

Joachim OTTE

Instytut Maszyn i Urządzeń Energetycznych
Politechnika Śląska, Gliwice

WYBRANE ZAGADNIENIA PROJEKTOWANIA I KONSTRUKCJI WENTYLATORÓW PRZEMYSŁOWYCH I ENERGETYCZNYCH

Streszczenie. W prezentowanym artykule przedstawiono niektóre aspekty zagadnienia projektowania i konstrukcji wentylatorów przemysłowych i energetycznych. Przedyskutowano problemy doboru parametrów, liczb charakterystycznych, regulacyjności oraz niektóre problemy konstrukcji elementów wentylatorów.

SOME PROBLEMS OF DESIGN OF INDUSTRY FANS

Summary. In this article some aspects of design and calculations of industry fans has been presented. Problems of the fans choice for operation parameters inquiries has been discussed. The results obtained in the Institut of Power Engineering of Silesian Technical University has been presented.

EINIGE PROBLEME DES ENTWURFSPROZESSES VON INDUSTRIEVENTILATOREN

Zusammenfassung. Es wurde hier im kurzen einige Probleme der Ventilatoronstruktion dargestellt. Die Gesamtlösung Industrieventilator besteht aus der Lösung vieler Spezialaufgaben, die sich aus Anforderungen ergeben.

1. Wstęp

Wentylatory należą do maszyn, które spełniają ważne zadanie w procesach przemysłowych i instalacjach energetycznych. Niezawodność jest tą cechą, która jest na szczycie hierarchii wymagań kierowanych w stosunku do tych

maszyn. Systematyzacja wymagań stawianych wentylatorom prowadzi najczęściej do zbioru następujących postulatów:

- Wysoka niezawodność ruchu.
- Wysoka sprawność eksploatacyjna.
- Hałaśliwość w zakresie dopuszczalnym przez normy.
- Możliwość monitorowania stanu pracy.
- Możliwie mały koszt wytwarzania i zainstalowania.

Wentylatory przemysłowe są już obecnie maszynami w pewnym sensie klasycznymi, gdyż rozpoznana jest już większość zagadnień konstrukcyjnych i eksploatacyjnych, niemniej postęp w dziedzinie ich budowy wynika z zastosowania nowych algorytmów obliczeń aerodynamicznych i wytrzymałościowych oraz nowych technologii materiałowych. Wykorzystywane są przy tym często rozwiązania z zakresu sprzężarek.

2. Zagadnienia projektowania wentylatorów

Wymagane parametry pracy wentylatorów zmieniają się według trendów w budowie urządzeń kotłowych, instalacji odsiarczania spalin, bloków energetycznych, instalacji technologicznych itp. Ogólnym zauważalnym trendem jest wymaganie coraz większych spiętrzeń, które nieraz przekraczają poziom tradycyjnie przynależny wentylatorom.

2.1. Parametry pracy

Punktem wyjściowym doboru wentylatora jest zestaw wielkości wchodzących w skład wymagań ogólnych. Są to:

- | | | |
|------------------------------|------------------|----------------------------|
| – Wydajność | \dot{V} | $[\text{m}^3/\text{s}]$, |
| – Przyrost ciśnienia | ΔP | $[\text{Pa}]$, |
| – Gęstość czynnika | ρ | $[\text{kg}/\text{m}^3]$, |
| – Maks. temperatura czynnika | t_{max} | $[\text{°C}]$, |
| – Zapylenie czynnika | p | $[\text{g}/\text{m}^3]$. |

Jednym z częstych nieporozumień w zakresie parametrów pracy jest niejednoznaczne pojmowanie przyrostu ciśnienia. Całkowity przyrost ciśnienia składa się z przyrostu ciśnienia statycznego i przyrostu ciśnienia dynamicznego, czyli

$$\Delta P_c = \Delta P_s + \Delta P_d$$

Uwzględniając pola przekroju wlotowego i wylotowego wentylatora uzyskuje się tę zależność w innej postaci:

$$\Delta P_c = \Delta P_s + \frac{1}{2} \rho V^2 \left(\frac{1}{A_2^2} - \frac{1}{A_1^2} \right)$$

Już chociażby z tego wzoru wynika, że przyrost ciśnienia statycznego w wentylatorze może być, w zależności od pól przekrojów, większy lub mniejszy od przyrostu ciśnienia całkowitego.

Przy użyciu liczb charakterystycznych powyższy wzór przedstawić można następująco:

$$\psi_c = \psi_s + \frac{\pi^2}{16} \chi \varphi^2$$

gdzie:

ψ_s – liczba przyrostu ciśnienia statycznego,

$$\chi = \frac{1}{f_2^2} - \frac{1}{f_1^2}$$

$$f_1 = \frac{A_1}{D_z^2}, \quad f_2 = \frac{A_2}{D_z^2}$$

A_1, A_2 – przekroje wlotu i wylotu wentylatora

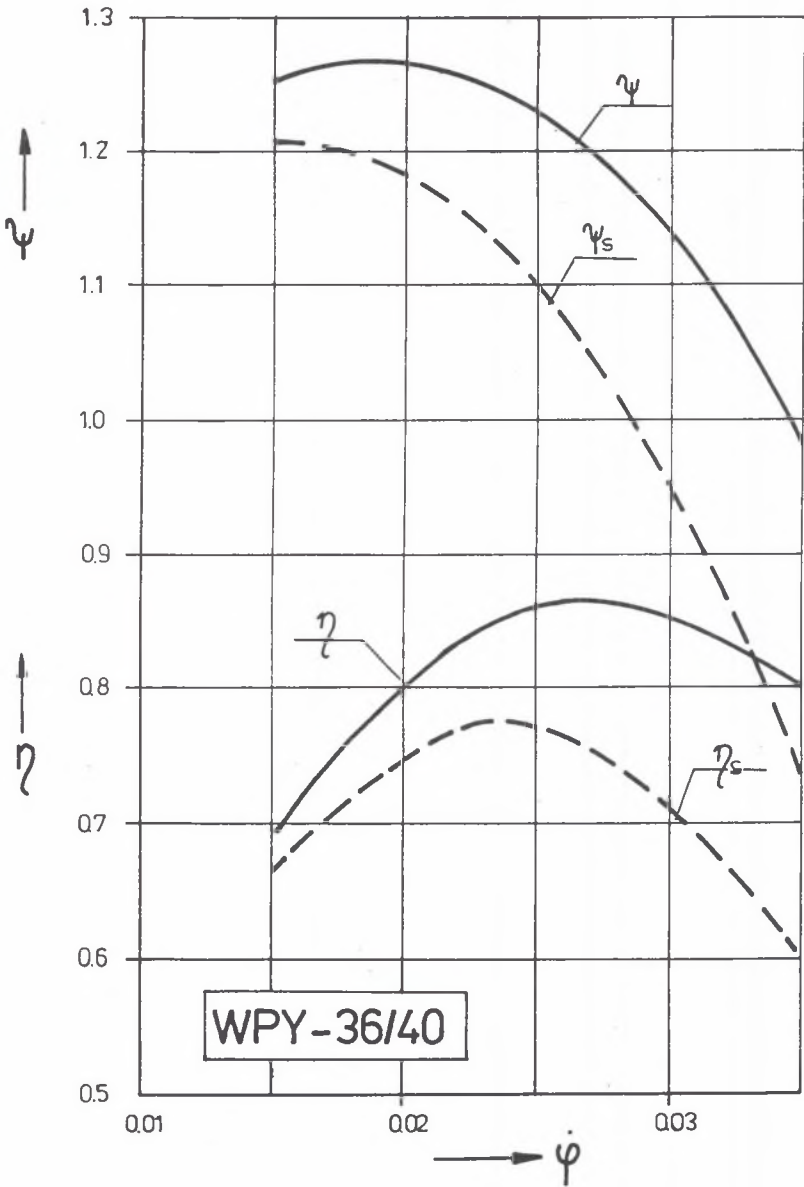
D_z – średnica zewnętrzna wirnika wentylatora

