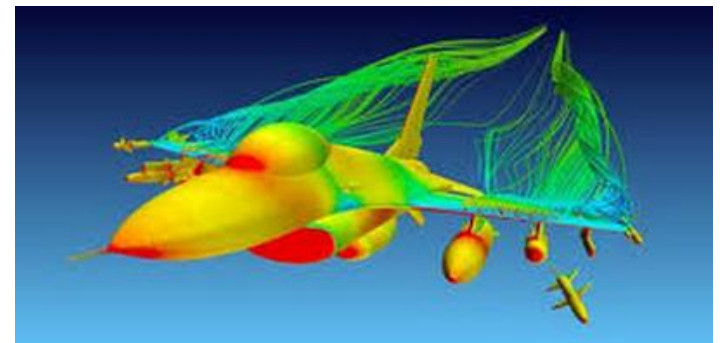
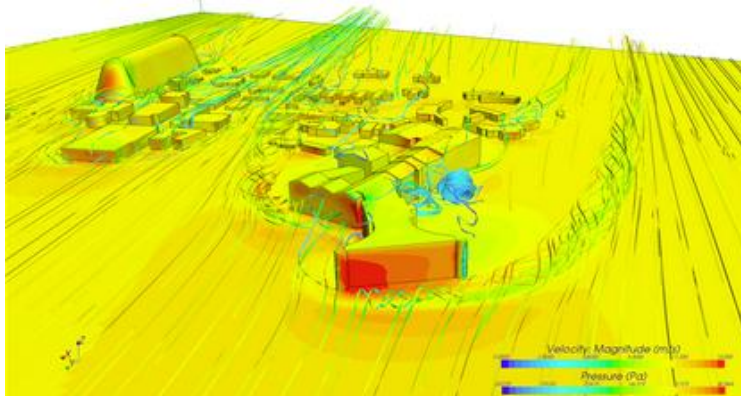
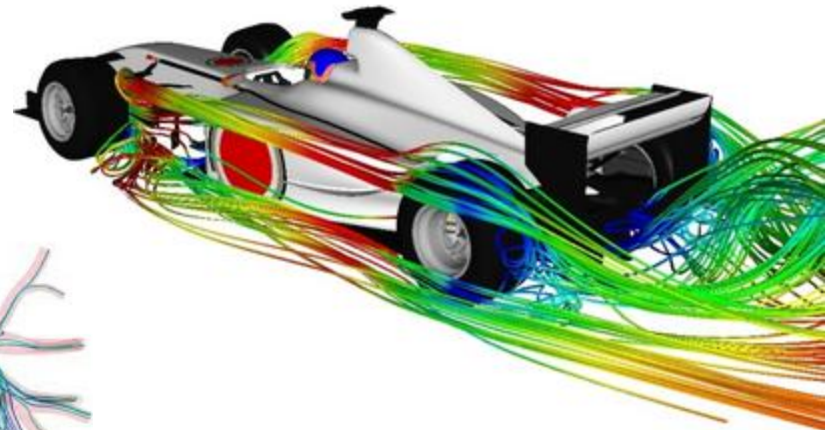
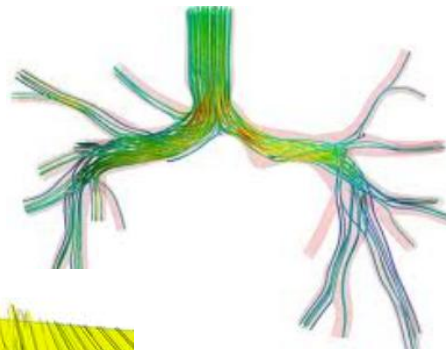
Universitatea Tehnică  
„Gh. Asachi”, Iași



