

Andrzej WITKOWSKI

Grzegorz PAKUŁA

Instytut Maszyn i Urządzeń Energetycznych  
Politechniki ŚląskaCHARAKTERYSTYKA AERODYNAMICZNA DMUCHAW MODELOWYCH  
DO KOTŁÓW Z PALENISKAMI FLUIDALNYMI

**Streszczenie.** Opracowano konstrukcje dwóch wariacji dmuchaw modelowych do kotłów z paleniskami fluidalnymi. Pierwsza wariacja z wirnikiem promieniowym przewidziana jest do współpracy z kotłem wodnym WF-40, druga z wirnikiem o mieszanym, osiowo-promieniowym przepływie przewidziana jest do współpracy z kotłem parowym OF-80. Wyniki badań aerodynamicznych wykazały dobrą zgodność uzyskanych parametrów pracy z założeniami przyjętymi do obliczeń układów przepływowych.

## 1. Założenia wyjściowe

Parametry rzeczywiste dmuchaw zestawione zostały w tabelicy 1.

Tabelica 1

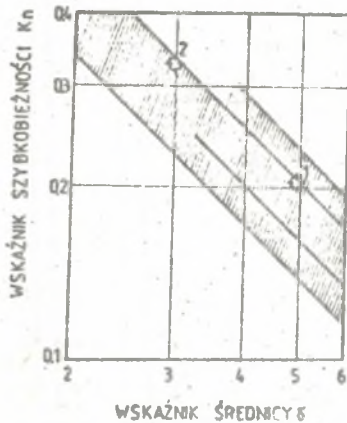
Lp.	Rodzaj kotła	$\dot{V}$ [m <sup>3</sup> /s]	$\Delta P_c$ [N/m <sup>2</sup> ]
1	Kocioł WF-40	20	14200
2	Kocioł OF-80	22	22300

W wyniku przeprowadzonej analizy określone zostały wskaźniki bezwymiarowe dmuchaw modelowych [1] (tabelica 2) oraz ich rozwiązanie konstrukcyjne.

Tabelica 2

Lp.	Typ dmuchawy	$n$ [obr/min]	$p^*$	$\psi$	Kn	$\delta$
1	Dmuchawa promieniowa PDM-400	1480	0,04	1,0	0,204	5
2	Dmuchawa osiowo-promieniowa OPDM-400	2960	0,119	1,15	0,31	3

Wskaźniki bezwymiarowe przedstawione zostały ponadto na wykresie Cor-diara [2]  $Kn = f(\delta)$  (rys. 1). Jak wynika z wykresu punkty pracy obu dmuchaw leżą w obszarze poprawnie skonstruowanych stopni promieniowych.



Rys. 1. Wykres Cordiera

średnicy zewnętrznej 400 mm oraz kolektora zbiorczego o przekroju prostokątnym (rys. 2). Koło wirnikowe typu zamkniętego posiada piastę stalową z przyspawanymi do niej płaskimi łopatkami. Do tarczy nośnej przykręcony jest wymienny element stożkowy profilujący przepływ w części wlotowej koła wirnikowego. Badania aerodynamiczne dmuchawy przeprowadzono kolejno z kołami wirnikowymi z dziesięcioma i dwunastoma łopatkami.

Konstrukcja kolektora zbiorczego umożliwia dowolną zmianę jego geometrii oraz demontaż dolnej przysłony.

### 2.2. Dmuchawa modelowa OPDM-400

Układ przepływowy dmuchawy (rys. 3) składa się z króćca wlotowego, koła wirnikowego o średnicy zewnętrznej 400 mm, dyfuzora bezłopatkowego oraz kolektora zbiorczego spiralnego o przekroju prostokątnym z rozszerzającą się stopniowo częścią wlotową. Koło wirnikowe typu osiowo-promieniowego składa się ze stalowej tarczy nośnej z przyspawanymi szesnastoma łopatkami o przestrzennej krzywiznie w osiowej części wlotowej (rys. 4). W części środkowej łopatki mają przebieg promieniowy, po czym zginają się do tyłu (rys. 5) w części wylotowej. Przekrój merydionalny kanału przepływowego został ukazany przy zachowaniu stałej prędkości merydionalnej (rys. 4).

