

Edward WANIEK, Ryszard WYSZYŃSKI

Politechnika Wroclawska

ANALIZA WPLYWU NIEKTÓRYCH PARAMETRÓW KONSTRUKCYJNYCH
NA OSIĄGI AERODYNAMICZNE WENTYLATORA POPRZECZNEGO

Streszczenie. W oparciu o uzyskane wyniki pomiarów o charakterystyk wyznaczono przedział optymalnego wypełnienia wieńca łopatkowego oraz stwierdzono, że praca wentylatora poprzecznego zależy w głównej mierze od parametrów geometrycznych obudowy.

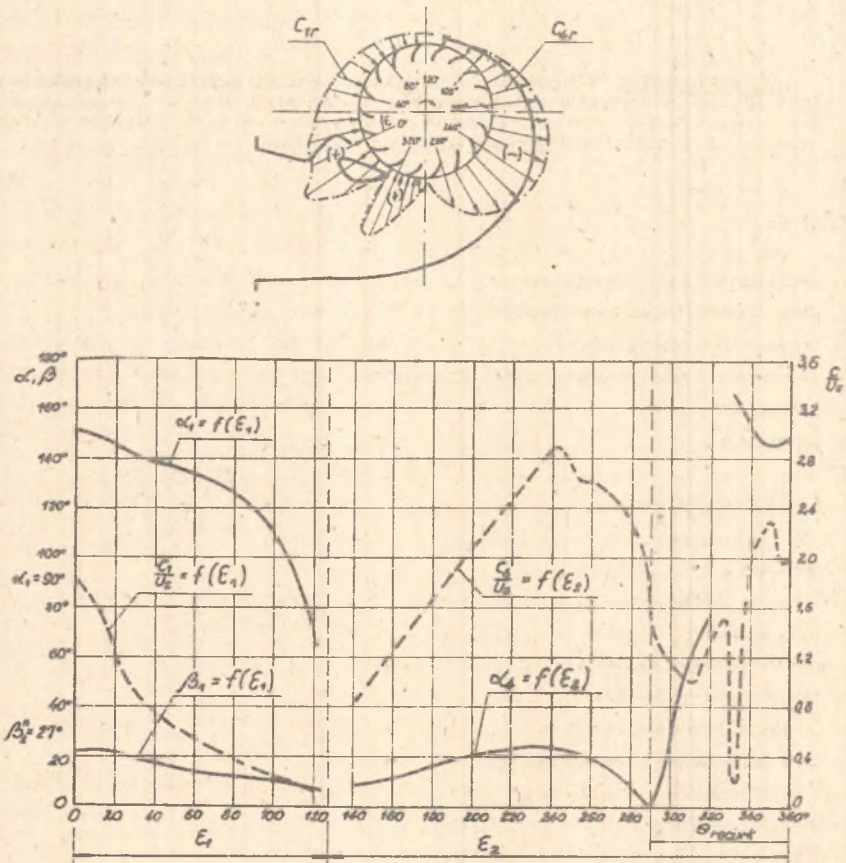
Oznaczenia

- B - szerokość koła wirnikowego
- \bar{b} - szerokość względna wirnika
- \underline{c} - prędkość bezwzględna
- d - stosunek średnic koła wirnikowego
- D - średnica
- l - cięciwa
- N - moc
- n - prędkość obrotowa
- Δp - spiętrzenie
- R - promień
- Re - liczba Reynoldsa
- t - podziałka
- u - prędkość obwodowa
- w - prędkość względna
- z - liczba łopatek wirnika
- α - kąt prędkości bezwzględnej
- β - kąt prędkości względnej
- β^* - kąt łopatkowy
- δ - wypełnienie wieńca łopatkowego
- ϵ_1 - kąt łuku wlotu
- ϵ_2 - kąt łuku wylotu
- η - sprawność
- φ - wskaźnik wydajności
- ν - lepkość kinematyczna
- ψ - wskaźnik spiętrzenia

- ρ - gęstość czynnika
 θ_{recyrk} - kąt recyrkulacji wewnętrznej.