Facultatea de Construcții  
și Instalații

# Ce este CFD (Computation Fluid Dynamics)?

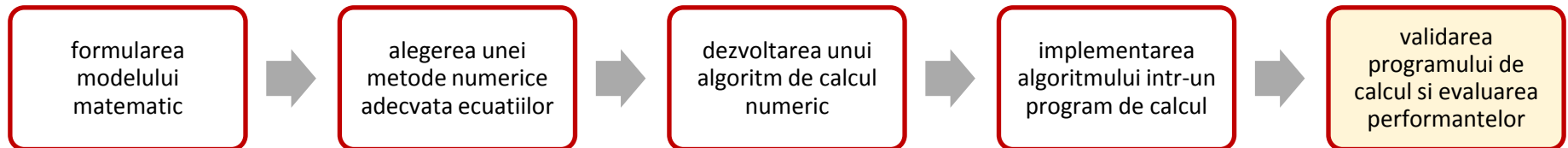
- Ramura a mecanicii fluidelor care utilizeaza metode numerice si algoritmi pentru a rezolva si analiza probleme care implica curgerea fluidelor.
- CFD permite cercetatorilor si inginerilor sa realizeze “experimente numerice” in “laboratoare virtuale”.
- Domenii de utilizare:
  - aplicatii militare;
  - aerodinamica vehiculelor;
  - aerodinamica constructiilor;
  - previziuni meteorologice;
  - aplicatii medicale;



# Ce este CFD (Computation Fluid Dynamics)?

- Baza teoretica (ecuatiiile Navier-Stokes) a fost fundamentata in sec. al XIX – lea.
- Utilitatea reala a analizelor CFD a fost data de dezvoltarea tehnicii de calcul din a doua jumătate a sec. al XX – lea.

## Etape pentru rezolvarea problemelor CFD:



# Experimente vs. Simulari numerice

➤ Analizele CFD furnizeaza informatii care sunt dificile, costisitoare sau imposibile de obtinut utilizand experimentele.

	Experimente	Simulari numerice
	<b>descrierea</b> cantitativa a fenomenului de curgere utilizand masuratori	<b>predictia</b> cantitativa a fenomenului de curgere utilizand soft-uri specializate
Nr. parametri analizati	1	>1
Nr. puncte analizate	1	>1
Scara modelului	redusa	reala
Nr. probleme abordate	limitat	nelimitat (in functie de software)
Conditii de desfasurare	de laborator	realiste
Surse de erori	erori de masura	modelare, discretizare, implementare

# Metode de calcul

## Metoda volumelor finite - MVF:

- abordare uzuala in cadrul CFD;
- **avantaje:**
  - cantitate mica de memorie utilizata;
  - viteza mare de rezolvare, in special pentru problemele complexe, curgeri turbulente sau probleme legate de combustie;
- **dezavantaje:**
  - pentru geometriile curbe se folosesc un numar foarte mare de volume finite (timp indelungat de procesare);

## Metoda elementelor finite - MEF:

- utilizata in analiza structurala a solidelor, metoda se poate aplica curgerii fluidelor;
- **avantaje:**
  - mult mai stabila numeric decat MVF;
  - poate descrie cu usurinta geometrii curbe;
- **dezavantaje:**
  - formularea matematica necesita atentie sporita;
  - cantitate mare de memorie utilizata;

# FDS (Fire Dynamics Simulator)

- dezvoltat de către National Institute of Standards and Technology of U.S.A. (NIST);
- teoria curgerii fluidelor aplicată dinamicii incendiilor;
- ecuații Navier-Stokes adaptate curgerilor cu viteză redusă ( $0.3 \text{ Ma} \approx 100 \text{ m/s}$ ) acționate termic punând accent pe împrăștierea fumului și transportul căldurii;
- modelarea se bazează pe rezolvarea unui set de ecuații diferențiale de conservare, completate cu numeroase ecuații suplimentare, modele (adesea semiempirice) pentru tratarea turbulenței, a presiunii, schimbului de căldură, a transportului substanțelor chimice și a fazelor de dispersie.
- derivatele parțiale ale ecuațiilor de conservare a masei, momentului și energiei sunt aproximare ca diferențe finite iar soluția este calculată într-o rețea rectilinie tridimensională;
- radiația termică este calculată folosind Metoda Volumelor Finite pe aceeași rețea de discretizare folosită în cazul curgerii fluidelor;
- particulele de tip Lagrange sunt folosite pentru a simula împrăștierea;