### 3. Stanowisko badawcze

Dmuchawy modelowe współpracują z rurociągiem do pomiaru charakterystyk aerodynamicznych po stronie ssania [3]. Podstawowymi elementami stanowiska pomiarowego są: rurociąg pomiarowy wyrównujący przepływ, z zamonto-

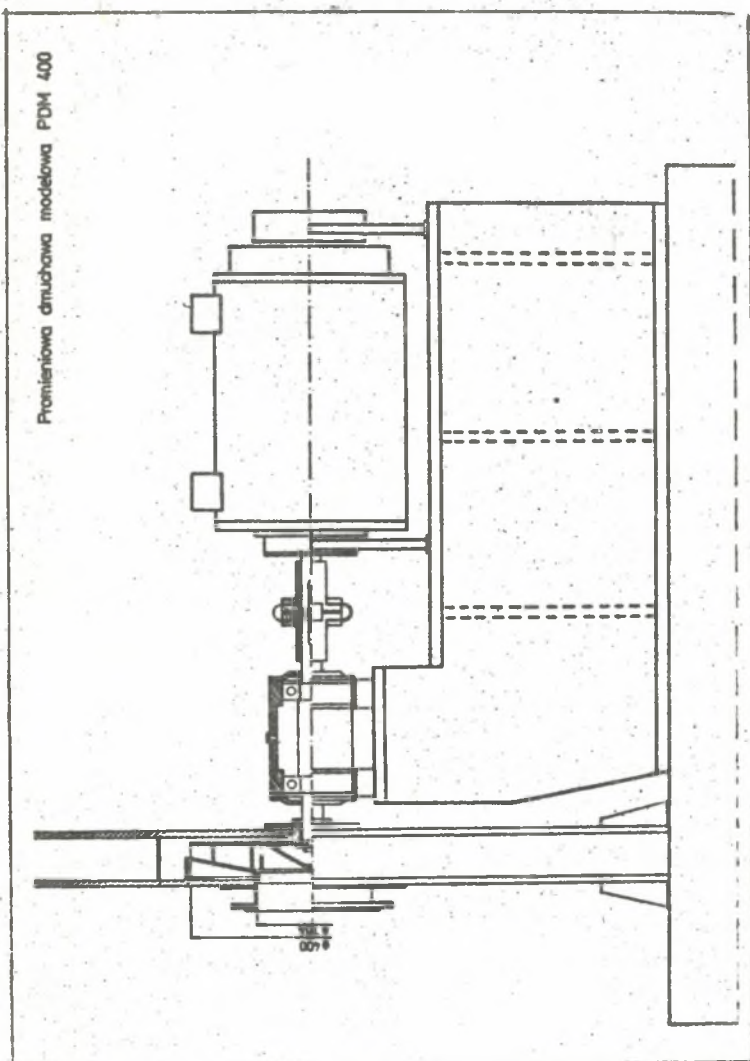
Pierwszy zestaw wskaźników bezwymiarowych jest charakterystyczny dla dmuchaw z promieniowym kołem wirnikowym.

W drugim przypadku duży wskaźnik wydajności  $\varphi^*$  i szybkości  $K_n$  preferuje konstrukcję sprężarki z kołem wirnikowym o mieszanym, osiowo-promieniowym przepływie gazu.

