ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1993
Seria: ENERGETYKA z. 118 Nr kol. 1221

Joachim OTTE
Jarosław DZIUBA
Politechnika Śląska, Gliwice

BADANIA PRZEPŁYWOWE WENTYLATORÓW PRZEZNACZONYCH DO PRACY PRZY CZYNNIKU WYSOKOZAPYLONYM

Streszczenie. W artykule przedstawiono koncepcję wentylatora o swobodnym przepływie czynnika. Opisano program badań i przedstawiono wyniki badań charakterystyk przepływowych.

FLOW RESEARCHES OF FANS FOR WORK IN HIGH – DUST ENVIRONMENT

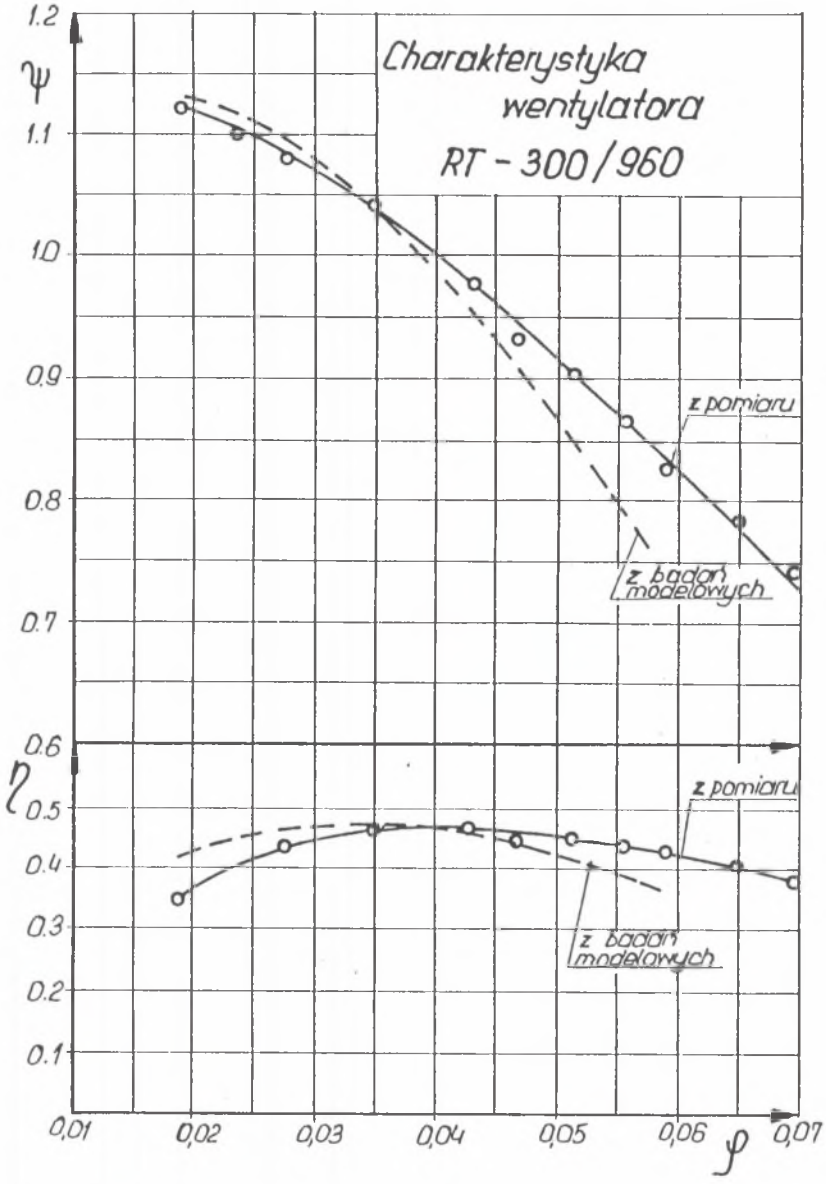
Summary. In the article has been presented the idea of free–flow fan. Research project has been described and flow characteristics has been presented.

LEISTUNGSVERSUCHEN VON VENTILATOREN FÜR STAUBFÖRDERUNG

Zusammenfassung. Es wurde hier das Konstruktionsprinzip von Freistromventilatoren dargestellt. Ausserdem wurde der versuchsprogramm und die geometrie des Ventilator beschrieben. Einige Meßergebnisse wurden dargestellt.

