ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1990
Seria: ENERGETYKA z. 113 Nr kol. 1101

Joachim J.OTTE

Instytut Maszyn i Urządzeń Energetycznych
Politechnika Śląska

KONCEPCJA, KONSTRUKCJA I POLE PRACY NOWEGO TYPOSZEREGU PRZEMYSŁOWYCH WENTYLATORÓW PROMIENIOWYCH

Streszczenie. Na tle dotychczas produkowanego typoszeregu wentylatorów WPW i WPWD przedstawiono koncepcję, zasadnicze założenia konstrukcyjne oraz wyniki badań przepływowych nowego, wysoko sprawnego typoszeregu promieniowych wentylatorów przemysłowych WPX i WPXD.

1. WSTĘP

Wentylatory promieniowe są maszynami bardzo rozpowszechnionymi, o podstawowym znaczeniu w wielu gałęziach przemysłu i energetyki. Na rynku światowym w ich produkcji konkuruje ze sobą kilkanaście dużych liczących się firm. Należy podkreślić, że stworzenie typoszeregu wentylatorów jest podsumowaniem wielu lat doświadczeń, stąd też poszczególne firmy rzadko tworzą nowe typoszeregi, a jedynie doskonalą istniejące konstrukcje. Jako uznane firmy produkujące wentylatory promieniowe dla dowolnych warunków można wymienić: BABCOCK-TLT (RFN), FLÄKT (Szwecja), STORK (Holandia), KKK (RFN),OELDE(RFN).

W kraju głównym producentem przemysłowych wentylatorów promieniowych jest Fabryka FAWENT w Chełmie Śląskim k.Mysłowic. W Zakładzie Cieplnych Maszyn Wirnikowych opracowano dla warunków i wymagań Fabryki FAWENT nowy typoszereg wentylatorów PROMAX oznaczony skrótowo symbolem WPX.

Praca była finansowana z CPBR 11.2 pn. "Technika ochrony powietrza" koordynowanego przez OBR BAROWENT w Katowicach.

2. STAN OBECNY

Oceniając krytycznie produkowany od 1966 r. typoszereg wentylatorów WPW, można stwierdzić, że pod wieloma względami są one już konstrukcjami nie spełniającymi współczesnych wymagań. I tak pod względem:

a) konstrukcyjnym są to wentylatory o zbyt niskiej sprawności. Sprawności maksymalne wentylatorów rzędu 80 % nie pozwalają w żaden sposób konkurować z wyrobami firm światowych,

b) technologicznym - wentylatory WPW nie są stypizowane ze względu na różne rozwiązania konstrukcyjne poszczególnych wielkości,
c) niezawodnościowym - wentylatory nie spełniają wymagań poprawnej pracy przy czynniku zapylonym. Łopatki profilowane są w tym przypadku nie do przyjęcia. W wentylatorach przemysłowych należy uwzględnić fakt częstej ich pracy (szczególnie w warunkach krajowych), przy czynniku zapylonym. Należy przy tym mieć na uwadze, że najważniejszą cechą wentylatorów energetycznych jest ich pewność ruchowa,
d) wariantowości konstrukcji - wentylatory WPW można określić jako nie dające racjonalnego pokrycia pola wymaganych parametrów pracy.

