ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1990

Seria: MECHANIKA z.103 Nr kol. 1112

Maciej Sobieszczański, Tomasz Knefel, Iwona Adamiec-Wójcik.

Politechnika Łódzka Filia w Bielsku-Białej

# MODELOWANIE PROCESU WTRYSKU PALIWA W UKŁADZIE PALIWOWYM Z POMPOWTRYSKIWACZEM

Streszczenie. W referacie przedstawiono podstawowe założenia modelu fizycznego i omówiono ważniejsze zależności modelu matematycznego pompowtryskiwacza. Opisano pakiet programów symulujących proces wtrysku.

## 1. WSTĘP

Celem modelu jest analityczna symulacja procesu wtrysku paliwa, w silniku o zapłonie samoczynnym, realizowanego w zespolonym układzie wtryskowym, zwanym pompowtryskiwaczem.
Jako wielkości wejściowe przyjęto geometryczne wymiary układu oraz zadane parametry pracy.

Opracowując model założono, że ma on umożliwiać liczbowe wyznaczenie: przebiegów ciśnienia, prędkości i wydatków paliwa w poszczególnych punktach pompowtryskiwacza, przebiegów wzniosu płytki sterującej i iglicy wtryskiwacza oraz wartości dawki paliwa przetłoczonej przez rozpylacz.

Przyjęto również, że model powinien działać w cyklu zamkniętym, to znaczy powinien umożliwiać przeprowadzenie obliczeń szeregu kolejnych procesów wtrysku.

Jako obiekt modelowania przyjęto pompowtryskiwacz typu GMC, z rozpylaczem zamkniętym, przedstawiony na rys. 1.

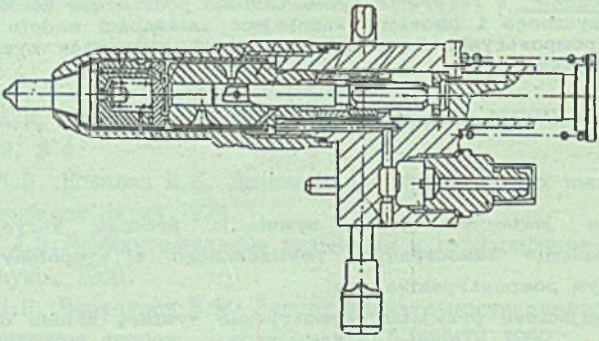
## 2. PODSTAWOWE ZAŁOŻENIA MODELU FIZYCZNEGO

Dążąc do możliwie dokładnego odwzorowania rzeczywistego procesu przyjęto następujące założenia szczegółowe:

- ciecz robocza (paliwo) jest cieczą ściśliwą, scharakteryzowaną modułem

sprężystości E. Moduł E, gęstość $\rho$, prędkość dźwięku a i lepkość kinematyczna $\nu$ są wielkościami zmiennymi i zależą od wartości ciśnienia i temperatury,

- w przestrzeniach pompy i wtryskiwacza zmiany ciśnienia wynikają z bilansu przepływu paliwa oraz geometrycznych zmian objętości przestrzeni,
- ruch płytki sterującej i iglicy wtryskiwacza są wynikiem działania sił bezwładności, ciśnienia paliwa, sztywności i wstępnego napięcia sprężyn oraz wiskotycznych oporów ruchu,
- ruch tłoka pompy hp wynika z wymuszającego działania krzywki paliwowej,
- powierzchnie przekrojów przepływu, z wyjątkiem stałych otworków rozpylających, są zmienne i wynikają z chwilowych położeń elementów mechanicznych.



Rys.1. Przekrój pompowtryskiwacza.
Fig.1. Section-cross of a unit injector

## 3. PODSTAWOWE ZALEŻNOŚCI MODELU MATEMATYCZNEGO

Zjawiska występujące w układzie opisano za pomocą układu równań różniczkowych zwyczajnych, nieliniowych. Układ ten można w skróconej postaci zapisać następująco:

$$\dot{X} = F(X, t) \tag{1}$$

gdzie: $X = [\, pp, pw, ps, hw, vw, hy, vy \,]^T$

pp,pw,ps, – ciśnienia odpowiednio w komorze pompy, wtryskiwacza i studzienki,

hw,vw – wznios i prędkość wzniosu iglicy,

hy,vy – wznios i prędkość płytki sterującej.