1. Wprowadzenie

Zasada działania wentylatora poprzecznego znana jest od końca ubiegłego wieku. Pierwszy wentylator poprzeczny opatentowany został w 1892 roku przez Paula Mortiera.



Rys. 1. Obraz przepływu w wentylatorze poprzecznym

Obecne znane konstrukcje wentylatorów poprzecznych dość znacznie odbiegają od prototypu Mortiera. Jednakże, mimo dużej ilości badań i studiów prowadzonych w różnych zagranicznych ośrodkach naukowych, nie udało się dotychczas uzyskać dostatecznie dokładnych metod obliczeniowych tych

maszyn. W związku z tym konstrukcje wentylatorów poprzecznych buduje się prawie wyłącznie na podstawie badań eksperymentalnych.

W porównaniu z wentylatorami promieniowymi lub osiowymi, wentylatory poprzeczne charakteryzują się zupełnie odmiennym, bardziej skomplikowanym obrazem przepływu. Z rys. 1 wynika, że występuje dwukrotny przepływ czynnika przez kanały międzyłopatkowe wirnika. Przez określoną część ułopatkowania czynnik wpływa do wnętrza wirnika, gdzie z powodu istnienia strefy wirowej zmienia kierunek i wypływa przez inną określoną część obwodu wirnika. Wieniec łopatkowy odpowiadać więc musi warunkom przepływu dośrodkowego i odśrodkowego.

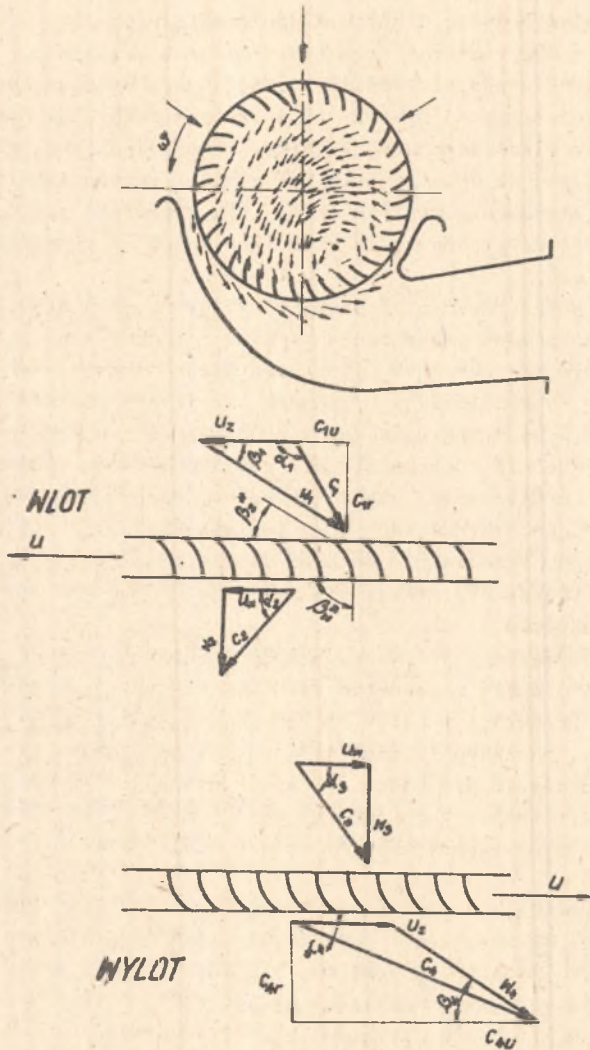
Z przepływem poprzecznym nierozzerwanie związana jest strefa wirowa, zajmująca część przestrzeni wewnętrznej wirnika i powodująca recyrkulację czynnika na pewnym odcinku łuku wylotowego wieńca łopatkowego. Ze wzrostem dławienia obszar recyrkulacyjny powiększa się i równocześnie jądro wiru przemieszcza się wzdłuż krawędzi wewnętrznej wirnika w kierunku przeciwnym do kierunku obrotów. Dotychczas nie zostało jeszcze rozwiązane istotne dla przepływu poprzecznego zagadnienie, czy wir tworzy się w wyniku przepływu dośrodkowo-odśrodkowego, czy też przepływ jest skutkiem istnienia jądra wirowego. Niezależnie od tego należy stwierdzić, że wskutek istnienia strefy wirowej, kształtuje się specyficzny dla wentylatora poprzecznego obraz przepływu.