3. KONCEPCJA NOWEGO TYPOSZEREGU

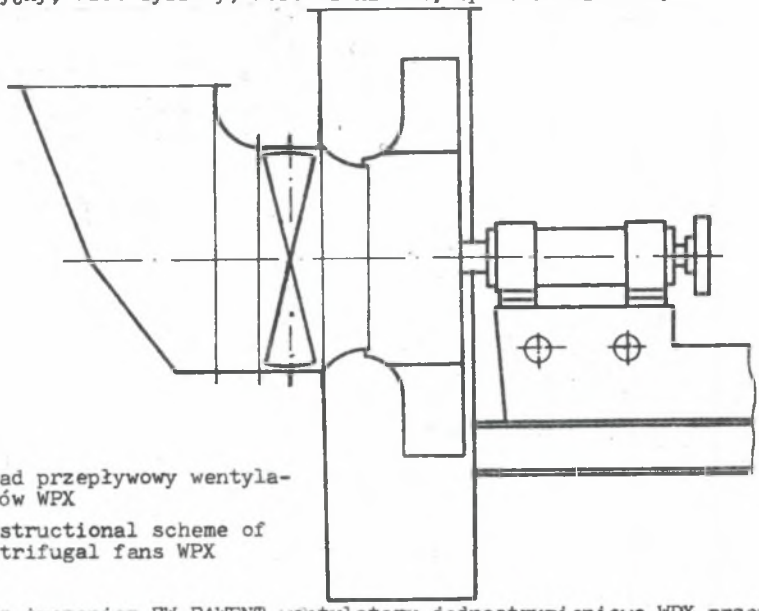
Punktem wyjścia przy projektowaniu nowego typoszeregu wentylatorów były w pierwszym rzędzie wymagania Fabryki sprowadzające się do tego, że ma to być pod względem rozwiązań konstrukcyjnych oraz wskaźników energetycznych typoszereg pozwalający konkurować z wentylatorami czołowych firm światowych, natomiast w zakresie technologiczności ma być dostosowany do możliwości produkcyjnych Fabryki FAWENT.

W procesie projektowania wzięto pod uwagę następujące zasadnicze kryteria wynikające z przynależności danej konstrukcji do typoszeregu:
- kryterium długiej aktualności zunifikowanych wartości cech charakterystycznych,
- kryterium spójności między konstrukcją typową a konstrukcjami współdziałających środków technicznych,
- kryterium niezawodności systemów, w skład których wchodzą opracowane konstrukcje typowe,
- kryterium minimalnej liczby konstrukcji typowych należących do typoszeregu,
- kryterium powtarzalności konstrukcji elementów w poszczególnych typach konstrukcji tworzących typoszereg,
- kryterium minimum kosztów wytwarzania i eksploatacji wentylatorów typoszeregu.

Pomijając szerszą analizę poszczególnych kryteriów, konieczne wydaje się rozpatrzenie jednego z nich, a mianowicie kryterium minimalnej liczby konstrukcji. Otóż błędny jest wniosek, że minimalna liczba konstrukcji typowych jest w tym względzie rozwiązaniem optymalnym. Racjonalne jest dążenie do minimalnej liczby takich elementów konstrukcyjnych, jak: łożyskowania, piasty, aparaty kierownicze, skrzynie wlotowe, elementy wyoblone tarcz nakrywających itp., natomiast geometrii wirników powinno być znacznie więcej. Zwężenie czy poszerzenie wirnika, zmniejszenie lub powiększenie liczby łopatek nie pociąga za sobą praktycznie żadnych zmian w technologii i pracochłonności wyrobu, powodując jednak zmianę wskaźników przepływowych.

4. KONSTRUKCJA UKŁADU PRZEPŁYWOWEGO

Przyjęto następujący układ przepływowy (rys. 1): skrzynia wlotowa, aparat regulacyjny, wlot dyszowy, koło wirnikowe, spirala zbiorcza.



Rys. 1. Układ przepływowy wentylatorów WPX

Fig. 1. Constructional scheme of centrifugal fans WPX

Zgodnie z życzeniem FW FAWENT wentylatory jednostrumieniowe WPX przewiduje się z osiowym aparatem kierowniczym, natomiast wentylatory dwustrumieniowe WPXD z aparatem żaluzjowym w skrzyni wlotowej.

Zasadniczymi elementami układu przepływowego, których geometria w decydujący sposób warunkuje uzyskanie wysokich sprawności to: skrzynia wlotowa, wirnik i spirala zbiorcza.

