

Ye RULIN

Long SIREN

Congqinska Filia CINBW

Wang XINXIAN

Li JIABAO

Din ZONFEN

Zjednoczenie Panzhihua, Chiny

REKONSTRUKCJA WENTYLATORÓW GŁÓWNYCH CELEM POPRAWY ICH CHARAKTERYSTYK PRZEPLYWOWYCH I ZMNIEJSZENIA ENERGOCHŁONNOŚCI

Streszczenie. Opisano projekt rekonstrukcji wentylatora głównego przewietrzenia kopalni Taiping (Zjednoczenie Panzhihua). Przedstawiono obliczenia aerodynamiczne, zmiany konstrukcyjne i technologię elementów rekonstruowanych wentylatorów. Wskazano na podstawowe techniczne i ekonomiczne efekty rekonstrukcji.

RECONSTRUCTION OF MAIN FANS IN ORDER TO CORRECT FLOW CHARACTERISTICS AND REDUCTION OF ENERGY - CONSUMING

Summary. Reconstruction project of main ventilation fan in Taiping coal mine has been described. Aerodynamic calculations, constructional changes and technology has been presented. Basic technical and economical effects of reconstruction has been indicated.

REKONSTRUKTION VON HAUPTGRUBENVENTILATOREN FÜR DIE VERBESSERUNG DER STRÖMUNGSCHARAKTERISTIKEN

Zusammenfassung. Heutiger Stand der Hauptgrubenventilatoren in China wurde dargestellt. Es wurde ein Konzept der Rekonstruktion der Axialventilatoren beschrieben, deren Ziel Charakteristikverbesserung und Energieverbrauchsverminderung ist. Die Berechnungsmethoden der Strömungsvorgänge wurden

presentiert. Für die modernisierte Ventilatoren wurden die Untersuchungsergebnisse dargestellt.

1. WSTĘP

W związku z koniecznością eksploatacji głębszych pokładów węgla kopalni Taiping należało zwiększyć wydajność wentylatora głównego z 8400 do 9600 m³/min. Fakt ten z założeniem podniesienia sprawności do 0,8 (z 0,65) i pozostawieniem napędu elektrycznego stanowił podstawę rekonstrukcji wentylatora.

2. PROJEKT REKONSTRUKCJI TECHNICZNEJ

2.1. Wskaźniki techniczne rekonstrukcji

W kopalni Taiping stosowana jest wentylacja tłocząca. Charakterystyczne dane dotyczące wentylatorów głównych przez rekonstrukcję ilustruje tablica 1.

Stan pracy wentylatora przed rekonstrukcją

Tablica 1

Parametr	Wentylator No. 1	Wentylator No. 2
prędkość obrotowa, obr/min	737	744
wydajność znamionowa, m ³ /min	8324	8320
spiętrzenie całkowite, Pa	160 x 9,8	152 x 9,8
moc na wale silnika, KW	343,2	323,4
sprawność, %	63,7	65,0
kąt ustawienia łopatek	45°	45°
gęstość powietrza, kg/m ³	1,05	1,01

Opór sieci wentylatorowej mieścił się w granicy do 0,079 N · S²/m⁸. dla nowych warunków eksploatacyjnych przesunął się do przedziału 0,079 – 0,082 N · S²/m⁸ (przy wydajności 9600 m³/min). Podstawowe dane wentylatorów po rekonstrukcji przedstawiono w tablicy 2.

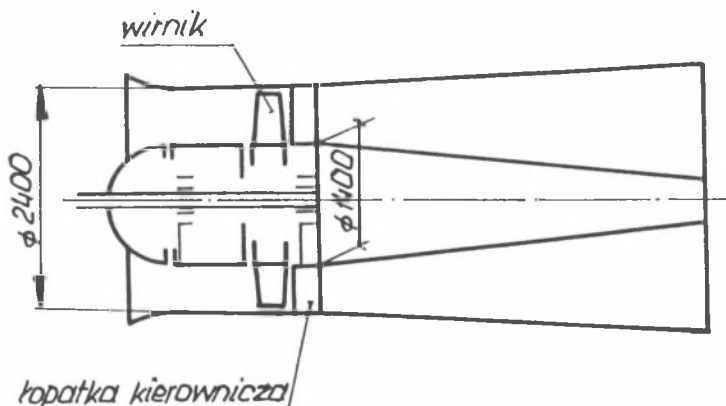
Tablica 2

Dane charakterystyki wentylatorów głównych po rekonstrukcji

wydajność znamionowa, m ³ /min	9600
spiętrzenie całkowite, Pa	215 x 9,8
sprawność, %	80
prędkość obrotowa, r/min	740
moc znamionowa silnika, KW	475
współczynnik zapasu	1,1
hałas i drganie	nie przekracza stanu przed rekonstrukcją

2.2. Projekt rekonstrukcji technicznej

Zapewnienie wysokiej sprawności i zwiększonej wydajności (otwór równoznaczny ~ 4,3 m³) wymagało zmiany układu przepływowego (zmiany geometrii łopatek wirnika i kierownicy, rekonstrukcji dyfuzora, zmiany układu dwustopniowego na jednostopniowy). Przyjęto nowy stosunek średnic 0,58 (przed rekonstrukcją wynosił ok. 0,7). Ogólny schemat nowego rozwiązania ilustruje rys. 1.



