ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1991

Seria: TRANSPORT z.11 Nr kol. 995

Jerzy SZCZECIŃSKI
Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych
Warszawa - Wola
ul. Księcia Janusza

WPŁYW FAZ ROZRZĄDU NA NAPEŁNIANIE I SKŁAD MIESZANKI GAŹNIKOWEGO SILNIKA SPALINOWEGO

Streszczenie. W artykule przedstawiono wyniki obliczeń komputerowych wpływu położenia wałka rozrządu względem wału korbowego silnika na napełnienie cylindrów i skład wytwarzanej w gaźniku mieszanki w zakresie roboczych prędkości obrotowych silnika. Oceniono wpływ objętości układu dolotowego silnika na napełnienie i skład mieszanki. Program zbudowano na podstawie istniejących modeli przepływu powietrza przez układ dolotowy silnika, rozszerzając go o blok symulujący działanie gaźnika rzeczywistego. Badania numeryczne umożliwiały między innymi określenie wpływu zmian konstrukcyjnych na parametry przepływu czynnika roboczego i tworzenie mieszanki paliwowo-powietrznej.

1. Wprowadzenie

Analizy komputerowe pracy złożonych układów przepływowych oraz wynikające z ich działania praca innych układów mają na celu poznanie zjawisk towarzyszących przepływowi czynnika roboczego przez układ dolotowy silnika. Ponadto zamiarem ich jest zaoszczędzenie czasu i kosztów badań. W praktyce konstruktorskiej i badawczej pełniejsze wykorzystanie nowoczesnych metod obliczeniowych powoduje znaczną oszczędność kosztów badań, pozwalając na zawężanie koniecznych do weryfikacji eksperymentalnej wariantów konstrukcyjnych elementów silnika. Celem stawianym przez prowadzących tego typu prace nie jest jednak tylko i wyłącznie oszczędność czasu i kosztów wykonywanych badań, lecz przede wszystkim - dogłębne poznanie zjawisk zachodzących w rzeczywistym silniku, a następnie - optymalizacja procesów, zależna od ważności priorytetów (np. składu mieszanki λ lub stopnia napełnienia η_v). Program komputerowy, który wykorzystano do uzyskania wyników przedstwionych w niniejszym artykule oparto na ogólnie znanych i publikowanych programach opracowanych w Katedrze Silników Lotniczych Wojskowej Akademii Technicznej. Program ten poszerzono o część symulującą pracę gaźnika rzeczwistego (nazwę "rzeczywisty" użyto, aby odróżnić zamodelowany gaźnik od gaźnika elementarnego). Wszystkie zastosowane w programie współczynniki przepływu pochodzą z badań przepływowych przeprowadzonych w ITL WAT, podobnie jak inne cechy przepływowe elementów układu dolotowego silnika. Poniżej przedstawiono wyniki obliczeń wykonynych na komputerze ATARI 130 XE dla silnika samochodu Polski Fiat 126p. Zbadano numerycznie wpływ zmian faz rozrządu

oraz zmian objętości kolektora ssącego na współczynnik napełniania cylindrów silnika oraz współczynnik składu mieszanki wytwarzanej przez gaźnik silnika.

