

Andrzej WITKOWSKI

Instytut Maszyn i Urządzeń Energetycznych

ANALIZA CELOWOŚCI ZASTOSOWANIA WENTYLATORÓW
MERYDIONALNYCH W GÓRNICZEJ WENTYLACJI POMOCNICZEJ

Streszczenie. Obecnie stosowane wentylatory w górniczej wentylacji pomocniczej charakteryzują się niską sprawnością i pozbawione są regulacji parametrów pracy. W pracy wykazano możliwość zastąpienia ich wentylatorami serii MWG [1] charakteryzującymi się wysoką sprawnością, małą głośnością pracy oraz dobrymi własnościami regulacyjnymi.

1. Wstęp

Wymagane parametry pracy wentylatorów pomocniczej wentylacji kopalń wynoszą odpowiednio [2]:

- w przypadku lutniociągu o średnicy 500 mm:
Wydajność: $\dot{V}_0 = 3 \text{ m}^3/\text{s}$.
Przyrost ciśnienia: $\Delta P_C = 1766 \text{ N/m}^2 - 2943 \text{ N/m}^2$.
- w przypadku lutniociągów o średnicy 603 i 803 mm:
Wydajność: $\dot{V} = 5-6,8 \text{ m}^3/\text{s}$.
Przyrost ciśnienia: $\Delta P_C = 2060-4120 \text{ N/m}^2$.
- w przypadku lutniociągu o średnicy 1003 mm:
Wydajność: $\dot{V} = 10,8 \text{ m}^3/\text{s}$.
Przyrost ciśnienie: $\Delta P_C = 2160-4416 \text{ N/m}^2$.

Parametry te realizowane są obecnie przez cztery wielkości osiowych wentylatorów reakcyjnych, z których każdy pracuje zarówno w wersji jedno-stopniowej, jak i w wersji z przeciwbieżnymi kołami wirnikowymi: WLE 503 o średnicy zewnętrznej koła wirnikowego 500 mm, WLE 603 i 803 o średnicy zewnętrznej koła wirnikowego 630 mm oraz WLE 1003 o średnicy zewnętrznej 750 mm. Wentylatory te charakteryzują się stosunkowo niską sprawnością i pozbawione są regulacji parametrów pracy. Sprawia to, że często pracują one poza obszarem swych najwyższych sprawności.

Parametry pracy oraz wskaźniki bezwymirowe wymienionych wentylatorów zestawiono zostały w tablicy 1.

W przyszłości przewiduje się wystąpienie potrzeby wprowadzenia do produkcji wentylatorów o parametrach:

$$\dot{V} = 17-20 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\Delta P_C = 7000 \text{ N/m}^2.$$

Tablica 1

Wentylator		D_z [mm]	\dot{V} [m ³ /s]	ΔP_c [N/m ²]	φ^*	ψ	η_1
Jedno- wiałcowa	WLE 503	500	3	1766	0,1844	0,4768	73
	WLE 603	630	5	1060	0,162	0,3502	74,3
	WLE 803	630	6,8	2256	0,2203	0,3835	
	WLE 1003	750	10,8	2160	0,2075	0,2592	75,8
Dwu- wiałcowa	WLE 503	500	3	2943	0,1944	0,7946	74,15
	WLE 603	630	5	3924	0,162	0,667	74,4
	WLE 803	630	6,8	4120	0,2203	0,7	
	WLE 1003	750	10,8	4419	0,2075	0,5303	75,4

Przedstawione wymagania spełnić mógłby wentylator o średnicy 750 mm pracujący przy 3000 obr/min i charakteryzujący się wskaźnikami pracy:

$$\varphi^* = 0,326-0,3843$$

$$\psi = 0,84$$

W dalszym ciągu pracy przedstawione zostanie uzasadnienie celowości zastosowania w górniczej wentylacji pomocniczej, wentylatorów z merydionalnym przyspieszeniem strumienia [3], [4], [5], [6].