Rys. 1. Schemat struktury wentylatora po rekonstrukcji

Fig. 1. Fan structure after reconstruction

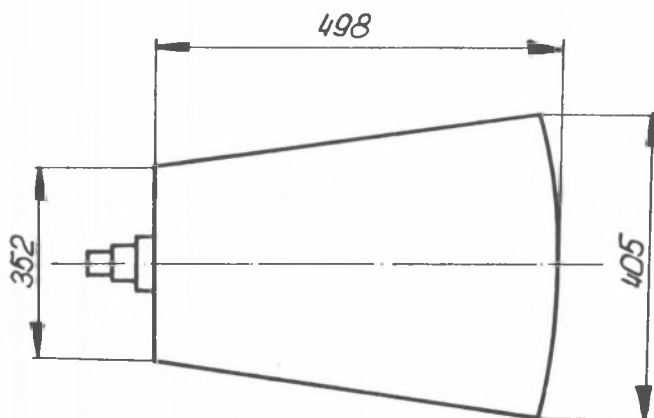
3. ZMIANY KONSTRUKCYJNE POSZCZEGÓLNYCH ELEMENTÓW UKŁADU PRZEPLYWOWEGO

3.1. Łopátka wirnikowa

W obliczeniach aerodynamicznych wykorzystano algorytm oparty na quasi-trójwymiarowym schemacie WU aproksymacji przepływu na powierzchniach S_1 i S_2 .

Program składał się z dwóch zasadniczych części. W pierwszej kolejności wyznaczono pole przepływu na powierzchni merydionalnej. Rezultaty stanowiły podstawę do zastosowania programu rozwiązania zadania konstrukcyjnego (określenia: grubości łopatek, kątów geometrycznych, strat energii mechanicznej, rzutów krawędzi wlotowych i wylotowych na powierzchnie merydionalne). Obliczenia powtarzano w określonym cyklu iteracyjnym do momentu uzyskania żądanej dokładności.

Oddziaływanie lepkości oraz sił przyspieszania odśrodkowego i Coriollisa powoduje powstanie istotnych efektów trójwymiarowych u podstawy i wierzchołka kanału łopatkowego, które nie były uwzględnione w zastosowanym algorytmie obliczeniowym. Odpowiednie korekty przeprowadzono, korzystając z badań literaturowych i własnych doświadczeń. Sprowadzały się one do



Rys. 2. Łopátka wirnikowa wentylatora po rekonstrukcji

Fig. 2. Fan blade after reconstruction

odpowiedniej zmiany gęstości układów łopatkowych wzdłuż wysokości kanałów oraz doboru kątów ataku.

Dla uzyskania wysokiego spiętrzenia, płaskiej charakterystyki w strefie maksymalnej wydajności wybrano większy kąt ataku. Optymalną podziałkę na średnim promieniu i kąt ustawienia określono, biorąc pod uwagę rezultaty dla przepływu przez płaską palisadę profilów.

Na podstawie obliczeń i zabiegów konstrukcyjnych łopatki wirnikowe ukształtowano jako trapezowe z kątem skreśtu 28° , projektowany kąt ustawienia łopatek wynosił 70° . Schemat łopatki po rekonstrukcji przedstawiono na rys 2. Liczbę łopatek wirnika przyjęto $z = 13$.

