

Числено моделиране на разпространението на дим и вредности в затворени помещения. Влияние на отделните параметри върху разпределението на дима в помещението.

А.Терзиев, И. Антонов, Р. Величкова

Numerical modeling of the distribution of smoke and hazards in confined spaces. Influence of different general parameters on the distribution of smoke in the premises: Different and new polymeric combustible materials widely used as coverings, beddings, thermal and acoustic insulation, equipment and furniture are applied in the modern construction. Some of these elements are able to release large amounts of smoke and heat in a very short period of time. Moreover, in combination with some mistakes in the design the building can get extremely dangerous situations in presence of fire. Since the major task of fire protection technique is protecting people from injury, some answers to the following questions are seeks: how smoke will be spread into the room, if there is a chance to be taken away without burning spread, etc.

Some mathematical models of modeling fires and fire protection technique here are applied and numerically solved. Based on the developed mathematical model a numerical solution is realized, and simulation of the smoke and hazard distributions are accomplished. It is shown the spreading of smoke and hazards in a room occupied by people as special attention is paid to a velocity, temperature and turbulent energy field distribution. Based on the results of the numerical solution, respectively simulations, a scientific-based prognosis of the hazardous factors was made in order to optimize the work of the fire protection systems (smoke extraction systems, mechanical ventilation) by considering the physical characteristics of the room.

Key words: fire protection system, hazards distribution, modeling and simulation

ВЪВЕДЕНИЕ

При изгарянето на редица материали, неизменна част от състава на съвременното строителство, като полимерни материали, застилащи елементи, топло- и звукоизолации, оборудване и мебелировка, се отделят за много кратко време големи количества дим и топлина. В преобладаваща част от случаите стойностите на последните два параметъра са твърде над допустимите за дадено помещение стойности, като създават реална опасност за здравето на обитателите.

Основната задача на пожарогасителната техника е недопускане на загинали и ранени при пожар. В тази връзка се търси отговор на следните по-важни въпроси: как ще се разпространи дима в дадено помещение и зависи ли това от мястото на неговото възникване; има ли възможност той да се отведе, като същевременно се ограничи разпространението на горенето; как да се опазят евакуационните пътища и кое решение е по-надеждно и т.н.

Решенията свързани с огне- и димозащита на сградите при пожар са пряко свързани с възможността, която трябва да се създаде незабавно за безопасно напускане на сградата. Те директно касаят живота и здравето на хората и затова вниманието и загрижеността за тяхното изпълнение трябва да бъдат с най-висок приоритет.

Моделиране на процеса на горене е една изключително сложна задача, включваща не само физическа топлофизика но и химическа кинетика. Самият пожар като неконтролируемо горене се явява сложен, нестационарен, тримерен, топлофизически процес съпроводен с изменение на химическия състав и параметрите на газовата среда в помещението, който в настоящия момент не е напълно изучен.

Основната цел на настоящата работа е да се реализира числено моделиране и симулиране на разпространението на дим и вредности в типово помещение при съобразяване с поставените по-горе условия. Изследвано е разпределението на някои от по-важните параметри (скорост, температура и турбулентна кинетична енергия) на дима и е направена научно обоснована прогноза на динамиката на опасните фактори на пожара с цел оптимизиране на действията на системите за

пожарогасене, димоотделяне и механична вентилация при отчитане на топлофизическите характеристики на помещението.

ИЗГРАЖДАНЕ НА ГЕОМЕТРИЧЕН МОДЕЛ НА ПОМЕЩЕНИЕТО

Разглежда се сравнително проста геометрия на помещение, състоящо се от четири стени, таван, под, врати, прозорци и съответния източник на топлина и замърсители (причинител на пожар).

Основната цел е да се покаже организацията на въздухообмена в помещението, като функция на местоположението на топлоизточника и спецификата на помещението (местоположението на фугите на прозорците и вратата). Посредством реализираното в помещението въздухоразпределение могат да бъдат определени зоните с критични параметри на излъчвания, дим и огън. Важно е да се отбележи, че всичко казано по-горе е възможно единствено и само чрез познаване на съответното скоростно или температурно поле на въздуха в помещението.

