ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1995

Seria: ENERGETYKA z. 126 Nr kol. 1281

Joachim OTTE

ZAGADNIENIE WYBORU I DOBORU WENTYLATORÓW I DMUCHAW PRZEMYSŁOWYCH

Streszczenie. W prezentowanym artykule przedstawiono niektóre aspekty zagadnienia doboru wentylatorów do żądanych parametrów pracy i wymagań zamawiającego. Przedyskutowano problemy niezawodności ruchu, sprawności eksploatacyjnej, hałaśliwości, kosztów wytworzenia i zainstalowania.

THE PROBLEM OF FANS AND INDUSTRIAL BLOWERS SELECTION AND CHOICE

Summary. In this article some aspects of fans choice for operation parameters inquiries has been presented. Problems of the operational reliability and operating efficiency, noiseness producing and installation costs has been discussed.

EINIGE PROBLEME DER VENTILATORAUSWAHL

Zusammenfassung. Es wurde hier im kurzen derzeitige Entwicklungsstand der Ventilatorkonstruktion dargestellt. Die Gesamtlösung Industrieventilator besteht aus der Lösung vieler Spiezialaufgaben, die sich aus den Anforderungen ergeben. Es wurden hier folgende Qualitätsmerkmalen wie Zuverlässigkeit, Wirkungsgrad, Geräusch, Produktionkosten, diskusiert.

1. WSTĘP

Wentylatory przemysłowe i energetyczne mają swoją specyfikę, która określona jest głównie stawianymi im wymaganiami. Wymagania te najczęściej przedstawiają się następująco:

- Wysoka niezawodność ruchu.
- Wysoka sprawność eksploatacyjna.
- Hałaśliwość mieszcząca się w zakresie dopuszczalnym przez normy.
- Możliwie mały koszt wytworzenia i zainstalowania.

Przedmiotem niniejszego artykułu jest dyskusja problemów doboru wentylatorów wynikających z tak zarysowanej hierarchii ważności wymagań.

2. OGÓLNE TRENDY ROZWOJU WENTYLATORÓW I DMUCHAW

Wymagane parametry pracy wentylatorów zmieniają się według trendów w budowie urządzeń kotłowych, instalacji odsiarczania spalin, bloków energetycznych, instalacji technologicznych itp. Często wymagane spiętrzenia przekraczają możliwości konstrukcji wewntylatorów jednostopniowych. Parametry pracy, szczególnie w zakresie przyrostu ciśnienia, nieraz przekraczają poziom przynależny tradycyjnie wentylatorom [1, 2].

W wielu przypadkach podobieństwo rozwiązań konstrukcyjnych powoduje, że zaciera się granica między wentylatorami i dmuchawami.

Układy przepływowe dmuchaw i wentylatorów pod względem własności aerodynamicznych osiągnęły już dosyć wysoki poziom jakości i nie należy spodziewać się jakichś spektakularnych sukcesów na tej drodze, niemniej stosowane techniki i procedury obliczeniowe pozwalają uzyskiwać znacznie większą trafność wnioskowania w zakresie problematyki przepływu.

Analizując krajowy rynek wentylatorów i dmuchaw można zauważyć, że zmiany w systemie gospodarowania wpłynęły radykalnie na komfort zachowań krajowych producentów i eksploatatorów. Jest rzeczą normalną, że w tej dziedzinie panuje „rynek klienta", czyli do każdego zamówienia podchodzi się indywidualnie i dobiera bądź konstruuje się wentylator na żądany punkt (punkty) pracy.

3. ZAGADNIENIE WYBORU I DOBORU WENTYLATORA

Problem wyboru (doboru) wentylatora można rozpatrywać z punktu widzenia zamawiającego (eksploatatora) lub też patrząc na to zagadnienie od strony producenta. Z zagadnieniem **wyboru wentylatora** mamy do czynienia, gdy podmiotem całego procesu jest zamawiający (eksploatator). Tego typu sytuacja zachodzi, gdy przykładowo dokonuje się wyboru typowielkości maszyny z istniejącego typoszeregu.

W zagadnieniu **doboru wentylatora** istotnym podmiotem jest ogólnie rozumiany producent (projektant). W tym przypadku zadanie sprowadza się do optymalnego zaspokojenia potrzeby względem żądanych parametrów pracy opisanych najczęściej przez następujący zestaw wielkości:

WYMAGANIA OGÓLNE

Wydajność	$\dot{V}$ [m^3/s]
Przyrost ciśnienia	ΔP [Pa]
Gęstość czynnika	ρ [kg/m]
Maks. temperatura czynnika	t_{max} [°C]
Zapylenie czynnika	p [g/m]
Hałaśliwość dopuszczalna	L [dBA]
Rodzaj regulacji	–
Rodzaj napędu	–

Sytuacja doboru wentylatora (dmuchawy) do żądanych parametrów pracy jest obecnie najbardziej powszechna. Nakłada ona na projektanta (producenta) odpowiedzialność za jakość wyrobu. Z punktu widzenia producenta można teraz przeanalizować wymagania stawiane przemysłowym i energetycznym dmuchawom i wentylatorom.

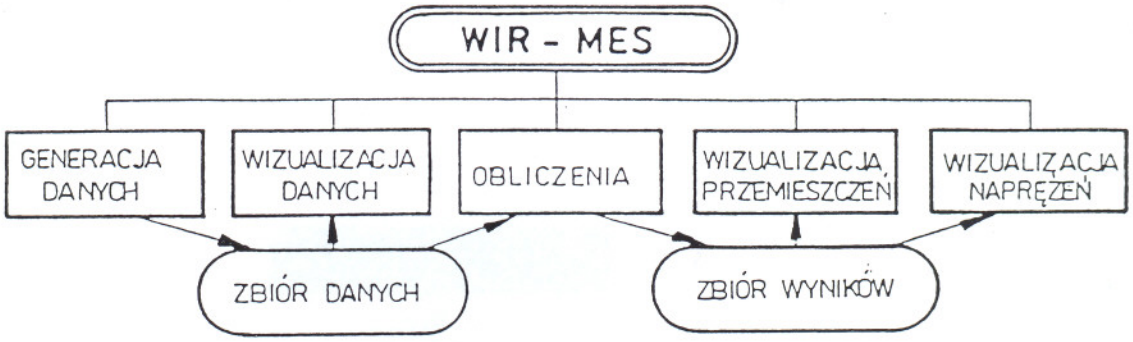
3.1. Niezawodność ruchu

Niezawodność ruchu jest pojęciem obejmującym całość zagadnień związanych z wytężeniem materiałów, stanem dynamicznym, trwałością elementów wentylatora. Należy tu szczególnie podkreślić, że istnieje wyraźny trend w zwiększaniu wytężenia materiałów, co w połączeniu ze wzrostem liczby obrotów daje w efekcie zahamowanie wzrostu wielkości maszyn.

Istotną rolę w procesie projektowania odgrywają **zagadnienia analizy wytrzymałości**. Jest sprawą oczywistą, że postęp w dziedzinie komputerów (szybkość operacji, pojemność pamięci) umożliwił przejście do modelowania bardziej złożonych obiektów geometrycznych z zastosowaniem metody elementów skończonych. Należy podkreślić, że w Zakładzie Cieplnych Maszyn Wirnikowych wykorzystuje się komputerowy system analizy naprężeń w wirnikach wentylatorów WIRMES [3], (rys. 1).

