

Termodynamiczna i klasyfikacyjna ocena stanu bezpieczeństwa systemu wentylacji kopalni

Thermodynamic and classificatory assessment of the safety state of mine ventilation system

W wyniku przekształcenia dwuoczkowego zamkniętego schematu kanonicznego systemu wentylacji kopalni – obiekt badania w tej i wcześniejszej pracy – otrzymano: a) trójoczkowy zamknięty schemat kanoniczny z trzema bocznicami wypadkowymi oraz b) wielkości wejściowe dotyczące węzłów i bocznic systemu wentylacji. Wyznaczono wielkości wyjściowe dotyczące oczek i bocznic wypadkowych i podano trzy równania oczkowe. Wychodząc z tych równań – metodą stosowaną w termodynamicznej ocenie stanu bezpieczeństwa systemu wentylacji kopalni – wyprowadzono warunki zachowania pierwotnych kierunków prądów powietrza w bocznicach wypadkowych i stopnie bezpieczeństwa wraz z ich wartościami. Dla bocznic wypadkowych obliczono dysypacje mocy i dysypacje trzech rodzajów semimocy. Korzystając ze znanych kryteriów, przeprowadzono klasyfikację bocznic wypadkowych i płynących nimi prądów powietrza. Tabelaiczne i graficzne porównanie uzyskanych wyników z uwzględnieniem proveniencji ocen wykazało, że termodynamiczna ocena ma rzetelne podstawy naukowe, a klasyfikacyjna ocena ich nie ma.

As a result of transformation of a two-mesh closed canonical scheme of the mine ventilation system – investigation subject in this and previous work – have been obtained: a) a three-mesh closed canonical scheme with three resultant branches and b) input quantities concerning nodes and branches of the ventilation system. Output quantities concerning meshes and resultant branches were determined and three mesh equations were given. Referring to these equations – using a method applied in the thermodynamic assessment of the safety state of mine ventilation system – the conditions of original air current direction maintenance in resultant branches and safety degrees together with their values were derived. For resultant branches power dissipations and dissipations of three semi-power kinds were calculated. Using known criteria, the classification of resultant branches and flowing through them air currents was carried out. The tabular and graphical comparison of obtained results with regard to the provenance of assessments has pointed out that the thermodynamic assessment has solid scientific bases, and the classificatory assessment does not have such ones.

1. WPROWADZENIE

Odwracanie się prądów powietrznych w systemie wentylacji kopalni – zwłaszcza w czasie pożarów podziemnych – było przyczyną wielu nieszczęśliwych

1. INTRODUCTION

Air current self-reversion in the mine ventilation system – especially during underground fires – was the reason of many accidents including catastrophes

wypadków z katastrofami włącznie [1]. W ramach prewencji tego zjawiska przeprowadzana bywa klasyfikacyjna ocena [8,9,10] i termodynamiczna ocena [5] stanu bezpieczeństwa systemu wentylacji kopalni. Pierwsza z nich oparta jest na stopniu bezpieczeństwa i warunku zachowania pierwotnego kierunku niezależnych prądów powietrznych [5]. W drugiej ocenie przeprowadzana jest klasyfikacja wymienionych prądów według dyssypacji w nich mocy, bądź klasyfikacja bocznic (z tymi prądami) według pobranej przez nie mocy – przy korzystaniu z kryteriów klasyfikacji [9,10]. Do tej pory wciąż jeszcze nie porównano podstaw wymienionych ocen. Zapełnienie tej luki było celem pracy.

2. ZAŁOŻENIA, METODA I OBIEKT BADANIA

Powietrze kopalniane traktujemy jako czynnik termodynamiczny, jego przepływy turbulenty – jako jednowymiarowe ustalone z wymianą ciepła, energię kinetyczną powietrza i opory miejscowe – jako pomijalnie małe, wentylator główny – jako bocznice systemu wentylacji. Korzystamy z metody termodynamicznej [5,6] i teorii potencjału aerodynamicznego [3,4,6].

Wychodząc z dwuoczkowego zamkniętego schematu kanonicznego [5] systemu wentylacji kopalni (rys. 1) – przyjętego za obiekt badania – i przeprowadzając adekwatne przekształcenia, otrzymujemy trójoczkowy zamknięty schemat kanoniczny (rys. 2).

3. WIELKOŚCI WEJŚCIOWE DOTYCZĄCE BOCZNIC I WĘZŁÓW SYSTEMU WENTYLACJI (RYS. 1), WIELKOŚCI WYJŚCIOWE DOTYCZĄCE JEGO BOCZNIC j , I OCZEK z , w , s SCHEMATU KANONICZNEGO (RYS. 2)

Wielkościami wejściowymi dotyczącymi bocznic od $j = 1$ do $j = 12$ systemu wentylacji (rys. 1) są: m – strumień masy czystego powietrza suchego (p.s.), $\delta\Phi$ – spadek potencjału aerodynamicznego (tab. 1). Wielkościami wejściowymi dotyczącymi węzłów od $i = 1$ do $i = 14$ systemu wentylacji (rys. 1) są: Φ – potencjał aerodynamiczny, z – wysokość geodezyjna, t – temperatura na termometrze suchym, p_s, p – ciśnienie odpowiednio w przepływie izentropowym i politropowym, v_s, v – objętość właściwa wspomnianego powietrza odpowiednio w przepływie izentropowym i politropowym (tab. 1).

(Budryk, 1956). In the framework of this phenomenon prevention the classificatory assessment (Dziurzyński et al., 2006; Garncarz, 1971; Strumiński, 1996) and the thermodynamic assessment (Bystroń, 2008 a) are carried out. The first of them is based on the safety degree and condition of original direction maintenance of independent air currents (Bystroń, 2008a). In the second assessment the classification of the above-mentioned currents according to the power dissipation in them, or classification of branches (with these currents) according to the power absorbed by them – using classification criteria (Garncarz, 1971; Strumiński, 1996) – is carried out. Till now still the bases of the above-mentioned assessments were not compared. Filling this gap was the objective of the present work.

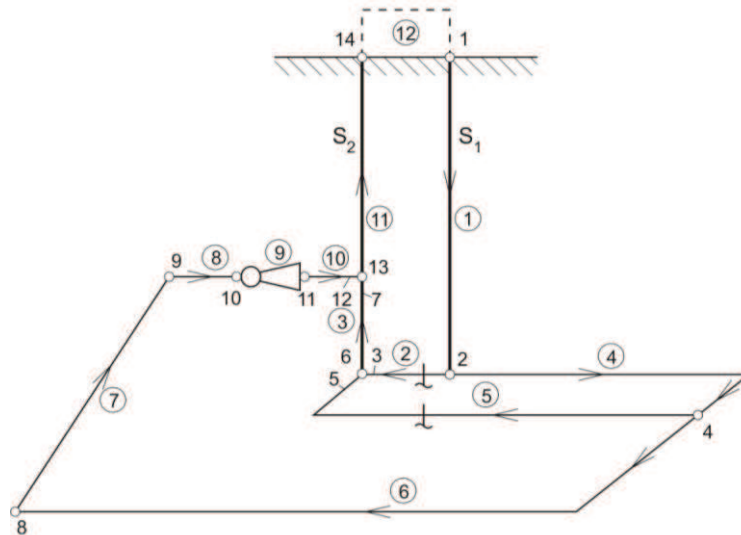
2. ASSUMPTIONS, METHOD AND SUBJECT OF INVESTIGATION

We treat the mine air as pure substance, its turbulent flows – as one-dimensional steady ones with heat exchange, the air kinetic energy and local resistances – as negligibly low, the main fan – as a branch of the ventilation system. We use the thermodynamic method (Bystroń, 2008a, 2008b) and aerodynamic potential theory (Bystroń, 1969, 2001, 2008b).

Referring to the two-mesh closed canonical scheme (Bystroń, 2008a) of the mine ventilation system (Fig. 1) – assumed as investigation subject – and carrying out adequate transformations, we obtain the three-mesh closed canonical scheme (Fig. 2).

3. INPUT QUANTITIES CONCERNING THE BRANCHES AND NODES OF THE VENTILATION SYSTEM (FIG. 1), OUTPUT QUANTITIES CONCERNING ITS BRANCHES j , AND MESHES z , w , s OF THE CANONICAL SCHEME (FIG. 2)

The input quantities concerning the branches from $j = 1$ to $j = 12$ of the ventilation system (Fig. 1) are: m – pure dry air (d.a.) mass stream, $\delta\Phi$ – aerodynamic potential drop (Table 1). The output quantities concerning the nodes from $i = 1$ to $i = 14$ of the ventilation system (Fig. 1) are: Φ – aerodynamic potential, z – elevation above datum, t – dry bulb temperature, p_s, p – pressure in the isentropic and polytropic flow, respectively, v_s, v – specific volume of the above-mentioned air in the isentropic and polytropic flow, respectively (Table 1).