4.1. Skrzynia wlotowa

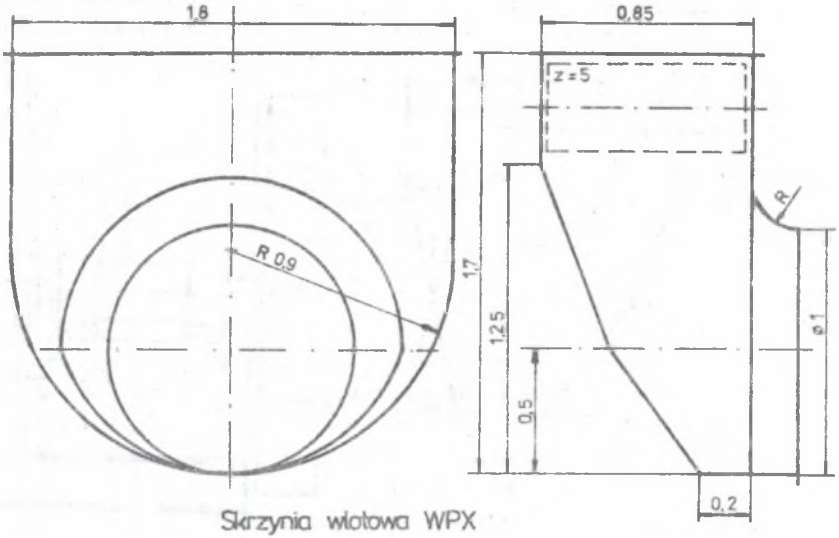
Przy doborze cech geometrycznych skrzyni wlotowej dążono do spełnienia następujących warunków:

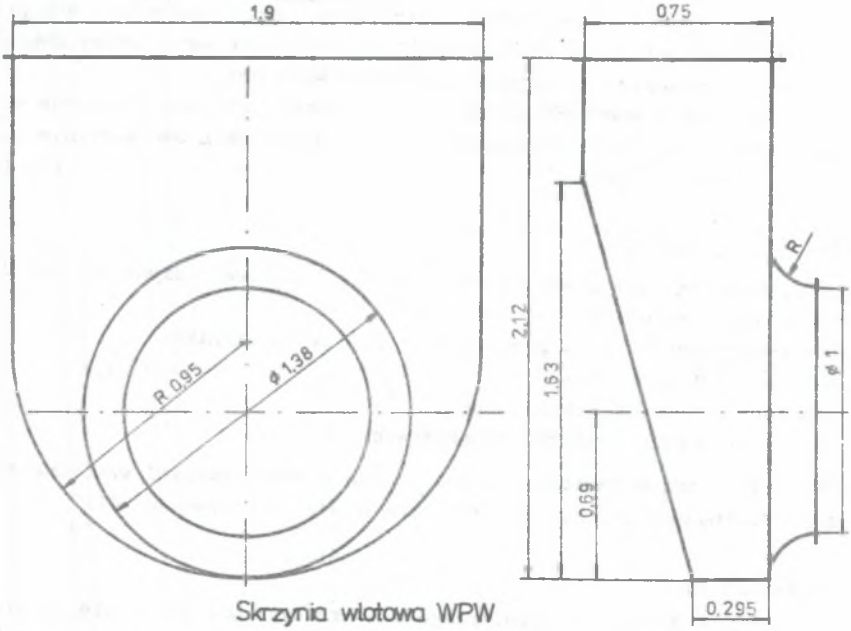
- równomiernego rozkładu prędkości na wlocie do wirnika,
- małych strat ciśnienia,
- prostego i taniego wykonawstwa,
- względnie małych wymiarów gabarytowych skrzyni.

Na rys. 2 przedstawiono dla porównania wymiary skrzyni względne aktualnie produkowanego typoszeregu WPW oraz nowego typoszeregu WPX.