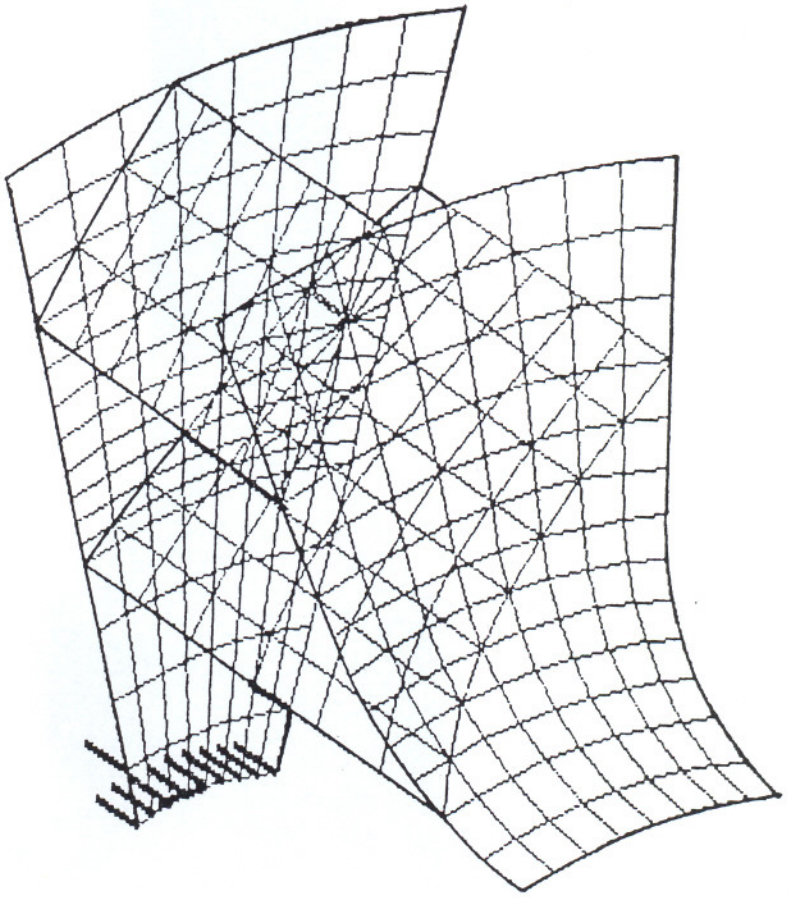
Mając do dyspozycji system obliczeń oparty na metodzie elementów skończonych, pozwalający analizować naprężenia w wirniku rozpatrywanym w całości (bez rozczłonkowywania na łopatkę, tarczę nośną, nakrywającą itp.) można podejmować się konstrukcji wentylatorów bardziej wytężonych, a więc o zwiększonej konkurencyjności.

Przykładowo na rys. 2 przedstawiono podział segmentu wirnika promieniowego na elementy skończone. W celu zademonstrowania możliwości graficznej prezentacji wyników przedstawiono na rys. 3 rozkład naprężeń w tarczy



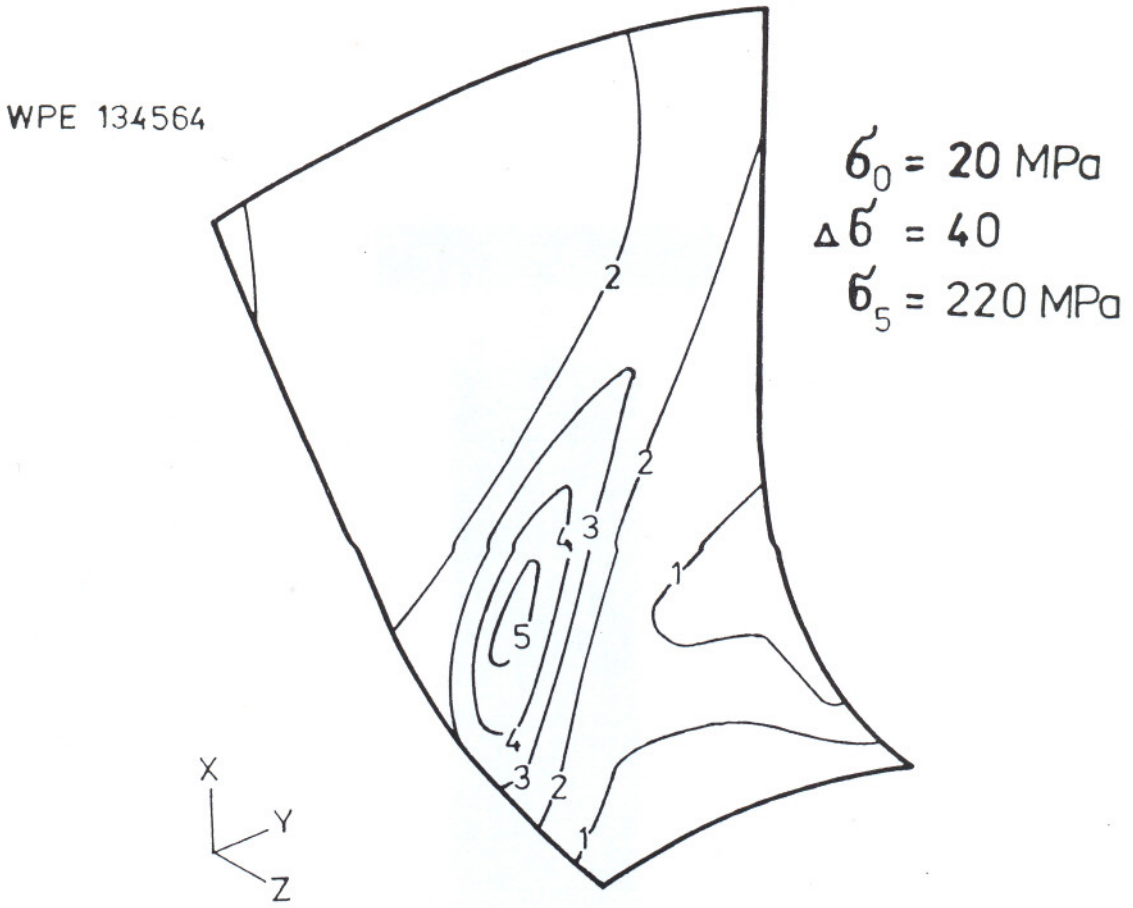
Rys. 1. Schemat blokowy systemu komputerowego WIRMES

Fig. 1. WIRMES program flow chart



Rys. 2. Podział wycinka wirnika na elementy skończone

Fig. 2. The Segmentation of fan's sector for finite elements



Rys. 3. Rozkład naprężeń w tarczy nakrywającej w postaci warstwic naprężeń redukowanych

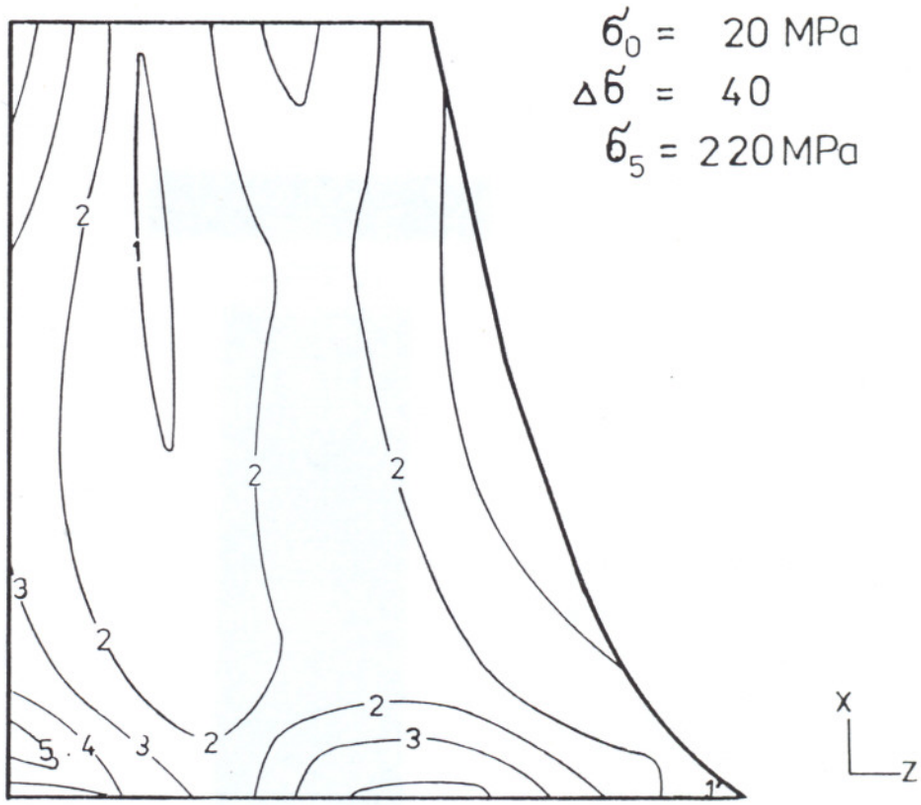
Fig. 3. The Stress pattern in the covering rotor disc in the shape of reduced stresses lines

nakrywającej wirnika promieniowego, a na rys. 4 rozkład naprężeń w łopatce wirnika.

