

SILNIKI I MASZINY ENERGETYCZNE NIEELEKTRYCZNE	NORMA BRANŻOWA	BN-72 1341-55
	Silniki z zapłonem samoczynnym Turbosprężarki Ogólne wymagania i badania	
		Grupa katalogowa IV 84

1. WSTĘP

1.1. Przedmiot normy. Przedmiotem normy są ogólne wymagania i badania dotyczące turbosprężarek doładowujących silniki z zapłonem samoczynnym wykorzystujących do rozruchu i napędu energię spalin wydechowych tych silników.

1.2. Zakres stosowania normy. Norma ma zastosowanie w zakresie projektowania turbosprężarek wg tabl. 1 i metod badań oraz stanowi podstawę do opracowania norm

przedmiotowych na poszczególne typowielkości turbosprężarek.

2. WYMAGANIA

2.1. Podstawowe parametry turbosprężarek powinny odpowiadać podanym w tabl. 1.

2.2. Liczba odmian różniących się geometrią elementów przepływowych powinna być taka, aby pozwoliła na osiągnięcie żadanego sprężu w całym polu natężeń przepływu danej typowielkości przy zachowaniu wartości sprawności sprężarki i turbiny podanych w tabl. 1.

Tablica 1

Lp.	Określenie parametru turbosprężarki	Typowielkości turbosprężarki											
		65	85	110	140	180	225	280	350	450	560	700	880
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Średnica nominalna wirnika turbosprężarki, mm ¹⁾	65	85	110	140	180	225	280	350	450	560	700	880
2	Największa wartość sprężu całkowitego sprężarki	3, 5											
3	Największa dopuszczalna temperatura całkowita gazów przed turbiną przy nieograniczonym czasie pracy, °C (K)	750 (1023)					650 (923)						
4	Sprawność izentropowa sprężarki w % w parametrach całkowitych przy sprężu 2,5 nie mniejsza od wartości:												
	z dyfuzorem łopatkowym					75	76	77	78	79	80	80	80
	z dyfuzorem bezłopatkowym	65	68	70	72								
5	Największe natężenie przepływu masy powietrza przy sprężu 2,5, kg/h	750	1250	2100	3400	5700	8900	13500	21500	35000	55000	86000	135000
6	Sprawność izentropowa turbiny w % przy parametrach statycznych na wylocie i stopniu rozprężania 2, 5 nie mniejsza od:												
	z turbiną promieniową	68	71	73	75	76	76						
	z turbiną osiową					73	73	73	74	75	76	76	76
7	Minimalny czas pracy łożysk w godzinach, nie mniejszy od	3000					8000						

Zgłoszona przez Instytut Lotnictwa
Ustanowiona przez Zjednoczenie Przemysłu Lotniczego i Silnikowego DELTA dnia 26 lipca 1972 r.
jako norma obowiązująca w zakresie projektowania i metod badań od dnia 1 października 1972 r.
(Dz. Norm. i Miar nr 21/1972 poz. 46)

cd. tabl. 1

Lp.	Określenie parametru turbosprężarki	Typowielkości turbosprężarki											
		65	85	110	140	180	225	280	350	450	560	700	880
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
8	Podstawowe wymiary obrysu nie większe od: ²⁾												
	długość, mm	220	270	310	350	600	780	900	1050	1400	1800	2200	2700
	szerokość, mm	170	200	260	320	380	500	650	800	1100	1400	1700	2200
	wysokość, mm	180	210	290	340	380	500	650	800	1100	1400	1700	2200
9	Największa dopuszczalna masa suchej turbosprężarki bez tłumika i bez filtra na wlocie przy wykonaniu korpusu sprężarki:												
	ze stopu lekkiego z turbiną osiową, kg					150	240	360	600	1200	2100	3600	5000
	ze stopu lekkiego z turbiną promieniową, kg	8	12	20	40	70	105						
	z żeliwa z trubicą osiową, kg					180	280	420	740	1500	2500	4100	5700

1) W odmianach danej typowielkości średnica wirnika sprężarki może się różnić od nominalnej, ale nie więcej niż $\pm 10\%$ dla typowielkości 65 ÷ 350 i nie więcej niż $\pm 15\%$ dla typowielkości 450 ÷ 880.