Mimośrodowy wewnętrzny wir mocno przecina układ łopatkowy i decyduje o przepływie na zewnątrz i wewnątrz wirnika. Na rys. 2 przedstawiono przykładowo rozkład prędkości i kątów wzdłuż obwodu zewnętrznego wirnika [1]. Zauważyć należy, że obecność przepływu recyrkulacyjnego oraz bardzo silnie zróżnicowanego pola prędkości i ciśnienia powoduje, że określenie na drodze teoretycznej związków zachodzących między kinematyką przepływu poprzecznego i wielkościami geometrycznymi układu łopatkowego napotyka na duże trudności.

Wentylatory poprzeczne posiadają jednak liczne korzystne własności, jak wysokie wskaźniki śpiętrzenia i wydajności, małe w porównaniu do mocy gabaryty, możliwość zwiększenia wymiarów osiowych wirnika oraz proporcjonalne do szerokości wirnika natężenia przepływu.

Szpecially cenną zaletą jest możliwość uzyskania zmian wydajności liniowo proporcjonalnych do zmian szerokości koła wirnikowego. Wynika to z charakteru przepływu poprzecznego, mającego własności przepływu płaskiego. Jednak wskutek oddziaływania na przepływ rzeczywisty tarz bocznych wirnika nie występują liniowo proporcjonalne zmiany objętościowego natężenia przepływu w całym zakresie zmian szerokości wieńca. Zjawisko to występuje w wirnikach o szerokości względnej $\bar{b} = \frac{BD}{z}^{-1} < 0,8$ [5].

Mimo niewątpliwych zalet, wentylatory poprzeczne nie są rozpowszechnione w kraju. Dysponujemy bowiem zbyt ubogim materiałem teoretycznym i doświadczalnym, mającym stanowić punkt wyjścia przy wyznaczeniu optymalnych wielkości konstrukcyjnych tych maszyn. Zachodzi więc konieczność prowadzenia systematycznych prac badawczych.



Rys. 2. Rozkład prędkości i kątów wzdłuż obwodu zewnętrznego wirnika wg badań Engelhardta [1]

W Instytucie Techniki Ciepłej i Mechaniki Płynów Politechniki Wrocławskiej opracowany został program obejmujący badania teoretyczne i doświadczalne nad optymalizacją konstrukcji wentylatorów poprzecznych. Z wynikami niektórych prac doświadczalnych zapoznaje niniejsza praca, w której przedstawiono wpływ stosunku średnic wirnika, liczby łopatek, kształtu obudowy oraz prędkości obrotowej na przebieg charakterystyk wentylatora poprzecznego.

2. Charakterystyki badanych wentylatorów poprzecznych

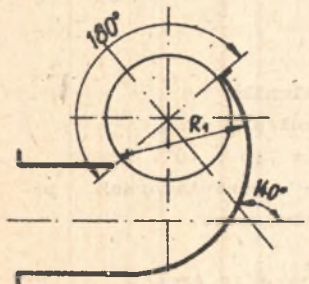
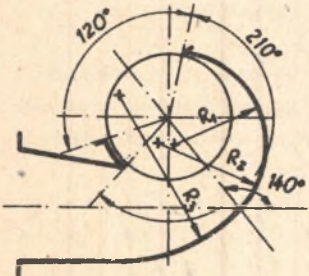
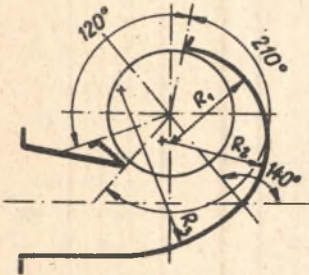
Badania przeprowadzono nad wentylatorami o napływie swobodnym, pozbawionych kanałów recyrkulacyjnych oraz urządzeń we wnętrzu wirnika.