2. Wentylatory z merydionalnym przyspieszeniem strumienia

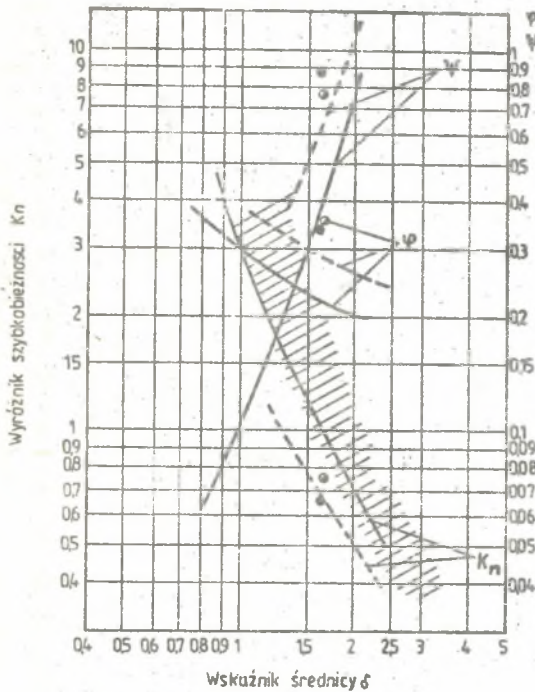
2.1. Uwagi wstępne

Wyniki badań prowadzonych od szeregu lat w IMiUE Politechniki Śląskiej wykazały [3], [4], [5], [6], że wentylatory z merydionalnym przyspieszeniem strumienia wykazują szereg korzystnych własności stawiających je w szeregu przypadków wyżej od wentylatorów osiowych reakcyjnych.

Charakteryzują się one znacznie wyższymi wskaźnikami spiętrzenia i wydajności przy płaskim przebiegu wysokiej sprawności, dobrymi własnościami regulacyjnymi przy zastosowaniu prostej regulacji ze pomocą płaskich odchylnych kierownic na wlocie oraz małą głośnością pracy.

Szczególnie dobitnie wyższość wentylatorów z merydionalnym przyspieszeniem strumienia ilustruje wykres Cordiere (rys. 1), na którym porównano podstawowe wskaźniki pracy obu typów wentylatorów.

Pewną wadą tych wentylatorów stanowi bliskość punktu maksymalnej sprawności wierzchołke charakterystyki oraz niskie położenie charakterystyki w obszarze pracy niestatecznej. Uzasadnia to konieczność prowadzenia prac optymalizacyjnych konstrukcji stabilizującego łopatkowego pierścienia wlotowego.



- - wentylatory osiowe reakcyjne
- - - - wentylatory osiowe z merydionalnym przyspieszeniem strumienia
- - modelowy wentylator MWG 067
- - modelowy wentylator MWG 063