### 2. Rozwiązanie konstrukcyjne dmuchaw modelowych

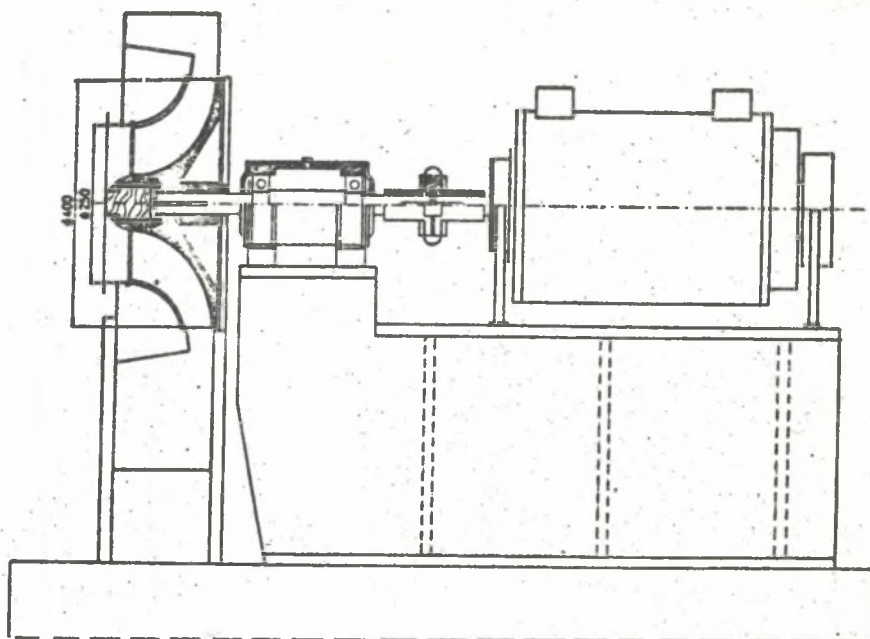
#### 2.1. Dmuchawa modelowa PDM-400

Układ przepływowy badanej dmuchawy modelowej składa się z wymiennego króćca wlotowego, koła wirnikowego o



Rys. 2. Promieniowa dmuchawa modelowa PDM-400

Osiowo-promieniowa dmuchawa modelowa OPDM

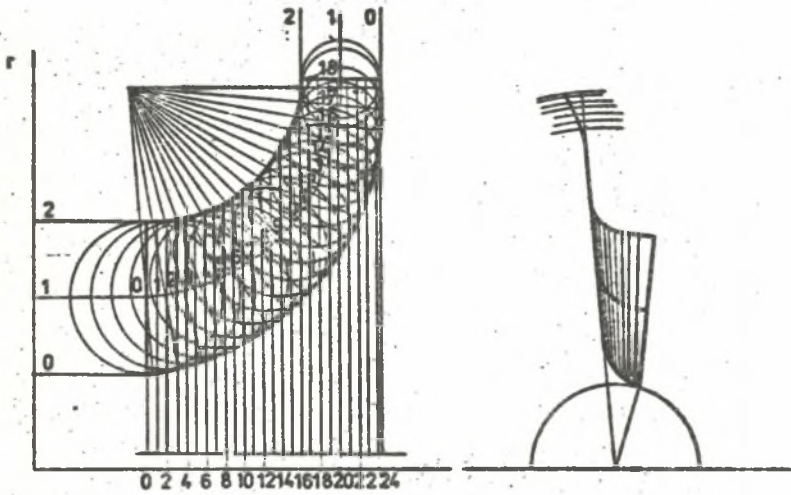


Rys. 3. Osiowo-promieniowa dmuchawa modelowa OPDM-400

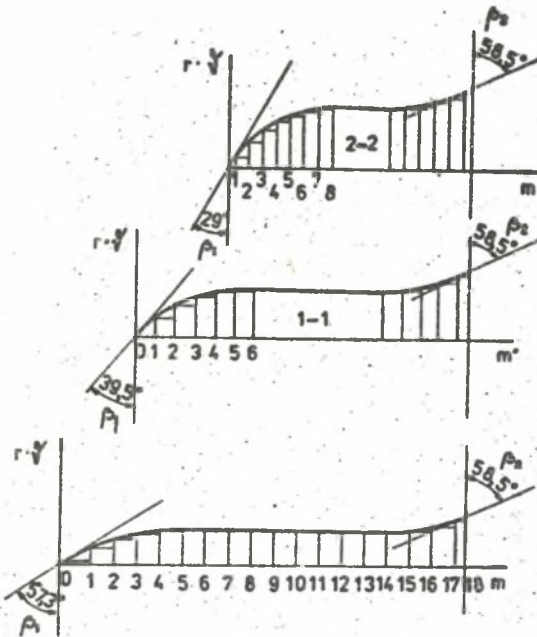
wanymi w nim prostownicami ulowymi i dyszę ISA do pomiaru natężenia przepływu, silnik prądu stałego o mocy 5 kW zabudowany w kołyszce i umożliwiający ciągłą zmienną liczbę obrotów do 3000 obr/min, aparaturę do pomiaru prędkości obrotowych oraz urządzenie wagowe do pomiaru momentu obrotowego. Dopływ powietrza z otoczenia do rurociągu dławiony jest odpowiednio wyprofilowanymi stożkiem.