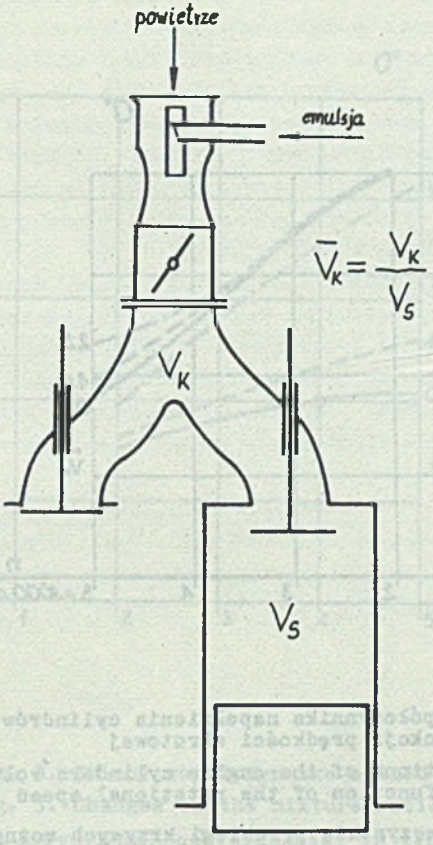
2. Wyniki obliczeń

Silnik samochodu PF 126p jest silnikiem nietypowym, nastręczającym w czasie eksploatacji napędzanego nim pojazdu wiele kłopotów natury regulacyjnej. Nasuwa to na myśl stwierdzenie, iż jest on niestabliny regulacyjne. Dwa cylindry tego silnika powodują znaczną pulsację ciśnienia i prędkości przepływowych w całym układzie dolotowym i wylotowym silnika. Tego typu pulsacja ma z pewnością duży wpływ na warunki pracy gaźnika i przepływających w nim: powietrza,paliwa i mieszanki.

Schemat silnika przedstwiono na rys. 1, z zaznaczeniem podstawowych zespołów układu dolotowego i ich oznaczeń.

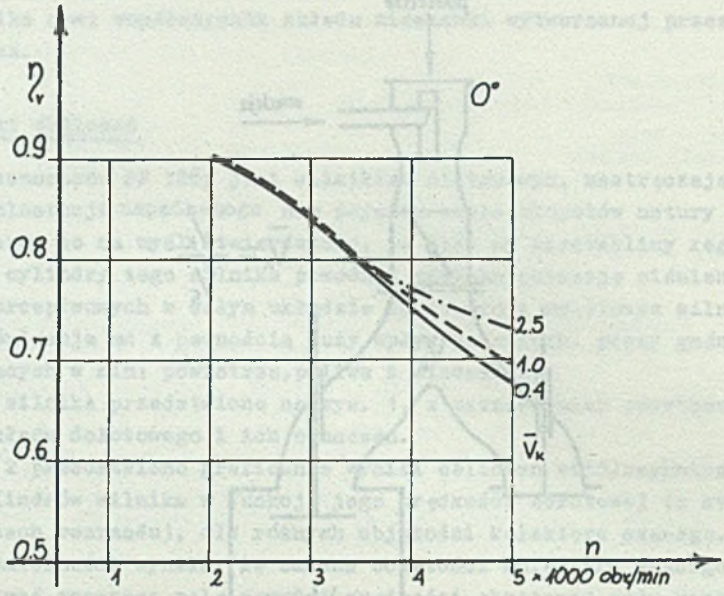
Na rys. 2 przedstwiono graficznie wyniki obliczeń współczynnika napełnienia cylindrów silnika w funkcji jego prędkości obrotowej (o standardowych fazach rozrządu), dla różnych objętości kolektora ssącego. Z ukazanych zależności wynika, że zmiana objętości kolektora ssącego zaczyna odgrywać znaczącą rolę powyżej prędkości obrotowej wału korbowego silnika 3500 obrotów na minutę. Natomiast zmiany współczynnika składu mieszanki wytwarzanej przez gaźnik przedstawiają się zupełnie inaczej, co pokazuje rys.3. Z przebiegu krzywych widać, że wraz ze zmianą objętości kolektora ssącego gwałtownie zmieniają się wartości współczynników składu mieszanki, wytwarzanej przez gaźnik. Jest to fakt wymagający szczególnej uwagi, zważywszy, że zakres palności i stabilnego spalania mieszanki benzynowej nie jest zbyt szeroki. Na wykresie zwraca uwagę bardzo znaczne zubożenie mieszanki przy dużych objętościach kolektora ssącego i jednocześnie wysokich prędkościach obrotowych wału korbowego silnika (zmiany te cechują zwłaszcza silniki 1,2- i 3-cylindrowe, ze względu na dużą pulsację). Zwiększenie objętości kolektora ssącego powoduje złagodzenie pulsacji.

