

1. WSTĘP

**1.1. Przedmiot normy.** Przedmiotem normy są dopuszczalne stopnie zadymienia spalin szybkoobrotowych silników z zapłonem samoczynnym małej i średniej mocy oraz pomiar ich metodą absorpcji światła.

**1.2. Zakres stosowania normy.** Norma ma zastosowanie przy próbach silników nowo produkowanych, wolnostojących i doładowanych ustawionych na stanowisku dynamometrycznym lub silników zabudowanych w pojeździe.

1.3. Nazwy i określenia

**1.3.1. Stopień zadymienia spalin  $N$**  - ilość pochłoniętego światła przez zanieczyszczenia (cząstki sadzy i inne) znajdujące się w spalinach, określona w % na skali przyrządu pomiarowego dymomierza.

1.3.2. Dopuszczalne stopnie zadymienia spalin

- a)  $N_u$  - dopuszczalna ilość pochłoniętego światła przez zanieczyszczenia spalin silnika pracującego w ustalonych warunkach, określona w % na skali przyrządu pomiarowego,
- b)  $N_p$  - dopuszczalna ilość pochłoniętego światła przez zanieczyszczenia spalin silnika w czasie jego przyspieszeń, określona w % na skali przyrządu pomiarowego.

**1.3.3. Umowne natężenie przepływu spalin  $G_s$**  w  $\text{dm}^3/\text{s}$  określa się wzorem

$$G_s = \frac{V_{ss} \cdot n}{60 \cdot \tau} \quad (1)$$

w którym:

- $V_{ss}$  - objętość skokowa silnika,  $\text{dm}^3$ ,  
 $n$  - prędkość obrotowa wału korbowego, obr/min,  
 $\tau$  - współczynnik uwzględniający liczbę suwów silnika: dla dwusuwu  $\tau = 1$ , dla czterosuwu  $\tau = 2$ .

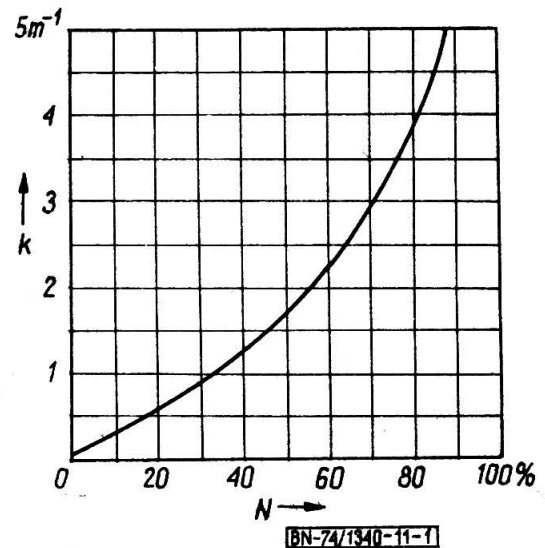
**1.3.4. Współczynnik absorpcji światła  $k$**  w  $\text{m}^{-1}$  - wielkość gęstości optycznej spalin.

Zależność między współczynnikiem  $k$  a stopniem zadymienia  $N$  wyraża się wzorem

$$k = \frac{1}{L} - \ln\left(1 - \frac{N}{100}\right) \quad (2)$$

w którym  $L$  - efektywna długość słupa spalin, m.

Przyjmuje się długość  $L = 0,41$  m, dla której zależność  $k$  od  $N$  podano na rys. 1.



Rys. 1

2. WYMAGANIA

Dopuszczalny stopień zadymienia spalin  $N_u$  nie może przekraczać wartości podanych w tabl. 1, a  $N_p$  nie więcej niż 15% wartości ustalonej przez wytwórcę silnika.

Tablica 1

$G_s$ , $\text{dm}^3/\text{s}$	$N_u$ , %
42 i poniżej	60
50	57
75	51
100	46
150	40
200 i powyżej	35

W przypadku pośrednich wartości  $G_s$ ,  $N_u$  oblicza się przez interpolację według zasady proporcjonalności.

3. BADANIA

**3.1. Przyrząd pomiarowy.** Do pomiaru stopnia zadymienia spalin stosuje się dymomierz, którego działanie oparte jest na zasadzie bezpośredniego pomiaru natężenia światła.