Rys. 1. System wentylacji kopalni z podziemnym wentylatorem głównym
 Fig. 1. Mine ventilation system with underground main fan

Tabela 1/ Table 1

Wielkości wejściowe dotyczące bocznic i węzłów systemu wentylacji (rys. 1)
 Input quantities concerning branches and nodes of the ventilation system (Fig. 1)

Bocznica Branch	Strumień masy powietrza suchego Dry air mass stream	Spadek potencjału aerodynamicznego Aerodynamic potential drop	Węzeł Node	Potencjał aerodynamiczny Aerodynamic potential	Wysokość geodezyjna Elevation above datum	Temperatura termometru suchego Dry bulb temperature	Ciśnienie Pressure				Potencjał aerodynamiczny Aerodynamic potential	
							w przepływie: in the flow:					
							izentropowym isentropic		politropowym polytropic			
j	d-w	$m\dot{\kappa}$ kg p.s./s	$\delta\Phi$ J/kg p.s.	i	Φ J/kg p.s.	z m	t °C	p_s Pa	v_s m ³ /kg p.s.	p Pa	v m ³ /kg p.s.	Φ_v J/m ³
1	1-2	250	300	1	0	200	8,0	100000	0,807013	100000	0,807013	0
2	2-3	20	100	2	-300	-1900	23,8	127940	0,676778	127497	0,668538	-443
3	6-7	80	-150	3	-400	-1900	36,0	127940	0,676778	127349	0,696813	-591
4	2-4	230	80	4	-380	-1900	24,6	127940	0,676778	127378	0,670964	-562
5	4-5	60	20	5	-400	-1900	36,8	127940	0,676778	127349	0,698616	-591
6	4-8	170	1100	6	-400	-1900	36,6	127940	0,676778	127349	0,698165	-591
7	8-9	170	-100	7	-250	-1200	36,0	118078	0,716690	117729	0,753752	-349
8	9-10	170	340	8	-1480	-1900	27,5	127940	0,676778	125753	0,686255	-2187
9	10-11	170	-1650	9	-1380	-1200	33,0	118078	0,716690	116152	0,756572	-1926
10	11-12	170	180	10	-1720	-1200	33,5	118078	0,716690	115678	0,760360	-2400
11	13-14	250	-250	11	-70	-1200	36,5	118078	0,716690	117980	0,753364	-98
12	14-1	250	0	12	-250	-1200	36,0	118078	0,716690	117729	0,753752	-349
-	-	-	-	13	-250	-1200	36,0	118078	0,716690	117729	0,753752	-349
-	-	-	-	14	0	200	33,0	100000	0,807013	100000	0,878773	0
Oczko z obejmujące bocznicę: Mesh z comprising the branches: 4, 6, 7, 8, 9, 10, 3 i 2		0										
Oczko w obejmujące bocznicę: Mesh w comprising the branches: 2, 3, 11 i 12		0										
Oczko s obejmujące bocznicę: Mesh s comprising the branches: 4, 5 i 2		0										

Tabela 2/Table 2

Wielkości wyjściowe dotyczące bocznic systemu wentylacji (rys. 1) i bocznic wypadkowych na trójczkowym schemacie kanonicznym (rys. 2)
Output quantities concerning ventilation system branches (Fig. 1) and resultant branches in three-mesh canonical scheme (Fig. 2)

Bocznica Branch		Wykładnik politropy Polytropic exponent	Jednostkowa praca techniczna w przepływie: Unitary technical work in flow:		Lokalny ciąg naturalny Local natural energy	Energia użytecz- na wen- tylatora głównego Usable energy of main fan	Dyssypacja energii mecha- nicznej Mechanical energy dissipation	Opór aerodyna- miczny Aero- dynamic resistance	Dyssypacja: Dissipation of:			
			poli- tropowym polytropic	izen- tropowym isentropic					mocy power	semimocy semi-power		
j	d – w	n	l_t	l_{ts}	e_n	e_u	e_f	R_f	N_f	N_f^s	N_f^{s1}	N_f^{s2}
		–	J/kg p.s.			J/kg p.s.		m ² /kg ² p.s.	kW			
1	1–2	1,290449	-20150	-20301	151	0	451	0,007216	112,75	75,00	74,04	81,71
2	2–3	0,067224	303	252	51	0	151	0,377500	3,02	2,00	2,31	2,02
3	6–7	1,000014	6890	6565	325	0	175	0,027344	14,00	-12,00	-12,08	-14,05
4	2–4	0,257793	80	81	-1	0	79	0,001493	18,17	18,40	18,61	18,33
5	4–5	0,005638	20	20	0	0	20	0,005556	1,20	1,20	2,15	1,19
6	4–8	0,569783	1102	1108	-6	0	1094	0,037855	185,98	187,00	191,04	187,46
7	8–9	0,814078	6913	6766	147	0	47	0,001626	7,99	-17,00	-7,42	-32,01
8	9–10	0,624402	238	344	-106	0	234	0,008097	39,78	57,80	62,51	61,12
9	10–11	2,131732	-1742	-1662	-80	1742	12	0,000415	2,04	-280,50	-297,68	-296,19
10	11–12	1,704741	347	180	167	0	347	0,012007	58,99	30,60	32,17	32,15
11	13–14	1,063546	14413	13484	929	0	679	0,010864	169,75	-62,50	-65,76	-70,61
12	14–1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Oczko z z bocznicami: Mesh z with branches: 4, 6, 7, 8, 9, 10, 3 i 2			-255	0	-255	1742	1487	–	–	–	–	–
Oczko w z bocznicami: Mesh w with ranches: 1, 2, 3, 11, 12			1456	0	1456	0	1456	–	–	–	–	–
Oczko s z bocznicami: Mesh s with branches: 4, 5 i 2			–	–	-52	–	-52	–	–	–	–	–

Powyższe wielkości wejściowe dotyczące węzłów i bocznic systemu wentylacji (rys. 1) są takie same jak w pracy [5], gdyż nie uległy one zmianie [7] podczas wspomnianego przekształcania dwuoczkowego schematu kanonicznego.

W ostatnich trzech wierszach tabeli 1 podane są – równe zero [3] – sumy spadków potencjału aerodynamicznego w oczkach z, w, s , obejmujących odpowiednio bocznicę: $j = 4, 6, 7, 8, 9, 10, 3$ i 2 ; $j = 2, 3, 11, 12$ i 1 ; $j = 4, 5$ i 2 (rys. 2).

Wielkościami wyjściowymi dotyczącymi bocznic od $j = 1$ do $j = 12$ systemu wentylacji (rys. 1) są: n – wykładnik politropy, l_t, l_{ts} – jednostkowa praca techniczna odpowiednio w przepływie politropowym i izentropowym, e_n – lokalny ciąg naturalny, e_u – energia użyteczna wentylatora głównego, e_f – dysypacja energii mechanicznej, R_f – opór aerodynamiczny (tab. 2).

The above-mentioned input quantities concerning the nodes and branches of the ventilation system (Fig. 1) are the same as in the work (Bystroń, 2008b), because they were not subject to change (Czeczott, 1957) during the mentioned above transformation of the two-mesh canonical scheme.

In the last three lines of Table 1 are given – equal to zero (Bystroń, 1969) – sums of aerodynamic potential drops in the meshes z, w, s , comprising the branches: $j = 4, 6, 7, 8, 9, 10, 3$, and 2 ; $j = 2, 3, 11, 12$ and 1 ; $j = 4, 5$, and 2 , respectively (Fig. 2).

The output quantities concerning the branches from $j = 1$ to $j = 12$ of the ventilation system (Fig. 1) are: n – polytropic exponent, l_t, l_{ts} – unitary technical work in the polytropic and isentropic flow, respectively, e_n – local natural energy, e_u – usable energy of the main fan, e_f – mechanical energy dissipation, R_f – aerodynamic resistance (Table 2).

Powyższe wielkości wyjściowe są takie same jak w pracy [5], gdyż nie uległy one zmianie [7] podczas wspomnianego przekształcenia dwuoczkowego schematu kanonicznego.

Wielkościami wyjściowymi dotyczącymi oczek z , w i s schematu kanonicznego (rys. 2) – zestawionymi w ostatnich trzech wierszach tabeli 2 – są: sumy jednostkowych prac technicznych l_t, l_{ts} odpowiednio w przepływie politropowym i izentropowym, e_{nz}, e_{mw}, e_{ns} – wypadkowe ciągi naturalne, e_u – energia użyteczna wentylatora głównego, e_{fb}, e_{fw}, e_{fs} – dyssypacje energii mechanicznej w bocznicach wypadkowych: b, w, s .

4. OCZKA SCHEMATU KANONICZNEGO (RYS. 2), RÓWNANIA OCZKOWE

Oczka z, w, s trójoczkowego zamkniętego schematu kanonicznego (rys. 2) systemu wentylacji (rys. 1) określone są następująco:

- oczko z obejmuje: bocznicę wypadkową z , złożoną z bocznic j : 4, 6, 7, 8, 9 i 10 i bocznicę wypadkową b , złożoną z bocznic j : 2 i 3;
- oczko w obejmuje: bocznicę wypadkową b i bocznicę wypadkową w , złożoną z bocznic j : 11, 12 i 1;
- oczko s obejmuje: bocznicę $j=2$ i bocznicę wypadkową s – złożoną z bocznic j : 4 i 5.

Korzystając z ostatnich trzech wierszy tabeli 2, zapisujemy wielkości (J/ kg p.s.):

- wypadkowe ciągi naturalne: e_{nz}, e_{mw}, e_{ns} generowane odpowiednio w oczkach z, w, s :

$$e_{nz} = -225, \quad e_{mw} = 1456, \quad e_{ns} = -52$$

- energia użyteczna, e_u , wentylatora głównego:

$$e_u = 1742$$

- dyssypacje energii mechanicznej: $e_{fb}, e_{fz}, e_{fw}, e_{fs}$ odpowiednio w bocznicach wypadkowych: b, z, w, s (rys. 2, tab. 2):

$$e_{fb} = e_{f2} + e_{f3} = 151 + 175 = 326$$

$$e_{fz} = e_{f4} + e_{f6} + e_{f7} + e_{f8} + e_{f9} + e_{f10} = 79 + 1094 + 47 + 234 + 12 + 347 = 1813$$

$$e_{fw} = e_{f11} + e_{f12} + e_{f1} = 679 + 0 + 451 = 1130$$

$$e_{fs} = e_{f4} + e_{f5} - e_{f2} = 79 + 20 - 151 = -52$$

The above-mentioned output quantities are the same as in the work (Bystron, 2008a), because they were not subject to change (Czeczott, 1957) during the mentioned above transformation of the two-mesh canonical scheme.

The output quantities concerning the meshes z, w and s of the canonical scheme (Fig. 2) – tabulated in the last three lines of Table 2 – are: sums of unitary technical works l_t, l_{ts} in the polytropic and isentropic flow, respectively, e_{nz}, e_{mw}, e_{ns} – resultant natural energies generated in resultant branches: b, w, s , e_u – usable energy of the main fan, e_{fb}, e_{fw}, e_{fs} – mechanical energy dissipation in mentioned branches.

4. CANONICAL SCHEME MESHES (FIG. 2), MESH EQUATIONS

The meshes z, w, s of the three-mesh closed canonical scheme (Fig. 2) of the ventilation system (Fig. 1) are determined as follows:

- the mesh z comprises: the resultant branch z , composed of branches j : 4, 6, 7, 8, 9 and 10 and resultant branch b , composed of branches j : 2 and 3;
- the mesh w comprises: the resultant branch b and resultant branch w , composed of branches j : 11, 12, and 1;
- the mesh s comprises: the branch $j=2$ and resultant branch s – composed of branches j : 4 and 5.

