

Andrzej WITKOWSKI
Joachim Józef OTTE
Instytut Maszyn i Urządzeń Energetycznych

NOWY MODELOWY WENTYLATOR OSIOWY Z MERYDIONALNYM PRZYSPIESZENIEM STRUMIENIA

Streszczenie. Kontynuując prace nad nowymi modelami wysokosprawnych wentylatorów osiowych z merydionalnym przyspieszeniem strumienia, opracowano konstrukcję wentylatora o stosunku średnic w przekroju wylotowym wirnika 0,67. Badania przepływowe wykazały wysokie wskaźniki spiętrzenia i wydajności oraz wysoką sprawność wentylatora modelowego.

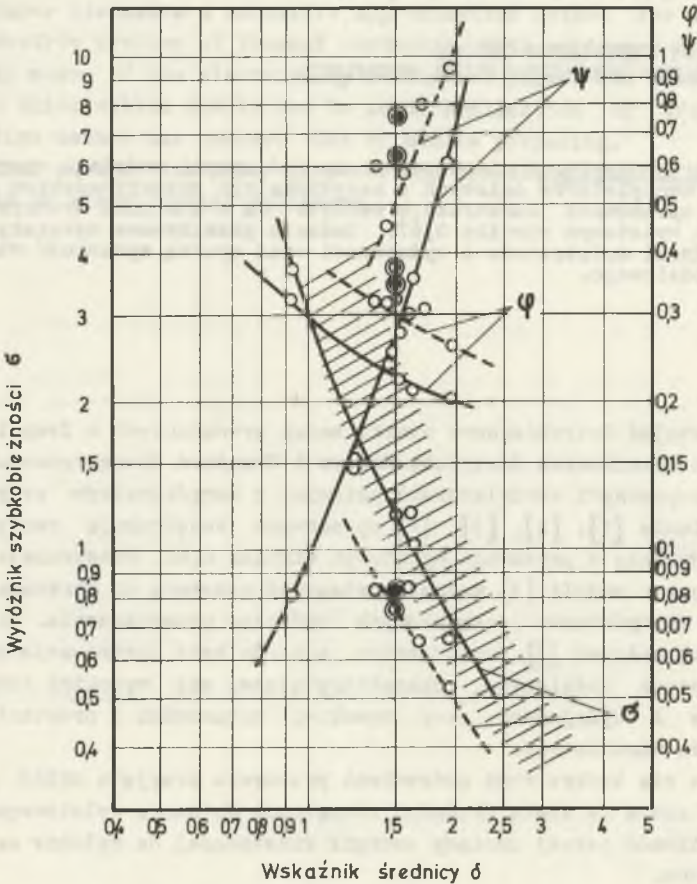
1. Wstęp

Wykorzystując dotychczasowe wyniki badań prowadzonych w Zespole Ciepłych Maszyn Wirnikowych Instytutu Maszyn i Urządzeń Energetycznych nad nowymi wysokosprawnymi wentylatorami osiowymi z merydionalnym przyspieszeniem strumienia [1], [2], [3], [4] opracowano konstrukcję wentylatora o stosunku średnic w przekroju wylotowym wirnika 0,67. Konstrukcja ta stanowi pierwszy z modeli [3] mających stanowić podstawę do opracowania nowego szeregu wentylatorów przemysłowych ogólnego przeznaczenia. Stosownie do wstępnych założeń [3] zamierzeniem autorów było opracowanie konstrukcji wentylatora modelowego, charakteryzującej się wysokimi wskaźnikami spiętrzenia i wydajności przy wysokiej sprawności i prostocie wykonawstwa koła wirnikowego.

Kierując się konkretnymi potrzebami przemysłu przyjęto układ przepływowy wentylatora ze stałą średnicą zewnętrzną dyfuzora wylotowego. Ogranicza to możliwość pełnej zamiany energii kinetycznej na wylocie na ciśnienie statyczne.

2. Wybór wskaźników geometrycznych i kinematycznych

Wskaźniki geometryczne i kinematyczne wentylatora modelowego dobrano po przeprowadzeniu analizy wskaźników szeregu konstrukcji wentylatorów osiowych reakcyjnych i z merydionalnym przyspieszeniem strumienia [5]. Wskaźniki te oraz obliczeniowe wskaźniki projektowanego modelu przedstawiono na wykresie Cordiera (rys. 1). Stosownie do przeprowadzonej analizy wybrane dla rozpatrywanego wentylatora o stosunku średnic w przekroju wylotowym 0,67 wskaźniki bezwymiarowe zestawiono w tabelicy 1.



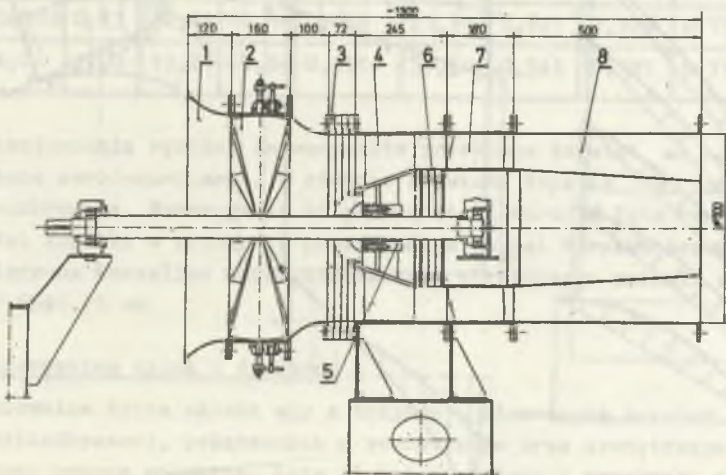
- - wentylatory osiowe reakcyjne
- - - wentylatory osiowe z merydionalnym przyspieszeniem strumienia
- - modelowy wentylator MWM067