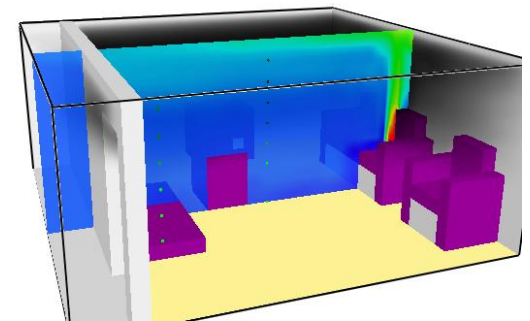
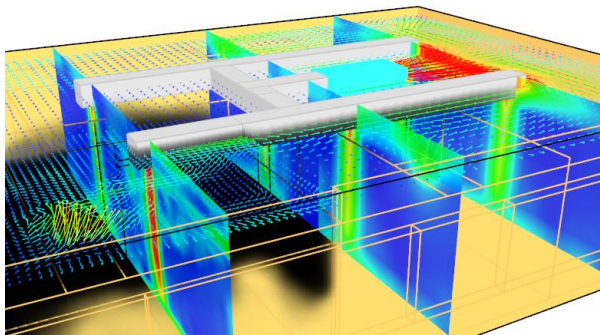
The logo for the National Institute of Standards and Technology (NIST), consisting of the letters "NIST" in a bold, black, sans-serif font.

# FDS (Fire Dynamics Simulator)

➤ probleme ingineresti abordate:

- combustie;
- piroliza;
- transfer termic (radiație, convecție și conducție);
- curgeri turbulente: DNS (Direct Numerical Simulation) sau LES (Large Eddy Simulation);
- HVAC (Heating, Ventilation and Air Conditioning);

➤ validat și verificat prin: experimente la scară redusă sau reală, prin calcule manuale și prin compararea rezultatelor obținute prin intermediul altor programe de calcul automat;



# FDS (Fire Dynamics Simulator)

## Gas Phase Quantity:

Absorption Coefficient  
Average Specific Heat  
Conductivity  
Density  
Divergence  
Enthalpy  
