

ANNALES
UNIVERSITATIS MARIAE CURIE-SKŁODOWSKA
LUBLIN — POLONIA

VOL. XLV, 8

SECTIO AAA

1990

Institut Mechanizacji Rolnictwa
Akademia Rolnicza w Lublinie

Krzysztof KORNARZYŃSKI,
Eugeniusz KRASOWSKI, Roman KOPER

**Analiza gazów spalinowych wysokoprężnych silników
ciągnikowych za pomocą spektrometru masowego**

Exhaust Gas Analysis of Tractor Diesel Engines by Mass Spectrometry

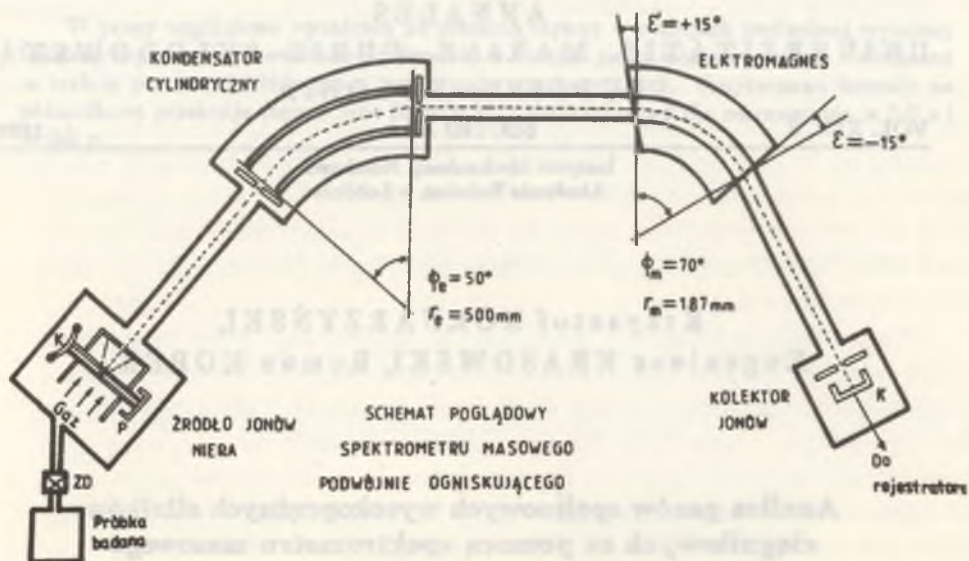
1. WSTĘP

Wieloletnie badania prowadzone w Instytucie Mechanizacji Rolnictwa dotyczące oceny eksploatacji silników ciągników rolniczych, obejmowały zazwyczaj studia nad samym silnikiem a w mniejszym stopniu dotyczyły analizy gazów spalinowych. Można przypuszczać, że poznanie składu chemicznego gazów spalinowych umożliwi analizę procesów zachodzących w silniku wysokoprężnym a także ocenę jego stanu technicznego. Niniejsza praca przedstawia wyniki takiej analizy przeprowadzonej przy pomocy spektrometru masowego.

2. METODYKA BADAŃ

Do analizy gazów spalinowych zastosowano spektrometr masowy podwójnie ogniskujący [8], będący w posiadaniu Zakładu Fizyki Technicznej IMR (Ryc. 1). Wykonano analizę gazów spalinowych w celu zbadania przydatności metody spektrometrycznej, a tym samym niektórych parametrów pracy silników wysokoprężnych.

Silnik wysokoprężny jest maszyną, której niewłaściwa eksploatacja wpływa w dużym stopniu na skrócenie okresu jego przydatności do pracy.