Istotnym elementem procedury określającej pewność ruchu jest analiza stanu dynamicznego konstrukcji. W wentylatorach pierwszorzędną rolę odgrywa tu wyznaczenie częstości drgań własnych wirnika, łopatek i wału.

Kolejnym elementem konstrukcyjnym wentylatora, od którego zależy w dużej mierze bezawaryjna jego praca, jest ułożyskowanie. W tym przypadku dużo zależy od nagromadzonych doświadczeń ruchowych producenta.

Podsumowując można stwierdzić, że problemy z utrzymaniem właściwego stanu technicznego wentylatora uzależnione są głównie od rodzaju przetłaczanego czynnika. Niezbędna liczba działań obsługowych jest tym większa, im:



Rys. 4. Warstwice naprężeń redukowanych na podciśnieniowej stronie łopatki

Fig. 4. Reduced stresses lines an the underpressure side of the rotors blade.

- wyższa jest temperatura czynnika,
- większe jest zapylenie czynnika,
- wyższa jest podatność chemiczna materiałów, z których wykonany został wentylator, na reakcje z przetłaczanym czynnikiem.

Odpowiednio do potrzeb wyposaża się wtedy maszynę w system monitorowania pracy.

Jest oczywistością, że niezawodność pracy musi gwarantować producent, przy czym w praktyce sprowadza się to do zapewnienia co najmniej jednego roku pracy bez postojów.

3.2. Sprawność eksploatacyjna wentylatora

Wentylator czy też dmuchawa są maszynami, które bardzo rzadko pracują w jednym tylko punkcie pracy. Najczęściej zmnieniające się zapotrzebowanie czynnika powoduje, iż punkty pracy pokrywają pewien ograniczony (możliwościami konstrukcyjnymi i eksploatacyjnymi) obszar pracy.

Zgodnie z definicją, sprawność wentylatora obliczamy jako

$$\eta = \frac{\dot{V}\,\Delta P_c}{N} \tag{1}$$

gdzie: N – moc pobrana przez wentylator.

Jest oczywistością, że w przypadku doboru wentylatora na jeden punkt pracy powinniśmy dążyć do tego, by był to punkt maksymalnej sprawności η_{max}.

Najczęściej wentylator wyposażony jest w urządzenie regulacyjne, które powoduje zmianę charakterystyki wentylatora, a więc i zmianę punktu pracy. Na rys. 5. przedstawiono bezwymiarową charakterystykę wentylatora z kierownicą regulacyjną.

Ponieważ wentylator w poszczególnych punktach pracy (oznaczonych liczbą porządkową i) pracuje określone odcinki czasowe t_i, można analizować zużycie energii w tym czasie jako

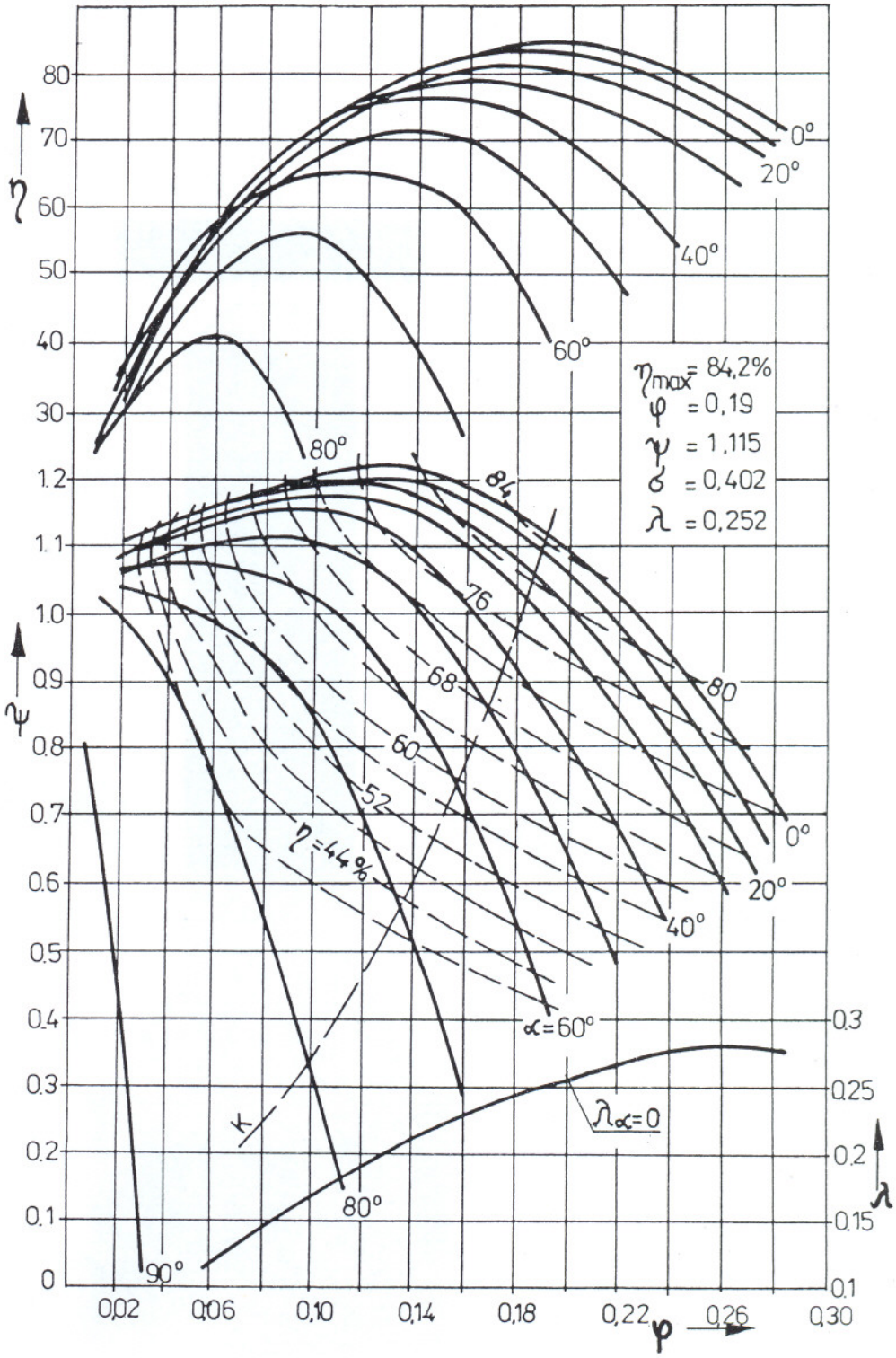
$$E = \sum_i E_i = \sum_i \left(\frac{\dot{V}\,\Delta P_c}{\eta}\right)_i t_i \tag{2}$$

W analogii do wzoru (3.1) można napisać wzór na sprawność eksploatacyjną wentylatora

$$\eta_E = \frac{\sum_i \left(\dot{V}\,\Delta P_c\right)_i t_i}{\sum_i \left(\frac{\dot{V}\,\Delta P_c}{\eta}\right)_i t_i} \tag{3}$$

W tym momencie rozważań pojawia się problem wyboru metody regulacji parametrów wentylatora. Najbardziej efektywną metodą jest **zmienna liczba obrotów**. W tym przypadku z pewnym przybliżeniem można stwierdzić, że sprawność się nie zmienia. Otrzymujemy więc minimalne zużycie energii

$$E_{min} = \frac{\sum \left(\dot{V}\,\Delta P_c\right)_i t_i}{\eta_{max}} \tag{4}$$



Rys. 5. Charakterystyka (bezwymiarowa) pracy wentylatora z kierownicą regulacyjną

Fig. 5. The Nondimensional characteristic of the fan with the stator operation

Regulacja przez zmianę liczby obrotów stanowi więc jakby punkt odniesienia dla innych metod.

