

Ryszard PIĄTKOWSKI

Instytut Techniki Ciepłej i Silników Spalinowych  
Politechniki Poznańskiej

## KORELACJA CHARAKTERYSTYK PRZEPŁYWOWYCH STOPNIA DMUCHAWY PROMIENIOWEJ

**Streszczenie:** W pracy przedstawiono korelację wybranych charakterystyk przepływowych kilku przebadanych stopni dmuchawy promieniowej. Celem poszukiwania współzależności między charakterystykami stopnia oraz jego elementami: wirnikiem i dyfuzorem jest zwiększenie pewności metod projektowania oraz sformułowanie zadania optymalizacyjnego.

### Oznaczenia:

- $\beta_2^*$ ,  $\beta_1^*$  - odpowiednio, wylotowy i wlotowy kąt łopatkowy wirnika,  
 $z$  - liczba łopatek wirnika,  
 $D$  - średnica,  
 $u_2$  - prędkość obwodowa na średnicy  $D_2$ ,  
 $b$  - szerokość,  
 $\dot{V}$  - strumień objętości,  
 $\Delta i_c$  - rzeczywisty całkowity przyrost entalpii,  
 $\Delta i_{sc}$  - izentropowy przyrost entalpii całkowitej,  
1,2,3 - indeksy przekroju wlotowego i wylotowego koła wirnikowego.

### 1. Wstęp

W przepływowych maszynach osiowych - dla których teoria palisad łopatkowych jest bardziej rozwinięta niż dla maszyn promieniowych - zagadnienie optymalizacji układów łopatkowych doczekało się kilku różnych ujęć. Dla promieniowych maszyn sprężających prowadzone są liczne prace teoretyczne i eksperymentalne mające na celu wyjaśnienie fizyki zjawisk zachodzących w podstawowych elementach stopnia. Mimo znacznej już wiedzy o przepływie w tych maszynach, zawartej dla potrzeb praktyki w metodach projektowania, niepewność projektowania jest duża. Przyczyną tego jest nie tylko nie w pełni rozpoznany i opisany przepływ w każdym z elementów stopnia ale i ich współoddziaływanie. Dokładniejsza znajomość przepływu w promieniowym kole wirnikowym, dyfuzorze, kolektorze wylotowym i łopatkowych układach regulacyjnych oraz korelacja ich charakterystyk nie tylko zwiększa stopień pewności metod projektowania ale jest pierwszym krokiem do optymalizacji dynamicznej tych maszyn.

### 2. Korelacja wybranych charakterystyk stopnia dmuchawy promieniowej

W pracach [1,2,3,4] zawarte są badania czterech kół wirnikowych o kątach łopatkowych  $\beta_1^* = 45^\circ, 60^\circ, 75^\circ$  i  $90^\circ$ . Każde z kół badane było przy pięciu względnych szerokościach  $b_2/D_2 = 3, 4, 6, 8$  i  $10, 8\%$ . Inne wielkości

geometryczne były następujące: liczba łopatek  $z_w = 16$ , stosunek średnic  $D_1/D_2 = 0,5$ , wlotowy kąt łopatkowy  $\beta_1^* = 30^\circ$ , szerokość wlotowa  $b_1$  równa wylotowej  $b_2$ . Opierając się na badaniach opracowano metodę określania ilości przekazanej energii w wirniku [2,5] w ujęciu zaproponowanym przez Busemanna i rozwiniętym przez S. Tuliszkę. W pracach [4,6] bazując na tych samych badaniach przedstawiona została metoda określania strat przepływu w kole wirnikowym. Teoria dyfuzorów łopatkowych i bezłopatkowych przyjęta do analizy całego stopnia przedstawiona jest odpowiednio w pracach [7,8] i [9].

Podjęto się w oparciu o powyższe prace poszukiwania korelacji charakterystyk przepływowych koła wirnikowego i dyfuzora bezłopatkowego z charakterystykami całego stopnia. W pracach [7,8] pokazano, że dla przyjętego modelu przepływu straty w dyfuzorze bezłopatkowym zależą głównie od czterech zmiennych początkowych, tj. liczby Reynoldsa  $Re_1$ , względnej szerokości  $\bar{b}_2$ , średniego kąta napływu  $\bar{\alpha}_2$  i stosunku promieni dyfuzora  $\bar{r} = r_3/r_2$ .