Biorąc pod uwagę zastosowanie wentylatorów, najbardziej przydatny jest odpowiednio duży przyrost ciśnienia statycznego. W przypadku dużego udziału ciśnienia dynamicznego niezbędne jest wprowadzenie elementów opóźniających (dyfuzorów). Warunek wysokiej sprawności statycznej wentylatora stanowi kolejne kryterium projektowania i konstrukcji wentylatorów.

Kształtowanie się przyrostu ciśnienia statycznego na tle przyrostu ciśnienia całkowitego oraz odpowiednie kształtowanie się charakterystyk sprawności przedstawiono na przykładzie wentylatora WPY 36/40 na rys. 1.

Praktycznym ograniczeniem uzyskiwanego przyrostu ciśnienia w wentylatorze jednostopniowym są względy wytrzymałościowe. Wraz ze stosowaniem coraz lepszych materiałów rosną możliwości uzyskania wysokich ciśnień. Obecnie można uważać, że w krajowych warunkach opanowana technologia pozwala stosować maksymalne prędkości obwodowe $u_{\max} \cong 210$ m/s. Jeżeli teraz w przypadku kół promieniowych przyjąć liczbę ciśnienia $\psi = 1,2$, to maksymalny możliwy do uzyskania przyrost ciśnienia w wentylatorze jednostopniowym wynosi

$$\Delta P_{\max} = \psi \frac{1}{2} \rho u_{\max}^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 210^2 \cong 31 \text{ kPa}$$



Rys. 1. Charakterystyka przyrostu ciśnienia statycznego i całkowitego wentylatora wysokociśnieniowego (w formie bezwymiarowej)

Fig. 1. The nondimensional static and total pressure rise characteristics

gdzie:

- ρ – gęstość czynnika [kg/m^3],
- u – prędkość obwodowa [m/s].

2.2. Liczby charakterystyczne wentylatorów

Niezbędne w pracy projektowej jest gromadzenie i posiadanie, w formie banku informacji, doświadczeń w zakresie przebadanych i eksploatowanych wentylatorów. Dla konstruktorów nieocenionym wprost narzędziem opracowania tych informacji jest teoria podobieństwa i wynikający stąd zestaw liczb (wskaźników) bezwymiarowych. Podstawowe z nich to:

- Liczba wydajności ρ ,
- Liczba ciśnienia ψ ,
- Liczba (wyróżnik) szybkobieżności σ ,
- Liczba (wyróżnik) średnicy δ .

Usystematyzowanie wartości liczb σ i δ na tzw. wykresie CORDIERA (rys. 2) daje podstawy do projektowania nowych konstrukcji. Podobną w sensie zastosowania jest zależność

$$\psi = (1,27 \pm 0,03) - 0,9\sigma$$

opracowana w Instytucie Maszyn i Urządzeń Energetycznych dla wentylatorów promieniowych wysokosprawnych.

2.3. Modelowanie charakterystyk pracy wentylatorów

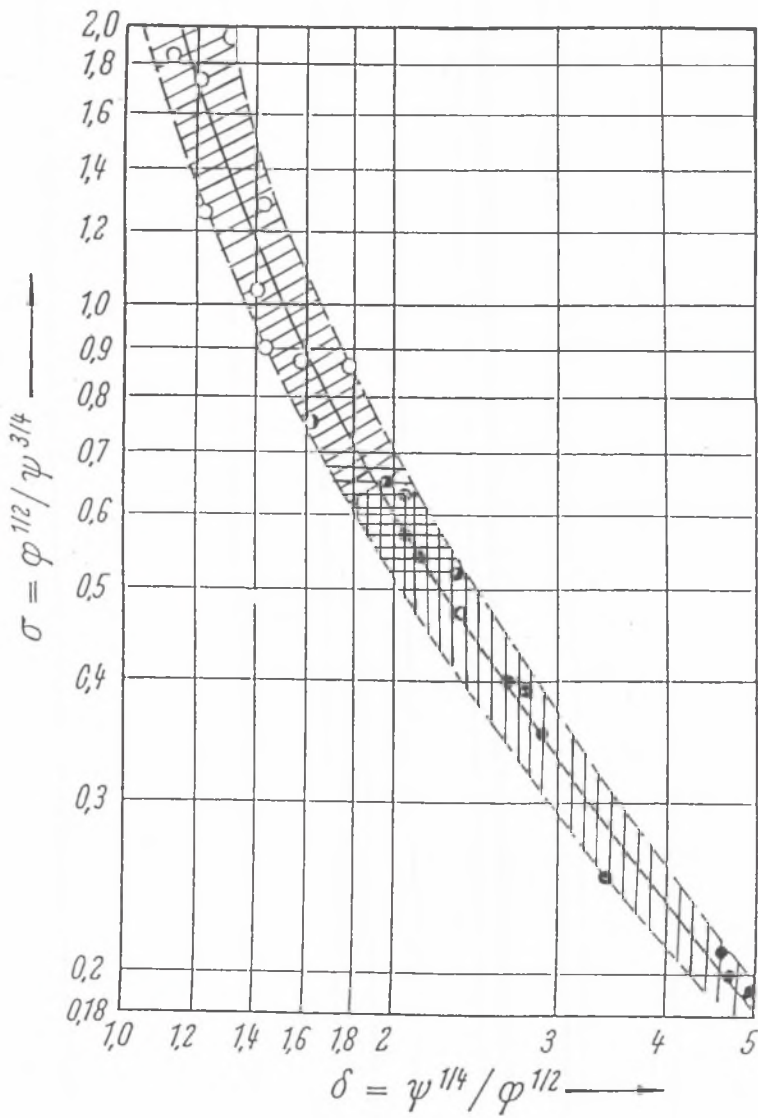
W procesie projektowania dokonuje się konkretyzacja wymiarów i postaci konstrukcyjnej, przy czym niemniej istotna jest tu możliwość określenia charakterystyki wentylatora, która w postaci bezwymiarowej opisuje zestaw trzech zależności:

$$\psi = f(\varphi)$$

$$\lambda = f(\varphi)$$

$$\eta = f(\varphi)$$

Najbardziej rozpowszechnione podejście do tego zagadnienia sprowadza się do wykorzystania wyników badań na modelach bądź też obiektach rzeczywistych. Znacznie mniejsze zastosowanie znajdują metody matematycznego modelowania charakterystyk pracy wentylatorów. Taki stan rzeczy wynika głów-



Rys. 2. Wykres zbiorczy liczb charakterystycznych $\sigma = f(\delta)$

Fig. 2. Cumulative diagram of dimensionless indexes $\sigma = f(\delta)$

nie z wymagań gwarancyjnych. Jeżeli bowiem żąda się, by charakterystykę wentylatora podać z dokładnością $\pm 2\%$, to jest dla metod matematycznego modelowania zbyt wygórowane wymaganie.

W Instytucie Maszyn i Urządzeń Energetycznych opracowano metodę matematycznego modelowania pozwalającą dla określonej grupy geometrii wentylatorów promieniowych uzyskiwać wyniki ze średnią dokładnością $\pm 3\%$. Modelowanie matematyczne w tym przypadku pozwoliło zidentyfikować charakterystyki bezwymiarowe w postaci funkcji

$$\psi = f(G, \varphi)$$

$$\lambda = f(G, \varphi)$$

$$\eta = f(G, \varphi)$$

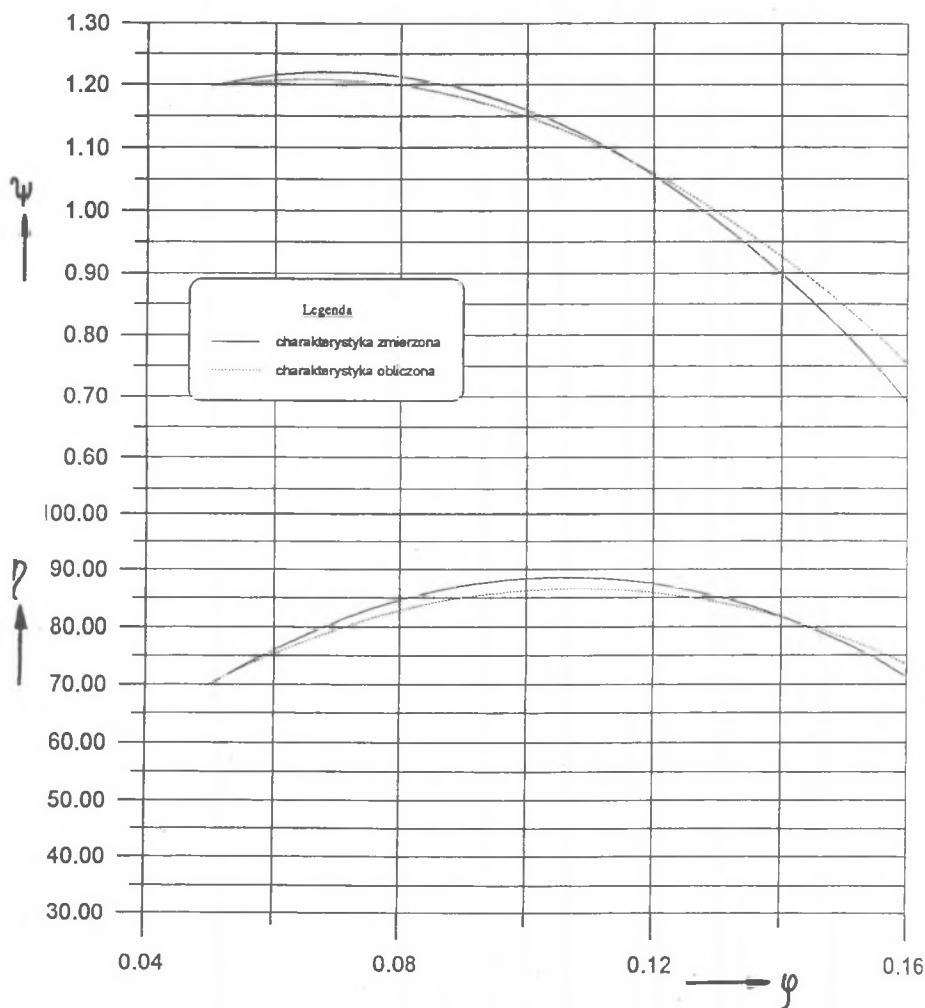
gdzie G jest zbiorem zmiennych opisujących w przybliżony sposób geometrię wentylatora promieniowego. W skład zbioru G wchodzi następujące wielkości:

$$G = \{ \bar{D}_0, \bar{D}_1, \bar{b}_2, \bar{R}_w, \gamma, \beta_1, \beta_2, z, \bar{g}, \bar{s}, \bar{\Delta b}, \bar{A}, \bar{B}, \bar{H}, Re_u \}$$

gdzie:

- \bar{D}_0 – średnica wlotowa wirnika,
- \bar{D}_1 – średnica krawędzi łopatek na wlocie,
- \bar{b}_2 – szerokość wirnika na wylocie,
- \bar{R}_w – promień wyoblenia tarczy nakrywającej wirnika,
- γ – kąt nachylenia tarczy nakrywającej,
- β_1 – kąt łopatek na wlocie,
- β_2 – kąt łopatek na wylocie,
- z – liczba łopatek,
- \bar{g} – grubość łopatek (jednopowłokowych),
- \bar{s} – szczelina promieniowa przywlotowa,
- $\bar{\Delta b}$ – odległość wirnika od,
- \bar{A} – rozwarcie obudowy spiralnej,
- \bar{B} – szerokość obudowy,
- \bar{H} – długość wylotu z obudowy,
- Re_u – liczba Reynoldsa (ze względu na średnicę zewnętrzną).

