

## **„POŻAR NATURALNY” I JEGO WPŁYW NA KONSTRUKCJE STALOWE**

Michał MATHEJA  
Politechnika Śląska, Gliwice

### **1. Wprowadzenie**

Dzięki coraz bardziej zaawansowanym metodom badań doświadczalnych oraz rozwojowi technik numerycznych mechanika konstrukcji pozwala z coraz większą precyzją przewidywać skutki działania obciążeń na konstrukcje. Warunkiem zgodnej z rzeczywistością oceny bezpieczeństwa układu pozostaje jednak nadal prawidłowe modelowanie postawionego zagadnienia. Szczególnie istotne jest w tym procesie właściwe ujęcie wszelkiego rodzaju obciążeń. Stosunkowo precyzyjnie opisać można wpływ tych czynników, które związane są z działaniem człowieka – obciążenia ciężarem własnym, technologiczne, czy komunikacyjne. Trudniejsze jest przewidzenie działania sił natury – wiatru i śniegu. Natomiast praktycznie niemożliwe jest dokładne ujęcie działania żywiołów – trzęsienia ziemi, powodzi, pożaru. Ten ostatni przypadek przeanalizowany zostanie w prezentowanym opracowaniu.

### **2. Modelowanie pożaru**

Z punktu widzenia fizyki budowli najważniejszym zadaniem jest opisanie narastania temperatury spalin, stanowiących bezpośrednie otoczenie konstrukcji objętej działaniem pożaru. Na rozwój temperatury wpływa szereg czynników – ilość i rodzaj materiału palnego, geometria i wentylacja pomieszczeń, czas rozpoczęcia akcji gaśniczej, warunki atmosferyczne i wiele innych. Nawet w badaniach laboratoryjnych w kolejnych eksperymentach przeprowadzanych w teoretycznie identycznych warunkach brzegowych i początkowych uzyskiwane są zróżnicowane wyniki [1]. Precyzyjne przewidzenie przebiegu pożaru jest zatem niemożliwe, zależy on bowiem także od nieuchwytnych czynników.

W ostatnich dekadach XX wieku w analizach oddziaływania pożarów na konstrukcje dominował opis rozwoju temperatury przy pomocy jednej, wspólnej dla niemal wszystkich pożarów tzw. „krzywej logarytmicznej” [2]. Podejście takie jest niewątpliwie korzystne w przypadku przeprowadzania badań laboratoryjnych, stwarza bowiem możliwość porównania uzyskanych wyników. Jest ono jednak krytykowane z dwóch powodów. Zależność ta zakłada ciągły wzrost temperatury, co oznaczałoby, że ilość materiału palnego nie maleje. Trudno jest także obronić założenie, że jedynym czynnikiem w istotny sposób wpływającym na wysokość temperatury jest czas.

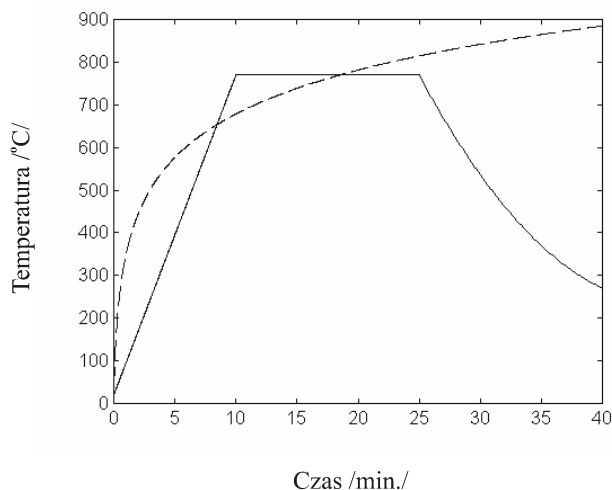
W dobie rozwoju technik numerycznych pojawiło się całkowicie odmienne podejście. Istnieje możliwość korzystania z programów, w których modeluje się bardzo szczegółowo projektowane obiekty. Takie ujęcie problemu jest czasochłonne i w efekcie kosztowne, ponieważ uwzględnić należy wiele potencjalnych scenariuszy procesu – w zależności od lokalizacji źródła ognia, a nawet dnia tygodnia i godziny wybuchu pożaru. Przykładowo symulacje przeprowadzone podczas projektowania nowego terminala lotniska w Monachium pozwoliły na zoptymalizowanie lokalizacji instalacji przeciwpożarowych, ale także samej stalowej konstrukcji nośnej [3].