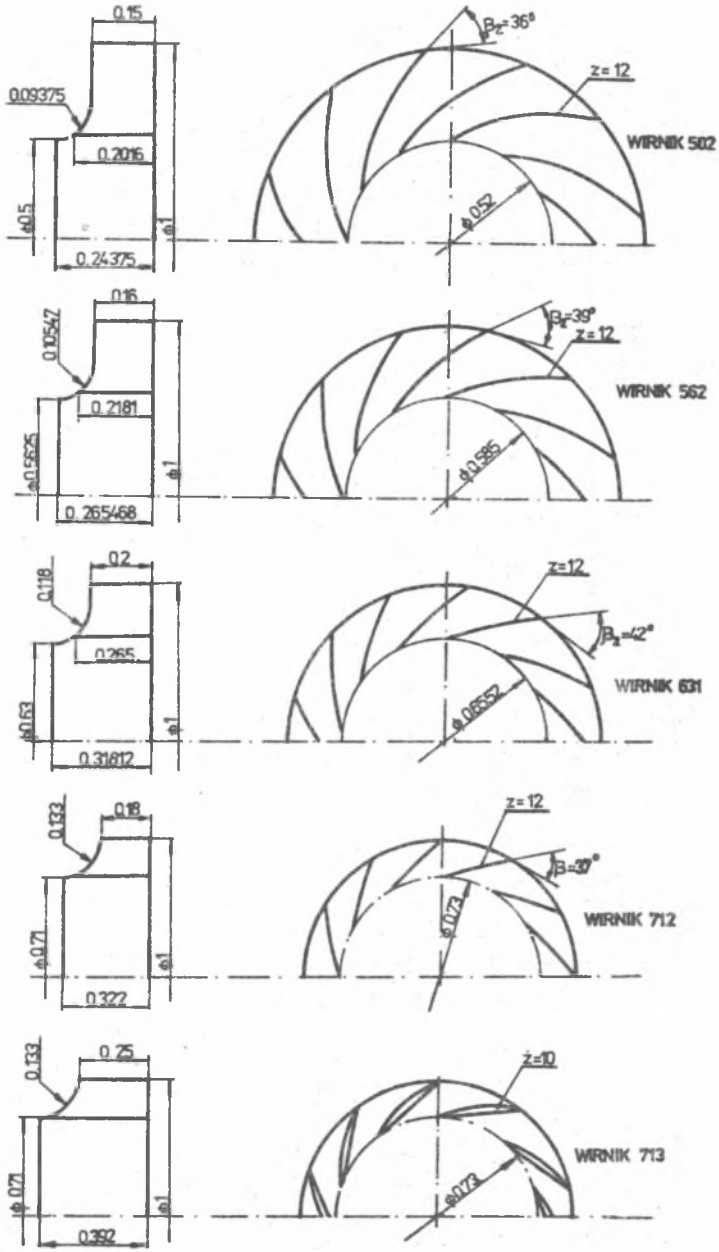
4.2. Wirnik

Zasadniczą sprawą dla nowego typoszeregu było przygotowanie od strony parametrowej wysoko sprawnych wirników. Problem braku pewnych kryteriów oceny konstrukcji wirnika od strony przepływowej jest od dłuższego czasu roz-





Rys. 2. Wymiary skrzyń wlotowych wentylatorów WPW i WPX
Fig. 2. Dimensions of inlet boxes of WPW and WPX fans



Rys. 3. Podstawowe wirniki typoszeregu wentylatorów WPX

Fig. 3. Basis impellers of type-series of WPX fans

pracowywany w Instytucie Maszyn i Urządzeń Energetycznych Politechniki Śląskiej [2],[3]. Bardzo owocna, również w przypadku typoszeregu WPX, stała się analiza funkcji obciążenia aerodynamicznego łopatek wirnika $\Delta\pi = f(r)$ [3].

Ostatecznie do typoszeregu zaproponowano pięć wirników o stosunkach średnic D_o/D_2 = 0,5; 0,56; 0,63; 0,71. Jako zasadniczy typ wirnika, ze względów sprawnościowych i wytrzymałościowych, przyjęto wirniki z kątem nachylenia tarczy nakrywającej $\gamma = 0$. Jedynie dla stosunku 0,71 zastosowano kąt nachylenia $\gamma = 16^o$. Jeden z wirników ze względów wytrzymałościowych posiada łopatki dwupowłokowe profilowane, pozostałe cztery są wirnikami jednopowłokowymi.

Na rys. 3 przedstawiono zestawienie wirników wraz z charakterystycznymi wymiarami.

4.3. Spirala zbiorcza

Przy projektowaniu spirali zbiorczej, która w swej postaci geometrycznej bazuje na zmodyfikowanym równaniu spirali logarytmicznej, zastosowano oryginalną metodę "kojarzenia" spirali z wirnikiem w określonym punkcie pracy. Badania doświadczalne potwierdziły przydatność metody.

5. WYNIKI BADAŃ PRZEPŁYWOWYCH

Badania charakterystyk pompy i głośności poszczególnych wentylatorów modelowych przeprowadzono w laboratorium Instytutu. Średnica wirników modelowych, w zależności od stosunku średnic D_o/D_2 wynosiła od 500 do 630 mm. Przebadano w sumie 12 wirników, z których ostatecznie do typoszeregu wybrano pięć, a mianowicie: 502, 562, 631, 712, 713. W przytoczonych oznaczeniach wirników dwie pierwsze cyfry oznaczają stosunek średnic D_o/D_2.