Using the last three lines of Table 2, we write the quantities (J/ kg d.a.):

- resultant natural energies: e_{nz}, e_{mw}, e_{ns} generated in meshes z, w, s , respectively:

$$e_{nz} = -225, \quad e_{mw} = 1456, \quad e_{ns} = -52$$

- usable energy, e_u , of the main fan:

$$e_u = 1742$$

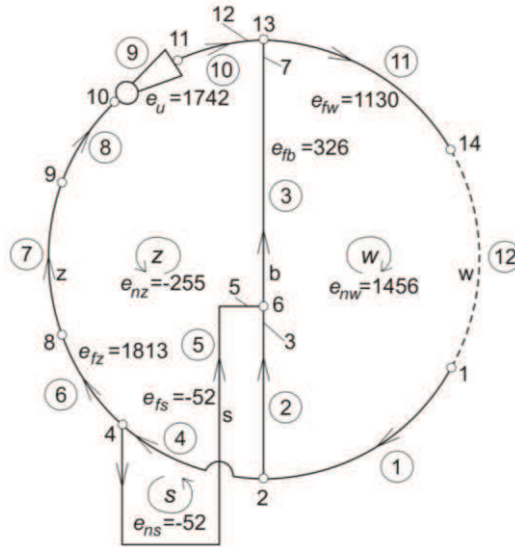
- mechanical energy dissipations: $e_{fb}, e_{fz}, e_{fw}, e_{fs}$ in resultant branches: b, z, w, s , respectively (Fig. 2, Table 2):

$$e_{fb} = e_{f2} + e_{f3} = 151 + 175 = 326$$

$$e_{fz} = e_{f4} + e_{f6} + e_{f7} + e_{f8} + e_{f9} + e_{f10} = 79 + 1094 + 47 + 234 + 12 + 347 = 1813$$

$$e_{fw} = e_{f11} + e_{f12} + e_{f1} = 679 + 0 + 451 = 1130$$

$$e_{fs} = e_{f4} + e_{f5} - e_{f2} = 79 + 20 - 151 = -52$$



Rys. 2. Trójczkowy schemat kanoniczny systemu wentylacji (rys. 1)
Fig. 2 Three-mesh canonical scheme of ventilation system (Fig. 1)

Korzystając z trójczkowego zamkniętego schematu kanonicznego (rys. 2), zapisujemy następujące równania oczkowe dotyczące odpowiednio jego oczek z , w , s :

$$e_u + e_{nz} = e_{fz} - e_{fb} \quad (1)$$

$$e_{mw} = e_{fb} + e_{fw} \quad (2)$$

$$e_{ns} = e_{fs} \quad (3)$$

Nadmieniamy, że wartości adekwatnych wielkości (rys. 2) spełniają powyższe równania.

5. STOPIEŃ BEZPIECZEŃSTWA I WARUNEK ZACHOWANIA PIERWOTNEGO KIERUNKU PRĄDU POWIETRZA W BOCZNICY WYPADKOWEJ b SCHEMATU KANONICZNEGO (RYS. 2) ZŁOŻONEJ Z BOCZNIC j: 2 I 3

Dzielimy stronami równanie (2) przez równanie (1) i następująco przekształcamy uzyskane wyrażenie:

$$\frac{e_{mw}}{e_u + e_{nz}} = \frac{e_{fb} + e_{fw}}{e_{fz} - e_{fb}} > \frac{e_{fw}}{e_{fz}}$$

$$\frac{e_{fw}}{e_{fz}} < \frac{e_{mw}}{e_u + e_{nz}} \left| \cdot \frac{e_u + e_{nz}}{e_{mw}} \right.$$

$$\frac{e_u + e_{nz}}{e_{mw}} \cdot \frac{e_{fw}}{e_{fz}} < 1$$

Using the three-mesh closed canonical scheme (Fig. 2), we write the following mesh equations concerning its meshes z , w , s , respectively:

$$e_u + e_{nz} = e_{fz} - e_{fb} \quad (1)$$

$$e_{mw} = e_{fb} + e_{fw} \quad (2)$$

$$e_{ns} = e_{fs} \quad (3)$$

We mention that the values of adequate quantities satisfy the equations presented above.

5. THE SAFETY DEGREE AND CONDITION OF ORIGINAL AIR CURRENT DIRECTION MAINTENANCE IN THE RESULTANT BRANCH b OF THE CANONICAL SCHEME (FIG. 2), COMPOSED OF THE BRANCHES j: 2 AND 3

We divide by sides the equation (2) by the equation (1) and transform the obtained expression as follows:

$$\frac{e_{mw}}{e_u + e_{nz}} = \frac{e_{fb} + e_{fw}}{e_{fz} - e_{fb}} > \frac{e_{fw}}{e_{fz}}$$

$$\frac{e_{fw}}{e_{fz}} < \frac{e_{mw}}{e_u + e_{nz}} \left| \cdot \frac{e_u + e_{nz}}{e_{mw}} \right.$$

$$\frac{e_u + e_{nz}}{e_{mw}} \cdot \frac{e_{fw}}{e_{fz}} < 1$$

Ostatnią nierówność zapisujemy w postaci:

$$\sigma_b < 1 \quad (4)$$

$$\sigma_b = \frac{e_u + e_{nz}}{e_{mw}} \cdot \frac{e_{fw}}{e_{fz}} \quad (5)$$

Nierówność (4) jest warunkiem zachowania pierwotnego kierunku prądu w boczniczy wypadkowej b (rys. 2), a wzorem (5) określony jest stopień bezpieczeństwa. Korzystając z wartości adekwatnych wielkości podanych na schemacie kanonicznym (rys. 2), obliczamy wartość stopnia bezpieczeństwa (5) określoną następującym wzorem:

$$\sigma_b = \frac{1742 - 255}{1456} \cdot \frac{1130}{1813} = 0,6365 \quad (5a)$$

6. STOPIEŃ BEZPIECZEŃSTWA I WARUNEK ZACHOWANIA PIERWOTNEGO KIERUNKU PRĄDU POWIETRZA W BOCZNICY WYPADKOWEJ w SCHEMATU KANONICZNEGO (RYS. 2) ZŁOŻONEJ Z BOCZNIC j: 11, 12, 1

Dzielimy stronami równanie (2) przez równanie (1) i otrzymane wyrażenie przekształcamy:

$$\frac{e_{mw}}{e_u + e_{nz}} \cdot \frac{e_{fb} + e_{fw}}{e_{fz} - e_{fb}} > \frac{e_{fb}}{e_{fz} - e_{fb}}$$

$$\frac{e_{fb}}{e_{fz} - e_{fb}} < \frac{e_{mw}}{e_u + e_{nz}} \cdot \frac{e_u + e_{nz}}{e_{mw}}$$

$$\frac{e_u + e_{nz}}{e_{mw}} \cdot \frac{e_{fb}}{e_{fz} - e_{fb}} < 1$$

Nierówność tę zapisujemy w postaci:

$$\sigma_w < 1 \quad (6)$$

$$\sigma_w = \frac{e_u + e_{nz}}{e_{mw}} \cdot \frac{e_{fb}}{e_{fz} - e_{fb}} \quad (7)$$

Nierówność (6) jest warunkiem zachowania pierwotnego kierunku prądu powietrza w boczniczy wypadkowej w (rys. 2), a wzorem (7) określony jest stopień bezpieczeństwa.

Korzystając z wartości adekwatnych wielkości podanych na schemacie kanonicznym (rys. 2), obliczamy wartość stopnia bezpieczeństwa (7) określoną następującym wzorem:

$$\sigma_w = \frac{1742 - 255}{1456} \cdot \frac{326}{1813 - 326} = 0,2239 \quad (7a)$$

The last inequality we write in the form:

$$\sigma_b < 1 \quad (4)$$

$$\sigma_b = \frac{e_u + e_{nz}}{e_{mw}} \cdot \frac{e_{fw}}{e_{fz}} \quad (5)$$

The inequality (4) is the condition to maintain the original air current direction in the resultant branch b (Fig. 2), and by the formula (5) the safety degree is determined. Using the values of adequate quantities given in the canonical scheme (Fig. 2), we calculate the value of the safety degree (5) determined by the following formula:

$$\sigma_b = \frac{1742 - 255}{1456} \cdot \frac{1130}{1813} = 0,6365 \quad (5a)$$

6. THE SAFETY DEGREE AND CONDITION OF ORIGINAL AIR CURRENT DIRECTION MAINTENANCE IN THE RESULTANT BRANCH w OF THE CANONICAL SCHEME (FIG. 2), COMPOSED OF THE BRANCHES j: 11, 12, 1

We divide by sides the equation (2) by the equation (1) and the obtained expression we transform as follows:

$$\frac{e_{mw}}{e_u + e_{nz}} \cdot \frac{e_{fb} + e_{fw}}{e_{fz} - e_{fb}} > \frac{e_{fb}}{e_{fz} - e_{fb}}$$

$$\frac{e_{fb}}{e_{fz} - e_{fb}} < \frac{e_{mw}}{e_u + e_{nz}} \cdot \frac{e_u + e_{nz}}{e_{mw}}$$

$$\frac{e_u + e_{nz}}{e_{mw}} \cdot \frac{e_{fb}}{e_{fz} - e_{fb}} < 1$$

This inequality we write in the form:

$$\sigma_w < 1 \quad (6)$$

$$\sigma_w = \frac{e_u + e_{nz}}{e_{mw}} \cdot \frac{e_{fb}}{e_{fz} - e_{fb}} \quad (7)$$

The inequality (6) is the condition of original air current direction maintenance in the resultant branch w (Fig. 2), and by the formula (7) the safety degree is determined.