Zgłoszona przez Instytut Lotnictwa  
 Ustanowiona przez Zjednoczenie Przemysłu Lotniczego i Silnikowego PZL dnia 10 października 1974 r.  
 jako norma obowiązująca od dnia 1 stycznia 1976 r.  
 (Dz. Norm. i Miar nr 4/1975 poz. 11)

ta pochłanianego przez słupek spalin wprowadzanych do komory pomiarowej dymomierza.

Dymomierz ten powinien spełniać następujące warunki:

- konstrukcja przyrządu powinna być taka, aby możliwe było napełnianie komory pomiarowej spalinami,
- umożliwiać pomiar temperatury i ciśnienia spalin wchodzących do komory pomiarowej,
- jako źródło światła do prześwietlania spalin w komorze należy stosować żarówkę z włóknem żarzącym o temperaturze  $2800 \div 3250$  K,
- światło pochodzące z innych źródeł niż zainstalowana żarówka nie może zniekształcać wskazań o więcej niż 1%,
- spektralna charakterystyka fotoelementu powinna odpowiadać dziennej krzywej widzenia oka ludzkiego,
- skala pomiarowa urządzenia powinna być liniowa i wy-

szarze temperatur wskazania dymomierza nie mogą różnić się więcej niż o  $N = 2\%$ .

### 3.2. Przygotowanie do pomiarów

**3.2.1. Warunki atmosferyczne przeprowadzania pomiarów.** Wartość  $F$  w zależności od ciśnienia i temperatury powietrza określa wzór

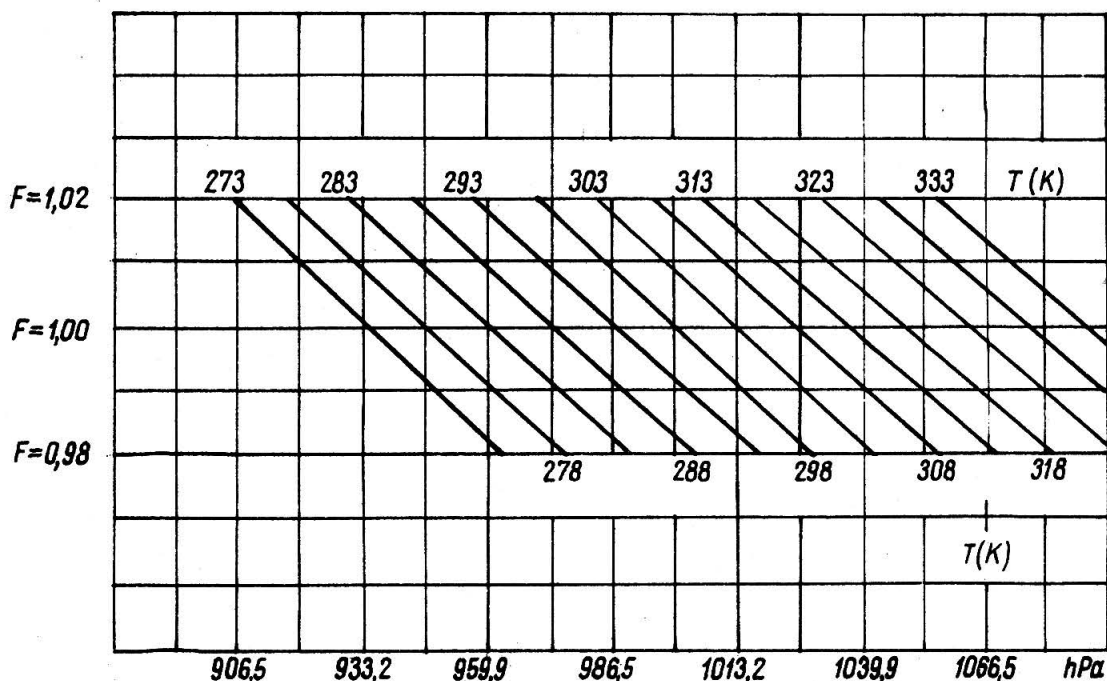
$$F = \left(\frac{999,8}{B}\right)^{0,65} \cdot \left(\frac{T}{298}\right)^{0,5} = 0,98 \div 1,02 \quad (3)$$

w którym:

$B$  - ciśnienie atmosferyczne, hPa,

$T$  - temperatura otoczenia, K.