Do pomiaru natężenia przepływu przewidziano obliczone według PN-65/M-53950 wymienne dysze z wielopunktowym poborem ciśnień impulsowych przed i za dyszą, uśrednionych następnie w zbiornikach wyrównawczych. Stosownie do różnych wymiarów dysz przewiduje się również zmianę długości rury pomiarowej przed i za dyszą przez wmontowanie dodatkowych odcinków rury.

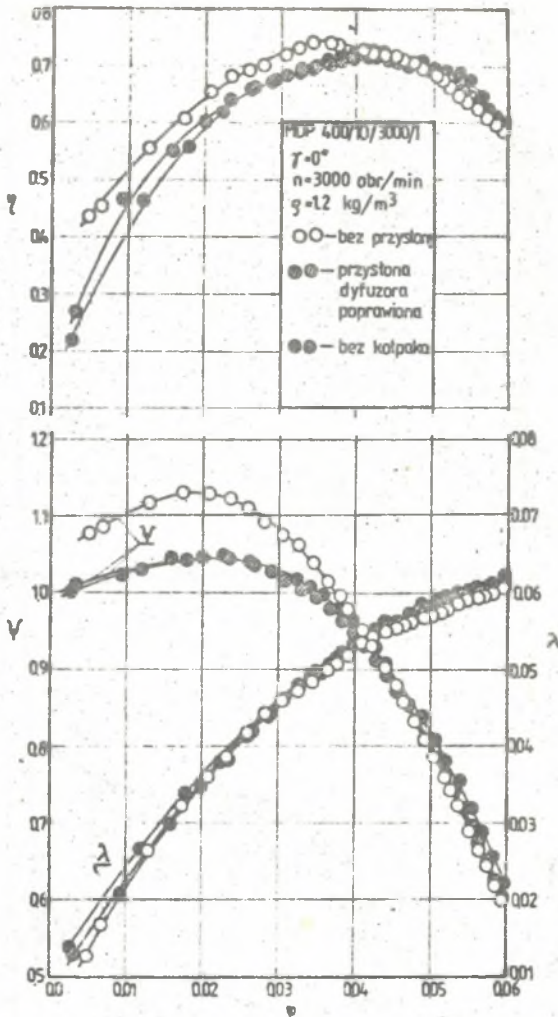
Obliczenia wyników badań przeprowadzono na EMC przy wykorzystaniu programu PRO-CHA-S [4].



Rys. 4. Koło wirnikowe łauchawy osiowo-promieniowej



Rys. 5. Palisada łopatek łauchawy osiowo-promieniowej



Rys. 6. Charakterystyka bezwymiarowa dmuchawy promieniowej PDM 400/10

#### 4. Wyniki badań

##### 4.1. Charakterystyka aerodynamiczna dmuchawy PDM-400/10 °

Wyniki badań aerodynamicznych dmuchawy PDM-400/10 przedstawione zostały na rysunku 6. Porównano tu wskaźniki bezwymiarowe dmuchawy pracującej z przysłoną i bez przysłony dyfuzora, z kołpakiem wlotowym i bez kołpaka. Uzyskane wskaźniki bezwymiarowe odpowiadające najwyższej sprawności wewnętrznej dla trzech różnych geometrii elementów dodatkowego układu przepływowego zestawiono w tabelicy 3.