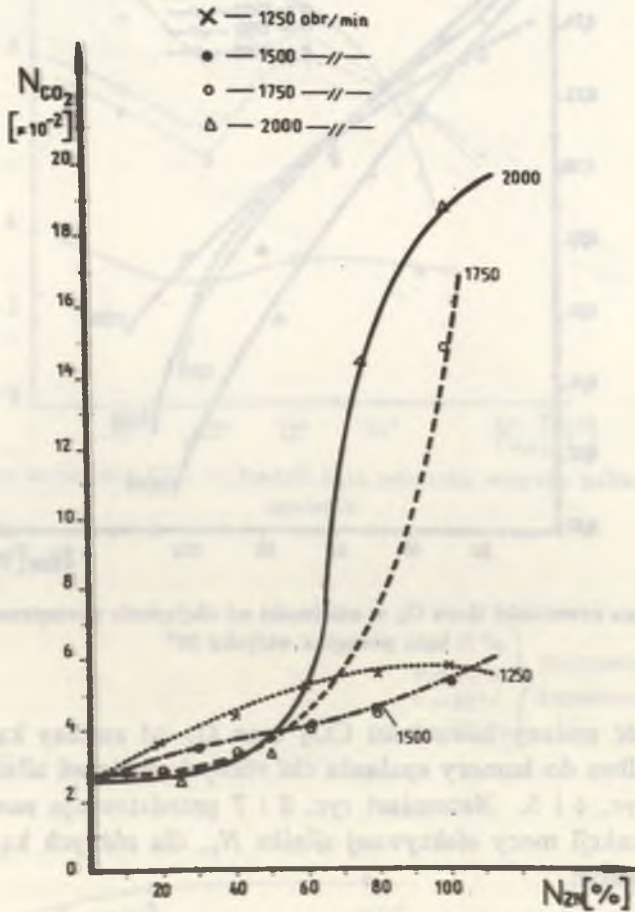


Ryc. 1. Schemat poglądowy spektrometru masowego podwójnie ogniskującego

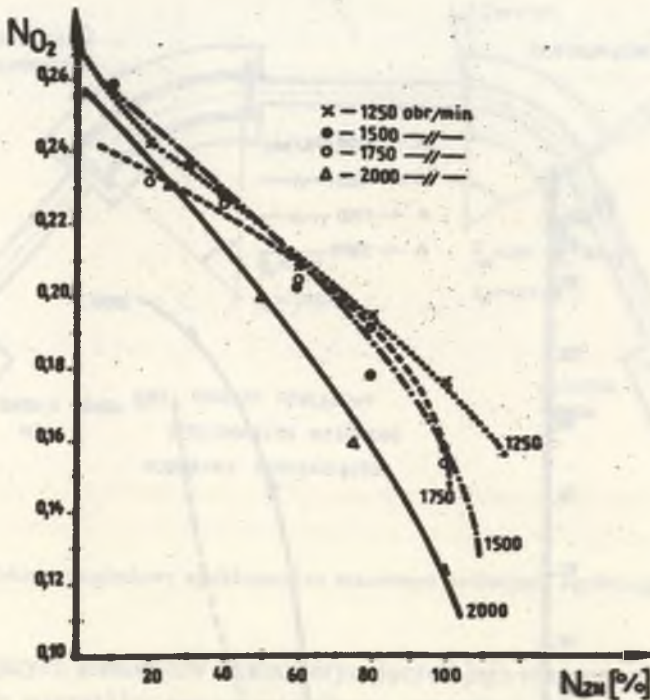
Do najważniejszych elementów charakteryzujących jego stan pracy możemy zaliczyć przede wszystkim pompę wtryskową, ustawienie kąta wtrysku paliwa z wtryskiwacza, itp. Badając zawartość gazów, tj. CO_2 , O_2 , NO_x i CH_x [7] w spalinach można uzyskać wiele danych na temat silnika i jego stanu technicznego. Przedmiotem badań był silnik S-4002 zamontowany na stanowisku dynamometrycznym, gdzie pobierano próbki gazu spalinyowego do analizy. Próbka spalin pobierana była do szklanego zbiornika o pojemności ok. 0,3 l, w którym ciśnienie sprowadzono do poziomu ok. 10^{-2} Tr, a następnie podawana za pomocą układu dozującego do źródła jonów Niera spektrometru masowego.