2) Podstawowe wymiary obrysu nie obejmują wystających śrub, szpilek, wlotu i wylotu sprężarki i turbiny, tłumika wlotowego, przewodów, filtrów oleju i powietrza.

2.3. Natężenie przepływu masy powietrza w odmianach sprężarek danej typowielkości powinno pokrywać pola podane w załączniku 1.

Dopuszcza się wykonywanie odmian o natężeniu przepływu masy powietrza przekraczającym zakres przewidziany w załączniku 1 dla danej typowielkości. Sprawności sprężarki i turbiny mogą być wówczas niższe od podanych w tabl. 1, lecz nie niższe od podanych w dokumentacji uzgodnionej z odbiorcą.

2.4. Okres pracy turbosprężarki do naprawy głównej (wymiana wirnika) nie powinien być krótszy od okresu pracy do naprawy głównej przyjętego dla silnika, na którym jest zabudowana.

2.5. Charakterystyki sprężarki i turbiny oraz parametry w punkcie kontrolnym na tych charakterystykach powinny odpowiadać podanym w dokumentacji technicznej wytwórcy.

2.6. Próba pracy ciągłej oraz zwiększonej prędkości obrotowej nie powinny wykazać żadnych uszkodzeń turbosprężarki.

2.7. Malowanie. Turbosprężarki powinny być malowane farbą odporną na wodę oraz paliwa, oleje i smary.

2.8. Cechowanie. W miejscu wskazanym na rysunku konstrukcyjnym należy w sposób trwały i czytelny umieścić co najmniej następujące dane:

a) znak wytwórcy,

b) umowne oznaczenie turbosprężarki, przyjęte przez wytwórnię,

c) numer kolejny wg numeracji wytwórni,

d) ciężar suchej turbosprężarki,

e) datę produkcji.

3. KONSERWACJA I OPAKOWANIE

Turbosprężarki powinny być zakonserwowane przeciw korozji na okres co najmniej 6 miesięcy od daty wystania z wytwórni i opakowane w sposób zabezpieczający przed uszkodzeniami podczas transportu i przechowywania.

4. BADANIA

4.1. Dokumentacja towarzysząca. Turbosprężarki przeznaczone do badań powinny mieć dokumenty stwierdzające ich zgodność z normami i dokumentacją techniczną. Ponadto do badań niepełnych odbiorczych powinny być dołączone charakterystyki sprężarki i turbiny wykonane wg załącznika 2.

Na charakterystykach powinno być podane, po określeniu zakresu warunków współpracy turbosprężarki z silnikiem, położenie punktów kontrolnych oraz parametry tych punktów.

4.2. Program badań

4.2.1. Badania pełne (próba typu) powinny być przeprowadzane przez wytwórcę przy uruchamianiu produkcji każ-

dej nowej typowości oraz przy całkowitej lub częściowej zmianie konstrukcji lub technologii wykonania sprężarki i turbiny lub układu łożyskowania.

Badania powinny obejmować co najmniej:

- weryfikację dokumentacji technicznej,
- weryfikację części,
- próbę pracy ciągłej,
- próbę zwiększonej prędkości obrotowej,
- wyznaczenie charakterystyk sprężarki i turbiny.

4.2.2. Badania niepełne okresowe (próba seryjna) przeprowadzane na turbosprężarkach każdej typowości produkowanych seryjnie powinny obejmować co najmniej:

- weryfikację części,
- próbę pracy ciągłej,
- próbę zwiększonej prędkości obrotowej,
- wyznaczenie charakterystyk sprężarki i turbiny.

4.2.3. Badania niepełne odbiorcze (próba odbiorcza) obejmują każdy egzemplarz turbosprężarki przy odbiorze. Badania te mogą być przeprowadzone łącznie z próbą kontrolną silnika. Badania powinny składać się co najmniej z: pomiaru parametrów sprężarki i turbiny w punkcie kontrolnym.

4.3. Liczność turbosprężarek do badań niepełnych okresowych. Do badań należy pobrać losowo liczbę turbosprężarek wg tabl. 2.

