

SILNIKI I MASZYNY ENERGETYCZNE NIEELEKTRYCZNE	NORMA BRANŻOWA	BN-74
	Silniki lotnicze Charakterystyki silników spalinowych tłokowych sprężarkowych i bezsprężarko- wych Określenia	1361-04
		Grupa katalogowa V 10

1. WSTĘP

Przedmiotem normy są określenia dotyczące charakterystyk lotniczych silników spalinowych tłokowych, sprężarkowych i bezsprężarkowych.

2. NAZWY I OKREŚLENIA

2.1. Prędkości obrotowe

(2.1.1) **prędkość obrotowa maksymalna (lub startowa)** n_{max} (lub n_{st}) — największa dopuszczalna prędkość obrotowa wału korbowego, przy której silnik może pracować sposobem ciągłym w czasie 5 min na mocy maksymalnej (lub startowej).

(2.1.2) **prędkość obrotowa nominalna** n_{nom} — prędkość obrotowa wału korbowego, przy której silnik może pracować sposobem ciągłym przez nieograniczony czas na mocy nominalnej.

(2.1.3) **prędkości obrotowe przelotowe** n_p — prędkości obrotowe wału korbowego, przy których silnik może pracować sposobem ciągłym przez nieograniczony czas na mocach przelotowych, określonych przez wytwórcę silnika.

(2.1.4) **nadobroty** n_{nad} — największa dopuszczalna prędkość obrotowa wału korbowego w locie nurkowym, przy której silnik może bez szkody pracować sposobem ciągłym w ciągu 20 s przy najmniejszym otwarciu przepustnicy, przy czym moc silnika nie powinna przekraczać 30% mocy nominalnej.

(2.1.5) **prędkość obrotowa biegu jałowego lub małego gazu** n_{mln} — najmniejsza prędkość obrotowa wału korbowego, przy której silnik może pracować równomiernie bez tendencji do samoistnego zatrzymania się przez co najmniej 5 min przy najmniejszym otwarciu przepustnicy.

2.2. Ciśnienia ładowania

(2.2.1) **ciśnienia ładowania** p_l — ciśnienie powietrza lub mieszanki, mierzone w umownym miejscu układu wlotowego, ustalonym przez wytwórcę dla każdego typu silnika, przy czym dla silników sprężarkowych miejsce umowne powinno znajdować się między sprężarką a wlotem do cylindrów. Określenie wielkości ciśnienia ładowania dla silników bezsprężarkowych jest konieczne w przypadku ich współpracy ze śmigłami o zmiennym skoku.

(2.2.2) **maksymalne ciśnienie ładowania** p_{max} — największe dopuszczalne ciśnienie ładowania, przy którym silnik może pracować sposobem ciągłym w ciągu 5 min na mocy maksymalnej.

(2.2.3) **nominalne ciśnienie ładowania** p_{nom} — największe dopuszczalne ciśnienie ładowania, przy którym silnik może pracować przez nieograniczony czas na mocy nominalnej.

(2.3) **wysokość nominalna** h_{nom} — wysokość określona parametrami wg PN-78/N-03100, na której silnik sprężarkowy wysokościowy przy całkowicie otwartej przepustnicy i ciśnieniu dynamicznym równym zeru uzyskuje nominalne ciśnienie ładowania przy nominalnej prędkości obrotowej wału korbowego.

2.4. Moce

(2.4.1) **moc zredukowana** N_{eo} — moc w kilowatach obliczona w warunkach podanych w PN-78/N-03100 dla wysokości $h=0$ nad poziomem morza wg wzorów:

— przy pełnym otwarciu przepustnicy

$$N_{eo} = N_e \cdot \frac{101,3}{b - \Delta b} \cdot \frac{227 + t}{515} \quad (1)$$

— przy częściowym otwarciu przepustnicy

Zgłoszona przez Instytut Lotnictwa
Ustanowiona przez Zjednoczenie Przemysłu Lotniczego i Silnikowego PZL
dnia 24 stycznia 1974 r.
jako norma obowiązująca w zakresie opracowania dokumentacji technicznej
od dnia 1 kwietnia 1974 r.
(Dz. Norm. i Miar nr 17/1974 poz. 57)

$$N_{eo} = N_e \cdot \frac{b}{b - \Delta b} \cdot \frac{227 + t}{515} \quad (2)$$

w których:

- N_e — moc mierzona, kW,
 b — ciśnienie barometryczne, kPa,
 Δb — prężność pary wodnej w otaczającym powietrzu, kPa,
 t — temperatura powietrza przy wlocie do silnika, K.

