

Experimentálne skúmanie procesu horenia a následná počítačová simulácia požiaru osobných motorových vozidiel si vyžaduje viacero úkonov, ktoré s tým súvisia, napríklad výber, zabezpečenie a príprava vozidiel na vykonanie takého experimentu. V roku 2009 sme 6 vozidiel podrobili skúškam horenia a merania fyzikálnych veličín pri horení.

Samotný výber a zabezpečenie vozidiel predstavoval náročnú úlohu pre riešiteľov. Pre reálnosť výsledkov bolo potrebné vybrať vozidlá, ktoré sú v čo najmenej porušenom stave a schopné jazdy. Ďalšou podmienkou bol vek vozidiel. Výber sa sústredil na automobily, ktoré v súčasnosti jazdia na cestných komunikáciách. Vybrané a k experimentom dostupné boli tieto vozidlá:

- Audi 80 Quatro,
- Kia CEED 1,6 benzín
- Ford Escort 1,6
- Renault 19 Chamade
- Kia CEED diesel
- BMW 318i .

Experimenty boli vykonané v priestoroch Strednej školy požiarnej ochrany MV SR v Považskom Chlmci a VVUÚ, a. s., pokusná štôľňa Štramberk (Česká republika). Po preprave vozidiel do priestorov konania experimentu boli odmerané presné vonkajšie a potrebné vnútorné rozmery vozidiel 3D skenerom FARO. Presné zistenie rozmerov bolo nevyhnutné pre modelovanie požiaru na výpočtovej technike. Realizácia samotných skúšok prebiehala v 4 časových etapách.

Experiment č. 1 s vozidlom AUDI 80 Quatro bol vykonaný dňa 09. 06. 2009. Hlavným cieľom, okrem namerania sledovaných veličín, bolo prakticky overiť metodiku skúšky a samotného merania a rozmiestnenia meracích zariadení.

Experiment č. 2 s vozidlom Kia CEED 1,6 benzín bol realizovaný dňa 22. 10. 2009. Počas experimentu boli vykonané tri skúšky horenia a to s iniciáciou požiaru v motorovom priestore, vnútornom priestore v mieste rádia (stredový panel vozidla) a na prednom sedadle spolujazdca. Pred experimentom bola upravená metodika skúšky na základe poznatkov z prvého experimentu.

Experiment č. 3 prebiehal v priestoroch VVUÚ, a. s. v dňoch 26. a 27. 10. 2009 a bol doposiaľ najnáročnejší na financie a samotnú realizáciu. Experiment prebiehal v skúšobnej štôľni firmy VVÚU, a. s. v Štramberku, kde sa simuloval uzatvorený priestor podzemných garáží. Pred vykonaním experimentu bola opäť vytvorená metodika. Experiment prebiehal v dvoch skúškach a boli použité dve vedľa seba stojace vozidlá vo vzdialenosti cca 50 cm (simulácia parkovania). Ako vozidlá riešitelia použili vozidlo Ford a Renault. Prvá skúška bola zameraná na preskok požiaru, pri iniciácii v motorovom priestore, z jedného vozidla na druhé. Po 26 minútach bol požiar uhasený z dôvodu klesania teplôt na termočlánkoch susedného vozidla a po otočení jedného z vozidiel sa vykonala druhá obdobná skúška, pričom boli vozidlá vystavené účinkom požiaru až do úplného vyhorenia. Tento experiment nebol pôvodne plánovaný v rámci tohto APVV projektu. Jeho realizácia bola možná vďaka ústretovosti vedenia VVÚU, a. s. a nadviazaniu neformálnej spolupráce s touto firmou.. Má však veľký význam, nakoľko predstavuje isté priblíženie možných podmienok v prípade horenia vozidla (vozidiel) v cestnom tuneli.

