

# Moc pożaru jako najważniejszy parametr wejściowy dla symulacji CFD

---

## Wstęp

Całkowita moc pożaru (HRR) to najważniejszy parametr wejściowy określany podczas modelowania symulacji pożaru i oddymiania. Jego wartość w bardzo dużym stopniu decyduje o tym, jakie wyniki końcowe uzyskamy. Nawet najdokładniej odwzorowany model symulacyjny będzie właściwie bezużyteczny, jeśli moc pożaru zostanie dobrana przypadkowo, bez zgodności z żadną normą czy wytycznymi. W lipcowym newsletterze przedstawimy kilka zasad, którymi należy się kierować przy określaniu całkowitej mocy pożaru.

## 1. Prawo $T^2$

Podstawowym założeniem stosowanym przy modelowaniu symulacji pożaru i oddymiania jest prawo  $T^2$ . Mówimy tutaj o sytuacji, gdy moc pożaru jest zakładana „z góry”, a zadaniem programu jest weryfikacja skuteczności oddymiania przy najbardziej niekorzystnej wartości mocy pożaru. Prawo  $T^2$  zakłada, że pożar rozwija się zgodnie z funkcją kwadratową, aż do momentu uzyskania pełnej mocy. Po tym czasie zakłada się stały przebieg krzywej mocy pożaru. Prawo to opisane jest wzorem:

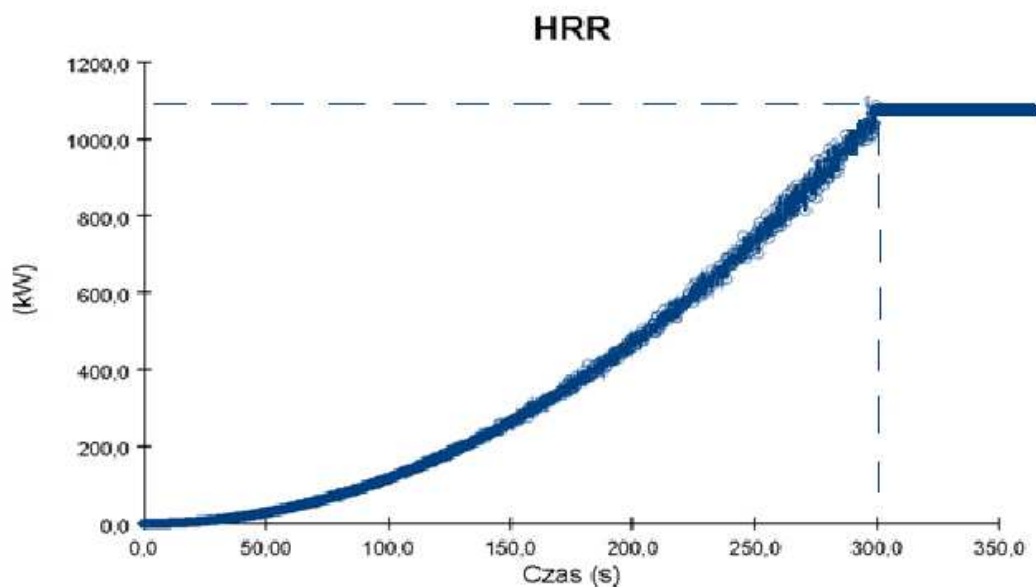
$$Q = \gamma \cdot T^2$$

gdzie:

- $\gamma$  – współczynnik szybkości rozwoju pożaru
- $Q$  – moc pożaru
- $T$  – czas do osiągnięcia pełnej mocy pożaru od momentu inicjacji

Prawo to ma swoje uzasadnienie w przypadku obiektów dla których nie możemy jednoznacznie określić przebiegu krzywej rozwoju pożaru na podstawie badań eksperymentalnych (jak ma się to w przypadku garaży podziemnych czy tuneli.) Z powyższego wzoru korzystamy więc w przypadku obiektów użyteczności publicznej, biur czy budynków mieszkalnych.