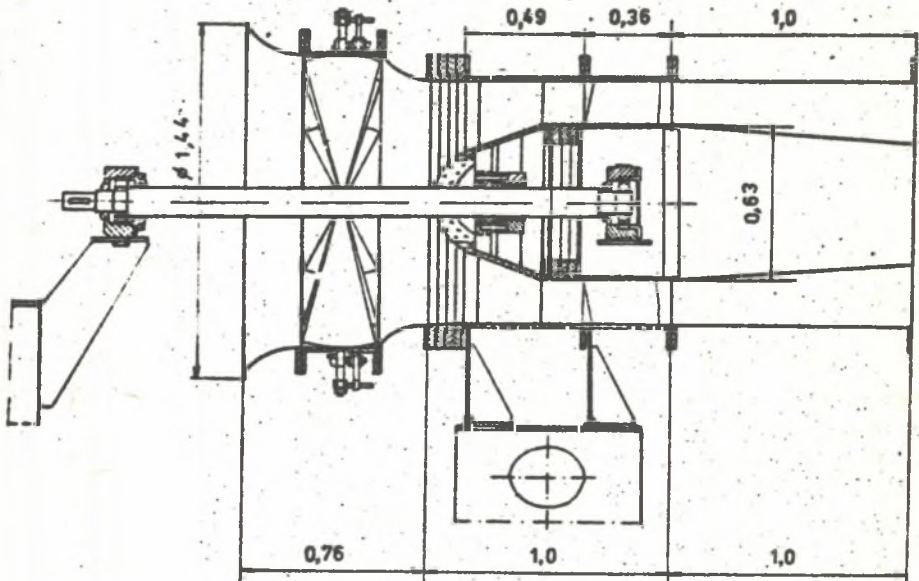
Rys. 1. Wykres Cordiera

Biorąc pod uwagę niewątpliwie korzystne właściwości wentylatorów z merydionalnym przyspieszeniem strumienia uznano za celowe rozpatrzenie możliwości wykorzystania tego typu wentylatorów w górniczej wentylacji.

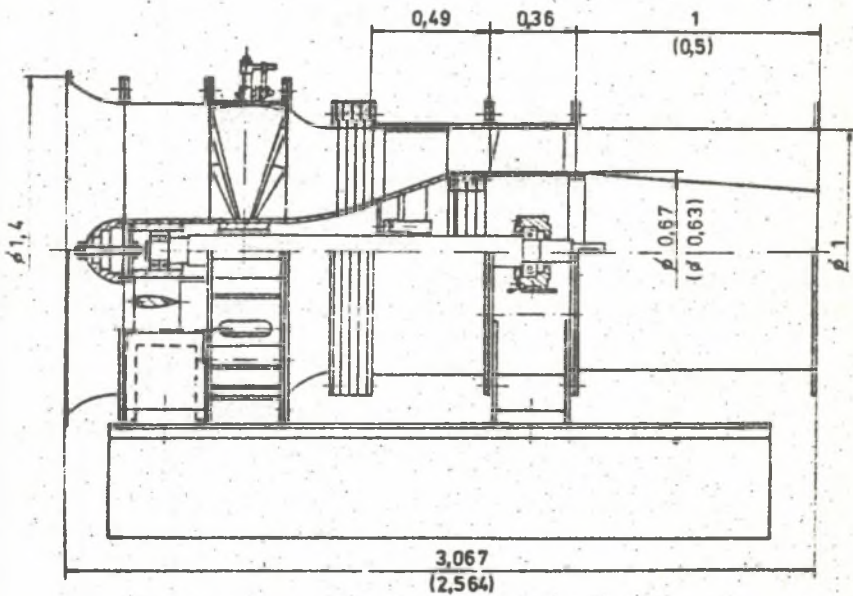
2.2. Konstrukcja układu przepływowego

Na rysunkach 2 i 3 przedstawione zostały konstrukcje wentylatorów modelowych MWM-063 [3] o stosunku średnic w przekroju wylotowym koła wirnikowego $\eta = 0,63$ i MWG-067/II [5] o stosunku średnic w przekroju wylotowym koła wirnikowego $\eta = 0,67$.

Oba modele pracują w układzie przepływowym składającym się z dwustopniowego wlotu dyszowego, wstępnej kierownicy regulacyjnej o dwunastu płaskich łopatkach, koła wirnikowego, kierownicy tylnej oraz dyfuzora wylotowego.



Rys. 2. Wentylator modelowy MWM-063



Rys. 3. Wentylator modelowy MWG-063/067

towego. Koło wirnikowe o średnicy zewnętrznej 500 mm posiada piastę stożkową i pierścieniowy element końcowy. Do piasty przyspawanych jest dwanaście blaszanych łopatek o szkieletowych parabolicznych. Za kołem wirnikowym znajduje się kierownica tylna składająca się z trzynastu blaszanych łopatek o powierzchni cylindrycznej. Zmianę kątów wlotowych i wylotowych wzdłuż wysokości uzyskano przez odpowiednie ścięcie krawędzi wlotowej i wylotowej. Ostatni element układu przepływowego stanowi krótki dyfuzor z cylindryczną osłoną zewnętrzną o względnej długości odniesionej do średnicy zewnętrznej wynoszącej 1,0.

2.3. Parametry pracy wentylatorów z merydionalnym przyspieszeniem strumienia

Do analizy wykorzystano wyniki badań aerodynamicznych wcześniej opracowanych konstrukcji modelowych MWM 063 [3], [4] MWG 063 [5] i MWG 067 [6].