Rys. 1. Wielkości charakterystyczne wentylatorów osiowych reakcyjnych i z merydionalnym przyspieszeniem strumienia

Tablica 1

Obliczeniowe wskaźniki bezwymiarowe wentylatora modelowego

Stosunek średnic w przekroju wylotowym koła wirnikowego	$\nu_2 = 0,67$
Stosunek średnic w przekroju wlotowym koła wirnikowego	$\nu_1 = 0,5$
Obliczeniowy wskaźnik przepływu	$\varphi = \frac{4 \cdot \dot{V}}{\pi D_2^2 u_2} = 0,31$
Obliczeniowy wskaźnik spiętrzenia	$\psi = \frac{2 \cdot \Delta P_c}{\rho u_2^2} = 0,6$
Obliczeniowa sprawność przepływowa wentylatora	$\eta_p = 0,8$



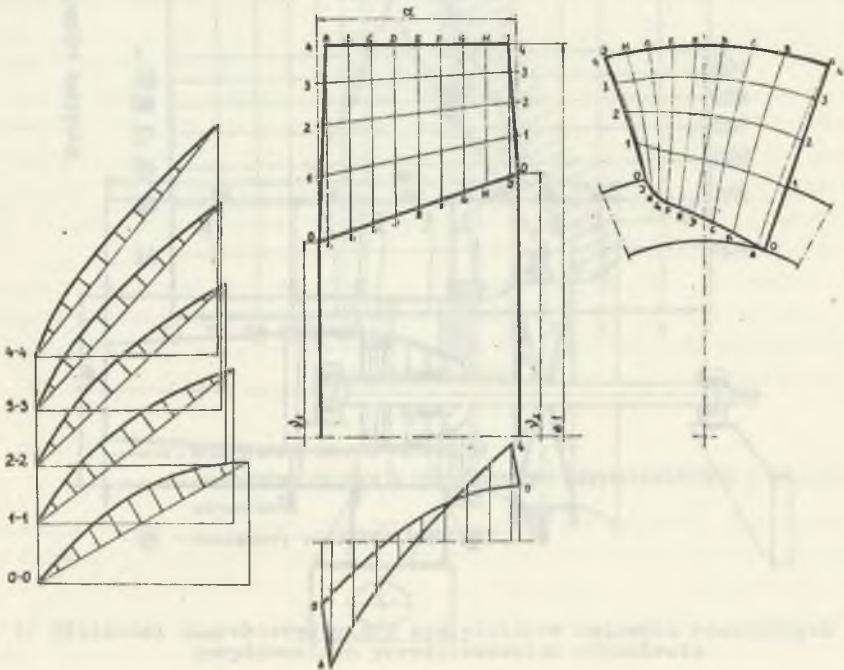
Rys. 2. Wentylator modelowy MWM-067

3. Wentylator modelowy

Jako model podstawowy przyjęto wentylator o układzie przepływowym składającym się z dwustopniowego wlotu dyszowego, wstępnej kierownicy regulacyjnej o dwunastu płaskich łopatkach, koła wirnikowego, kierownicy tylnej oraz dyfuzora wylotowego (rys. 2). Konstrukcja modelu umożliwia zmianę odległości między wieńcem wirnikowym a wstępną kierownicą regulacyjną oraz łopatkami kierownicy tylnej przez osiowe przemieszczanie koła wirnikowego zamocowanego na wale przy pomocy stożków zaciskowych. W tym celu zastosowano ponadto w osłonie zewnętrznej na wlocie do wirnika oraz w osłonie wewnętrznej pomiędzy wirnikiem a kierownicą tylną wymienne pierścienie dystansowe.

3.1. Koło wirnikowe

Koło wirnikowe o średnicy zewnętrznej 500 mm posiada piastę stożkową z kulistą czaszą wlotową i pierścieniowym elementem końcowym. Do piasty przyśpawanych jest dwanaście blaszanych łopatek o parabolicznych szkieletowych wyznaczonych w przecięciu osiowo-symetrycznymi powierzchniami stożkowymi (rys. 3). Kształt powierzchni łopatek wyznaczono przy założeniu, że przepływ gazu odbywa się na tych osiowo-symetrycznych powierzchniach zgodnie



Rys. 3. Łopátka koła wirnikowego

z zasadami przepływu potencjalnego oraz przy założeniu jednakowych przyrostów ciśnienia całkowitego w każdej strudze elementarnej [2], [4].

Do obliczeń kątów natarcia zastosowano odpowiednio przystosowaną formułę Komarowa [5], [4]. Kąt odchylenia strugi w płaszczyźnie krawędzi wylotowej łopatek wyznaczono stosując odpowiednio przystosowaną metodę Howella, która, zgodnie z wynikami badań przedstawionymi w pracy [1], daje dla wystarczająco gęstej palisady w przekroju wlotowym wirnika dobrą zgodność z przepływem rzeczywistym. Opracowany algorytm obliczeń na maszynę cyfrową [3] umożliwia dowolne modelowanie kształtu łopatki w zależności od przyjętych bezwymiarowych wskaźników geometrycznych i kinematycznych. Wyniki obliczeń przepływu wraz z geometrią szkieletowych profili wirnikowego wieńca łopatkowego, wyznaczonych na pięciu osiowo-symetrycznych powierzchni stożkowych, zestawione zostały w tablicy 2. Podano tam również stosunki prędkości względnych w_2/w_1 dla sprawdzenia warunku de Hallera oraz odpowiednie wartości stopnia reakcyjności.

