

KAROL REICH

PNEUMATYCZNE URZĄDZENIA STRUMIENICOWE DO  
ZWALCZANIA ZAGROZEŃ GAZOWYCH I KLIMATYZACJI

W publikacji przedstawiono wyniki wieloletnich prac badawczych i wdrożeniowych prowadzonych przez autora w zakresie technologii zwalczania zagrożeń gazowych /zwłaszcza metanowych/ za pomocą pneumatycznych urządzeń strumienicowych. Przedstawiono w szczególności sposoby usuwania lokalnych nagromadzeń metanu w wyrobiskach górniczych za pomocą strumienia wytwarzanego w strumienicy, powodującego ich rozrzedzenie i intensyfikację wymieszania z powietrzem wentylacyjnym kopalni. Omówiono przykłady odsysania gazów za pomocą urządzeń strumienicowych i sposób zmniejszania niebezpiecznych stężeń do wartości dopuszczalnych. Omówiono konstrukcje, wyniki badań i charakterystyki pracy nowych rozwiązań strumienic oraz kierunki dalszych prac naukowo-badawczych i rozwojowych.

1. Wstęp

Intensywny rozwój górnictwa węglowego i występujący wzrost gazowości kopalń wymagają stosowania coraz skuteczniejszych metod i środków do zwalczania zagrożeń gazowych oraz prowadzenia perspektywicznych prac naukowo-badawczych w tym przedmiocie [35]. Obecnie istnieje w Polsce ponad 20 kopalń uznawanych za gazowe o dużym stopniu zagrożenia metanowego [19]. Do zwalczania zagrożeń metanowych stosowane są różne sposoby i urządzenia, do których należą również strumienice pneumatyczne. Tematyka prac badawczych i wdrożeniowych, z zakresu pneumatycznych urządzeń strumienicowych, prowadzona w COPKING-KOMAG, obejmuje następujące zagadnienia:

- usuwanie lokalnych nagromadzeń metanu za pomocą strumienia świeżego powietrza wytwarzanego przez strumienicę,
- odsysania mieszaniny gazów lub pyłów z miejsc występowania za pomocą odpowiednich układów ze strumienicami,

-usuwania zagrożeń pyłowo-gazowych za pomocą strumienia powietrzno-wodnego wytwarzanego przez strumienicę pneumatyczno-wodną,  
 -wentylacji pomocniczej krótkich wyrobisk górniczych, za pomocą lutniowych wentylatorów strumienicowych.

W latach 70-72 opracowano i wdrożono w kopalniach ROW 50 szt. strumienic pneumatycznych typu ZEFIR [4, 5], które zastosowano do zwalczania zagrożeń metanowych w ścianach i chodnikach nadścianowych do usuwania lokalnych nagromadzeń przystropowych metanu.

W wyniku uzyskanych doświadczeń opracowano w następnych latach i wdrożono do eksploatacji strumienicę ZEFIR-100 [7, 8] oraz CYKLON - 40, 60 i 80 [12, 9, 10, 11]. Połączenie strumienicy pneumatycznej typu CYKLON z lutniociągami pozwoliło na opracowanie dwustopniowej strumienicy wentylacyjnej [17], która może zastąpić w krótkich wyrobiskach górniczych wentylatory pneumatyczne wirnikowe. Prowadzone są również prace nad zastosowaniem urządzeń strumienicowych w innych dziedzinach techniki, wszędzie tam gdzie warunki bezpieczeństwa i pracy nie pozwalają na stosowanie urządzeń wentylacyjnych z napędem elektrycznym.

Zadaniem publikacji jest przedstawienie dotychczasowych wyników prac naukowo-badawczych i rozwojowych oraz wdrożeniowych w zakresie pneumatycznych urządzeń strumienicowych stosowanych w górnictwie szczególnie do zwalczania zagrożeń metanowych [11, 13, 14, 15, 16].

## 2. Zastosowanie

Strumienica pneumatyczna, jako urządzenie wytwarzające podciśnienie / ssanie / lub silny strumień powietrza, może powodować:

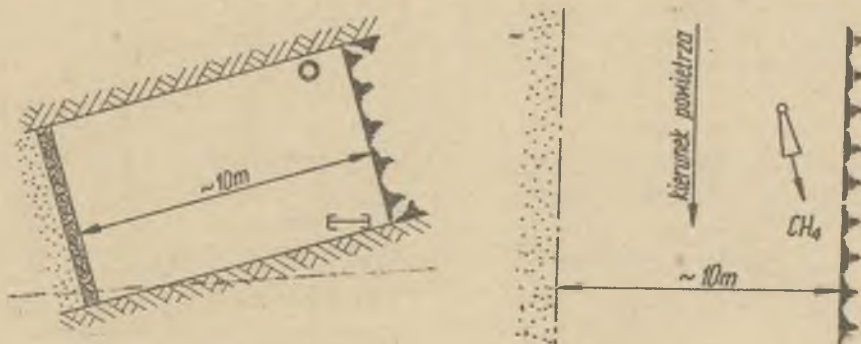
- usuwanie lokalnych nagromadzeń metanu / lub gazów /  
za pomocą strumienia wytwarzanego przez strumienicę, w przypadku jego skierowania w miejsce nagromadzeń gazów,
- odsysanie gazu / mieszaniny gazów / w przypadku połączenia strumienicy z odpowiednim przewodem / rurociągiem /,
- przepływ powietrza w lutniach wentylacyjnych, zastępując wentylator lutniowy wirnikowy,
- usuwanie zagrożeń pyłowo-gazowych w otoczeniu pracy narzędzi urabiających za pomocą strumienia powietrzno-wodnego wytwarzanego przez strumienicę pneumatyczno-wodną.

Strumienice mogą więc mieć zastosowanie indywidualne lub w połączeniu z przewodem bądź ze zwężką Venturiego - tworząc lutniowy wentylator strumienicowy. Pneumatyczne urządzenia strumienicowe mogą mieć zastosowanie we wszystkich kategoriach zagrożenia gazowego i wszędzie tam, gdzie ze względu na zagrożenia pyłowo-gazowe i warunki pracy nie można stosować urządzeń z napędem elektrycznym.

