

SYMPOZJON "MODELOWANIE W MECHANICE"

POLSKIE TOWARZYSTWO MECHANIKI TEORETYCZNEJ I STOSOWANEJ

Beskid Śląski, 1990

Władysław Komornicki

Instytut Energetyki i Urządzeń Hutniczych

Politechnika Śląska

OBLICZENIA PROMIENIOWANIA CIEPLNEGO W PŁOMIENIU

Streszczenie. Przedstawiono modyfikację modelu pasm szerokich, która pozwala na zastosowanie tego modelu w obliczeniach warstwy niejednorodnej, jaką jest płomień. Wyniki obliczeń porównano z wynikami uzyskanymi przy zastosowaniu modelu pasm wąskich oraz zweryfikowano z wynikami eksperymentalnymi dużego płomienia świecącego.

1. Wstęp

Istotnym elementem matematycznego modelu płomienia gazowego jest model promieniowania. Lokalne własności radiacyjne płomienia wykorzystywane w takim modelu mogą być wyznaczone eksperymentalnie [1] lub też metodą obliczeniową. W niniejszej pracy przedstawiono matematyczny model promieniowania płomienia w oparciu o obliczone własności radiacyjne płomienia, które wyznaczono na podstawie uzyskanych eksperymentalnie rozkładów temperatury, składników chemicznych i koncentracji sadzy.

Płomień jest obszarem, w którym mamy do czynienia z dużymi zmianami własności radiacyjnych, stąd należy go traktować jako warstwę niejednorodną. Badania eksperymentalne [1] wykazały, że własności radiacyjne płomienia mają charakter nieszary, dlatego stosowanie w obliczeniach promieniowania płomienia modelu gazu szarego może prowadzić do znacznych błędów.

Przeprowadzono obliczenia promieniowania płomienia za pomocą modelu pasm wąskich, pasm szerokich i modelu sum ważonych gazu szarego. W modelu pasm szerokich zaproponowano metodę wyznaczania absorpcyjności pasm. Modyfikacja ta zezwala na zastosowanie metody pasm szerokich do obliczeń warstw niejednorodnych.

2. Modele promieniowania gazów

Wykorzystano trzy modele promieniowania gazów, dwa modele spektralne:

- model pasm wąskich [2],
- model pasm szerokich [3]

oraz model sumy ważonej gazu szarego [4].

Model pasm wąskich pozwala wyznaczyć własności radiacyjnych gazu dla każdej linii spektralnej. W modelu tym liniowy współczynnik absorpcji spektralnej k uzależniony jest od dwóch parametrów: średniej intensywności linii spektralnej S oraz odległości między liniami spektralnymi d

$$k = \frac{(S/d)}{\left[1 + \frac{(S/d) \rho / \rho_0}{4 \gamma_L d} \right]^{1/2}} \quad (1)$$

Parametry te dla pary wodnej, dwutlenku węgla i tlenku węgla zostały eksperymentalnie wyznaczona i stabelaryzowana w zależności od liczby falowej i temperatury [5]. Podział całego spektrum na odcinki 2500 m^{-1} wymaga wyznaczenia parametrów modelu w około 350 obszarach. Model pasm szerokich ogranicza tę liczbę do ośmiu obszarów. W modelu tym dla określonego pasma wyznaczone są dwa parametry pasma τ_H i γ/d , na podstawie których obliczana jest ekwiwalentna szerokość pasma A oraz jego absorpcyjność a z zależności zaproponowanej przez Edwardsa [3]

$$a = 1 - (\tau_H / A) (dA / d\tau_H) \quad (2)$$

Równocześnie Edwards proponuje, aby wartość absorpcyjności wyznaczona w oparciu o równanie (2) nie była mniejsza od 0,1. Ekwiwalentna szerokość pasma wyznaczana jest z zadawalającą dokładnością, jednak wartość absorpcyjności pasma często odbiega od