Tablica 2

Parametry geometryczne i kinematyczne wieńca łopatkowego koła wirnikowego

Lp.	ν_1	ν_2	ϵ	θ	$(t/l)_{sr}$	λ	C_Γ	$C_\Gamma l/t$	w_2/w_1	κ
	-	-	[°]	[°]	-	[°]	-	-	-	-
0	0,5	0,67	39,62	50,81	0,488	31,41	1,094	1,96	0,882	0,389
1	0,667	0,768	31,61	58,03	0,577	31,94	0,884	1,433	0,8	0,49
2	0,746	0,853	26,02	62,10	0,631	32,58	0,733	1,125	0,78	0,545
3	0,904	0,93	22,14	64,86	0,666	33,14	0,625	0,926	0,776	0,59
4	1,0	1,00	19,27	66,94	0,691	33,58	0,544	0,787	0,778	0,622

Z zestawienia wynika, że wszystkie przekroje łopatki są umiarkowanie obciążone aerodynamicznie. W efekcie uzyskana łopatka jest mało przestrzennie zwichrowana. Wskazuje na to prawie stała wartość kąta rozwarcia λ krawędzi łopatki w przekroju prostopadłym do osi wirnika (rys. 3).

Zmierzona szczelina nadłopatkowa koła wirnikowego zmienia się w granicach $0,55 \pm 0,75$ mm.

3.2. Kierownica tylna i dyfuzor

Kierownica tylna składa się z trzynastu blaszanych łopatek o powierzchni cylindrycznej, połączonych z wewnętrznym oraz zewnętrznym pierścieniem przy pomocy spawania. Kąty odchylenia strug w przekroju wlotowym łopatek obliczono wg Howella. Zmianę kątów wlotowych i wylotowych łopatek wzdłuż promienia uzyskano przez odpowiednie ścięcie krawędzi wlotowej i wylotowej.

Ostatni element układu przepływowego wentylatora stanowi krótki dyfuzor z cylindryczną powierzchnią zewnętrzną o względnej długości, odniesionej do średnicy zewnętrznej, wynoszącej 0,5.

4. Program badań

Program badań przewidywał wyznaczenie wielkości charakterystycznych pracy wentylatora:

- w układzie wymiarowym w funkcji natężenia przepływu

przyrost ciśnienia całkowitego $\Delta p_{c_{1-2}} = f(\dot{V})$

moc przekazywana czynnikowi $N = f(\dot{V})$

sprawność całkowita wentylatora $\eta_c = f(\dot{V})$,

- w układzie bezwymiarowym w funkcji wskaźnika wydajności

wskaźnik spiętrzenia całkowitego $\psi_c = f(\varphi)$

wskaźnik mocy $\lambda = f(\varphi)$

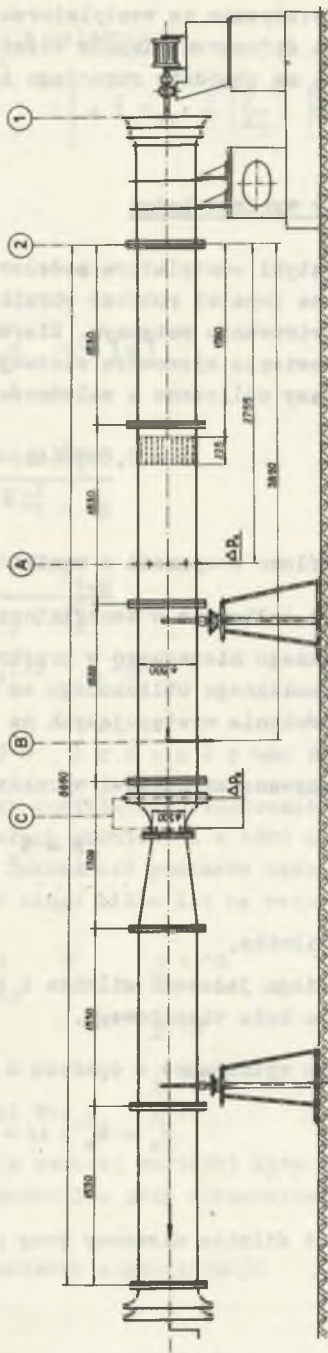
sprawność całkowita $\eta_c = f(\varphi)$,

przy kącie napływu czynnika na łopatki robocze: $\gamma = -40^\circ; -30^\circ; -20^\circ; -10^\circ; 0^\circ; +10^\circ; +20^\circ; +30^\circ$ i liczbie obrotów 1500 obr./min.

5. Stanowisko badawcze

Badania aerodynamiczne modelu przeprowadzono na stanowisku pomiarowym wentylatorów zainstalowanym w laboratorium Zakładu Doświadczalnego Fabryki Wentylatorów w Chełmie Śląskim (rys. 4). Modelowy wentylator podłączony jest po stronie tłoczenia do rurociągu pomiarowego. Podstawowymi elementami stanowiska pomiarowego są: rurociąg pomiarowy wraz z prostownicami ulowymi i dyszą Venturiego do pomiaru natężenia przepływu, silnik trójfazowy zabudowany w kołysce wraz z urządzeniem wagowym do pomiaru momentu obrotowego oraz elektrony licznik impulsów do pomiaru liczby obrotów.

Pomiar natężenia przepływu przeprowadzono przy pomocy dyszy Venturiego o stopniu otwarcia 0,36, z wielopunktowym poborem ciśnienia statycznego przed i za zwężką, uśrednianego następnie w komorach wyrównawczych. Dla zapewnienia wymaganej dokładności, do obliczeń natężenia przepływu wykorzystano wartości iloczynu współczynnika przepływu i liczby ekspansji wyznaczonego na drodze sondowania rurką Prandtla przekroju B rury pomiarowej. Sondowanie przeprowadzono wzdłuż czterech średnic rozstawionych po obwodzie co 45° w 84 punktach, dla trzech charakterystycznych wydajności badanego wentylatora.