Na rys. 6 przedstawiono obszar pracy wentylatora przy regulacji obrotami w zakresie 50 – 100% wartości obrotów nominalnych. Na wykresie tym przedstawiono przyrost ciśnienia statycznego i linie stałej sprawności statycznej.

Regulacja parametrów za pomocą kierownicy regulacyjnej żaluzjowej jest stosunkowo mało sprawna. Dla przykładu na podstawie wykresu charakterystyk (rys. 5) wyznaczono zmianę sprawności przy regulacji kątem ustawienia łopatek kierownicy poruszając się po krzywej oporów K, przebiegającej przez punkt pracy o maksymalnej sprawności. Uzyskaną zależność w zakresie obciążeń 50 – 100% przedstawiono na rys. 7. W tym zakresie daje się ona również opisać liniowym równaniem

$$\frac{\eta}{\eta_{max}} = 1{,}58\,\overline{V} - 0{,}58 \tag{5}$$

Jeszcze pełniejsze porównanie zapotrzebowania mocy przy różnych rodzajach regulacji pokazano na rys. 8. Wyraźnie widać tu, jak bardzo nieekonomiczne w stosunku do regulacji obrotami są pozostałe metody.

Powyższa analiza wskazała, że istotny wpływ na sprawność eksploatacyjną ma metoda regulacji, jak i bezpośrednio wartość sprawności maksymalnej η_{max} wentylatora. Punktem wyjścia jest tu dobór takiej konstrukcji, by spełniała wymagania poprawności określone liczbami (wskaźnikami) charakterystycznymi takimi jak:

– wyróżnik szybkobieżności

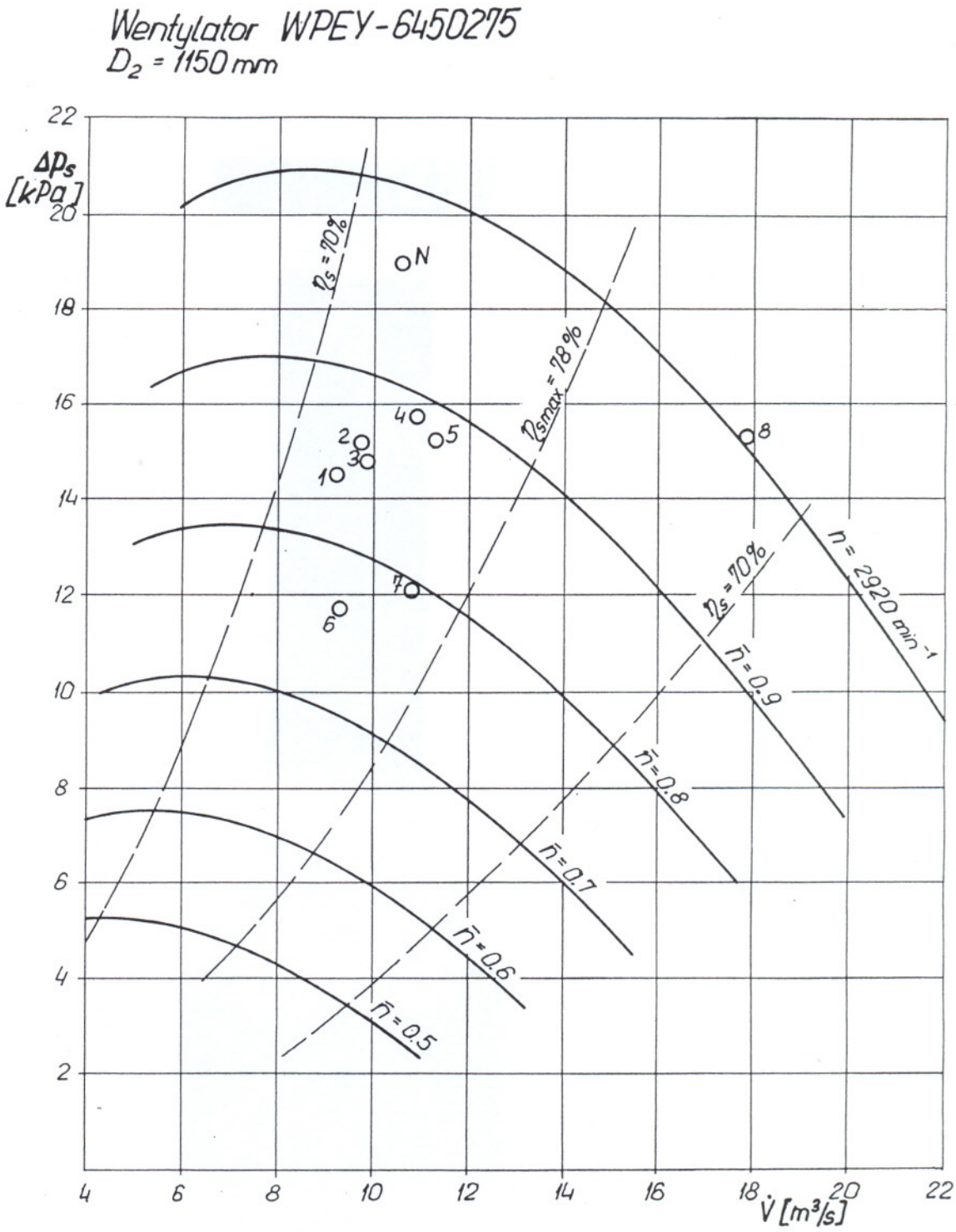
$$\sigma = 0{,}03513\, n\sqrt{\dot{V}}\left(\frac{\Delta P_c}{\rho}\right)^{-0{,}75} \tag{6}$$

– liczba średnicy

$$\delta = 1{,}054\, D\left(\frac{\Delta P}{\rho}\right)^{0{,}25} \dot{v}^{-0{,}5} \tag{8}$$

