

ANALIZA PARAMETRÓW FUNKCJONALNYCH WENTYLATORÓW PRZENOŚNIKÓW PNEUMATYCZNYCH DO ZIARNA.

Część 1. Wentylator jednostopniowy

Streszczenie

Charakterystyczną cechą wentylatorów jest możliwość wytwarzania przyrostów ciśnienia różnej wartości, które w funkcji strumienia objętości tworzą krzywą dławienia, nazywaną również w literaturze charakterystyką. W pracy wyznaczono charakterystyki wentylatorów jedno- i pięciostopniowego przenośników tłoczących do ziarna. W pierwszej części zostaną przedstawione wyniki badań wentylatora jednostopniowego.

Wprowadzenie

Przenośniki pneumatyczne tłoczące oraz ssąco-tłoczące przeznaczone są do bliskiego transportu ziarna zbóż, nasion strączkowych i oleistych w kierunku poziomym i pionowym. Mogą one być stosowane do napełniania i opróżniania spichlerzy i silosów zbożowych oraz do przewietrzania zboża w czasie jego składowania na przymach z rusztami i w silosach [2, 3].

Urządzeniem wytwarzającym ciśnienie ssania i tłoczenia w tego typu przenośnikach jest wentylator. Wentylatory zalicza się do wirnikowych maszyn roboczych, które służą do przetłaczania gazów i par. Mogą one pracować jako urządzenia wyciągowe, podmuchowe lub jako ssąco-tłoczące. Dla zapewnienia prawidłowego przebiegu procesu technologicznego, w który włączony jest wentylator, wymaga się, by ciśnienie końcowe sprężania lub wydajność były stałe, lub zmieniały się w ograniczonych przedziałach przy zmiennych wartościach pozostałych parametrów [1, 2, 3].

W zależności od potrzeb odbiorców sprężonego powietrza wyróżnia się dwa zasadnicze zadania, które winna wypełniać regulacja:

- utrzymanie stałego ciśnienia końcowego przy zmiennej wydajności,
- utrzymanie stałej wydajności przy zmieniających się oporach w sieci.

Charakterystyczną cechą wentylatorów jest możliwość wytwarzania przyrostów ciśnienia różnej wartości, które w funkcji strumienia objętości tworzą krzywą dławienia, nazywaną również w literaturze charakterystyką. W pracy wyznaczono charakterystyki wentylatorów jedno- i pięciostopniowego przenośników tłoczących do ziarna. W tej części pracy zostaną przedstawione wyniki badań wentylatora jednostopniowego.

Cel badań

Celem badań było wyznaczenie przy stałej prędkości obrotowej wirnika charakterystyk wentylatorów określających spiętrzenie, moc efektywną i sprawność w funkcji ich wydatku. Dodatkowym celem badań wentylatora jednostopniowego było sprawdzenie wpływu działania zastosowanego regulatora przepływu powietrza na parametry pracy wentylatora.

Przebieg i metodyka badań

Obiektem badań był wentylator jednostopniowy, pochodzący z produkowanego przenośnika pneumatycznego T378/1, napędzany silnikiem elektrycznym.

Badania przeprowadzono na stanowisku badawczym znajdującym się w Laboratorium Zespołu Badań i Rozwoju Urządzeń do Pozyskiwania Energii Odnawialnej Prac Gospodarskich i Magazynowych Przemysłowego Instytutu Maszyn Rolniczych w Poznaniu.

Stanowisko badawcze (rys. 1) składa się z badanego wentylatora połączonego w układzie tłoczącym z rurociągiem pomiarowym o średnicy $d = 150$ mm i długości 4,0 m, w którym znajduje się gniazdo do wprowadzenia sondy Prandtla. Sondę Prandtla wykorzystywano do wyznaczania strumienia przepływu.



Rys. 1. Stanowisko badawcze do badania wentylatora jednostopniowego

Fig. 1. The test stand for testing single stage fan

Do zmiany punktów pracy wentylatorów wykorzystywano dławnicę stożkową zamontowaną na wylocie z rurociągu pomiarowego.

