

Andrzej FRYCZ  
Ryszard FRĄCZEK

## WPLYW TEMPERATURY I WILGOTNOŚCI GAZÓW POŻAROWYCH NA DOKŁADNOŚĆ WYNIKÓW ANALIZY CHEMICZNEJ

Streszczenie. Omówiono wpływ temperatury i wilgotności względnej na objętość pobranej próby powietrza do analizy powietrza. Podano sposób właściwej interpretacji wyników uzyskanych z analizy chemicznej. W zakończeniu podano wnioski wynikające z przedstawionej pracy.

### 1. WPROWADZENIE

W czasie pożarów zachodzi konieczność określania stopnia wybuchowości zadymionego prądu powietrza, będącego mieszaniną powietrza ( $N_2$ ,  $O_2$ ), metanu ( $CH_4$ ) i gazów pożarowych ( $CO$ ,  $CO_2$ ,  $H_2$ ). Rodzaj i ilość powstających w czasie pożaru gazów pożarowych zależy od wielu czynników, do których można zaliczyć:

- rodzaj palącej się substancji,
- warunki spalania,
- dopływ powietrza do ogniska pożaru,
- warunki hydrologiczne w sąsiedztwie ogniska,
- stosowane środki zwalczania pożaru.

Obecność gazów pożarowych i ich zawartość w danej mieszaninie ma bardzo duży wpływ na wybuchowość tej mieszaniny, przy czym gazy palne ( $CO$ ,  $H_2$ ,  $C_xH_x$ ) poszerzają granicę wybuchowości oraz graniczne stężenie tlenu, natomiast gazy niepalne ( $CO_2$ ,  $N_2$ ) granice te zawężają [3,4,6].

W gazach pożarowych oprócz wyżej wymienionych gazów jest jeszcze zawarta para wodna. Jednakże w większości opracowań dotychczasowych, dotyczących sposobu tworzenia się oraz analizy składu gazów pożarowych, rola i udział pary wodnej są przemilczane [1,2,3,4,5,7,8]. O ile w temperaturze  $18^\circ C$  udział pary wodnej w mieszaninie gazów może stanowić zaledwie 2%, to już w temperaturze  $80^\circ C$  udział jej może wzrosnąć do 45%.

W związku z tym wpływ jej na wybuchowość mieszaniny gazów pożarowych może być znaczny.

Ponadto duże ciepło parowania wody czy kondensacji pary będzie miało duży wpływ na rozwój pożaru. Zagadnienie to wymaga obszernych badań. Celem niniejszego artykułu jest jedynie zwrócenie uwagi na właściwą interpretację wyników analizy chemicznej prób gazów pożarowych, posiadających wysoką temperaturę i wilgotność.

## 2. INTERPRETACJA WYNIKÓW ANALIZY CHEMICZNEJ GAZÓW POŻAROWYCH

Dla mieszaniny gazów stosuje się prawo Daltona wyrażające, że ciśnienie całkowite mieszaniny gazów jest równe sumie ciśnień cząstkowych poszczególnych składników mieszaniny:

$$P_c = p_1 + p_2 + \dots + p_n,$$

gdzie:

$p_c$  - ciśnienie całkowite mieszaniny gazów,

$p_{1-n}$  - ciśnienie cząstkowe poszczególnych składników.

Udziałowi ciśnień cząstkowych poszczególnych składników odpowiada udział objętościowy gazów w mieszaninie [10, 11]. Laboratorium chemiczne wykazując skład procentowy mieszaniny gazów wykazuje odpowiadający im udział objętościowy, bez uwzględnienia pary wodnej. Większość gazów zawartych w powietrzu wpływającym z ogniska pożaru podlega przemianom termodynamicznym Boyle'a-Mariotte'a czy Gay-Lussaca. Para wodna jedynie w obszarze powyżej linii wykreślającej stan nasycenia w układzie  $i - x$  (rys. 1) podlega tym prawom. Poniżej linii nasycenia para wodna ulega kondensacji. Stan ten para wodna osiąga w wyniku obniżenia temperatury lub w wyniku wzrostu ciśnienia całkowitego. Przemiany takie zachodzą także w naczyniu, w którym przenosimy pobrane powietrze do analizy chemicznej. Pobrana próba powietrza o wysokiej temperaturze i dużej wilgotności na skutek ochłodzenia spowoduje kondensację pary wodnej. Po wytrąceniu pary wodnej w naczyniu wytwarza się podciśnienie. Po podłączeniu naczynia z aparaturą, którą przeprowadza się analizę gazów, nastąpi wyrównanie ciśnień w wyniku czego próba zmniejszy swoją objętość. Objętość, jaką próba zajmie w stosunku do objętości pierwotnej, wyniesie:

$$y = \frac{P_c - P_p}{P_c} 100, \quad (2)$$

gdzie:

$y$  - objętość próby wyrażona w procentach w stosunku do objętości pierwotnej,

$p_p$  - ciśnienie cząstkowe pary wodnej w miejscu pobrania próby.

