ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1979

Seria: GÓRNICTWO z. 99 Nr kol. 601

Kazimierz BIERNACKI, Marian JAROMIN, Krystian KROPSZ

WENTYLATOR LUTNIOWY JAKO ŹRÓDŁO PRZYROSTU TEMPERATURY POWIETRZA W WYROBISKACH ŚLEPYCH

Streszczenie. W artykule zwrócono uwagę na duży wpływ ciepła wydzielanego przez wentylator lutniowy na warunki klimatyczne panujące w wyrobisku ślepym. Przedstawiono wyniki badań dotyczących przyrostu temperatury powietrza przepływającego przez wentylator. Wyniki badań porównano z wynikami uzyskanymi na podstawie znanych z literatury wzorów teoretycznych. Zwrócono uwagę na korzystny wpływ pneumatycznego napędu wentylatorów na temperaturę powietrza w wyrobisku ślepym.

1. Wstęp

W trakcie drążenia wyrobisk ślepych zasadnicze trudności występują w związku z zapewnieniem prawidłowej wentylacji w tych wyrobiskach. Na większych głębokościach szczególnie istotne okazuje się zapewnienie odpowiednich warunków klimatycznych.

Przodki wyrobisk przygotowawczych znacznie częściej posiadają trudne warunki klimatyczne niż przodki eksploatacyjne. Sytuacja taka jest wynikiem doprowadzania małej ilości powietrza do przodka jak również występowania wielu źródeł ciepła. Istotną rolę wśród tych źródeł odgrywają wentylatory lutniowe, które powodują przyrost temperatury powietrza płynącego w lutniociągu. Efekt działania tych wentylatorów jest istotny tylko przy wentylacji lutniowej tłoczącej.

Ze względu na rodzaj napędu wentylatory lutniowe można podzielić na elektryczne i pneumatyczne. Efekt działania tych wentylatorów jest oczywiście zupełnie różny i rozpatrywać je należy odrębnie. W kopalniach wentylatory pneumatyczne są stosowane tylko w polach silnie metanowych i stanowią niewielki procent z wszystkich wentylatorów. Dlatego też w czasie badań zajmowano się głównie wentylatorami elektrycznymi, a dla wentylatorów pneumatycznych przeprowadzono tylko pomiary porównawcze.

2. Wentylator lutniowy elektryczny jako źródło ciepła

Energia doprowadzona do silnika elektrycznego napędzającego wentylator ulega w końcowym efekcie wykorzystaniu na:

- przyrost ciśnienia powietrza przepływającego przez wentylator,
- przyrost ciepła strumienia powietrza i otoczenia.

Ciepło wydzielające się w czasie pracy wentylatora jest wynikiem występowania trzech procesów:

- izentropowego sprężania powietrza,
- tarcia strumienia powietrza w czasie przepływu przez wirnik. Wirnik wentylatora nie jest idealną maszyną przepływową, a występująca w nim przemiana termodynamiczna powietrza jest przemianą nieodwracalną.
- wydzielania ciepła w układzie napędowym, którego sprawność wynosi poniżej 1.0. Jest to wynikiem występowania oporów mechanicznych ruchu jak również sprawności samego silnika.

Przyrost temperatury w czasie sprężania izentropowego można obliczyć ze znanego wzoru termodynamicznego:

$$T_2 = T_1\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{\varkappa - 1}{\varkappa}} \tag{1}$$

Ilość wydzielanego ciepła można obliczyć wówczas stosując zależność:

$$Q_s = \left(T_2 - T_1\right) \cdot m_p \cdot c_p \tag{2}$$

gdzie:

m_p - masa przepływającego powietrza

Ilość wydzielanego ciepła wskutek nieodwracalności przemiany (procesów tarcia powietrza) można obliczyć znając sprawność adiabatyczną przemiany η_p.

$$Q_p = N_d \left(1 - \eta_p\right) \tag{3}$$

gdzie:

N_d - moc energii doprowadzonej do wirnika.

Przyrost temperatury powietrza wskutek nieodwracalności przemiany wyniesie:

$$\Delta t = \frac{N_d \left(1 - \eta_p\right)}{m_p \cdot c_p} \tag{4}$$

Ilość ciepła wydzielanego wskutek występowania mechanicznych oporów ruchu wyniesie:

$$Q_m = N_s (1 - \eta_m) \tag{5}$$

gdzie:

N_s - moc silnika,
η_m - sprawność mechaniczna urządzenia.

