ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ
Seria: TRANSPORT z. 3 Nr kol. 829

Czesław KORDZIŃSKI
Mieczysław REIMAN
Bronisław SENDYKA
Henryk TRAJDOS

BADANIA WPŁYWU TEMPERATURY MIESZANKI PALIWOWO-POWIETRZNEJ NA WIDMO AMPLITUDOWO-CZĘSTOTLIWOŚCIOWE SILNIKÓW O ZAPŁONIE ISKROWYM

Streszczenie. W artykule podjęto próbę określenia wpływu temperatury mieszanki paliwowo-powietrznej na przebieg amplitudowo-częstotliwościowy ciśnienia spalania oraz drgań głowicy, pod kątem wykorzystania metody wibroakustycznej do oceny procesu spalania.

Współczesne silniki samochodowe o zapłonie iskrowym są silnikami wysilonymi, a ich charakter pracy, obciążenia w zmiennych i często nieustalonych warunkach, a także wymogi eksploatacyjne powodują, że pracują one na granicy spalania nieprawidłowego. Istotny wpływ na przebieg procesu spalania ma temperatura mieszanki paliwowo-powietrznej. Temperatura ta określona jest zależnością [1]:

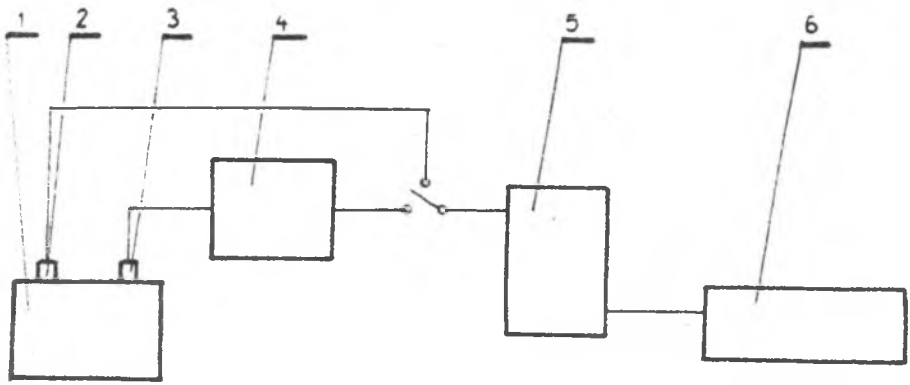
$$T_m = T_o - \frac{Q_{par}}{\alpha L_o \cdot C_{pow} + C_{pal}} \quad [K] \qquad (1)$$

gdzie:

T_o - temperatura otoczenia [K],
Q_{par} - ciepło parowania paliwa $\left[\frac{kJ}{kg}\right]$,
α - współczynnik nadmiaru powietrza,
L_o - ilość powietrza potrzebna do zupełnego spalania jednostki masy paliwa $\left[\frac{kg}{kg}\right]$,
C_{pow} - ciepło właściwe powietrza $\left[\frac{kJ}{kg\ deg}\right]$,
C_{pal} - ciepło właściwe paliwa $\left[\frac{kJ}{kg\ deg}\right]$.

Ze względu na duże trudności dokładnego określenia wszystkich składników występujących w tej zależności, zdecydowano się na bezpośredni pomiar temperatury w przewodzie dolotowym poza przepustnicą za pomocą termopary żelazo-konstantan. Badania przeprowadzono na stanowisku hamownianym na silniku 126 A.076.

Zmianę temperatury mieszanki paliwowo-powietrznej realizowano przez podgrzewanie powietrza na dolocie. Schemat blokowy układu pomiarowego przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Schemat blokowy układu pomiarowego

1 - silnik 126 A. 076, 2 - piezoelektryczny przetwornik przyspieszeń firmy B & K typ 4340, 3 - piezoelektryczny przetwornik ciśnienia firmy RFT typ 100/14-1, 4 - wzmacniacz ładunku typ 219 A, 5 - analizator częstotliwości firmy B & K typ 2107, 6 - pisak poziomu firmy B & K typ 2305

W czasie badań sygnałami do analizy widmowej były:

- pulsacja gazów wewnątrz komory spalania,
- drgania głowicy (wynikające z pobudzenia ścianek głowicy przez proces spalania);

Pojęcie poziomu ciśnienia spalania określone jest zależnością [2, 3]:

$$L_{P_s} = 20 \lg \frac{P_s}{P_o} \quad [dB] \tag{2}$$

gdzie:

P_s - wartość skuteczna ciśnienia spalania,

P_o - ciśnienie odniesienia.

Poziom przyspieszeń drgań głowicy określony jest zależnością [2, 3]:

$$L_a = 20 \lg \frac{a}{a_u} \quad [dB] \tag{3}$$

gdzie:

a - wartość skuteczna przyspieszeń drgań,

a_u - przyspieszenie odniesienia.