Wartość  $F$  w zależności od  $T$  i  $B$  podano na nomogramie na rys. 2.



Rys. 2

BN-74/1340-11-2

cechowana w granicach  $0 \div 100$  oraz zapewniać odczyt wielkości  $N$  z dokładnością do 0,5%; dodatkowo przyrząd może być wyposażony w skalę od 0 do  $(m^{-1})$  w absolutnych jednostkach absorpcji światła lub w tablicę przeliczeniową wielkości  $N$  w zależności od współczynnika  $k$ ,

- dokładność wskazań powinna być nie mniejsza niż  $\pm 3\%$ ,
- instalacja elektryczna powinna zapewniać ustawienie wskazówki w położeniu 0 skali przy prześwietlaniu komory napełnionej czystym powietrzem,
- umożliwiać okresowe sprawdzenie dokładności za pomocą kontrolnego filtra optycznego, o wiadomej charakterystyce pochłaniania światła, ustawionego między fotoelementem i żarówką; dla filtra kontrolnego odchyłka wskazań przyrządu nie powinna różnić się o więcej niż  $\pm 2\%$ ,
- w czasie pomiaru ciśnienie spalin w komorze pomiarowej powinno wynosić od 490,3 Pa (50 mm słupa wody) do 735,5 Pa (75 mm słupa wody),
- temperatura spalin w komorze pomiarowej nie może być niższa niż  $70^{\circ}\text{C}$  (343 K) i nie wyższa niż dopuszczalna określona przez wytwórcę urządzenia; w wymienionym ob-

**3.2.2. Przygotowanie przyrządu.** Przed przystąpieniem do pomiarów należy:

- umieścić sondę w osi przekroju swobodnego rury wydechowej, której wlot powinien być ustawiony przeciwnie do kierunku przepływu strumienia spalin; w przypadku przygotowania pomiarów na stanowisku dynamometrycznym (bez oryginalnego układu wydechowego) przekrój pomiarowy powinien znajdować się w odległości  $2 \div 2,5$  m od kolektora spalin, a stanowiskowa rura wydechowa powinna mieć odcinek prostoliniowy o stałej średnicy wewnętrznej  $D$ , przed przekrojem pomiarowym o długości nie mniejszej niż  $6D$  i za przekrojem pomiarowym nie mniej niż  $3D$ ; ograniczyć nadciśnienie w przewodzie wydechowym (np. za pomocą przesłony) przed przekrojem pomiarowym do wartości odpowiadającej nadciśnieniu układu wydechowego (przewidzianego dla sprawdzanego silnika) w warunkach pracy silnika na mocy znamionowej;

- do pomiarów silnika zabudowanego w pojeździe w warunkach przyspieszeń należy umieścić sondę tak, aby jej koniec, przez który wychodzą spaliny, znajdował się w

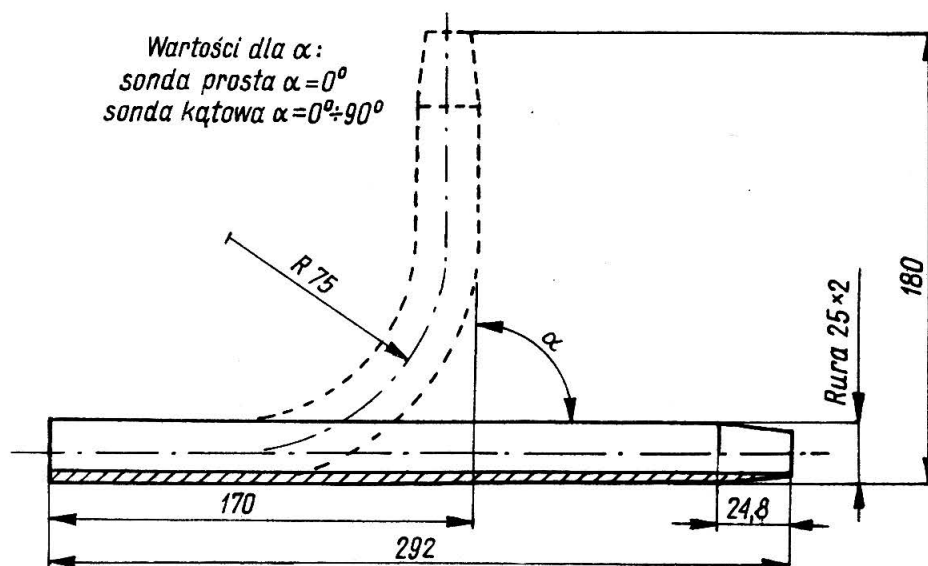
odległości nie mniejszej niż 5 cm od końca rury wydechowej; w przypadku zakończenia rury wydechowej ścięciem pod kątem do jej osi, wymieniona odległość liczy się od miejsca, w którym rura ma pełny walcowy przekrój; odległość wlotu spalin do sondy od przekroju wejściowego prostoliniowego odcinka rury wydechowej za tłumikiem powinna wynosić co najmniej  $6D$ ; w przypadku gdy warunek ten nie jest spełniony – należy przedłużyć rurę wydechową;