W górnictwie zaleca się stosowanie strumienic pneumatycznych w następujących warunkach:

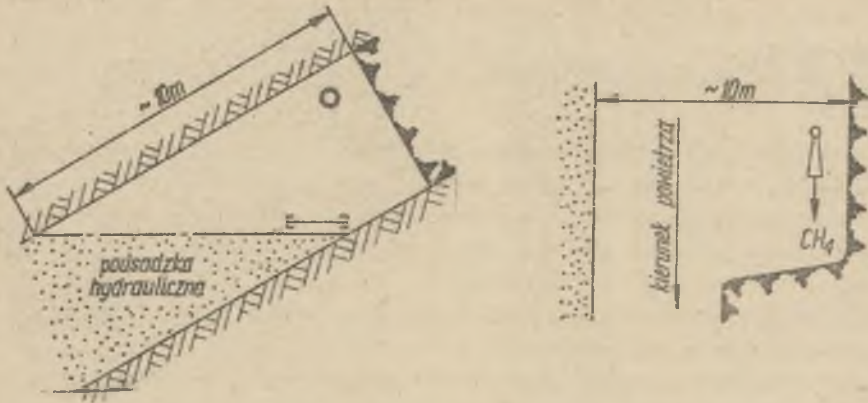
- a/ w ścianach i zabierkach prowadzonych z podszadką płynną, w których na skutek dużego otwarcia wyrobiska, pomimo znacznych ilości przepływającego powietrza, nie jest możliwe rozrzedzenie metanu do bezpiecznych granic,
- b/ we wdzierkach oraz wnękach kombajnowych i strugowych w ścianach,
- c/ w miejscach, w których występują zmiany poprzecznych wymiarów wyrobisk eksploatacyjnych / uskoki, zaburzenia geologiczne/,
- d/ w miejscach skrzyżowań wyrobisk eksploatacyjnych z wyrobiskami chodnikowymi,
- e/ w chodnikach nadścianowych w miejscach intensywnego wydzielania się metanu wzdłuż pasa podszadzkowego,
- f/ w chodnikach nadścianowych drażonych / eksploatacja do granic/, lub likwidowanych w miarę postępu / eksploatacja od granic/ ściany,
- g/ w przodkach wyrobisk korytarzowych, do wywołania ruchu powietrza w lutiociągach tłoczących przy przewietrzaniu kombinowanym,
- h/ w wyrobiskach korytarzowych dla przeciwdziałania tworzeniu się lontów metanowych,
- i/ w wyrobiskach korytarzowych dla rozrzedzenia metanu w wyrwach stropowych oraz wykładce nad obudową,
- j/ do likwidacji nagromadzeń dwutlenku węgla przy spągu,
- k/ we wnękach np. wiertniczych, odmetanowania, itp.
- l/ w dojściach do tam izolacyjnych,
- ł/ do odsysania gazów ze starych zrobów,
- m/ do odsysania i uławiania pyłów.

Strumienice mogą mieć również zastosowanie do klimatyzacji, chłodzenia maszyn, odsysania mgły, do usuwania pyłów osiadłych - szczególnie urządzeń elektrycznych oraz do napyłania i narzucania substancji niepalnych na ociosy, stropy i spągi wyrobisk górniczych.

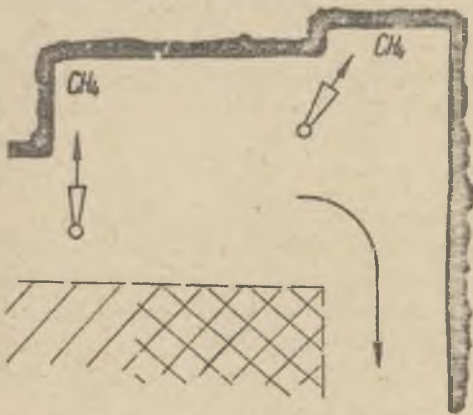


Rys. 1. Ściana z podszadką hydrauliczną

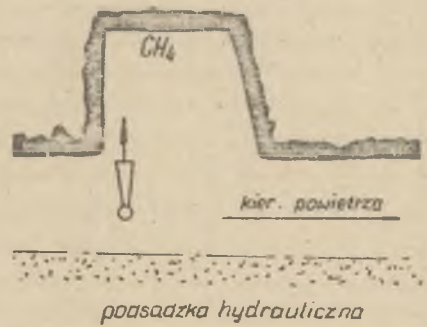




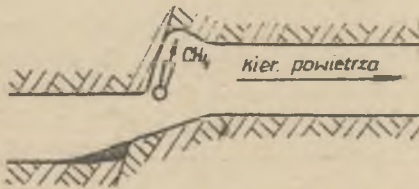
Rys. 2. Zabierka z podsadzką hydrauliczną



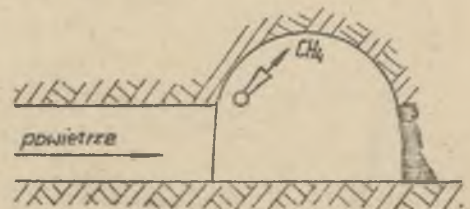
Rys. 3. Wnęką kombajnowa lub strugowa w ścianie



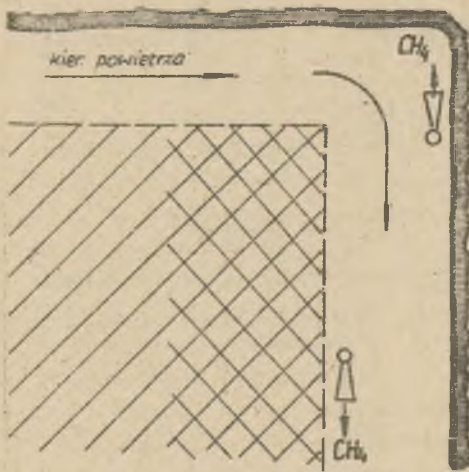
Rys. 4. Wdzierka w ścianie lub zabierce



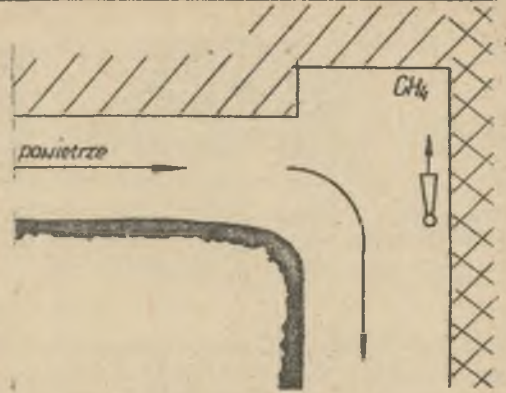
Rys. 5. Nagłe zmiany wymiarów poprzecznych / uskoki i zaburzenia geologiczne/



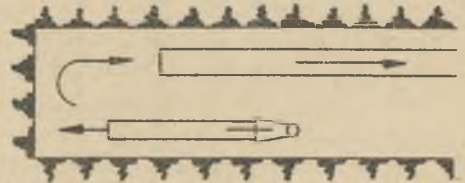
Rys. 6. Nagłe zmiany wysokości /połączenie ściany z chodnikiem nadścianowym/



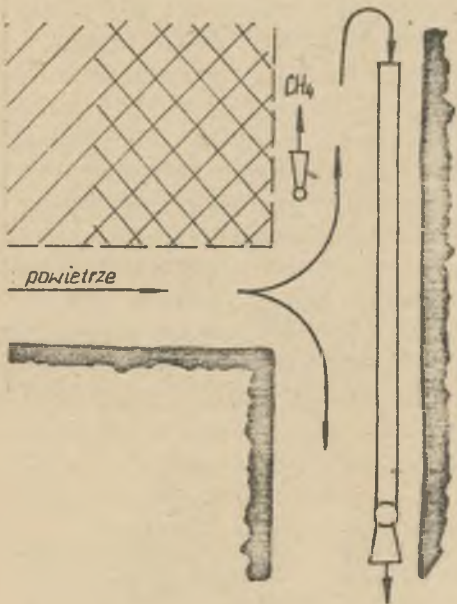
Rys. 7. Chodnik nadścianowy drążony z postępow ściany