W celu dokładniejszego zobrazowania przebiegów amplitudowo-częstotliwościowych zarejestrowano również wartość szczytową U_{peak}, określoną zależnością [2, 3]

$$U_{peak} = \max_{0 \leqslant t \leqslant T} |U(t)| \tag{4}$$

gdzie:

$U(t)$ - funkcja mierzonego sygnału,

t - czas,

T - czas uśredniania,

oraz wartość skuteczną U_{RMS}, określoną zależnością [2, 3]

$$U_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T U^2(t)\, dt} \tag{5}$$

Na podstawie powyższych wartości można określić współczynnik szczytów, który określony jest zależnością [2]:

$$W_{sz} = \frac{U_{peak}}{U_{RMS}} \tag{6}$$

Wartość poszczególnych harmonicznych występujące w przebiegach amplitudowo-częstotliwościowych, związane są z częstotliwością zapłonów, które określa się z zależności:

$$f = k \cdot \frac{n \cdot i}{\tau} \tag{7}$$

gdzie:

k - 1,2,3... (numer kolejnej harmonicznej),

n - prędkość obrotowa [Hz],

τ - 2 dla silnika czterosuwowego,

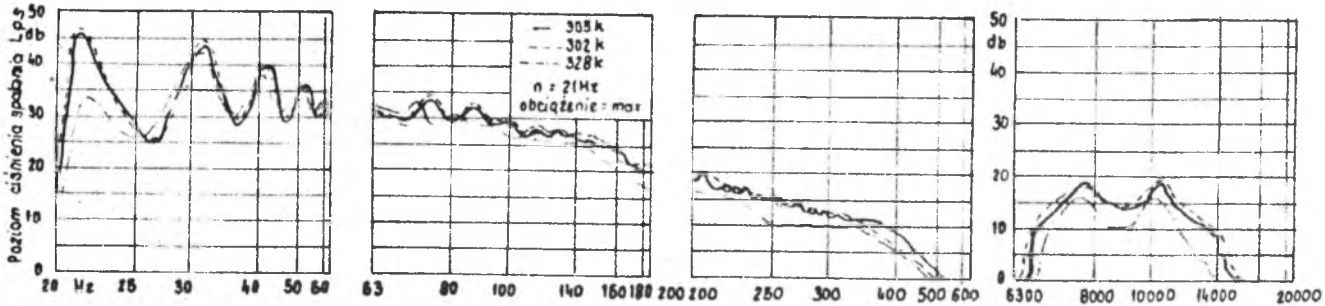
i - liczba cylindrów (dla przebiegów poziomu ciśnienia spalania należy przyjąć i = 1, ponieważ przetwornik ciśnienia umieszczony jest w jednym cylindrze).

W celu łatwiejszej analizy przebiegów przyjęto, że poziom 50 dB odpowiada całkowitemu poziomowi wyznaczonemu dla różnych temperatur mieszanki paliwowo-powietrznej. Badania przeprowadzono na silniku pracującym pod pełnym obciążeniem dla prędkości obrotowych 21 Hz i 60 Hz. Na rys. 2 przedstawiono przebieg amplitudowo-częstotliwościowy ciśnienia spalania dla silnika pracującego pod pełnym obciążeniem przy prędkości obrotowej 21 Hz. Można stwierdzić, że ze wzrostem temperatury mieszanki paliwowo-powietrznej następuje spadek poziomu ciśnienia spalania dla harmonicznych w zakresie niskich częstotliwości, co spowodowane jest zakłóceniami w procesie spalania (niższe parametry efektywne). Charakterystyczne jest tutaj wystąpienie harmonicznych w zakresie częstotliwości 6300 ... 14000 Hz, co spowodowane było występowaniem wyraźnego spalania stukowego, które zaobserwowano również na przebiegach indykatorowych [4]. Na rys. 3 przedstawiono przebieg amplitudowo-częstotliwościowy ciśnienia spalania dla silnika pracującego pod pełnym obciążeniem przy prędkości 56,6 Hz. Przebieg ten ma podobny charakter jak poprzednio, lecz nie występują harmoniczne w zakresie wysokich częstotliwości, ponieważ nie zaobserwowano zakłóceń w przebiegu procesu spalania. Na rys. 4 przedstawiono przebieg amplitudowo-częstotliwościowy przyspieszeń drgań głowicy dla silnika pracującego pod pełnym obciążeniem przy prędkości 21 Hz. Ze wzrostem temperatury mieszanki paliwowo-powietrznej zauważa się spadek poziomu drgań głowicy w zakresie niższych częstotliwości, na który ma wpływ głównie proces spalania, a w tym przypadku również występowało spalanie stukowe. Natomiast w zakresie wyższych częstotliwości następuje wzrost poziomu, na który główny wpływ mają drgania mechaniczne, które wyraźnie rosną w przypadku spalania stukowego. Na rys. 5 przedstawiono przebieg amplitudowo-częstotliwościowy przyspieszeń drgań głowicy dla silnika pracującego pod pełnym obciążeniem dla prędkości 60 Hz. W tym przypadku spalanie stukowe nie występowało. Wzrost poziomu można tu tłumaczyć tym, że ze wzrostem temperatury mieszanki paliwowo-powietrznej poprawia się odparowanie paliwa przez co uzyskuje się bardziej efektywny przebieg procesu spalania.

