



Patent dodatkowy
do patentu _____

Zgłoszono: 07.XI.1969 (P 136 763)

Pierwszeństwo: _____

Opublikowano: 1.X.1973

Kl. 27c,12/01

MKP F04d 29/32

UKD

Współtwórcy wynalazku: Andrzej Wszelaczyński, Jerzy Dubrawski,
Ryszard Kaczmarek, Wiesław Kozik

Właściciel patentu: Główny Instytut Górnictwa, Katowice (Polska)

Wieniec łopatkowy wirnika sprężarek i wentylatorów osiowych

1

Przedmiotem wynalazku jest wieniec łopatkowy wirnika sprężarek i wentylatorów osiowych.

Wieniec łopatkowy dotychczas znanych wysoko-sprawnych wentylatorów osiowych projektowane są zgodnie ze znanymi metodami obliczenia wieńców łopatkowych. W metodach tych podstawową wielkością w obliczeniach jest współczynnik cyrkulacji łopatki wirnika przy jej stopie. W obliczeniach zakłada się wartość tego współczynnika albo innych wielkości pozwalających tę wartość jednoznacznie określić, przy czym poszczególne metody podają wzory bądź wytyczne umożliwiające określenie optymalnej lub maksymalnej jego wartości.

Metoda angielska A.R. Howella, uzupełniona przez A.D.S. Cartera wiąże optymalną i maksymalną wartość współczynnika cyrkulacji $C\Gamma$ ze stosunkiem prędkości względnych za wieńcem łopatek W_2 i przed wieńcem łopatek W_1 , podając wzory:

$$C\Gamma_{\text{opt}} = 2,2 \left(\frac{W_2}{W_1} \right)^3 \quad (1)$$

oraz

$$C\Gamma_{\text{max}} = 3,3 \left(\frac{W_2}{W_1} \right)^3 \quad (2)$$

W przypadku, w którym stosunek podanych prędkości wynosi około 0,70 współczynnik cyrkulacji wynosi $C\Gamma_{\text{opt}} \approx 0,752$ oraz $C\Gamma_{\text{max}} \approx 1,13$.

Szwajcarski uczonek W. Traupel, w swej znanej monografii poświęconej cieplnym maszynom przepływowym, uzależnia optymalną wartość współ-

2

czynnika cyrkulacji od kąta zmiany kierunku strumienia, przyjmując:

$C\Gamma_{\text{opt}} \approx 0,8$ gdy kąt zmiany kierunku strumienia jest równy zero

$C\Gamma_{\text{max}} \approx 1,25$ gdy kąt zmiany kierunku strumienia jest równy 50° (3)

Dla kątów większych niż 50° W. Traupel nie podaje danych, ponieważ kąty te nie są w wentylatorach i sprężarkach stosowane.

Metoda obliczania wieńców Wieniga — Eckerta, opisana szczegółowo w monografii B. Eckerta zaleca przyjmować współczynnik cyrkulacji w granicach

$$C\Gamma_{\text{opt}} = 0,8 \div 1,25 \quad (4)$$

B. Eck w swym znanym podręczniku poświęconym wentylatorom, opierając się na badaniach O. Zweifela, wykonanych w firmie BBC-Baden, podaje wzór do określenia optymalnej podziałki łopatek, który po przekształceniu daje optymalną wartość współczynnika cyrkulacji wynoszącą:

$$C\Gamma_{\text{opt}} = (0,9 \div 1,0) - \frac{W_2}{W_1} \quad (5)$$

Dla stosunku prędkości W_2 do W_1 wynoszącego 0,7 optymalna wartość współczynnika cyrkulacji wynosi od 0,63 do 0,7.

A. Betz opierając się na badaniach Himmelskam-pa podaje do obliczenia maksymalnej wartości współczynnika cyrkulacji przy stopie łopatki wzór uwzględniający działanie sił Coriolisa:

$$C l'_{\max} = 1,1 + 1,75 \left(\frac{1}{r}\right)^2 \cdot \cos^4 \beta \quad (6)$$

we wzorze tym l — jest długością cięciwy rozpatrywanego przekroju łopatki, r — promieniem, na którym znajduje się ten przekrój, β — kątem między kierunkiem cięciwy łopatki a płaszczyzną wirowania wirnika. W wentylatorach z reguły stosunek (l/r) jest przy stopie łopatki nie większy niż 0,5 zaś kąt β jest nie mniejszy niż 20° . Przeto maksymalny współczynnik cyrkulacji obliczony ze wzoru (6) jest nie większy niż 1,40.