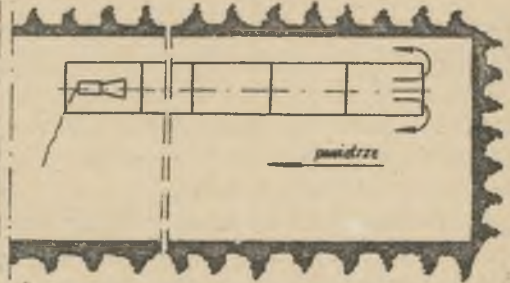
Rys. 8. Chodnik nadścianowy likwidowany z postępow ściany



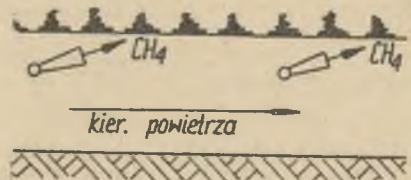
Rys. 10. Wentylacja lutniowa kombinowana



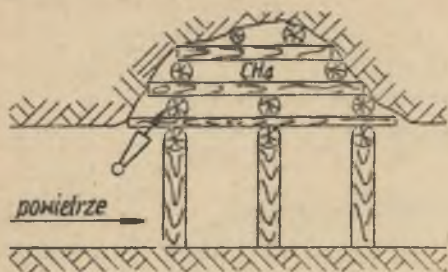
Rys. 9. Chodnik nadścianowy -wydzielanie metanu z pasa podsadzkowego



Rys. 11. Wentylacja krótkich wyrobisk górniczych



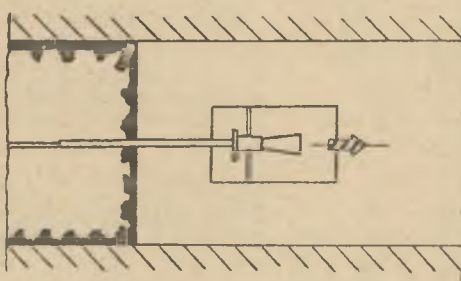
Rys. 12. Przystropowe warstwy i lonty metanowe



Rys. 13. Wyrwy strcopowe i wykładka nad obudową



Rys. 14. Wnęki i dojsćcia do tam izolacyjnych



Rys. 15. Udsysanie z za ślasy

Wysoka sprawność, funkcjonalność, prosta budowa i całkowite bezpieczeństwo wobec gazów wybuchowych, przyczyniły się do szerokiego rozpowszechnienia w górnictwie dotychczas opracowanych urządzeń strumienicowych.

Przykłady niektórych zastosowań strumienic i sposób ich instalowania w wyrobiskach górniczych przedstawiono na rysunkach / rys. 1 - 15/.

Dotychczas wdrożono w kopalniach gazowych ponad 500 szt. strumienic w różnych układach technologicznych. Trwają również prace badawcze nad ich zastosowaniem w kamieniołomach do usuwania pyłu przy wierceniach, przy szlifowaniu płyt kamiennych, w spawalniach, itp.

### 3. Zasada pracy i konstrukcja

Strumienice są zwężkowymi przenośnikami płynów / cieczy, gazów i par/. Zjawisko przepływu przez strumienicę jest związane z mieszaniem się dwu strumieni o jednorodnej lub niejednorodnej strukturze molekularnej. Stanowi ono rozległy obszar prac teoretycznych i doświadczalnych.

Trudność teoretycznego opisu zjawisk termodynamicznych i optymalizacji cech konstrukcyjnych jest przyczyną eksperymentalnego charakteru prac badawczych, zwłaszcza w zakresie strumienic pneumatycznych dla górnictwa. Czynnikiem decydującym w wyborze eksperymentalnego kierunku prac była również konieczność szybkiego opracowania i wdrożenia w kopalniach gazowych



nowych nie stosowanych dotychczas metod i środków do zwalczania zagrożeń metanowych.

Strumienica pneumatyczna jest urządzeniem wytwarzającym silny strumień / podciśnienie/ na zasadzie ssącego działania strumienia czynnika napędowego / roboczego/, którym najczęściej jest sprężone powietrze. Podciśnienie / ssanie/ powoduje przepływ czynnika zasysanego / wentylacyjnego/ przez strumienicę. Nowością w zasadzie działania omawianych strumienic pneumatycznych jest " ruch wirowy" [18] czynnika napędowego i zasysanego w strumienicy i w kanałach wentylacyjnych.

Efektom wiru jest zwiększone podciśnienie /ssanie/, który spowodował prawie dwukrotny wzrost sprawności adiabatycznej strumienicy z przepływem meridionalnym /rys. 20/ .

Ruch wirowy w strumienicach ZEFIR-100, CYKLON-40, 60 i 80 / rys.19 i 21/ uzyskano przez mimośrodowy wlot czynnika napędowego kanałem zasilania / 1/ do stożkowej komory zasilania /2/ zasilającej pierścieniową dyszę napędową /3/ o regulowanej wielkości szczeliny napędowej. Wirujący strumień czynnika napędowego/sprężone powietrze, para, gazy, spalinowe, itp./przepływa do komory napędowej /4/, w której powstaje podciśnienie powodujące przepływ mieszany gazów przez strumienicę. Wlot gazów / powietrza otoczenia/ zasysanych do strumienicy odbywa się kanałem wlotowym /5/ zaś wylot kanałem /6/. Ruch wirowy masy gazów w strumienicy wywołuje również ruch wirowy mieszanki gazów wylotowych/ strumienia wytworzonego przez strumienicę, co zwiększa efektywność działania strumienicy - rozrzedzania i wymieszania lokalnych nagromadzeń gazów z otoczeniem.

Połączenie strumienicy CYKLON-80 z lutnią napędową w postaci zwężki Venturiego / rys. 29/ tworzy strumienicę wentylacyjną typu " LUS", która w połączeniu z lutniociągim może służyć do wentylacji krótkich wyrobisk górniczych [17] . Strumienica /1/ umieszczona współosiowo w lutni napędowej /2/ stanowi dyszę napędową urządzenia "LUS". Powietrze z otoczenia jest zasysane kanałem /3/ do komory mieszania /4/ i przepływa dyfuzorem /5/ do lutni wentylacyjnych /6/. Urządzenie ma dodatkowe otwory /7/, przez które jest również zasysane powietrze z otoczenia do komory mieszania /4/. Strumienica wentylacyjna "LUS" jest dwustopniowym urządzeniem strumienicowym. Pierwszy stopień stanowi strumienica CYKLON, zaś drugi strumienica CYKLON i zwężka Venturiego.

Połączenie strumienicy CYKLON / wlotu zasilania/ z układem wydechowym silnika spalinowego pozwala na skuteczne rozrzedzenie gazów wylotowych i obniżenie ich temperatury. Obniżenie temperatury jest ok. 5-krotne, zaś zawartości szkodliwych gazów / CO i NO+NO<sub>2</sub>/ ok. 20-krotne / objętościowo/. Zastosowane technologie i rozwiązania konstrukcyjne są przedmiotem patentów i wzorów użytkowych, podanych w wykazie literatury [18] .