Po zapoznaniu się z wynikami wspomnianych badań numerycznych przystąpiono do określania wartości współczynnika napełnienia cylindrów i współczynnika składu mieszanki w funkcji kąta otwarcia (względem położeń standardowych) zaworu ssącego i wylotowego, przy zachowaniu tego samego zarysu krzywek. Obliczenia wykonano dla wału rozrządu przedstawionego o 5, 10, 15 i 20 w kierunku wcześniejszego otwarcia względem ustawienia standardowego oraz opóźnienia o takie same wartości. Na wykresach przytoczono tylko wyniki przyspieszenia (-20) i opóźnienia (+20) położenia wałka rozrządu. Wpływ tych zmian na współczynnik napełnienia pokazano kolejno na rysunkach 2, 4 i 6.



Rys. 1. Schemat silnika
Fig. 1. Engine diagram

Z przedstwionych zależności wynika, że przebieg zmian jest we wszystkich przypadkach w zasadzie podobny, natomiast różni się w wartościach bezwzględnych oraz przebiegiem tych wartości w zależności od prędkości obrotowej wału korbowego silnika. Przy wcześniejszym ustawieniu wału rozrządu (-20) obserwuje się silny wpływ objętości kolektora ssącego na bezwzględną wartość współczynnika napełnienia cylindrów, przy czym szczególnie ostro zaznacza się on w zakresie wyższych prędkości obrotowych wału korbowego. W przypadku opóźnionego otwarcia zaworów silnika krzywa przebiegu współczynnika napełnienia ulega spłaszczeniu i wzrastają wartości bezwzględne tego współczynnika przy wyższych prędkościach obrotowych.

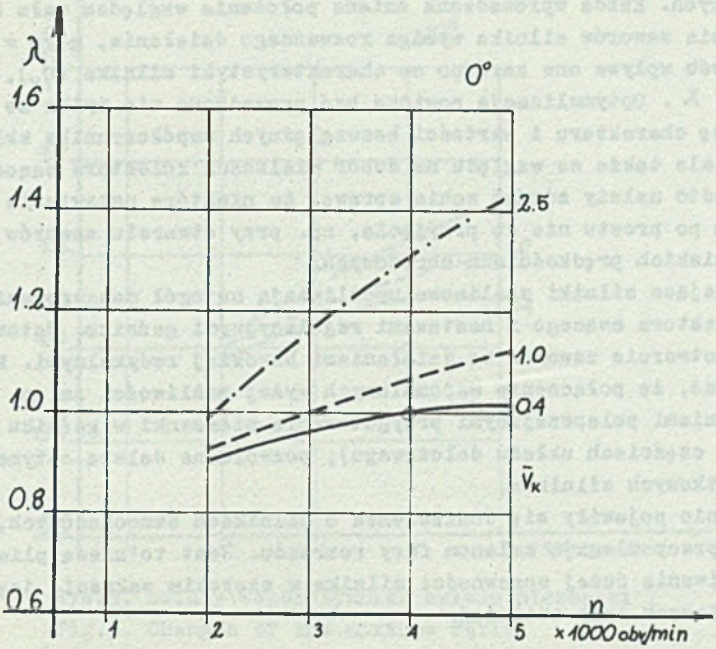


Rys. 2. Wyniki obliczeń współczynnika napełnienia cylindrów silnika w funkcji prędkości obrotowej

Fig. 2. Results of calculations of the engine cylinders volumetric efficiency as a function of the rotational speed

Jednak uważnie porównując wszystkie przebiegi krzywych można postawić pytanie, czy podnoszenie wartości współczynnika napełnienia przy wysokich prędkościach obrotowych silnika za pomocą zmian faz rozrządu jest celowym i jedynym rozwiązaniem tego problemu w zastosowaniach sportowych.