c) przewód między sondą i urządzeniem pomiarowym powinien być szczelny, wznosić się do góry i nie mieć ostrych zagięć; łączna suma zagięć przewodu nie powinna być większa niż  $180^\circ$ ; wymiary przewodu powinny być zgodne z tabl. 2.

Tablica 2

Wewnętrzna średnica mm	Próby stanowiskowe		Próby na pojeździe	
	materiał	długość m	materiał	długość m
$25 \pm 2$	rura stalowa	$2,5 \pm 1$	guma silikonowa	$2,5 \pm 0,25$

d) wymiary sondy powinny być zgodne z rys. 3; w przypadku małych średnic rury wydechowej, dopuszcza się średnice sondy mniejsze niż podano na rys. 3.



Rys. 3

BN-74/1340-11-3

e) do pomiarów pracy silnika w ustalonych warunkach dopuszcza się, w celu zmniejszenia pulsacji ciśnień, zainstalowanie zbiornika wyrównawczego o pojemności równej lub większej od pojemności skokowej silnika; zbiornik ten powinien być zamontowany na końcu rury wydechowej.

**3.2.3. Przygotowanie silnika.** Sprawny technicznie silnik powinien być wyregulowany i wyposażony w filtr powietrzny i układ wydechowy. W przypadku braku układu wydechowego powinna być określona w dokumentacji towarzyszącej wartość oporu przepływu spalin oraz średnica rury wydechowej. Silnik powinien osiągnąć, na czas pomia-

rów, stan równowagi cieplnej przewidziany dla jego eksploatacji, pracując na oleju napędowym bez dodatków przeciwdymnych i oleju smarującym, określonymi w dokumentacji. Silnik powinien być zainstalowany na stanowisku dynamometrycznym lub w pojeździe przez niego napędzonym. Dla silników trakcyjnych dopuszcza się zainstalowanie na stanowisku dynamometrycznym silnika wraz ze skrzynką biegów.

### 3.3. Wykonanie pomiarów

#### 3.3.1. Pomiary przy ustalonych warunkach pracy silnika

wykonuje się według następującej kolejności:

a) silnik należy przygotować wg 3.2.3, a przyrząd do pomiarów wg 3.2.2,

b) w czasie pomiarów silnik powinien pracować na charakterystyce pełnej mocy wg PN-71/M-34000,

c) pomiary stopnia zadymienia wykonuje się w 6 równomiernie rozłożonych punktach w zakresie obrotów od znamionowej prędkości obrotowej do 0,45 tej prędkości lub 1000 obr/min, jeżeli te ostatnie są wyższe; dla każdego punktu wykonuje się 3 pomiary,

d) przed każdym pomiarem wskazówkę przyrządu należy ustawić w położenie zerowe; po zakończeniu pomiaru wskazówka powinna wrócić do położenia wyjściowego; w przypadku ustawienia się wskazówki w położenie różne od zera

o więcej niż 1 jednostkę pomiarową, pomiar należy powtórzyć,

e) czas przerwy między dwoma kolejnymi pomiarami nie może być dłuższy niż 1 min,

f) wynik pomiaru stanowi średnia arytmetyczna trzech nie różniących się pomiarów od średniej arytmetycznej więcej niż  $\pm 2$  jednostki pomiarowe ( $\pm 2\%$ ); w przypadku większych różnic pomiar należy powtórzyć.