Dane charakterystyczne badanych kół wirnikowych są następujące:

- średnica zewnętrzna $D_z = 0,15$ m,
- szerokość względna $B = 0,8$,
- kąt łopatkowy na średnicy zewnętrznej $\beta_z^* = 30^\circ$,
- kąt łopatkowy na średnicy wewnętrznej $\beta_w^* = 90^\circ$,
- stosunek średnic $\bar{d} = 0,7; 0,75; 0,8; 0,85$ (liczba łopatek $z = 40$),
- liczba łopatek $z = 20; 40; 50$ (stosunek średnicy $\bar{d} = 0,8$).

Zastosowano łopatki o stałej grubości zagięte do przodu (w kierunku zgodnym z obrotami wirnika); ich szkieletowe wygięte są wg łuku koła.

Na rys. 3 przedstawiono 3 rozwiązania konstrukcyjne badanych kolektorów:



- a) obudowa K1 o zarysie wykonanym zgodnie z pracą [1],
- b) obudowa K2 różniąca się od kolektora K1 ukształtowaniem części przywlotowej,
- c) obudowa K3 o zarysie zaczerpniętym z pracy [4].

Szczególne parametry konstrukcyjne omawianych typów obudów zamieszczono w pracy [6].

Charakterystyki wentylatora podano w postaci zależności $\psi_0 = f(\varphi)$, $\lambda = f(\varphi)$ oraz $\eta = f(\varphi)$, przy czym poszczególne wielkości zdefiniowano następująco:

- wskaźnik spiętrzenia

$$\psi_0 = 2 \Delta p_0 (\rho u_z^2)^{-1},$$

- wskaźnik wydajności

$$\varphi = 4 \dot{V} (\pi D_z^2 u_z)^{-1},$$

- wskaźnik mocy

$$\lambda = \varphi \psi_0 \eta^{-1},$$

- sprawność wentylatora

$$\eta = \dot{V} \Delta p_0 N^{-1}.$$

Rys. 3. Kolektory badanych wentylatorów poprzecznych

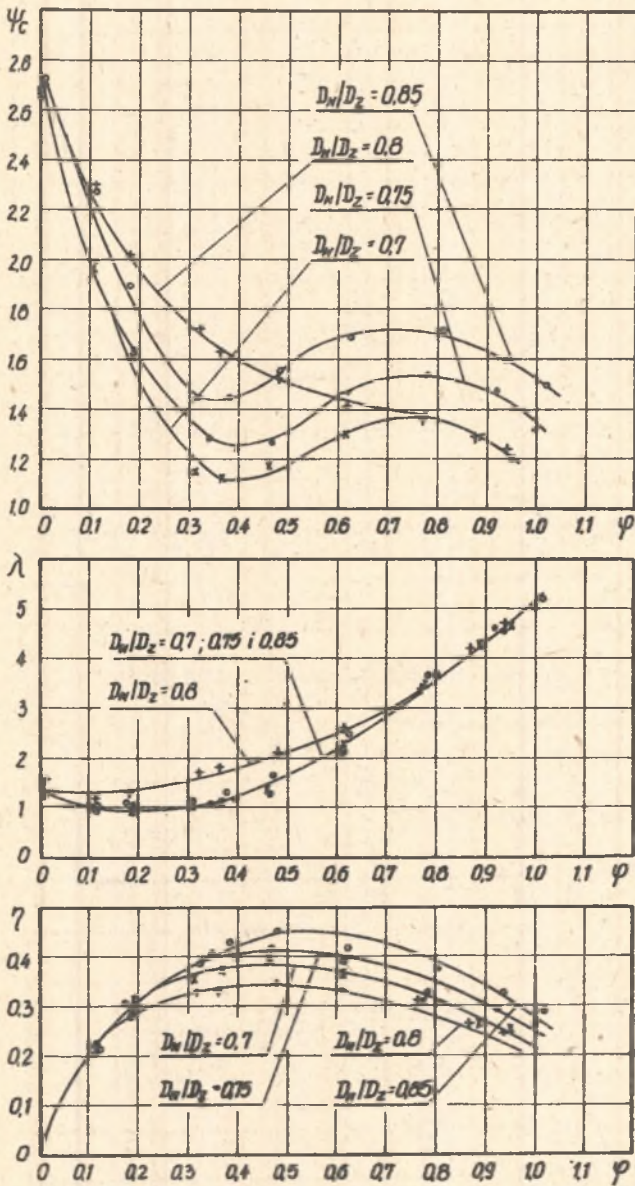
Na rys. 4 przedstawiono charakterystyki obrazujące wpływ stosunku średnio D_w/D_z kół wirnikowych, współpracujących z obudową K1. Uzyskane wyniki wskazują, że najkorzystniejszy (opadający w całym zakresie zmian wkaźnika wydajności φ) przebieg charakterystyki $\psi_0 = f(\varphi)$ występuje tylko przy stosunku średnio $\bar{d} = 0,8$. W pozostałych przypadkach, obszar pracy statecznej przesunięty jest poza przedział maksymalnych sprawności. Z równania sprawności badanych wentylatorów wynika, że najwyższą sprawność maksymalną osiąga wirnik przy stosunku średnio $\bar{d} = 0,85$, najniższą zaś przy $d = 0,8$. Należy zaznaczyć, że przebieg charakterystyki $\psi_0 = f(\varphi)$ oraz sprawności wirnika o $\bar{d} = 0,8$, w porównaniu z charakterystykami pozostałych wirników, jest pewnym zaskoczeniem. Jednakże powtórnie przeprowadzone pomiary potwierdziły uzyskane poprzednio wyniki. Stąd wniosek, że w wentylatorach poprzecznych bardzo trudno przewidywać wyniki badań.

Na rys. 5 naniesiono charakterystyki przedstawiające wpływ liczby łopatek koła wirnikowego o stosunku $\bar{d} = 0,8$, współpracującego z obudową K1. Liczba łopatek wywiera znacznie większy wpływ na przebieg charakterystyki $\psi_0 = f(\varphi)$ niż na przebieg krzywej sprawności. Dla ogólnej orientacji podaje się wartości wypełnienia (na promieniu średnim) wieńca łopatkowego dla $z = 20, 40$ i 50 , wynoszące odpowiednio $\delta = 0,816; 1,632$ oraz $2,04$. Natomiast dla wirnika o $\bar{d} = 0,85$, który osiągnął najwyższą sprawność (rys. 4) wypełnienie $1/t_{sr}$ wynosi $1,19$. Wobec tego można wstępnie przyjąć, że optymalne wypełnienie ($1/t_{sr}$) mieści się w zakresie $1,19 - 1,63$. Uzyskanych wyników nie można oczywiście uogólniać. Celem rozwiązania zagadnienia doboru optymalnego wypełnienia wieńca łopatkowego należy przeprowadzić dodatkowe badania wpływu liczby łopatek, przy różnych stosunkach średnio koła wirnikowego.