3.2. Łopatka kierownicza

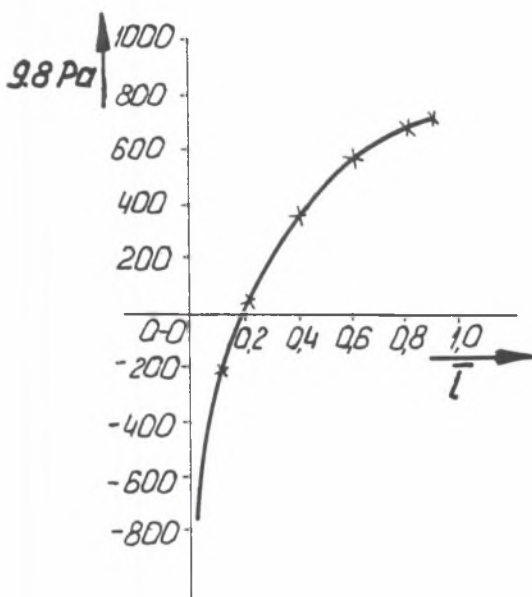
Kształtowanie łopatek kierowniczych oparto na tych samych zasadach, które wykorzystano przy konstrukcji kanałów wirnika. Generowane przez wirnik niejednorodne pole prędkości na wlocie do kierownicy charakteryzowało się zmniejszeniem składowej prędkości osiowej wzdłuż promienia i odpowiednim narastaniem prędkości obwodowej. Powstająca w efekcie zmiana kąta strumienia decydowała o wysokich gęstościach łopatek. Z drugiej strony oddziaływanie lepkie prowadziło do tendencji odwrotnych. Z tego powodu obciążenie łopatki określono, posługując się wynikami obowiązującymi dla palisad płaskich; przyjęto przy tym stałość cięciw łopatek kierownicy wzdłuż ich wysokości. W wyniku analizy przyjęto proste łopatki kierownicy w liczbie 17.

3.3. Dyfuzor

Rozkład ciśnienia statycznego w zaprojektowanym dyfuzorze przedstawia rys. 3. Wyniki obliczeń i badań modelowych pokazują, że straty energii mechanicznej w zmodernizowanym dyfuzorze zmniejszyły się o 25% w stosunku do stanu przed rekonstrukcją.

4. CHARAKTERYSTYKI WYTRZYMAŁOŚCIOWE

Obliczenia wytrzymałościowe nowej konstrukcji wirnika wentylatora wykazały dostatecznie wysokie zapasy wytrzymałości dla poszczególnych rodzajów obciążenia. I tak współczynnik bezpieczeństwa w wypadku:



Rys. 3. Rozkład ciśnienia statycznego w dyfuzorze

Fig. 3. Static pressure in diffuser

- naprężenia normalnego (promieniowego) wynosił 4,96
- naprężenia obwodowego 27,74
- naprężenia rozciągającego dla stopy łopatki 9,46
- naprężenia ścinającego dla nitów 3,81

Drgania własne określane metodą elementów skończonych były równe:

- częstotliwość pierwszego rzędu 90 Hz,
- częstotliwość drugiego rzędu 330 Hz.

Częstotliwość drgań własnych pierwszego rzędu była sprawdzona eksperymentalnie; uzyskane wyniki mieszczą się w granicach 84 – 90 Hz. Maksymalna prędkość obrotowa wentylatora 750 obr/min odpowiada 12,5 Hz. Konstrukcja jest więc dostatecznie bezpieczna pod względem dynamicznym.

5. TECHNOLOGIA WYKONAWSTWA

Geometria modernizowanych łopatek jest złożona. W następstwie ważnym elementem jest opracowanie właściwej technologii. Przyjęto, że łopatka jest

konstrukcją ramowo-płytkową, składającą się z powłoki grzbietu, części wklęsłej, krawędzi wlotowej i trzonu łopatki. Powłoki części wypukłej i wklęsłej kształtowane są metodą prasowania na gorąco, do ich połączenia z trzonem łopatki wykorzystano spawanie i nitowanie. Dużą uwagę poświęca się kontroli przebiegu procesu technologicznego, głównie kontroli kształtu profilu łopatki i jakości nitów oraz złącz spawalniczych.

Wirnik wentylatora jest konstrukcją spawaną. Ważnym wymogiem procesu technologicznego w tym wypadku było zapewnienie odpowiedniej współosiowości wirnika i układu łożyskowego.

5. MONTAŻ I WYWAŻENIE DYNAMICZNE

Ze względu na istotną zmianę stosunku średnic powstały trudności z przygotowaniem technologii montażu i demontażu, a także z zapewnieniem współosiowości wirnika i wału silnika (która ostatecznie wynosiła 0,15 – 0,2‰).

Wyważenie dynamiczne wentylatora przeprowadzono w stacji wentylatorowej. Uzyskane wartości amplitud mieszczą się w normach obowiązujących w Chinach. Wentylator po rekonstrukcji pracuje bezawaryjnie do chwili obecnej (1 rok). Podsumowanie rezultatów rekonstrukcji zawiera następujący punkt.