Rys. 4. Stanowisko badawcze

Ciśnienie statyczne za wentylatorem mierzono w przekroju A w odległości 2,755 m za dyfuzorem. Impuls ciśnienia statycznego pobierany był w ośmiu punktach na obwodzie rurociągu i uśredniany następnie w zbiorniku wyrównawczym.

6. Opracowanie wyników badań

Charakterystyki wentylatora modelowego wyznaczono przy osiowym napływie czynnika na łopatki robocze wirnika oraz przy współbrzeźnym i przeciwbieżnym zawirowaniu wstępnym. Kierunek zawirowania ustalano przez odpowiednie ustawienie kierownic wlotowych.

Strumień masy obliczono z zależności:

$$\dot{m} = 0,0999648 \alpha \cdot t \sqrt{\Delta p_d \cdot \rho_2} \quad \text{kg/s}$$

gdzie:

$\alpha \cdot t$ - określono w oparciu o wyniki sondowania rurką Prandtla.

Śpiętrzenie całkowite w wentylatorze $\Delta p_{0,1-2}$ obliczono jako sumę ciśnienia statycznego mierzonego w przekroju pomiarowym A rury pomiarowej, ciśnienia dynamicznego obliczonego ze średniej prędkości w tym przekroju oraz strat ciśnienia występujących na odcinku od przekroju 2 do przekroju pomiarowego A.

Moc przekazywaną czynnikowi wyznaczono jako różnicę

$$N = N_g - \Delta N$$

gdzie:

N_g - moc silnika,

ΔN - moc biegu jałowego silnika i tarcia łożysk wyznaczona po zdjęciu z wału koła wirnikowego.

Moc silnika wyznaczono w oparciu o zależność:

$$N_g = M_g \cdot \omega = 2 \pi \cdot n \cdot M_g$$

gdzie:

M_g - moment silnika mierzony przy pomocy urządzenia wagowego.

Moc użyteczną wentylatora obliczono z zależności:

$$N_u = \dot{V} \cdot p_b \frac{\kappa}{\kappa - 1} \left[\left(\frac{p_2}{p_b} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} - 1 \right] + \dot{V} p_1 \cdot \frac{1}{2} \left(\frac{\dot{V}}{A_2} \cdot \frac{\rho_1}{\rho_2} \right)^2$$

gdzie:

p_b - ciśnienie barometryczne.

Sprawność całkowita wentylatora

$$\eta_c = \frac{N_u}{N} \cdot 100 [\%]$$

Wskaźniki bezwymiarowe

wskaźnik przepływu
$$\varphi = \frac{4 \cdot \dot{V}_1}{\pi D_2^2 \cdot u_2}$$

wskaźnik spiętrzenia
$$\psi = \frac{2 \Delta p_{c_{1-2}}}{\rho_2 \cdot u_2^2}$$

wyróżnik szybkobieżności
$$\zeta = \rho^{1/2} \cdot \psi^{-3/4}$$

Redukcja parametrów przepływu

Wielkości charakterystyczne pracy wentylatora zredukowano do średniej gęstości: $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$ oraz do stałych obrotów $n = 1500 \text{ obr/min}$, zgodnie z zasadami podobieństwa przepływu. Dokładność pomiarów oszacowano na podstawie szeregu badań prowadzonych w ciągu kilku lat na rozpatrywanym stanowisku:

dokładność określenia wydajności	\dot{V}	$\pm 1,5\%$
dokładność określenia spiętrzenia		
całkowitego	$\Delta p_{c_{1-2}}$	$\pm 1\%$
dokładność określenia mocy	N	$\pm 1\%$
dokładność wyznaczenia sprawności	$\eta_{c_{1-2}}$	$\pm 2\%$