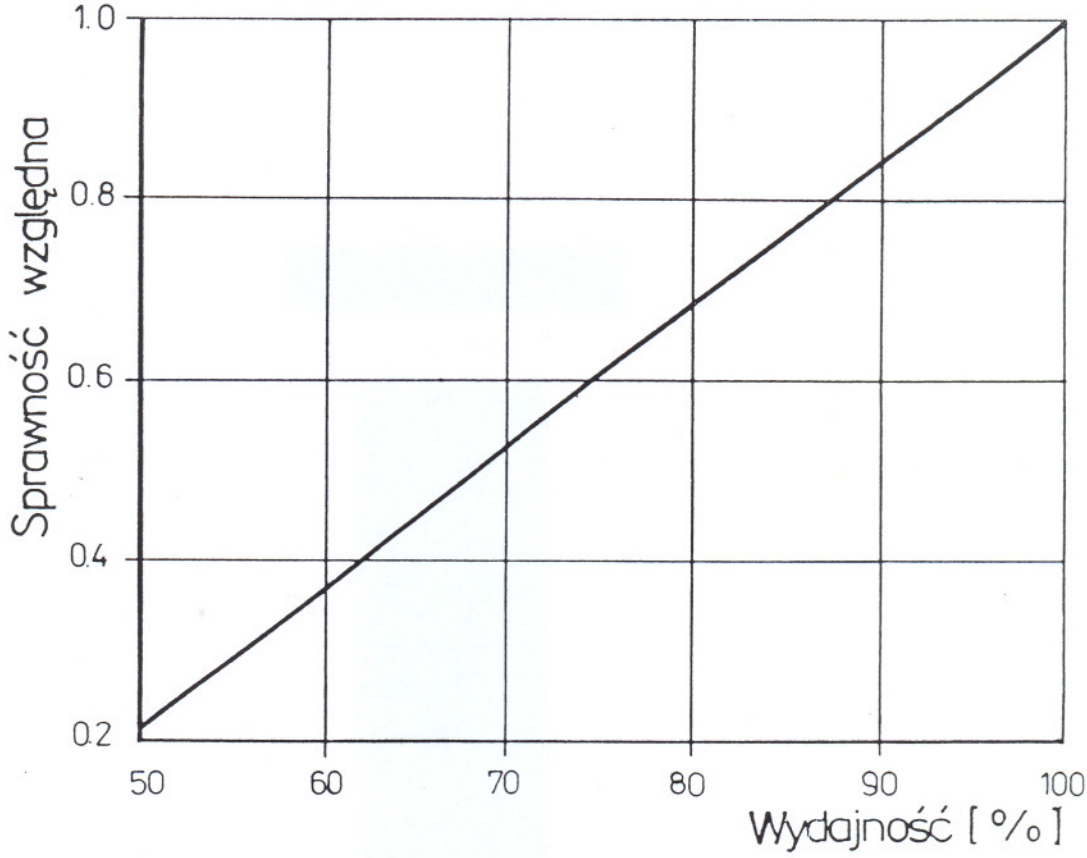
Na rys. 9 pokazano w formie względnej kształtowanie się postaci geometrycznej wirników w zależności od wyróżnika szybkobieżności.

W Instytucie Maszyn i Urządzeń Energetycznych zasadniczą część procesu projektowego oparto na znajomości charakterystyk pracy wentylatorów modelowych. Ta baza danych obejmuje obecnie ok. 80 wentylatorów i zagadnienie doboru sprowadza się do doboru, zgodnie z regułami podobieństwa, wentylatora podobnego. Całość tego procesu ujęta jest w system komputerowy.



Rys. 6. Charakterystyka pracy wentylatora z regulacją obrotów (n = 50 – 100%)

Fig. 6. The Charasteristic of the fan with the rotation control operation (n = 50 – 100%)



Rys. 7. Sprawność względna wentylatora z kierownicą regulacyjną w funkcji wydajności

Fig. 7. The Relative efficiency of the fan with the stator in the volume function

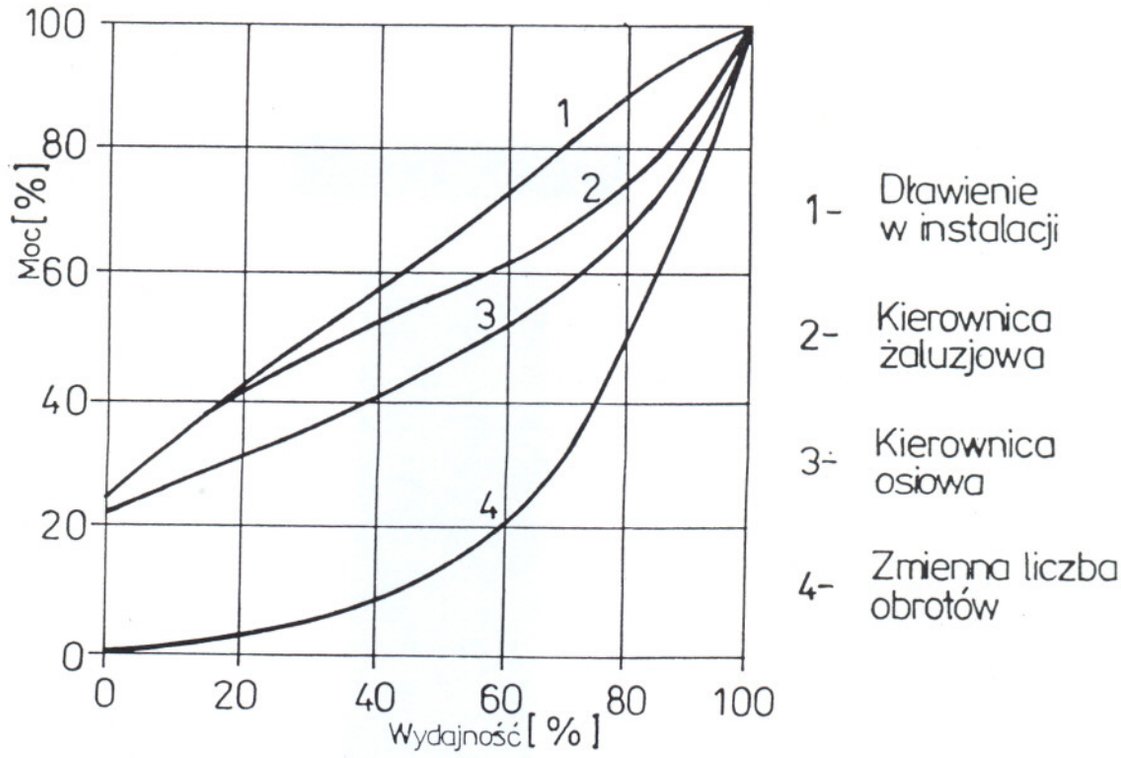
W przypadku geometrii wentylatorów nie posiadających odpowiedników w bazie danych opracowano matematyczne modelowanie charakterystyk pracy [4, 5].

3.3. Hałaśliwość wentylatorów

Hałas emitowany przez wentylatory powodowany jest źródłami mechanicznymi i aerodynamicznymi.

Hałas pochodzenia mechanicznego generowany jest przez silnik, łożyska, odrzutnik ciepła, sprzęgło i obudowę wentylatora. Wśród tych elementów wyróżnić należy silnik, który często emituje większy hałas aniżeli sam wentylator, dlatego też przy doborze silnika należy przeanalizować poziom jego hałaśliwości.

Hałas aerodynamiczny wentylatora podzielić można w zasadzie na dwie grupy:



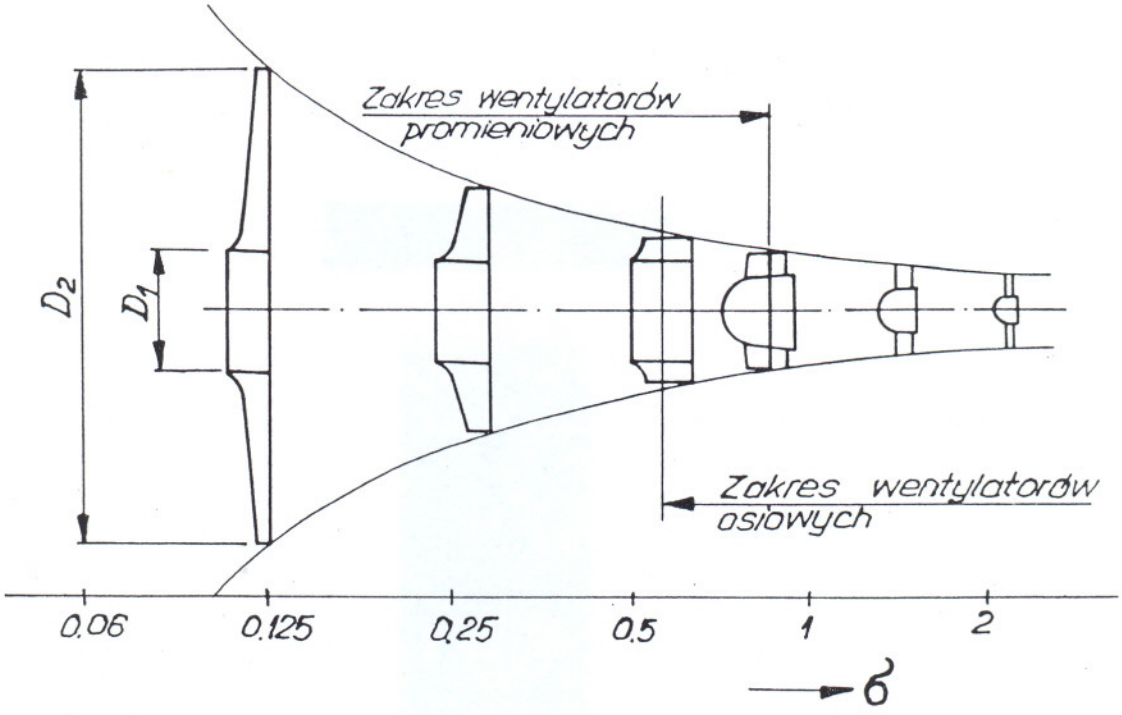
Rys. 8. Zapotrzebowanie mocy przy różnych rodzajach regulacji wentylatora