S. Lieblein i jego współpracownicy, opierając się na bardzo obszernych badaniach wykonanych w USA w National Advisory Committee for Aeronautics i na teoretycznych rozważaniach wyprowadzili wzór przyjęty w wielu krajach, między innymi w Polsce dając się sprowadzić do następującej postaci:

$$C \Gamma_{\text{opt}} = 4 \sqrt{\frac{W_1}{W_2}} \cdot \left(\frac{W_2}{W_1} - 0,4 \right) \quad (7)$$

W przypadku, w którym stosunek prędkości wylotowej W_2 do wlotowej W_1 wynosi 0,70 optymalny współczynnik cyrkulacji obliczony ze wzoru (7) wynosi około 1,4.

Na ogół stosowana jest metoda A. R. Howella i A.D.S. Cartera omówiona wyżej wraz z zaleceniem, co do optymalnego współczynnika cyrkulacji, wynikającym ze wzoru (1) podanego wyżej. K. A. Uszakow, I.W. Brusilowski i A.R. Buszel w swej wyczerpującej monografii poświęconej aerodynamice osiowych wentylatorów zalecają przyjmować nieco większe wartości współczynnika cyrkulacji niż inni uczeni, a mianowicie zalecają przyjmować przy stopie łopatki.

$$C \Gamma_{\text{opt}} = 1,0 \div 1,2 \quad (8)$$

przy wierzchołku łopatki

$$C \Gamma_{\text{opt}} = 0,6 \div 0,7 \quad (9)$$

Wszystkie podane metody, jak również inne znane metody, których tu nie podano, określają optymalną lub maksymalną wartość współczynnika cyrkulacji przy stopie łopatki lub określają sposób obliczania tej wartości, przy czym zalecana przez te metody wartość nie przekracza około 1,25 do 1,4 przy stosunku prędkości wylotowej od wlotowej wynoszącym 0,7. Metody te, zalecając podaną wartość współczynnika cyrkulacji, uniemożliwiły uzyskanie takiego ukształtowania wieńca łopatkowego wirnika, które zapewniłoby optymalne własności wentylatora.

Jeżeli wartość współczynnika cyrkulacji przy stopie łopatki zawarta jest w granicach zalecanych przez poszczególne metody, to metody te dają również wytyczne co do sposobu określenia głównych parametrów konstrukcyjnych wieńca łopatkowego. Wyjście natomiast poza ramy doświadczeń i zaleceń tych metod powodowało ujemne rezultaty. Znane są wentylatory o takich proporcjach wieńca łopatkowego, że współczynnik cyrkulacji łopatek wirnika przekracza wartości zalecane w cytowanych metodach. Wentylatory te jednak mają albo niską sprawność albo niekorzystną charakterystykę spiętrzenia, z której tylko krótka część nadaje się do praktycznego zastosowania, albo zarówno niską

sprawność jak i niekorzystną charakterystykę spiętrzenia. W wentylatorach, w których tylko krótka część charakterystyki spiętrzenia nadaje się do praktycznego zastosowania powstaje konieczność indywidualnego, bardzo dokładnego projektowania wentylatora do określonej sieci wentylacyjnej, a poza tym powstaje często konieczność późniejszego przebudowywania wentylatora, jeżeli — jak to się często zdarza — spiętrzenie i wydajność wentylatora, przewidywane przy jego zamówieniu różnią się od rzeczywiste potrzebnych spiętrzeń i wydajności.

Istnieje wiele parametrów konstrukcyjnych wieńca łopatkowego, określających jego proporcje, które to parametry mogą być zmieniane. A mianowicie:

- 1) kąt wygięcia szkieletowej łopatki „ τ ”,
- 2) kąt między cięciwą profilu, a kierunkiem średniej prędkości, zwany kątem natarcia profilu „ i ”,
- 3) względna podziałka łopatek czyli stosunek odległości sąsiednich łopatek do cięciwy (t/l).