WSTĘP

W różnego rodzaju procesach technologicznych mamy do czynienia z koniecznością przetłaczania wysokozapylonych gazów, przy czym często jest to mieszanina pyłowo–gazowa. W tym momencie powstaje problem doboru odpo-



Rys. 1. Charakterystyka wentylatora o swobodnym przepływie według badań BATOWENT–u [1]

Fig. 1. Characteristic of free–flow fan from BAROWENT [1] researches

wiedniego wentylatora, który z jednej strony zapewniałby bezawaryjną eksploatację instalacji, a z drugiej strony byłby odpowiednio sprawny.

W praktyce przemysłowej najczęściej stosowane są wirniki typu promieniowego o łopatkach prostych promieniowych. Przy dużych zapyleniach następuje tak szybko postępująca ich erozja, że stawiane jest pytanie o inne konstrukcje wirników, bardziej odpornych na erozję.

Rozszerzanie zakresu zadań stawianych wentylatorom spowodowało powstanie nowych konstrukcji, szczególnie predystynowanych do transportu mieszanki pyłowo–gazowej. Są to **wentylatory o swobodnym przepływie**. Znamienną cechą tych wentylatorów jest swobodna przestrzeń przepływowa utworzona między otwartym wirnikiem a przednią ścianką obudowy wentylatora.

W kraju badania tego typu wentylatorów zostały po raz pierwszy przeprowadzone przez Radwańskiego. Stwierdzono jednak ich stosunkowo niewysoką sprawność. I tak w opracowaniu Barowentu [1] stwierdzono maksymalną sprawność modelu $\eta = 0{,}475$. Uzyskane charakterystyki przedstawiono na rys. 1.

Poglądy na mechanizm przepływu i działania wentylatorów (a także pomp) o swobodnym przepływie są dosyć kontrowersyjne. Wentylatory te są stosunkowo mało poznane, co dowodzi celowości podejmowania badań w tym zakresie.

2. PROGRAM BADAŃ

Jedną z bardziej istotnych cech konstrukcyjnych wpływających na sprawność wentylatorów o swobodnym przepływie jest szerokość obudowy spiralnej. W celu przeprowadzenia badań określających wpływ szerokości tej obudowy na charakterystyki pracy wykonano serię pomiarów dla pięciu położeń ruchomej płyty na przedniej ściance obudowy spiralnej (rys. 2).

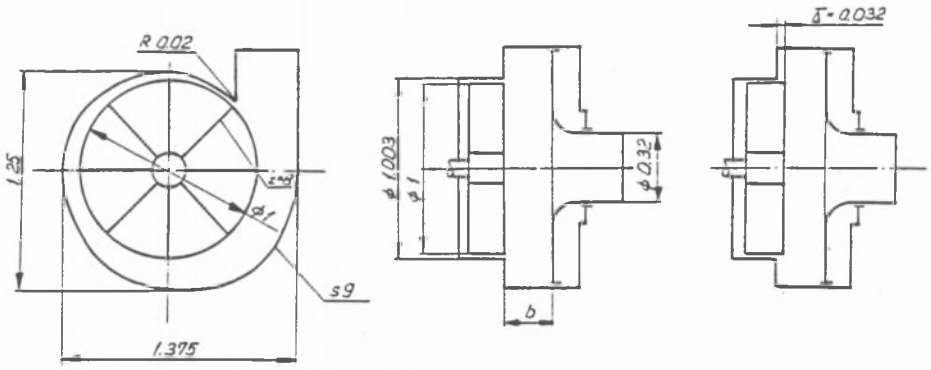
Badania powtórzono przy wysuniętym o $\Delta = 20$ mm wirniku z wnęki.

Należy podkreślić, że wychodząc z założenia o stałości składowej obwodowej prędkości w spirali, uzasadnionego silną turbulencją i mieszaniem strug, kształt spirali zaprojektowano według zależności:

$$r_\varphi = \frac{D}{2}\left(1 + \varphi \frac{\overline{A}}{\Pi} k\right)$$

gdzie:

D – średnica zewnętrzna wirnika,
φ – kąt bieżący spirali,
$\overline{A}$ – rozwarcie spirali,
k – współczynnik poprawkowy.