Przykład charakterystyki obliczonej i pomierzonej przedstawiono na rys. 3.



Rys. 3. Porównanie charakterystyk bezwymiarowych wentylatora promieniowego (nr 20) uzyskanych z pomiarów i obliczeń

Fig. 3. Performance characteristic of centrifugal fans in comparison to measurements and calculations

2.4. Wykorzystanie badań wentylatorów modelowych

W bardzo wielu przypadkach informacje o pełnej charakterystyce wentylatora czerpiemy z badań modelowych, tzn. z badań wentylatorów wykonanych w skali pomniejszającej względem obiektu rzeczywistego. Oczywiście, rokowania dotyczące charakterystyki wentylatora wielkogabarytowego na podstawie

wyników badań modelowych obarczone są pewnym błędem. Szczególnie obserwowany jest wpływ liczby Reynoldsa na sprawność wentylatora i w mniejszym zakresie na przyrost ciśnienia. Ogólna koncepcja tych efektów sprowadza się do uwzględnienia stosunku strat zależnych od liczby Reynoldsa do wielkości całkowitych strat przepływu. Wychodząc z tych założeń, norma VDI2044 proponuje następującą zależność:

$$\eta = 1 - (1 - \eta_m) \left[0,5 + 0,5 \left(\frac{Re_m}{Re} \right)^{0,2} \right]$$

Mimo szeregu badań zagadnień związanych z przenoszeniem wyników eksperymentów z obiektów modelowych na obiekty rzeczywiste, problem ten wymaga dalszego wyjaśnienia. Za stosowaniem tego rodzaju podejścia przy dochodzeniu do charakterystyk wentylatorów przemawia fakt, że osiągi wentylatorów wielkogabarytowych są zawsze wyższe od wartości pomierzonych na modelach.

W Laboratorium Instytutu Maszyn i Urządzeń Energetycznych prowadzi się badania wentylatorów modelowych osiowych i promieniowych, przy czym w zakresie wentylatorów promieniowych zgromadzono wyniki dotyczące geometrii przeszło 80 kół wirnikowych o średnicach $D_z = 500 - 670$ mm. Takie zasoby danych pomiarowych pozwalają dobrać odpowiedni wentylator dla praktycznie każdego wymagania w zakresie parametrów pracy.

2.5. Regulacyjność wentylatorów

Wentylatory dobierane są zwykle na nominalne parametry pracy, jednakże bierze się również pod uwagę usytuowanie innych przewidywanych punktów pracy na charakterystyce wentylatora. Stosowane urządzenia regulacyjne w różny sposób wypełniają zadania realizacji punktów pracy z odpowiednio wysoką sprawnością. W tym momencie pojawia się problem wyboru metody regulacji parametrów wentylatora. Rozwiązanie otrzymuje się na drodze analizy ekonomicznej minimum kosztów całkowitych

$$K = K_i + K_e \rightarrow \min$$

gdzie:

K_i – koszty inwestycyjne,

K_e – koszty eksploatacji: (w ciągu N lat eksploatacji).

Koszty eksploatacji wentylatora w przybliżeniu obliczyć można według zależności:

$$K_e = \sum_{n=1}^N \sum_i \left(\frac{\dot{V} \Delta P_c}{\eta} \right) t_i k_e$$

gdzie:

t_i – odcinki czasowe pracy wentylatora w poszczególnych punktach charakterystyki,

k_e – jednostkowy koszt kWh energii elektrycznej.

W zależności od charakteru pracy wentylatora lub inaczej mówiąc, od rozproszenia punktów pracy, zależy wynik analizy. Z analizy porównawczej wynika, że w przypadku wentylatorów odpowiednio dużej mocy rezultatem optymalnym jest wybór regulacji przy zmiennej liczbie obrotów realizowanej przez napęd z układem przetworników.

3. Zagadnienia konstrukcji wentylatorów

Wentylator jako obiekt identyfikowany w procesie projektowania i konstruowania rozpatruje się jako całość, niemniej prowadząc analizę ich konstrukcji wspartą doświadczeniem „tradycji” wyodrębnić można następujące podstawowe elementy wentylatorów:

- skrzynie wlotowe,
- obudowy,
- koła wirnikowe,
- kierownice,
- dyfuzory,
- urządzenia regulacyjne,
- wały,
- łożyskowania,
- podstawy ramy,
- sprzęgła,
- silniki,
- tłumiki.

Takie wyszczególnienie elementów konstrukcji wentylatora jest bardzo istotne i pomocne z punktu widzenia producenta, gdyż pozwala na pewną ich standaryzację dla określonych potrzeb, zakresów mocy i wielkości. Należy przy tym podkreślić, że w przypadku wentylatorów przemysłowych i energetycznych każde zamówienie rozpatrywane i traktowane jest indywidualnie, jednakże przy uwzględnieniu i zastosowaniu pewnej liczby elementów konstrukcyjnych, które są standardowe.

Do ważniejszych elementów wentylatora należą koła wirnikowe i łożyskowanie. Niżej przedstawiono pewne procedury postępowania w odniesieniu do tych elementów.

3.1. Konstrukcja kół wirnikowych

Koła wirnikowe stanowią tzw. aktywny element wentylatora decydujący w głównej mierze o jego charakterystyce. Konstrukcja kół wirnikowych wentylatorów promieniowych z narzuconymi wymaganiami procesu technologicznego opiera się na tradycyjnej postaci geometrycznej, która określona jest następująco:

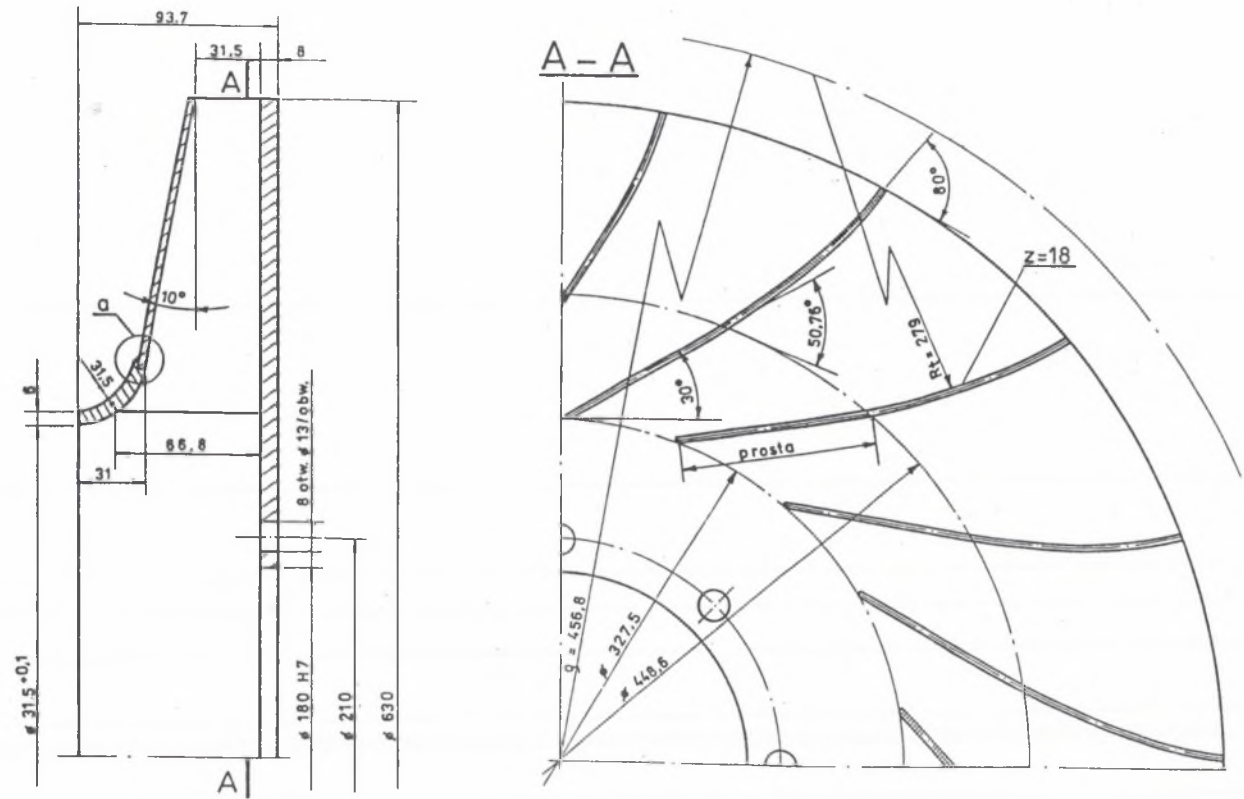
- tarcza nośna wykonana z blach o stałej grubości (tarcze nośne o zmiennej grubości stosowane są jedynie w bardzo wysoko obciążonych wentylatorach),
- tarcza nakrywająca pod względem geometrycznym składa się z dwóch części; części wlotowej wyoblonej stałym promieniem i części stożkowej o kącie nachylenia γ (w skrajnym przypadku kąt $\gamma = 0$ i ta część tarczy nakrywającej jest tarczą płaską),
- łopatki jednopowłokowe wykonane z blachy o stałej grubości (łopatki profilowane wykonywane są jedynie sporadycznie, przy bardzo wyjątkowych wytrzymałościowo wirnikach),
- piasta wirnika jest odlewana i łączona jest z wirnikiem połączeniem śrubowym.

Przykład koła wirnikowego o postaci konstrukcyjnej według powyższego opisu przedstawiono na rys. 4. W Instytucie Maszyn i Urządzeń Energetycznych opracowano metodę projektowania kół wirnikowych bazującą na analizie rozkładów prędkości. Analiza obciążenia aerodynamicznego łopatek pozwoliła wysnuć wnioski dotyczące odpowiedniego kształtowania łopatek. Między innymi stwierdzono, że łopatka w kształcie łuku koła wcale nie jest rozwiązaniem optymalnym. Na wspomnianym już rys. 4 widzimy przykład rozwiązania geometrii łopatki jako łopatki dwułukowej, przy czym część wlotowa jest odcinkiem prostym.

Jednym z kryteriów kształtowania łopatek jest kryterium maksymalnego obciążenia aerodynamicznego łopatki zdefiniowane następująco:

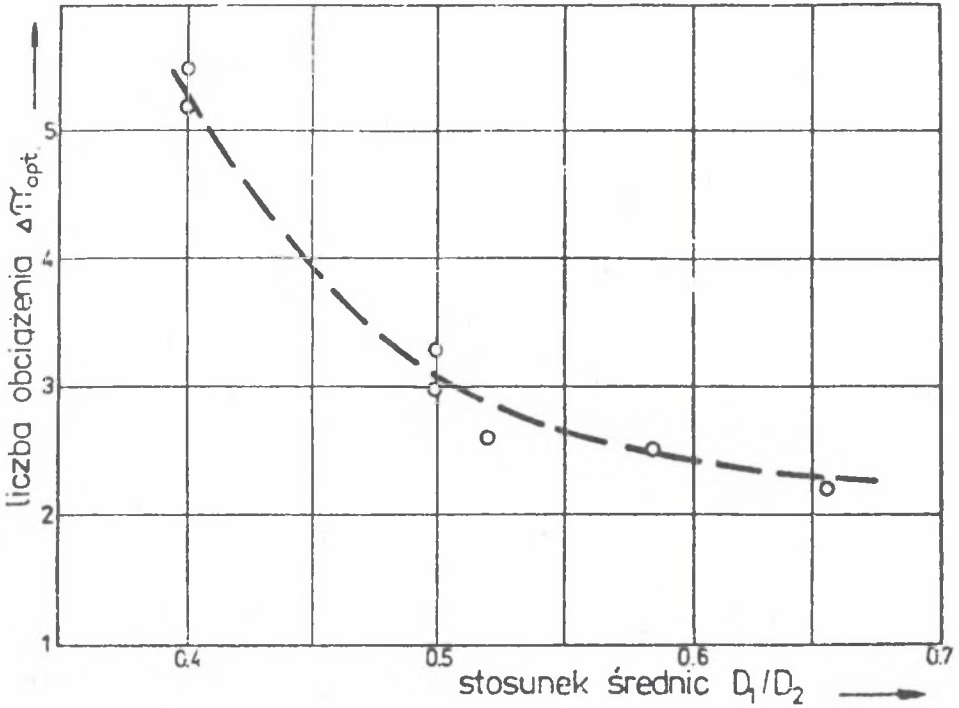
$$\Delta\pi = \text{Max} \left[\frac{\Delta P}{\frac{1}{2} \rho w^2} \right]$$

Optymalna wartość tego kryterium zależna jest od stosunku średnic, co przedstawiono na rys. 5.