Tablica 2

Wielkość produkcji rocznej sztuk	Częstotliwość badań nie mniejsza niż	Liczba turbosprężarek przeznaczonych do badań nie mniejsza niż sztuk
do 200	raz na rok	1
ponad 200 do 1000	raz na 6 miesięcy	1
ponad 1000	raz na 4 miesiące	1 sztuka z 500

4.4. Przeprowadzenie badań

4.4.1. Ogólne warunki pomiaru parametrów. Podczas badań należy utrzymywać temperaturę i ciśnienie oleju na wejściu do łożysk oraz temperaturę wody chłodzącej w zakresach określonych w dokumentacji technicznej.

Podczas określania granicy pracy statecznej objętość za sprężarką powinna być mniejsza od objętości układu wlotowego silnika, do którego jest przeznaczona turbosprężarka.

Jako objętość za sprężarką należy przyjmować objętość zawartą między przekrojem wylotowym korpusu sprężarki i przesłoną regulującą ciśnienie w silniku.

Wszystkie odczyty wskazań przyrządów pomiarowych należy przeprowadzać w ustalonych warunkach pracy turbo-

sprężarki, przy czym wahania mierzonych parametrów nie powinny przekraczać dopuszczalnych dokładności pomiarów.

4.4.2. Dokładność przeprowadzania pomiarów

a) pomiary natężenia przepływu masy powietrza lub spalin należy przeprowadzać przy pomocy zwężek (kryzy, dysze), rur pomiarowych o zarysie wlotu wg lemniskaty lub innych przyrządów zapewniających dokładność co najmniej 1,5%,

b) pomiary ciśnień należy przeprowadzać przyrządami zapewniającymi dokładność co najmniej 0,5%, a dla ciśnienia atmosferycznego co najmniej 133 Pa (1 mmHg),

c) pomiary temperatur należy przeprowadzać przyrządami zapewniającymi dokładność co najmniej:

- dla pomiaru różnicy temperatur $\pm 1^{\circ}\text{C}$ (1 K)
- dla pomiaru temperatur całkowitych w sprężarce $\pm 2^{\circ}\text{C}$ (2 K)
- dla pomiaru temperatur całkowitych w turbinie $\pm 10^{\circ}\text{C}$ (10 K)

d) pomiary prędkości obrotowej należy przeprowadzać przyrządami o dokładności co najmniej $\pm 1\%$.

4.4.3. Pomiary ciśnień i temperatur należy przeprowadzać w prostym przewodzie pomiarowym dołączonym do wlotu lub wylotu korpusu sprężarki lub turbiny. Pole przekroju poprzecznego przewodu pomiarowego powinno być stałe i równe odpowiedniemu polu przekroju wlotu lub wylotu korpusu sprężarki lub turbiny.

Odległość przekroju pomiarowego ciśnień od płaszczyzny lub krawędzi wlotu lub wylotu z korpusu sprężarki lub turbiny nie powinna być większa od średnicy koła o polu równym polu przekroju przewodu pomiarowego.

Przekrój pomiarowy temperatur powinien znajdować się za przekrojem pomiarowym ciśnień, patrząc w kierunku przepływu, w odległości zapewniającej niezaburzenie przepływu w płaszczyźnie pomiaru ciśnień.

Wymienione zasady pomiaru ciśnień i temperatur w przypadku wielowlotowych korpusów obowiązują dla każdego wlotu.

W przypadku wielowlotowych korpusów turbin typowości o nominalnej średnicy wirnika sprężarki nie większej niż 140 mm dopuszcza się odstępianie od wymienionych zasad w celu zastosowania pojedynczego prostego przewodu pomiarowego obejmującego wszystkie wloty.

Ciśnienie statyczne należy mierzyć na ściankach przewodu pomiarowego co najmniej w 4 punktach rozmieszczonych równomiernie na obwodzie przekroju pomiarowego i obliczać wartość średnią jako średnią arytmetyczną lub mierzyć tę wartość średnią za pośrednictwem urządzenia uśredniającego.

Ciśnienia i temperatury całkowite należy mierzyć za pomocą sond pozwalających na określenie średniej wartości tych parametrów w ich przekrojach pomiarowych.