Rys. 2. Schemat wentylatora użytego do badań

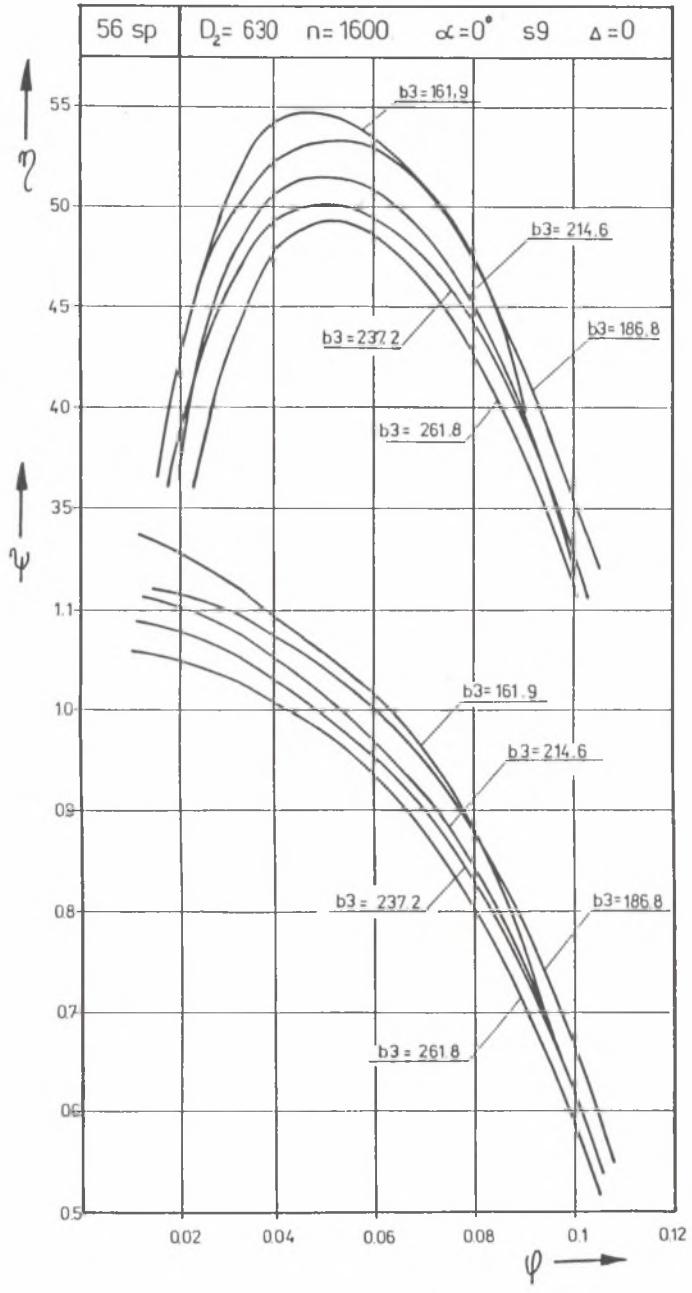
Fig. 2. Flow scheme of model–fan

Wyniki badań charakterystyk pracy przedstawiono w formie bezwymiarowej:

$$\eta = f(\varphi), \quad \psi = f(\varphi), \quad \eta_s = f(\varphi), \quad \psi_s = f(\varphi)$$