Przykładowy wykres zależności mocy pożaru od czasu przedstawia się następująco:



Rys.1. Moc pożaru – przykładowy wykres mocy

Aby poprawnie wymodelować rozwój pożaru w PyroSim należy zdefiniować jego podstawowe parametry:

- moc pożaru,
- krzywą wzrostu,
- powierzchnię pożaru.

W literaturze można znaleźć sporo informacji dotyczących przyjmowanych mocy pożaru. Poniżej przykładowe dane dotyczące jednostkowej mocy pożaru:

Rodzaj pomieszczenia	Gęstość mocy pożaru [kW/m <sup>2</sup> ]
Sklepy	550
Biura	290
Pokoje hotelowe	250
Obiekty przemysłowe	90-620
Galeria sztuki	250
Pomieszczenie magazynowe z niewielką ilością materiałów palnych	250
Pomieszczenie szpitalne w których przebywają chorzy	250
Salę lekcyjne	250
Lokale mieszkalne	250
Recepcje w hotelu	250
Centrum handlowe	500
Dworce kolejowe/autobusowe	250
Biblioteka	500
Kino/teatr	500
<b>Obiekty magazynowe:</b>	
Palety drewniane - wysokość składowania 0,46 m (6-12% wilg.)	1420
Palety drewniane - wysokość składowania 1,5 m	4000
Palety drewniane - wysokość składowania 3 m	6800
Palety drewniane - wysokość składowania 5 m	10200
Butelki PE składowane w kartonach - wys. składowania 4,5m	2000
Płyty poliuretanowe twarde - wysokość składowania 4,5 m	1900
Kubki PE w opakowaniach kartonowych - wys. skład. 4,5m	14200
Płyty ze spienionego polistyrenu- wysokość składowania 4,3m	3300
Zabawki pakowane w kartonach - wys. składowania 4,5m	2000
Papier pakowany w paczkach	400
Alkohol	740

Tab.1. Gęstość mocy pożaru w zależności od rodzaju pomieszczenia

Ustawienie parametrów powierzchni płonącej polega na wpisaniu odpowiedniej wartości jednostkowego wydzielania ciepła (HRR) w odpowiednim polu pamiętając, że wprowadzana moc odnosi się do powierzchni wenta. Alternatywnie można

wprowadzić wartość ilości spalanej masy, jednak ten parametr jest znacznie mniej popularny i trudniej go odnaleźć w literaturze. Następnym krokiem jest wyliczenie czasu, po jakim pożar przestanie się rozwijać. Posłuży nam tutaj wzór (1) który po przekształceniu umożliwi obliczenie czasu rozwoju pożaru.

$$T = \sqrt{\frac{Q}{r}}$$

Rys.2. Ustawienia powierzchni typu palnik

## 2. Charakterystyka pożaru

Istnieją cztery rodzaje krzywych rozwoju pożaru, które stosuje się w zależności od rodzaju obiektu oraz materiałów w nim składowanych. Do każdej z krzywych przypisany jest odpowiedni współczynnik rozwoju, który determinuje jak długo pożar będzie osiągał swoją maksymalną moc:

Krzywa wzrostu	Współczynnik rozwoju	K (czas do osiągnięcia mocy 1 MW)
Wolna	0,00293	600s
Średnia	0,01172	300s

Szybka	0,04660	150s
Bardzo szybka	0,18740	75s

Tab.2. Krzywe rozwoju pożaru

Rodzaj pomieszczenia	Charakterystyka rozwoju pożaru
Mieszkania	średni
Sale szpitalne	średni
Pokoje hotelowe	średni
Galerie obrazów	wolny
Biblioteki	Szybki
Biura	średni
Sale lekcyjne	średni
Centra handlowe	szybki
Kina, Teatry	szybki
Dworce autobusowe, kolejowe	wolny
Hale przemysłowe (ciecze palne, spienione tworzywa sztuczne)	bardzo szybki
Hale przemysłowe (tworzywa sztuczne, tkaniny)	szybki
Hale przemysłowe ( pudła kartonowe, palety drewniane)	średni

Tab.3. Charakterystyki pożarów w pomieszczeniach o różnym przeznaczeniu

### 3. Powierzchnia pożaru

Parametrem który sprawia największe trudności przy modelowaniu pożaru jest jego powierzchnia. W przypadku pomieszczeń wyposażonych w instalację tryskaczową parametr ten jest jasny i nie pozostawia tematu do dyskusji (dane poniżej).