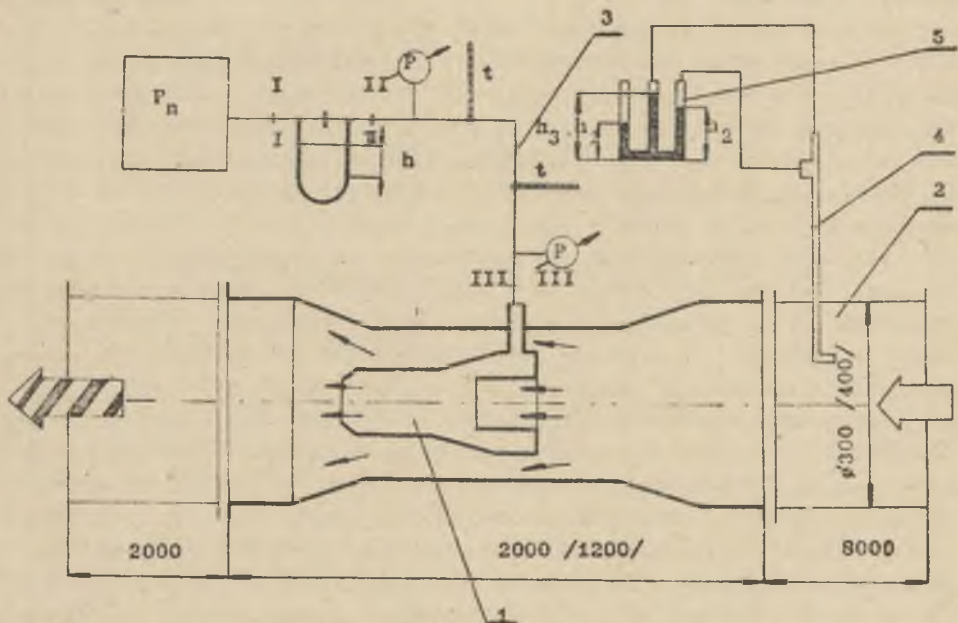
#### 4. Badania i pomiary

Badania i pomiary prowadzono na stanowiskach badawczych w KDWK-M-300 w Zabrze, podległej COPKING-KOMAG, w Zakładzie Odmetanowania Kopalni przy

KWK Moszczenica i bezpośrednio w ruchu na kopalniach. Badania eksploatacyjne pozwoliły na sprawdzenie parametrów techniczno-ruchowych oraz ocenę funkcjonalności stosowanych technologii i rozwiązań konstrukcyjnych w różnych warunkach górniczych.

Stosowano trzy podstawowe układy pomiarowe:

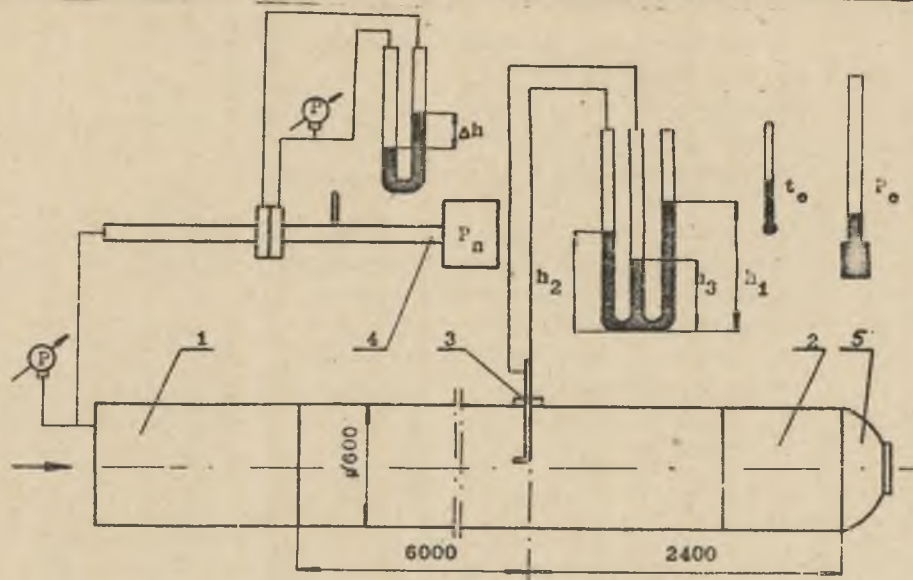
- Układ przedstawiony na rys. 16 odpowiadający urządzeniu ze strumienicą otwartą, umieszczoną w lutni napędowej  $\varnothing 300$  mm z lutniociągłem  $\varnothing 300$  lub  $400$  mm długości 8 m. Pomiary wydajności i spiętrzenia przeprowadzono na ssaniu za pomocą sondy Prandtla, na którą podano ciśnienie statyczne i dynamiczne. Dławienie realizowano przysłoną na końcu lutniociągu pomiarowego.



Rys. 16. Schemat układu pomiarowego urządzenia strumienicowego połączonego z lutnią  $\varnothing 300$  mm, długości 8 m. 1 - strumienica ZEFIR lub CYKLON, 2 - lutniociąg pomiarowy, 3 - rurciągiem zasilania, 4 - Sonda Prandtla, 5 - manometr pochylony.

- Układ przedstawiony na rys. 17 odpowiadający urządzeniu ze strumienicą otwartą umieszczoną w specjalnej lutni napędowej w postaci zwężki Venturiego i połączonej z lutniociągłem  $\varnothing 6000$  mm długości 8,4 m. Pomiary wydajności i spiętrzenia przeprowadzono na tłoczeniu, przy czym długość lutniociągu realizowano przez dławienie na końcu lutniociągu tłoczącego przez zmianę przekroju poprzecznego.





Rys. 17. Schemat układu pomiarowego urządzenia strumieniowego połączonego z lutnią  $\varnothing$  600 mm, długości 8,4 m, 1-lutnia napędowa, 2-lutniociąg pomiarowy, 3- sonda Prandtla, 4-rurociąg zasilania.

