

Raport końcowy z symulacji CFD – jakie dane powinien zawierać?

1. Wstęp.

Raport końcowy z wykonanej symulacji CFD jest dokumentem zawierającym nie tylko wyniki końcowe oraz płynące z nich wnioski, ale również wszelkie warunki brzegowe będące podstawą przeprowadzonych obliczeń. Te ostatnie są równie ważne, jak pierwsze, a ich wyczerpujące przedstawienie wpływa na wiarygodność całego opracowania. W nowym numerze newslettera prezentujemy, jak powinien wyglądać kompletny raport końcowy z symulacji CFD, uwzględniając sposoby przedstawienia wyników oraz warunków brzegowych.

2. Cel symulacji.

We wstępie raportu powinien zostać zawarty jasno określony cel przeprowadzanej symulacji. Podstawowe z nich to:

- Weryfikacja warunków panujących na drogach ewakuacyjnych w czasie pożaru.
- Weryfikacja warunków w czasie akcji gaśniczej.
- Badanie wymaganej klasy odporności ogniowej wentylatora oddymiającego.
- Określenie wpływu pożaru na konstrukcję obiektu.
- Potwierdzenie słuszności zastosowania rozwiązań zamiennych w zakresie oddymiania.

Przy określeniu celu symulacji, należy pamiętać, aby określić warunki krytyczne dla przeprowadzonej symulacji, zazwyczaj są to:

- przewidywalny zasięg widzialności znaków ewakuacyjnych fluorescencyjnych większy niż 10 m.
- przewidywana temperatura w strefie przebywania ludzi (1,8m) nie przekraczająca 60° C
- przewidywana temperatura 100° C dla bezpieczeństwa ekip ratowniczych.

3. Informacje na temat programu wykorzystanego do obliczeń.

W dalszej kolejności należy zamieścić informację na temat rodzaju programu, wersji, metody obliczeń, oraz dokumentów walidacji jakie posiada. Poniżej przykładowa notatka na temat programu FDS:

„Symulacja została wykonana przy wykorzystaniu programu *Fire Dynamics Simulator* wersja 5.4, który jest narzędziem opracowanym przez amerykański instytut naukowo-badawczy **NIST** (*National Institute of Standards and Technology*). Aplikacja wykorzystuje metody obliczeniowe numerycznej mechaniki płynów **CFD** i bazuje na równaniach różniczkowych Naviera-Stokesa. **FDS** jest narzędziem przeznaczonym do szczegółowej analizy zagrożeń pożarowych i rozwiązywania problemów związanych inżynierią bezpieczeństwa pożarowego. Tym samym zapewnia możliwość poznania dynamiki zjawiska pożaru oraz zachodzących tam procesów spalania. Program ten, w zakresie zagadnień związanych z bezpieczeństwem pożarowym, można stosować do modelowania transportu ciepła i produktów spalania powstałych na skutek pożaru, wymiany ciepła poprzez promieniowanie i konwekcję, pirolizy, rozprzestrzeniania się płomieni oraz rozwoju pożaru, aktywacji tryskaczy oraz czujek dymu i ciepła. Program **FDS** wykorzystuje technikę **LES** oraz bezpośrednią symulację numeryczną (**DNS**). Model **LES** uwzględnia wiry o wielkości porównywalnej z wielkością komórek siatki. Metoda ta w ostatnich latach jest intensywnie rozwijana, ponieważ stanowi kompromis pomiędzy dokładnością odwzorowania dynamiki pożaru, a dostępnymi obecnie możliwościami obliczeniowymi. **DNS** traktuje turbulencję w sposób deterministyczny. Oprogramowanie posiada również program towarzyszący Smokeview który służy do wizualizowania symulacji. Ponadto, program posiada ogólnodostępne dokumenty walidacji i weryfikacji potwierdzające zgodność obliczeń z rzeczywistością.”