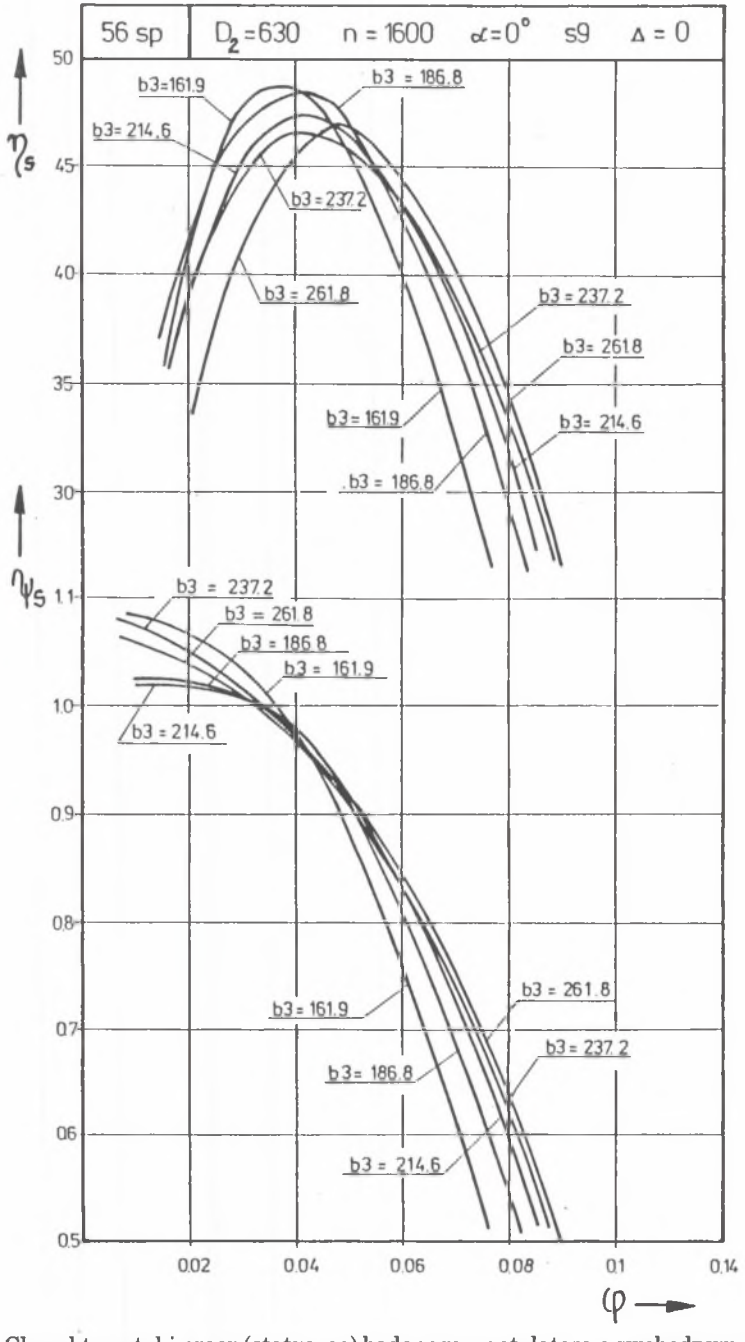
gdzie:

φ – liczba wydajności,
η – sprawność całkowita (wewnętrzna),
ψ – liczba przyrostu ciśnienia,
η_s – sprawność statyczna (przy założeniu że energia kinetyczna czynnika na wylocie jest tracona),
ψ_s – liczba przyrostu ciśnienia (przy powyższym założeniu).