Dławnicę otwierano przez kontrolowane odkręcanie śruby blokującej w następujących przedziałach: 0; 1,5; 3; 6 mm, następnie do 16 mm przedział wynosił 2 mm, i od 16 do pełnego otwarcie (38 mm) - 4 mm.

Dławnicę otwierano przez kontrolowane odkręcanie śruby blokującej w następujących przedziałach: 0; 1,5; 3; 6 mm,

następnie do 16 mm przedział wynosił 2 mm, i od 16 do pełnego otwarcie (38 mm) - 4 mm.

Moc elektryczną silnika napędzającego wentylator jednostopniowy wyznaczano na podstawie pomiaru napięcia i natężenia pobieranego prądu.

Ciśnienie mierzono za pomocą manometrów cyfrowych: THERM 2295-2B i TESTO 512. Parametry otoczenia (temperaturę, wilgotność i ciśnienie powietrza) mierzono za pomocą termohigrometru LB-20.

Czynnikiem roboczym w czasie pomiarów było powietrze. Każdy pomiar powtarzano trzykrotnie.

Badania przeprowadzono według stosowanej w PIMR metodyki pomiarów parametrów pracy wentylatorów i dmuchaw opartej na Polskich Normach [2, 4].

Jej zasadnicze elementy to pomiar:

- poboru mocy elektrycznej N_{el} (w przypadku wentylatora jednostopniowego) i mocy mechanicznej N_{mech} w przypadku wentylatora pięciostopniowego,
- prędkości obrotowej wału wirnika wentylatora n ,
- ciśnienia statycznego względnego p_s ,
- ciśnienia dynamicznego p_d ,
- temperatury na obudowie wentylatora pięciostopniowego t .

Dla wyznaczenia charakterystyki zewnętrznej wentylatora jednostopniowego potrzebne wielkości wyznaczano z poniższych zależności.

Strumień objętości powietrza Q w rurociągu określano ze wzoru (1) [2, 3]:

$$Q = 3600 \cdot v \cdot F, \quad (1)$$

gdzie:

v - średnia prędkość powietrza [$m \cdot s^{-1}$],

F - powierzchnia przekroju rury pomiarowej = $0,0177 m^2$.

Średnią prędkość powietrza w kanale v_{sr} obliczono z wzoru (2) [2, 3]:

$$v_{sr} = \sqrt{\frac{2 \cdot p_{dyn}}{\rho}}, \quad (2)$$

gdzie:

p_d - ciśnienie dynamiczne [Pa],

ρ - gęstość właściwa powietrza (po korekcji) [$kg \cdot m^{-3}$].

Korekcję gęstości powietrza ρ dla aktualnych warunków obliczono z wzoru (3) [2, 3]:

$$\rho = \rho_n \cdot \frac{273,2 \cdot p_{at}}{(T + t) \cdot 101325}, \quad (3)$$

gdzie:

ρ_n - gęstość powietrza w normalnych warunkach [$kg \cdot m^{-3}$],

p_{at} - zmierzone ciśnienie atmosferyczne [Pa],

t - temperatura powietrza [$^{\circ}C$],

T - temperatura zera bezwzględnego [$-273,2^{\circ}C$].

Śpiętrzenie całkowite Δp_c obliczono z wzoru (4) [2, 3]:

$$\Delta p_c = p_s + p_d. \quad (4)$$

Moc użyteczna wentylatora N_u :

$$N_u = \frac{Q \cdot \Delta p_c}{36000} \quad [kW], \quad (5)$$

gdzie:

Δp_c - spiętrzenie całkowite [hPa].

Moc przekazywana na wał wentylatora N :

$$N = N_{el} \cdot \eta_{el} \quad [kW], \quad (6)$$

gdzie:

N_{el} - pobór mocy elektrycznej [kW],

η_{el} - sprawność silnika elektrycznego 0,87 (odczytana z danych technicznych producenta silnika PROMOTOR).

Sprawność wentylatora η :

$$\eta = \frac{N_u}{N} \cdot 100 \quad [\%], \quad (7)$$

gdzie:

N_u - moc użyteczna wentylatora [kW],

N - moc przekazywana na wał wentylatora [kW].