4.4.4. Weryfikacja dokumentacji technicznej powinna obejmować co najmniej:

- a) sprawdzenie rysunków, norm i warunków technicznych wg odpowiednich wykazów pod względem kompletności i prawidłowości zatwierdzenia,
- b) sprawdzenie instrukcji eksploatacji pod względem zgodności z wymaganiami zamawiającego.

4.4.5. Weryfikacja części powinna obejmować co najmniej:

- a) sprawdzenie orzeczeń kontroli technicznej części i zespołów pod względem kompletności i zgodności z wymaganiami podanymi w dokumentacji technicznej,
- b) przeprowadzenie kontroli technicznej części i zespołów po badaniach wytrzymałościowych,
- c) sprawdzenie orzeczeń kontroli technicznej pod względem zgodności z dopuszczalnym stopniem zużycia, odkształcenia lub uszkodzenia podanymi w warunkach technicznych.

4.4.6. Próba pracy ciągłej powinna obejmować co najmniej pracę w warunkach odpowiadających nominalnym warunkom pracy silnika, określonym w dokumentacji technicznej, przez czas równy 1% okresu międzynaprawczego, podczas badań niepełnych, okresowych, a przez czas równy 10% okresu międzynaprawczego podczas badań pełnych, jednak nie dłuższy niż 600 h.

4.4.7. Próba zwiększonej prędkości obrotowej powinna obejmować co najmniej 2 h pracy przy maksymalnej temperaturze gazów przed turbiną, dopuszczalnej dla pracy ciągłej i przy prędkości obrotowej większej o 20% od odpowiadającej nominalnym warunkom pracy silnika, określonym w dokumentacji technicznej.

4.4.8. Wyznaczenie charakterystyk sprężarki i turbiny powinno obejmować co najmniej:

- a) pomiar parametrów niezbędnych do określenia: sprężu, sprawności, sprawdzonego natężenia przypyływu masy i sprawdzonej prędkości obrotowej sprężarki oraz stopnia rozprężania i zredukowanego natężenia przypyływu masy przez turbinę,
- b) wykonanie obliczeń i sporządzenie wykresów zależności sprężu od natężenia przepływu masy przez sprężarkę

sprowadzonego do warunków normalnych, przy stałych wartościach sprowadzonej prędkości obrotowej i naniesieniu na tym wykresie linii łączących punkty o stałej sprawności oraz linii ograniczającej zakres statecznej pracy sprężarki,

- c) wykonanie obliczeń i sporządzenie wykresu zależności stopnia rozprężania od zredukowanego natężenia przepływu masy przez turbinę,

- d) obliczanie wielkości potrzebnych do sporządzenia wykresów należy przeprowadzić na podstawie wzorów podanych w załączniku 3.

Wykresy zależności stanowiących charakterystyki sprężarki i turbiny należy sporządzać w układzie podanym przykładowo na rysunkach Z2-1 i Z2-2 załącznika 2.

4.4.9. Pomiar parametrów sprężarki i turbiny w punkcie kontrolnym. W punkcie kontrolnym sprężarki należy pomierzyć parametry niezbędne do określenia sprężu, sprowadzonej prędkości obrotowej i sprowadzonego natężenia przepływu masowego powietrza, określonych wzorami w załączniku 3.

W punkcie kontrolnym turbiny należy pomierzyć parametry niezbędne do określenia stopnia rozprężania i zredukowanego natężenia przepływu masowego spalin, określonych wzorami w załączniku 3.

Położenie punktu kontrolnego na charakterystyce sprężarki i na charakterystyce turbiny oraz szczegółowe warunki pomiaru parametrów powinny być ustalone i uzgodnione z odbiorcą po określeniu zakresu warunków współpracy turbosprężarki z silnikiem.