3. WYNIKI BADAŃ

Zmiany zawartości dwutlenku węgla oraz tlenu w zależności od obciążenia zewnętrznego silnika, przy różnych prędkościach obrotowych przedstawiają ryc. 2 i 3. Za obciążenie znamionowe równe 100% przyjęto obciążenie wału silnika siłą 196,2 N (20 kG). Na podstawie przedstawionych zależności można wnioskować o jakości spalania mieszanki w cylindrze silnika wysokoprężnego przy zmiennym obciążeniu.



Ryc. 2. Zmiana zawartości CO_2 w zależności od obciążenia zewnętrznego silnika, dla kąta początku wtrysku paliwa 20° . (Zawartość N_{CO_2} została określona w stosunku do wysokości wierzchołka azotu-wzorca N-28 [1,10])



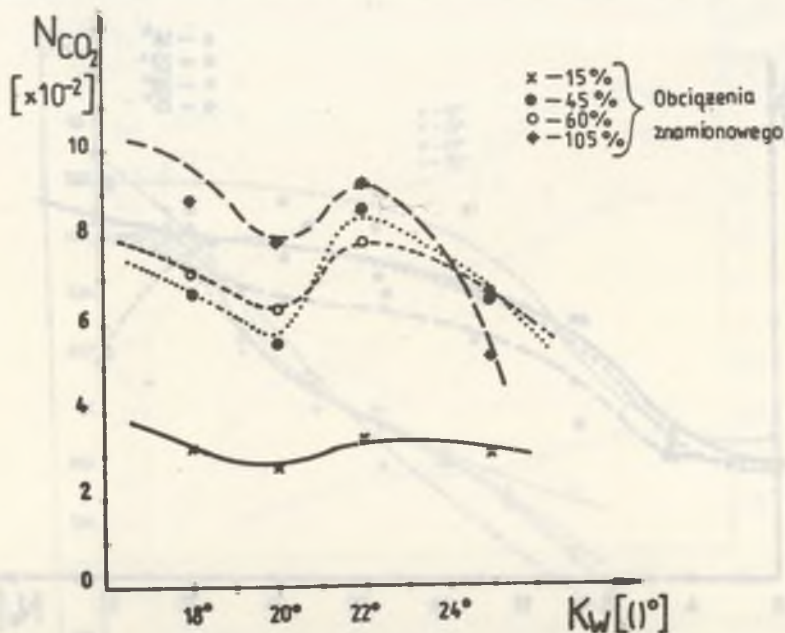
Ryc. 3. Zmiana zawartości tlenu O_2 w zależności od obciążenia zewnętrznego silnika, dla kąta początku wtrysku 20°

Zależność zmiany zawartości CO_2 oraz O_2 od zmiany kąta początku wtrysku paliwa do komory spalania dla różnych obciążeń silnika przedstawiono na ryc. 4 i 5. Natomiast ryc. 6 i 7 przedstawiają zawartości tych gazów w funkcji mocy efektywnej silnika N_e , dla różnych kątów wtrysku paliwa, [6] gdzie:

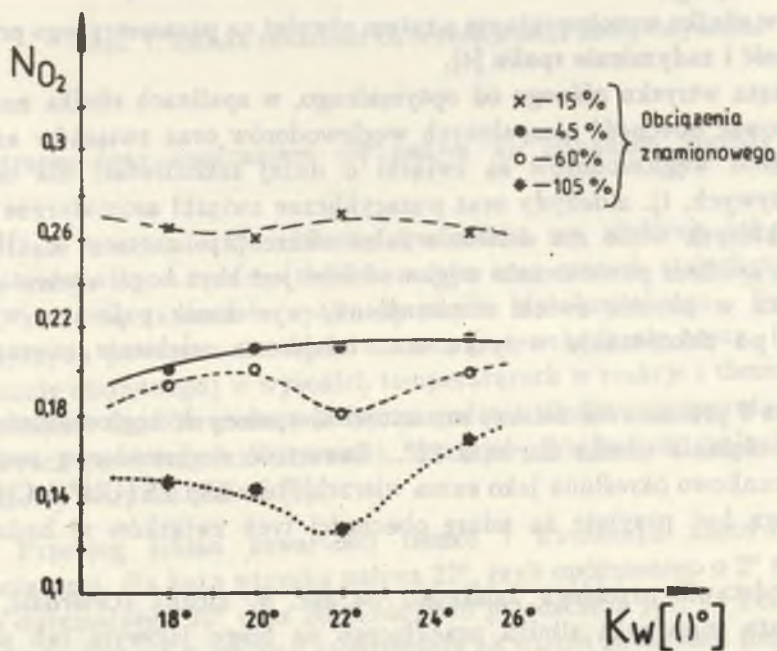
$$N_e = PnK \quad (1)$$

P — siła obciążająca wał silnika, n — liczba obrotów na sekundę, K — stała hamulca. $K = 2\pi l = 4,49,1$ — długość ramienia hamulca ($l = 0,7$ m). Kąt wtrysku paliwa zmieniano od 18° do 25° (kąt 20° przyjęto jako optymalny).

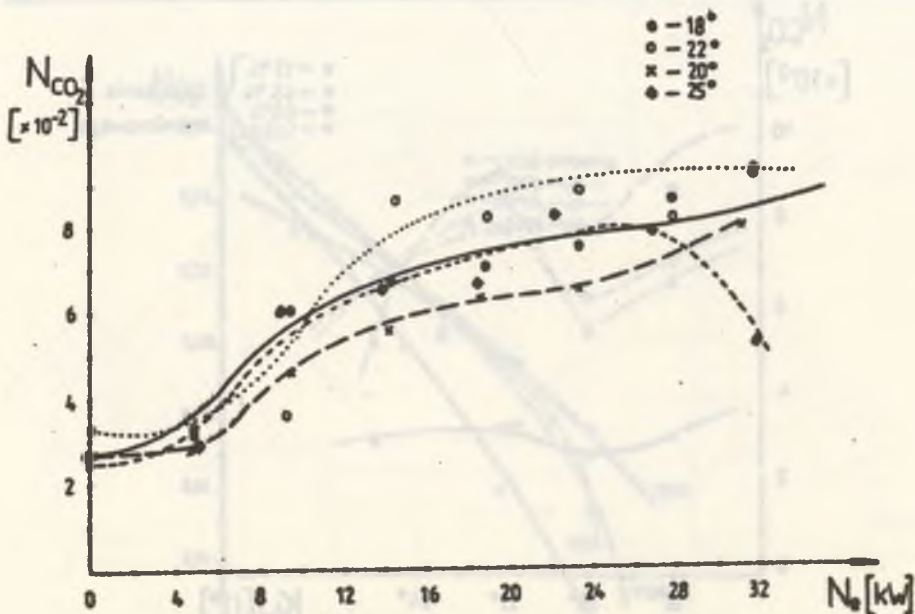
Na podstawie tych zależności stwierdzono, że dla kąta wtrysku różnego od 20° spalanie jest nierównomierne. Zaobserwowano wtedy duże zmiany prędkości obrotowej silnika, wibracje i wzrost temperatury spalin, co świadczy o jego złej pracy. Kąt wtrysku paliwa ma istotny wpływ na proces



Ryc. 4. Zmiana zawartości CO₂ w funkcji kąta początku wtrysku paliwa do komory spalania



Ryc. 5. Zmiana zawartości O₂ w funkcji kąta początku wtrysku paliwa do komory spalania