Na podstawie wyników pomiarów i obliczeń wykonano charakterystyki wentylatora:

$$\Delta p_c = f(Q), \dots, N = f(Q), \dots, \eta = f(Q). \quad (8)$$

Wyniki badań i ich analiza

Charakterystyka wentylatora $\Delta p_c = f(V)$ jest to zależność przyrostu ciśnienia całkowitego w zależności od wydajności V (w tym przypadku był to strumień objętości powietrza Q) przy stałej prędkości obrotowej. Charakterystykę można podzielić na dwa zakresy: stateczny i niestateczny. Stateczny zakres pracy jest wtedy, gdy wraz ze zmniejszaniem się wydajności wentylatora wzrasta ciśnienie całkowite. Gdy ciśnienie maleje, zakres pracy jest niestateczny; jest to niewskazane ze względu na niską sprawność wentylatora, skłonność do powstawania pulsacji przepływającego czynnika, jak również silnych drgań elementów wentylatora, zagrażających ich wytrzymałości [1, 3].

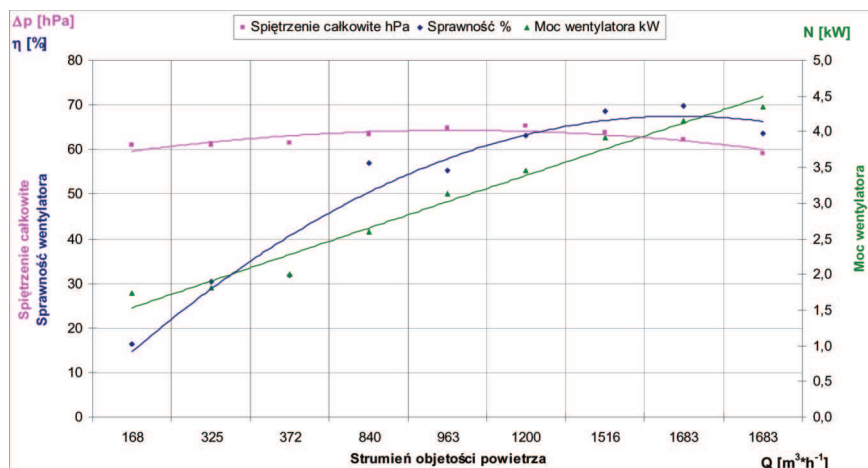
W badanym wentylatorze jednostopniowym, który zastosowano w przenośniku tłoczącym do ziarna T378/1, zastosowano regulator powietrza, którego zadaniem było utrzymanie stałego, określonego obciążenia silnika napędowego poprzez zmniejszenie strumienia przepływu powietrza. Przy opracowywaniu regulatora przyjęto warunek nie przekroczenia przez silnik poboru mocy 4 kW. W czasie badań zastosowany regulator włączył się przy strumieniu objętości powietrza ok. $1680 m^3 \cdot h^{-1}$ i spowodował jego przytłumienie do wartości ok. $1450 m^3 \cdot h^{-1}$.

Analizując przebieg charakterystyk badanego wentylatora (rys. 2 i 3) można zauważyć, że do momentu uruchomienia się regulatora przepływu badany wentylator pracował z rosnącą sprawnością, dochodzącą do 70% i spiętrzeniem całkowitym utrzymującym się na poziomie ok. 65 hPa. Uzyskiwana przez wentylator duża sprawność i spiętrzenie całkowite pokazują jego prawidłową pracę. Włączenie się regulatora przepływu, przy zakładanej mocy silnika, spowodowało znaczne spadki sprawności i spiętrzenia całkowitego przy utrzymaniu na jednakowym poziomie jego poboru mocy i strumienia objętości powietrza. Zastosowany w kanale ssącym wentylatora regulator przepływu powietrza spełnił więc swoje zadanie utrzymania określonego stałego (4 kW) poziomu obciążenia silnika napędowego, nie dopuszczając do jego przeciążenia.