Analizując przebieg krzywych przedstwiających zależności współczynnika składu mieszanki wytwarzanej przez gaźnik, dla różnych ustawień wałka rozrządu względem wału korbowego silnika (pokazano to na rysunkach 3,5 i 7), zauważa się ich podobny charakter, wraz ze zmianami objętości kolektora ssącego, w zależności od prędkości obrotowej silnika. Zmianie ulegają tylko wartości bezwzględne współczynnika składu mieszanki λ. Jest to szczególnie widoczne w zakresie niskich prędkości obrotowych silnika, gdzie opóźnienie otwarcia zaworów prowadzi do znacznego wzbogacenia mieszanki, natomiast wcześniejsze otwarcie zaworów w zauważalny sposób powoduje jej zubożenie. Nie można jednak, jak widać z przytoczonych wykresów, pokusić się o generalne określenie zależności, gdyż w przypadku silnika PF 126p w bardzo silny sposób są one związane ze zmianami innych parametrów.



Rys. 3. Zmiany współczynnika składu mieszanki
Fig. 3. Changes of the mixture ratio

Można natomiast zaryzykować stwierdzenie, że tłumiący pulsację przepływu kolektor ssący, jeśli powiększy się jego objętość, powoduje zubożenie wytwarzanej w gaźniku mieszanki.

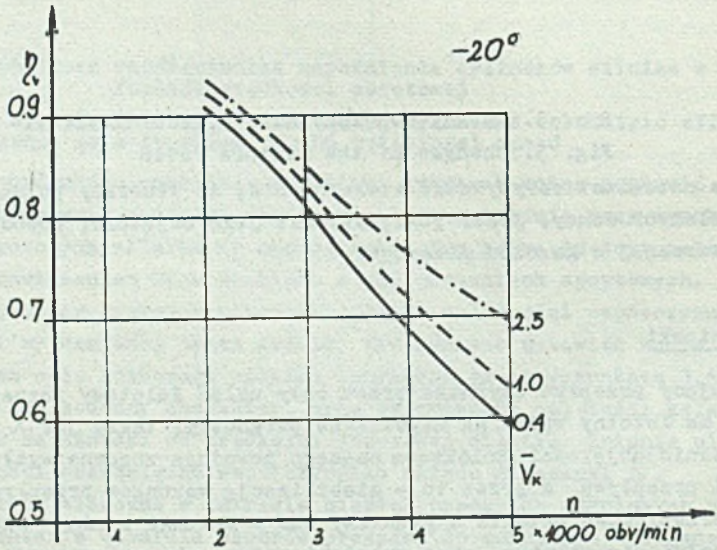
3. Wnioski

Pulsujący przepływ czynnika przez cały układ dolotowy rozpatrywanego silnika ma istotny wpływ na uzyskiwane parametry, takie jak λ i η_v. Powiększanie objętości kolektora ssącego powoduje znaczne wytłumienie pulsacji przepływu, a przez to - stabilizację warunków przepływu przez kanały przepływowe silnika i gaźnika, zaś w związku z nią - wzrost stopnia napełnienia silnika oraz zubożenie mieszanki wytwarzanej w gaźniku na skutek bardziej stabilnego przepływu powietrza wymuszającego jego pracę. Tak daleko idące różnice w zachowaniu gaźnika stwarzają konieczność każdorazowego przeanalizowania niezbędnych zmian regulacyjnych jego nastaw tak, aby charakterystykę gaźnika w nowych warunkach pracy dostosować do wymogów użytkowanika w zakresie zużycia paliwa i zdolności

trakcyjnych. Każda wprowadzona zmiana położenia względem wału korbowego i otwarcia zaworów silnika wymaga rozważnego działania, gdyż w zasadniczy sposób wpływa ona zarówno na charakterystyki silnika (η_v), jak i gaźnika λ. Optymalizacja powinna być prowadzona nie tylko ze względu na zmianę charakteru i wartości bezwzględnych współczynnika składu mieszanki, ale także ze względu na dobór wielkości kolektora ssącego silnika. Ponadto należy zdawać sobie sprawę, że niektóre ustawienia faz rozrządu są po prostu nie do przyjęcia, np. przy otwarciu zaworów ssących η_v na niskich prędkościach obrotowych.