Experiment č. 4 bol dňa 19. 11. 2009 na dvoch vozidlách. Experiment bol zameraný na simuláciu požiaru idúceho osobného automobilu na voľnom priestranstve, jeho následného odstavenia a preskoku požiaru na vedľajší automobil. Simulácia náporu vzduchu (simulácia jazdy) bola vykonaná pomocou ventilátora. Horenie bolo realizované v troch samostatných

pokusoch s cieľom sledovania a merania veličín pri preskoku požiaru z jedného vozidla na druhé na otvorenom priestore.

O každom experimente bol vykonaný podrobný zápis spolu s popisom metodiky, podľa ktorého experiment prebiehal. Všetky experimenty boli vykonané podľa oponovaných metodík a výsledky sú uvedené v jednotlivých správach z merania.

Pri výkone experimentálnych skúšok boli merané tieto veličiny:

- teplota – meraná na viacerých bodoch v priestore a okolí vozidla pomocou termočlánkov (bodové meranie teploty),
- teplota – merná termokamerou (plošné meranie teploty),
- rýchlosť prúdenia vzduchu,
- teplota okolia – počiatočná teplota okolia,
- vlhkosť vzduchu.

Ako ukážku z priebehu experimentov prikladáme niekoľko fotografií.

V súlade s harmonogramom riešenia projektu boli pre počítačovú simuláciu navrhnuté rôzne scenáre horenia, ako pre výskumné účely tak aj pre porovnanie sériového a paralelného výpočtu. Sériový výpočet prebiehal na počítači so štvorjadrovým procesorom Intel Q9550 s frekvenciou 2.83 GHz, 8GB RAM a pevným diskom WD s kapacitou 1TB. Paralelný výpočet prebiehal na počítači Woodcrest Cluster. Tento paralelný výpočtový systém pozostáva z 217 výpočtových uzlov, z ktorých každý obsahuje dva čipy Xenon 5160 Woodcrest, t. j. 4 jadrá organizované vo forme 2 duálnych jadier. Jadrá pracujú na frekvencii 3.0 GHz. Každé duálne jadro obsahuje zdieľanú Level 2 Cache pamäť o veľkosti 4 MB, ďalej 8 GB pamäti RAM a 160 GB pamäti vo forme lokálneho disku. Výpočtové uzly sú prepojené sieťou Infiniband s rýchlosťou prenosu 10 Gbit/s na jednu linku v danom smere.

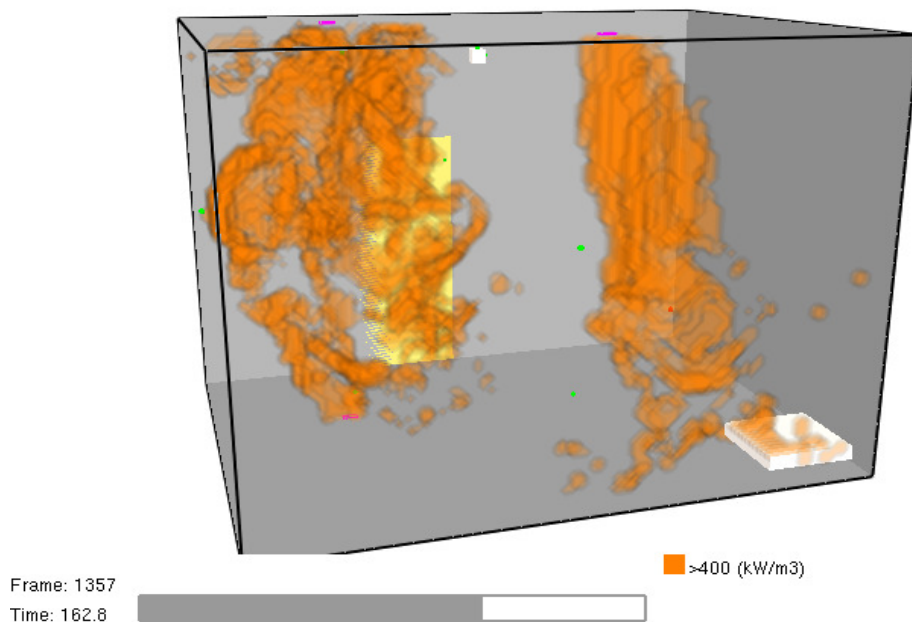
Všetky experimenty, ktoré boli simulované na sériovom počítači, boli simulované aj na paralelnom počítači, čo nám umožnilo porovnať presnosť paralelného výpočtu vzhľadom na sériový výpočet, ktorý považujeme za referenčný. Jednotlivé paralelné simulácie toho istého požiaru sa líšia počtom použitých procesorov a tým aj počtom (a tvarom) podoblastí (mriežok), na ktoré je pri paralelnom výpočte celá oblasť rozdelená. Každý variant paralelizácie môže viesť k iným hraničným podmienkam na hraniciach mriežok, a tým aj k iným veľkostiam časových krokov pri riešení parciálnych diferenciálnych rovníc. Preto sa dá očakávať, že v prípade rôznych variantov paralelnej simulácie toho istého požiaru sa výsledky simulácie (napr. priebeh teploty, tlaku alebo rýchlosti prúdenia v danom mieste) budú líšiť. Taktiež sa dá predpokladať, že rozdiely budú aj pri porovnaní ľubovoľného paralelného variantu so sériovým výpočtom.