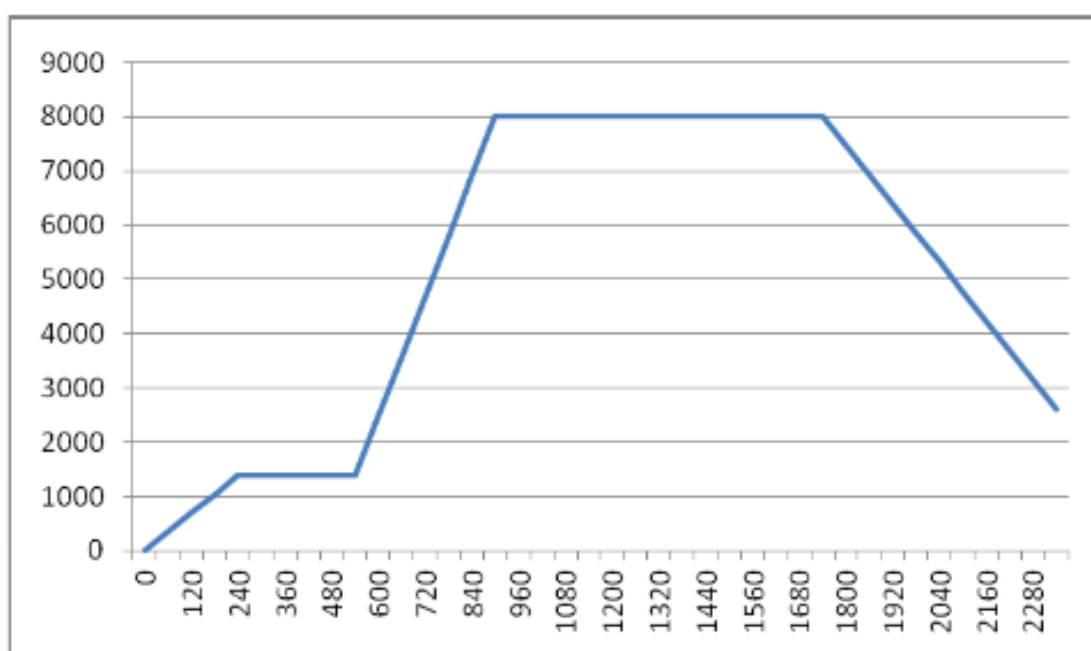
W dalszej kolejności określamy parametry symulatora:

- metodę obliczeń: **LES** (*Large Eddy Simulation*) lub **DNS** (*Dirrecional Navier Stokes*),
- zastosowaną siatkę obliczeniową: wielkość pojedynczej komórki, ilość sieci, ilość komórek, uwzględnione zagęszczenia,
- model promieniowania: przyjęty ułamek procentowy ciepła oddawanego na drodze promieniowania – najczęściej 0,3 lub 0,35,
- model spalania – przyjęte założenia i uproszczenia tzn.: wykorzystanie modelu *Mixture fraction*, który zakłada całkowite spalania paliwa (węglowodoru) oraz idealne mieszanie z powietrzem,
- czas prowadzenia symulacji oraz przyjęty krok czasowy (najczęściej ustalany automatycznie).

4. Przyjęte warunki brzegowe.

Należy szczegółowo określić parametry wsadowe przyjęte w symulacji. To na ich podstawie wykonywane będą obliczenia numeryczne. Obligatoryjnie musimy podać informacje, takie jak:

- a) Moc pożaru – należy tutaj przedstawić krzywą rozwoju pożaru. Dla garaży podziemnych podajemy przebieg wybranej krzywej zależności mocy pożaru od czasu, natomiast dla innych obiektów korzystamy najczęściej z prawa T2 podając: całkowitą moc pożaru, powierzchnię pożaru, przyjęty współczynnik wzrostu mocy pożaru oraz czas rozwoju.
- b) Przykładowa krzywa zależności mocy od czasu dla garażu podziemnego zgodnie z standardem Belgijskim NBN S 21-208-2:2006.