Ilość ciepła wydzielanego wskutek pracy silnika o sprawności poniżej 1 obliczyć można z zależności:

$$Q_n = N_c (1 - \eta_n) \tag{6}$$

gdzie:

N_c - całkowita moc pobierana z sieci energetycznej,
η_n - sprawność silnika napędowego.

Ilość ciepła, którą będzie przejmował strumień powietrza płynącego lutniociągiem, zależy od typu wentylatora. Jeżeli wentylator wraz z napędem będzie umieszczony w lutniociągu, to wówczas całe wydzielane ciepło będzie przekazywane strumieniowi powietrza w lutniociągu. Jeżeli wentylator posiada silnik na zewnątrz lutniociągu, to wówczas część ciepła wydzielanego w urządzeniu napędowym wydzielana jest do wyrobiska.

W kopalniach węgla tylko sporadycznie pracują wentylatory z silnikiem na zewnątrz lutniociągu, a przy wykonywaniu pomiarów do niniejszej pracy nie mierzono takiego wentylatora. Należy zaznaczyć, że różnica w przyroście temperatury dla obu przypadków jest niewielka, gdyż duża część wzrostu temperatury powodowana jest izentropowym sprężaniem. Dla układów o dużej sprawności sprężanie przyczynia się w 60 % i więcej do przyrostu temperatury np. dla wentylatora serii pomiarowej 12 stanowiło 71 % całkowitego przyrostu temperatury.

W celu obliczenia przyrostu temperatury powietrza przepływającego przez wentylator nie wykorzystuje się bezpośrednio zależności przedstawionych powyżej, gdyż trudne jest znalezienie wszystkich potrzebnych parametrów. Po pewnych przekształceniach i uproszczeniach możliwe jest podanie uproszczonych wzorów obliczeniowych, ujmujących wielkości łatwo mierzalne lub możliwe do obliczenia.

W literaturze najczęściej spotyka się zależności na przyrost temperatury podane przez:

- Woropajewa [1]

$$\Delta t = \frac{N_w}{\dot{m} \cdot c_p} \tag{7}$$

gdzie:

N_w - moc wentylatora,

$\dot{m}$ - masowy wydatek strumienia powietrza przepływającego przez lutniociąg,

c_p - ciepło właściwe powietrza.

- Zimina - Szczerbania [2], [3]

$$\Delta t = \frac{\Delta p_c}{\rho} \quad \frac{1-\eta_w}{\eta_w} \cdot 10^{-3} + 0{,}76 \cdot \Delta p_s \cdot 10^{-3} \tag{8}$$

gdzie:

Δp_c - spiętrzenie całkowite wentylatora,

Δp_s - spiętrzenie statyczne wentylatora,

η_w - sprawność wentylatora,

ρ - gęstość powietrza.

- Markefkę [3]

$$\Delta t = \frac{\Delta p_c}{c_p \cdot \rho \cdot \eta_c} \tag{9}$$

gdzie:

η_c - sprawność całkowita wentylatora,

$$\eta_c = \eta_w \cdot \eta_s , \tag{10}$$

η_w - sprawność wentylatora,

η_s - sprawność silnika.