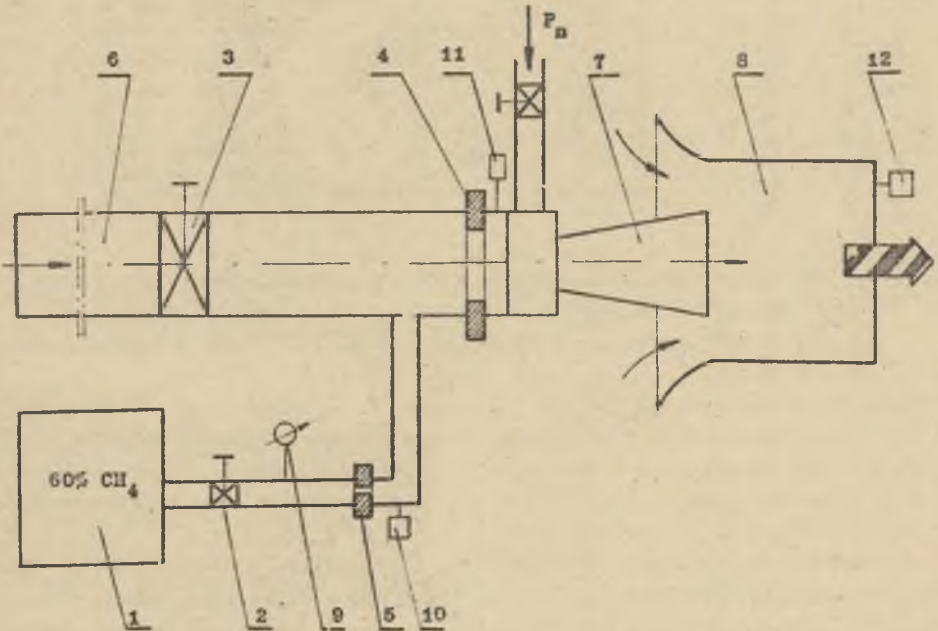
- Układ przedstawiony na rys. 18 odpowiadający urządzeniu ze strumieniową połączoną szczelnie z rurociągiem ssącym  $\varnothing$  150 mm długości 20 m, na końcu którego umieszczono "mieszalnik" w postaci lutni  $\varnothing$  500 mm długości 8 m. Wlot dyfuzora do lutni  $\varnothing$  500 umożliwia rozrzedzenie metanu na wylocie z lutni do wartości poniżej 2 %.

Metodyka badań i pomiarów tych urządzeń została zróżnicowana do układów odpowiadających rzeczywistym warunkom pracy strumienic. Ocena przydatności i funkcjonalności urządzenia strumieniowego zależy przede wszystkim od jego przeznaczenia i charakteru pracy, stąd przedstawione wyżej układy pomiarowe.

#### 4.1. Oznaczenia

$\dot{Q}$	- natężenie przepływu w układzie zasilania, $m^3/s$
P	- ciśnienie / depresja/ $N/m^2$
$\dot{V}$	- natężenie przepływu w układzie pomiarowym, $m^3/s$
$\alpha, \delta, \epsilon$	- bezwymiarowe liczby przepływu
q	- zużycie powietrza sprężonego, $m^3/s$
p	- ciśnienie bezwzględne, MPa / $MN/m^2$
u	- stopień eejkcji
$\eta$	- sprawność, %
d	- średnica, m

- $n$  - wielkość otwarcia szczeliny dyszy napędowej, mm  
 $\gamma$  - ciężar właściwy,  $N/m^3$   
 $\nu$  - objętość właściwa,  $m^3/kg$   
 $h$  - wysokość słupa cieczy monometrycznej, m  
 $R$  - stała gazowa, m/K  
 $T$  - temperatura, K  
 $w$  - prędkość przepływu, m/s  
 $F$  - pole przekroju poprzecznego przepływu,  $m^2$   
 $k$  - współczynnik przemiany adiabaticznej  
 $L$  - długość lutniociągu / rurociągu/, m  
 $y$  - odległość od wylotu ze strumienia, m



Rys. 15. Schemat układu pomiarowego urządzenia strumieniowego połączonego z rurociągiem  $\varnothing$  150 mm, długości 20 m, 1-zbiornik gazu / 60%  $CH_4$  /, 2,3 - zawory, 4,5 kryzy pomiarowe, 6 rurociąg pomiarowy  $\varnothing$  150/20 m, 7 - strumienica CYKLON, mieszalnik  $\varnothing$  600 x 8 m, 9 - manometr, 10,11,12 - metanomierze.

#### 4.2. Indeksy

- $\Delta$  - różnica  
 $\circ$  - całkowite  
 $a$  - adiabaticzne  
 $Hg$  - rtęć

- s - statyczne  
 o - otoczenia  
 n - nadciśnienie  
 d - dynamiczne
- I - przekrój w rurociągu sprężonego powietrza przed kryzą pomiarową,  
 II - przekrój w rurociągu sprężonego powietrza za kryzą pomiarową  
 III - przekrój w rurociągu sprężonego powietrza przed strumienicą

#### 4.3. Wzory obliczeniowe

Stosowano następujące wzory przy obliczeniu parametrów układu:  
 dla układu zasilania:

$$\dot{Q} = 1,11 \alpha \varepsilon d^2 \sqrt{\Delta p_{I-II} \cdot v_I} \quad /1/$$

$$p_{I-II} = \Delta h \cdot \gamma_{Hg} = / h_I - h_{II} / \cdot \gamma_{Hg} \quad /2/$$

$$v_I = \frac{\varepsilon R T_I}{10^5 p_I} \quad /3/$$

$\alpha, \varepsilon$  - współczynniki wg normy PN-65/M-53 950

$$q = \dot{Q} \frac{v_o}{v_I} \quad \text{gdzie} \quad v_o = 0,833 \quad /4/$$

dla układu pomiarowego:

$$p_s = \frac{/ h_1 - h_2 /}{K} \gamma_{H_2O} \quad /5/$$

$$p_d = \frac{/ h_2 - h_3 /}{K} \gamma_{H_2O} \quad /6/$$

$$p_o = \frac{/ h_1 - h_3 /}{K} \gamma_{H_2O} \quad /7/$$

K - przełożenie mikromanometru

$$\omega = / 1 + \delta / \sqrt{2 p_d v_o} \quad /8/$$

gdzie  $\delta = -0,0415$  - współczynnik korekcji

$$v_o = \frac{\varepsilon R T}{10^5 p_o + p_o} \quad /9/$$



$$\dot{V} = w \cdot F \quad /10/$$

$$u = \frac{\dot{V}}{q} \quad /11/$$

$$\eta_a = \frac{10^{-4} \dot{V} P_c}{q / P_{III} - P_0 / k} \quad /12/$$

#### 4.4. Wyniki badań i pomiarów

Pomiary parametrów strumieni, w układach wg rys. 16, 17 i 18, prowadzono przy zasilaniu powietrzem sprężonym o ciśnieniach 0,2 do 0,6 MPa/2 do 6 kg/cm<sup>2</sup>/ - stopniując ciśnienie co 0,05 MPa/0,5 kg/cm<sup>2</sup>/ przy zmienianych wielkościach "n" szczeliny dyszy napędowej 0,5; 1,0; 1,5 i 2,0 mm. Wielkość szczeliny n = 1 mm odpowiada jednemu obrotowi śruby regulacyjnej. Wyniki pomiarów przedstawiono dla optymalnej szczeliny dyszy napędowej wynoszącej n = 1,5 + 2,0/ mm przy nominalnym ciśnieniu zasilania wynoszącym 0,39 MPa/ 4 kg/cm<sup>2</sup>/ - tabela 1.