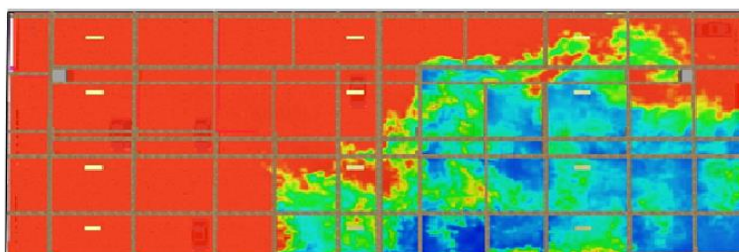
- c) Przyjęty rodzaj paliwa oraz wartość współczynnika wytwarzania dymu - to bardzo istotne parametry mające wpływ na rozkład widoczności w obiekcie. Należy zachować szczególną ostrożność przy doborze tych parametrów. Ich przeszacowanie lub co gorsza - niedoszacowanie prowadzi do znacznych przekłamań wyników. Wyboru rodzaju paliwa dokonuje się na podstawie informacji na temat dominującego materiału palnego, występującego w danym obiekcie (w wersji FDS 6 będzie możliwość wyboru kilku rodzajów paliwa jednocześnie). Współczynnik wytwarzania dymu przyjmuje się o dane tabelaryczne, określające wartość współczynnika dla różnych materiałów palnych. W poniższej tabeli przedstawiono przybliżone wartości współczynnika wytwarzania sadzy w zależności od rodzaju obiektu:

Rodzaj obiektu	Współczynnik wytwarzania sadzy (Y_s)
Garaż podziemny	0,1-0,11
Mieszkania, biura, hotele	0,05-0,07
Hale składowe drewno	0,015
Biblioteki, hale składowe papier	0,01
Sklepy z ubraniami	0,025

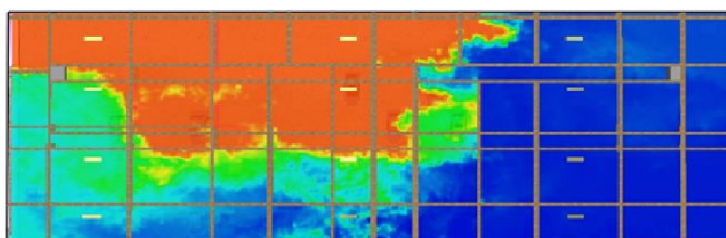
- d) Ciepło spalania – średnie ciepło spalania materiałów występujących w obiekcie.
- e) Skład przegród budowlanych (gęstość materiału, ciepło właściwe, współczynnik przewodzenia ciepła, emisyjność).
- f) Przyjęte warunki atmosferyczne (prędkości i kierunek wiatru, temperatura, wilgotność).

5. Wyniki symulacji.

Wyniki obliczeń zasadniczo przedstawiane są, jako płaszczyzny wynikowe oraz wykresy. Należy zamieścić zrzuty ekranowe płaszczyzn wynikowych temperatury i widoczności w najważniejszych punktach symulacji (najczęściej jest to czas zakończenia ewakuacji).



moment zakończenia ewakuacji



moment rozpoczęcia akcji gaśniczej

Wykresy, to również często stosowane narzędzie do prezentacji wyników. Najczęściej są to wykresy przedstawiające:

- temperaturę oraz widoczność w punkcie bądź obszarze,
- moment aktywacji urządzeń ppoż.,
- przepływ przez otwarte drzwi bądź klapy dymowe,
- temperaturę przegrody.

6. Podsumowanie.

W podsumowaniu należy ustalić czy wymagane wartości parametrów w danym obiekcie są spełnione i czy nie ma zagrożenia dla jego użytkowników. Warto oprzeć się o najbardziej prawdopodobny przebieg ewakuacji. Załącznikiem do raportu często bywa również wydruk z programu Pathfinder w celu zobrazowania przebiegu i wyznaczenia czasu ewakuacji. Dobrze opracowany raport jest tak samo ważny, jak sama symulacja. Ważne, aby zawrzeć w nim wszelkie informacje na temat warunków brzegowych oraz przejrzyste opracowanie wyników, tak by osoba go sprawdzająca nie miała wątpliwości co do poprawności wykonania symulacji.

mgr inż. Wojciech Nocula

W następnym odcinku:

Pożary eksperymentalne w FDS – przewidywanie mocy pożaru w oparciu o reakcję pirolizy.