Tablica 3

Wskaźniki bezwymiarowe	Pomiar			Wskaźniki obliczeniowe
	z przysłoną dyfuzora	bez przesł. dyfuzora	bez kołpaka	
Wskaźnik wydajności $\varphi^*$	0,0416	0,0378	0,041	0,04
Wskaźnik spiętrzenia $\psi$	0,9339	0,9976	0,9479	1,0
Wyróżnik szybkobieżności $K_n$	0,2148	0,1947	0,2108	0,224
Wskaźnik mocy $\lambda$	0,0542	0,0507	0,0538	
Sprawność wewnętrzna $\eta_1$	71,75	74,3	72,23	80

Z tablicy wynika, że najkorzystniejsze wskaźniki pracy uzyskała dmuchawa pracująca bez przesłony dyfuzora z kołpakiem wlotowym.

#### 4.2. Charakterystyka aerodynamiczna dmuchawy PDM 400/12

Na rysunku 7 porównane zostały w układzie współrzędnych bezwymiarowych, charakterystyki aerodynamiczne dmuchawy pracującej z przysłoną i bez przysłony dyfuzora, przy 3000 obr/min. Zestawiono ponadto zbiorcze charakterystyki dmuchawy określone przy 3000, 2500, 2000 i 1500 obr/min. w układzie współrzędnych wymiarowych (rys. 8).

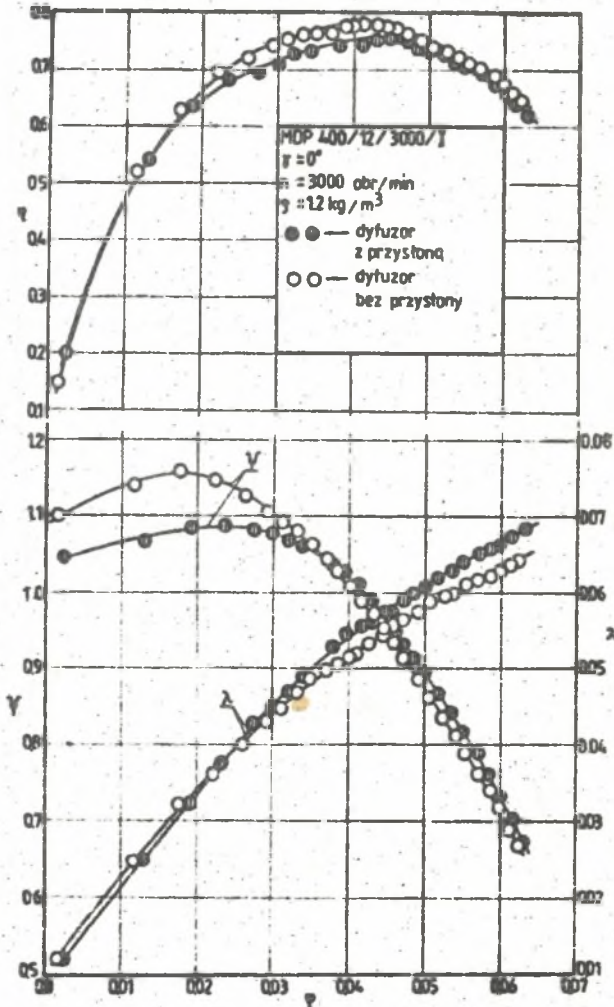
W tablicy 4 porównano wskaźniki bezwymiarowe odpowiadające najwyższej sprawności wewnętrznej uzyskane przez dmuchawę pracującą z przysłoną i bez przysłony wewnętrznej dyfuzora, dla dwóch liczb obrotów 3000 obr/min i 2500 obr/min.

Z tablicy 4 wynika, że model dmuchawy z wirnikiem o 12 łopatkach osiąga znacznie korzystniejsze wskaźniki pracy niż model z wirnikiem o 10 łopatkach. Wskaźniki rzeczywiste pracy są bardzo zbliżone do wskaźników przyjętych do obliczeń.

Dla sprawdzenia wpływu liczby  $Re$  na wskaźniki pracy modelu zestawiono dodatkowo w tablicy 5 wielkości charakterystyczne dmuchawy określone dla 4 różnych liczb obrotów przy maksymalnej sprawności wewnętrznej.