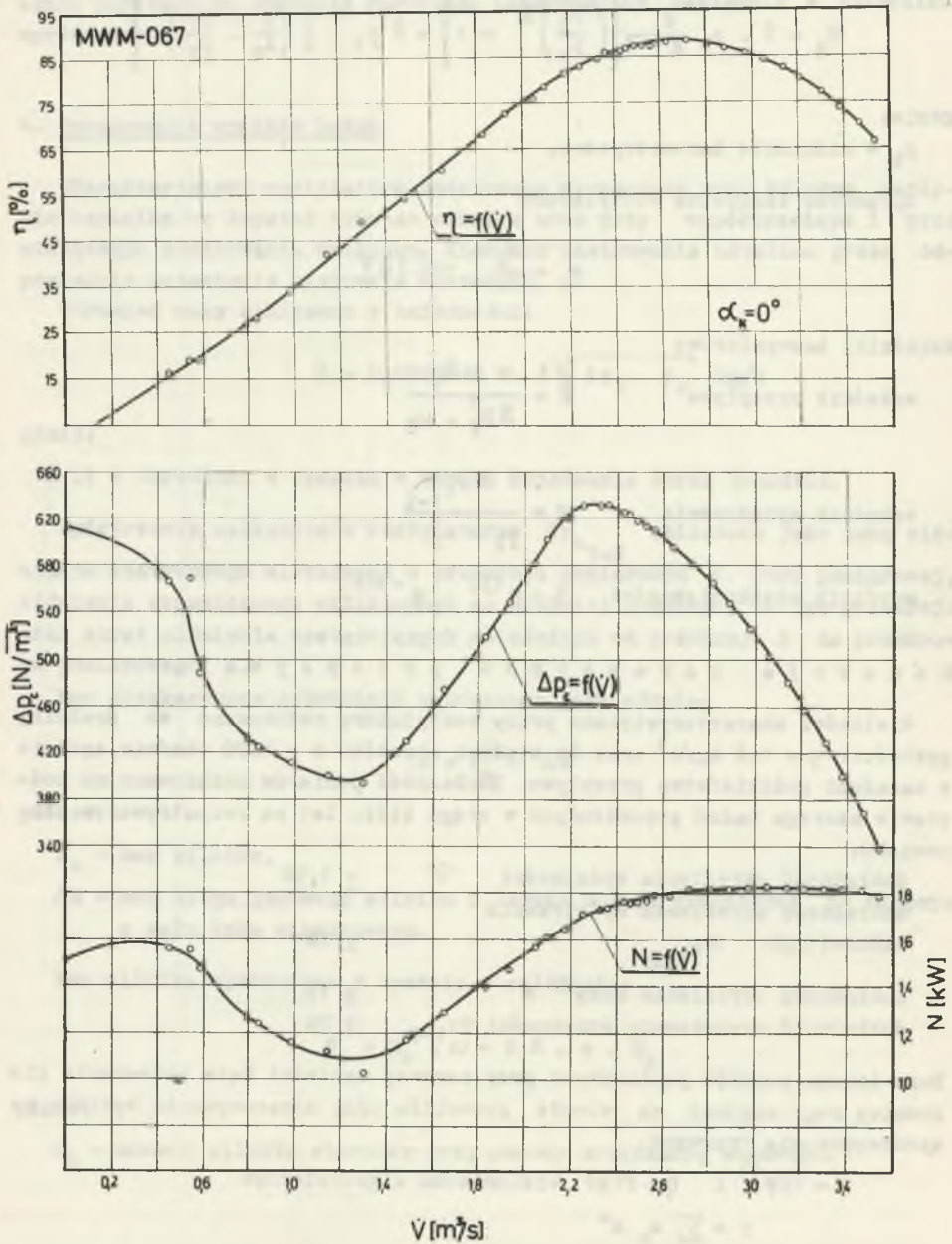
Duża liczba punktów pomiarowych przy zerowej wartości kąta ustawienia kierownicy regulacyjnej na wlocie pozwoliła przy opracowywaniu wyników na aproksymowanie krzywych