ekwiwalentnej absorpcyjności obliczone na podstawie modelu pasm wąskich. W przypadku warstwy jednorodnej wartość absorpcyjności ma niewielki wpływ na wyniki obliczeń intensywności promieniowania, natomiast ma zasadnicze znaczenie w obliczeniach warstw niejednorodnych. Na rysunku 1 porównano wyniki obliczeń spektralnych za pomocą modelu pasm wąskich i modelu pasm szerokich z absorpcyjnością pasma wyznaczoną w oparciu o sugestię Edwardsa. Porównanie to wskazuje, że propozycja Edwardsa powoduje uzyskanie zbyt dużych wartości absorpcyjności pasm. Aby umożliwić zastosowanie modelu pasm szerokich do obliczeń warstw niejednorodnych zaproponowałem uzależnienie absorpcyjności poszczególnych pasm od drogi optycznej i temperatury w oparciu o wyniki uzyskane za pomocą modelu pasm wąskich.

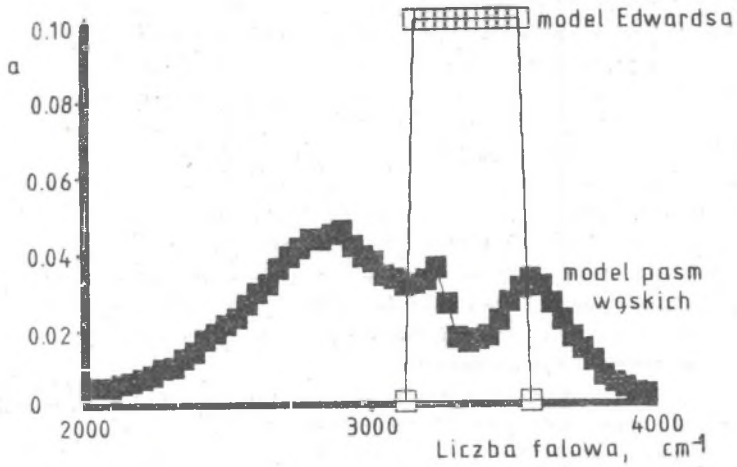
Model sumy ważonej gazu szarego nie wymaga obliczeń spektralnych, jednak jego współczynniki wyznaczone są tylko dla dwóch wartości stosunku udziałów pary wodnej i dwutlenku węgla w spalinach, dla płomieni gazowych stosunek ten przyjmuje się jako 2:1, a dla płomieni olejowych jako 1:1.

Porównanie wyników obliczeń różnymi modelami promieniowania gazów przedstawiono na rysunku 2. Wyniki obliczeń uzyskane za pomocą zmodyfikowanego modelu pasm szerokich pokrywają się z wynikami uzyskanymi dla modelu pasm wąskich.

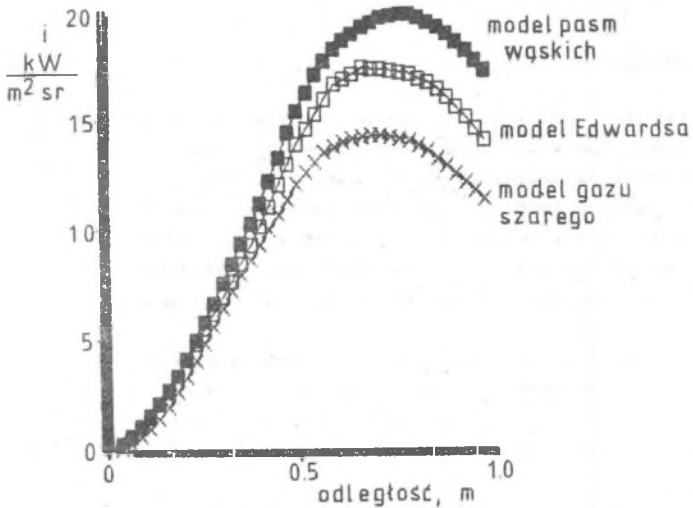
3. Wyniki obliczeń i wnioski

Zaproponowaną metodę obliczeń warstw niejednorodnych zweryfikowano z wynikami pomiarów dużego świecącego płomienia. Pomiary wykonano w komorze badawczej, w której zamontowano palnik przemysłowy opalany gazem ziemnym o mocy 750 kW. Intensywność promieniowania mierzono sondą wąskąkatną wyposażoną w pirometr całkowitego promieniowania. Porównanie wyników obliczeń i pomiarów rozkładu strumienia promieniowania w kolejnych przekrojach komory badawczej przedstawiono na rysunku 3.