Rys. 4. Koło wirnikowe wentylatora promieniowego – typowa postać konstrukcyjna

Fig. 4. Centrifugal fan's rotor

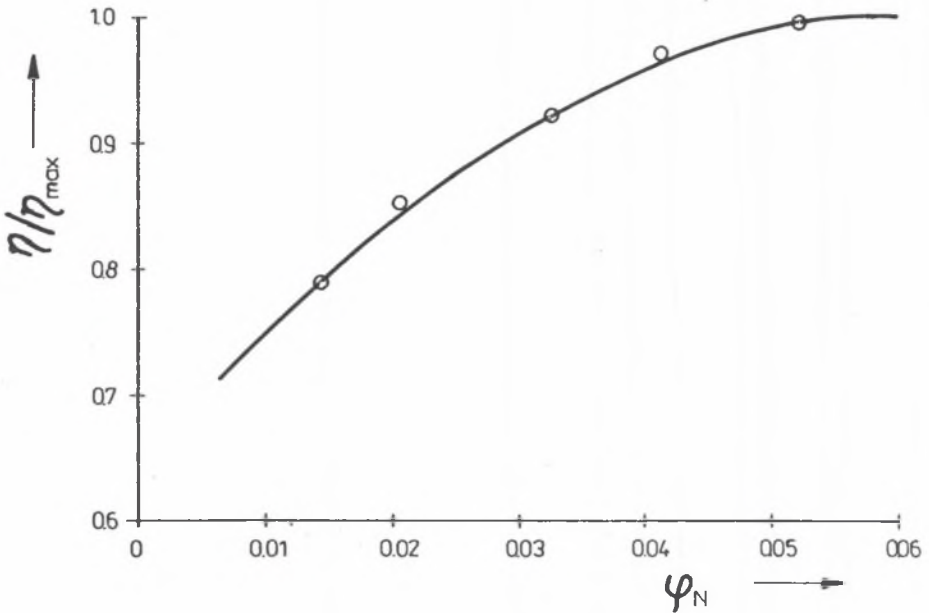
Rys. 5. Optymalne wartości obciążenia aerodynamicznego $\Delta\pi$ Fig. 5. The optimum values for aerodynamic load $\Delta\pi$

Przy konstruowaniu wentylatorów wysokociśnieniowych ($\Delta P > 10$ kPa) często zachodzi potrzeba doboru wirników o niskich lub bardzo niskich liczbach wydajności. Należy w tym momencie zauważyć, że wiąże się to z obniżeniem sprawności w stosunku do wirników odpowiednio szerokich. I tak dla $\varphi < 0,06$ z doświadczeń zaobserwować można tendencję obniżki sprawności, co pokazano na rys. 6. Zależność tę można aproksymować wyrażeniem:

$$\eta = \eta_{\max} [1 - 100(0,06 - \varphi_N)^2]$$

gdzie:

- φ_N – liczba wydajności nominalna ($\varphi_N \leq 0,06$),
- η_{\max} – sprawność możliwa do uzyskania przy wirniku odpowiednio szerokim.



Rys. 6. Kształtowanie się względnej sprawności wentylatorów promieniowych o niskich liczbach wydajności

Fig. 6. The relative efficiency of centrifugal fans the low Volume numbers

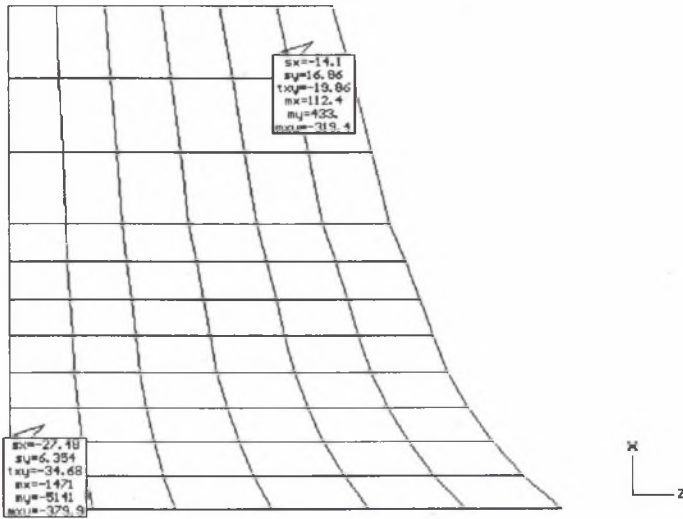
Istotną rolę w procesie konstruowania odgrywa analiza wytrzymałości. Opracowana w Instytucie koncepcja komputerowego systemu analizy naprężeń w wirniku wentylatora promieniowego pozwala skonstruować ten element z mniejszym zapasem bezpieczeństwa. Dla zademonstrowania możliwości graficznej prezentacji wyników przedstawiono na rys. 7 niektóre przykładowe wyniki dotyczące wirnika wentylatora promieniowego.

System analizy naprężeń WIR-MES rozbudowany jest również o moduły dotyczące dynamiki całego wirnika bądź też jego elementów.

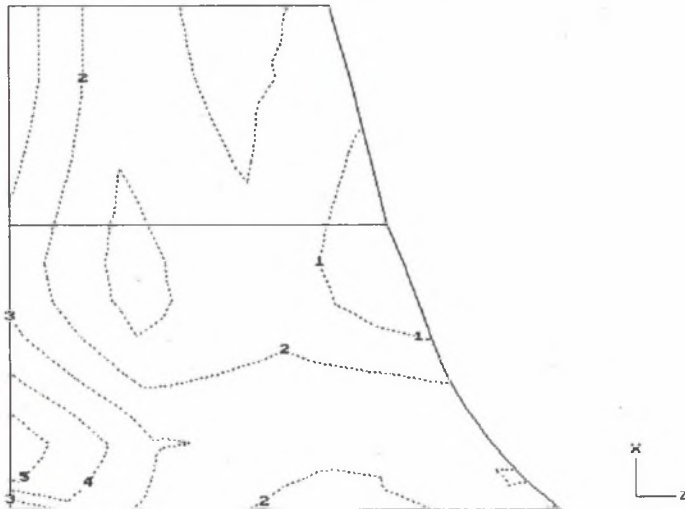
3.2. Problematyka łożyskowań wentylatorów

Łożyskowania wentylatorów stanowią samodziśny problem konstrukcyjny. W zdecydowanej większości w wentylatorach stosowane są łożyska toczne. Łożyska ślizgowe znajdują zastosowanie jedynie w bardzo dużych jednostkach.