(2.4.2) moc maksymalna lub startowa N_{max} , N_{st}

— największa dopuszczalna moc zredukowana jaką silnik może osiągnąć przy maksymalnej prędkości obrotowej i maksymalnym ciśnieniu ładowania — określonych przez wytwórcę — w ciągu 5 min pracy ciągłej¹⁾.

(2.4.3) **moc nominalna przy ziemi N_{nom}** — największa moc zredukowana, jaką silnik może osiągnąć w nieograniczonym czasie pracy ciągłej¹⁾ na wysokości $h=0$ nad poziomem morza przy nominalnej prędkości obrotowej i nominalnym ciśnieniu ładowania, określonych przez wytwórcę.

(2.4.4) **moc nominalna na wysokości $N_{h\ nom}$** — największa moc zredukowana, jaką silnik sprężarkowy wysokościowy może osiągnąć w nieograniczonym czasie pracy ciągłej¹⁾ na wysokości nominalnej h_{nom} nad poziomem morza przy nominalnej prędkości obrotowej i nominalnym ciśnieniu ładowania określonych przez wytwórcę.

(2.4.5) moc przelotowa (lub moce przelotowe)

N_p — moc zredukowana, jaką silnik może osiągnąć w nieograniczonym czasie pracy ciągłej przy prędkości obrotowej i ciśnieniu ładowania określonych przez wytwórcę. Wytwórca może określić jedną lub kilka mocy przelotowych np.: N_{p1} , N_{p2} , N_{p3} ,... Moce przelotowe leżące na krzywej śmigłowej charakterystyki powinny być wyrażone w ułamku (lub w procencie) mocy nominalnej (np. $N_{0,9} = 0,9 N_{nom}$ lub $90\% N_{nom}$).

(2.4.6.) **moc obliczeniowa na wysokości N_h** — moc silnika sprężarkowego wysokościowego w kilowatach przy pełnym otwarciu przepustnicy na wysokości h nad poziomem morza, obliczona wg poniższego wzoru na podstawie mocy zmierzonej na wysokości $h=0$ przy pełnym otwarciu przepustnicy z dławieniem ciśnienia przed wlotem do silnika do ciśnienia odpowiadającego ciśnieniu na wysokości h

$$N_h = N_e \left[1 + 0,00063 \varepsilon^2 (t - t_h) \right] \cdot \left(\frac{227 + t}{227 + t_h} \frac{b - b_h}{466,6} + 1 \right) \quad (3)$$

w którym:

- N_h — moc obliczeniowa na wysokości h , kW,
 N_e — moc mierzona na ziemi, kW,
 t — temperatura powietrza na wlocie do silnika podczas pomiaru, K,
 t_h — temperatura powietrza na wysokości h wg PN-78/N-03100, K,
 b — ciśnienie barometryczne podczas pomiaru, kPa,
 b_h — ciśnienie barometryczne na wysokości h wg PN-78/N-03100, kPa,
 ε — stosunek ciśnienia ładowania do ciśnienia b_h .

(2.5) **jednostkowe zużycie paliwa g_e** — masa paliwa zużywanego przez silnik na jednostkę mocy zmierzonej i jednostkę czasu.

2.6. Krzywe charakterystyczne silników

(2.6.1) **krzywa mocy przy stałym ciśnieniu ładowania** — krzywa przedstawiająca zależność mocy zredukowanej silnika sprężarkowego od prędkości obrotowej wału korbowego przy stałym ciśnieniu ładowania (krzywe: a , a_1 , a_2 , a_3 , ... na rys. 1).

(2.6.2) **krzywa mocy pełnej** — krzywa przedstawiająca zależność mocy zredukowanej silnika bezsprężarkowego od prędkości obrotowej wału korbowego przy pełnym otwarciu przepustnicy bez uwzględnienia ciśnienia dynamicznego powietrza na wlocie do silnika (krzywa a na rys. 2 i 3).