Podsumowanie i wnioski

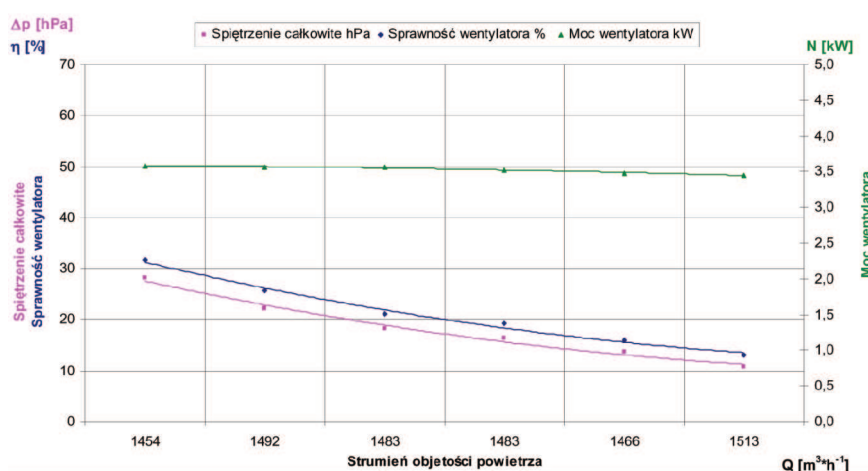
Wyniki przeprowadzonych badań upoważniają do wyprowadzenia następujących stwierdzeń i wniosków:

- Analizując wyniki badań wentylatora jednostopniowego wykazano, że wentylator ten przeznaczony do przemieszczania materiałów ziarnistych, osiągnął oczekiwane parametry.
- Regulator przepływu powietrza działał zgodnie z założeniami i uniemożliwił przekroczenie zakładanego obciążenia zastosowanego silnika napędowego wentylatora.



Rys. 2. Charakterystyka zewnętrzna wentylatora jednostopniowego przenośnika T378/1 (do chwili zadziałania regulatora powietrza)

Fig. 2. The external characteristics of single stage fan of conveyor T378/1 (until response time of air controller)



Rys. 3. Charakterystyka zewnętrzna wentylatora jednostopniowego przenośnika T378/1 (od chwili zadziałania regulatora powietrza)

Fig. 3. The external characteristics of single stage fan of conveyor T378/1 (until response time of air controller)

- Do momentu włączenia się regulatora przepływu badany wentylator pracował z rosnącą sprawnością, dochodzącą do 70% i ciśnieniem całkowitym utrzymującym się na poziomie ok. 65 hPa. Uzyskiwana przez wentylator duża sprawność i stała wartość ciśnienia całkowitego pokazuje jego prawidłową pracę.
- Najlepsze efekty daje praca wentylatora przy strumieniu powietrza ok. $1600 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, tj. przy jego maksymalnej sprawności i ciśnienia całkowitego.

Literatura

[1] Chmielowiec-Jabłczyk M.: Wyznaczanie charakterystyk aerodynamicznych wentylatorów poprzecznych za pomocą

numerycznej symulacji przepływu. Rozprawa doktorska. Politechnika Krakowska, Kraków, 2008.

- Jankowiak S., Pawłowski T.: Przenośnik ssąco-łoczący do pneumatycznego przemieszczania materiałów ziarnistych (wydajność 25 th^{-1}). Zadanie 7.2. Wyznaczenie charakterystyki sprawności układu pneumatycznego w oparciu o wyniki badań laboratoryjnych. Zadanie 8.2. Sprawdzenie wskaźników technicznych w symulowanych warunkach pracy. PIMR, Poznań, 2001.
- Kuczewski S.: Wentylatory. Wydawnictwo NOT, Warszawa, 1978.
- PN-EN ISO 5801:2008 Wentylatory przemysłowe - Badanie charakterystyk działania na stanowiskach znormalizowanych.

THE ANALYSIS OF FUNCTIONAL PARAMETERS OF THE FANS OF PNEUMATIC CONVEYORS FOR GRAIN

Part 1. Single stage fan

Summary

A characteristic feature of the fan manifests in the ability to generate pressure increase of different values that in function of flow rate form a throttling up curve, also named in the literature as characteristics. The study determined the characteristics of a single stage and five stage fan conveying grain. In this section the results of research of single stage fan are presented.