Grupa : 2 (łopatka) Powłoki Liczba elementów : 66
 s,t [MPa] Wariant bazy : 1 (Odśrodkowe) n [N/mm/mm]



Napężenia redukowane $\sigma_5 = 220 \text{ MPa}$ $\sigma_0 = 20 \text{ MPa}$ $d_r = 40$
 Wariant bazy : 1 (Odśrodkowe) Strona (+)



Rys. 7. a. Podział łopatki na elementy skończone z możliwością pokazania wszystkich składowych naprężeń; b. Warstwice naprężeń redukowanych w łopatce wirnika

Fig. 7. a. Blade section on finite elements with possibility of showing stresses's values; b. Reduced stress contour for rotor's blade

Proces doboru łożyskowania wentylatora nie ogranicza się tylko do przyjęcia odpowiedniego rodzaju łożyska i jego wielkości. Należy tu również przeprowadzić dobór rodzaju i ilości smaru, ustalić pasowania i luzy wentylatora łożyska, dokonać doboru odpowiedniego ukształtowania elementów łożyskowania, doboru uszczelnień itp.

Jednym z aktualnych problemów doboru łożysk tocznych jest rosnąca prędkość obrotowa wentylatorów przy wzroście obciążeń łożysk. Maksymalna dopuszczalna prędkość obrotowa ograniczona jest przez temperaturę łożyska, która zależy od ciepła dostarczonego z zewnątrz i ciepła tarcia wytworzonego w łożysku. Należy mieć na uwadze, że wzrost temperatury łożyska oznacza zmniejszenie lepkości środka smarującego i ograniczenie tworzenia filmu smarowego, co skutkuje większym tarciem i dodatkowym wzrostem temperatury. W wyniku zwiększonej temperatury pierścienia wewnętrznego zmniejsza się luz roboczy i w efekcie może dojść do blokowania łożyska. Przy większych różnicach temperatur pomiędzy pierścieniem zewnętrznym i wewnętrznym najczęściej wymagane jest stosowanie powiększonych luzów łożyska C3.

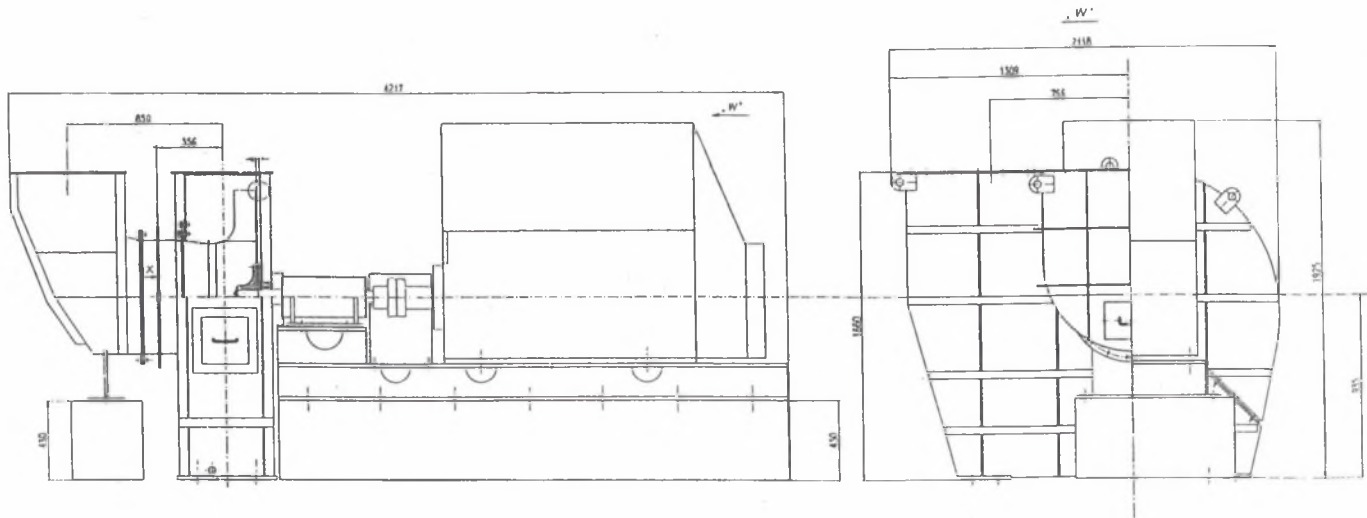
Ważnym zagadnieniem jest dobór środka smarowego. W normalnych warunkach pracy łożyska toczne mogą być smarowane za pomocą smaru plastycznego. Smarowanie olejowe jest stosowane wówczas, gdy wysokie prędkości obrotowe lub wysokie temperatury pracy nie pozwalają już na użycie smaru plastycznego. W celu zapewnienia odpowiednio dużej trwałości łożysk konieczne jest zapewnienie wysokiej czystości środka smarowego. Stąd już więc bezpośrednio wynika znaczenie odpowiedniego uszczelnienia ułożyskowania.

4. Podsumowanie

Przedstawiono i przedyskutowano pewien punkt widzenia w zakresie wybranych problemów projektowania i konstruowania wentylatorów, głównie na podstawie prac prowadzonych w Instytucie Maszyn i Urządzeń Energetycznych Politechniki Śląskiej.

W Zakładzie Ciepłych Maszyn Wirnikowych na bieżąco prowadzone są badania dotyczące wentylatorów jako całości, jak i poszczególnych elementów. Uzyskano również we współpracy z Przedsiębiorstwem WIROPOL – Gliwice duże doświadczenie projektowe i konstrukcyjne. Między innymi objawiło się to w opracowaniu pełnej dokumentacji projektowej dla takich elektrowni, jak EC Łódź, EC Chorzów, EC Siekierki.