$\psi = f(\varphi)$ i $\eta = f(\varphi)$ wielomianem algebraicznym

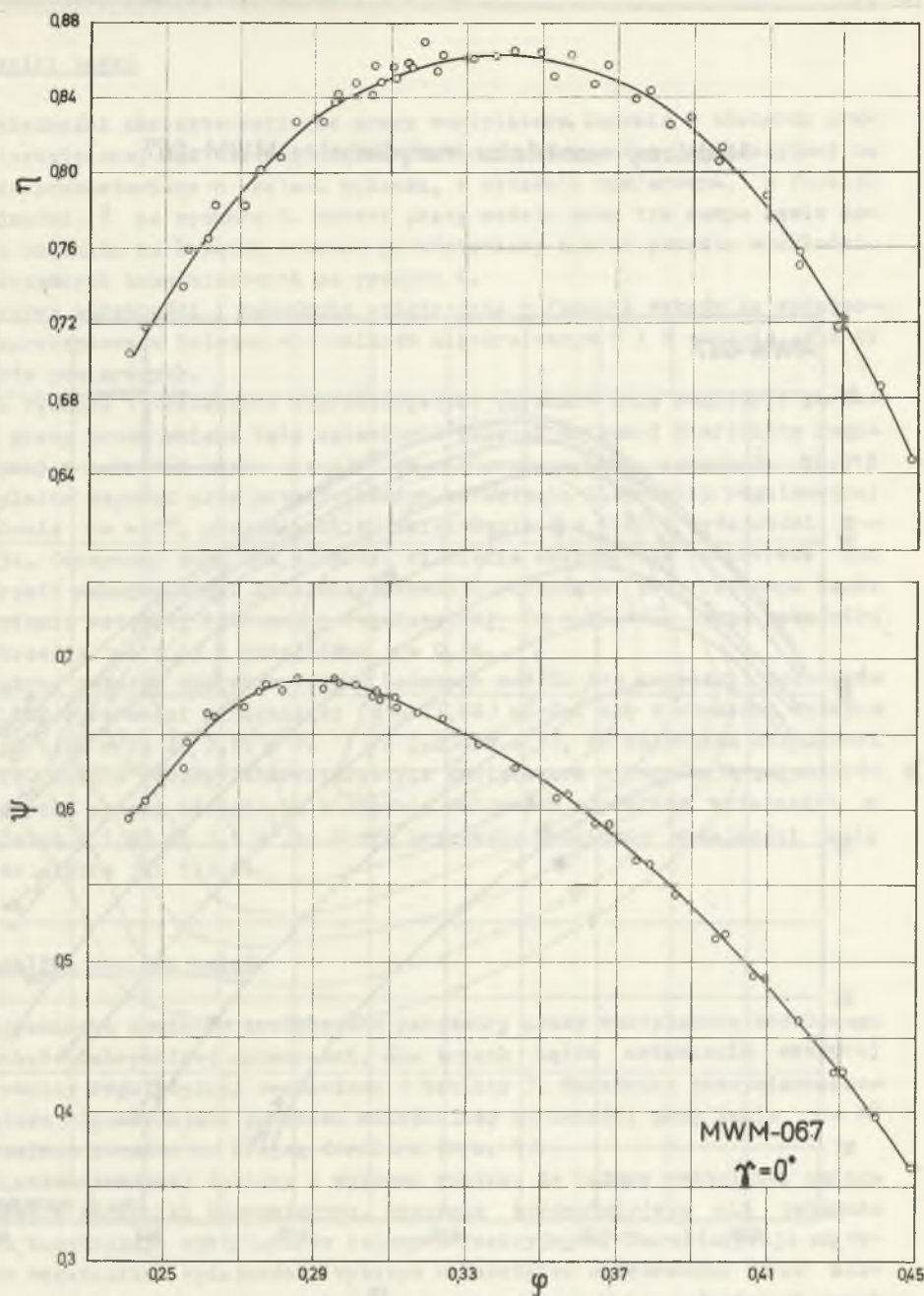
$$y = \sum a_n x^n$$

Stożek wielomianu określono z dodatkowego warunku minimalizującego wariancję.

Modelowy wentylator merydionalny MWM-067

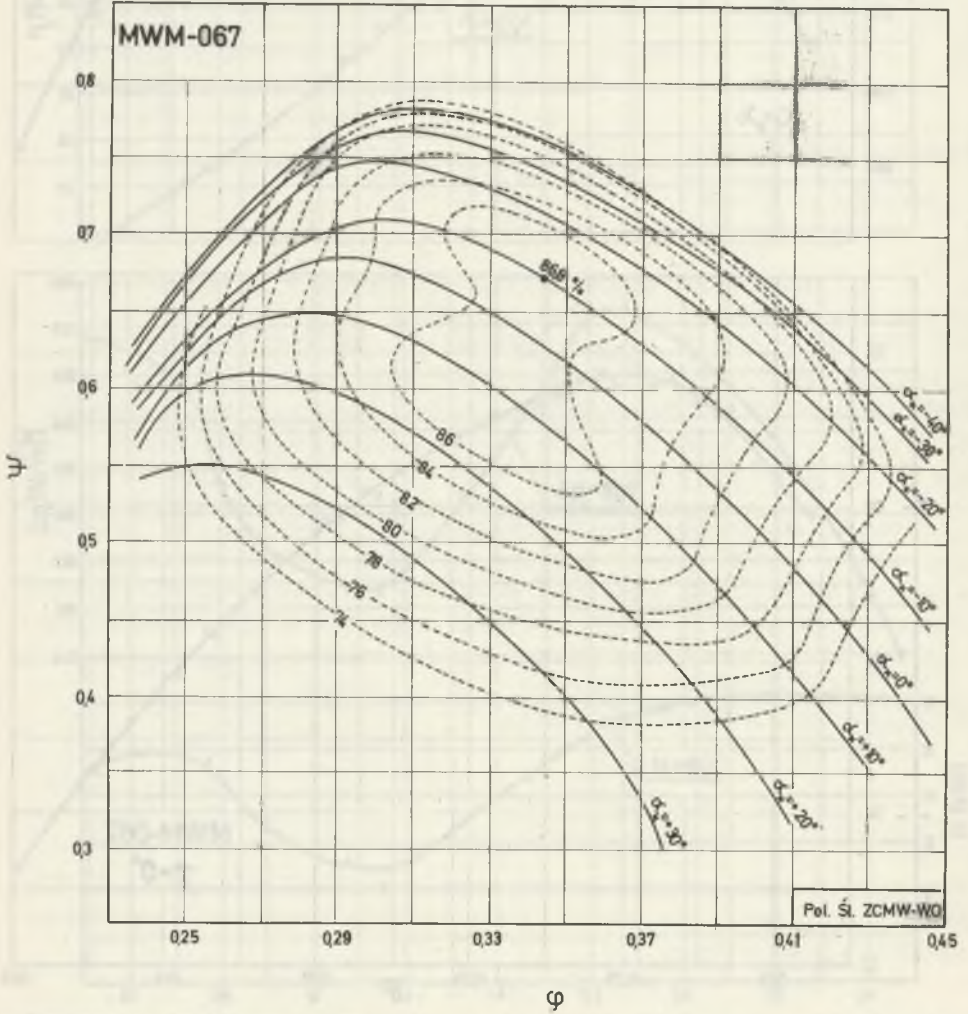


rys. 5. Pełna charakterystyka aerodynamiczna wentylatora przy osiowym napływie powietrza na łopatki robocze



Rys. 6. Bezwymiarowa charakterystyka aerodynamiczna wentylatora przy osiowym napływie czynnika na łopatki robocze

Modelowy wentylator merydionalny MWM-067



Rys. 7. Bezwymiarowe charakterystyki aerodynamiczne wentylatora przy różnych kątach ustawienia łopatek kierownicy regulacyjnej na wlocie

7. Wyniki badań

Zależności charakterystyczne pracy wentylatora łącznie z obszarem pracy niestatecznej dla zerowego kąta ustawienia kierownicy regulacyjnej na wlocie przedstawiono w postaci wykresu, w układzie wymiarowym, w funkcji wydajności \dot{V} na rysunku 5. Obciążenie pracy modelu przy tym samym kącie napływu czynnika na łopatki robocze przedstawiony został ponadto w układzie współrzędnych bezwymiarowych na rysunku 6.

Krzywe sprawności i wskaźnika spiętrzenia w funkcji wskaźnika wydajności aproksymowano kolejno wielomianem algebraicznym 6 i 8 stopnia dla 45 punktów pomiarowych.