Wskaźniki bezwymiarowe uzyskane przez wymienione modele w punkcie odpowiadającym maksymalnej sprawności wewnętrznej zestawione zostały w tabelicy 2.

Tablica 2

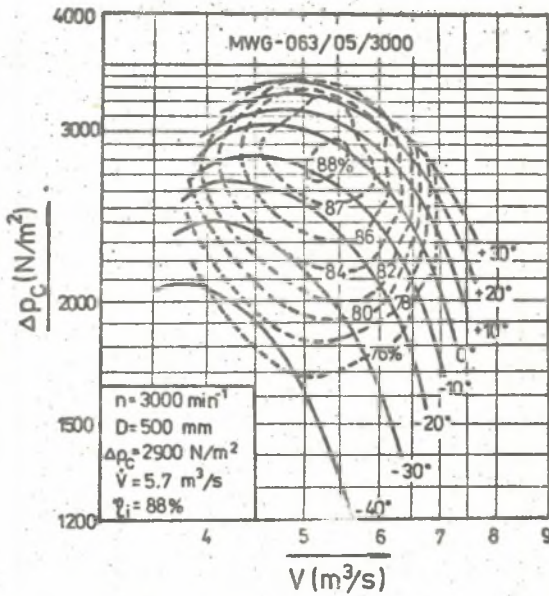
M o d e l	MWM-063	MWG-063	MWG-067
Wskaźnik wydajności	0,37	0,3571	0,3361
Wskaźnik spiętrzenia	0,78	0,7627	0,8672
Sprawność wewnętrzna	88,1	86,27	85,71
Wyróżnik szybkobieżn.	0,764	0,7329	0,645
Wskaźnik średnicy	1,491	1,673	1,6645

Odpowiadające tym wskaźnikom parametry pracy wentylatorów o średnicach zewnętrznych kół wirnikowych: 500, 630, 750 i pracujących przy liczbie obrotów $n = 3000 \frac{\text{obr}}{\text{min}}$ zestawiono w tablicach 3, 4, 5.

Tablica 3

Wentylatory pochodne modelu MWM 063

Wielkość wentylatora D_z [mm]	Wydajność \dot{V} [m ³ /s]	Przyrost ciśnienia ΔP_c [N/m ²]	Prędkość obwodowa [m/s]
500	5,7	2886,87	78,54
630	11,41	4583,16	98,96
750	19,25	6494,36	117,8



Rys. 4. Charakterystyka regulacyjna wentylatora MWG-063/05/3000

Tablica 4

Wentylatory pochodne modelu MWG-063

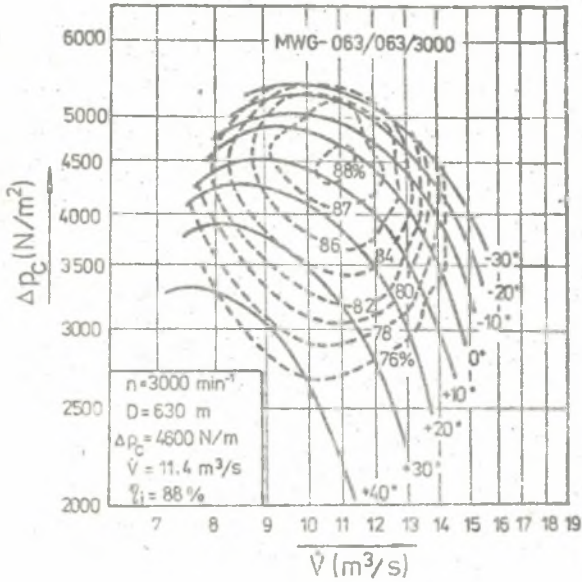
Wielkość wentylatora D_2 [mm]	\dot{V} [m ³ /s]	ΔP_c [N/m ²]	U_2 [m/s]
500	5,5	2822,8	78,54
630	11,01	4481,5	98,96
750	18,58	6350	117,8