Разглежда се типово помещение със следната геометрия: ширина - 12м, дължина - 12м и височина - 3,5м.

Залата е разположена на първия етаж в учебния корпус I на „Техническия Университет“ и е ориентирана юг – запад, където:

Стена **запад** - два прозореца от желязна дограма с размери 5,30x2,50м., разделени от железобетонна колона с размери 0,70 x 0,70 x 3,50м. Стената за основа е издигната на един метър от кота „нула“ и представлява тухлен зид с варова замазка, шпаклована с негорим минерален материал „гипс“.

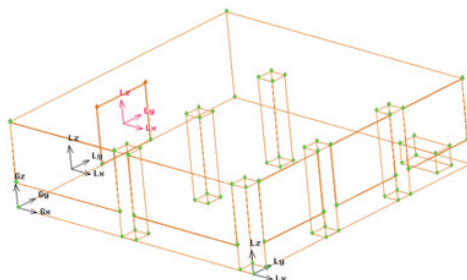
Стена **юг** – три прозореца от желязна дограма с размери 3,30 x 2,50м., разделени от железобетонни колони с размери 0,70 x 0,70 x 3,50м. Стената за основа, е издигната на един метър от кота „нула“ и представлява тухлен зид с варова замазка, шпаклована с негорим минерален материал „гипс“.

Стена **изток** – представляваща вътрешен тухлен зид с варова замазка, като вътрешните части са шпакловани с негорим минерален материал „гипс“.

Стена **север** – стена представляваща вътрешен тухлен зид с варова замазка, като вътрешните части са шпакловани с негорим минерален материал „гипс“. В средата на стената от кота „нула“ е поставена врата с желязна рамка и дограма, остъклена с армирано стъкло с размери 2,70 x 2,35м., като същата се отваря двукрило по посока вътрешен коридор т.е. навън (по посока на евакуацията).

Обектът - причинител на пожара е **учителска катедра с бюро** от дървен материал. Отделените при горенето дим, вредности и висока температура са обект на изчисленията. Построяването на геометрията на модела се извършва в работна среда GAMBIT.

Геометричния модел на помещението е представен на фиг. 1.



Фиг.1 – Геометричен модел на помещението

След построяването на модела и въвеждането на съответните гранични условия на задачата се пристъпва към числената симулация. Преди това се задават

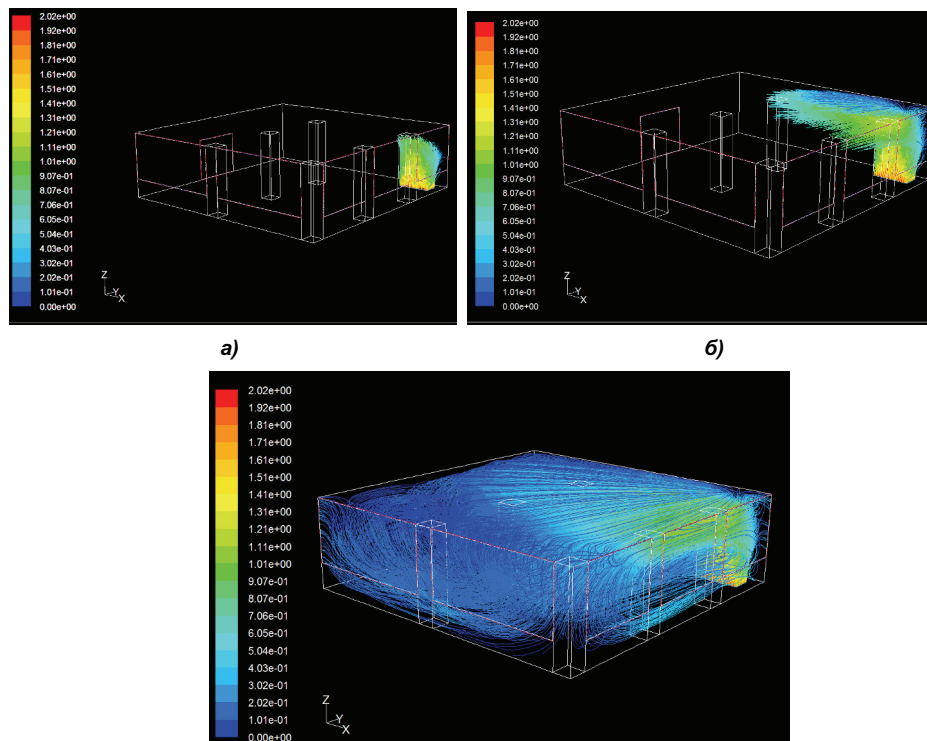
съответните уравнения, които ще се решават с цел да се получи разпределение на исканите параметри. Избран е $k-\varepsilon$ [1] модел на турбулентност за пресмятането на турбулентните характеристики на потока. Преноса на топлина е решен с въвеждането на енергийното уравнение. Симулацията на процесите е реализирана посредством комерсиален софтуерен продукт CFD [2]. След приблизително 360 итерации съгласно предварително зададените критерии решението е достигнато.