Dla określonych obrotów wirnika zmiana liczby Reynoldsa jest nieduża. Z wymienionych wyżej zmiennych na pracę wirnika wpływ mają jeszcze dwie zmienne -  $\bar{\alpha}_2$  i  $\bar{b}_2$ . Związane są one z dwoma wskaźnikami powszechnie stosowanymi do opisu przepływu w wirniku, tj. ze wskaźnikiem pracy  $\psi_p$  i wskaźnikiem wydajności  $\psi_{2r}$ .

Zachodzą następujące relacje między nimi

$$\lambda = \operatorname{ctg} \bar{\alpha}_2 = 1/2 \psi_p / \psi_{2r} \quad (1)$$

$$\psi_{2r} \cdot \bar{b}_2 = \frac{\dot{V}_2}{\pi D_2^2 \cdot u_2}$$

Na rysunku 1 przedstawiono charakterystyki  $1/2 \psi_p = f(\psi_{2r})$  i  $1/2 \psi_p = f(\lambda)$  dla zbudowanych kół i względnej szerokości  $\bar{b}_2 = 0,108$ . Obszar "a" - "b" obejmuje podstawowy zakres eksploatacyjny pokazanych charakterystyk. Największą trudność w procesie projektowania sprawia określenie sprawności czy strat przepływu w kole wirnikowym i dyfuzorze oraz określenie położenia maksimum sprawności, czy minimum strat w funkcji na przykład  $\psi_{2r}$ .

Do analiz sprawnościowych wykorzystano funkcje:

- sprawność całego stopnia

$$\eta_{s.c.0-3} = \frac{\Delta i_{s.c.0-3}}{\Delta i_{c.0-2}} \quad (2)$$

- względną stratę przepływu w wirniku

$$\Delta \eta_{0-2} = \frac{h_{0-2}}{\Delta i_{c.0-2}} \quad (3)$$

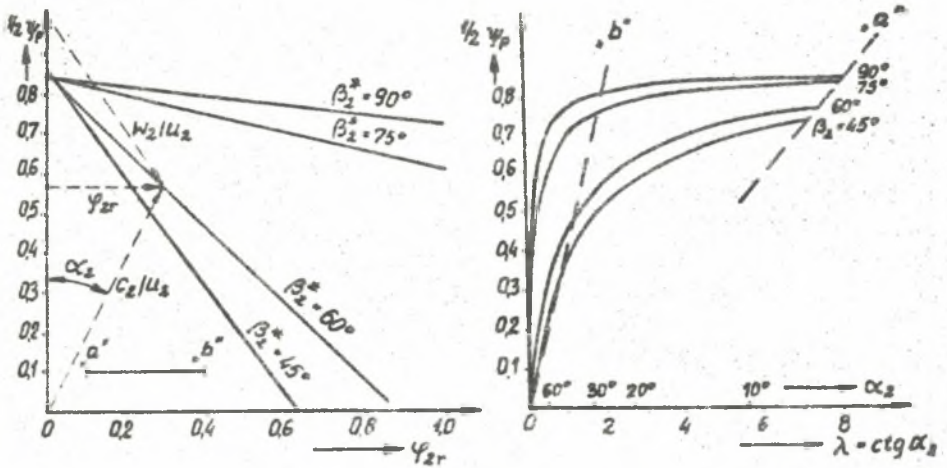
- względną stratę przepływu w dyfuzorze

$$\Delta \eta_{2-3} = \frac{h_{2-3}}{\Delta i_{c.0-2}} \quad (4)$$

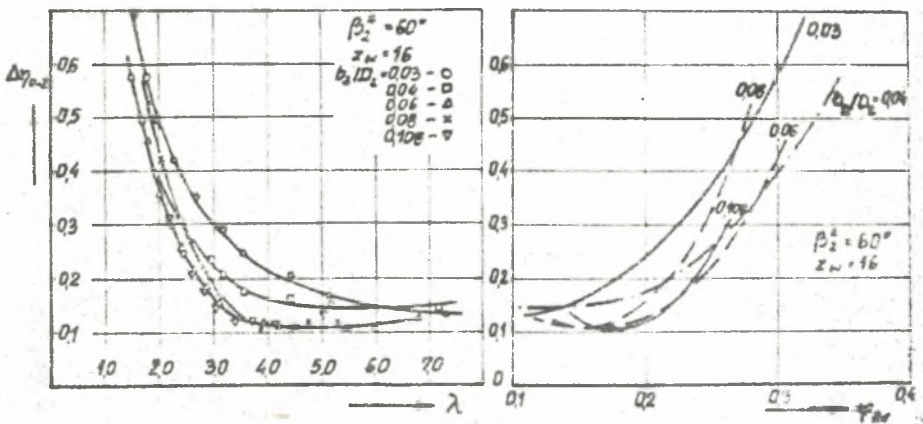
- względną energię wylotową dyfuzora

$$\Delta \eta_{wyl} = \frac{1/2 C_3^2}{\Delta i_{c.0-2}} \quad (5)$$

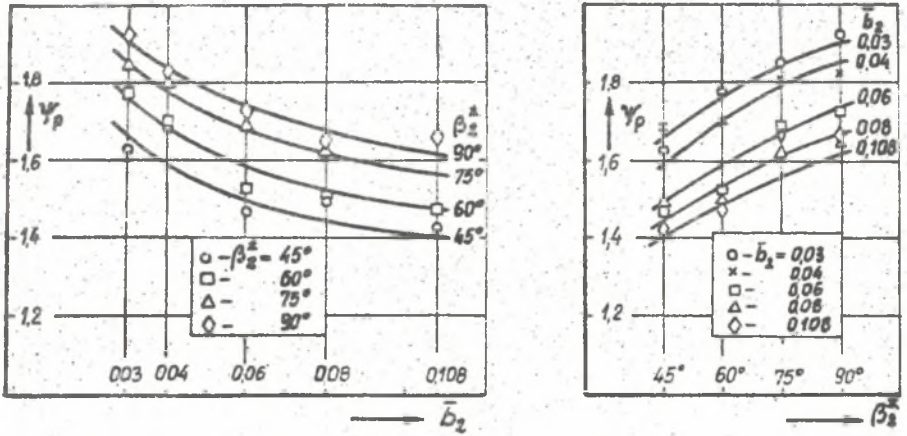
Zachodzi oczywiście relacja



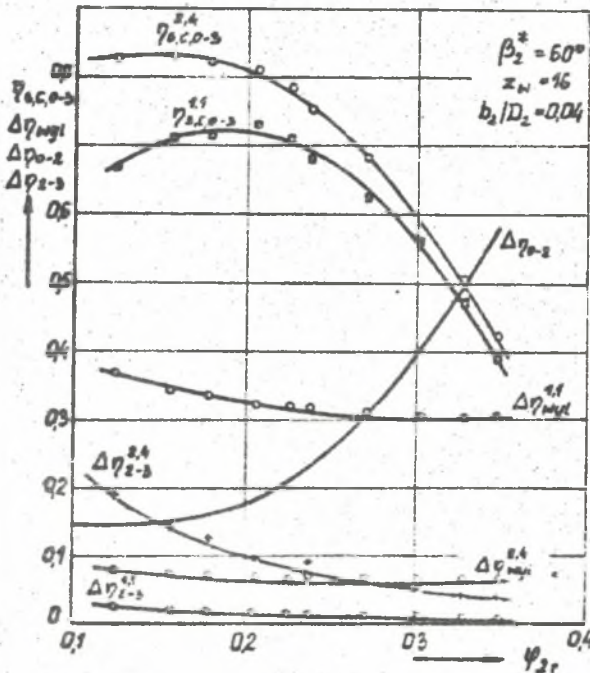
Rys. 1. Charakterystyki  $\frac{1}{2} \varphi_p = f(\varphi_{2r})$  i  $\frac{1}{2} \varphi_p = f(\lambda)$  dla kół o kącie łopatkowym  $\beta_2^* = \text{varia}$  i  $b_2/D_2 = 0,108$



Rys. 2. Względna strata przepływu  $\Delta \gamma_{0-2}$  w funkcji  $\lambda$  i  $\varphi_{2r}$



Rys. 3. Związki  $\psi_p = f(b_2, \beta_2^*)$  odpowiadające  $\Delta\eta_{0-2} = \min$



Rys. 4. Korelacja wybranych charakterystyk stopnia dachowy promieniowej

$$\eta_{s.c.0-3} = 1 - \Delta\eta_{0-2} - \Delta\eta_{2-3} \quad (6)$$

Na rysunku 2 pokazano zmienność  $\Delta\eta_{0-2}$  dla wirnika o kącie łopatkowym:  $\beta_2^* = 60^\circ$  w funkcji  $\eta_{gr}$  i  $\lambda$ . Z analizy takich charakterystyk dla wszystkich zbadanych kół określono wartości  $\eta_p = f(\bar{b}_2, \beta_2^*)$  odpowiadające minimum funkcji  $\Delta\eta_{0-2}$ .