Tablica 5

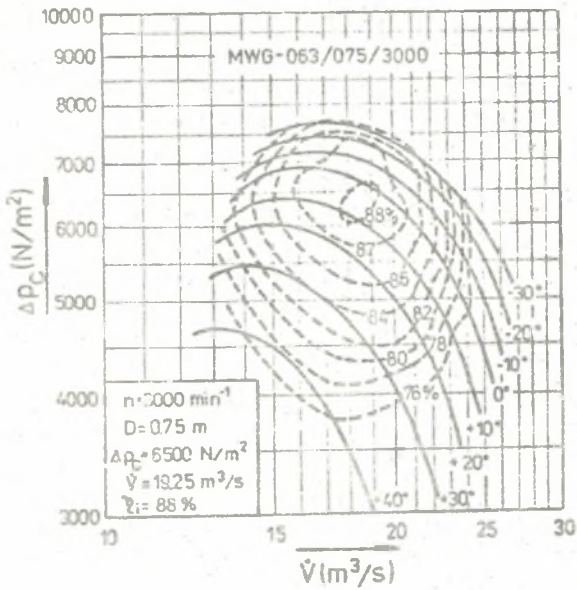
Wentylatory pochodne modelu MWG 067/II

Wielkość wentylatora D_2 [mm]	\dot{V} [m ³ /s]	ΔP_c [N/m ²]	U_2 [m/s]
500	5,18	3209,6	78,54
630	10,36	5045	98,96
750	17,48	7220	117,8

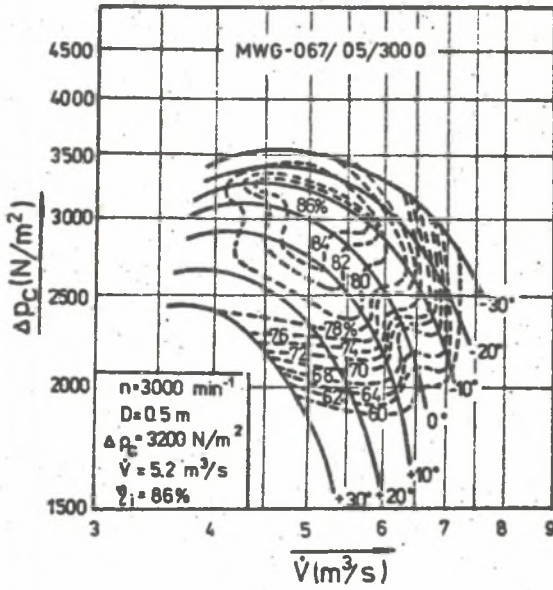
Charakterystyki regulacyjne wentylatorów zestawione w tablicach 3, 4, 5 przedstawione zostały ponadto na rysunkach 4, 5, 6, 7, 8, 9. Z rysun-



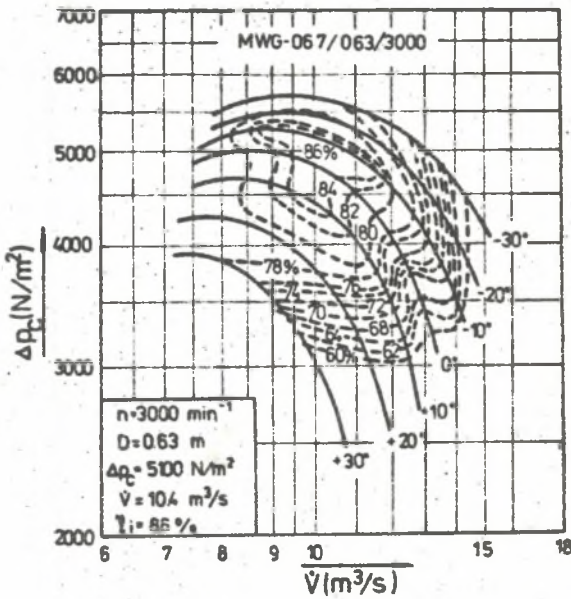
Rys. 5. Charakterystyka regulacyjna wentylatora MWG-063/063/3000