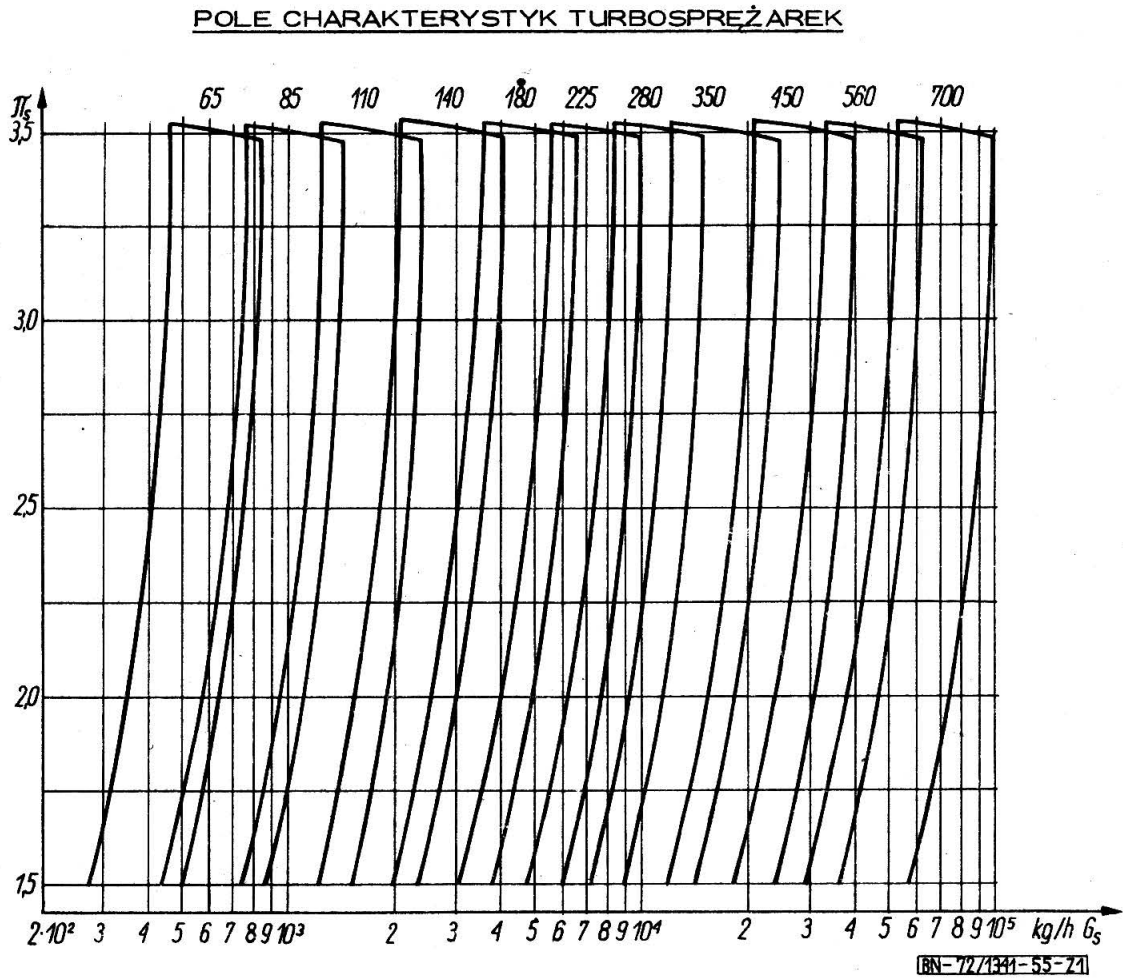
4.5. Zaświadczenie wytwórcy o wynikach badań. Do każdej turbosprężarki wytwórca powinien załączyć zaświadczenie zawierające co najmniej:

- a) nazwę wytwórni,
- b) umowne oznaczenie turbosprężarki,
- c) wyniki badań odbiorczych,
- d) datę produkcji,
- e) stwierdzenie zgodności wykonania z wymaganiami niniejszej normy.