Porównując rysunki 1 i 2, widać, że ze wzrostem kąta  $\beta_2^*$  i ze spadkiem wartości  $\bar{b}_2$ , położenie  $\Delta\eta_{0-2, \min}$ , przesuwa się w kierunku wyższych wartości  $\eta_p$  a więc niższych wartości  $\eta_{gr}$ .

Na rysunku 3 przedstawiono wybrane charakterystyki dla koła wirnikowego o kącie  $\beta_2^* = 60^\circ$  i  $\bar{b}_2 = 0,04$  dla dwóch skrajnych wartości wielkości dyfuzora:  $\bar{F} = 1,4$  i  $\bar{F} = 2,4$ . Widoczna jest wędrowka maksimum sprawności wzdłuż linii przerywanej.

Zaprezentowane korelacje wybranych charakterystyk i innych będących w toku opracowania wymagają głębszej interpretacji. Analiza zmienności pokazanych charakterystyk prowadzi wprost do zagadnienia optymalizacji dynamicznej, tj. z uwzględnieniem zmienności charakterystyk poszczególnych elementów stopnia.

#### LITERATURA

- [1] Praca zespołowa: Badania przepływu przez wirujące wieńce łopatkowe i dyfuzory. Etap VI. Badania kół wirnikowych /klasycznych/  $D_2 = 800$  mm  $\beta_2^* = 60^\circ$  i  $90^\circ$ , Politechnika Poznańska, Instytut Techniki Ciepłej i Silników Spalinowych /ITCİSSp/, Poznań 1976.
- [2] Praca zespołowa: Badania przepływu przez wirujące wieńce łopatkowe i dyfuzory. Etap VII. Badania kół wirnikowych /klasycznych/  $D_2 = 800$  mm  $\beta_2^* = 45^\circ$  i  $75^\circ$ , Politechnika Poznańska, ITCİSSp, Poznań 1976.
- [3] Piątkowski R.: Badania przepływu przez sprężarkowe, promieniowe koło wirnikowe, Dysertacja, Politechnika Poznańska, Poznań 1977.
- [4] Praca zespołowa: Badanie przepływu przez wirujące wieńce łopatkowe i dyfuzory. Etap VII. Badanie kół wirnikowych klasycznych. Metoda wyznaczania strat przepływu. Politechnika Poznańska, ITCİSSp, Poznań 1976.
- [5] Piątkowski R.: Metoda określania ilości energii przekazanej w promieniowym kole wirnikowym /w przygotowaniu/ Poznań 1965.
- [6] Horn St., Walczak J.,  
Organista W.: Straty przepływu w kołach wirnikowych promieniowych maszyn sprężających, Zeszyty Naukowe Politechniki

Poznańskiej Nr 17. s. Maszyny Robocze i Pojazdy,  
Poznań 1978.

- [7] Walczak J.: Metoda obliczania przepływu czynnika nieściśliwego w równoległotarczowym dyfuzorze bezłopatkowym dla modelu z rozwiniętymi warstwami przyściennymi. S. Rozprawy, Politechnika Poznańska, Poznań 1978.
- [8] Piątkowski R.: Uogólnienie metody obliczeń równoległotarczowego dyfuzora bezłopatkowego. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej s: Energetyka /w druku/ 1985.
- [9] Tuliszka E., Sucharski Z., Walczak J., Rybarczyk J.: Sprężarki promieniowe. Zagadnienia przepływowe. Część I. Teoria i badania przepływu przez promieniowe dyfuzory łopatkowe. PAN Oddz. w Poznaniu, PWN, 1983.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Tadeusz Chmielniak

Wpłynęło do redakcji maj 1985 r.

#### КОРРЕЛАЦИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТУПЕНИ РАДИАЛЬНОЙ ВОЗДУХОДУВКИ

#### Р е з ю м е

В работе представлена корреляция некоторых аэродинамических характеристик испытанных радиальных воздуходувок. Цель работы - определение взаимодействия между характеристиками ступени всей воздуходувки и характеристиками таких элементов как роторное колесо и диффузор и возрастание точности методов проектирования и формулировки оптимизационного задания.

#### CORRELATION OF FLOW CHARACTERISTICS OF THE RADIAL BLOWER

#### S u m m a r y

In this paper the correlation of flow characteristics, selected from a few investigated radial blowers, is presented. Correlations between global characteristics of one stage blowers and characteristics of rotors and diffusers is researched for increase reliability of design methods and for the formulation of the optimisation problem.