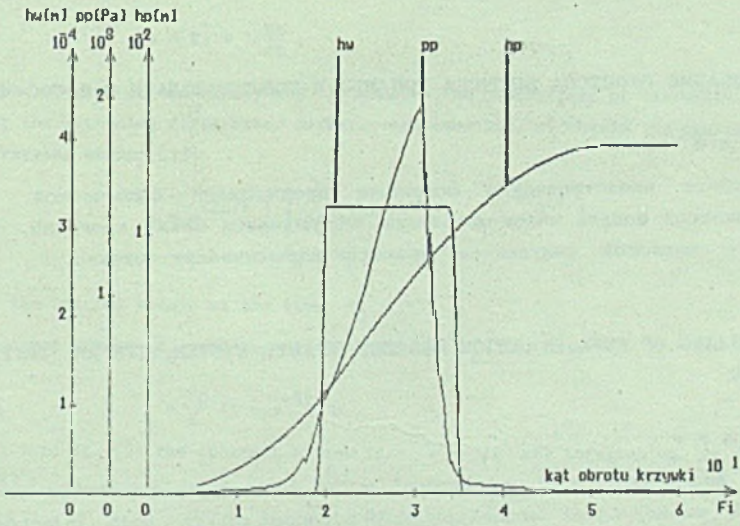
Istotną cechą równań (1) jest oprócz ich nieliniowości i zależności

niektórych współczynników od szukanych parametrów, również zmiana struktury tych równań. Przez zmianę struktury, rozumie się nie tylko zmianę wyrażeń określających współczynniki w równaniach, ale również i zmianę liczby równań. Z analizy warunków technicznych układu wtryskowego wynikają bowiem ograniczenia formułowane matematycznie. Wymagało to uzupełnienia procedury numerycznej całkującej układ (1) o warunki sterujące.

Do całkowania równań zastosowano metodę Rungego-Kutty czwartego rzędu. Wstępne obliczenia wykazały, że poszczególne równania wymagają różnej długości kroku całkowania. Aby uniknąć prowadzenia obliczeń z najmniejszym krokiem, zastosowano postępowanie ekstrapolacyjno - interpolacyjne, prowadzące do znacznego skrócenia czasu obliczeń.

## 4. PROGRAM NUMERYCZNY I WYNIKI OBLICZEŃ

Według modelu matematycznego opracowano pakiet programów na mikrokomputer IBM PC XT/AT w języku programowania Turbo Pascal 4.0. Pakiet składa się z programu przygotowania danych, programu obliczeniowego oraz dwóch programów graficznych umożliwiających graficzną obróbkę wyników. Program przygotowania danych umożliwia tworzenie nowych i aktualizowanie już istniejących zbiorów danych. Pozwala na zakładanie biblioteki zbiorów dyskowych, zawierającej dane dla różnych elementów pompowtryskiwaczy.




Rys.2. Przykładowe wyniki obliczeń

Fig.2. Some results of a calculation

Program obliczeniowy wykorzystuje zbiory danych przygotowane poprzednim programem. Wyniki zapisywane są w zbiorach dyskowych i mogą być wyświetlane na bieżąco na ekranie monitora.

Programy graficzne korzystają ze zbiorów wyników utworzonych przez program obliczeniowy. Jeden z nich umożliwia wykreślenie kilku wartości z jednego zbioru, natomiast drugi umożliwia porównanie jednej wielkości z kilku różnych zbiorów, co umożliwia przedstawienie na jednym wykresie porównania przebiegów uzyskanych dla zmiennych parametrów konstrukcyjnych bądź obliczeniowych.

Przykładowe wyniki obliczeń przedstawiono na rys.2.

## LITERATURA

[1]. El-Erian M.F., Wylie E.B., Bolt J.A.: Analysis and Control of Transient Flow in the Diesel Injection System: Part I,II - The Analytical Control Method. S.A.E., 1973, 730661.

[2]. Scullen R.S., Hames R.J.: Computer Simulation of the GM Unit Injector. S.A.E., 1978, 780161.

[3]. Sobieszczański M.:Matematyczny model procesu w silniku o zapłonie samoczynnym, w aspekcie energetycznej metody pomiaru dawki wtrysku. Zeszyty Naukowe Politechniki Łódzkiej Filii w Bielsku-Białej, 1988, nr 1, (praca habilitacyjna).

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВПРЫСКА ТОПЛИВА В ТОПЛИВОПОДАЧИ С НАСОС-ФОРСУНКОЙ

Р е з ю м е

В работе представляется основные предпосылки физической и математической модели насос-форсунки. Обсуждается пакет программ, связанных с числовой симуляцией процесса впрыскивания топлива.

## THE MODELLING OF FUEL INJECTION PROCESS IN FUEL SYSTEM WITH AN UNIT INJECTOR

S u m m a r y

Basic assummptions of a physical model have been presented and more important mathematical archetype dependences of an unit injector have been discussed in the paper. Software package simulating injection process has been described.