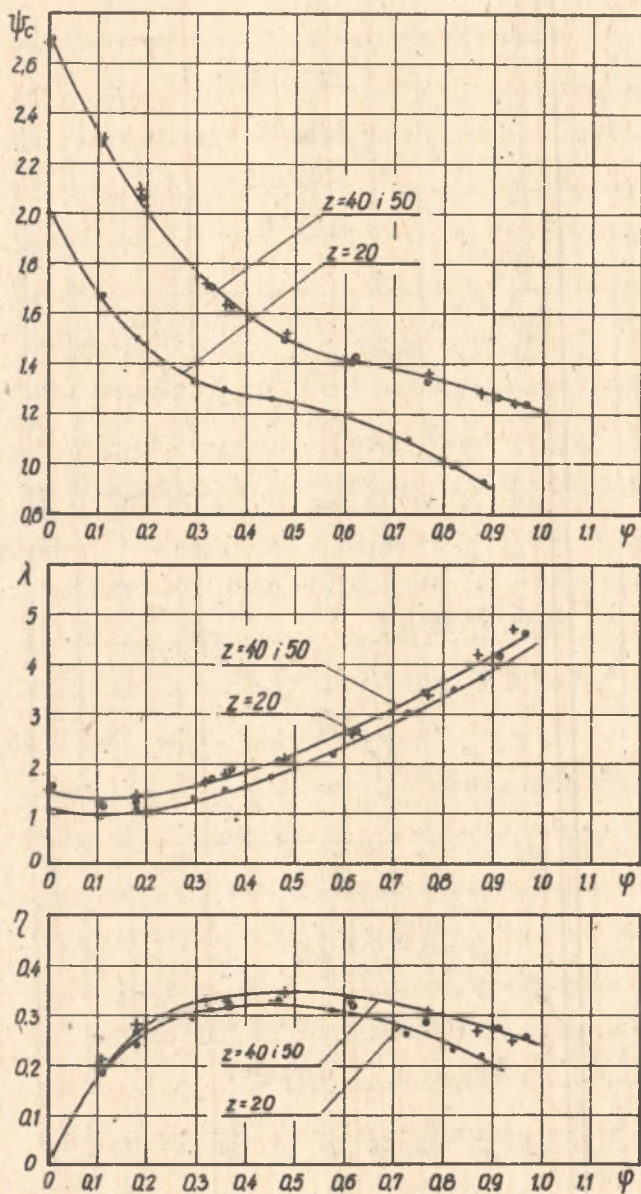
Wyniki badań koła wirnikowego o stosunku średnio $\bar{d} = 0,85$ współpracującego z 3 kolektorami podane na rys. 6. W trakcie badań, w części przywlotowej obudowy K1 zastosowano nakładkę zmniejszającą szozelinę przywlotową z wartości $7,5$ mm do $1,5$ mm. Obudowę tę oznaczono symbolem K2.

Dokonana zmiana części przywlotowej obudowy K1 spowodowała wyraźny wzrost sprawności maksymalnej (do ok. 52%); zmianie uległ również przebieg linii $\psi_0 = f(\varphi)$. Należy jednak zaznaczyć, że uzyskanie najwyższych wskaźników spiętrzenia zapewnia obudowa K3. Parametry konstrukcyjne kolektora wywierają więc zasadniczy wpływ na osiągi aerodynamiczne wentylatora poprzecznego.