Parametry te mogą być zmieniane tworząc bardzo dużą ilość możliwości ich wyboru. Do tego dochodzi jeszcze możliwość zmiany tych parametrów w zależności od promienia, możliwość zmiany liczby łopatek (bez zmiany względnej podziałki), zmiany odległości kierownicy od wirnika itd. W przypadku wyboru współczynnika cyrkulacji poza granicami określonymi przez poszczególne metody nie dają one wytycznych co do optymalnej wartości parametrów konstrukcyjnych, wskutek czego konstruktor jest zmuszony do intuicyjnego wyboru ich wartości. Ponieważ zaś możliwości wyboru jest bardzo wiele, więc istnieje mała szansa, że konstruktor wybierze optymalną wartość wszystkich parametrów konstrukcyjnych.

Celem wynalazku jest stworzenie wentylatora mającego wysoką sprawność, korzystną charakterystykę spiętrzenia, małą liczbę łopatek wirnika, małą hałaśliwość i małe naprężenie we wieńcu wirnika, a także — jeżeli wentylator ma mechanizm do obrotu łopatek wirnika w ruchu — małe naprężenia w elementach tego mechanizmu.

Cel ten został osiągnięty według wynalazku przez ustalenie optymalnych wartości parametrów konstrukcyjnych wieńca łopatkowego wirnika, przy których kąt „ τ ” wygięcia szkieletowej profilu przy stopie łopatki wynosi 85° dla znamionowego lokalnego wskaźnika spiętrzenia przy stopie łopatki równego $1,9 \pm 10\%$ oraz 50° dla znamionowego lokalnego wskaźnika spiętrzenia przy stopie łopatki równego $1,3 \pm 10\%$, dla pozostałych zaś wartości lokalnego wskaźnika spiętrzenia przy stopie łopatki kąt „ τ ” jest zależny od nich w przybliżeniu liniowo, przy czym względna podziałka (t/l) przy stopie łopatki wynosi $1,0 \pm 20\%$ przez co współczynnik cyrkulacji przy stopie jest równy od 1,5 do 2,2, korzystnie około 1,8. We wieńcach łopatkowych o optymalnych parametrach według wynalazku możliwe jest uzyskanie bardzo dużych, niespotykanych dotychczas wartości współczynnika cyrkulacji łopatek, dzięki czemu małe są straty przepływowe w wieńcu łopatkowym wirnika wentylatora i tym samym wysoka sprawność wentylatora. Względna podziałka wieńcowa łopatkowego wirnika jest — przy określonych parametrach pracy wentylatora — proporcjonalna do współczynnika cyrkulacji. Jeżeli

współczynnik ten jest duży, to względna podziałka jest duża, na skutek tego liczba łopatek jest mała, co zmniejsza koszt wentylatora, a także korzystnie wpływa na widmo hałasu wentylatora, przesuując najgłośniejsze tony w kierunku małych częstotliwości mniej uciążliwych do zniesienia dla ucha ludzkiego.

Wieniec łopatkowy według wynalazku jest uwi-doczniony w przykładzie wykonania na rysunku, który przedstawia rozwinięcie na płaszczyznę przekroju wieńca łopatkowego na promieniu wewnętrznym, przy stopach łopatek, wykonanego powierzchnią walcową w sposób powszechnie praktykowany.

W wyniku badań i doświadczeń ustalono, że współczynnik cyrkulacji przy stopie łopatki powinien wynosić 1,5 do 2,2 najlepiej 1,8. Dalej ustalono, że kąt τ wygięcia szkieletowej profilu łopatki przy jej stopie powinien wynosić od 50° do 85° , przy czym optymalna wartość tego kąta wynosi około 85° , dla znamionowego lokalnego wskaźnika spiętrzenia wynoszącego przy stopie łopatki $1,9 \pm 10\%$ oraz około 50° dla znamionowego lokalnego wskaźnika spiętrzenia przy stopie łopatki wynoszącego $1,3 \pm 10\%$, zależność zaś między podanym kątem a podanym wskaźnikiem spiętrzenia jest w przybliżeniu liniowa. Następnie ustalono, że względna podziałka t/l wieńca na poszczególnych promieniach, obliczona znanymi metodami na przykład metodą Weiniga-Eckerta powinna przy piąście wirnika wynosić około $1,0 \pm 20\%$ i powinna mieć taką wartość, aby współczynnik cyrkulacji przy stopie łopatki wynosił od 1,5 do 2,2 najlepiej około 1,8.