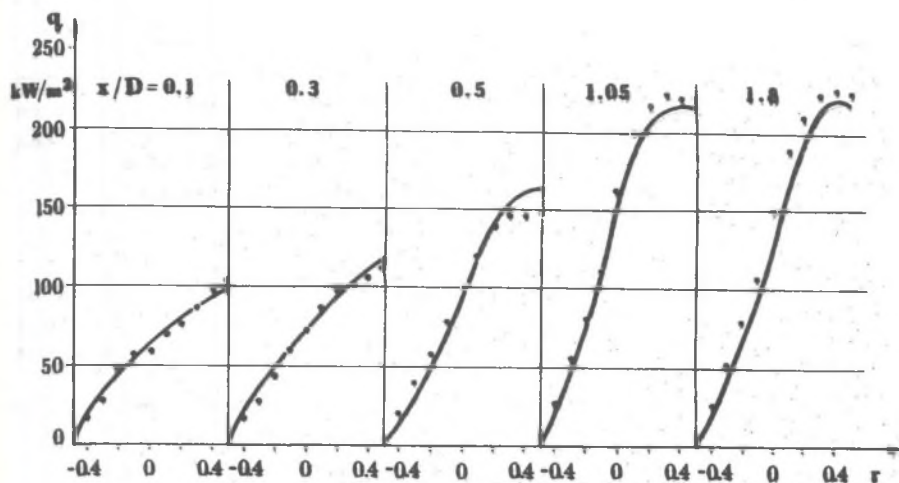
Zaproponowana modyfikacja modelu pasm szerokich umożliwia jego wykorzystanie w obliczeniach warstw niejednorodnych i płomieni. Pozwala to kilkakrotnie skrócić czas obliczeń w stosunku do modelu pasm wąskich, nie tracąc równocześnie na dokładności obliczeń.



Rys.1 Absorpcyjność pasma 2700nm pary wodnej



Rys.2 Wyniki obliczeń warstwy niejednorodnej



Rys. 3. Rozkład strumienia promieniowania.

LITERATURA

- [1] Sehardt Z., Tomeczek J.: The Emissivity of Natural Gas Diffusion Flames, *Gas Wärme Int.*, No 11, pp 329-451, 1982.
- [2] Goody R.M.: Atmospheric Radiation; Theoretical Basis, Clarendon Press, Oxford 1964.
- [3] Edwards D.K.: Molecular Gas Band Radiation, *Advance in Heat Transfer*, T.F. Irvine Jr, J.P. Hartnett (ed.), Vol. 12, pp. 115-193, Academic Press, New York 1976.
- [4] Hottel H.C., Sarofim A.F.: Radiative Heat Transfer, McGraw-Hill, New York 1967.
- [5] Ludwig C.B., Malkaus W., Reardon J.E., Thomson J.A.: Handbook of Infrared Radiation from Combustion Gases, Sp-3080, NASA 1973

РАСЧЕТ ТЕПЛОБМЕНА ИЗЛУЧЕНИЕМ В ШАКЕЛЕ**Резюме**

Представлено модификацию модели широкой полосы, которая позволяет применить этой модели в расчетах неоднородного слоя. Результаты решения проверено с результатами полученными на модели узкой полосы и с экспериментальными результатами полученными для большего счетлазшего факела.

RADIATIVE HEAT TRANSFER CALCULATIONS IN A FLAME**Summary**

The paper presents the modification of a wide-band model which allows to describe accurately the nonhomogeneous effects on radiative heat transfer in high temperature combustion gases. Comparison of the results of the developed modification with the narrow-band model and experimental verification for large luminous diffusion flames is presented.