Using the values of adequate quantities given in the canonical scheme (Fig. 2), we calculate the value of the safety degree (7) determined by the following formula:

$$\sigma_w = \frac{1742 - 255}{1456} \cdot \frac{326}{1813 - 326} = 0,2239 \quad (7a)$$

7. STOPIEŃ BEZPIECZEŃSTWA I WARUNEK ZACHOWANIA PIERWOTNEGO KIERUNKU PRĄDU POWIETRZA W BOCZNICY WYPADKOWEJ s SCHEMATU KANONICZNEGO (RYS. 2) ZŁOŻONEJ Z BOCZNIC j: 4 I 5

Dzielimy stronami równanie (3) przez równanie (1) i uzyskane wyrażenie przekształcamy:

$$\frac{e_{ns}}{e_u + e_{nz}} = \frac{e_{fs}}{e_{fz} - e_{fb}} > \frac{e_{fs}}{e_{fz}}$$

$$\frac{e_{fb}}{e_{fz}} < \frac{e_{ns}}{e_u + e_{nz}} \cdot \frac{e_u + e_{nz}}{e_{ns}}$$

$$\frac{e_u + e_{nz}}{e_{ns}} \cdot \frac{e_{fs}}{e_{fz}} < 1$$

Ostatnią nierówność zapisujemy w postaci:

$$\sigma_s < 1 \quad (8)$$

$$\sigma_s = \frac{e_u + e_{nz}}{e_{ns}} \cdot \frac{e_{fs}}{e_{fz}} \quad (9)$$

Nierówność (8) jest warunkiem zachowania pierwotnego kierunku prądu powietrza w bocznicie wypadkowej s (rys. 2). Za pomocą wzoru (9) określony jest stopień bezpieczeństwa. Korzystając z wartości adekwatnych wielkości podanych na rysunku 2, obliczamy wartość stopnia bezpieczeństwa określoną następującym wzorem:

$$\sigma_s = \frac{1742 - 255}{-52} \cdot \frac{-52}{1813} = 0,8202 \quad (9a)$$

8. DYSSYPACJE MOCY/SEMIMOCY W BOCZNICACH j SYSTEMU WENTYLACJI (RYS. 1) I BOCZNICACH WYPADKOWYCH b, w, s SCHEMATU KANONICZNEGO (RYS. 2)

Korzystając ze strumieni masy powietrza, \dot{m} , (tab. 1) i dyssypacji energii mechanicznej, e_f , (tab. 2), następującym wzorem obliczamy dyssypacje mocy, N_f , w bocznicach j systemu wentylacji (rys. 1):

$$N_f = \frac{\dot{m} e_f}{1000} \quad (10)$$

7. THE SAFETY DEGREE AND CONDITION OF ORIGINAL AIR CURRENT DIRECTION MAINTENANCE IN THE RESULTANT BRANCH s OF THE CANONICAL SCHEME (FIG. 2), COMPOSED OF THE BRANCHES j: 4 AND 5

We divide by sides the equation (3) by the equation (1) and the obtained expression we transform:

$$\frac{e_{ns}}{e_u + e_{nz}} = \frac{e_{fs}}{e_{fz} - e_{fb}} > \frac{e_{fs}}{e_{fz}}$$

$$\frac{e_{fb}}{e_{fz}} < \frac{e_{ns}}{e_u + e_{nz}} \cdot \frac{e_u + e_{nz}}{e_{ns}}$$

$$\frac{e_u + e_{nz}}{e_{ns}} \cdot \frac{e_{fs}}{e_{fz}} < 1$$

The last inequality we write in the form:

$$\sigma_s < 1 \quad (8)$$

$$\sigma_s = \frac{e_u + e_{nz}}{e_{ns}} \cdot \frac{e_{fs}}{e_{fz}} \quad (9)$$

The inequality (8) is the condition to maintain the original air current direction in the resultant branch s (Fig. 2); by the formula (9) the safety degree is determined. Using the values of adequate quantities given in Figure 2, we calculate the value of the safety degree determined by the following formula:

$$\sigma_s = \frac{1742 - 255}{-52} \cdot \frac{-52}{1813} = 0,8202 \quad (9a)$$

8. POWER/SEMI-POWER DISSIPATIONS IN BRANCHES j OF THE VENTILATION SYSTEM (FIG. 1) AND RESULTANT BRANCHES b, w, s OF THE CANONICAL SCHEME (FIG. 2)

Using the air mass streams, \dot{m} , (Table 1) and mechanical energy dissipation, e_f , (Table 2), using the following formula we calculate the power dissipations, N_f , in branches j of the ventilation system (Fig. 1):

$$N_f = \frac{\dot{m} e_f}{1000} \quad (10)$$

Uzyskane wyniki zestawione są w czwartej od końca kolumnie tabeli 2. Dyssypacje mocy: N_{fb}, N_{fw}, N_{fs} w bocznicach wypadkowych: b, w, s schematu kanonicznego (rys. 2) równe są sumom dyssypacji mocy w adekwatnych bocznicach j (tab. 2, rys. 1):

$$\left. \begin{aligned} N_{fb} &= N_{f2} + N_{f3} = 3,02 + 14,00 = 17,02 \\ N_{fw} &= N_{f11} + N_{f1} = 169,75 + 112,75 = 282,50 \\ N_{fs} &= N_{f4} + N_{f5} = 18,17 + 1,20 = 19,37 \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

Dyssypacja energii mechanicznej, e_f , równa jest sumie spadku potencjału aerodynamicznego, $\delta\Phi$, lokalnego ciągu naturalnego, e_n , i energii użytecznej, e_u , wentylatora głównego [6]:

$$e_f = \delta\Phi + e_n + e_u \quad (12)$$

Przyjmujemy: $e_n = 0, e_u = 0$ we wzorze (12) i uzyskane wyrażenie podstawiamy do wzoru (10). Otrzymujemy wzór (13), który określa część dyssypacji mocy N_f . Tę część dyssypacji mocy oznaczamy symbolem N_f^s i zgodnie ze znanym zapisem: „semi- prefix (in adjectives and nouns) half; partly” zwiemy dyssypacją semimocy, N_f^s , określoną wzorem:

$$N_f^s = \frac{\dot{m} \delta\Phi}{1000} \quad (13)$$

Korzystając ze strumieni masy powietrza, \dot{m} , i spadków potencjału aerodynamicznego, $\delta\Phi$, (tab. 1), za pomocą wzoru (13) obliczyliśmy dyssypacje semimocy w bocznicach j systemu wentylacji (rys. 1). Uzyskane wyniki zestawione są w trzeciej od końca kolumnie tabeli 2.

Dyssypacje semimocy $N_{fb}^s, N_{fw}^s, N_{fs}^s$ w bocznicach wypadkowych: b, w, s schematu kanonicznego (rys. 2) równe są sumom dyssypacji semimocy, N_f^s , w adekwatnych bocznicach j systemu wentylacji (rys. 1) (tab. 1, rys. 1):

$$\left. \begin{aligned} N_{fb}^s &= N_{f2}^s + N_{f3}^s = 2,00 - 12,00 = -10,00 \\ N_{fw}^s &= N_{f11}^s + N_{f12}^s + N_{f1}^s = -62,50 + 0 + 75,00 = 12,50 \\ N_{fs}^s &= N_{f4}^s + N_{f5}^s = 18,40 + 1,20 = 19,60 \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

Izotropowy potencjał aerodynamiczny h_{sv} (J/m^3) określony wzorem: $h_{sv} = p - p_s$ [3] – po wprowadzeniu symbolu Φ_v w miejsce symbolu h_{sv} – przyjmuje postać:

$$\Phi_v = p - p_s \quad (15)$$

The obtained results are tabulated in the fourth from the end column of Table 2. The power dissipations: N_{fb}, N_{fw}, N_{fs} in resultant branches: b, w, s of the canonical scheme (Fig. 2) are equal to the sums of power dissipations in adequate branches j (Table 2, Fig. 1):

$$\left. \begin{aligned} N_{fb} &= N_{f2} + N_{f3} = 3,02 + 14,00 = 17,02 \\ N_{fw} &= N_{f11} + N_{f1} = 169,75 + 112,75 = 282,50 \\ N_{fs} &= N_{f4} + N_{f5} = 18,17 + 1,20 = 19,37 \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

The mechanical energy dissipation, e_f , is equal to the sum of aerodynamic potential drop, $\delta\Phi$, local natural energy, e_n , and effective energy, e_u , of the main fan (Bystron, 2008b):

$$e_f = \delta\Phi + e_n + e_u \quad (12)$$

We assume: $e_n = 0, e_u = 0$ in the formula (12) and the obtained expression we substitute in the formula (10). We obtain the formula (13), which determines a part of the power dissipation: N_f . This part of power dissipation we denote with the symbol N_f^s and in conformity with the known record: “semi-prefix (in adjectives and nouns) half; partly” we call semi-power dissipation, N_f^s , determined by the formula:

$$N_f^s = \frac{\dot{m} \delta\Phi}{1000} \quad (13)$$

Using the air mass streams, \dot{m} , and aerodynamic potential drops, $\delta\Phi$, (Table 1), by use of the formula (13) we have calculated the semi-power dissipations in branches j of the ventilation system (Fig. 1). The obtained results are tabulated in the third from the end column of Table 2. The semi-power dissipations $N_{fb}^s, N_{fw}^s, N_{fs}^s$ in resultant branches: b, w, s of the canonical scheme (Fig. 2) are equal to the sums of semi-power dissipations, N_f^s , in adequate branches j of the ventilation system (Fig. 1) (Table 1, Fig. 1):

$$\left. \begin{aligned} N_{fb}^s &= N_{f2}^s + N_{f3}^s = 2,00 - 12,00 = -10,00 \\ N_{fw}^s &= N_{f11}^s + N_{f12}^s + N_{f1}^s = -62,50 + 0 + 75,00 = 12,50 \\ N_{fs}^s &= N_{f4}^s + N_{f5}^s = 18,40 + 1,20 = 19,60 \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

The isentropic aerodynamic potential, h_{sv} (J/m^3) determined by the formula $h_{sv} = p - p_s$ (Bystron, 1969) – after the introduction of the symbol Φ_v in place of h_{sv} – assumes the form:

$$\Phi_v = p - p_s \quad (15)$$

Tabela 3/Table 3

Tabelaryczne przedstawienie właściwości termodynamicznej i klasyfikacyjnej oceny
 Tabulated form presentation of properties of thermodynamic and classificatory assessment

Bocznicza wypadkowa (rys. 2) Resultant branch (Fig. 2)	Warunek zachowania pierrot.n. kierunku prądu Condition of original air curr. direction maintenance	Stopień bezpieczeństwa Safety degree σ_b , σ_w , σ_s :	Dyssypacja mocy, Power dissipation, kW N_f	Klasyfikacja: Classification of:		Dyssypacja semimocy Semi-power dissipation kW N_f^s , N_f^{s1} , N_f^{s2}			Klasyfikacja: Classification of:	
				bocznic branches	prądów currents				bocznic branches	prądów currents
				według kryteriów: according to criteria:		wzór formula (22)	wzór formula (23)	wzór formula (22)	wzór formula (23)	
b	$\sigma_b < 1$	0,6365	17,02	bocznicza mocna strong branch	prąd bardzo mocny very strong current	-10,00	-9,69	-12,03	—	—
w	$\sigma_w < 1$	0,2236	282,50	bocznicza mocna strong branch	prąd bardzo mocny very strong current	12,50	8,28	11,10	bocznicza mocna strong branch	prąd bardzo mocny very strong current
s	$\sigma_s < 1$	0,8202	1,20	bocznicza mocna strong branch	prąd bardzo mocny very strong current	19,60	20,76	19,52	bocznicza mocna strong branch	prąd bardzo mocny very strong current

Korzystając z ciśnień p , p_s (tab. 1), za pomocą wzoru (15), obliczyliśmy potencjały aerodynamiczne, Φ_v , w węzłach od $i = 1$ do $i = 14$ – podane w ostatniej kolumnie tabeli 1.