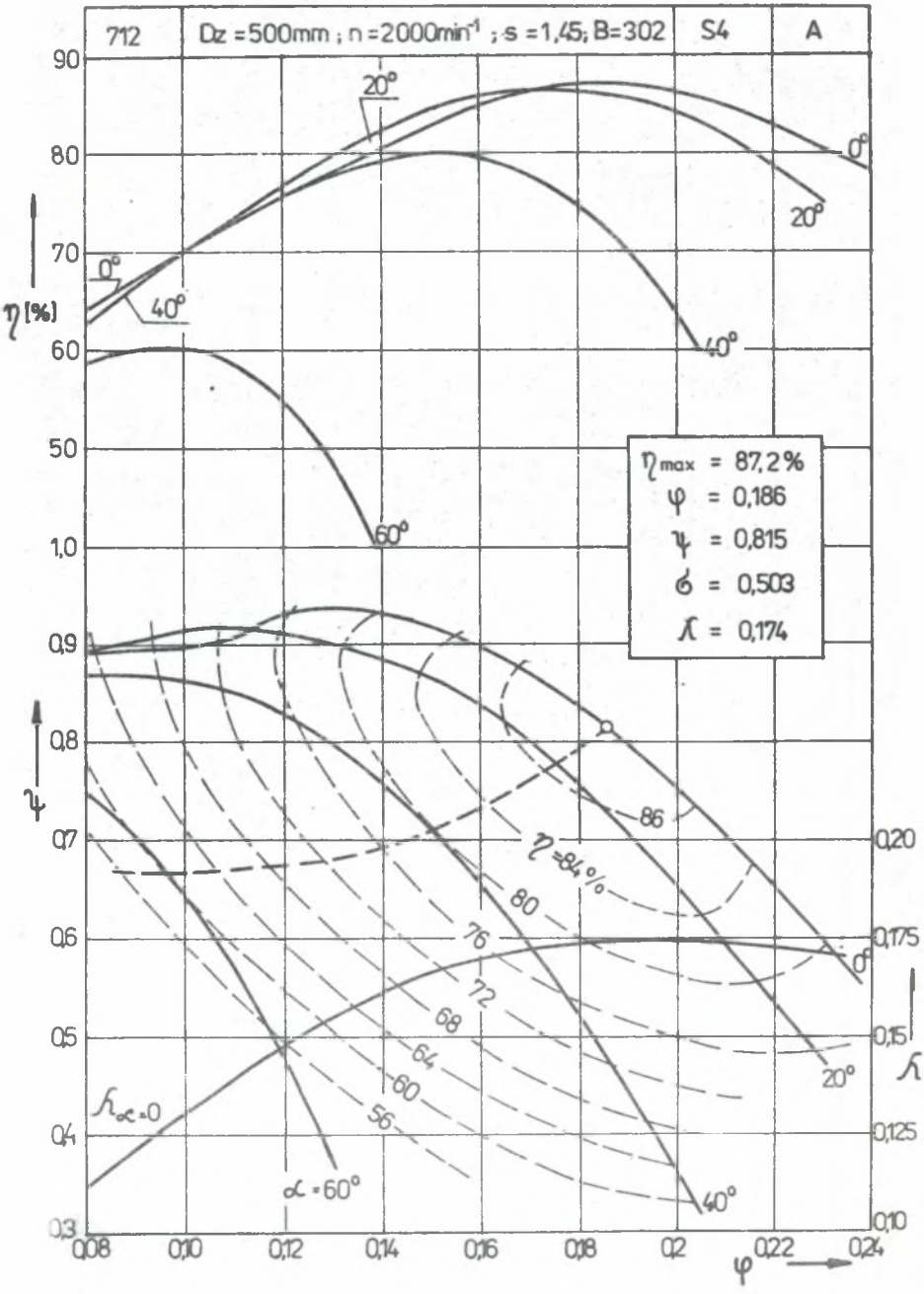
Przykładową charakterystykę wentylatora modelowego (bez skrzyni wlotowej) z wirnikiem 712 w postaci bezwymiarowej przedstawiono na rys. 4.