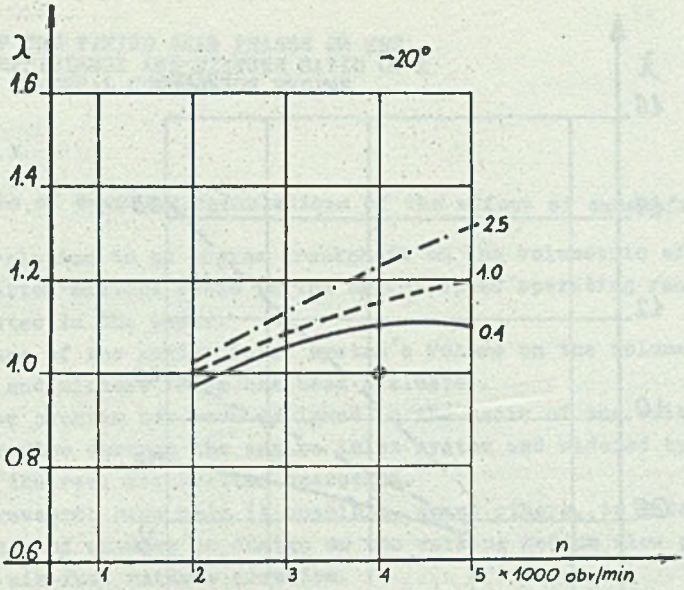
Istniejące silniki spalinowe umożliwiają na ogół manewrowanie objętością kolektora ssącego i nastawami regulacyjnymi gaźnika. Natomiast zmiany kąta otwarcia zaworów są działaniami bardziej radykalnymi. Można się spodziewać, że połączenie wspomnianych wyżej możliwości zmian, wraz z rozwiązaniami polepszającymi przygotowanie mieszanki w gaźniku (jak i w dalszych częściach układu dolotowego), pozwolą na dalszą optymalizację cech użytkowych silników.

Ostatnio pojawiły się doniesienia o silnikach samochodowych, w których podczas pracy ulegają zmianom fazy rozrządu. Jest to niewątpliwie droga do uzyskiwania dużej sprawności silnika w szerokim zakresie jego prędkości obrotowych oraz obciążeń.

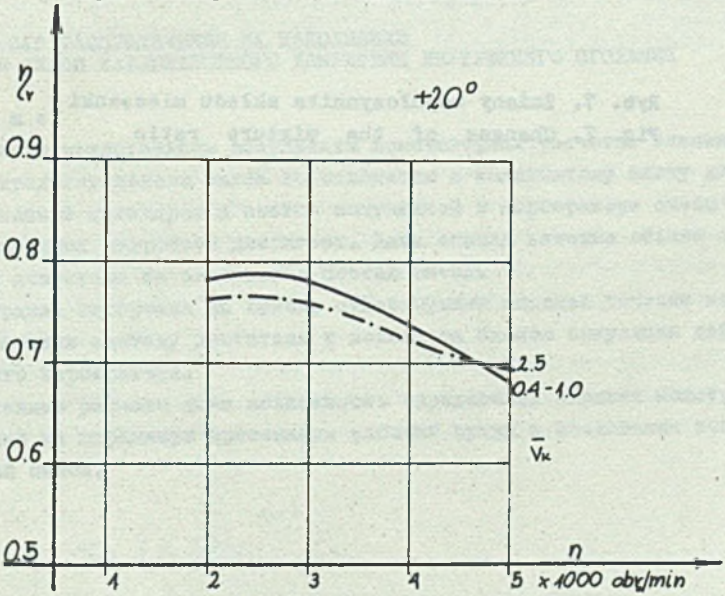


Rys.4. Wyniki obliczeń współczynnika napełnienia cylindrów silnika w funkcji prędkości obrotowej