Tabela 1

wielkość	Jedn.	ZEFIR 100	CYKLON 40	CYKLON 60	CYKLON 80	CYKLON 100	LUS
Natężenie przepływu	m <sup>3</sup> /s	2,33	1,16	1,5	1,7	2,0	4,0
Zużycie powietrza	m <sup>3</sup> /s	0,2	0,075	0,10		0,15	0,25
Spiętrzenie	Pa	100	450	550	700	1000	260
Stopień efekcji	-	11,6	15	15	13,7	15	16
Średnia prędkość powietrza	m/s	-	0,23	0,3	-	-	-
Masa	kg	24	3,4	5,8	6	10	10
Wymiary gabarytowe	mm	∅ 300x1200	∅ 100x200	∅ 140x410	∅ 170x500	∅ 200x600	∅ 600x800

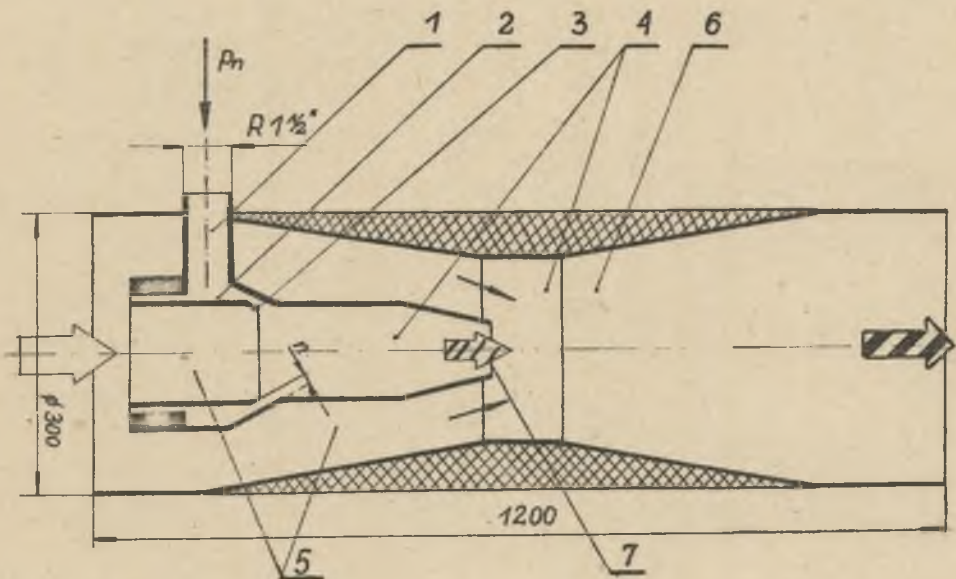
ii/ Dane techniczne podano dla ciśnienia  $p_n = 0,35 \text{ N/m}^2 / 3,5 \text{ kg/cm}^2 /$  przy optymalnej szczelinie  $N = 1,5 + 2 \text{ mm}$  i gęstości powietrza zredukowanej do  $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$  w układzie pomiarowym  $\emptyset 300 \text{ mm} \times 8 \text{ m}$  na ssaniu bez dławienia.

xx/ Wartości projektowane dla urządzenia doświadczalnego i pomiarów przy tłoczeniu.

#### Strumienica pneumatyczna ZEFIR-100 / rys. 19/

Strumienica jest zbudowana w kształcie zwężki Venturiego, w której wyróżnia się część wlotową /5/ ze stożkowym konfuzorem, cylindryczną część środkową /4/, dyfuzor wylotowy /6/ oraz dysze napędowe - pierwotną pierścieniową /3/ i wtórną kołową /7/

Zespół napędowy z mimośrodkowym wlotem /1/ jest umieszczony współśrodkowo w zwężce. Wymiary części wlotowej i wylotowej strumienicy przystosowane są do bezpośredniego łączenia z lutniami kopalnianymi  $\varnothing$  300 mm. Na rys. 20 przedstawiono charakterystyki strumienicy doświadczalnych ZEFIR z przepływem meridionalnym / bez wiru/ i Zefir - 100 / z wirum/. Widoczne są wyraźne różnice w parametrach technicznych a szczególnie sprawności adiabaty-  
cznej.



rys. 19. Schemat strumienicy ZEFIR - 100

#### Strumienice CYKLON / rys. 21/

Opis budowy i zasadę działania strumienicy typu CYKLON podano wyżej. Wyniki badań i optymalizacji strumienicy przedstawiono na rys. 22,23,24,25. Na rys. 26,27,28 przedstawiono krzywe natężenia hałasu na tle krzywej normowej N 85. Zwiększenie wielkości szczeliny dyszy napędowej powoduje wzrost parametrów podciśnienia i natężenia przepływu przy zmniejszeniu sprawności adiabaty-  
cznej / kosztem zwiększonego zużycia powietrza sprężonego. Rys. 32 przedstawia zależność prędkości strumienia wylotowego ze strumienicy od odległości od strumienicy.

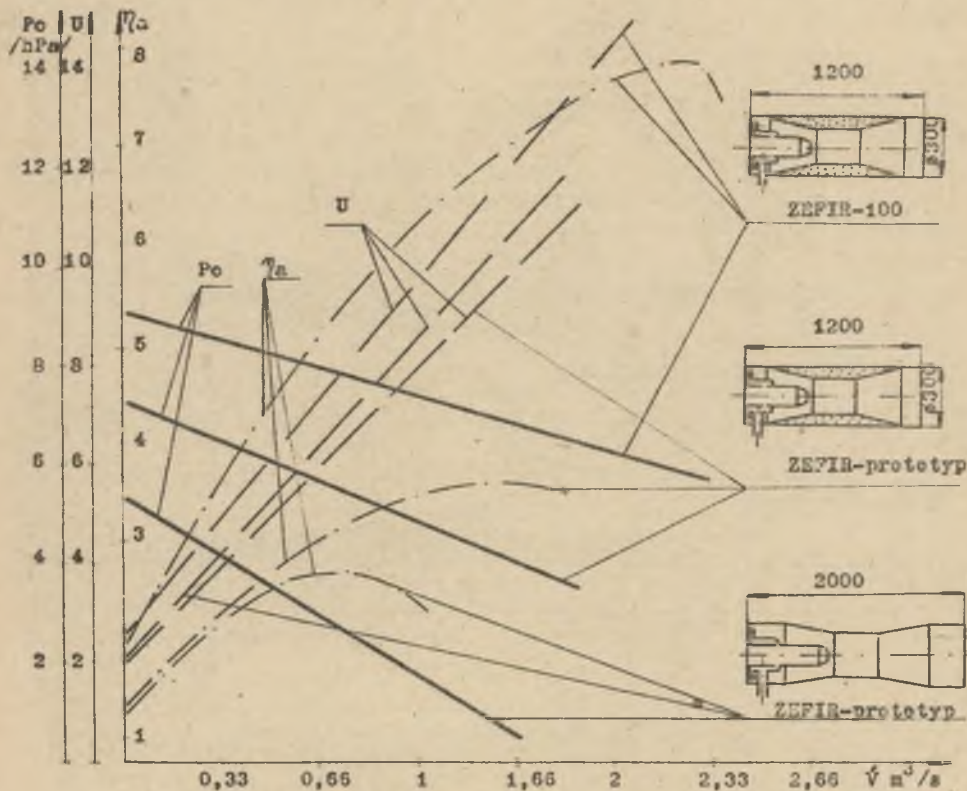
#### Strumienica wentylacyjna "LUS" / rys. 29/

Urządzenie "LUS" składa się z następujących zespołów:

- lutni napędowej w kształcie zwężki Venturiego / 2/
- strumienicy pneumatycznej CYKLON - 80 /1/ umieszczonej w zwężce / 4,5/

- lutni wentylacyjnych  $\phi$  600 /6/.