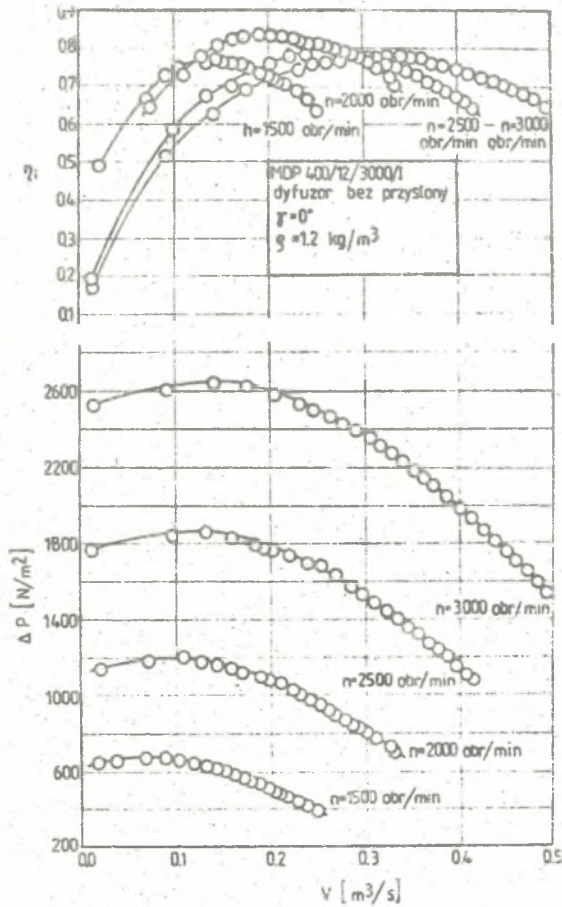
#### 4.3. Charakterystyka aerodynamiczna dmuchawy OPDM 400

Badanie charakterystyk aerodynamicznych dmuchawy OPDM 400 przeprowadzono przy obrotach 1500, 2000, 2500 i 3000 obr/min. Na rysunku 9 zestawione zostały wyniki badań w układzie współrzędnych bezwymiarowych, natomiast na rysunku 10 w układzie współrzędnych wymiarowych.



rys. 7. Charakterystyka bezwymiarowa dmuchawy promieniowej PDM 400/12





Rys. 8. Zbiorcza charakterystyka dmuchawy promieniowej PDM 400/12 dla różnych liczb obrotów