W związku z powyższym wyniki próby analizy chemicznej będą zawyżone. Ich rzeczywistą wartość uzyska się w wyniku pomnożenia zależności (2) przez wynik analizy chemicznej:

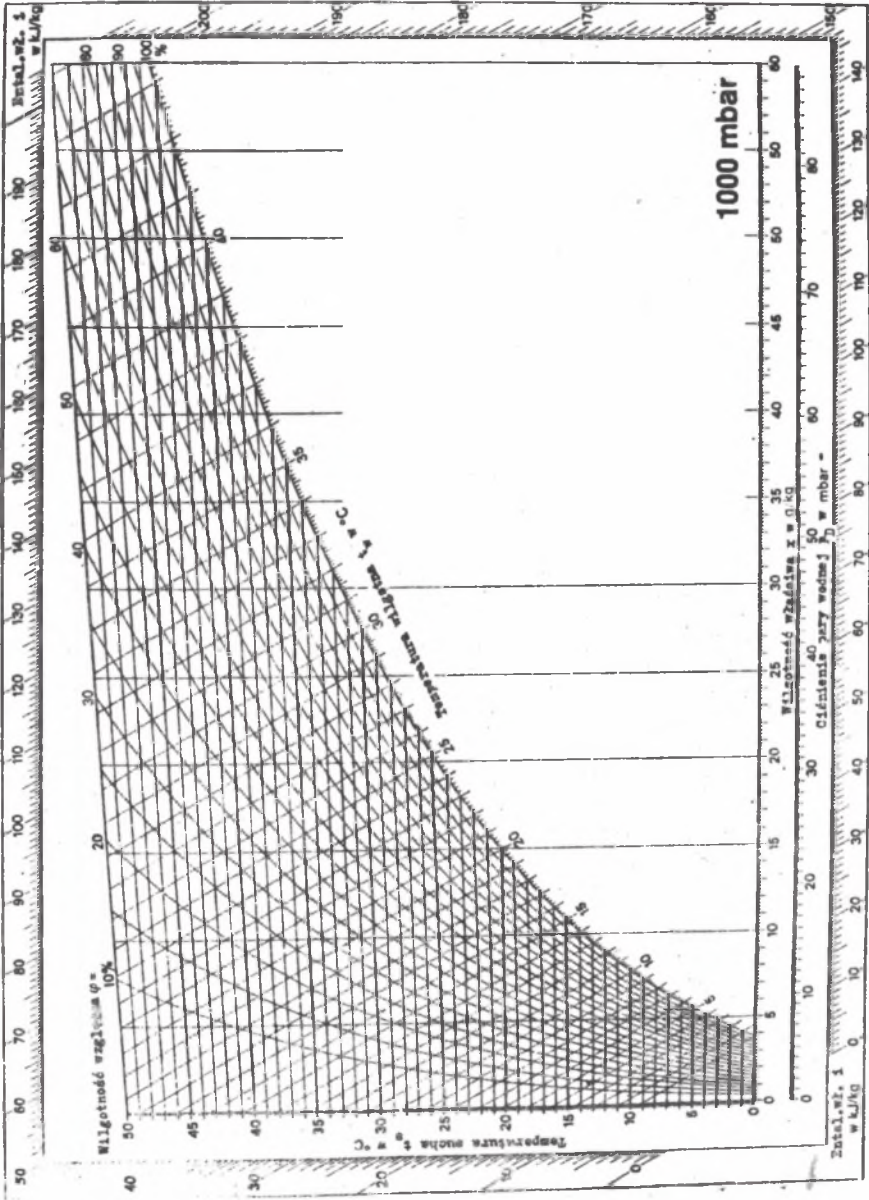
$$x_{rz} = x_p \cdot y, \quad (3)$$

gdzie:

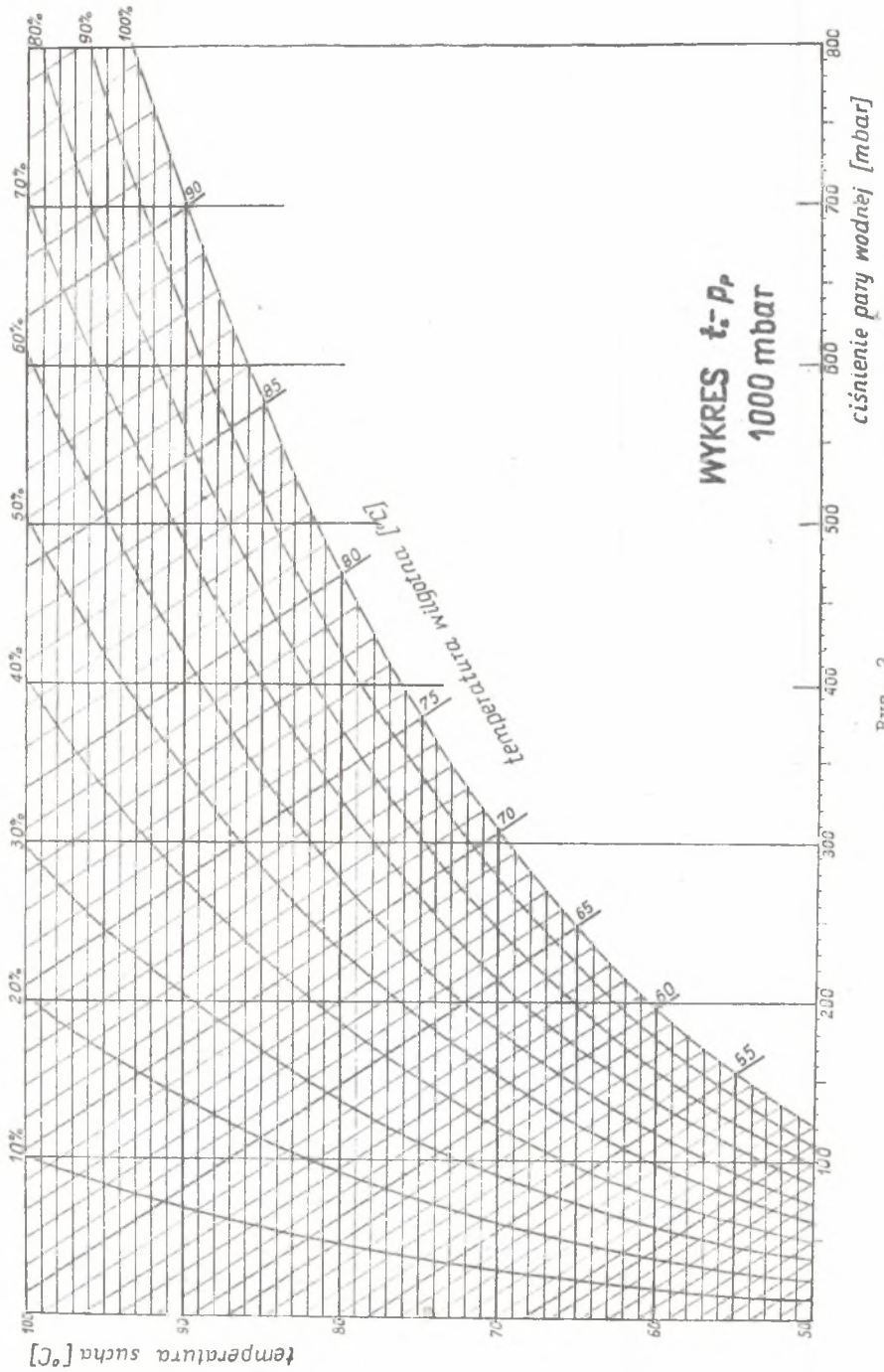
$x_{rz}$  - rzeczywisty udział objętościowy gazu w mieszaninie,

$x_p$  - udział objętościowy gazu uzyskany na drodze analizy chemicznej.

W celu skorzystania z zależności (3) należy odczytać z wykresu  $i - x$  wartość ciśnienia cząstkowego pary wodnej, mając dane temperatury powie-



Rys. 1



Rys. 2

trza mierzone termometrem suchym i wilgotnym (psychrometrem Assmana). Ponieważ w literaturze najczęściej spotykany jest wykres  $i - x$ , który odnosi się do zakresu temperatur  $0-50^{\circ}\text{C}$  (rys. 1), autorzy na podstawie znanych wzorów [9] opracowali wykres  $t_s - p_p$  (temperatura mierzona termometrem suchym - ciśnienie cząstkowe pary wodnej) w zakresie temperatur  $50-100^{\circ}\text{C}$  (rys. 2). W celu poprawnego korzystania z podanej wyżej metody interpretacji wyników analizy chemicznej podano przykład.