Do przekrojów d, w, bocznicy j, d-w, odnoszą się następujące wzory (16) i (17), które określają odpowiednio potencjały aerodynamiczne Φ_{vd} , Φ_{vw} , strumienie objętości $\mathcal{I}_d^{\&}$, $\mathcal{I}_w^{\&}$ czystego powietrza suchego i dyssypacje semimocy N_{fd}^{s1} , N_{fw}^{s1} :

$$\Phi_{vd} = p_d - p_{sd}, \quad \Phi_{vw} = p_w - p_{sw},$$

$$\mathcal{I}_d^{\&} = \rho \cdot v_d, \quad \mathcal{I}_w^{\&} = \rho \cdot v_w \quad (16)$$

$$N_{fd}^{s1} = \mathcal{I}_d^{\&} \cdot v_d, \quad N_{fw}^{s1} = \mathcal{I}_w^{\&} \cdot v_w, \quad N_f^{s1} = N_{fd}^{s1} - N_{fw}^{s1} \quad (17)$$

Na podstawie wzorów (16) i (17), zapisujemy następujący wzór, który określa dyssypację semimocy, N_f^{s1} , (kW), w bocznicy j, d-w:

$$N_f^{s1} = \frac{\rho}{1000} (v_d \cdot \Phi_{vd} - v_w \cdot \Phi_{vw}) \quad (18)$$

Korzystając ze strumieni masy powietrza, ciśnienia w przepływie izentropowym i politropowym, objętości właściwej w przepływie politropowym (tab. 1), za

Using the pressures p , p_s (Table 1) and the formula (15), we have calculated the aerodynamic potentials, Φ_v , in nodes from $i = 1$ to $i = 14$ - given in the last column of Table 1.

To the cross-sections d, w, of branch j, d-w, refer the following formulae (16) and (17), which determine the aerodynamic potentials: Φ_{vd} , Φ_{vw} , respectively, the volume streams: $\mathcal{I}_d^{\&}$, $\mathcal{I}_w^{\&}$ of pure dry air and semi-power dissipations: N_{fd}^{s1} , N_{fw}^{s1} :

$$\Phi_{vd} = p_d - p_{sd}, \quad \Phi_{vw} = p_w - p_{sw},$$

$$\mathcal{I}_d^{\&} = \rho \cdot v_d, \quad \mathcal{I}_w^{\&} = \rho \cdot v_w \quad (16)$$

$$N_{fd}^{s1} = \mathcal{I}_d^{\&} \cdot v_d, \quad N_{fw}^{s1} = \mathcal{I}_w^{\&} \cdot v_w, \quad N_f^{s1} = N_{fd}^{s1} - N_{fw}^{s1} \quad (17)$$

On the basis of the formulae (16) and (17), we write the following formula, which determines the semi-power dissipation, N_f^{s1} , (kW), in the branch j, d-w:

$$N_f^{s1} = \frac{\rho}{1000} (v_d \cdot \Phi_{vd} - v_w \cdot \Phi_{vw}) \quad (18)$$

Using the air mass streams, pressure in the isentropic and polytropic flow, specific volume in the polytropic flow (Table 1) and the formula (18), we

pomocą wzoru (18) obliczyliśmy dyssypacje semimocy w bocznicach j systemu wentylacji (rys. 1) – zestawione w drugiej od końca kolumnie tabeli 2. Dyssypacje semimocy: $N_{fb}^{s1}, N_{fw}^{s1}, N_{fs}^{s1}$, w bocznicach wypadkowych: b, w, s schematu kanonicznego (rys. 2) są równe sumom dyssypacji mocy, N_f^{s1} , w adekwatnych bocznicach j (tab. 1):

$$\left. \begin{aligned} N_{fb}^{s1} &= N_{f2}^{s1} + N_{f3}^{s1} = 2,31 - 11,96 = -9,77 \\ N_{fw}^{s1} &= N_{f11}^{s1} + N_{f12}^{s1} + N_{f1}^{s1} = -65,76 + 0 + 74,04 = 8,28 \\ N_{fs}^{s1} &= N_{f4}^{s1} + N_{f5}^{s1} = 18,61 + 2,15 = 20,76 \end{aligned} \right\} \quad (19)$$

Semidyssypacja mocy, N_f^{s2} , w bocznicach j systemu wentylacji (rys.1), określona jest jako iloczyn spadku potencjału aerodynamicznego, $\delta\Phi_v$, przez strumień objętości, $\mathcal{V}\&$, czystego powietrza suchego, czyli:

$$N_f^{s2} = \delta\Phi_v \cdot \mathcal{V}\& \quad (20)$$

Na podstawie wzoru (20), związku: $\delta\Phi_v = \Phi_{vd} - \Phi_{vw}$, średniego strumienia objętości powietrza w bocznicach j: $\mathcal{V}\& = (\mathcal{V}\&_d + \mathcal{V}\&_w) / 2 = \mathcal{m}\& (v_d + v_w) / 2$ – przez analogię do wzoru (18) – mamy:

$$N_f^{s2} = \frac{\mathcal{m}\&}{1000} (\Phi_{vd} - \Phi_{vw}) \cdot \frac{1}{2} (v_d + v_w) \quad (20a)$$

Korzystając ze strumieni masy powietrza, $\mathcal{m}\&$, jego objętości właściwych, v , w przepływie politropowym, potencjałów aerodynamicznych, Φ_v (tab. 1), za pomocą wzoru (20a) obliczyliśmy semidyssypacje mocy, N_f^{s2} , w bocznicach od j = 1 do j = 12, podane w ostatniej kolumnie tabeli 2. Dyssypacje semimocy: $N_{fb}^{s2}, N_{fw}^{s2}, N_{fs}^{s2}$ odpowiednio w bocznicach wypadkowych b, w, s są równe dyssypacjom mocy, N_f^{s2} , w adekwatnych bocznicach j (tab. 2, rys. 2):

$$\left. \begin{aligned} N_{fb}^{s2} &= N_{f2}^{s2} + N_{f3}^{s2} = 2,02 - 14,05 = -12,03 \\ N_{fw}^{s2} &= N_{f11}^{s2} + N_{f12}^{s2} + N_{f1}^{s2} = -70,61 + 0 + 81,71 = 11,10 \\ N_{fs}^{s2} &= N_{f4}^{s2} + N_{f5}^{s2} = 18,33 + 1,19 = 19,52 \end{aligned} \right\} \quad (21)$$

9. KRYTERIA DOTYCZĄCE KLASYFIKACJI BOCZNIC I PRĄDÓW POWIETRZA

Moc N pobrana przez bocznicę jest równa dyssypacji w niej mocy N_f , wobec czego zapisujemy kryterium dotyczącę klasyfikacji bocznic [9]:

have calculated the semi-power dissipations in branches j of the ventilation system (Fig. 1) - tabulated in the second from the end column of Table 2. The semi-power dissipations: $N_{fb}^{s1}, N_{fw}^{s1}, N_{fs}^{s1}$, in resultant branches: b, w, s of the canonical scheme (Fig. 2) are equal to the sums of power dissipations, N_f^{s1} , in adequate branches j (Table 1):

$$\left. \begin{aligned} N_{fb}^{s1} &= N_{f2}^{s1} + N_{f3}^{s1} = 2,31 - 11,96 = -9,77 \\ N_{fw}^{s1} &= N_{f11}^{s1} + N_{f12}^{s1} + N_{f1}^{s1} = -65,76 + 0 + 74,04 = 8,28 \\ N_{fs}^{s1} &= N_{f4}^{s1} + N_{f5}^{s1} = 18,61 + 2,15 = 20,76 \end{aligned} \right\} \quad (19)$$

The power semi-dissipation, N_f^{s2} , in branch j of the ventilation system (Fig. 1), is determined as the product of aerodynamic potential drop, $\delta\Phi_v$, by the volume stream, $\mathcal{V}\&$, of pure dry air, i.e:

$$N_f^{s2} = \delta\Phi_v \cdot \mathcal{V}\& \quad (20)$$

On the basis of the formula (20), relation: $\delta\Phi_v = \Phi_{vd} - \Phi_{vw}$, average volume stream of mentioned air flowing in the branch j: $\mathcal{V}\& = (\mathcal{V}\&_d + \mathcal{V}\&_w) / 2 = \mathcal{m}\& (v_d + v_w) / 2$ - on the analogy of the formula (18) - we have:

$$N_f^{s2} = \frac{\mathcal{m}\&}{1000} (\Phi_{vd} - \Phi_{vw}) \cdot \frac{1}{2} (v_d + v_w) \quad (20a)$$