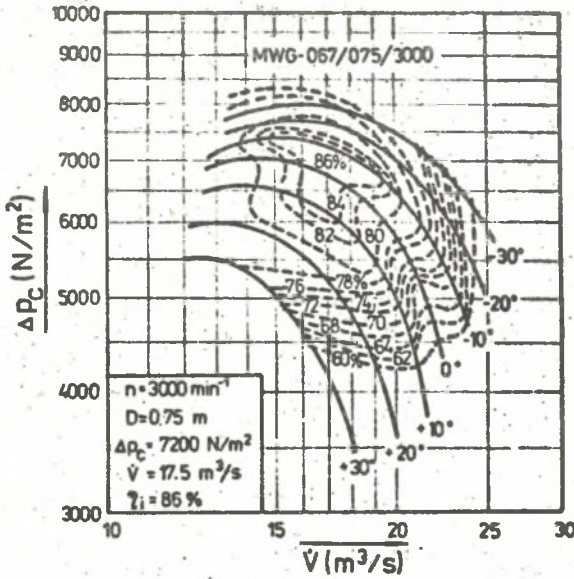
Rys. 6. Charakterystyka regulacyjna wentylatora MWG-063/075/3000



Rys. 7. Charakterystyka regulacyjna wentylatora MWG-063/05/3000



Rys. 8. Charakterystyka regulacyjna wentylatora MWG-063/063/3000



Rys. 9. Charakterystyka regulacyjna wentylatora MWG-063/075/3000

ków wynika, że wentylatory te posiadają szeroki zakres regulacji parametrów pracy za pomocą płaskich odchylonych kierownic wlotowych. Stwarza to możliwość każdorazowego dostosowywania, w sposób możliwie prosty, ciśnienia i wydajności wentylatorów do wymogów zmieniających się w czasie parametrów sieci wentylacyjnej kopalni.

W tabelicy 5 zestawione zostały najwyższe i najniższe wartości wydajności i przyrůstów ciśnień uzyskiwanych przez poszczególne wielkości wentylatorów serii MW 063 oraz MWG 067 w zakresie sprawności wewnętrznych nie mniejszych od 75%.

Tabela 6

Model	Wielkość D_z [mm]	\dot{V} [m ³ /s]	ΔP_c [N/m ²]
MWG 063	500	4-6,7	2250-3350
	630	8,15-14	2400-5200
	750	14,5-24	4700-7600
MWG 067	500	4-6,3	2450-3500
	630	8-12,5	3900-5500
	750	14,5-21,2	5400-7700

1.3. Wnioski

1. Z porównania danych zawartych w tablicy 1 z danymi zawartymi w tablicach 3, 5, 6 oraz na wykresach charakterystyk regulacyjnych zamieszczonych na rysunkach 4 i 6 wynika, że w zakresie wydajności $\dot{V} = 4,5-6 \text{ m}^3/\text{s}$ oraz ciśnień $\Delta P_c = 2500-3500 \text{ N/m}^2$ wentylatory przeciwbieżne WLE 603 i WLE 803 mogą być zastąpione przez wentylator MWO-063/05 lub MWG-067/05 o średnicy zewnętrznej koła wirnikowego 500 mm. Wentylatory te charakteryzują się przy tym wysoką sprawnością wewnętrzną w granicach od 78% do 88%.

2. Analiza danych zawartych w tablicach 1, 3, 5, 6 oraz wykresów charakterystyk na rysunkach 5 i 10 wykazuje, że wentylator przeciwbieżny WLE 1003 można zastąpić w całym zakresie wymaganych parametrów pracy wentylatorem WM-063/063 o średnicy zewnętrznej koła wirnikowego 630 mm. Wentylator ten w punkcie pracy ($\dot{V} = 11 \text{ m}^3/\text{s}$, $\Delta P_c = 4400 \text{ N/m}^2$) osiąga sprawność wewnętrzną $\eta_1 = 88\%$. Regulacja wentylatora umożliwia wzrost ciśnienia przy wydajności $11 \text{ m}^3/\text{s}$ do 5200 N/m^2 przy sprawności 86%.