Fig.4. Results of the calculations of the engine cylinders volumetric efficiency as a function of the rotational speed

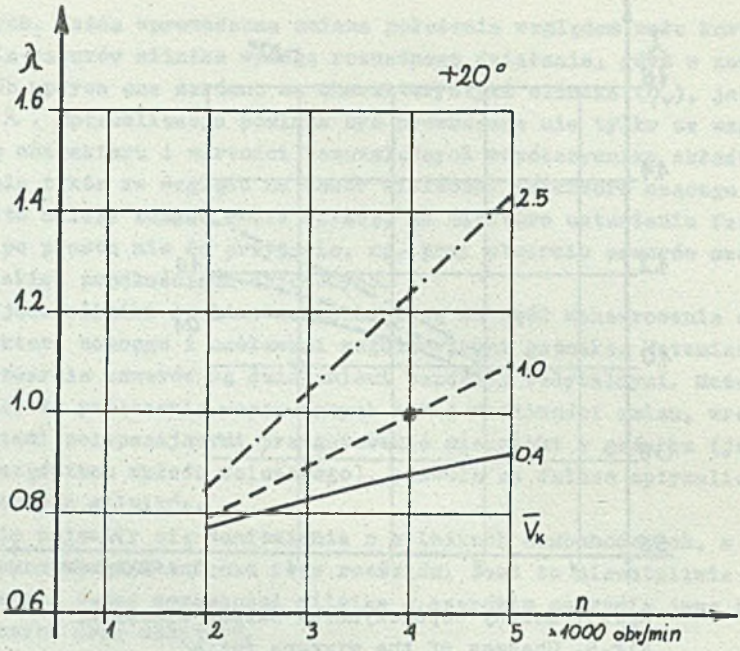


Rys.5. Zmiany współczynnika składu mieszanki
Fig.5. Changes of the mixture ratio



Rys.6. Wyniki obliczeń współczynnika napełnienia cylindrów silnika w funkcji prędkości obrotowej

Fig.6. Results of the calculations of the engine cylinders volumetric efficiency as a function of the rotational speed



Rys. 7. Zmiany współczynnika składu mieszanki
Fig. 7. Changes of the mixture ratio

INFLUENCE OF THE TIMING GEAR PHASES ON THE VOLUMETRIC EFFICIENCY AND MIXTURE RATIO OF A CARBURETTOR INTERNAL COMBUSTION ENGINE

S u m m a r y

The results of computer calculations of the effect of camshaft orientation in relation to an engine crankshaft on the volumetric efficiency and carburettor mixture ratio in the engine speed operating range have been presented in the paper.
The influence of the engine inlet system's volume on the volumetric efficiency and mixture ratio has been evaluated.
The computer program has been designed on the basis of the existing models of air flow through the engine inlet system and widened by the block simulating the real carburettor operation.
Numerical research have made it possible, among others, to determine the influence of changes in design on the working medium flow parameters and on the air-fuel mixture creation.

ВЛИЯНИЕ ФАЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НА ЗАПОЛНЕНИЕ И СОСТАВ СМЕСИ КАРБЮРАТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Р е з ю м е

В статье представлены результаты компьютерных расчетов влияния положения распределительного валка по отношению к коленчатому валку двигателя на заполнение цилиндров и состав полученной в карбюраторе смеси в диапазоне вращательных скоростей двигателя. Дана оценка влияния объема входной системы двигателя на заполнение состав смеси.

Программа построена на основе существующих моделей течения воздуха через входную систему двигателя и пополнена блоком симуляции действия реального карбюратора.

Численные расчеты дали возможность определение влияния конструкторских изменений на параметры протекания рабочей среды и создавания топливно-воздушной смеси.