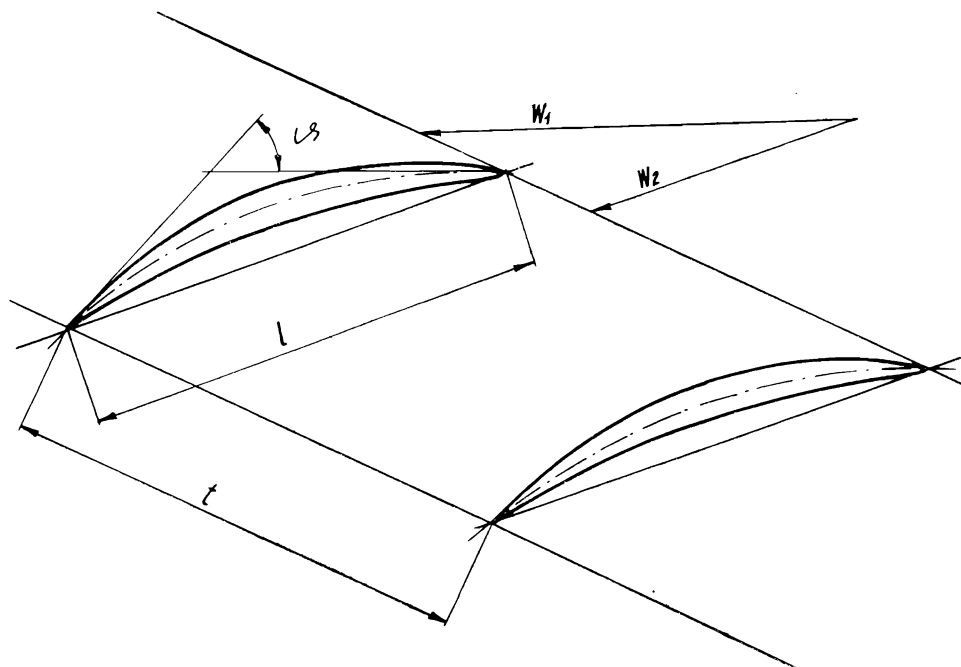
Przy tak dobranych wartościach parametrów konstrukcyjnych okazało się nieoczekiwanie, że można uzyskać dotąd nie uzyskane własności wentylatora jak wysoką sprawność, korzystny kształt

charakterystyki spiętrzenia i małą liczbę łopatek wirnika co w konsekwencji powoduje małą hałaśliwość wentylatora, małe naprężenie w bębnie wirnika, a także małe naprężenia w elementach mechanizmu do obracania w ruchu łopatek wirnika, jeżeli wentylator jest w taki mechanizm wyposażony.

Znane są wprowadzić wieńce łopatkowe, mające kąt wygięcia szkieletowej łopatki przy piąście dochodzący do około 60° , jak również wieńce mające przy stopie łopatki podziałkę około 1,1, ale podana kombinacja tych wielkości i to taka, aby współczynnik cyrkulacji łopatki przy stopie wynosił 1,5 do 2,2, nie była dotychczas w praktyce stosowana i dlatego nie osiągnięto dotychczas wentylatorów mających wysoką sprawność i korzystną charakterystykę spiętrzenia przy małej ilości łopatek i dużej wartości współczynnika cyrkulacji, przekraczającej znacznie wartości wynikające z dotychczas znanych metod obliczania i projektowania wieńców łopatkowych wirników sprężarek i wentylatorów osiowych.

Zastrzeżenie patentowe

Wieniec łopatkowy wirnika sprężarek i wentylatorów osiowych, **znamienny tym**, że kąt (τ) wygięcia szkieletowej profilu przy stopie łopatki wynosi 85° dla znamionowego lokalnego wskaźnika spiętrzenia przy stopie łopatki równego $1,9 \pm 10\%$ oraz 50° dla znamionowego lokalnego wskaźnika spiętrzenia przy stopie łopatki równego $1,3 \pm 10\%$, dla pozostałych zaś wartości lokalnego wskaźnika spiętrzenia przy stopie łopatki kąt (τ) jest zależny od nich liniowo, przy czym względna podziałka (t/l) przy stopie łopatki wynosi $1,0 \pm 20\%$, przez co współczynnik cyrkulacji łopatki przy stopie jest równy od 1,5 do 2,2, korzystnie około 1,8.



Cena zł 10,—