7. WYNIK REKONSTRUKCJI

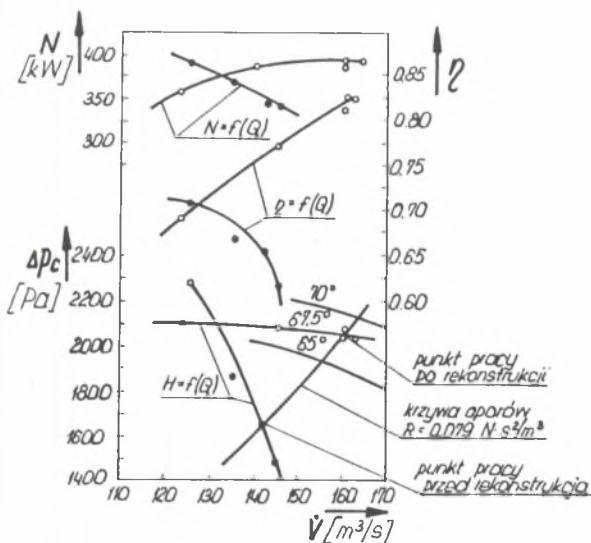
Parametry wentylatora przed i po rekonstrukcji zawiera tablica 3 i rys. 4. Dane z tablicy 3 wskazują, że przy kącie ustawienia łopatek wirnikowych 65° jego wydajność zbliża się do wymaganej, sprawność wynosząca 0,818 przewyższa o 16,8% jej zwartość sprzed rekonstrukcji. Przy kącie ustawienia 67,5° wentylator osiąga wymaganą wydajność przy sprawności 0,81. Współczynniki zapasu mocy silnika wynoszą 1,23 i 1,17, natężenie hałasu nie przewyższa poziomu sprzed rekonstrukcji. Przebieg charakterystyk wentylatora No. 2 zamieszczono na rys. 4. Przy kącie ustawienia 67,5° maksymalna wartość sprawności wynosi 0,828.

Rekonstrukcja wentylatora pozwoliła uzyskać bardzo korzystny efekt ekonomiczny. Energochłonność jednostkowa obniżyła się z 22,8% do 17,2%. W konsekwencji oszczędność energii wynosi 102×10^4 kWh w skali rocznej. Cena zaoszczędzonej energii w skali rocznej pokrywa koszty modernizacji.

Tablica 3

Zasadnicze parametry techniczne przed i po rekonstrukcji wentylatora

Parametr	Rekonstrukcja wentylatora No. 1		Rekonstrukcja wentylatora No. 2	
	przed	po	przed	po
wydajność nominalna m ³ /min	8320	9507	8532	9616
spięzrenie całkowite, Pa	1570	2030	1650	2040
moc wentylatora, KW	329	386	438	404
sprawność, %	65	81,8	66,3	81,0
prędkość obrotowa, r/min	744	743	742	741
kąt ustawienia łopatki wirnikowej	45°	65°	45°	67,5°
gęstość powietrza, kg/m ³	1,05	1,05	1,05	1,05
moc silnika, KW	367	428	381	440
energochłonność jednost. KW · h/MPa · m ³	0,487	0,376	0,460	0,381
drżanie, mm	0,003	0,001	0,004	0,002
opór kopalni, N · S ² /m ³	0,080	0,079	0,080	0,078
data pomiarów	20.06.1992	16.08.1992	10.03.1993	11.04.1993



Rys. 4. Charakterystyka wentylatora przed i po rekonstrukcji: - · - · - charakterystyka przed rekonstrukcją, - ° - ° - charakterystyka po rekonstrukcji, — charakterystyka obliczona po rekonstrukcji

Fig. 4. Fan characteristic before and after reconstruction

9. WNIOSKI KOŃCOWE

Praktyka w kopalni Taiping pokazała, że proces rekonstrukcji musi być traktowany systemowo, z uwzględnieniem istniejącej sieci wentylacyjnej, nowych technik obliczeniowych, doświadczeń technologicznych znanych z lotnictwa, technik wentylacji i pomiarów w kopalniach.

Tak pomyślana i przeprowadzona rekonstrukcja przyniosła istotne efekty techniczne i ekonomiczne. W Chinach na tego rodzaju rekonstrukcje czeka 5000 wentylatorów. Perspektywa jest więc zachęcająca.

Abstract

In this article the present situation and the conception of the reconstruction in the range of coal–mine ventilation fans have been presented. The designing and calculation procedures of aerodynamical flow in axial fans was also presented.

In aerodynamical calculations the quasi-three-dimensional algorithm based on WU's scheme for flow approximation on S1 and S2 surfaces was used. In the first part of the program the flow area on meridional surface was determined. The results were bases for constructional solution (blade thickness, geometrical angles, mechanical energy losses and projections of inlet and outlet edges on meridional surfaces). The calculations in iteration cycle were repeated to the query closeness.

In order to reach the high pressure of the flat characteristics in the maximal efficiency range, greater inflow angles were selected. The optimal scale on the mean radius and angle setting were defined basing on the results of the flow through flat profile palisade.

The results of the reconstruction have been used in Taiping coal–mine. Considerable increase of efficiency has been received.