W zwężce /2/ wykonano w części konfuzorowej dodatkowe otwory /7/ odprowadzające powietrze, które poprawiają wydajność urządzenia oraz pozwalają na regulację jego parametrów pracy.



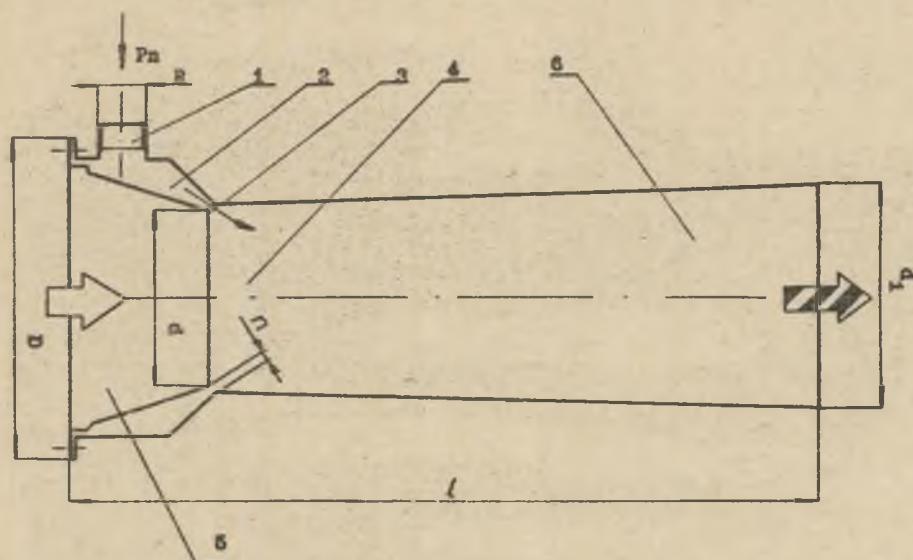
Rys. 20. Zależność ciśnienia, długości i sprawności od natężenia przepływu w lutniach  $\phi$  300 mm dla strumieni ZEFIR w układzie pomiarowym wg rys. 1.

#### Urządzenia do odsysania gazów

Zastosowanie układów do odsysania ze strumienicami CYKLON i mieszalnikiem [14, 15, 16], oparto na wynikach badań urządzeń doświadczalnych prowadzonych w KDWK - M 300 11 oraz w ZOK przy KWK - Moszczenica [13]. Wyniki badań przedstawia tab. 2.

Długość lutniociągu realizowano przez dławienie wypływowego przekroju poprzecznego / zaciskanie elastycznej końcówki /5/, rys. 17/. Charakterystyki pracy urządzenia / przedstawione na rys. 30, 31/ wyznaczono przy różnych wielkościach szczeliny dyszy napędowej "n" / 0,5, 1, 0,1, 5, 2, 0 mm/ dla





Wymiar mm	CYKLON 40	CYKLON 60	CYKLON 80
d	40	60	80
d <sub>1</sub>	60	100	130
D	100	140	170
l	290	410	500
R	3/4"	1"	1 1/4"

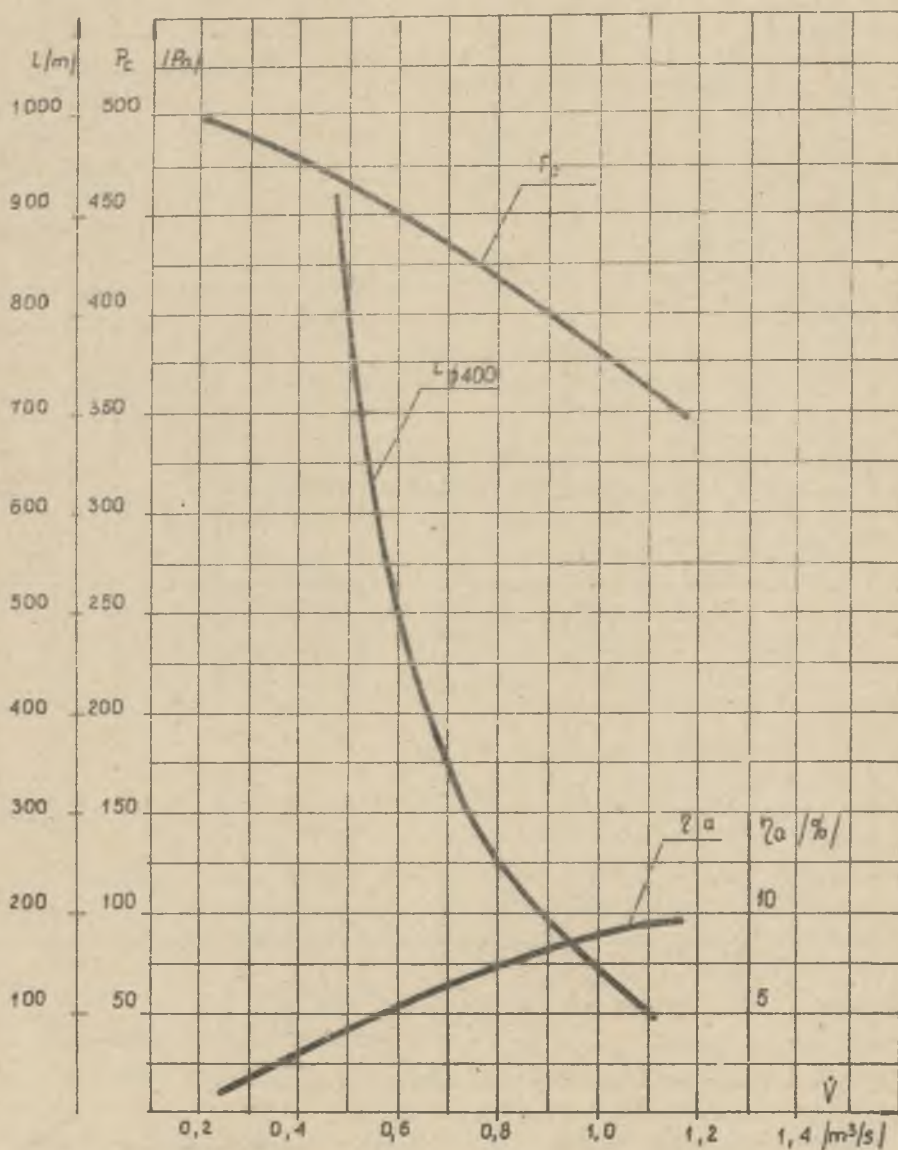
Rys. 21. Schemat strumienia typu CYKLON

ciśnienie zasilania  $p_n = 0,24; 0,29; 0,34; 0,39$  MPa / 2,5; 3,0; 3,5; 4,0 kg/cm<sup>2</sup>/.