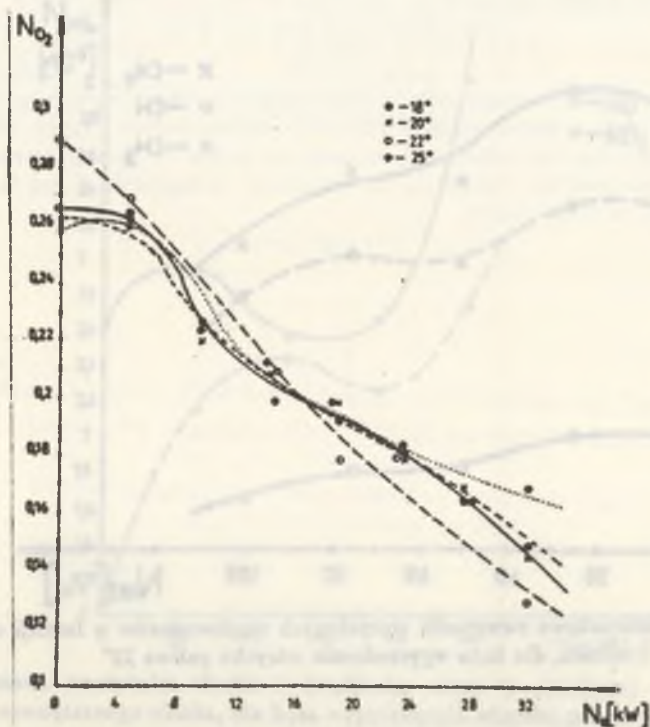
Ryc. 6. Zmiana zawartości CO₂ w funkcji mocy efektywnej silnika

spalania w silniku wysokoprężnym a zatem również na parametry jego pracy, toksyczność i zadymienie spalin [4].

Dla kąta wtrysku różnego od optymalnego, w spalinach silnika można zaobserwować obecność niespalonych węglowodorów oraz związków azotu [6]. Wśród węglowodorów są związki o dużej szkodliwości dla organizmów żywych, tj. aldehydy oraz pozacykliczne związki aromatyczne [6], spośród których wiele ma działanie rakotwórcze (np. antracet C₁₄H₁₀). Głównym źródłem powstawania węglowodorów jest zbyt bogata mieszanka powstająca w okresie zwłoki somozapłonu, wyciekanie paliwa z wtryskiwacza po zakończeniu wtrysku oraz miejscowe oziębienie mieszanki [2,3].

Rycina 8 przedstawia zmianę zawartości niespalonych węglowodorów w funkcji obciążenia silnika dla kąta 22°. Zawartość węglowodorów została tutaj szacunkowo określona jako suma wierzchołków 13 i 15 (CH⁺ i CH₃⁺), które mogą być przyjęte za miarę obecności tych związków w badanej próbce.

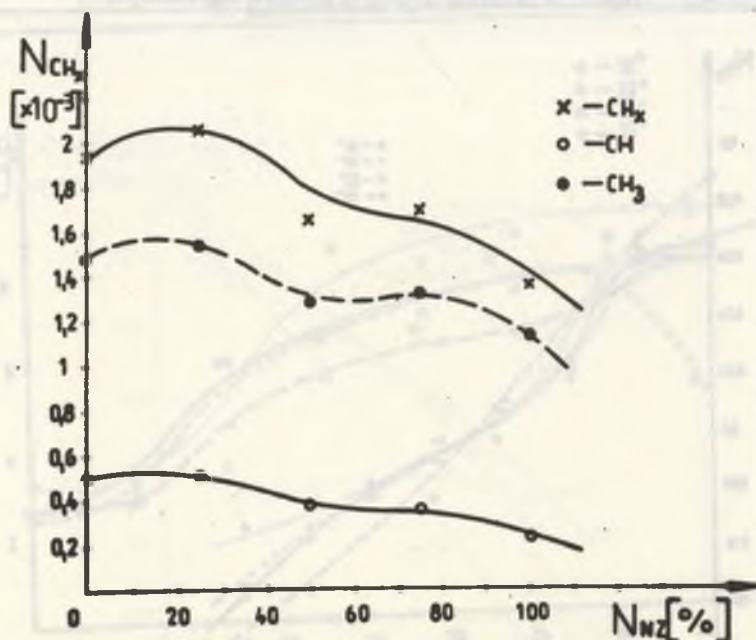
Na podstawie przebiegu zależności na ryc. 8, można stwierdzić, że zbyt bogata mieszanka silnika pracującego na biegu jałowym lub przy niewielkich obciążeniach jest główną przyczyną emisji węglowodorów. Jest to spowodowane m.in. złym stopniem wymieszania paliwa z po-

Ryc. 7. Zmiana zawartości O_2 w funkcji mocy efektywnej silnika

wietrzem oraz osadzaniem się paliwa na ściankach komory spalania [4].