(2.6.3) **krzywe mocy częściowych** — krzywe przedstawiające zależność mocy zredukowanej silnika bezsprężarkowego od prędkości obrotowej wału korbowego przy różnych stałych otwarciach przepustnicy (krzywe: a_1 , a_2 , a_3 ,... na rys. 2 i 3).

(2.6.4) **krzywa śmigłowa** — krzywa przedstawiająca zależność mocy zredukowanej silnika od prędkości obrotowej wału korbowego wg wzoru

$$N_s = C_n^3 \quad (4)$$

w którym C — stała śmigłowa przy stałym skoku śmigła (krzywa a_s na rys. 1, 2 i 3; krzywa a_s na rys. 2 to krzywa śmigłowa dla najmniejszego skoku śmigła).

(2.6.5) **krzywe ciśnienia ładowania** — krzywe przedstawiające zależność ciśnienia ładowania od prędkości obrotowej wału korbowego silnika odpowiednio dla:

- a) krzywej mocy pełnej i krzywych mocy częściowych silnika bezsprężarkowego, współpracującego ze śmigłem o zmiennym skoku (krzywe: b , b_1 , b_2 , b_3 ,... na rys. 2),

- b) krzywej śmigłowej (krzywe b_s na rys. 1 i 2).

¹⁾ Udział czasu pracy silnika na mocach maksymalnej i nominalnej w ogólnym czasie pracy silnika może zostać przez wytwórcę ograniczony w zależności od rodzaju i warunków użytkowania, warunków klimatycznych, okresu międzynaaprawczego itp.

(2.6.6) **krzywe jednostkowego zużycia paliwa** — krzywe przedstawiające zależność jednostkowego zużycia paliwa silnika od prędkości obrotowej wału korbowego odpowiednio:

a) przy stałym ciśnieniu ładowania dla silnika sprężarkowego (krzywe: $c, c_1, c_2, c_3...$ na rys. 1),

b) przy pełnym i częściowych stałych otwarciach przepustnicy dla silnika bezsprężarkowego (krzywe: $c, c_1, c_2, c_3...$ na rys. 2 i 3),

c) dla krzywej śmigłowej (krzywe: c_s na rys. 1, 2 i 3).

(2.6.7) **krzywa mocy przy stałych obrotach**¹⁾ — krzywa przedstawiająca zależność mocy silnika od ciśnienia ładowania przy stałej prędkości obrotowej wału korbowego.

(2.6.8) **krzywa jednostkowego zużycia paliwa przy stałych obrotach**¹⁾ — krzywa przedstawiająca zależność jednostkowego zużycia paliwa od ciśnienia ładowania przy stałej prędkości wału korbowego związana z krzywą mocy wg p. 2.6.7.

(2.6.9) **krzywa wysokościowa** — krzywa przedstawiająca zależność mocy silnika od wysokości jego położenia nad poziomem morza przy stałej prędkości obrotowej wału korbowego i stałym ustawieniu regulatora ciśnienia ładowania (w silnikach sprężarkowych) lub przy pełnym otwarciu przepustnicy (w silniku bezsprężarkowym). Dla silników bezsprężarkowych moc na wysokości w kilowatach oblicza się wg wzoru

$$N_{eh} = N_{eo} \left(1,11 \frac{b_h}{101,3} \sqrt{\frac{288}{T_h}} - 0,11 \right) \quad (5)$$

w którym:

N_{eh} — moc silnika w warunkach określonych przez PN-78/N-03100 na wysokości h nad poziomem morza, kW,

N_{eo} — moc silnika w warunkach określonych przez PN-78/N-03100 na wysokości $h=0$ nad poziomem morza, kW,