Przeprowadzono również badania trzech prototypów wentylatorów na wielkogabarytowym stanowisku OBR BAROWENT. Rezultaty badań potwierdzają wysoką sprawność wentylatorów typoszeregu. I tak uzyskano następujące maksymalne sprawności prototypów: WPX 90/631 - η_{max} = 84,5 %
WPX 125/562 - η_{max} = 89 %
WPXD 71/502 - η_{max} = 84,2 %

Na rys. 5 przedstawiono wyniki badań prototypu WPXD 71/502 w postaci bezwymiarowych charakterystyk $\{\psi, \eta, \lambda\} = f(\varphi)$.

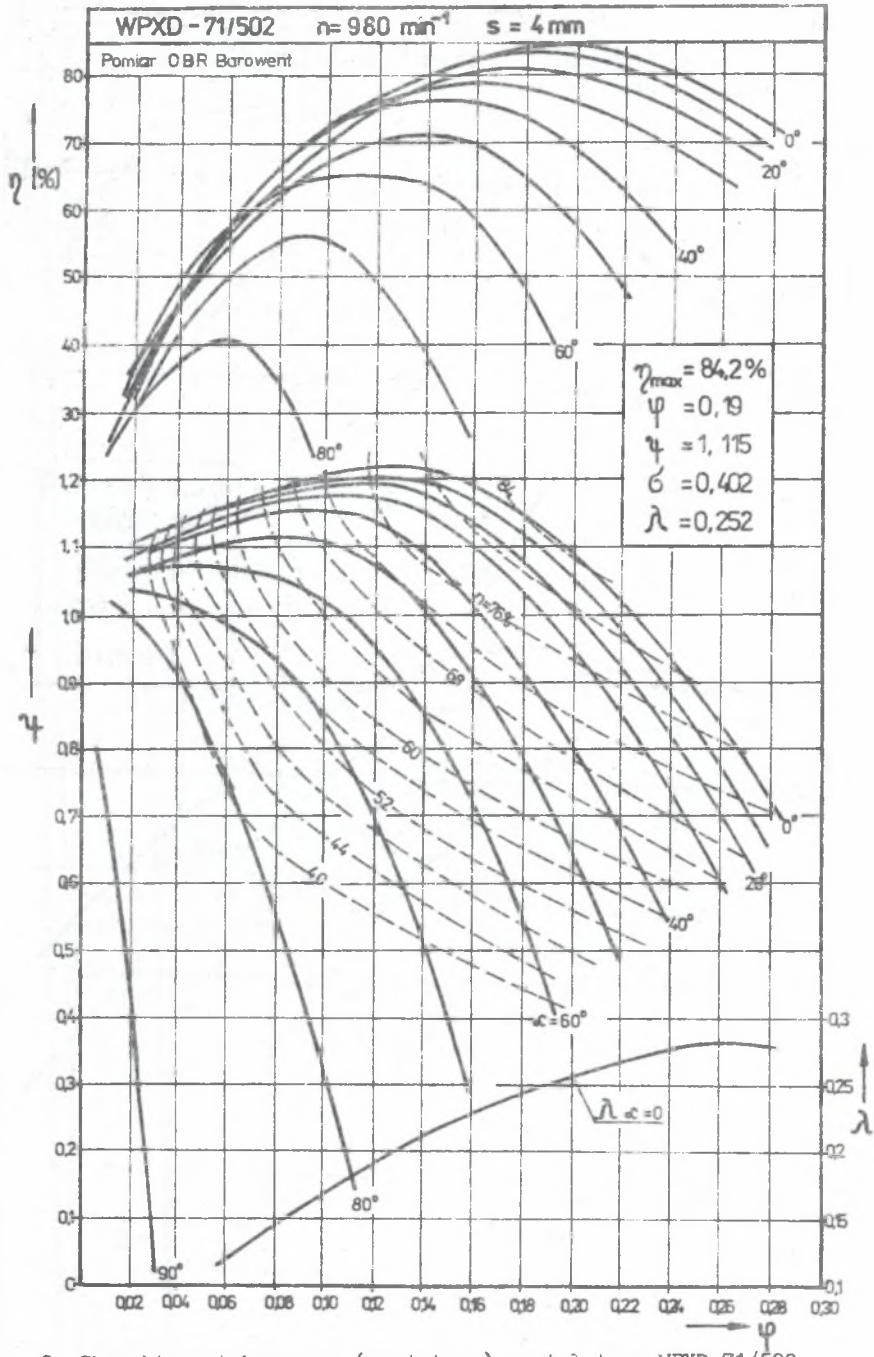
6. PORÓWNANIE CHARAKTERYSTYCZNYCH WSKAŹNIKÓW