Tablica 4

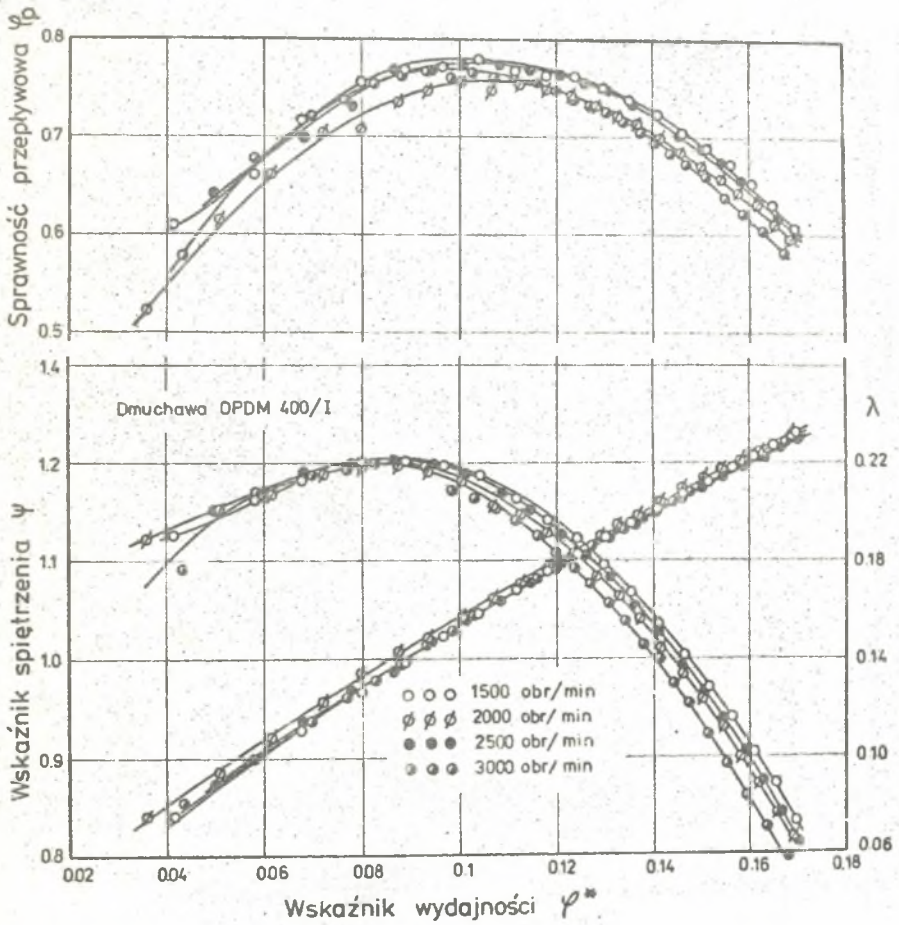
Wskaźniki bezwymiarowe	Pomiar				Wskaźniki obliczeniowe
	z przyłożoną dyfuzora		bez przyłożony dyfuzora		
	3000 [obr/min]	2500 [obr/min]	3000 [obr/min]	2500 [obr/min]	
Wskaźnik wydajności $\varphi^*$	0,0431	0,0425	0,043	0,041	0,04
Wskaźnik spiętrzenia $\psi$	0,9852	0,9996	0,974	1,0377	1,0
Wskaźnik szybkości $K_n$	0,2099	0,2063	0,2116	0,1968	0,224
Wskaźnik mocy $\lambda$	0,0539	0,0539	0,0535	0,053	
Sprawność przepływowa $\eta_p$	0,7883	0,7894	0,7838	0,8013	0,80

Tablica 5

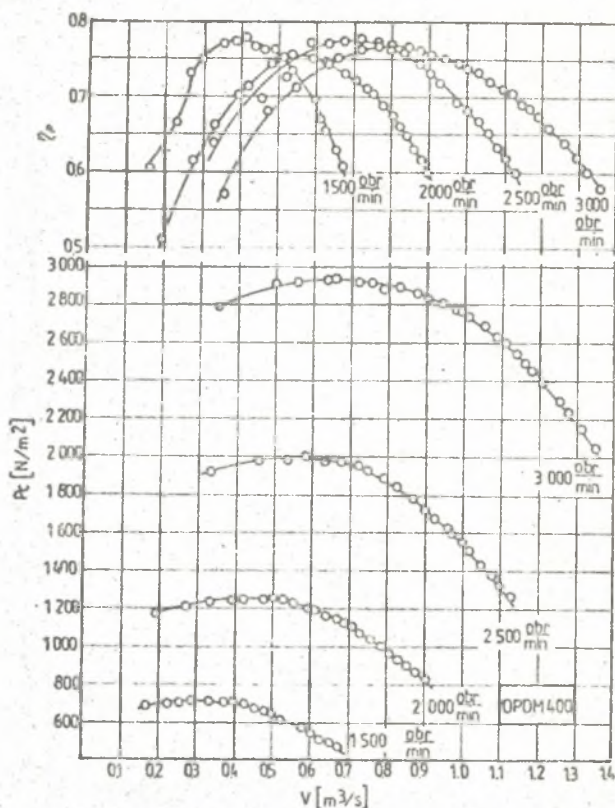
Wskaźniki bezwymiarowe	1500 [obr/min]	2000 [obr/min]	2500 [obr/min]	3000 [obr/min]
$\varphi^*$	0,0361	0,0358	0,041	0,043
$\psi$	1,0622	1,0769	1,0377	0,974
$K_n$	0,1817	0,179	0,1968	0,2116
$\lambda$	0,0495	0,046	0,013	0,0535
$\eta_p$ [%]	77,5	78,2	80,13	78,36