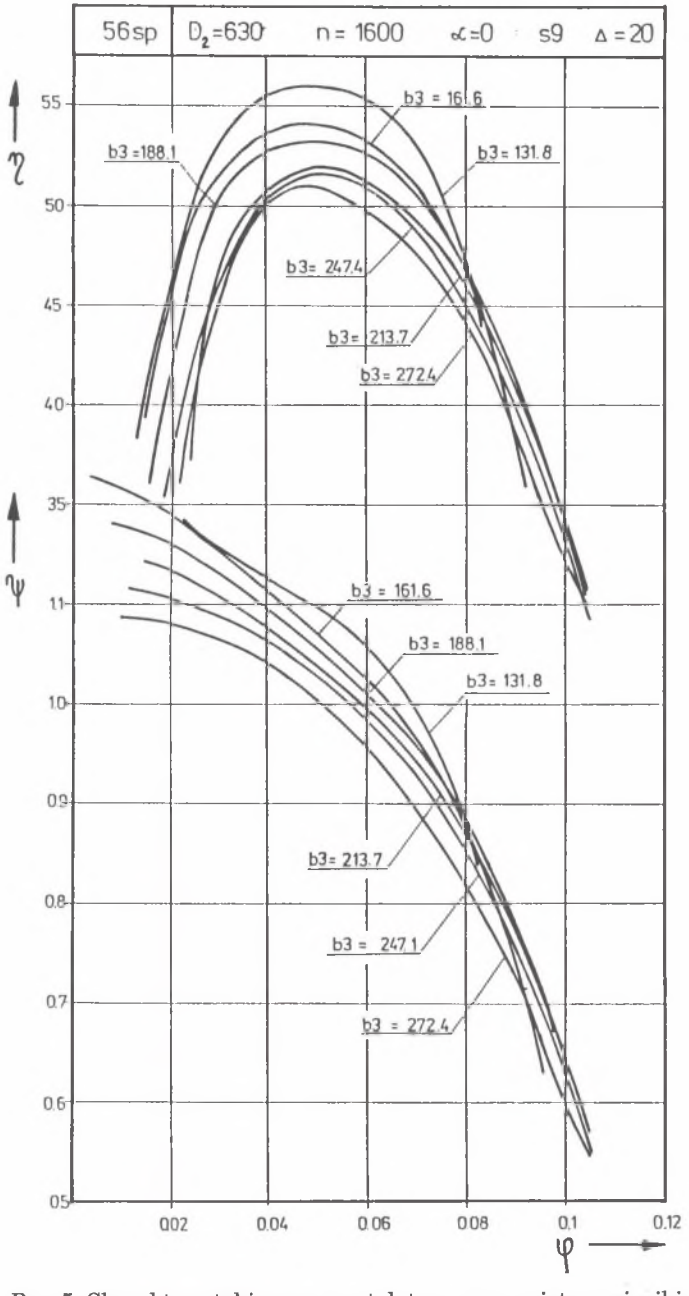
Rys. 3. Charakterystyki prac wentylatora o swobodnym przepływie przy zmianie szerokości obudowy spiralnej

Fig. 3. Performance characteristic of free–flow fan for different widths of spiral casing



Rys. 4. Charakterystyki pracy (statyczne) badanego wentylatora o swobodnym przepływie

Fig. 4. Static performance characteristic of free–flow fan



Rys. 5. Charakterystyki pracy wentylatora z wysuniętym wirnikiem

Fig. 5. Performance characteristic of fan with displaced rotor

3. WYNIKI BADAŃ

Na rys. 3 przedstawiono charakterystyki przepływowe przy 5 szerokościach obudowy spiralnej. Wyraźnie tu widać, że im mniejsza szerokość obudowy, tym lepsze osiągi wentylatora. W tablicy 1 zestawiono wartości liczb charakterystycznych dla warunku maksymalnej sprawności całkowitej przy poszczególnych szerokościach spirali ($\overline{B} = b/D_2$). Maksymalne wartości sprawności całkowitych są rzędu 54%, natomiast sprawności statycznych ok. 48%.

Tablica 1

W56sp $\overline{\Delta} = 0$						
Lp.	$\overline{B}$	ψ	$\varphi_{\eta max}$	η_{max}	η_{smax}	ψ_s
1	0,27	1,051	0,051	54,57	48,74	0,994
2	0,3	1,028	0,053	53,34	48,45	0,972
3	0,35	1,014	0,049	51,43	47,42	0,982
4	0,38	0,993	0,050	50,05	46,53	0,963
5	0,42	0,961	0,054	49,28	47,05	0,931

Na rys. 4 przedstawiono przebiegi charakterystyk statycznych.

Analogiczny przebieg charakterystyk zaobserwować można na rys. 5, dla przypadku lekko wysuniętego z wnęki wirnika. Widać stąd, że niewielkie wysunięcie wirnika z wnęki o 20 mm ($\overline{\Delta} = 0{,}032$) nie daje specjalnych korzyści.

4. ZAGADNIENIA OBLICZANIA CHARAKTERYSTYK WENTYLATORA PRZY PRACY NA CZYNNIKU ZAPYLONYM

Doświadczenia przeprowadzone na wentylatorach promieniowych wskazują, że w wypadku czynnika roboczego w postaci mieszaniny gazu i cząstek stałych otrzymuje się spiętrzenia takie same, jakby przepływał czysty gaz, natomiast moc pobierana na napęd rośnie.

Brak jest wyczerpujących badań na ten temat. Wiadomo jednak, że tory cząstek stałych nie są identyczne z torami gazu i łatwo to wytłumaczyć różnicą sił masowych działających na cząstki stałe i cząstki gazu. W doświadczeniach można obserwować lub domyślać się po widocznych śladach erozji, że gromadzenie się pyłu występuje w wyraźnych pasmach.