Problem pojawia się w przypadku pomieszczeń niewyposażonych w instalacje gaśnicze. Norma BS sugeruje przyjęcie powierzchni pożaru równej powierzchni pomieszczenia. O ile w przypadku niewielkich pomieszczeń jest to uzasadnione, to w dla pomieszczeń o dużej powierzchni może oznaczać znaczne przeszacowanie mocy pożaru (problem ten w szczególności dotyczy takich pomieszczeń, jak duże pomieszczenia handlowe czy hale przemysłowe). Pewnym rozwiązaniem jest wtedy wyliczenie mocy pożaru z wzoru stosowanego dla prawa  $T^2$ . Mając do dyspozycji współczynnik rozwoju pożaru, a także

czas ewakuacji ludzi z obiektu można oszacować maksymalną moc pożaru. Należy przy tym zachować jednak szczególną ostrożność.

Zapełnienie	Powierzchnia pożaru [m <sup>2</sup> ]	Szybkość uwalniania ciepła na jednostkę powierzchni [kW/m <sup>2</sup> ]
<b>Powierzchnie handlowe</b>		
Tryskacze szybkiego reagowania	10	625
Tryskacze standardowego reagowania	5	625
Brak tryskaczy	Całe pomieszczenie	1200
<b>Powierzchnie biurowe</b>		
Tryskacze standardowego reagowania	16	225
Brak tryskaczy –pożar zależny od warstwy paliwa	47	255
Brak tryskaczy	Całe pomieszczenie	255
<b>Pokoje hotelowe</b>		
Tryskacze standardowego reagowania	2	250
Brak tryskaczy	Całe pomieszczenie	100

Tab.4. Powierzchnia pożaru i szybkość uwalniania ciepła na jednostkę powierzchni

## Podsumowanie

Poprawne opisanie zjawiska rozwoju pożaru to najbardziej wymagający etap symulacji CFD. Niedoszacowanie lub przeszacowanie parametrów wejściowych skutkować będzie brakiem wiarygodności wyników symulacji. Należy więc uważnie wprowadzać dane dotyczące opisu rozwoju pożaru, a po dokonaniu obliczeń, sprawdzić czy wykres HRR prezentowany przez FDS zgadza się z zakładanym wcześniej. Parametry dotyczące mocy

i rozwoju pożaru powinno się konsultować z rzeczoznawcami ds. zabezpieczeń przeciwpożarowych oraz osobami posiadającymi doświadczenie przy modelowaniu symulacji CFD.

mgr inż. Wojciech Nocula

W następnym numerze newslettera PyroSim omówiony zostanie temat:

**"Definiowanie parametrów rozwoju pożaru na podstawie badań eksperymentalnych - rzeczywiste krzywe rozwoju pożaru".**

Jeśli masz jakieś wątpliwości - skontaktuj się z nami! Z przyjemnością odpowiemy na wszelkie pytania:

Tel.: +48 783 337 250

E-mail: w.nocula@stigo.com.pl

#### **Bibliografia:**

1. Procedury Komendy Głównej Państwowej Straży Pożarnej, Warszawa 2008.
2. Norma: BS 7346-4\_2003.
3. Skrypt: „Modelowanie pożaru”, Dr. Inż. Mariusz Maślak.
4. Norma: NFPA 92B – Guide for Smoke Management Systems in Malls, Atria, and Large Areas, 2000.