Extinction Coefficient  
H  
Heat Release Rate per Unit Volume  
Mixture Fraction  
Optical Density  
Pressure  
Pressure Zone  
Relative Humidity  
Specific Enthalpy  
Specific Heat  
Temperature  
Thermocouple  
Turbulence Resolution  
U-Velocity  
V-Velocity  
Velocity  
Viscosity  
Visibility  
W-Velocity

## Extra Species Quantity:

### Quantity:

Density  
Mass Flux in X Direction  
Mass Flux in Y Direction  
Mass Flux in Z Direction  
Mass Fraction  
Optical Density  
Visibility  
Volume Fraction

### Extra Species:

carbon dioxide  
carbon monoxide  
fuel  
hydrogen  
nitrogen  
other  
oxygen  
soot  
water vapor

## Particle Quantity:

### Quantity:

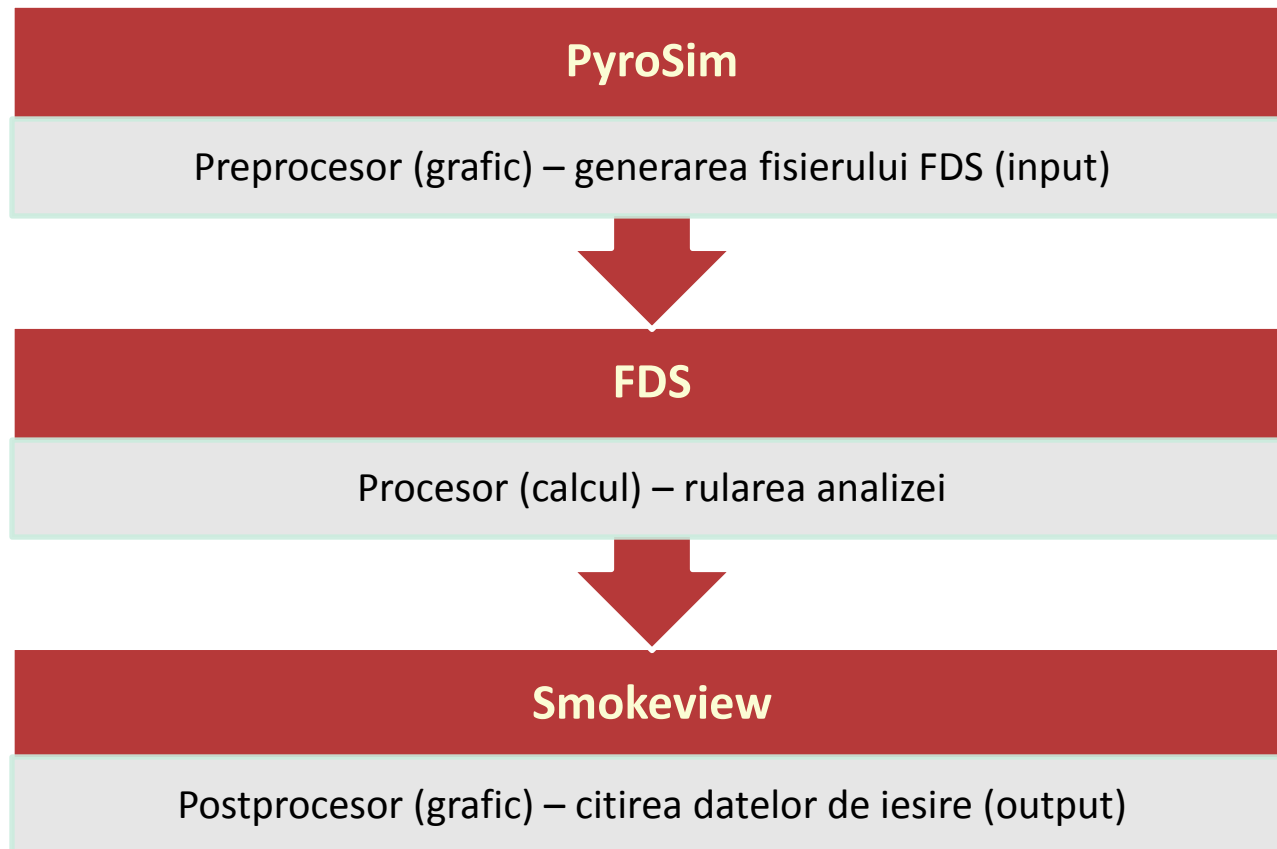
Mass Flux of Droplets in X Direction  
Mass Flux of Droplets in Y Direction  
Mass Flux of Droplets in Z Direction  
Mass Per Unit Volume