Przykładowo na rys. 8 przedstawiono rysunek wentylatora promieniowego jednostrumieniowego WPEY 60-50286 o mocy silnika 280 kW i obrotach $n = 2950 \text{ min}^{-1}$ przeznaczonego dla EC Siekierki. Dla podkreślenia specyfiki tego wentylatora warto przytoczyć prędkość obwodową wirnika $u = 164 \text{ m/s}$. Wen-

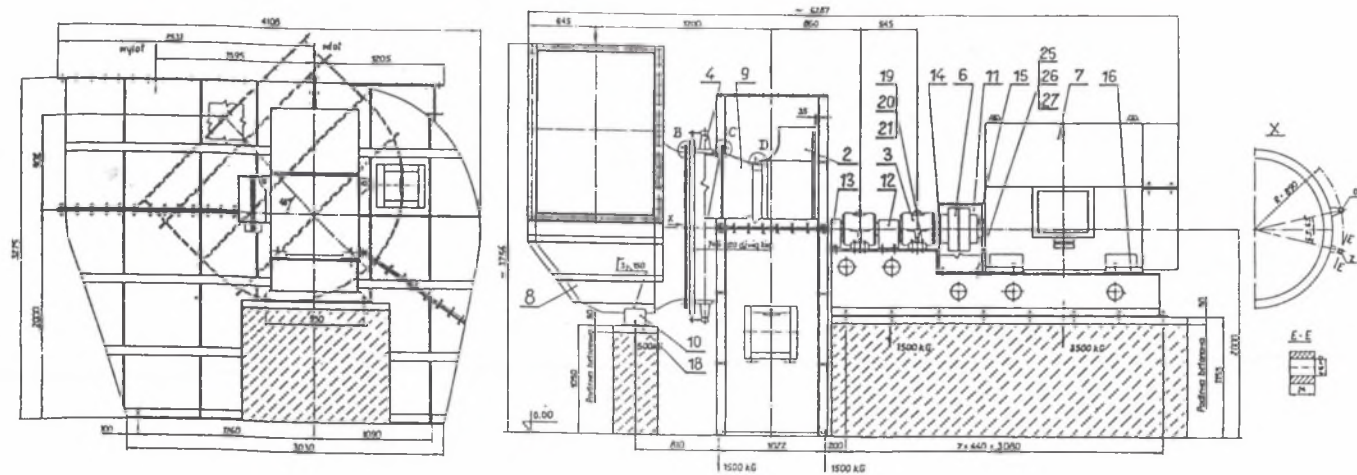


WENTYLATOR WPEY 60-50286

Wydajność	$V = 10 \text{ m}^3/\text{s}$	Przyrost ciśnienia	$\Delta p = 12570 \text{ Pa}$
Liczba obrotów	$n = 2950 \text{ min}^{-1}$	Moc silnika	$N_s = 280 \text{ kW}$

Rys. 8. Przykład konstrukcji wentylatora wysokociśnieniowego

Fig. 8. The example of the high pressure centrifugal blower



WENTYLATOR WPE 138-63180

Wydajność	$V = 40.8 \text{ m}^3/\text{s}$	Przyrost ciśnienia	$\Delta p = 5150 \text{ Pa}$
Liczba obrotów	$n = 980 \text{ min}^{-1}$	Moc silnika	$N_s = 315 \text{ kW}$

Rys. 9. Przykład konstrukcji wentylatora podmuchu powietrza typu WPE

Fig. 9. The example of the WPE downcast fan

tylator zaopatrzony jest w osiową kierownicę regulacyjną. Silnik i łożyskowanie umocowane są na wspólnej ramie.

Drugi przykład (rys. 9) dotyczy wentylatora WPE 138-63180 przeznaczonego dla kotła OP-230. Moc silnika wynosiła 315 kW przy obrotach $n = 980 \text{ min}^{-1}$. Również w tym przypadku wentylator ma osiową kierownicę regulacyjną. Łożyska wentylatora smarowane są smarem plastycznym LGMT2.

Należy zaznaczyć, że omówione w niniejszym artykule zagadnienia nie wyczerpują w żadnym przypadku całości problemu odpowiedniego doboru i projektowania tego typu maszyn. Niemniej doświadczenia zebrane w Zakładzie Ciepłych Maszyn Wirnikowych, opisane również w literaturze [1-8], pozwalają skutecznie rozwiązywać wszystkie problemy projektowania, konstrukcji i eksploatacji wentylatorów przemysłowych i energetycznych.

Literatura

1. Otte J.: Wentylatory dla energetyki – problemy badawcze i projektowe. Zbiór prac Konferencji Naukowej „Problemy badawcze energetyki ciepłej”, Warszawa, grudzień 1993.
2. Chmielniak T., Otte J.: Wentylatory – rozwój badań i konstrukcji. Zeszyty Naukowe Pol. Śl., seria Energetyka, z. 118, Gliwice 1993, s. 345-370.
3. Grajek K., Otte J.: Komputerowa analiza wytrzymałości wirników wentylatorów – System WIRMES. Materiały Konferencji „Komputerowo wspomagane konstruowanie i badanie maszyn wirnikowych CAD-Rotor”, Kielce 1989, s. 51-59.
4. Otte J.: Problematyka matematycznego modelowania charakterystyk pracy wentylatorów promieniowych. Zeszyty Naukowe Pol. Śl., seria Energetyka, s. 91, Gliwice 1985, s. 411-423.
5. Otte J., Bielecki Z.: Mathematische Modellierung der Kennlinien von Axialventilatoren. Maschinenbautechnik, 38 1989, 6, s. 256-260.
6. Otte J.: Koncepcja, konstrukcja i pole pracy nowego typoszeregu przemysłowych wentylatorów promieniowych. Zeszyty Naukowe Pol. Śl., seria Energetyka, s. 113, Gliwice 1990, s. 545-555.
7. Chmielniak T., Kosman G., Otte J., Rusin A.: Zagadnienia modernizacji turbin i wentylatorów energetycznych. Zeszyty Naukowe WSI, seria Elektryka, s. 38, Opole 1994, s. 43-57.
8. Otte J.: Zagadnienie wyboru i doboru wentylatorów i dmuchaw przemysłowych. Zeszyty Naukowe Pol. Śl., seria Energetyka, z. 126, Gliwice 1995, s. 283-303.

Recenzent: Dr hab. inż. Andrzej Witkowski

Wpłynęło do Redakcji 10. 10. 1996 r.

Abstract

The energy conversion efficiency, suitable strength characteristics (static and dynamic), acoustic characteristics and operational reliability are the main measures for fan construction estimations. Their role depends on function, orientation, designing costs, production and operating of fan installations. That's why, it is difficult to estimate the development condition and "improvement potential" of fan engineering. In to obviate this difficulties it is possible to analyse growth trends from other flow machine groups (compressors, turbines, pumps).

In the last decade a lot new algorithms of aerodynamic and strength calculations were presented. Their application should generate a real progress in constructional processes. Such a numeric and experimental investigations are carried out in the Institute of Power Engineering on the Silesian Technical University in cooperation with producers and users.