Podejście to jest niewątpliwie zasadne w przypadku budynków, w których ewentualny pożar mógłby pociągnąć za sobą szczególnie katastrofalne skutki, trudno jednak oczekiwać takiego stopnia szczegółowości analizy w każdym projektowanym, czy przebudowywanym obiekcie. Dlatego sensowne wydaje się wybranie takiego rozwiązania, które z jednej strony uwzględni będzie specyfikę danej budowli, z drugiej nie będzie wymagać nadmiernie drobiazgowych obliczeń.

Modelem pośrednim pomiędzy dwoma omówionymi skrajnymi podejściami jest model „pożaru naturalnego”[4]. W nawiązaniu do wyników badań ogniowych przeprowadzanych w odpowiednich komorach w modelu tym wyróżnia się 3 fazy:

- fazę początkową – gwałtowne, niemal liniowe narastanie temperatury,
- fazę pożaru rozwiniętego – temperatura stała lub zmieniająca się w niewielkim zakresie,
- fazę wygaszania – stopniowe, nieliniowe obniżanie temperatury.

Wielkościami, które wymagają sprecyzowania w tak sformułowanej aproksymacji są: czas trwania poszczególnych faz, temperatura maksymalna zależna od najważniejszych czynników wpływających na proces oraz postać funkcji opisujących zmiany w trakcie pierwszego i ostatniego etapu.



Rys. 1 Porównanie przebiegu zależności czas – temperatura dla modelu „pożaru naturalnego” (wybrany przykład, linia ciągła) i krzywej logarytmicznej (linia przerywana)

Fig. 1 Comparison between time/temperature curve for “natural fire” model (example, solid line) to standard time/temperature curve (dashed line)

### 3. Modyfikacja modelu „pożaru naturalnego”

Porównanie przebiegu „pożaru naturalnego” z wynikami realnych badań stawia pytanie, na ile relatywnie niewielkie odchylenia od modelowego przebiegu zależności czas – temperatura wpływać mogą na ocenę stanu konstrukcji w czasie trwającego pożaru. Chaotyczny charakter zmian wyklucza możliwość sformułowania jednoznacznego modelu matematycznego. Pytanie o skutki wahań temperatury jest tym bardziej uzasadnione, że wraz ze wzrostem temperatury obniża się granica plastyczności. W rezultacie także w fazie teoretycznie stabilnej – fazie pożaru rozwiniętego – wahania temperatury mogą wywoływać efekty zbliżone do efektów działania obciążeń cyklicznych, czyli stopniowe narastanie odkształceń plastycznych i naprężeń resztkowych.

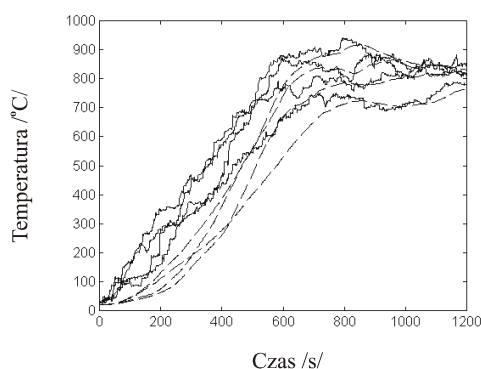
Trudno jest zatem mówić o jednoznacznej odpowiedzi konstrukcji na możliwe w danych warunkach obciążenia termiczne, poszukiwać należy raczej zakresu prawdopodobnych rozwiązań. Dlatego zasadna jest modyfikacja modelu „pożaru naturalnego” polegająca na takim losowym generowaniu przebiegu zmian temperatury, aby uchwycić jego nieliniowy charakter, a jednocześnie ograniczyć odchylenia od przyjętej dla danych warunków temperatury ekstremalnej do zakresu fizycznie uzasadnionego.