Dużę znaczenie dla ochrony środowiska ma możliwie jak najmniejsza emisja do atmosfery tlenków azotu oraz cząstek stałych zadymienia [5], które są zawarte w spalinach silnika wysokoprężnego. Podstawową przyczyną powstawania tlenków azotu jest wchodzenie azotu, (gazu chemicznie obojętnego) w wysokich temperaturach w reakcje z tlenem. Na powstawanie tlenków azotu w komorze spalania silnika wysokoprężnego wpływ ma ruch powietrza (zawirowanie), ukształtowanie komory spalania oraz parametry wtrysku paliwa [9].

Przebieg zmian zawartości tlenku i dwutlenku azotu w funkcji obciążenia, dla kąta wtrysku paliwa 22° , czyli opóźnionego o 2° w stosunku do optymalnego 20° oraz 2000 obr/min przedstawia ryc. 9. Potwierdza to wnioski dotyczące wpływu zawirowania na wzrost zawartości tlenków azotu w spalinach dla kąta wtrysku paliwa różnego od optymalnego 20° .



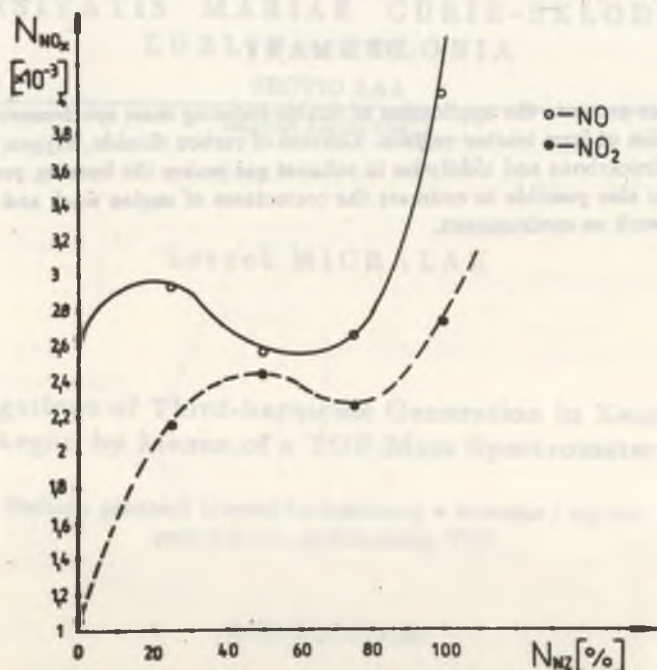
Ryc. 8. Zmiana szacunkowa zawartości niespalonych węglowodorów w funkcji obciążenia silnika, dla kąta wyprzedzenia wtrysku paliwa 22°

4. PODSUMOWANIE

Wyniki otrzymane na podstawie przeprowadzonych badań wskazują na dużą użyteczność zastosowania metody spektrometrycznej analizy spalin silników wysokoprężnych. Obserwacja zmian zawartości dwutlenku węgla i tlenu w spalinach w zależności od różnych parametrów pracy silnika umożliwia analizę procesu spalania paliwa oraz prawidłowości jego pracy z dość dużą dokładnością.

Zaletą zastosowania spektrometru masowego jest możliwość dokładnego określenia zmian zawartości w spalinach gazów takich, jak tlenki azotu oraz niespalone węglowodory, aldehydy itp. Informacje te świadczą nie tylko o nieprawidłowej pracy silnika, jego wadach technicznych i złej obsłudze, ale również pozwalają na ocenę wpływu tych nieprawidłowości na ochronę środowiska naturalnego.

Można stwierdzić, że spektrometr masowy jest bardzo przydatnym urządzeniem służącym do badania procesu spalania w silnikach wysokoprężnych.