#### Przykład:

Pomierzono temperaturę powietrza termometrem suchym  $t_s = 90^{\circ}\text{C}$  oraz termometrem wilgotnym  $t_w = 80^{\circ}\text{C}$  oraz ciśnienie barometryczne w miejscu pobrania próby  $p_c = 1000$  mbar. Przeprowadzona analiza chemiczna pobranej próby wykazała zawartość metanu  $x_{\text{CH}_4} = 4\%$ . Obliczyć rzeczywistą zawartość metanu w miejscu pobrania próby?<sup>4</sup> Odczytane na wykresie  $t_s - p_p$  ciśnienie pary wodnej:  $p_p = 400$  mbar.

Rzeczywistą zawartość metanu obliczono z zależności (3):

$$x_{\text{rz}} = 4 \left( \frac{1000 - 4000}{1000} \right) = 2,4 (\%),$$

Podobnie należy uczynić z pozostałymi składnikami mieszaniny powietrza.

### 3. ZAKOŃCZENIE

Podany sposób interpretacji wyników analizy chemicznej gazów pożarowych, pozwala na uzyskanie właściwego rozeznania o stopniu wybuchowości powietrza w badanym miejscu. Wiąże się to jednak z dodatkowym pomiarem temperatury powietrza termometrem suchym i wilgotnym w miejscu pobrania próby. Należy jednak zwrócić uwagę, że służby wentylacyjne kopalń obecnie dysponują jedynie psychrometrami mającymi górny zakres temperatury  $50^{\circ}\text{C}$ . Niezależnie od pomiaru składu gazów pożarowych i ich temperatury należałoby również mierzyć wydatki objętościowe gazów pożarowych. Uzyskane wyniki pomiarów pozwoliłyby na właściwe rozeznanie rozwoju pożaru, a ponadto umożliwiłyby określenie temperatury w ognisku pożaru, a po otamowaniu pola pożarowego określenie czasu wychładzania górotworu.

#### LITERATURA

- [1] Bałtajtis W.J.: Opriedielienije srokov wkrýtija izolirowannogo požarnogo uczastka. Roz.Miest.Pol.Isk.Izdat.Tiechnika, Kijew 1975.
- [2] Chapman D.M.: Sealing, Remote Sampling and Reopening following an ignition and Fire at Thurcroft Main Colliery. Mining Engineer June 1972.
- [3] Czechowicz J.: Zwalczenie pożarów w kopalniach silnie metanowych. Wyd. Śląsk, Katowice 1972.
- [4] Ebuchi F. : Trace gaseous products from underground fires and their determination. Inter.Conf.of Safety in Mines Reasearch Doneck USRR 1971 D.8.

- [5] Muzyczuk J.: Wyznaczanie parametrów trójkąta wybuchowości Cowarda dla złożonych mieszanin gazowych. Kom.GIG nr 621 Katowice 1974.
- [6] Pellar J. : Ognie wtórne przyczyną zwiększenia zasięgu akcji p. Włodarczyk W. : pożarowej w kopalni "Mortimer - Porąbka". Przegląd Górniczy nr 1.1969.
- [7] Praca zbiorowa: Taktyka pożarowa w kopalniach węgla. GIG Katowice 1970.
- [8] Praca zbiorowa: Poradnik Górnika. Część III, Wyd. Śląsk, Katowice 1974.
- [9] Recknagel-Sprenger: Taschenbuch für Heizung, Luftung und Klimatechnik. München 1962.
- [10] Stognin N.J.: Analiz rudnicznego wozducha, Moskwa 1961.
- [11] Waszak S. : Analiza gazów. PWT, Warszawa, 1956.  
Wacławik J.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ ПОЖАРНЫХ ГАЗОВ  
НА ТОЧНОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ ХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Р е з ю м е

Излагается влияние температуры и относительной влажности на объём взятой для анализа пробы воздуха. Дается способ свойственной интерпретации результатов, полученных из химического анализа. В заключении приводятся итоги возникающие из представленной работы.

INFLUENCE OF TEMPERATURE AND HUMIDITY OF FIRE GASES  
ON THE PRECISION OF CHEMICAL ANALYSIS RESULTS

S u m m a r y

Influence of temperature and relative humidity on the volume of air sample taken for air analysis.

A way of adequate interpretation of chemical analysis results has been given.

Conclusions drawn from the presented paper have been given at the end.