KONIEC

Załączniki

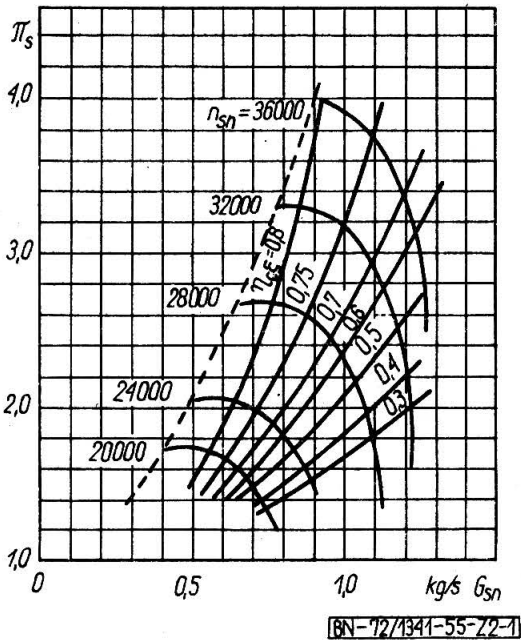
Informacje dodatkowe



Rys. Z1

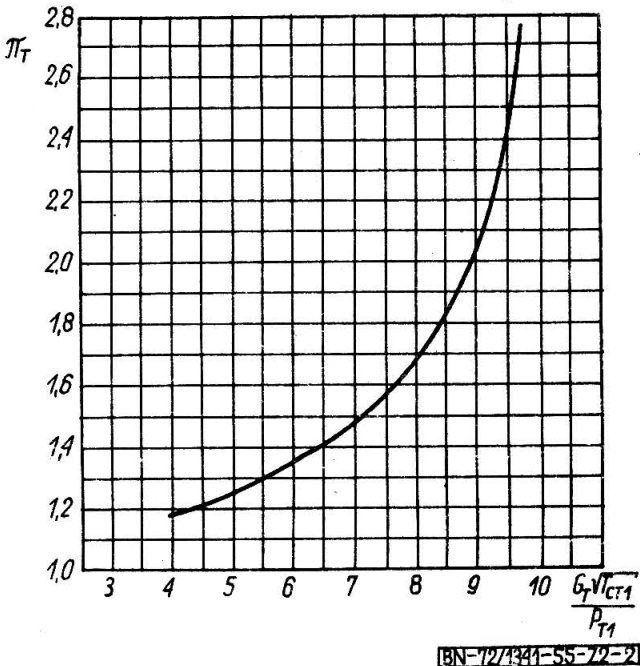
PRZYKŁADY CHARAKTERYSTYK SPREŻARKI I TURBINY
(rys. Z2-1 i Z2-2)

Charakterystyka sprężarki Typ, odmiana
Producent Data badań



Rys. Z2-1

Charakterystyka turbiny Typ, odmiana
Producent Data badań



Rys. Z2-2

WZORY OBLICZENIOWE

a) masowe natężenie przepływu powietrza G_s w kg/s oblicza się wg następujących wzorów:

- w przypadku stosowania zwęzek wg PN-65/M-53950,
- w przypadku stosowania rury pomiarowej o zarysie wlotu wg lemniskaty

$$G_s = B \mu F q(\lambda) \frac{P_a}{\sqrt{RT_a}} \quad (Z3-1)$$

w którym:

$$B = \sqrt{k \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k+1}{k-1}}}$$

k - wykładnik adiabaty dla powietrza; dla $k = 1,4$ $B = 0,683$,

μ - współczynnik skalowania rury lemniskatowej,

F - pole przekroju rury pomiarowej, m^2 ,

P_a - bezwzględna wartość ciśnienia w otoczeniu wlotu pomiarowego, kPa,

T_a - bezwzględna wartość temperatury w otoczeniu wlotu rury pomiarowej, K,

R - stała gazowa, $\frac{J}{kg \cdot K}$,

$q(\lambda)$ - gazodynamiczna funkcja natężenia przepływu określona wzorem

$$q(\lambda) = \left(\frac{k+1}{2} \right)^{\frac{1}{k-1}} \cdot \lambda \cdot \left(1 - \frac{k-1}{k+1} \cdot \lambda^2 \right)^{\frac{1}{k-1}}$$

gdzie:

$$\lambda = \sqrt{\frac{k+1}{k-1} \left[1 - \left(\frac{P_e}{P_a} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]}$$