Ryc. 9. Zmiana zawartości tlenku i dwutlenku azotu w zależności od obciążenia zewnętrznego silnika, dla kąta wyprzedzenia wtrysku paliwa 22°

LITERATURA

1. Adamczyk B., Bederski K., Wójcik L., *Prace Naukowe ITE Politechniki Wrocławskiej*, 21 (1978).
2. Cernansky N.P., Petrov E.D., *International of Vehicle Design*, vol. 6. 2, (1985).
3. Henningsen: Hydrocarbon emission from the ignition delay Period in a direct — Injection diesel engine. Paper 84 1361, 1984.
4. Krasowski E., Oyudo E. E., *Maszyny i Ciągniki Rolnicze*, 6 (1988).
5. Krasowski E., Piekarski W., Oyudo E. E., *Maszyny i Ciągniki Rolnicze*, 5 (1988).
6. Krasowski E., *Prace Naukowe Politechniki Lubelskiej* 193, *Mechanika* 45, Lublin 1990.
7. Krasowski E., Sławiński Z., *Badania silników zespołów i elementów*. Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej 1990. *Mechanika*.
8. Mielnik J., *Materiały Elektroniczne*, 1, (1973), 28–32.
9. Piekarski W., Krasowski E., *Maszyny i Ciągniki Rolnicze*, 5 (1987).
10. Silverstein R. M., Bassler G. C., *Spektroskopowe metody identyfikacji związków organicznych*. PWN, 1970.

SUMMARY

The paper presents the application of double-focusing mass spectrometer to evaluate the exploitation of farm tractor engines. Content of carbon dioxide, oxygen, nitric oxide, inburned hydrocarbons and aldehydes in exhaust gas makes the burning process analysis possible. It is also possible to estimate the correctness of engine work and the influence of incorrect work on environment.

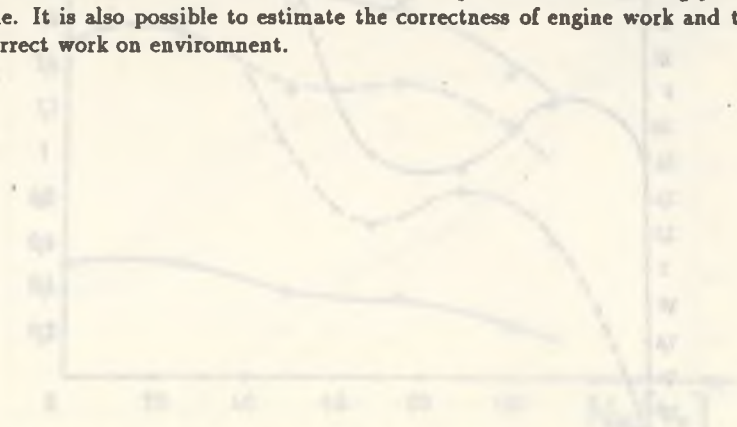


Fig. 2. Dependence of the concentration of carbon dioxide, oxygen, nitric oxide, inburned hydrocarbons and aldehydes on engine speed.

LITERATURE

Wydził artykuły z polskiego przemysłu...
 1. K. Kornarzyński, E. Krasowski, R. Koper, "Zastosowanie spektrometru mas dwukierunkowego do badania spalin z silników diesla", "Prace Instytutu Techniki i Mechaniki", t. 1, z. 1, 1978.
 2. J. Kowalski, "Wpływ prędkości obrotowej na zawieszenie gazowe w spalinach z silnika diesla", "Prace Instytutu Techniki i Mechaniki", t. 1, z. 1, 1978.
 3. M. Nowak, "Analiza gazowa spalin z silnika diesla", "Prace Instytutu Techniki i Mechaniki", t. 1, z. 1, 1978.
 4. R. Koper, "Wpływ prędkości obrotowej na zawieszenie gazowe w spalinach z silnika diesla", "Prace Instytutu Techniki i Mechaniki", t. 1, z. 1, 1978.
 5. E. Krasowski, "Wpływ prędkości obrotowej na zawieszenie gazowe w spalinach z silnika diesla", "Prace Instytutu Techniki i Mechaniki", t. 1, z. 1, 1978.
 6. K. Kornarzyński, "Wpływ prędkości obrotowej na zawieszenie gazowe w spalinach z silnika diesla", "Prace Instytutu Techniki i Mechaniki", t. 1, z. 1, 1978.