Hlavným cieľom tohto porovnávania je vyhodnotiť hore spomenuté rozdiely pre simulácie požiarov v geometricky jednoduchých podmienkach. Za týmto účelom sme zvolili pulzné a plošné horenie v jednoduchej miestnosti. Súčasťou simulácie je inštalácia snímačov teploty a rýchlosti prúdenia vo zvolených miestach. Po ukončení simulácie sú k dispozícii časové rady týchto veličín a ich porovnanie medzi rôznymi variantmi paralelnej implementácie, ako aj medzi paralelnou a sériovou implementáciou simulácie toho istého požiaru, čo poskytuje základné údaje o dôveryhodnosti.

Ďalšou veľmi podstatnou informáciou je porovnanie celkového času výpočtu v sériovom prípade a v prípade paralelnej implementácie s variabilným počtom procesorov. S rastúcim počtom procesorov by mal celkový čas výpočtu klesať, aj keď nie presne lineárne. Výsledky tohto druhu sme získali predovšetkým v prípade pulzného horenia, kedy sme použili 8, 16 a 32 procesorov vždy pre tri varianty rozdelenia výpočtovej oblasti. Detailné výsledky

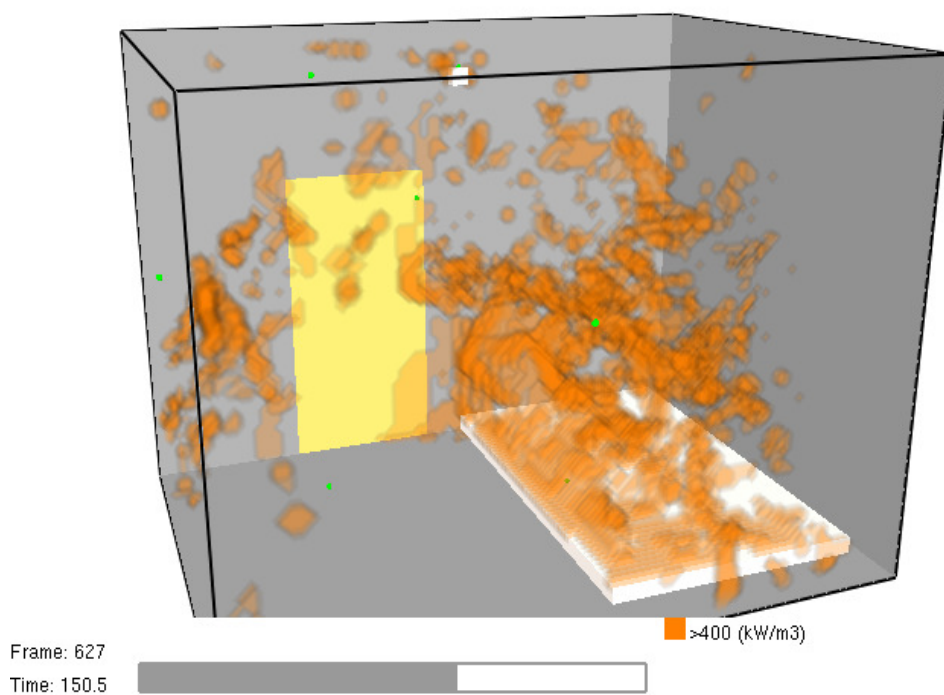
porovnávania času výpočtu pre jednotlivé počty procesorov, ako aj priebeh teplôt v definovanom bode priestoru sú uvedené v prílohe správy projektu. Záver tohto porovnania je však optimistický a taktiež zrýchlenie s rastúcim počtom procesorov je uspokojujúce.