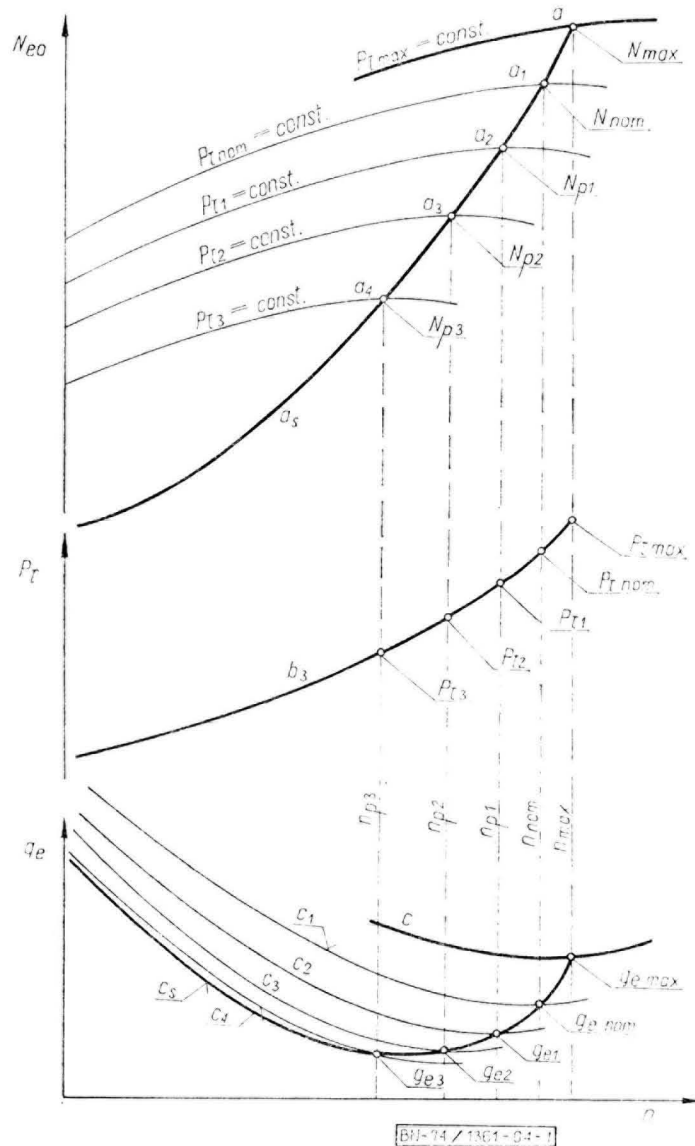
b_h — ciśnienie barometryczne na wysokości h nad poziomem morza wg PN-78/N-03100, kPa,

T_h — temperatura powietrza na wysokości h nad poziomem morza wg PN-78/N-03100, K.

2.7. Wykreślone charakterystyki silników

(2.7.1) **charakterystyka prędkościowa silnika sprężarkowego** — zbiór krzywych mocy przy różnych stałych ciśnieniach ładowania, krzywej

śmigłowej i związanych z nimi krzywych jednostkowego zużycia paliwa i krzywej ciśnienia ładowania (przykład takiej charakterystyki przedstawiono na rys. 1).