Using the air mass stream, $\mathcal{m}\&$, its specific volumes, v , in the polytropic flow, aerodynamic potentials, Φ_v (Table 1) the formula (20a), we have calculated the semi – power dissipations, N_f^{s2} , in the branches from j = 1 to j = 12 – given in the last column of Table 2. The semi-power dissipations: $N_{fb}^{s2}, N_{fw}^{s2}, N_{fs}^{s2}$ in resultant branches b, w, s, respectively, are equal to power dissipations, N_f^{s2} , in adequate branches j (Table 2, Fig. 2):

$$\left. \begin{aligned} N_{fb}^{s2} &= N_{f2}^{s2} + N_{f3}^{s2} = 2,02 - 14,05 = -12,03 \\ N_{fw}^{s2} &= N_{f11}^{s2} + N_{f12}^{s2} + N_{f1}^{s2} = -70,61 + 0 + 81,71 = 11,10 \\ N_{fs}^{s2} &= N_{f4}^{s2} + N_{f5}^{s2} = 18,33 + 1,19 = 19,52 \end{aligned} \right\} \quad (21)$$

9. CRITERIA CONCERNING THE CLASSIFICATION OF BRANCHES AND AIR CURRENTS

The power N consumed by the branch is equal to the dissipation of power N_f in it, therefore we write the criterion concerning the classification of branches (Garcarz, 1971):

$$\left. \begin{array}{l} \text{bocznicie mocne : } N_f \geq 1,2 \text{ kW} \\ \text{bocznicie średnie : } 1,2 \text{ kW} > N_f > 0,13 \text{ kW} \\ \text{bocznicie słabe : } N_f \leq 0,13 \text{ kW} \end{array} \right\} \quad (22)$$

Korzystając z pracy [10], przytaczamy kryterium dotyczące klasyfikacji prądów powietrza:

$$\left. \begin{array}{l} \text{prądy bardzo mocne : } N_f \geq 6 \text{ kW} \\ \text{prądy mocne : } 1,2 \text{ kW} \leq N_f < 6 \text{ kW} \\ \text{prądy średnie : } 0,24 \text{ kW} \leq N_f < 1,2 \text{ kW} \\ \text{prądy słabe : } 0,05 \text{ kW} \leq N_f < 0,24 \text{ kW} \\ \text{prądy bardzo słabe : } 0 < N_f < 0,05 \text{ kW} \end{array} \right\} \quad (23)$$

Dyssypacje mocy: N_{fb}, N_{fw}, N_{fs} w bocznicach wypadkowych: b, w, s – podane w trzech wierszach wzoru (11) – spełniają obydwa kryteria (22) i (23); bocznicie te klasyfikujemy jako mocne, a płynące nimi prądy powietrza – jako bardzo mocne.

Ujemne dyssypacje semimocy: $N_{fb}^s, N_{fb}^{s1}, N_{fb}^{s2}$ w bocznicie wypadkowej b schematu kanonicznego (rys. 2) – podane w pierwszych wierszach wzorów (14), (19) i (21) – nie mają sensu fizycznego.

Dyssypacje semimocy: $N_{fw}^s, N_{fw}^{s1}, N_{fw}^{s2}$ w bocznicie wypadkowej w (rys. 2) – podane w drugich wierszach wzorów (14), (19) i (21) – spełniają oba kryteria (22) i (23); bocznicę wypadkową w klasyfikujemy jako mocną, a płynący nią prąd – jako bardzo mocny.

Dyssypacje semimocy: $N_{fs}^s, N_{fs}^{s1}, N_{fs}^{s2}$ w bocznicie wypadkowej s (rys. 2) – podane w trzecich wierszach wzorów (14), (19) i (21) – spełniają oba kryteria (22) i (23); bocznicę wypadkową s klasyfikujemy jako mocną, a płynący nią prąd powietrza – jako bardzo mocny.

10. Dyskusja uzyskanych wyników

10.1. W tabeli 3 zestawione są wyniki oceny termodynamicznej – opartej na stopniu bezpieczeństwa oraz wyniki klasyfikacji bocznic i płynących nimi prądów powietrza – opartej odpowiednio na kryteriach (22) i (23).

Stopnie bezpieczeństwa bocznic wypadkowych b, w, s schematu kanonicznego (rys. 2):

$$\sigma_b = 0,6365, \sigma_w = 0,2236, \sigma_s = 0,8202 \quad (24)$$

spełniają odpowiednio następujące warunki:

$$\sigma_b < 1, \sigma_w < 1, \sigma_s < 1 \quad (25)$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{strong branches : } N_f \geq 1,2 \text{ kW} \\ \text{medium branches : } 1,2 \text{ kW} > N_f > 0,13 \text{ kW} \\ \text{weak branches : } N_f \leq 0,13 \text{ kW} \end{array} \right\} \quad (22)$$

Using the work (Strumiński, 1996), we quote the criterion concerning the classification of air currents:

$$\left. \begin{array}{l} \text{very strong currents : } N_f \geq 6 \text{ kW} \\ \text{strong currents : } 1,2 \text{ kW} \leq N_f < 6 \text{ kW} \\ \text{medium currents : } 0,24 \text{ kW} \leq N_f < 1,2 \text{ kW} \\ \text{weak currents : } 0,05 \text{ kW} \leq N_f < 0,24 \text{ kW} \\ \text{very weak currents : } 0 < N_f < 0,05 \text{ kW} \end{array} \right\} \quad (23)$$

The power dissipations: N_{fb}, N_{fw}, N_{fs} in resultant branches: b, w, s – given in three lines of the formula (11) – satisfy the both criteria (22) and (23); these branches we classify as strong ones, and the flowing through it air currents – as very strong currents.

The negative semi-power dissipations: $N_{fb}^s, N_{fb}^{s1}, N_{fb}^{s2}$ in the resultant branch b of the canonical scheme (Fig. 2) – given in the first lines of the formulae (14), (19) and (21) – have no physical sense.

The semi-power dissipations $N_{fw}^s, N_{fw}^{s1}, N_{fw}^{s2}$ in the resultant branch w (Fig. 2) – given in the second lines of the formulae (14), (19), and (21) – satisfy both criteria (22) and (23); the resultant branch - we classify as a strong one, and the air current flowing through it – as a very strong one.

The semi-power dissipations: $N_{fs}^s, N_{fs}^{s1}, N_{fs}^{s2}$ in the resultant branch s (Fig. 2) – given in the third lines of the formulae (14), (19), and (21) – satisfy both criteria (22) and (23); the resultant branch s we classify as a strong one, and the air current flowing through it – as a very strong one.

10. Discussion of obtained results

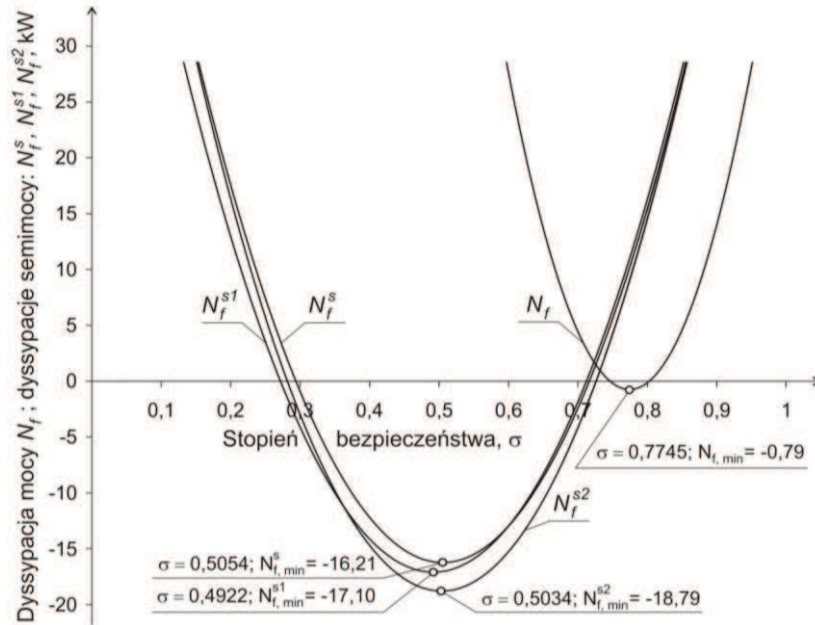
10.1. In Table 3 are tabulated the results of thermodynamic assessment – based on the safety degree, and the classification results of branches and flowing through it air currents – based on the criteria (22) and (23), respectively.

Safety degrees of the resultant branches b, w and s of the canonical scheme (Fig. 2):

$$\sigma_b = 0,6365, \sigma_w = 0,2236, \sigma_s = 0,8202 \quad (24)$$

satisfy the following conditions, respectively:

$$\sigma_b < 1, \sigma_w < 1, \sigma_s < 1 \quad (25)$$



Rys. 3. Graficzne przedstawienie właściwości termodynamicznej i klasyfikacyjnej oceny
 Fig. 3 Graphical presentation of properties of thermodynamic and classificatory assessment

dotyczące zachowania pierwotnego kierunku prądów powietrza płynących odpowiednio w wymienionych bocznicach.

Profesor Czczott wprowadził pojęcie stopnia bezpieczeństwa, określił jego wartość, jasno przedstawił problem warunków stabilizacji prądów i ważność jej zachowania w przypadku pożarów [7]. Profesor Budryk opracował zasady naukowe prowadzenia akcji przeciwpożarowych, jak również – w celu umożliwienia kierownictwom kopalń przeprowadzanie stabilizacji prądów powietrza [1, 2].

Wobec powyższego rozważana ocena termodynamiczna ma rzetelne podstawy naukowe.

10.2. Dyssypacje mocy/semidyssypacje mocy w bocznicach wypadkowych b, w, s wynoszą:

$$N_{fb} = 17,02, N_{fw} = 282,50, N_{fs} = 1,20 \quad (26)$$

$$\left. \begin{aligned} N_{fb}^s &= -10,00, N_{fw}^s = 12,50, N_{fs}^s = 19,60 \\ N_{fb}^{s1} &= -9,77, N_{fw}^{s1} = 8,28, N_{fs}^{s1} = 20,7 \\ N_{fb}^{s2} &= -12,03, N_{fw}^{s2} = 11,10, N_{fs}^{s2} = 19,52 \end{aligned} \right\} \quad (27)$$

Z porównania stopni bezpieczeństwa (24) z dyssypacjami mocy (26) wynika, że do najmniejszego stopnia $\sigma_w = 0,2236$ adekwatna największa dyssypacja mocy $N_{fw} = 282,50$, a do największego stopnia $\sigma_s = 0,8282$ – najmniejsza dyssypacja mocy.