W tablicy 1 zestawiono niektóre charakterystyczne wskaźniki geometryczne



Rys. 4. Charakterystyka wentylatora modelowego WPX 31,5/712

Fig. 4. Dimensionless characteristic of model-fan WPX 31,5/712



Rys. 5. Charakterystyka pracy (prototypu) wentylatora WPXD 71/502
Fig. 5. Performance characteristic of WPXD 71/502 fan (prototype)

i przepływowe typoszeregów WPW oraz WPX. Podano tu kolejno: stosunek średnic D_o/D_2, względną całkowitą szerokość wirnika b_o/D_2, względną szerokość wirnika na wylocie b_2/D_2, rozwarcie spirali (zbiorczej) $\bar{A}$, względną szerokość spirali B/D_2, liczbę wydajności (dla η_{max}) φ, liczbę ciśnienia ψ, sprawność η, wyróżnik szybkobieżności σ, wskaźnik powierzchni całkowitej wentylatora K_A, wskaźnik objętości zajmowanej przez wentylator K_v, wskaźnik objętości skrzyni wlotowej K_{vk}, wskaźnik naprężeń maksymalnych łopatek wirnika K_σ.

tablica 1

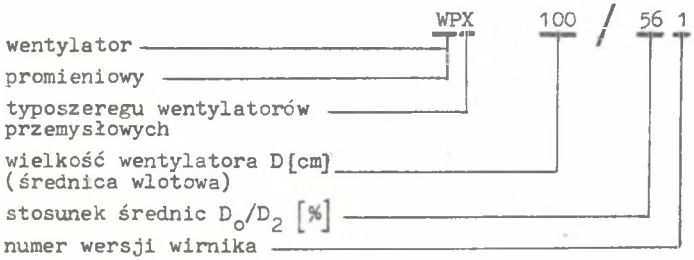
WENTYLATORY	D_o/D_2	b_o/D_2	b_2/D_2	$\bar{A}$	$\bar{B}$	φ	ψ	η	σ	K_A	K_v	K_{vk}	K_σ
WPW	1.4	0.664	0.4	0.232	0.724	0.480	0.18	0.81	78	0.497	27.4	19.6	12.3	*4.6
	1.8	0.518	0.314	0.132	0.722	0.372	0.12	1.05	81	0.334	43	33.6	12.8	*3.02
WPX	502	0.50	0.244	0.15	0.600	0.40	0.108	1.04	85.4	0.32	42	35.3	14.2	2.27
	562	0.56	0.265	0.16	0.693	0.45	0.136	0.96	84.8	0.38	37.2	30.3	13.4	3.27
	631	0.63	0.318	0.20	0.760	0.50	0.17	0.90	83.5	0.44	32	25.1	13.0	4.3
	712	0.71	0.322	0.18	0.760	0.60	0.18	0.80	85	0.502	30.5	25.2	15.6	4.2
	713	0.71	0.392	0.25	0.760	0.60	0.182	0.80	85.4	0.504	30.2	24.9	15.3	2.5