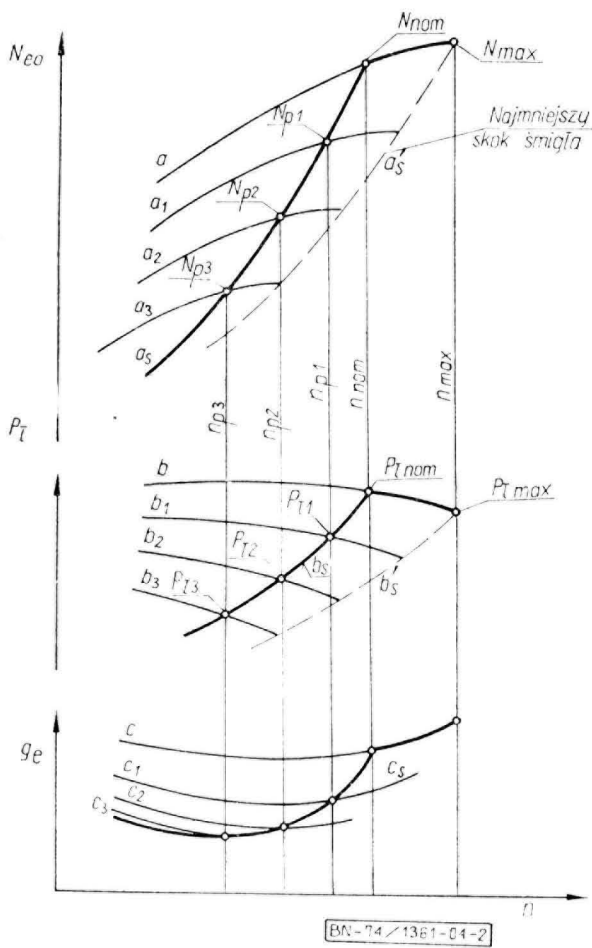


Rys. 1. Przykładowa charakterystyka prędkościowa silnika sprężarkowego

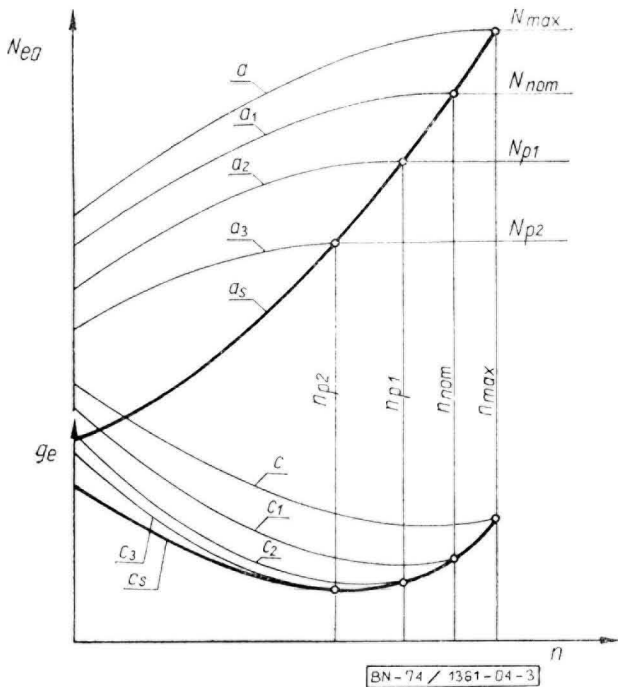
(2.7.2) **charakterystyka prędkościowa silnika bezsprężarkowego współpracującego ze śmigłem o zmiennym skoku** — zbiór: krzywej mocy pełnej, krzywych mocy częściowych, krzywej śmigłowej, krzywych ciśnienia ładowania i krzywych jednostkowego zużycia paliwa (przykład takiej charakterystyki przedstawiono na rys. 2).

(2.7.3) **charakterystyka prędkościowa silnika bezsprężarkowego współpracującego ze śmigłem o stałym skoku** — zbiór: krzywej mocy pełnej, krzywych mocy częściowych, krzywej śmigłowej i krzywych jednostkowego zużycia paliwa (przykład takiej charakterystyki przedstawiono na rys. 3).

¹⁾ Ustala się dla silników współpracujących ze śmigłami o zmiennym skoku.



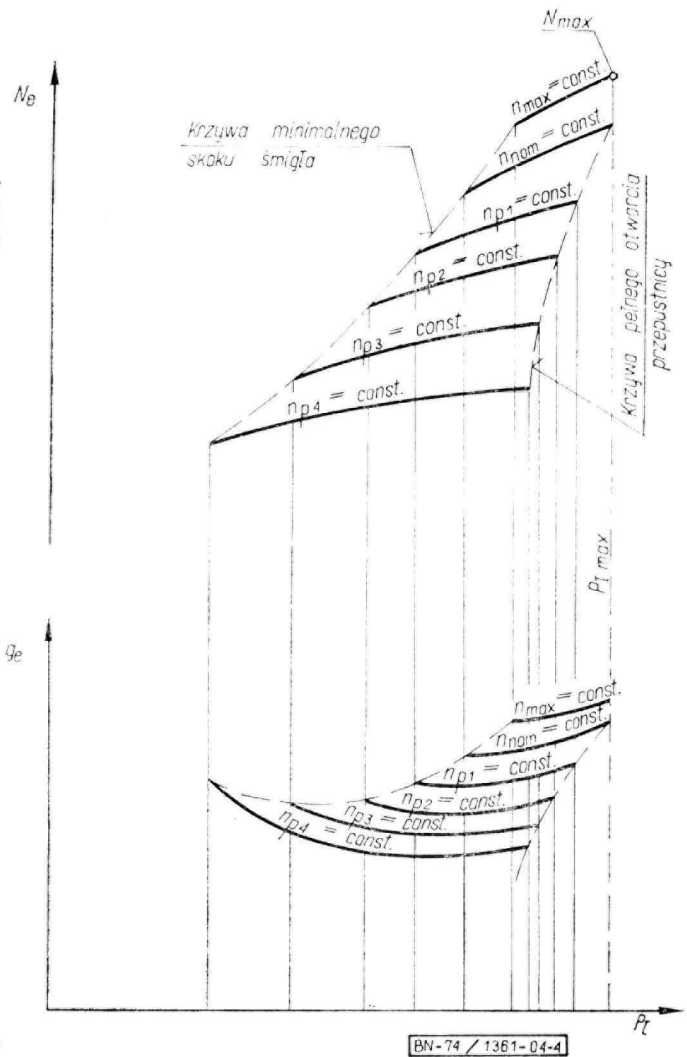
Rys. 2. Przykładowa charakterystyka silnika bezsprężarkowego współpracującego ze śmigłem o zmiennym skoku (bez uwzględnienia ciśnienia dynamicznego powietrza na wlocie do silnika)