P_e - bezwzględna wartość ciśnienia statycznego w przekroju pomiarowym rury, kPa;

b) masowe natężenie przepływu sprężarki G_{sn} w kg/s sprowadzone do warunków normalnych p_n i T_n np. do ciśnienia $p_n = 101,3$ kPa i temperatury $T_n = 293$ K

$$G_{sn} = G_s \frac{101,3}{P_a} \sqrt{\frac{T_a}{293}} \quad (Z3-2)$$

c) spręż sprężarki π_s w parametrach statycznych oblicza się ze wzoru

$$\pi_s = \frac{p_{s2}}{p_{s1}} \quad (Z3-3)$$

w którym:

p_{s1} - bezwzględna wartość ciśnienia statycznego na wlocie do sprężarki, kPa,

p_{s2} - bezwzględna wartość ciśnienia statycznego na wylocie ze sprężarki, kPa;

d) spręż sprężarki π_{cs} w parametrach całkowitych oblicza się ze wzoru

$$\pi_{cs} = \frac{p_{cs2}}{p_{cs1}} \quad (Z3-4)$$

w którym:

p_{cs1} - bezwzględna wartość ciśnienia całkowitego na wlocie do sprężarki, kPa,

p_{cs2} - bezwzględna wartość ciśnienia całkowitego na wylocie ze sprężarki, kPa;

e) sprawność sprężarki η_{cs} określona jako stosunek adiabatycznej pracy sprężania powietrza do pracy rzeczywistej oblicza się ze wzoru

$$\eta_{cs} = \frac{T_{cs1} \left(\pi_{cs}^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right)}{T_{cs2} - T_{cs1}} \quad (Z3-5)$$

w którym:

T_{cs1} - bezwzględna temperatura całkowita na wlocie do sprężarki, K,

T_{cs2} - bezwzględna temperatura całkowita na wylocie do sprężarki, K,

k - wykładnik adiabaty dla powietrza;

f) prędkość kątowna n_{sn} w rad/s sprężarki sprowadzona do normalnej temperatury otoczenia T_n . Dla $T_n = 293$ K prędkość ta wynosi

$$n_{sn} = n_s \sqrt{\frac{293}{T_a}} \quad (Z3-6)$$

gdzie n_s - zmierzona prędkość kątowna sprężarki, rad/s;

g) stopień rozprężania π_T w turbinie oblicza się ze wzoru

$$\pi_T = \frac{p_{T1}}{p_{T2}} \quad (Z3-7)$$

w którym:

p_{T1} - bezwzględna wartość ciśnienia statycznego spalin na wlocie do turbiny kPa,

p_{T2} - bezwzględna wartość ciśnienia statycznego spalin na wylocie z turbiny, kPa;

h) natężenie przepływu G_T w kg/s oblicza się ze wzoru

$$G_T = G_s + G_p \quad (Z3-8)$$

w którym G_p - zużycie paliwa w silniku, kg/s;

i) umowne bezwymiarowe natężenie przepływu spalin G_{Tr} oblicza się ze wzoru

$$G_{Tr} = G_T \frac{\sqrt{T_{cT1}}}{p_{T1}} \quad (Z3-9)$$

w którym T_{cT1} - bezwzględna wartość temperatury całkowitej na wlocie do turbiny, K.

INFORMACJE DODATKOWE

1. Instytucja opracowująca normę - Instytut Lotnictwa, Warszawa.

2. Normy zagraniczne

CSRS ČSN 09 7850 Plnici turbodmychadla pro naftove motory vodou chlazené. Základní ustanovení

NRD TGL 13884 Bl. 1. Verbrennungsmotoren. Abgasturbo-lader für Dieselmotoren. Technische Lieferbedingungen

TGL 13884 Bl. 2. Verbrennungsmotoren. Abgasturbo-lader für Dieselmotoren. Prüfung und Abnahme

ZSRR ГОСТ 9658-66 Турбокомпрессоры для наддува дизелей и газовых двигателей. Типы, основные параметры, размеры и технические требования
ГОСТ 10033-68 Турбокомпрессоры для наддува дизелей и газовых двигателей. Методы испытаний

3. Symbol wg SWW - 0719-7.

4. Uwagi do wydania II. Wydanie II - bez zmian. Wprowadzono jednostki układu SI.