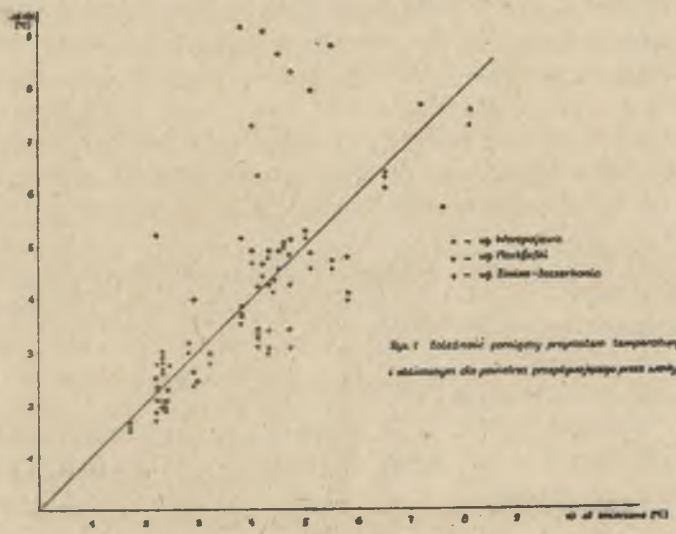
W celu określenia, która z powyższych zależności daje wyniki najbardziej zbliżone do rzeczywistości, wykonano obliczenia dla wentylatorów, na których przyrosty temperatury zostały pomierzone.
Wyniki obliczeń obarczone są pewnymi niedokładnościami wynikającymi z faktu, że z pomiarów dysponowano tylko wydatkiem wentylatora i temperaturami powietrza. Wszystkie dane pozostałe, jak Δp_c, η_w, η_s odczytane zostały odpowiednio z charakterystyk wentylatorów.
Może to stanowić pewien błąd, szczególnie dla wentylatorów starych, których charakterystyki uległy zmianie.

W tablicy nr 1 zestawiono podstawowe parametry pracy wentylatora, jak również zmierzony przyrost temperatury (kolumna 11) oraz obliczone przyrosty temperatury: wg Markefki (kolumna 12), wg Zimina-Szczerbania ko-

Tablica 1

Zestawienie parametrów pracujących wentylatorów oraz strumienia powietrza przez nie przepływającego

Lp.	Typ wentylatora	N_w kW	Wydatek masowy kg/s	Δp N/m^2	η_e	η_o	η_w	t_{s1}	t_{s2}	Δt_{1-2} pomiar °C	Δt_{1-2} Markefka °C	Δt_{1-2} Zimin °C	Δt_{1-2} Weropajew °C
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1.	WLE-600 C	7	4.52	1010	0.85	0.49	0.52	20.4	22.1	1.7	1.63	1.53	01.54
2.	WLE-600 B	34	6.53	4.20	0.86	6.15	0.18	20.7	22.9	2.2	2.3	2.12	5.2
3.	WLE-600 B	17	5.76	1890	0.86	0.36	0.42	21.4	25.8	4.4	4.31	4.11	2.95
4.	WLE-600 B	34	6.6	400	0.86	0.09	0.1	22.1	25.9	3.8	3.68	3.5	5.15
5.	WLE-800 A	38	6.64	5405	0.86	0.58	0.68	18.0	26.1	8.1	7.54	7.26	5.72
6.	WLE-500 A	15	6.16	2060	0.85	0.55	0.65	25.3	28.5	3.2	2.93	2.76	2.43
7.	szeregowo 2xWLE-600 A/1	34	7.1	3286	0.9	0.65	0.72	21.8	27.6	5.8	4.16	3.9	4.79
8.	równolegle WLE-602 i WLE-600 A/1	55	13.0	2115	0.85	0.45	0.66	24.7	28.8	4.1	3.41	3.07	4.23
9.	- " -	55	13.0	2115	0.85	0.45	0.66	23.9	28.6	4.7	3.39	3.05	4.23
10.	- " -	55	13.0	2115	0.85	0.45	0.75	24.2	29.5	4.3	3.39	3.05	4.23
11.	WLE-600 A/1	17	8.08	1370	0.9	0.6	0.57	21.5	23.7	2.2	1.83	1.7	2.10
12.	- " -	17	6.82	1880	0.89	0.67	0.75	22.6	24.8	2.2	2.25	2.13	2.49
13.	WLE-600 A	34	8.54	1570	0.95	0.48	0.77	18.3	21.2	2.9	2.60	2.33	3.98
14.	WLE-1000 B	80	8.6	1980	0.9	0.43	0.47	27.8	31.6	3.8	3.82	3.66	9.3
15.	WLE-1000 B	80	11.0	3430	0.9	0.58	0.64	28.2	32.2	4.0	4.9	4.63	7.27
16.	WLE-1000 B	80	7.72	2040	0.9	0.32	0.36	28.0	33.0	5.0	5.28	5.14	10.36
17.	WLE-1000 B	80	7.48	1960	0.9	0.32	0.36	29.0	33.6	4.6	5.07	4.94	10.69
18.	WLE-1000 B	80	7.36	1890	0.9	0.32	0.36	28.4	32.7	4.3	4.89	4.76	10.87
19.	WLE-600 A/1	19	6.96	1810	0.89	0.66	0.74	27.1	29.5	2.4	2.27	2.12	2.73
20.	WLE-601 A/1	19	7.42	1570	0.9	0.63	0.7	27.4	29.7	2.3	2.05	1.93	2.56
21.	WLE-601 A/1	19	7.18	1620	0.9	0.65	0.72	27.6	29.9	2.3	2.05	1.93	2.65
22.	WLE-600 A/1	19	6.9	1810	0.89	0.66	0.74	27.6	29.8	2.2	2.27	2.13	2.75
23.	równolegle 2 x WLE 602 A	76	8.33	3200	0.89	0.57	0.64	28.8	32.9	4.2	4.69	4.4	9.12
24.	równolegle 2 x WLE 602 A	76	9.2	3700	0.85	0.6	0.7	29.6	34.3	4.7	5.11	4.8	8.26
25.	WLEP-800	30	4.88	2280	0.8	0.29	0.36	27.2	33.7	6.5	6.41	6.29	6.15
26.	WLE-600 A	38	4.8	3475	0.9	0.6	0.67	26.2	31.3	5.1	4.84	4.59	7.92
27.	WLE-600 A/1	19	2.88	1130	0.89	0.28	0.32	27.8	31.9	4.1	3.29	3.23	6.37
28.	WLE-601 B	34	3.95	3200	0.86	0.53	0.61	28.5	33.0	4.5	4.88	4.69	8.61
29.	WLE-601 B	34	3.87	3120	0.86	0.53	0.61	29.0	34.2	5.5	4.72	4.56	8.79
30.	WLE-601 B	34	2.92	1740	0.84	0.46	0.54	36.4	39.2	2.8	3.14	2.99	11.64
31.	WLE-601 B	34	3.27	1842	0.83	0.5	0.6	32.3	34.6	2.3	2.98	2.86	10.40
32.	WLE-601 B	34	3.16	1802	0.83	0.5	0.6	32.0	34.3	2.3	2.80	2.80	10.76