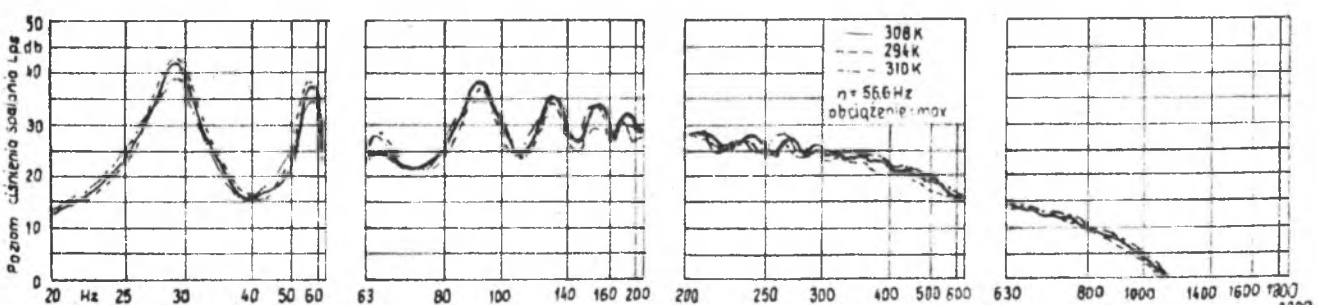
W tabeli przedstawiono wartości szczytowe, skuteczne, średnie oraz współczynnika szczytu. Jedynie wartości współczynnika szczytu wykazują regularność, tj. ze wzrostem temperatury mieszanki paliwowo-powietrznej następuje wzrost współczynnika szczytu.

Na podstawie przeprowadzonych badań można wysunąć następujące wnioski:

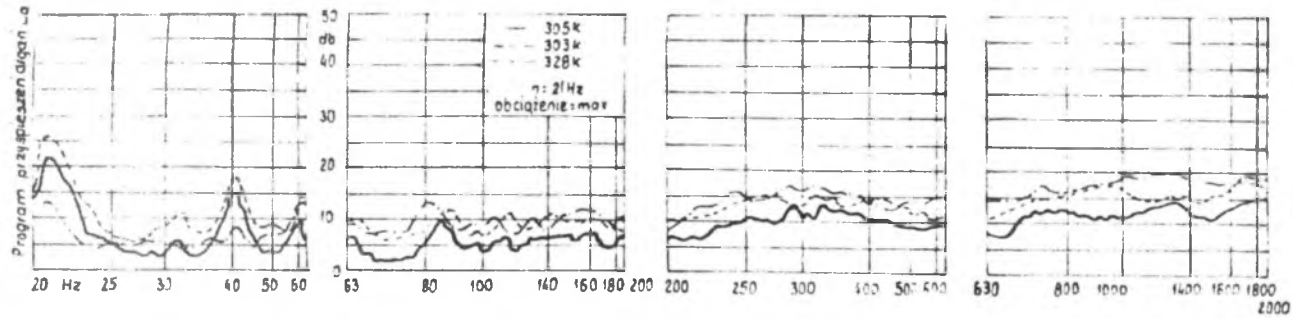
- w przypadku spalania stukowego występuje zależność pomiędzy widmem ciśnienia spalania i drgań głowicy, a zatem można by określić występowanie spalania stukowego na podstawie drgań głowicy,