Na podstawie dyssypacji mocy (26) i kryteriów (22), (23) klasyfikujemy bocznicę wypadkowe: b, w, s (rys. 2) jako bocznicę mocną, a prądy powietrza

concerning the maintenance of the primary direction of air currents flowing in the above-mentioned branches, respectively.

Professor Czczott has introduced the notion of safety degree, has determined its value, has distinctly presented the problem of current stabilisation and importance of its maintaining in the case of fires (Czczott, 1957). Professor Budryk has developed the scientific principles of fire-fighting action conducting as well as – in order to enable the mine management to carry out air current stabilisation (Budryk, 1954, 1956).

On account of the above the thermodynamic assessment has solid scientific bases.

10.2. The power dissipations/power semi-dissipations in the resultant branches b, w, s amount to:

$$N_{fb} = 17,02, N_{fw} = 282,50, N_{fs} = 1,20 \quad (26)$$

$$\left. \begin{aligned} N_{fb}^s &= -10,00, N_{fw}^s = 12,50, N_{fs}^s = 19,60 \\ N_{fb}^{s1} &= -9,77, N_{fw}^{s1} = 8,28, N_{fs}^{s1} = 20,7 \\ N_{fb}^{s2} &= -12,03, N_{fw}^{s2} = 11,10, N_{fs}^{s2} = 19,52 \end{aligned} \right\} \quad (27)$$

It results from the comparison of the safety degrees (24) with power dissipations (26) that to the lowest degree $\sigma_w = 0,2236$ adequate is the highest power dissipation $N_{fw} = 282,50$ and to the highest degree $\sigma_s = 0,8282$ – the lowest power dissipation.

On the basis of power dissipation (26) and criteria (22), (23) we classify the resultant branches: b, w, s (Fig. 2) as strong branches, and the air currents in the

w bocznicach wypadkowych b, w – jako prądy bardzo mocne; prąd powietrza płynący w boczniczy wypadkowej s – jako prąd mocny.

Na podstawie semimocy (19) i (21) oraz kryteriów (22),(23) klasyfikujemy bocznicę wypadkowe: w, s jako bocznicę mocne, a płynące nimi prądy powietrza- jako prądy bardzo mocne.

Ujemne semidyssypacje mocy w boczniczy wypadkowej b (19), (21) nie mają sensu fizycznego.

10.3. Wyniki oceny termodynamicznej i wyniki klasyfikacji bocznic wypadkowych: b, w, s trójczkowego schematu kanonicznego (rys.2) ujęte tabelarycznie (tab.3) są niejasne, wobec czego potrzebne jest ich geometryczne przedstawienie. W tym celu przyjmujemy układ współrzędnych: σ, N_f (rys. 3), w którym rozważymy stopnie bezpieczeństwa: $\sigma_b, \sigma_w, \sigma_s$ i mocy/ semimocy: $N_f, N_f^s, N_f^{s1}, N_f^{s2}$.

Korzystając z wartości stopni bezpieczeństwa i dyssypacji mocy/semimocy (tab. 3) i używając komputerowego programu Microsoft Excel, otrzymujemy następujące równania (28) parabol (rys. 3) o współczynnikach korelacji $R^2=1$:

$$\left. \begin{aligned} N_f &= 933,37\sigma^2 - 1445,8\sigma + 559,1 \\ N_f^s &= 361,42\sigma^2 - 365,35\sigma + 76,123 \\ N_f^{s1} &= 351,84\sigma^2 - 346,3\sigma + 68,13 \\ N_f^{s2} &= 381,77\sigma^2 - 384,38\sigma + 77,96 \end{aligned} \right\} \quad (28)$$

Obliczamy pierwsze pochodne odpowiednio dyssypacji mocy i dyssypacji semimocy (28):

$$\begin{aligned} \frac{dN_f}{d\sigma} &= 1866,74\sigma - 1445,80; & \frac{dN_f^s}{d\sigma} &= 722,84\sigma - 365,35 \\ \frac{dN_f^{s1}}{d\sigma} &= 703,68\sigma - 346,34; & \frac{dN_f^{s2}}{d\sigma} &= 763,54\sigma - 384,38 \end{aligned}$$

Przyrównując do zera powyższe pochodne, zapisujemy stopnie bezpieczeństwa:

$$\left. \begin{aligned} \sigma &= \frac{1445,8}{1866,74} = 0,7745; & \sigma &= \frac{365,35}{722,84} = 0,5054; \\ \sigma &= \frac{346,34}{703,68} = 0,4922; & \sigma &= \frac{384,38}{763,54} = 0,5034 \end{aligned} \right\} \quad (29)$$

Korzystając z równań (28) i stopni bezpieczeństwa (29), obliczamy minima parabol (rys. 3):

$$\left. \begin{aligned} N_{f,\min} &= -0,79; & N_{f,\min}^s &= -16,21; \\ N_{f,\min}^{s1} &= -17,10; & N_{f,\min}^{s2} &= -18,79 \end{aligned} \right\} \quad (30)$$

resultant branches b, w – as very strong currents; the air current flowing in the resultant branch s – as strong current.

On the basis of semi-power (19) and (21) and criteria (22), (23) we classify the resultant branches: w, s as strong branches, and the air currents flowing through them – as very strong currents.

The negative power semi-dissipations in the resultant branch b (19), (21) have no physical sense.

10.3. The results of the thermodynamic assessment and classification results of resultant branches b, w, s of the three-mesh canonical scheme (Fig. 2), encompassed in tabular form (Table 3) are unclear, therefore necessary is their geometrical presentation. For this purpose we assume the system of coordinates: σ, N_f (Fig. 3), in which we consider the safety degrees: $\sigma_b, \sigma_w, \sigma_s$ and power/semi-power dissipations: $N_f, N_f^s, N_f^{s1}, N_f^{s2}$, respectively.

Using the values of safety degrees and power/semi-power dissipations (Table 3) and applying the computer programme Microsoft Excel, we obtain the following equations (28) of parabolas (Fig. 3) with correlation coefficients $R^2=1$:

$$\left. \begin{aligned} N_f &= 933,37\sigma^2 - 1445,8\sigma + 559,1 \\ N_f^s &= 361,42\sigma^2 - 365,35\sigma + 76,123 \\ N_f^{s1} &= 351,84\sigma^2 - 346,3\sigma + 68,13 \\ N_f^{s2} &= 381,77\sigma^2 - 384,38\sigma + 77,96 \end{aligned} \right\} \quad (28)$$

We calculate the first derivatives of power dissipation and semi-power dissipation (28), respectively:

$$\begin{aligned} \frac{dN_f}{d\sigma} &= 1866,74\sigma - 1445,80; & \frac{dN_f^s}{d\sigma} &= 722,84\sigma - 365,35 \\ \frac{dN_f^{s1}}{d\sigma} &= 703,68\sigma - 346,34; & \frac{dN_f^{s2}}{d\sigma} &= 763,54\sigma - 384,38 \end{aligned}$$

Equating to zero the derivatives mentioned above, we write the safety degrees:

$$\left. \begin{aligned} \sigma &= \frac{1445,8}{1866,74} = 0,7745; & \sigma &= \frac{365,35}{722,84} = 0,5054; \\ \sigma &= \frac{346,34}{703,68} = 0,4922; & \sigma &= \frac{384,38}{763,54} = 0,5034 \end{aligned} \right\} \quad (29)$$

Using the equations (28) and safety degrees (29), we calculate the minima of parabolas (Fig. 3):

$$\left. \begin{aligned} N_{f,\min} &= -0,79; & N_{f,\min}^s &= -16,21; \\ N_{f,\min}^{s1} &= -17,10; & N_{f,\min}^{s2} &= -18,79 \end{aligned} \right\} \quad (30)$$

Przyrównując do zera prawe strony równań (28), obliczamy stopnie bezpieczeństwa, w których parabole o równaniach (28) przecinają oś odciętych σ układu współrzędnych (σ, N_f) (rys. 3). Korzystając z tych stopni bezpieczeństwa, zapisujemy następujące przedziały stopni bezpieczeństwa dotyczące kolejno parabol o równaniach (28) (rys. 3):

$$\left. \begin{array}{l} 0,7454 < \sigma < 0,8036; \quad 0,2937 < \sigma < 0,7172 \\ 0,2711 < \sigma < 0,7133; \quad 0,2816 < \sigma < 0,7253 \end{array} \right\} \quad (31)$$

Na podstawie granic przedziałów (31) obliczamy średnie stopnie bezpieczeństwa:

$$\left. \begin{array}{l} (0,7454 + 0,8036)/2 = 0,7745; \quad (0,2937 + 0,7172)/2 = 0,5054; \\ (0,2711 + 0,7133)/2 = 0,4922; \quad (0,2816 + 0,7253)/2 = 0,5034 \end{array} \right\} \quad (32)$$

Średnie stopnie bezpieczeństwa (32) są równe odpowiednio stopniom bezpieczeństwa (29). Świadczy to dobrze o przeprowadzonych obliczeniach.

Ujemne dyssypacje mocy/semimocy – adekwatne do stopni bezpieczeństwa σ z wszystkich czterech przedziałów stopni bezpieczeństwa (31) (rys. 3) – nie mają sensu fizycznego. Chcąc się dowiedzieć, jakie są przyczyny wymienionego braku sensu, sięgniemy do proveniencji kryteriów klasyfikacji bocznic.

We francuskim przemyśle górniczym – według pracy [9] – przeciętny system wentylacji kopalni składa się kilkuset bocznic. Przeprowadzenie pomiarów wentylacyjnych we wszystkich bocznicach jest niesłychanie pracochłonne. W celu usprawnienia pomiarów i uzyskania pewniejszych wyników przeprowadzano szacunkową klasyfikację bocznic według pobranych przez nie mocy $N(=N_f)$ na bocznicę mocne, średnie i słabe, przy czym stosowano wspomniane kryterium (22). Pobrane moce, N , określano na podstawie książek wentylacyjnych, pokładowych map wentylacyjnych, schematów systemu wentylacji i dodatkowych informacji służby wentylacyjnej kopalni.

Wobec powyższego klasyfikacyjna ocena nie ma żadnych podstaw naukowych. Proveniencja tej oceny – to wspomniana szacunkowa klasyfikacja bocznic – podana przez zatrudnioną w Głównym Instytucie Górniczym mgr fizyki Małgorzatę Garncarz w jej w sprawozdaniu [9] ze stażu naukowego we Francji.