Jeśli przyjąć przybliżenie dla małych koncentracji pyłu, że tory cząstek gazu i zanieczyszczeń mało różnią się od torów przy przepływie czystego gazu i po wtóre, że straty przepływu samego gazu są takie same jak dla czynnika bez zanieczyszczeń, to w obliczeniach spiętrzeń można posługiwać się wzorami wyprowadzonymi poprzednio dla czystego gazu.

Jeżeli koncentrację pyłu w strumieniu oznaczymy przez stopień masowej koncentracji pyłu μ zdefiniowany następująco:

$$\mu = \frac{\dot{m}_p}{\dot{m}_g}$$

gdzie:

$\dot{m}_p$ – strumień masy pyłu,

$\dot{m}_g$ – strumień masy gazu (czystego).

Gęstość mieszaniny wynosi:

$$\rho_m = \frac{\dot{m}_p + \dot{m}_g}{\dot{V}_m}$$

Gęstość gazu bez pyłu:

$$\rho_g = \frac{\dot{m}_g}{\dot{V}_g}$$

Jest oczywiste, że wydajności praktycznie niewiele się różnią:

$$\dot{V}_m \approx \dot{V}_g$$

stąd więc wynika zależność:

$$\rho_m = \rho_g (1 + \mu)$$

Bezpośrednim efektem tej zależności mógłby być związek pozwalający określić moc wentylatora przetłaczającego mieszaninę:

$$N_m = N_g \frac{\rho_m}{\rho_g} = N_g (1 + \mu)$$

W przepływie mieszaniny przez wirnik tory cząstek gazu i tory cząstek pyłu nie pokrywają się. Cząstki pyłu uderzając w powierzchnie wirnika powodują, że potrzebna jest większa moc do przetłaczania mieszaniny, aniżeli to wynika z powyższego związku. Stosownie do przeprowadzonych badań często stosuje się w tym względzie zależność:

$$N_m = N_g (1 + k_N \mu)$$

Jednocześnie obserwuje się pewne zmniejszenie uzyskiwanego przyrostu ciśnienia zgodnie z empirycznym związkiem:

$$\Delta p_m = \Delta p_g (1 - k_p \mu)$$

Współczynniki korekcyjne w przypadku cząstek dużych (ok. 0,5 mm) wynoszą:

$$k_p = 0{,}1 - 0{,}45$$
$$k_N = 1{,}5 - 1{,}7$$

Powyższe zależności pozwalają bezpośrednio określić sprawność wentylatora przetłaczającego mieszaninę:

$$\eta_m = \frac{\dot{V}_m \Delta p_m}{N_m} = \eta_g \frac{1 - k_p \mu}{1 + k_N \mu}$$

4. WNIOSKI

Wyniki badań jednoznacznie wskazują, że wentylator ze swobodnym przepływem czynnika charakteryzuje się stosunkowo niską sprawnością ($\eta_{max} \sim 54\%$). Wydaje się, że dalsze badania wpływu liczby łopatek, geometrii spirali mogłyby przynieść jeszcze paroprocentową poprawę sprawności.

Jeżeli przyjąć, że zasadniczym kryterium stosowania tego typu wentylatorów w warunkach silnego zapylenia jest niezawodność pracy i pewność ruchowa, to w szeregu przypadkach zastosowanie tej konstrukcji będzie celowe.

LITERATURA

[1] Radwański J., Polok J., Pniok J.: Wykonanie pomiarów prototypu wentylatora RT 300/960. Opracowanie BAROWENT 531/III, 1984.

Abstract

In the article the idea of the free–flow fan has been presented. Research project was described and floe characteristics were given.

One of the most important construction features which has an influence on the free–flow fan efficiency is the width of spiral casing. Series of measurements were carried out in order to determine the influence of the width of spiral casing on the working characteristics. There are five positions of a movable plate on the frontal part of spiral casing (fig. 2). The measurements were repeated for a rotor moved by 20 mm.

Results of measurements are presented in the non–dimensional diagrams (fig. 3, 4, 5). In the table 1 were presented the values of characteristics numbers for the maximal velocity condition. The results indicate that the free–flow fan efficiency may achieve the order of 54%.