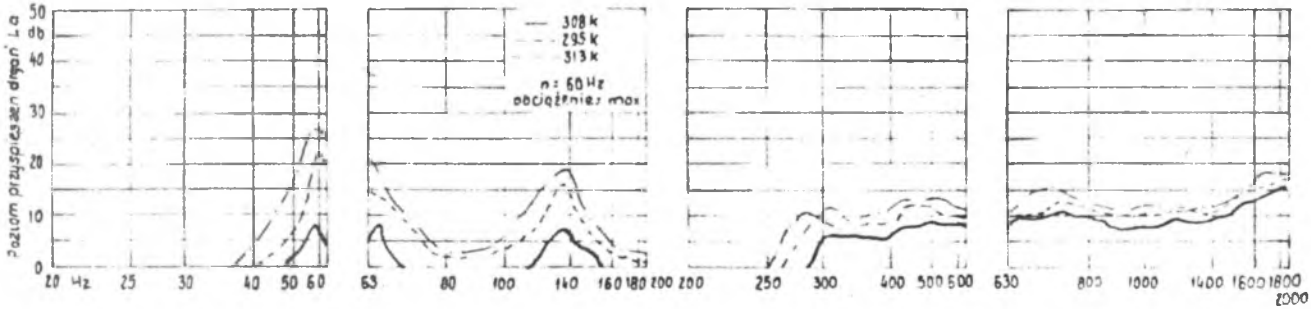
Rys. 2. Przebieg amplitudowo-częstotliwościowy ciśnienia spalania dla silnika pracującego pod pełnym obciążeniem przy prędkości obrotowej 21 Hz



Rys. 3. Przebieg amplitudowo-częstotliwościowy ciśnienia spalania dla silnika pracującego pod pełnym obciążeniem przy prędkości obrotowej 56,6 Hz



Rys. 4. Przebieg amplitudowo-częstotliwościowy drgań głowicy dla silnika pracującego pod pełnym obciążeniem przy prędkości obrotowej 21 Hz



Rys. 5. Przebieg amplitudowo-częstotliwościowy drgań głowicy dla silnika pracującego pod pełnym obciążeniem przy prędkości obrotowej 60 Hz

Tabela 1

Wartości skuteczne, szczytowe, średnie oraz współczynnik szczytu dla określonych przebiegów

Nr rys.	Temp. mieszanki paliw.-pow. K	Wartość skuteczna U_{RMS} (dB)	Wartość szczytowa U_{peak} (dB)	Wartość średnia $U_{śr.}$ (dB)	Współczynnik szczytu W_{sz}	Określony poziom
1	2	3	4	5	6	7
2	303	119,0	125,0	116,5	1,050	L_{ps}
	305	119,0	125,0	116,5	1,050	
	328	118,5	125,5	115,5	1,059	
3	294	123,5	130,0	120,0	1,053	L_{ps}
	308	125,0	131,0	121,0	1,056	
	310	123,0	130,0	120,0	1,057	
4	303	95,0	105,0	92,5	1,105	L_a
	305	97,0	109,0	92,5	1,126	
	328	98,0	114,0	93,5	1,163	
5	295	118,0	130,0	113,5	1,101	L_a
	308	118,0	131,0	115,0	1,110	
	313	119,0	133,5	115,0	1,122	

- wzrost temperatury mieszanki paliwowo-powietrznej powoduje zwiększenie skłonności silnika do spalania stukowego,
- metoda wibroakustyczna przez pomiar drgań głowicy okazuje się być dogodną w praktyce do oceny procesu spalania, ponieważ nie ma potrzeby dokonywania żadnych przeróbek w silniku w porównaniu z tradycyjnymi metodami badań procesu spalania.

LITERATURA

[1] Srodulski T., Zabłocki M.: Gaźniki samochodowe. PWT, Warszawa 1960.
[2] Cempel Cz.: Wibroakustyka stosowana. PWN, Warszawa 1978.
[3] Bruel & Kjaer: Wibracje i wstrząsy, poradnik, Kopenhaga-Warszawa 1978.
[4] Trajdos H., Goncerz A.: Badania nad wykorzystaniem zmian temperatury mieszanki paliwowo-powietrznej do diagnostyki procesu spalania w silnikach ZI. TZM 2/80.

Recenzent: Doc. dr hab. inż. Stanisław Jarnuszkiewicz

Wpłynęło do Redakcji w czerwcu 1984 r.

ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ТОПЛИВНО-ВОЗДУШНОЙ СМЕСИ НА АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНЫЙ СПЕКТР ДВИГАТЕЛЕЙ С ИСКРОВЫМ ЗАЖИГАНИЕМ

Р е з ю м е

В статье проводились опыты определения влияния температуры топливно-воздушной смеси на ход амплитудно-частотного давления сгорания, а также колебаний головки цилиндра в связи с использованием вибро-акустического метода для оценки процесса сгорания.

THE INVESTIGATIONS OF THE FUEL-AIR MIXTURE TEMPERATURE INFLUENCE ON THE AMPLITUDE - FREQUENCY SPECTRA IN THE SPARK-IGNITION ENGINE

S u m m a r y

The work shows the attempt to determine the influence of the fuel-air temperature on the amplitude-frequency spectra of the combustion pressure course and the cylinder head vibrations when the wibroacoustic method was used to define the combustions processes quality.