РЕЗУЛТАТИ ОТ ЧИСЛЕНОТО РЕШЕНИЕ

На фигурите по-долу са представени някои по-важни резултати от числената симулацията.

На фигурите по-долу са представени някои по-важни резултати от числената симулацията.

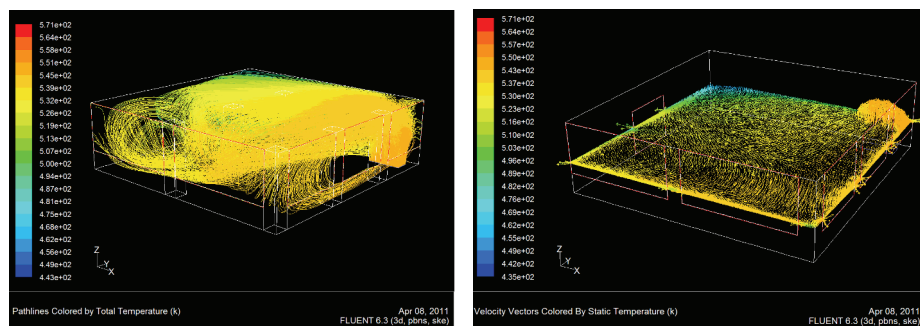
На фиг. 2 а – в е представено разпределението на скоростното поле (m/s) на дима за различен период от време. От фигурите е видно, че в първоначалния момент от време димът се издига перпендикулярно нагоре (фиг. 3а), след което по тавана достига до срещуположния край на помещението (фиг. 3б), след което започва да заема целия обем към врата (3в).



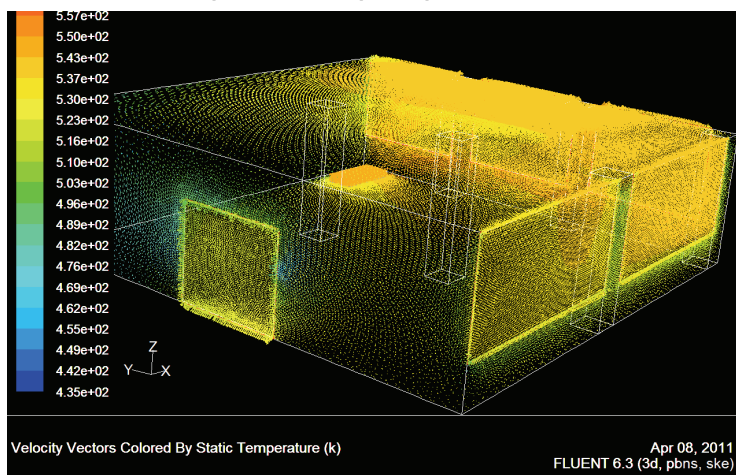
Фиг.2 Разпределение на скоростното поле на димните газове в различни

Разпределението на температурата, чрез векторно изображение за различни сечения на помещението е представена на фиг. 3 а и б. От фигурите ясно личи, че зоните с най-висока температура са в близост до горящият обект. Като най-хладна зона се очертава тази в близост до северната стена срещу горящият обект.моменти от време.