### Particle:

Water  
Fuel



# Soft-uri utilizate impreuna cu FDS

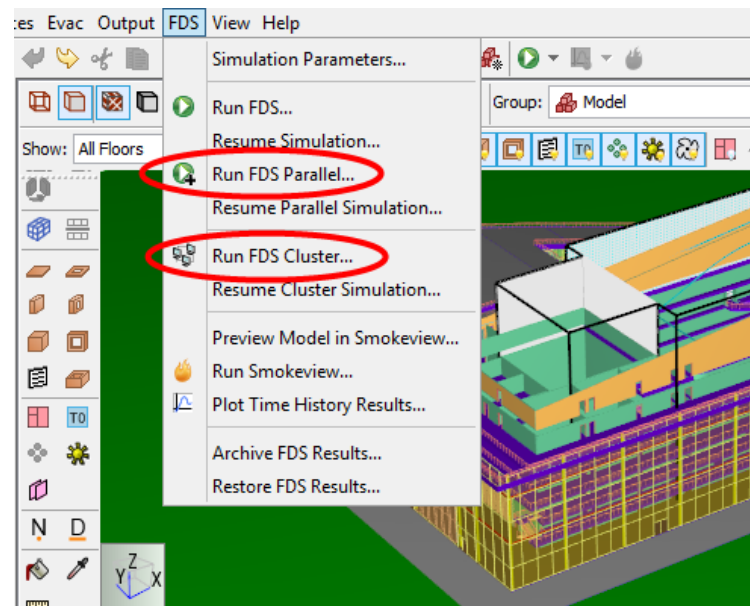
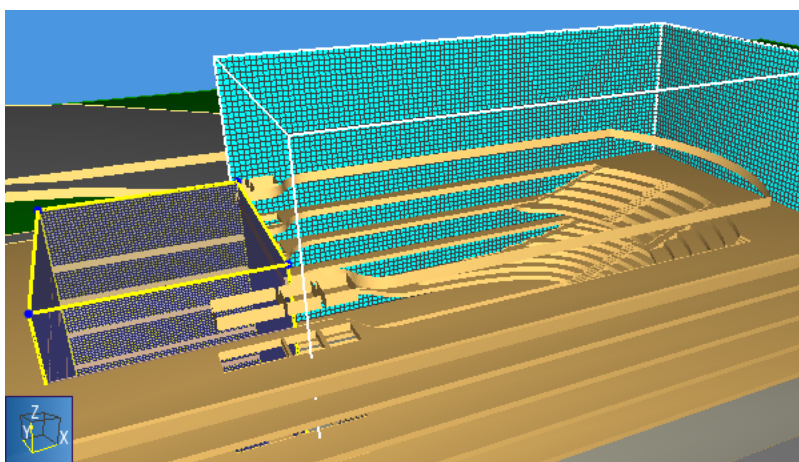
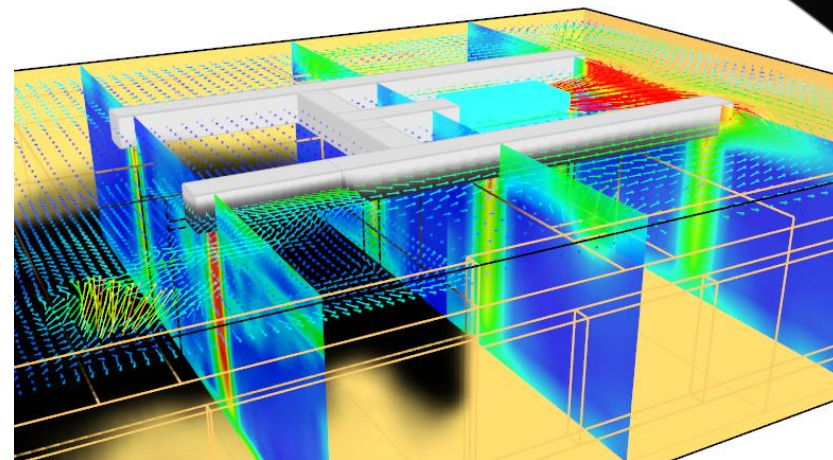
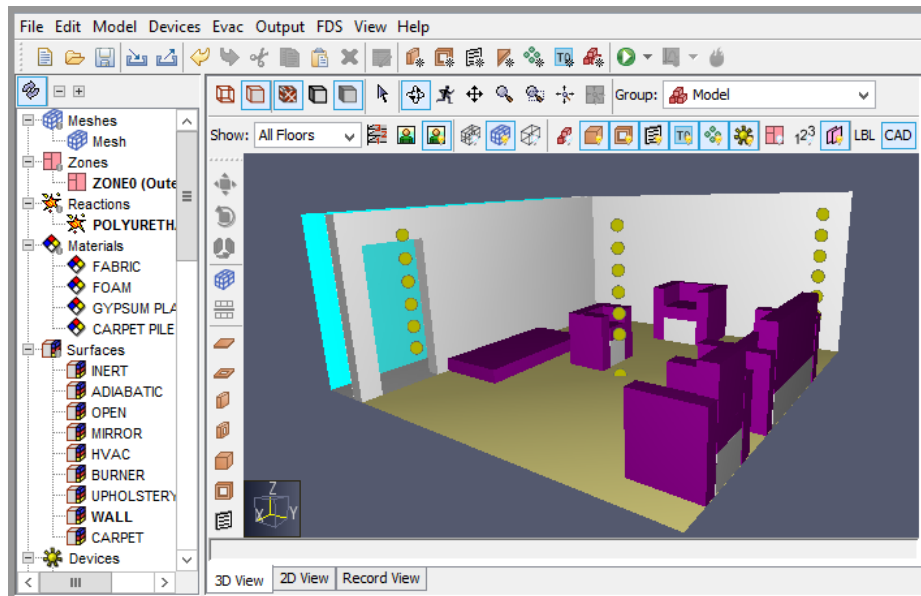


# PyroSim

- pre-procesor grafic pentru lucrul cu fisierele FDS;
- dezvoltat de catre Thunderhead Engineering USA;
- interfata grafica intuitiva;
- importarea modelelor CAD (DXF si DWG);
- definirea facila a mai multor retele de discretizare;
- optiune integradata pentru a rula multi-core, multi-procesor si in retea (cluster);
- importarea modelelor FDS din versiuni anterioare;
- librarii cu proprietati de materiale, reactii chimice, particule, suprafete, etc.