* - łopatki łukowe

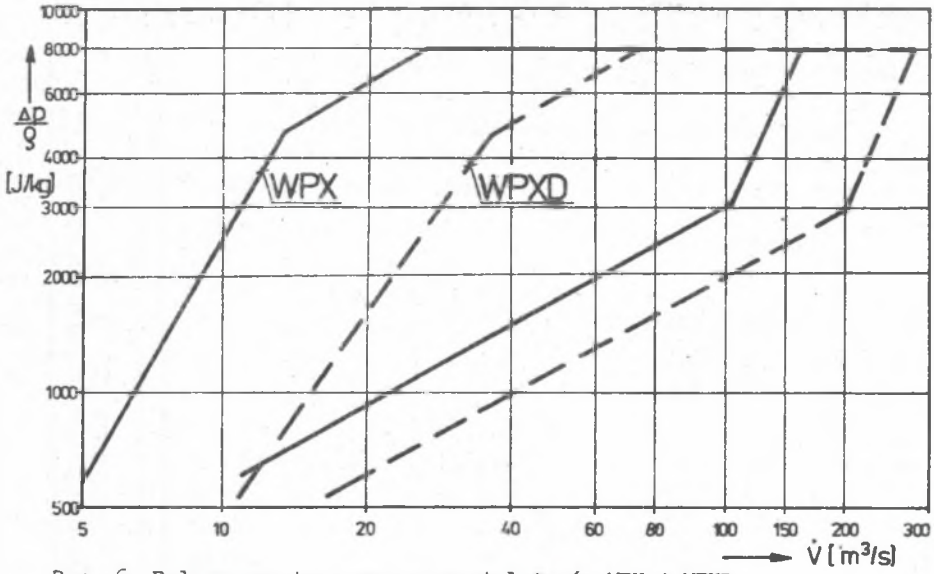
Wskaźniki K_A, K_v, K_{vk} zdefiniowane są w ten sposób, że odnoszą się do wentylatorów o tej samej wydajności i spiętrzenia, natomiast wskaźnik naprężeń zdefiniowany jest następująco: $K_\sigma = \sigma_{max}/\rho_{st}\, u_z^2$, gdzie: ρ_{st} - gęstość stali, u_z - prędkość obwodowa wirnika.

7. POLE PRACY TYPOSZEREGU

Do katalogowego zestawienia typoszeregu przyjęto następujące oznaczenie, którego przykład wraz z objaśnieniem podano poniżej:



Dla układu dwustrumieniowego w oznaczeniu pojawi się litera D, np. WPXD 100/561.



Rys. 6. Pole pracy typoszeregu wentylatorów WPX i WPXD

Fig. 6. Air flow, pressure rise-General survey charts of WPX and WPXD Fans

Typoszereg obejmuje 11 wielkości wentylatorów od 71 do 224 usystematyzowanych według szeregu liczb normalnych R20 oraz cztery stosunki średnic, co pozwala na optymalny dobór wentylatorów. Pole pracy wentylatorów WPX i WPXD pokazano na rys. 6.

LITERATURA

[1] Typoszereg promieniowych wentylatorów przemysłowych nowej generacji. Opracowania IMiUE Pol.Śl. do CPBR 11.2 cel 61.

[2] OTTE J.J.: O racjonalnym kształtowaniu wirników wentylatorów promieniowych. ZN Pol.Śl., Energetyka, z.91.

[3] OTTE J.J.: Function of the Aerodynamic Blade Loading as the Criterion to the Design of the Centrifugal Impeller. Proceedings of the Seventh Conference on Fluid Machinery, Budapest 1983.

Recenzent: doc. dr inż. Jan RADWANSKI

КОНЦЕПЦИЯ, КОНСТРУКЦИЯ И ОБЛАСТЬ РАБОТЫ НОВОЙ СЕРИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ ВЕНТИЛЯТОРОВ

Р е з ю м е

В работе представлена концепция новой серии промышленных центробежных вентиляторов. Приводятся аеродинамические схемы и характеристики вентиляторов. Исследования прототипов подтвердили высокие к.п.д. бентиляторов. Новая серия вентиляторов имеет пять типов колес из которых четыре имеют листовые лопатки. Область работы вентиляторов покрыта 11 типоразмерами.

CONCEPTION, CONSTRUCTION AND GENERAL SURVEY CHART OF NEW TYPE-SERIE OF INDUSTRIAL CENTRIFUGAL FANS

S u m m a r y

In this work has presented oonception and constructional assumptions of new type-serie of industrial centrifugal fans. Floating system was desoribed and performance characteristics was presented. Testing of prototypes have shown high efficiency of the fans. New type-serie of fans bases on the four impellers with unprofiled blades and one impeller with profiled blades. General survey chart of type serie fulfils 11 sizes of fans.