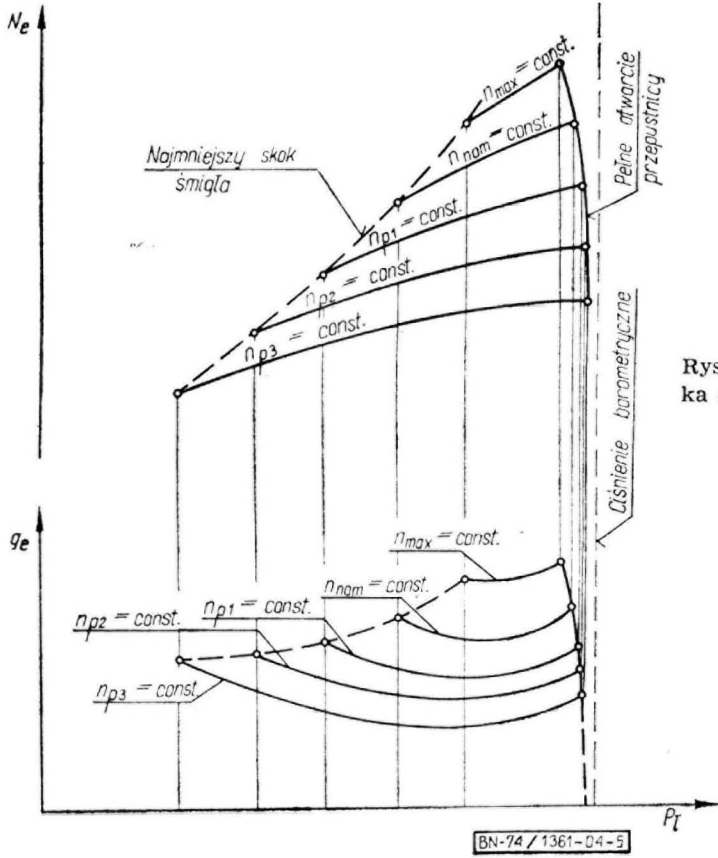
Rys. 3. Przykładowa charakterystyka prędkościowa silnika bezsprężarkowego współpracującego ze śmigłem o stałym skoku (bez uwzględnienia ciśnienia dynamicznego powietrza na wlocie do silnika)

(2.7.4) charakterystyka ciśnieniowa — zbiór krzywych mocy i krzywych jednostkowego zużycia paliwa przy różnych stałych obrotach (przykłady takich charakterystyk przedstawiono na rys. 4 i 5).

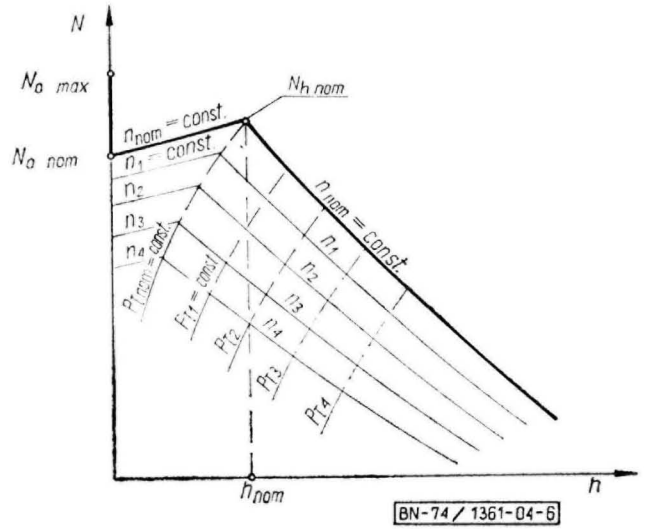
(2.7.5) charakterystyka wysokościowa — zbiór krzywych wysokościowych silnika dla różnych stałych obrotów (przykłady takich charakterystyk przedstawiono na rys. 6 i 7).