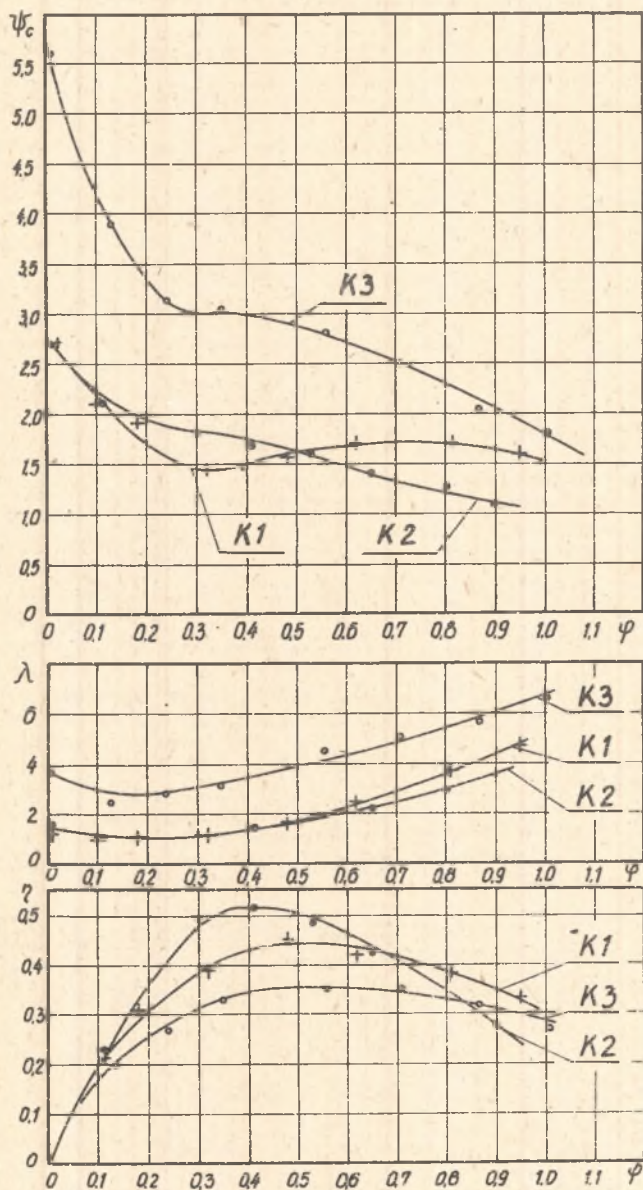
Charakterystyki wentylatora składającego się z wirnika o $\bar{d} = 0,85$ oraz obudowy K3 podane na rys. 7. Najkorzystniejsze rezultaty osiągnięto przy prędkości obrotowej $n = 18,3 \text{ s}^{-1}$ dla $Re = u_z 1 \nu^{-1} = 7,6 \cdot 10^3$. Przedstawione wyniki pomiarów potwierdzają stwierdzenie, że w wentylatorach poprzecznych nie obowiązuje prawo podobieństwa kinematycznego.



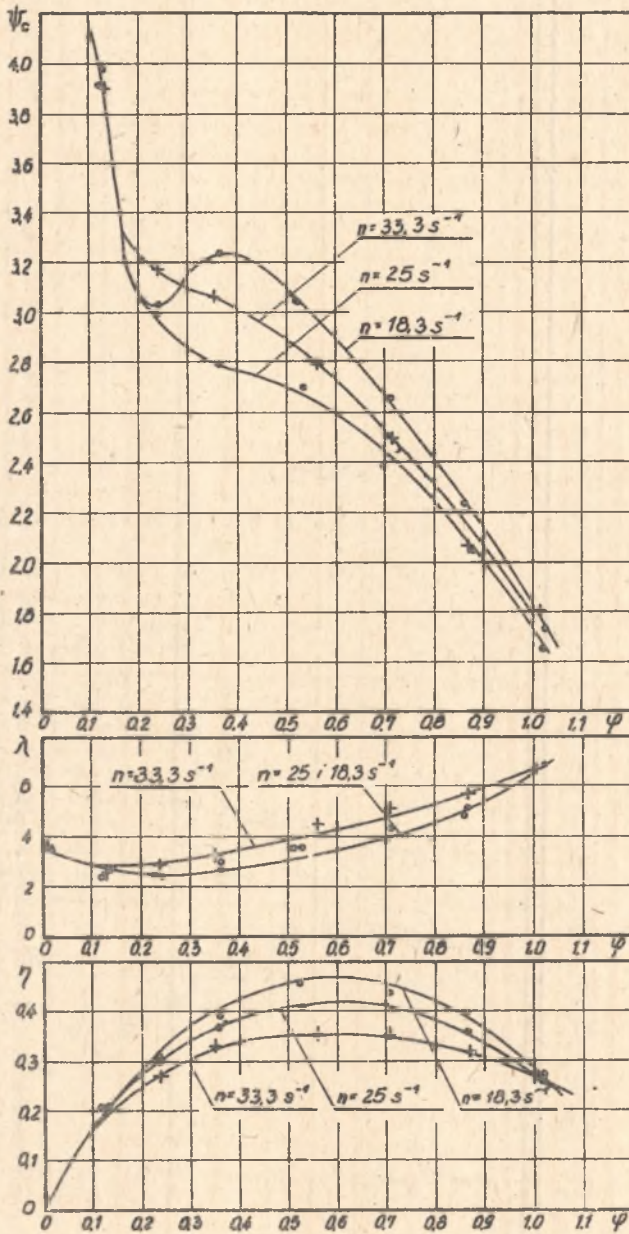
Rys. 4. Charakterystyki wentylatora przy różnych stosunkach średnic prędkość obwodowa $u_z = 15,7 \text{ ms}^{-1}$, obudowa K1