Na rysunku 7 zestawiono charakterystyki uzyskane przy regulacji parametrów pracy przez zmianę kąta ustawienia łopatek wstępnej kierownicy regulacyjnej w zakresie kątów $\gamma = +30^\circ$ do -40° . Najwyższą sprawność 86,51% wentylator uzyskał przy przeciwnym ustawieniu kierownicy regulacyjnej na wlocie $\gamma = -10^\circ$, przy wskaźniku spiętrzenia $\psi = 0,67$ i wydajności $\varphi = 0,34$. Otrzymany przy tym przyrost ciśnienia całkowitego odpowiada 89% przyrostu maksymalnego. Zbliżoną sprawność otrzymano przy zerowym kącie ustawienia wstępnej kierownicy regulacyjnej ($\eta = 86,1\%$), przy wskaźniku spiętrzenia $\psi = 0,63$ i wydajności $\varphi = 0,34$.

Zakres roboczy charakterystyki badanego modelu bez regulacji odpowiada 90% sprawności maksymalnej ($\eta = 77,6\%$) mieści się w obszarze wydajności od $1,94 \text{ m}^3/\text{s}$ do $3,15 \text{ m}^3/\text{s}$ ($\varphi = 0,258-0,411$), co odpowiada stosunkowi 1:1,62. Zakres roboczy charakterystyki wentylatora z regulacją parametrów pracy przy pomocy odchylonych kierownic wstępnych odpowiada wydajności w granicach o $1,99$ do $3,3 \text{ m}^3/\text{s}$. W tym przypadku graniczne wydajności mają się do siebie jak 1:1,66.

8. Analiza wyników badań

Uzyskane z pomiarów zredukowane parametry pracy wentylatora modelowego w punkcie maksymalnej sprawności, dla trzech kątów ustawienia wstępnej kierownicy regulacyjnej zestawiono w tabelicy 3. Wskaźniki bezwymiarowe wentylatora odpowiadające punktowi maksymalnej sprawności przy kącie $\gamma = 0^\circ$ naniesiono ponadto na krzywą Cordiera (rys. 1).

Z przedstawionej tabelicy i wykresu wynika, że badany wentylator osiąga korzystne wskaźniki bezwymiarowe, znacznie korzystniejsze niż osiągane przez konstrukcje wentylatorów osiowych reakcyjnych. Charakteryzuje się wysokim wskaźnikiem wydajności, wyższym wskaźnikiem spiętrzenia oraz niższym wskaźnikiem średnicy. Wskaźniki te są korzystniejsze również od wskaźników uzyskiwanych przez znane konstrukcje wentylatorów z merydionalnym przyspieszeniem strumienia.

Tablica 3

Wyniki badań wentylatora modelowego

τ	\dot{V} m ³ /s	Δp_c N/m ²	Δp_s N/m ²	η %	φ	ψ	δ	d
0	2,64	582,7	467,9	86,45	0,344	0,627	0,843	1,498
-10	2,64	623,8	508,5	86,51	0,344	0,67	0,801	1,523
+10	2,62	539,6	425,7	86,4	0,342	0,581	0,89	1,472

Tablica 4

Kinematyka przepływu w przekroju wylotowym koła wirnikowego

φ	η %	ψ_t	ψ'_{2t} [°]	ψ'_2 [°]	ψ' [°]	\bar{c}_{2m}	\bar{c}_{2s}
-	-	-	-	-	-	-	-
Wartości obliczeniowe	80	0,75	36,075	36,075	7,36	0,563	0,439
Wartości zmierzone	86,45	0,726	28,72	34,5	5,78	0,624	0,424
	83,85	0,804	34,75	34,75	6,03	0,5560	0,472

Wysoką sprawność przekraczającą 85% wentylator utrzymuje przy wskaźniku wydajności $\psi = 0,34$ dla trzech kątów ustawienia kierownicy regulacyjnej na wlocie, co wskazuje na nieczułość wieńca wirnikowego na warunki napływu na łopatki robocze.

Obszerny zakres pracy w granicach wydajności od $2 \text{ m}^3/\text{s}$ do $3,3 \text{ m}^3/\text{s}$ przy sprawności przekraczającej 77% potwierdza dobre własności przepływowe i regulacyjne modelu. Ciągły przebieg krzywej ciśnienia (rys. 5) w całym obszarze wydajności wskazuje na stateczną pracę wentylatora również przy bardzo małych wydajnościach.

W celu przeprowadzenia przybliżonej analizy zgodności obliczeniowej i rzeczywistej kinematyki przepływu zestawiono w tablicy 4 odpowiednie wartości kątów i bezwymiarowych prędkości określonych na średniej średnicy przekroju wylotowego łopatek koła wirnikowego. Do porównania przyjęto wartości uzyskane na drodze pomiaru odpowiadające punktowi maksymalnej sprawności przy zerowym kącie ustawienia kierownicy regulacyjnej na wlocie oraz punktowi o wskaźniku wydajności zbliżonym do obliczeniowego.

Składową obwodową prędkości bezwzględnej obliczono ze wzoru:

$$\bar{c}_u = \frac{c_u}{U_2} = \frac{\psi}{2\eta_{\text{śr}}}$$

Średnią prędkość merydionalną w przekroju wylotowym koła wirnikowego określono z równania ciągłości

$$\bar{c}_{m_2} = \frac{c_m}{U_2} = \frac{\psi}{1 - \psi^2}$$

Z porównania danych zawartych w tablicach 1, 3 i 4 wynika, że badany wentylator osiąga wyższe od założonych w obliczeniach wskaźniki spiętrzenia i wydajności oraz wyższą sprawność. Zmiana tych wielkości nie wywołała jednakże większych różnic w kątach wylotowych i strug, które we wszystkich trzech porównywanych przypadkach są bardzo do siebie zbliżone.