**3.3.2. Pomiar w czasie przyspieszeń silnika** wykonuje się na nagrzanym silniku w zakresie od minimalnej do maksymalnej prędkości obrotowej, na stanowisku badawczym, przy wyłączonym hamulcu lub na samochodzie.

W celu usunięcia wpływu dawki rozruchowej paliwa na wartość gęstości optycznej gazów wydechowych, należy lekkim naciśnięciem na pedał akceleratora doprowadzić liczbę obrotów biegu jałowego do takiej wysokości, przy której liczbę obrotów reguluje się nie regulatorem, lecz pedałem akceleratora. Następnie pedał akceleratora należy szybko nacisnąć do oporu i wówczas silnik doznaje przyspieszenia do maksymalnej prędkości obrotowej. Przy tym należy odczytać na skali przyrządu pomiarowego maksymalną wartość stopnia zadymienia. Po powrocie wskazówki przyrządu w położenie wyjściowe proces przyspieszania należy powtórzyć 10 razy. Łączny czas 10 pomiarów nie może być dłuższy niż 2 min.

Przed rozpoczęciem i po zakończeniu 10 pomiarów należy sprawdzić zerowe położenie wskazówki. Przy odchyleniu się wskazówki od położenia zerowego należy przeprowadzić jej korektę. Jeżeli po zakończeniu pomiarów odchylenie wskazówki od położenia zerowego będzie większe niż o jedną jednostkę pomiarową (1%), to pomiary należy powtórzyć.

Wynik pomiaru stanowi średnia arytmetyczna ostatnich pięciu pomiarów nie różniących się od średniej arytmetycznej więcej niż  $\pm 4$  jednostki pomiarowe ( $\pm 4\%$ ). W przypadku większych różnic pomiar należy powtórzyć.

#### 3.4. Opracowanie wyników pomiarów

a) Średnia arytmetyczna 3 pomiarów przeprowadzonych wg 3.3.1 dla każdego z 6 punktów stanowi stopień zadymienia w danym punkcie pracy ustalonej silnika. Obliczone wartości nie mogą być wyższe od wymagań podanych w 2.1.

b) Średnia arytmetyczna 5 końcowych pomiarów przeprowadzonych wg 3.3.2 stanowi stopień zadymienia spalin silnika pracującego na przyspieszeniu. Otrzymałą wartość porównuje się z podaną przez producenta silnika.

Wyniki pomiarów zadymienia bez przeprowadzania innych pomiarów podaje się w postaci protokołu (wzór wg załącznika). Natomiast w przypadku gdy pomiary zadymienia prowadzone są wraz z innymi pomiarami - wyniki podaje się w protokole z prób silnika.

K O N I E C

Załącznik

Informacje dodatkowe





Liczba obrotów wałku korbowego obr/min	Zmierzony stopień zadymienia w każdym punkcie charakterystyki			Uśredniona wartość $N$	Dopuszczalny stopień zadymienia $N_u$	Uwagi
	$N_1$	$N_2$	$N_3$			

b) dla silnika na przyspieszeniu

Zmierzony stopień zadymienia										Uśredniona wartość z ostatnich 5 pomiarów $N$	Dopuszczalny stopień zadymienia $N_p$	Uwagi
$N_1$	$N_2$	$N_3$	$N_4$	$N_5$	$N_6$	$N_7$	$N_8$	$N_9$	$N_{10}$			

#### INFORMACJE DODATKOWE

1. Instytucja opracowująca normę - Instytut Lotnictwa.

Anglia BS AU 141a:1971 The performance of Diesel engines for road vehicles

2. Normy związane

PN-71/M-34000 Silniki spalinowe wysokoprężne. Wykonanie charakterystyk

PN-71/M-01502 Silniki spalinowe tłokowe. Nazwy i określenia

4. Autorzy projektu normy - doc. dr hab. inż. A. Kowalewicz, inż. T. Bogiel - Instytut Lotnictwa.

3. Zalecenia międzynarodowe i normy zagraniczne

RWPG PC 4089-73 Двигатели дизельные автомобильные. Дымность отработавших газов. Нормы и методы измерений - норма zgodna.

5. Uwagi do wydania II. Wprowadzono jednostki Międzynarodowego Układu Jednostek Miar SI.