Fig. 8. The Power requirement for different fan regulations

- szerokopasmowy hałas pochodzenia turbulencyjnego na skutek formowania się wirów na łopatkach i elementach kierujących strugą czynnika,
- hałas o widmie dyskretnym, powstający na skutek współpracy części ruchowych z nieruchomymi w konstrukcji wentylatora i związanymi z tym pulsacjami strugi.

Mimo że problem hałasu generowanego przez wentylator jest intensywnie badany, nie ma zależności pozwalających dokładnie określić hałas wentylatora. Istnieje natomiast wiele formuł przybliżonych. Udokumentowany jest natomiast wpływ parametrów kinematycznych i energetycznych na hałaśliwość w postaci związku.

$$\tilde{L} = K + 10\lg \frac{1-\eta}{\eta} \varphi \psi$$



Rys. 9. Postać geometryczna wirnika w zależności od wyróżnika szybkobieżności

Fig. 9. The Geometrical shape of rotor in the shape number function

gdzie:

K – stała zależna od typu wentylatora,

η – sprawność wentylatora.

Często stosowane są wzory empiryczne, które pozwalają oszacować poziom mocy akustycznej

$$L_n \cong 40 + 10 \lg \dot{V} + 20 \lg \Delta p_c \quad [dB]$$

Już te powyższe zależności wskazują na bezpośredni związek parametrów pracy z hałasem emitowanym przez wentylator. Widoczne jest też powiązanie sprawności z hałaśliwością.

Należy zwrócić uwagę, że przy odpowiednio dużych wartościach parametrów przepływowych wentylatora przekroczone zostać muszą wartości powszechnie uznane za dopuszczalne.

Zgodnie z normą [6] dopuszczalna wartość równoważnego poziomu dźwięku na stanowiskach pracy nie powinna przekraczać 85 [dBA]. Dla ekspozycji krótszej niż 8 h dopuszczalne wartości poziomu dźwięku określa wzór

$$L_A = 85 + 10\lg \frac{480}{t}$$

gdzie: t [min] jest czasem ekspozycji na hałas.

W przypadku niemożności dotrzymania dopuszczalnych wartości stosowane są w wentylatorach tłumiki, które ogólnie można podzielić na dwie grupy:
- tłumiki refleksyjne (reaktywne),
- tłumiki absorpcyjne.

Stosowanie tłumików powiększa istotnie koszty inwentycyjne przedsięwzięcia.

3.4. Koszt wytworzenia i zainstalowania

Koszt wytworzenia wentylatora lub dmuchawy jest, oczywiście, specyficznym problemem producenta, niemniej z punktu widzenia projektanta można tu podjąć rozważania opierając się na pewnych wskaźnikach.

Względną miarą oceny kosztów w przypadku wentylatora promieniowego może być powierzchnia obudowy spiralnej. Jeżeli zgodnie z rys. 10 ekwiwalentna średnica spirali wynosi

$$D_e \cong D_2 + 1{,}25\ A$$

gdzie:

A – rozwarcie spirali, średnicę zaś wirnika określimy przez liczbę średnicy δ

$$D_2 = 0{,}9488\ \delta \dot{V}^{0,5} \left(\frac{\Delta P_c}{\rho}\right)^{-0,25},$$

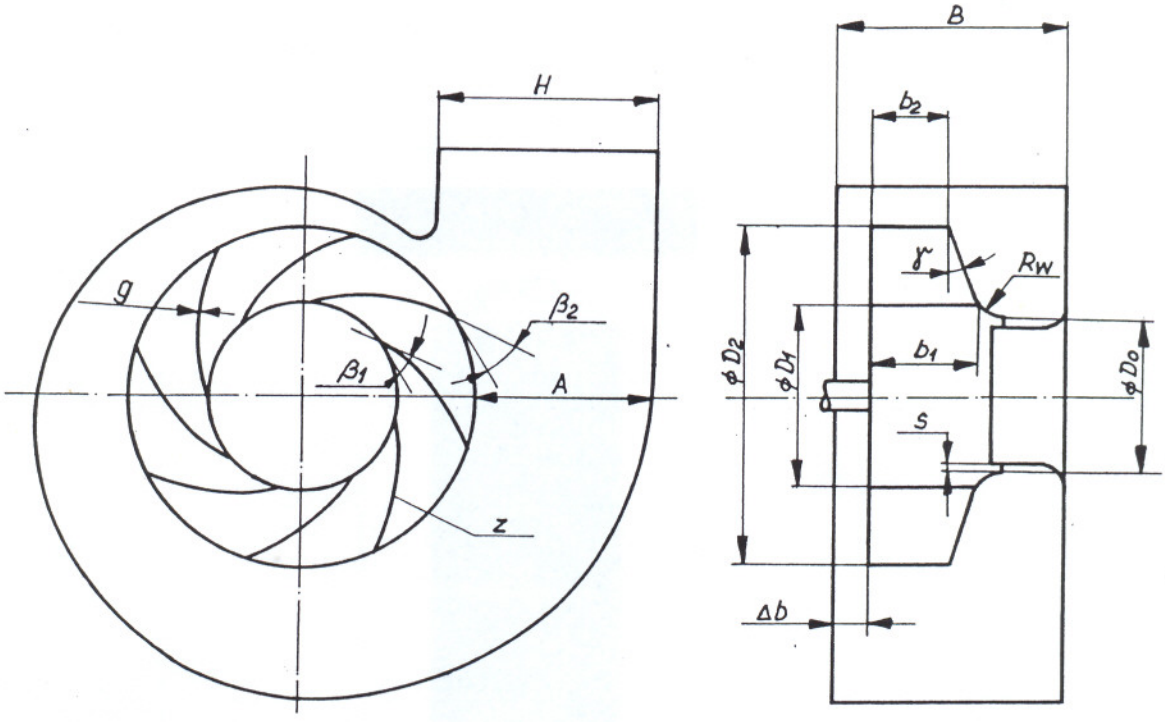
to powierzchnia obudowy spiralnej wentylatora

$$A = \frac{\pi}{2}\left(\overline{D}_e^2 + 2\overline{BD}_e\right) D_2^2$$

z uwzględnieniem powyższych zależności wyniesie

$$A = \sqrt{2}\ K_A\ \dot{V} \left(\frac{\Delta P_c}{\rho}\right)^{-0,5}$$

Z powyższego wynika liczba kryterialna powierzchni obudowy wentylatora



Rys. 10. Schemat układu przepływowego wentylatora promieniowego

Fig. 10. The scheme of the flow system of the centrifugal fan

$$\boxed{K_A = \left(\overline{D}_e^2 + 2\overline{B}\overline{D}_e\right)\delta^2}$$

która pozwala porównywać różne rozwiązania konstrukcyjne.

W podobny sposób można uzyskać wskaźnik (liczbę) objętości zajmowanej przez obudowę spiralną

$$\boxed{K_v = \overline{D}_e^2\,\overline{B}\delta^3}$$

Powyższe liczby kryterialne, jak i analiza kinematyki, dynamiki i zagadnień wytrzymałości pozwala zoptymalizować konstrukcję.