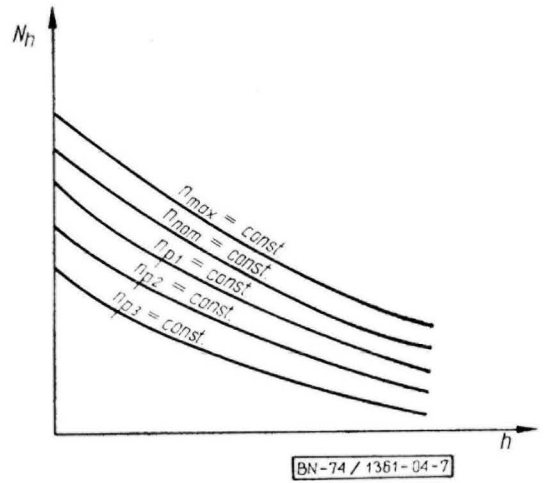
Rys. 4. Przykładowa charakterystyka ciśnieniowa silnika sprężarkowego



Rys. 5. Przykładowa charakterystyka ciśnieniowa silnika bezsprężarkowego współpracującego ze śmigłem o zmiennym skoku (bez uwzględnienia ciśnienia dynamicznego powietrza na wlocie do silnika)



Rys. 6. Przykładowa charakterystyka wysokościowa silnika sprężarkowego (przy ciśnieniu dynamicznym powietrza na wlocie do silnika równym zero)



Rys. 7. Przykładowa charakterystyka wysokościowa silnika bezsprężarkowego (bez uwzględnienia ciśnienia dynamicznego powietrza na wlocie do silnika)

KONIEC

Informacje dodatkowe

INFORMACJE DODATKOWE

1. Instytucja opracowująca normę — WSK, Rzeszów.		krzywa mocy pełnej	2.6.2
2. Istotne zmiany w stosunku do PN-58/L-02009 i PN-58/L-02010		— — przy stałym ciśnieniu ładowania	2.6.1
a) zmieniono terminologię i jednostki dostosowując je do wymagań SI,		— — — stałych obrotach	2.6.7
b) wprowadzono pojęcia krzywych przy stałych obrotach oraz charakterystyki ciśnieniowej.		— śmigłowa	2.6.4
Dotychczas obowiązujące PN-58/L-02009 i PN-58/L-02010 zostają unieważnione z dniem 1 kwietnia 1974 r.		— wysokościowa	2.6.9
3. Normy związane			
PN-78/N-03100 Atmosfera wzorcowa			
4. Skorowidz nazw			
	C		
charakterystyka ciśnieniowa	2.7.4		
— prędkościowa silnika bezsprężarkowego	2.7.2		
— — — — współpracującego ze śmigłem o stałym skoku	2.7.3		
— — — sprężarkowego	2.7.1		
— wysokościowa	2.7.5		
ciśnienie ładowania	2.2.1		
	J		
jednostkowe zużycie paliwa	2.5		
	K		
krzywe ciśnienia ładowania	2.6.5		
— jednostkowego zużycia paliwa	2.6.6		
— — — — przy stałych obrotach	2.6.7		
— mocy częściowych	2.6.3		
		M	
		maksymalne ciśnienie ładowania	2.2.2
		moc obliczeniowa na wysokości	2.4.6
		— maksymalna lub startowa	2.4.2
		— nominalna przy ziemi	2.4.3
		— — na wysokości	2.4.4
		— przelotowa	2.4.5
		— zredukowana	2.4.1
		N	
		nadobroty	2.1.4
		nominalne ciśnienie ładowania	2.2.3
		P	
		prędkość obrotowa biegu jałowego lub małego gazu	2.1.5
		— — maksymalna	2.1.1
		— — nominalna	2.1.2
		— — przelotowa	2.1.3
		W	
		wysokość nominalna	2.3
		5. Uwagi do wydania II. Wydanie II — bez zmian. Uaktualniono normy związane oraz wprowadzono układ jednostek SI.	