Dokładną analizę rzeczywistej kinematyki przepływu i ewentualną korektę zastosowanej metody obliczeń będzie można przeprowadzić po dokonaniu sondowania przepływu w przekroju wylotowym łopatek koła wirnikowego.

9. Wnioski końcowe

- Badany model wentylatora osiowego z merydionalnym przyspieszeniem strumienia osiąga korzystne wskaźniki bezwymiarowe znacznie wyższe niż osiągnięte przez znane konstrukcje wentylatorów osiowych normalnego typu.

- Wysoka sprawność przepływowa wentylatora utrzymująca się w szerokim zakresie wydajności i kątów ustawienia kierownicy regulacyjnej na wlocie potwierdza dobre własności aerodynamiczne i regulacyjne wentylatora badanego typu.
- Zaobserwowana w czasie badań nieczułość wentylatora na warunki przepływu w przekroju wlotowym wirnika dopuszcza stosowanie stosunkowo prostej regulacji przy pomocy płaskich odchylnych kierownic regulacyjnych na wlocie.
- Parametry pracy badanego wentylatora są wyższe od założonych parametrów obliczeniowych. Kinematyka przepływu rzeczywistego niewiele jednakże odbiega o kinematyki obliczeniowej, co świadczy o wystarczająco dobrej dokładności przyjętej metody obliczeń przepływowych.
- Analiza zarówno wyników badań jak wyników obliczeń układu przepływowego wskazuje na możliwość większego obciążenia aerodynamicznego układu łopatkowego koła wirnikowego i kierownicy tylnej. Planowane badania dalszych modeli winny umożliwić ściślejsze opracowanie związków występujących pomiędzy wartością stosunku średnic w przekroju wylotowym wirnika, a wskaźnikami spiętrzenia i wydajności.

Zestawienie ważniejszych oznaczeń

Wskaźnik 1 - dotyczy wlotu do wirnika,

Wskaźnik 2 - dotyczy wylotu z wirnika,

c_m, c_u	- składowe prędkości bezwzględnej, merydionalna i obwodowa odniesione do prędkości obwodowej u_2 ,
C_Γ	- współczynnik cyrkulacji,
D_2	- średnica zewnętrzna koła wirnikowego,
t	- podziałka palisady,
n	- liczba obrotów,
N_u	- moc użyteczna wentylatora,
u_2	- prędkość obwodowa na średnicy zewnętrznej,
\dot{V}	- wydajność przepływu,
w	- prędkość względna,
z	- liczba łopatek,
Δp	- przyrost ciśnienia statycznego,
Δp_c	- przyrost ciśnienia całkowitego,
κ	- reakcyjność wirnika,
δ	- kąt odchylenia strugi na wlocie z wieńca

- δ - wskaźnik średnicy,
- δ - wyróżnik szybkobieżności,
- ξ - kąt zmiany kierunku przepływu,
- γ - kąt ustawienia łopatek wstępnej kierownicy regulacyjnej,
- ν - bezwymiarowa średnica odniesiona do średnicy zewnętrznej koła wirnikowego,
- φ - wskaźnik, liczba wydajności
- ψ - wskaźnik spiętrzenia,
- λ - kąt rozwarcia krawędzi łopatek koła wirnikowego w płaszczyźnie prostopadłej do osi,
- ρ - gęstość czynnika,
- ν - kąt strugi w odniesieniu do kierunku osiowego,
- θ - kąt wygięcia szkieletowej profilu.

LITERATURA

- [1] Witkowski A.: Flow analysis in axial flow compressor impeller with meridional stream acceleration. Proceedings of the fourth Conference on fluid Machinery. Budapest, 1972.
- [2] Otte J.J.: Rozkłady prędkości na wlocie i wylocie wirnika o stożkowym przepływie czynnika. Zeszyty Naukowe Pol. Śl. Energetyka z. 47, Gliwice 1973.
- [3] Witkowski A., Otte J.J.: Analiza wpływu wskaźników kinematycznych i konstrukcyjnych na ukształtowanie powierzchni łopatek sprężających kół wirnikowych z merydionalnym przyspieszeniem strumienia. Zeszyty Naukowe Pol. Śl. Energetyka z. 47, Gliwice 1973.
- [4] Witkowski A., Otte J.J.: Projektowanie osiowego stopnia sprężającego z merydionalnym przyspieszeniem strumienia z wykorzystaniem maszyn cyfrowych. Zbiór prac z III Konferencji Naukowo Technicznej: Technologia Przepływowych Maszyn Wirnikowych. Rzeszów 1973.
- [5] Dowżik S.A.: Profilowanie łopatek osiowo dozwołkowo kompresora. Przemysłennaja aerodinamika. Wyp. 11.

НОВАЯ КОНСТРУКЦИЯ ОСЕВОГО ВЕНТИЛЯТОРА С МЕРИДИОНАЛЬНЫМ УСКОРЕНИЕМ ПОТОКА

Р е з ю м е

Осуществляя программу испытаний высокоэффективных осевых вентиляторов с меридиональным ускорением потока, разработано новую конструкцию вентилятора с втулочным отношением 0,67 при цилиндрическом кожухе диффузора. Аэродинамические исследования подтвердили высокие коэффициенты давления и производительности, а также высокие к.п.д. модельного вентилятора. В работе представлен анализ результатов исследований и проверен принятый метод расчета.

THE NEW MODEL OF AXIAL FLOW FAN WITH MERIDIONAL STREAM ACCELERATION

S u m m a r y

The new axial flow fan with meridional flow stream acceleration, and with hub-tip radius of the impeller 0,67 has been designed. The results of the experimental investigations indicated that this model fan could be operated with high pressure coefficient and efficiencies over a wide operating range.