Stosunkowo duży wpływ na koszty inwestycyjne ma jednak decyzja o wyborze urządzenia regulacyjnego. Dokonano porównania kosztów inwestycyjnych

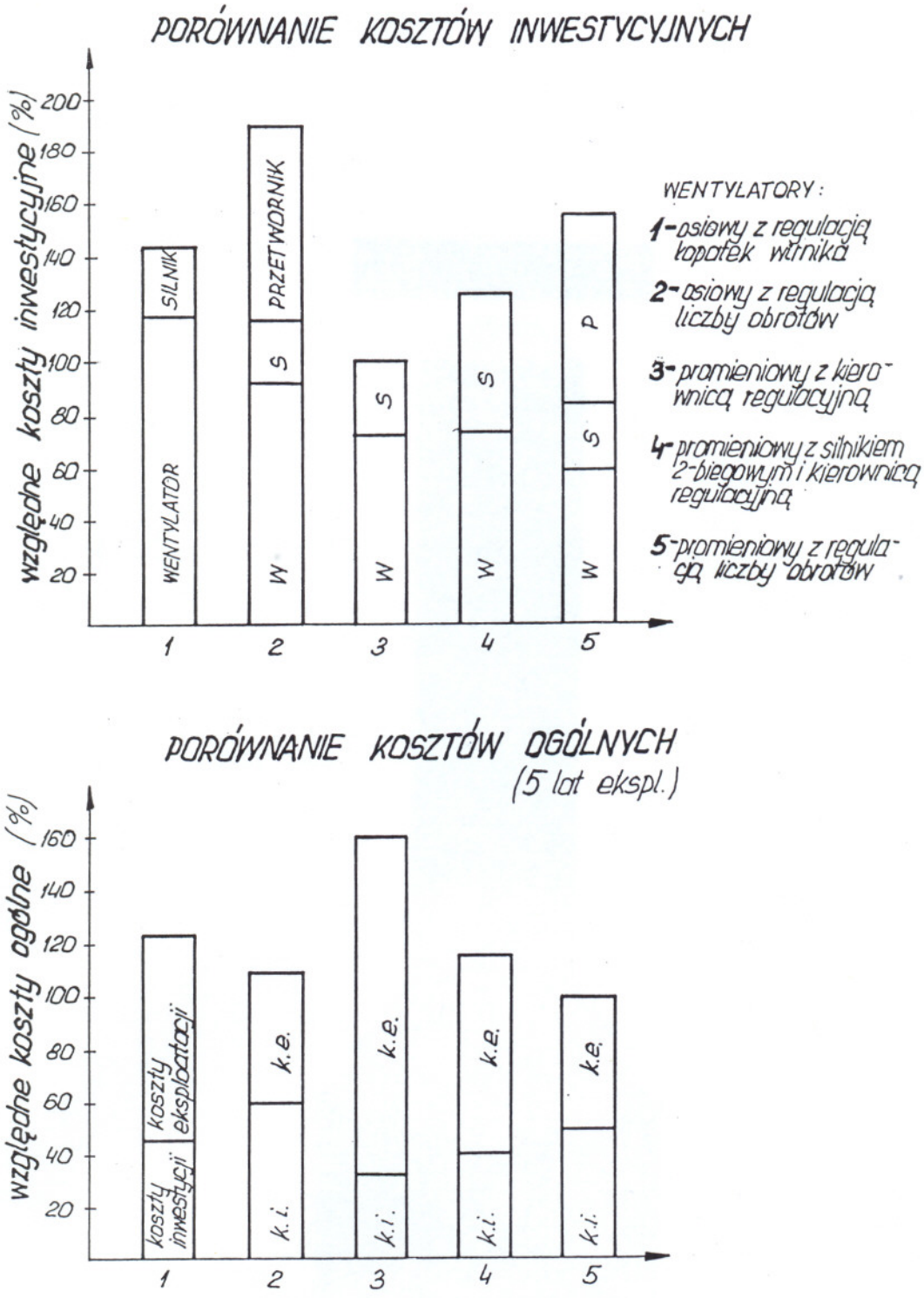
wentylatora o mocy 200 kW w różnych typach konstrukcyjnych i z różnymi urządzeniami regulacyjnymi. W postaci słupkowej przedstawiono na rys. 11 względne koszty inwestycyjne, przyjmując wentylator z kierownicą regulacyjną jako rozwiązanie bazowe. W analizie porównawczej przyjęto, że urządzeniem regulującym liczbę obrotów silnika jest napęd z układem falowników (przetwornik). Na rysunku tym widoczny jest fakt większych kosztów inwestycyjnych wentylatorów z układem falowników. Jednocześnie dalsza analiza kosztów ogólnych 5 lat eksploatacji wykazała, że najniższe koszty uzyskano dla przypadku wentylatora promieniowego z układem falowników, a więc z regulowaną liczbą obrotów, co przedstawiono w dolnej części rysunku 11 w postaci słupkowej. Kolejnym zagadnieniem mającym istotny wpływ na koszty zainstalowania wentylatora jest sposób jego posadowienia. Na rys. 12 zestawiono różne możliwości techniczne rozwiązania tego zagadnienia. Należy podkreślić, że coraz częściej stosowane są różnego rodzaju ramy lub płyty wibroizolacyjne.

4. PODSUMOWANIE

Naszkicowano i przedyskutowano pewien punkt widzenia na sprawy wyboru i doboru wentylatorów i dmuchaw, głównie na podstawie prac prowadzonych w Instytucie Maszyn i Urządzeń Energetycznych Politechniki Śląskiej. W dziedzinie aplikacji analiz i rozwiązań konstrukcyjnych do praktyki duże osiągnięcia w zakresie dokumentacji projektowej nowych wentylatorów m.in. dla EC „Łódź", EC „Chorzów", Cementownia „Nowa Huta" uzyskano we współpracy z Przedsiębiorstwem WIROPOL–Gliwice. Na rys. 13 przedstawiono dla przykładu rysunek wentylatora promieniowgo jednostrumieniowego WPE 92 o mocy silnika 250 kW i obrotach $n = 1470\ \mathrm{min}^{-1}$ przeznaczonego dla EC „Leszno".