Rys. 5. Charakterystyki wentylatora przy różnych liczbach łopatek
 prędkość obwodowa $u_m = 15,7 \text{ ms}^{-1}$, obudowa K1



Rys. 6. Charakterystyki wentylatora o różnych kolektorach
 prędkość obwodowa $u_z = 15,7 \text{ ms}^{-1}$, stosunek średnic $\bar{d} = 0,85$



Rys. 7. Charakterystyki wentylatora przy różnych prędkościach obrotowych
stosunek średnic $\bar{d} = 0,85$, obudowa K3.

3. Podsumowanie

Przedstawiony materiał doświadczalny potwierdza złożony charakter przepływu poprzecznego.

Przeprowadzone badania wykazały, że przebieg charakterystyk zależy w znacznie większym stopniu od kształtu obudowy niż od konstrukcji wirnika. Stwierdzono również, że uzyskane wartości wskaźników spiętrzenia i wydajności znacznie przewyższają wartości osiągane w wentylatorach promieniowych lub osiowych.

Zasadniczą wadą wentylatorów poprzecznych jest ich bardzo niska sprawność. Wydaje się jednak, że problem sprawności nie może być czynnikiem hamującym dalszy rozwój konstrukcji wentylatorów poprzecznych w kraju.

LITERATURA

- [1] Engelhardt W.: Experimentelle Untersuchungen an Querstromgebläsen bei veränderlichen Reynolds. Zahlen. Diss. Karlsruhe 1967.
- [2] Lajos T., Preszler L.: Zur Theorie des Querstromgebläses. HLH 24(1973) z.5, ss. 134-140, z.6, s. 189-196.
- [3] Kędzierzawski J.: Wentylatory poprzeczne i ich właściwości. Prace Instytutu Techniki Ciepłej, z. 70, ss. 27-60, Łódź 1977.
- [4] Murata S., Nishihara K.: An Experimental Study of Cross Flow Fan, Bulletin of the JSME, Vol. 19, No 129, March, 1976, ss. 314-329.
- [5] Waniek E.: Charakterystyki wentylatorów poprzecznych o różnej szerokości kół wirnikowych. Politechnika Wrocławska, Instytut Techniki Ciepłej i Mechaniki Płynów, Komunikat Nr I-20/K-298, 1977.
- [6] Waniek E.: Projekt stanowiska do badania przepływu płaskiego wymuszonego ruchomą palisadą łopatkową. Politechnika Wrocławska, Instytut Techniki Ciepłej i Mechaniki Płynów, Raport Nr I-20/R-44/77, 1977.
- [7] Waniek E.: Obciążenia aerodynamiczne wentylatorów poprzecznych dla typowego wentylokonwektorów WK-400, WK-800 i WK-1200. Politechnika Wrocławska, Instytut Techniki Ciepłej i Mechaniki Płynów, Raport Nr I-20/R-32/77.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ НЕКОТОРЫХ КОНСТРУКЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ НА АЭРОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИАМЕТРАЛЬНЫХ ВЕНТИЛЯТОРОВ

Резюме

В статье описаны результаты экспериментальных исследований поперечных вентиляторов. В результате проведенных испытаний ряда моделей диаметральных вентиляторов в которых изменялись формы корпусов и длина рабочего колеса, было выявлено влияние некоторых геометрических параметров на аэродинамические характеристики.

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF SOME CONSTRUCTION PARAMETERS
ON AERODYNAMIC PERFORMANCE OF TANGENTIAL-FLOW FAN

S u m m a r y

An experimental study was carried out, delind with the effects of main geometrical parameters on the performance curves of cross-flow fans. Comparison of the results of these studies leads to the cönclusion that operation of the tangential flow fans depends on its housing's geometry.