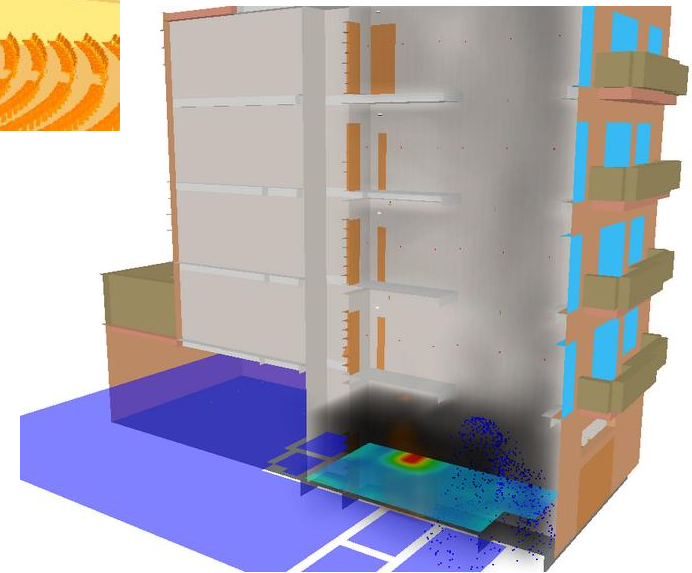
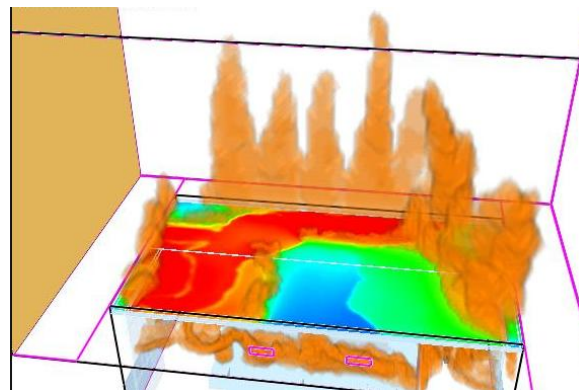
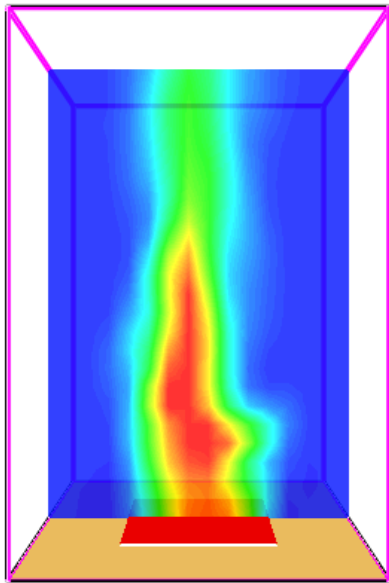


# PyroSim



# SmokeView

- post-procesor grafic pentru vizualizarea rezultatelor generate de FDS;
- rezultatele pot fi vizualizate sub forma unor sectiuni verticale/orizontale sau animatii 2D sau 3D;



## 3.3.2 Modele avansate de incendiu

(1) Modele avansate de incendiu trebuie să țină seama de următoarele elemente:

- proprietățile gazelor;
- transferul de masă;
- transferul de energie.

(2) Se utilizează unul din următoarele modele:

- Modele cu o zonă, care presupun o distribuție uniformă a temperaturii în funcție de timp, în compartiment;
- Modele cu două zone care presupun un strat superior a cărui grosime și temperatură, considerată uniformă, sunt funcție de timp și un strat inferior de temperatură mai scăzută, uniformă și funcție de timp;
- Modele de calcul computerizat de dinamica fluidelor, care indică evoluția temperaturii în compartiment în completa ei dependență de timp și spațiu.

## D.3 Modele de calcul de dinamica fluidelor

(1) Un model de calcul de dinamica fluidelor poate fi utilizat pentru rezolvarea numerică a formulelor cu diferențiale parțiale, care dau, în orice punct al compartimentului, variabilele aerodinamice și termodinamice.

NOTĂ - Modelele de calcul de dinamica fluidelor (CFD) analizează sistemele implicând curgerea fluidelor, transferurile termice și fenomenele asociate, rezolvând ecuațiile fundamentale de curgerea fluidelor. Acestea reprezintă enunțurile matematice ale legilor de conservare:

- masa unui fluid este conservată;
- variația cantității de mișcare este egală cu suma forțelor exercitate asupra unei particule fluide (cea de a doua lege a lui Newton);
- variația energiei este egală cu suma cantității de căldură și a cantității de lucru mecanic exercitat asupra unei particule fluide (prima lege a termodinamicii).