Takie podejście zbieżne jest z założeniami teorii chaosu, z których wynika między innymi, że przy skończonej liczbie symulacji uzyskać można zakres odpowiedzi prawidłowy także dla potencjalnych kolejnych scenariuszy rozwoju procesu [5].

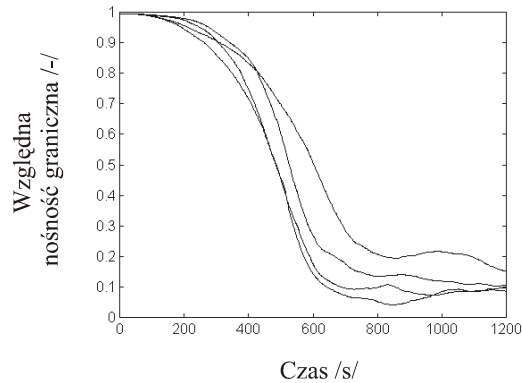
### 4. Wpływ pożaru na konstrukcje stalowe

Zmodyfikowany model „pożaru naturalnego” zastosować można do analizy szeregu zagadnień z zakresu mechaniki budowli. Na podstawie serii obliczeń oszacować można zakres możliwych odpowiedzi konstrukcji i wskazać przypadki najbardziej niebezpieczne.

Na wykresach przedstawiono przykład badania zmian nośności granicznej dla nieizolowanego przekroju cienkościennego (o stosunku obwodu do pola przekroju  $U/F=400 \text{ m}^{-1}$ ). W takiej sytuacji zakładać można równomierny rozkład temperatury w przekroju [6]. Dla czytelności obrazu serię obliczeń ograniczono do 4 przypadków.



Rys. 2 Porównanie temperatury spalin /linia ciągła/ i temperatury nieizolowanej konstrukcji /linia przerywana/ dla wybranych przykładów zmodyfikowanego „pożaru naturalnego”  
 Fig. 2 Comparison between combustion temperature (solid line) to non insulated structure (dashed line) for selected examples of modified “natural fire”



Rys. 3 Zmiana nośności granicznej konstrukcji w czasie pożaru dla wybranych przykładów zmodyfikowanego „pożaru naturalnego”

Fig. 3 Differences in load capacity during fire for selected numerical examples of modified “natural fire”

### Literatura

- [1] Barthelemy B., Kruppa J.: Ogniestojkość stroitielnych konstrukcij. Strojizdat, Moskwa, 1985.
- [2] Kosiorek M., Pogorzelski J., Laskowska Z., Pilich K.: Odporność ogniowa konstrukcji budowlanych. Arkady, W-wa 1988.
- [3] [http://www.g-t-d.de/02\\_leistungen/index3.php](http://www.g-t-d.de/02_leistungen/index3.php)
- [4] De Smet E.: FRAME. Handbook for the use of this Fire Risk Assessment Method for Engineering, Amsterdam, 1999.
- [5] Kudrewicz J.: Fraktale i chaos. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, 1992.
- [6] Matheja M.: Wpływ kształtu przekroju na czas utraty nośności w czasie pożaru. Sympozjum: Trwałość Materiałów i Konstrukcji Budowlanych. Kamień Śl., 2005

## „NATURAL FIRE” AND HIS INFLUENCE ON THE STEEL CONSTRUCTIONS

### Summary

Prior dominant model of fire expansion can be expressed by time/temperature curves. In this case monotonically growth of temperature depends only on time. In reality, maximum temperature during fire is a function of many factors – quantity and sort of combustible material, shape of closed space, kind of ventilation and the others that can be hardly described. This article deal with exploration of special model with random, bounded perturbations called by author as „natural fire”. This model refers to chaotic evolution of real fire. Presented results of numerical example show consequences of using this model.