lumna 13) i wg Woropajewa (kolumna 14).
Wyniki te przedstawiono graficznie na rys. 1. - gdzie na osi poziomej odniesiona jest temperatura zmierzona, a na osi pionowej temperatura obliczona. Jak wynika z tabeli 1 oraz rys. 1 największe odchyłki daje metoda Woropajewa, zawyżając najczęściej przyrosty temperatury. Natomiast metody Markefki i Zimina-Szczerbania dają wyniki w dużym stopniu zgodne z pomiarami, przy czym trochę dokładniejsze wyniki uzyskuje się wzorem Markefki. Biorąc pod uwagę błędy pomiarowe jak również niedokładność wyznaczenia Δ_p, η_w, η_s można uważać, że metody te dają wyniki zgodne z rzeczywistością.

Ze względu na większą zgodność z wynikami pomiarów jak również bardzo prostą zależność obliczeniową można zalecić do stosowania wzór wyprowadzony przez Markefkę, tj.:

$$\Delta t = \frac{\Delta p}{\varrho \cdot c_p \cdot \eta_c}$$

Wyniki pomiarów jak również wyniki obliczeń pokazują jak dużym źródłem przyrostu temperatury jest wentylator lutniowy elektryczny.

3. Efekty oddziaływania wentylatora o napędzie pneumatycznym na strumień powietrza w lutniociągu

W czasie przepływu powietrza przez wentylator pneumatyczny występują podobne procesy, w których wydzielane jest ciepło jak w czasie pracy wentylatora elektrycznego. Zależności (1),(2),(3) będą miały w tym przypadku również identyczną postać. Istotna różnica występuje natomiast w pracy samego silnika, który w tym przypadku nie powoduje wydzielania ciepła, a wręcz przeciwnie - ochładzanie otoczenia.

W silniku pneumatycznym występuje rozprężanie sprężonego powietrza i tym samym spadek jego temperatury. W wyniku dużej różnicy ciśnień, rzędu kilku atmosfer oraz małej sprawności takiego silnika, następuje duży spadek temperatury.