На фиг. 4 е показано разпределението на температурното поле в цялото помещение при напълно развит пожар (цялостно разпределение на дима в помещението). Ясно си личат зони с по-високи температури, които трябва да се избягват при евентуална евакуация на хора от помещението. Разпределението на дима в помещението е в момент приблизително 40 мин след стартиране на пожара.



а) б)
Фиг.3 Разпределение на температурното поле в помещението и векторно изобразение за характерно сечение

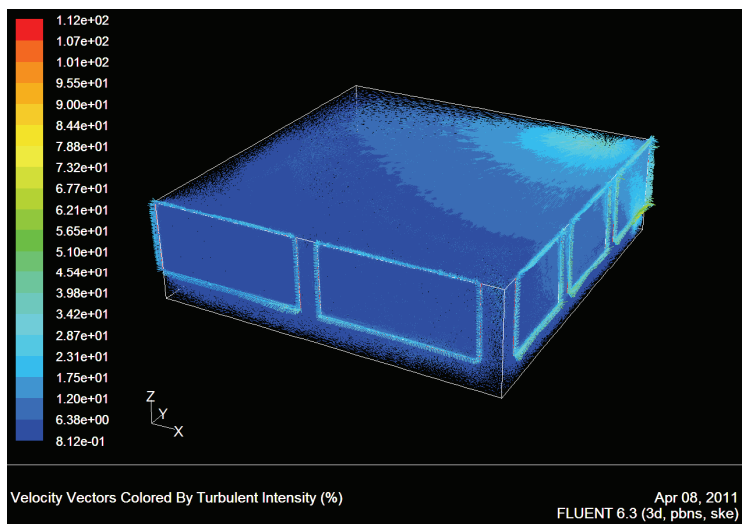


Фиг.4 Температурно разпределение в целия обем на помещението

Разпределението на турбулентната интензивност е показано на фиг. 5. От фигурата е видно, че в близост до горящият източник (генератора на дим и вредности) скоростта е най-висока, а от там и турбулентната интензивност. Освен това подобно явление се наблюдава и през фугите на прозорците и вратата. Като цяло с отдалечаване от източника турбулентната интензивност затихва, като за най-отдалечения край може да се приеме за приблизително равна на нула. Интензивността също е и показател за степента на пренос на количество вещество (маса), респ. енергия. По нейното разпределение може да се сочи за посоката на протичащите процеси.

По този начин се добива една ясна представа за разпределението на основните параметри на дима (скорост, температура и турбулентна интензивност),

които задължително трябва да се вземат под внимание при проектиране на съоръженията за пожаробезопасност.



Фиг.5 Векторно изображение на турбулентната интензивност

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работата е реализирано числено решение на разпространението на дим и вредности в помещение, генерирани от горящ източник. Построен е геометричен модел на помещението. Дефинирани са началните и гранични условия на задачата. Математическият модел е съгласно основните преносни уравнения – съхранение на масата, количеството на движение и енергията. За затваряне на системата е използван $k-\varepsilon$ модел на турбулентност.

Симулацията е реализирана със специализиран CFD продукт. Представени са резултати от численото решение, показващи разпределението на скоростните и температурни полета на дима и вредностите в помещението. Анализирани са критичните зони в помещението, като и стойностите на параметрите в тези зони.

Предстои въвеждането в модела на инсталация (димоотделителна или механична), проектирана съгласно резултатите от численото решение, имаща за цел да покаже реалното разпределение на дим и вредности при работа на инсталацията.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Гинзбург В. Л., Какие проблемы физики и астрофизики представляются сейчас особенно важными и интересными, Успехи физических наук, 1999, т. 169, № 4
- [2] Fluent & Gambit tutorial, 2006г.

За контакти:

гл. ас д-р Ангел Терзиев, Технически университет – София Катедра “ХАД и ХМ”,
e-mail: aterziev@tu-sofia.bg

проф. д.т.н. Иван Антонов, Технически университет – София Катедра “ХАД и ХМ”,
e-mail: mfantonov@abv.bg

ас. д-р Росица Величкова, Технически университет – София Катедра “ХАД и ХМ”,
e-mail: rositsavelichkova@tu-sofia.bg

Докладът е рецензиран.