3. Charakterystyka regulacyjna wentylatora WM-063/075/3000 o średnicy zewnętrznej koła wirnikowego 750 mm wskazuje na możliwość uzyskania w zakresie wydajności $\dot{V} = 17-20 \text{ m}^3/\text{s}$, przyrostu ciśnienia $\Delta P_c = 7000 \text{ N/m}^2$ przy sprawności wewnętrznej w granicach $\eta_1 = 86-87\%$.

Wentylator MWG-067/075/3000 umożliwia uzyskanie przyrostu ciśnienia w granicach 8000 N/m^2 przy wydajności $17 \text{ m}^3/\text{s}$ i sprawności wewnętrznej $\eta_1 = 79\%$.

Powyższe parametry pracy rekomendują te wentylatory do zastosowania w przyszłościowych rozwiązaniach wentylacji pomocniczej.

4. Analiza ekonomiczna celowości zastąpienia wentylatora przeciwbieżnego WLE 1003 wentylatorami WM-063/063 wykazuje co następuje: zużycie mocy przez wentylator WLE 1003 w punkcie pracy nominalnej:

$$N = \frac{\Delta P_c \dot{V}}{1000 \eta_a} = \frac{4400 \cdot 11}{1000 \cdot 0,69} = 70,14 \text{ kW}$$

Zużycie mocy przez wentylator WM-063/063 w tych samych warunkach

$$N = \frac{4400 \cdot 11}{1000 \cdot 0,805} = 60,12 \text{ kW.}$$

Czyli zużycie mocy przez jeden wentylator typu WM-063/063 jest o 10 kW mniejsze od zużycia mocy wentylatora WLE 1003. Przyjmując przeciętną liczbę godzin pracy wentylatora w ciągu roku 8760 godzin oraz cenę 1 kWh 2 zł otrzymujemy oszczędność roczną pracy jednego wentylatora WM-063/063 wynoszącą 175200 zł.

Literatura

- [1] Witkowski A.: Obezer pracy modelowych wentylatorów osiowych z merydionalnym przyspieszeniem strumienia serii MWG dla potrzeb górniczych. Praca nieopublikowana, Gliwice 1980.
- [2] Wentylators osiowe miejscowego przewietrzenia. Polska Norma PN-74/G-04165.
- [3] Witkowski A., Otto J.: Design and Test of Axial Flow Fans with Meridional Stream Acceleration. Proceedings of the Fifth Conference on Fluid Machinery, Budapest 1975.
- [4] Witkowski A., Otto J.: Szereg wentylatorów osiowych z merydionalnym przyspieszeniem strumienia. Praca nieopublikowana, Gliwice 1974.
- [5] Witkowski A., Otto J.: Charakterystyka aerodynamiczna modelowego wentylatora osiowego z merydionalnym przyspieszeniem strumienia dla potrzeb górnictwa węglowego MWG-063. Praca nieopublikowana, Gliwice 1977.
- [6] Witkowski A.: Charakterystyka aerodynamiczna wentylatora serii MWG-067. Praca nieopublikowana, Gliwice 1980.

Recenzent: doc. dr inż. Jan Radwański

Wpłynęło do redakcji, maj 1985

**АНАЛИЗ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИНЯТИЯ МЕРИДИОНАЛЬНЫХ ВЕНТИЛЯТОРОВ
В НАХТНОЙ ВСПОМОГАТЕЛЬНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ**

Р е з ю м е

Современные шахтные вспомогательные вентиляторы имеют небольшой кпд и у них нет регулирования параметров работы. В настоящей статье доказано что является возможным обмен этих вентиляторов вентиляторами типа MWG [1] характеризующимися высоким кпд, малым уровнем шума и хорошим регулировочными свойствами.

**ANALYSIS OF PURPOSEFULNESS OF APPLICATION
OF MERIDIONAL FANS IN AUXILIARY MINE VENTILATION**

S u m m a r y

The auxiliary mine fans which are used now of low efficiency and lack of volume control are characterised.

The possibility of their replacement by meridional fans of series MWG [1] characterised by high efficiency, small loudness and well regulation property, has been discussed.