Pomiary wpływu oddziaływania wentylatora pneumatycznego na strumień powietrza płynącego lutniociągiem wykonano dla dwóch typów wentylatorów, przy kilku różnych długościach lutniociągów, a co za tym idzie - przy różnych wydatkach powietrza.

Wyniki pomiarów przedstawiono w tablicy nr 2.

Jak wynika z pomiarów, wentylator pneumatyczny powoduje spadek temperatury powietrza płynącego lutniociągiem. Uzyskano w mierzonych przypadkach obniżenie temperatury rzędu 1°C.

Tablica 2

Wpływ działania wentylatora pneumatycznego na temperaturę strumienia powietrza w lutniociągu

Nr pomiaru	Typ wentylatora	Wydatek masowy powietrza kg/s	Temperatura powietrza przed wentylatorem t_{s1} °C	Temperatura powietrza za wentylatorem t_{s2} °C	Δt °C
1	2	3	4	5	6
1	WLP-800	8.16	12.4	11.4	-1.0
2	WLP-800	7.92	12.2	11.0	-1.2
3	WLP-800	7.34	12.8	11.5	-1.3
4	WLP-800	7.92	12.4	11.5	-0.9
5	WLP-800	7.59	12.2	11.5	-0.7
6	WLP-600	6.72	13.8	12.5	-1.3
7	WLP-600	6.86	13.0	12.4	-0.6
8	WLP-600	6.72	13.4	12.5	-0.9
9	WLP-600	6.73	13.2	12.0	-1.2
10	WLP-600	6.62	13.6	12.5	-1.1

Z punktu widzenia warunków klimatycznych stosowanie wentylatorów o napędzie pneumatycznym jest korzystniejsze.

4. Zakończenie

Przeprowadzone w warunkach ruchowych badania wykazały, że wentylatory lutniowe w bardzo poważnym stopniu wpływają na warunki klimatyczne w wyrobisku ślepym. Wentylatory o napędzie elektrycznym podgrzewają powietrze w bardzo dużym stopniu (pomierzono przyrost temperatury nawet 8°C).

Wentylatory o napędzie pneumatycznym powodują ochładzanie powietrza płynącego lutniociągiem, przy czym uzyskane w trakcie badań wyniki nie dają podstaw do wyciągania wniosków uogólniających.

W przypadkach szczególnie trudnych warunków klimatycznych zastosowanie wentylatora pneumatycznego zamiast elektrycznego może spowodować znaczną poprawę warunków klimatycznych.

Przy stosowaniu wentylatorów elektrycznych należy natomiast, korzystając

z zależności (9), dokonywać doboru takiego wentylatora, który spowoduje najmniejszy przyrost. temperatury.

LITERATURA

[1] WOROPAJEW A.F.: Teorija tiepłoobmieńa rudnicznogo wozducha i gornych porod w głubokich szachtach. Izd. Niedra, Moskwa 1966.

[2] MAŁASZENKO E., ZIMIN Ł.: Metody tiepłowych rasczetow tupikowych gornych wyrabotok. Materiały sympozjum międzynarodowego, Kijów 1977.

[3] MARKIEFKA P.: Wpływ wydajności wentylatora lutniowego na temperaturę powietrza w przodku ślepego wyrobiska korytarzowego. Praca doktorska, Katowice 1977.

ТРУБНЫЙ ВЕНТИЛЯТОР КАК ИСТОЧНИК ПОВЫШЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В ГЛУХИХ ВЫРАБОТКАХ

Резюме:

В статье обращается внимание на существенное влияние теплоты, выделяемой трубным вентилятором, на климатические условия в глухом забое. Представлены результаты исследований прироста температуры воздуха протекающего через вентилятор. Результаты исследований сравнены с результатами полученными по теоретическим формулам из литературы. Обращается также внимание на положительное влияние пневматических приводов вентиляторов на температуру воздуха в глухой выработке.

AIR - DUCT FAN, AS A SOURCE OF THE TEMPERATURE INCREASE IN THE BLINDED WORKING FACES

S u m m a r y:

The paper takes note the large effect of the heat emited by the air-duct fan on the climatic conditions, which prevail in the blinded working face.

The results of investigations concerning the increase of the temperature of the air flowing through the fan are given.

These results are compared with those obtained from theoretical formula.

The effect of the pneumatic drive of the fans on the temperature of the air in the working face comes in advantage.