Equating to zero the right sides of equations (28), we calculate the safety degrees, in which parabolas with equations (28) cross the axis of abscissae σ of the system of coordinates (σ, N_f) (Fig. 3). Using these safety degrees, we write the following intervals of safety degrees concerning in turn parabolas with equations (28) (Fig. 3):

$$\left. \begin{array}{l} 0,7454 < \sigma < 0,8036; \quad 0,2937 < \sigma < 0,7172 \\ 0,2711 < \sigma < 0,7133; \quad 0,2816 < \sigma < 0,7253 \end{array} \right\} \quad (31)$$

On the basis of interval limits (31) we calculate the average safety degrees:

$$\left. \begin{array}{l} (0,7454 + 0,8036)/2 = 0,7745; \quad (0,2937 + 0,7172)/2 = 0,5054; \\ (0,2711 + 0,7133)/2 = 0,4922; \quad (0,2816 + 0,7253)/2 = 0,5034 \end{array} \right\} \quad (32)$$

The average safety degrees (32) are equal to safety degrees (29), respectively. This proves that the calculations were carried out properly.

The negative power/semi-power dissipations – adequate to safety degrees σ from all four intervals of safety degrees (31) (Fig. 3) – have no physical sense. Wishing to know, what are the reasons of the above-mentioned lack of sense, we will refer to the provenance of branch classification criteria.

In the French mining industry – according to the work (Garncarz, 1971) – the average ventilation system of a mine is composed of several hundreds of branches. Carrying out ventilation measurements in all branches is extremely labour-consuming. In order to improve the measurements and to obtain more sure results, the estimated classification of branches according to the absorbed by them powers $N(=N_f)$ into strong, medium and weak branches was carried out; at the same time the above mentioned criterion (22) was applied. The absorbed powers, N , were determined on the basis of ventilation books, ventilation seam maps, ventilation system schemes and additional information of the mine ventilation service.

On account of the above the classificatory assessment has no scientific bases. The provenance of this assessment is the above mentioned estimated classification of branches – presented by Małgorzata Garncarz, MSc in physics, employed at the Central Mining Institute, in her report regarding her scientific fellowship in France (Garncarz, 1971).

11. WNIOSKI

Termodynamiczna ocena stanu bezpieczeństwa systemu wentylacji kopalni ma rzetelne podstawy naukowe. Proweniencja tej oceny – to prace Profesora Henryka Czczotta i Profesora Witolda Budryka.

Klasyfikacyjna ocena stanu bezpieczeństwa wymienionego systemu wentylacji nie ma podstaw naukowych. Proweniencja tej oceny – to szacunkowa klasyfikacja bocznic [9].

Literatura

1. *Budryk W.*: Pożary i wybuchy w kopalniach. Cz.1. Pożary podziemne. WG-H. Katowice 1056, s. 223.
2. *Budryk W.*: Dorobek polski w światowej nauce wentylacji kopalń i pożarów podziemnych. Zeszyty Naukowe AGH. Górnictwo. Z.1. Kraków 1954, s. 11-23.
3. *Bystroń H.*: Podstawy schematu potencjalnego kopalnianej sieci wentylacyjnej. Prace GIG. Kom. Nr 471. Wydaw. „Śląsk”. Katowice 1969, s. 123.
4. *Bystroń H.*: An Approach to Mine Ventilation Based on the Aerodynamic Potential of Ventilating Air Treated as a Mixture of Dry Air, Water Vapour and Liquid Water Droplets. Proc. of the 7th Internal. Mine Ventil. Congress, Cracow June 17-22, 2001, p.1-8.
5. *Bystroń H.*: The Thermodynamic Approach to the Safety State Assessment of a Deep Mine Using Underground Main Fan. Arch. Min. Sci., Vol.53, No 4, 2008, p. 477- 481.
6. *Bystroń H.*: Podejście termodynamiczne do odwracania się prądów powietrznych bocznego i głównego w kopalni o schodzącym przewietrzaniu projektowanych nadpoziomowych robót wydobywczych podczas pożarów węgla w schodzącym prądzie niezależnym. Mechanizacja i Automatyizacja Górnictwa. Nr 10, 2008, s. 5 – 23.
7. *Czczott H.*: Metoda badań i wyniki prac nad teorią wentylacji (opracował J. Litwiniszyn). Wybór pism. PAN. PWN. Warszawa 1957, s. 26-33.
8. *Dziurzyński W., Palka T., Krawczyk J.*: Prognoza przewietrzania kopalni w przypadku pożaru w wyrobisku ze schodzącym prądem powietrza. Przegląd Górniczy Nr 12, 2006, s. 1-11.
9. *Garncaz M.*: Metody pomiarowe i obliczeniowe stosowane w technice wentylacyjnej we francuskim przemyśle węglowym. Przegląd Górniczy Nr 11, 1971, s. 532-538..
10. *Strumiński A.*: Zabezpieczenie kopalni przed zadymieniem. Zwalczanie pożarów w kopalniach głębinowych. Wydaw. „Śląsk”. Spółka z o.o. Katowice 1996, s. 117-180.

Recenzent: prof. zw. dr hab. inż. Wacław Trutwin

11. CONCLUSIONS

The thermodynamic assessment of the safety state of mine ventilation system has solid scientific bases. The provenance of this assessment constitute the works of Professor Henryk Czczott and Professor Witold Budryk.

The classificatory assessment of the safety state of the above mentioned ventilation system has no scientific bases. The provenance of this assessment constitutes the above mentioned estimated classification of branches.

References

1. *Budryk W.*, 1954, Polish achievements in the world science in mine ventilation and underground fires. Scientific booklets of AGH University of Science and Technology. Mining. B-1. Cracow, p. 11-23.
2. *Budryk W.*, 1956, Fires and explosions in mines. Part 1. Underground fires. WG-H. Katowice, p.223.
3. *Bystroń H.*, 1969, Bases of the potential scheme of mine ventilation network. Works of GIG. Rep. No 471. Publishing House „Śląsk”. Katowice, p.123.
4. *Bystroń H.*, 2001, An approach to mine ventilation based on the aerodynamic potential of ventilating air treated as a mixture of dry air, water vapour and liquid water droplets. Proc. of the 7th Internal. Mine Ventilation Congress, Cracow June 17-22, 2001, p. 1-8.
5. *Bystroń H.*, 2008a, The thermodynamic approach to the safety state assessment of a deep mine using underground main fan. Arch. Min. Sci., Vol. 53, No 4, 2008, p. 477- 481.
6. *Bystroń H.*, 2008b, The thermodynamic approach to the reversion of lateral and main air currents in a mine with descending ventilation of planned above-level mining operations during coal fires in the descending independent current. Mechan. i Autom. Górn. No.10, p.5-23.
7. *Czczott H.*, 1957, Method of investigations and work results related to the ventilation theory. Elaborated by J. Litwiniszyn. Selection of Works. Polish Academy of Sciences. PWN. Warsaw, p. 26-33.
8. *Dziurzyński W., Palka T., Krawczyk J.*, 2006, Prediction of mine ventilation in the case of fire in a working with descending air current. Przegląd Górniczy No 12, p. 1-11.
9. *Garncaz M.*, 1971, Measuring and calculation methods used in the ventilation technique in the French coal industry. Przegląd Górniczy No 11, p. 532-538.
10. *Strumiński A.*, 1996, Protection of mine against smokiness. Fire combating in underground mines (in Polish). Publishing House „Śląsk”, Ltd, Katowice, p. 117-180.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ И КЛАССИФИКАЦИОННАЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ ШАХТЫ

В результате преобразования двучковой замкнутой канонической схемы системы вентиляции шахты – объект испытания в настоящей и ранней работе - получено: а) трехчковую замкнутую каноническую схему с тремя результирующими ветвями а также б) входные величины касающиеся узлов и ветвей системы вентиляции. Определено выходные величины касающиеся очков и результирующих ветвей и дано три очковые уравнения. Исходя из этих уравнений – методом применяемым в термодинамической оценке состояния безопасности системы вентиляции шахты - выделено условия сохранения первичных направлений струй воздуха в результирующих ветвях и степени безопасности вместе с их значениями. Для результирующих ветвей вычислено диссипации мощности и диссипации трех видов семимощности. Пользуясь известными критериями, проведено классификацию результирующих ветвей и текучих ними струй воздуха. Табличное и графическое сравнения полученных результатов с учетом происхождения оценок показало, что термодинамическая оценка обладает прочными научными основами, а в классификационной оценке они отсутствуют.

$$\left. \begin{array}{l} \text{strong branches : } N_f \geq 1.2 \text{ kW} \\ \text{medium branches : } 1.2 \text{ kW} > N_f > 0.13 \text{ kW} \\ \text{weak branches : } N_f \leq 0.13 \text{ kW} \end{array} \right\} (22)$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{very strong currents : } N_f \geq 1.2 \text{ kW} \\ \text{strong currents : } 1.2 \text{ kW} \leq N_f < 6 \text{ kW} \\ \text{medium currents : } 0.24 \text{ kW} \leq N_f < 1.2 \text{ kW} \\ \text{weak currents : } 0.05 \text{ kW} \leq N_f < 0.24 \text{ kW} \\ \text{very weak currents : } 0 < N_f < 0.05 \text{ kW} \end{array} \right\} (23)$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{bocznice mocne : } N_f \geq 1.2 \text{ kW} \\ \text{bocznice średnie : } 1.2 \text{ kW} > N_f > 0.13 \text{ kW} \\ \text{bocznice słabe : } N_f \leq 0.13 \text{ kW} \end{array} \right\} (22)$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{prąą bardzo mocne : } N_f \geq 1.2 \text{ kW} \\ \text{prąą mocne : } 1.2 \text{ kW} \leq N_f < 6 \text{ kW} \\ \text{prąą średnie : } 0.24 \text{ kW} \leq N_f < 1.2 \text{ kW} \\ \text{prąą słabe : } 0.05 \text{ kW} \leq N_f < 0.24 \text{ kW} \\ \text{prąą bardzo słabe : } 0 < N_f < 0.05 \text{ kW} \end{array} \right\} (23)$$