Smokeyview 5.4.3 - Sep 1 2009



Obr.1 Pulzné horenie po otvorení dverí

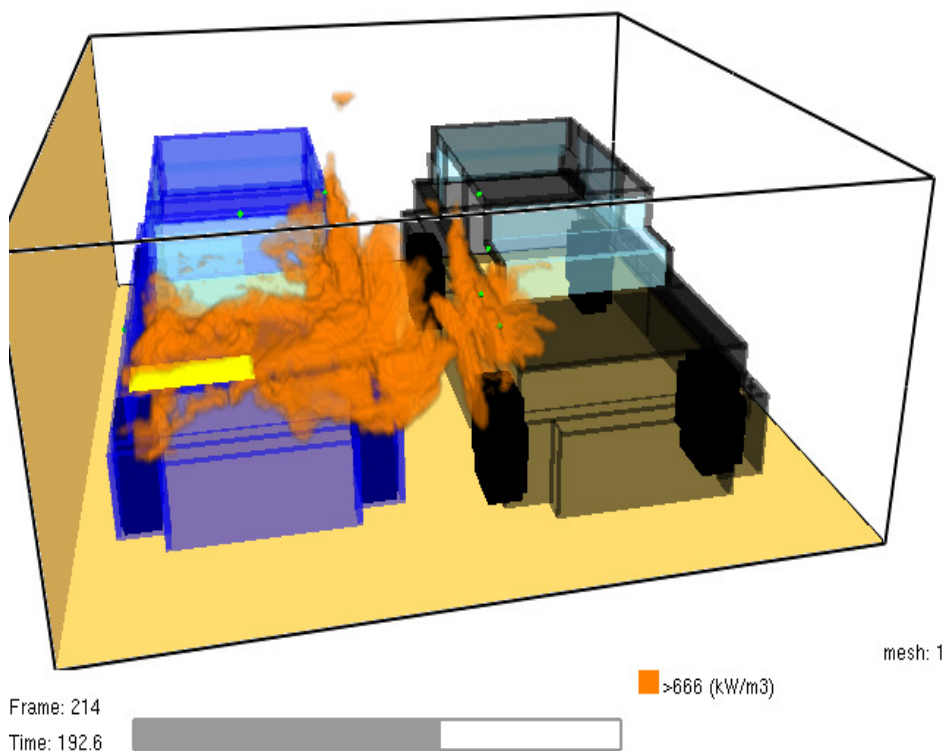
Smokeyview 5.4.3 - Sep 1 2009



Obr. 2 Plošné horene

Technicky ale aj výpočtovo omnoho náročnejšou úlohou bolo simulovať priebeh požiaru motorového priestoru alebo preskok požiaru na vozidlo stojace vedľa horiaceho vozidla. Aj simulácie tohto druhu riešiteľský kolektív úspešne zvládol, o čom svedčí Obr. 3. Niektoré kontinuálne ukážky (avi súbory) nami vytvorených počítačových simulácii možných požiarov pre lepšiu názornosť prikkladáme.

Smokeview 5.4.3 - Sep 1 2009



Obr.3 Preskok požiaru na vedľa stojace vozidlo