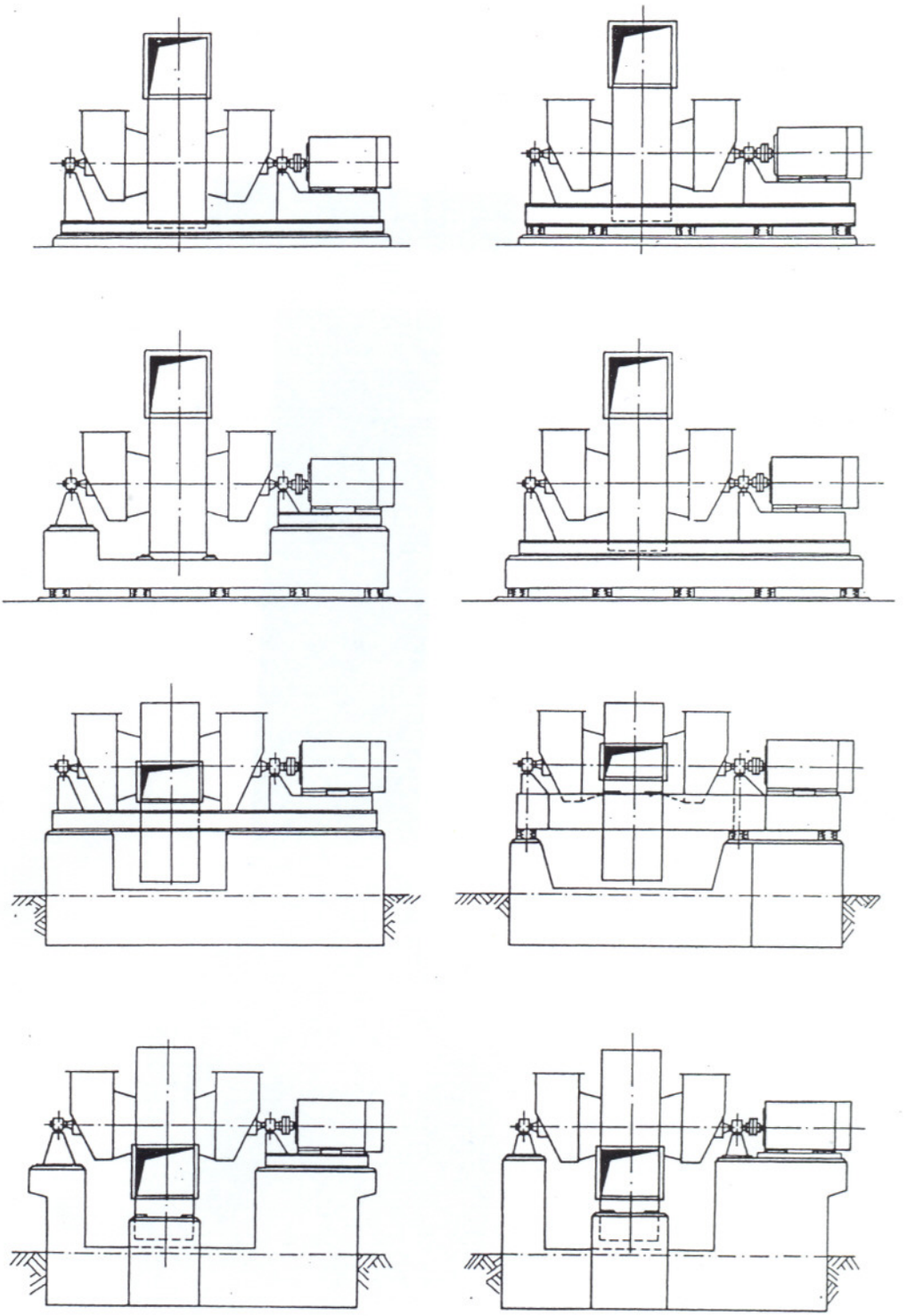
Należy również zaznaczyć, że przedstawione w niniejszym artykule podejście do problemu doboru wentylatorów zaowocowało również opracowaniem (we współpracy z Fabryką FAWENT) nowego typoszeregu wentylatorów promieniowych oznaczonego symbolem WPX [7]. Takie podejście wykorzystuje się również w przedsięwzięciach modernizacyjnych [8].

W obrębie zagadnień projektowych, każda decyzja wyboru stanowi problem, który nie zawsze udaje się sformalizować. W wielu przypadkach wielce pomocne jest nagromadzone doświadczenie, intuicja konstruktorska, a nade wszystko określona wiedza w zakresie stosowania nowych technik: projektowania, analizy konstrukcji i podejmowanie decyzji.



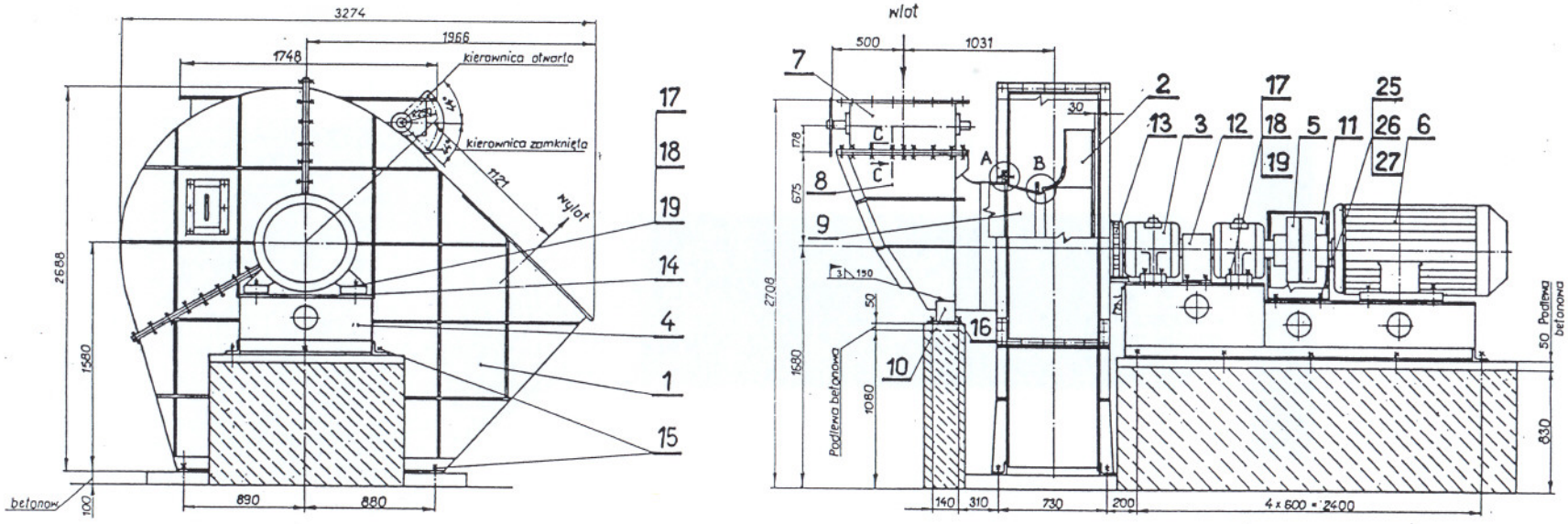
Rys. 11. Porównanie względnych kosztów inwestycyjnych i ogólnych różnych typów wentylatorów

Fig. 11. The comparison of investment and overall costs of different fan types



Rys. 12. Możliwości konstrukcyjne posadowienia wentylatorów i dmuchaw

Fig. 12. Constructional possibilities of fans and blower foundation



Rys. 13. Wentylator WPE 92 o mocy N_s = 250 kW i obrotach n = 1470 min

Fig. 13. WPE 92 fan. Power: N_s = 250 kW, rotation: n = 1470 1/min

LITERATURA

[1] Otte J.: Wentylatory dla energetyki – problemy badawcze i projektowe. Zbiór prac Konferencji Naukowej „Problemy badawcze energetyki cieplnej", 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, z. 91, Gliwice 1985, s. 411–423.
[5] Otte J., Bielecki Z.: Mathematische Modelierung der Kennlinien von Axialventilatoren. Maschinenbautechnik, 38 1989, 6, s. 256-260.
[6] PN–84/N–01307: Dopuszczalne wartości poziomu dźwięku na stanowiskach pracy i ogólne wymagania dotyczące przeprowadzenia pomiarów.
[7] Otte J.: Koncepcja, konstrukcja i pole pracy nowego typoszeregu przemysłowych wentylatorów promieniowych. Zeszyty Naukowe Pol. Śl., seria Energetyka, z. 113, Gliwice 1990, s. 545–555.
[8] Chmielniak T., Kosman G., Otte J., Rusin A.: Zagadnienia modernizacji turbin i wentylatorów energetycznych. Zeszyty Naukowe WSI, seria Elektryka, z. 38, Opole 1994, s. 43–57.

Abstract

The energy conversion efficiency, suitable strenght 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 order 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. Thier 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. There are following expectations from this investigations:

A. They should enlarge our knowledge about:
- energy conversion in the theree dimensional stationary flow of viscid liquids
- nonstationary reaction of stator and rotating channels
- generation of dynamic powers and stresses in blading systems

B. They should provide to work out:
- aerodynamic calculations
- strenght calculations
- construction optimizing

Industrial and energetic fans are difined by the following requirements:
- high operational reliability
- high operating efficiency
- noiseness in the standards area
- low production and installation costs

The subject of this article is the discussion about fans choice for such a scratched hierarchy of requirements importance.