Tablica 6

Wskaźniki bezwymiarowe	Wyniki pomiarów	Dane obliczeniowe	Różnica w %
$\varphi^*$	0,1178	0,119	1
$\psi$	1,142	1,15	0,69
$K_n$	0,3106	0,3106	0,0
$\lambda$	0,17611	0,171	2,9
$\eta_p$ [%]	77	80	3,7



Rys. 9. Charakterystyka bezwymiarowa dmuchawy osiowo-promieniowej OPDM-400



Rys. 10. Zbiorcza charakterystyka dmuchawy osiowo-promieniowej dla różnych liczb obrotów

W tabelicy 6 zestawiono ponadto bezwymiarowe wskaźniki pracy dmuchawy odpowiadające wskaźnikowi wydajności zbliżonemu do nominalnego i określone na drodze pomiaru i porównano ze wskaźnikami przyjętymi do obliczeń projektowych. Uzyskano tu dobrą zgodność wyników.

#### 4.4. Wnioski końcowe

1. Zarówno dmuchawy promieniowe jak i dmuchawa osiowo-promieniowa uzyskały parametry pracy zgodne z założonymi w obliczeniach. Wskazują to właściwy wybór podstawowej koncepcji konstrukcyjnej obu rodzajów dmuchaw.
2. W przypadku promieniowych dmuchaw modelowych, dmuchawa z kołem wirnikowym o 12 łopatkach osiągnęła znacznie wyższą sprawność niż dmuchawa z kołem wirnikowym o 10 łopatkach. W obu przypadkach dmuchawy pracujące z dyfuzorem bez przysłony wykazały korzystniejsze wskaźniki pracy i wyższą sprawność.

3. Dobre wskaźniki bezwymiarowe dmuchawy osłowo-promieniowej potwierdzają zasadność przyjętego sposobu projektowania tego typu dmuchaw.

4. Niezależnie od stosunkowo małych wymiarów badanych modeli można przypuszczać, że istnieje możliwość zwiększenia ich sprawności o 2-3% przez bardziej odpowiedni dobór geometrii kanałów zbiorczych.

#### Literatura

- [1] Witkowski A., Biernat J.: Dobór układu przepływowego i opracowanie konstrukcyjne szeregu dmuchaw modelowych do kotłów z palnikami fluidalnymi. Opracowanie wewnętrzne IMiUE Politechniki Śląskiej, Gliwice 1979.
- [2] Cordier O.: Ähnlichkeitsbedingungen für Strömungsmaschinen. VDI. Berichte Bd 3, 1955.
- [3] Witkowski A.: Stanowisko badawcze do badań dmuchaw modelowych. Opracowanie wewnętrzne IMiUE Politechniki Śląskiej, Gliwice 1982.
- [4] Witkowski A.: Program "PRC-CHA-S" obliczeń charakterystyk promieniowych dmuchaw modelowych w języku Algol 1900. Opracowanie IMiUE, Gliwice 1983.

Recenzent: doc. dr inż. Jan Radwański

Wpłynęło do redakcji, maj 1985

#### АЭРОДИНАМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДЕЛЬНЫХ ВОЗДУХОДУВКОВ ДО КОТЛОВ С ТОЧКОЙ С КИПЯЩИМ СЛОЕМ

#### Резюме

Разработано конструкции двух модельных воздуходувков до котлов с точкой с кипящим слоем. Первый модель с колесом центрального типа предусмотрен к совместной работе с водяным котлом WF-40, второй с осердиальным колесом предусмотрен к совместной работе с паровым котлом OF-80. Результаты аэродинамических испытаний подтверждают хорошее совпадение с параметрами принятыми до аэродинамического расчета воздуходувков.

THE AERODYNAMIC PERFORMANCE CHARACTERISTICS OF MODEL BLOWERS  
FOR BOILER WITH FLUIDISED BED FURNACE

S u m m a r y

The two model blowers for boiler with fluidised bed furnaces has been designed, the first one with radial flow impeller to collaborate with water boiler WF-40, and the second one with mixed flow impeller to collaborate with steam boiler OF-60 has been expected.

The results of the experimental investigations indicated good conformity of measured and calculated aerodynamic parameters of tested blowers.