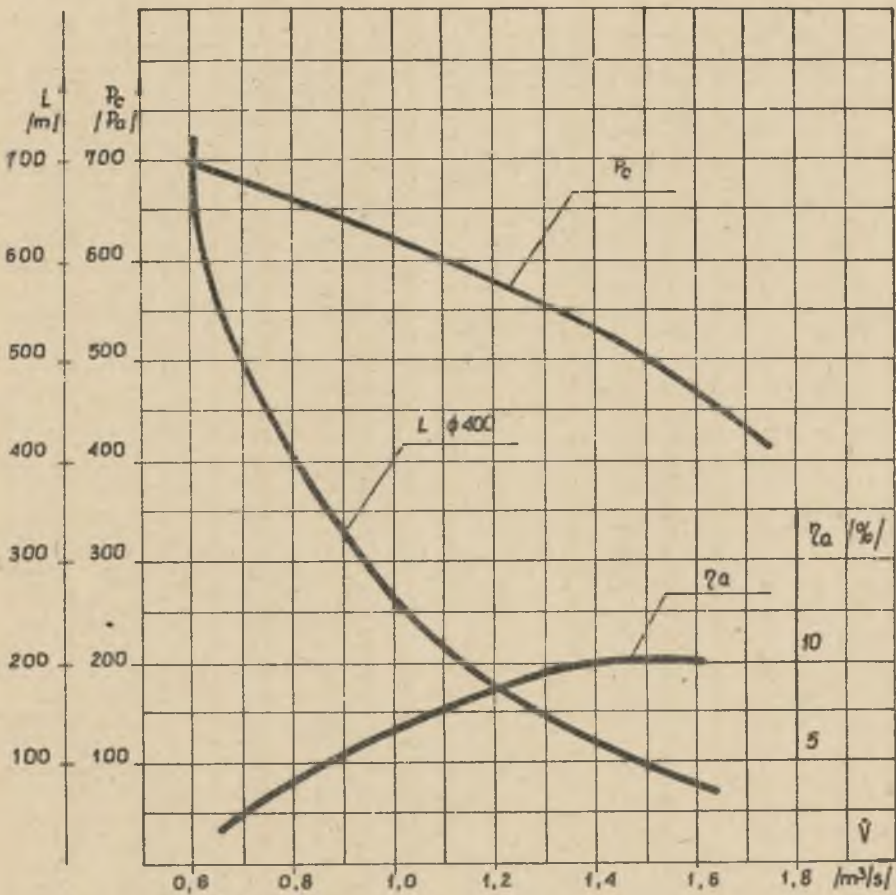
Badania potwierdziły wstępne założenia a w szczególności możliwość wentylacji krótkich wyrobisk górniczych tym urządzeniem. Możliwe jest osiągnięcie wymaganej przepisami prędkości powietrza wentylacyjnego 0,25 m/s w wyrobisku o przekroju  $F = 15$  m<sup>2</sup>.

Urządzenie "LUS" cechuje się następującymi zaletami:

- małą masą wynoszącą ok. 20 kg,
- prostą budową, obsługą i brakiem części wirujących,
- wysokim stopniem eejekcji wynoszącym ok. 20,
- małymi kosztami instalacji i eksploatacji w stosunku do wentylatora WLP-601 którego masa wynosi ok. 231 kg i koszt ok. 45 tys.zł,
- zużyciem powietrza sprężonego, w zakresie wydajności 2 - 3,3 m<sup>3</sup>/s i dł. lutni od 50 do 270 m, wynoszącym ok. 0,2 m<sup>3</sup>/s / niższym niż dla wentylatora WLP-601 które wynosi ok. 0,33 m<sup>3</sup>/s.



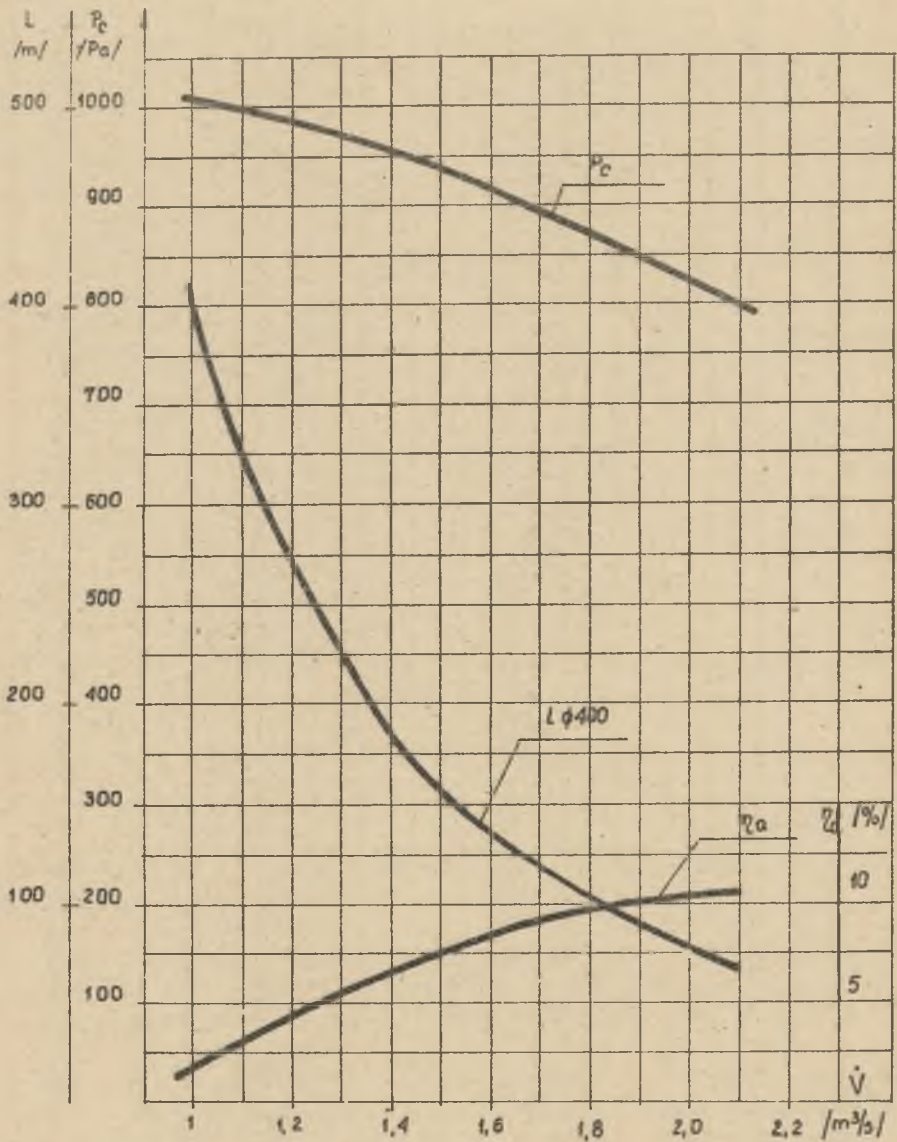
Rys. 22. Zależność spiętrzenia całkowitego i sprawności oraz długości lutniociągu szczelnego od natężenia przepływu dla strumienicy CYKLON - 40 w układzie pomiarowym wg rys. 16.



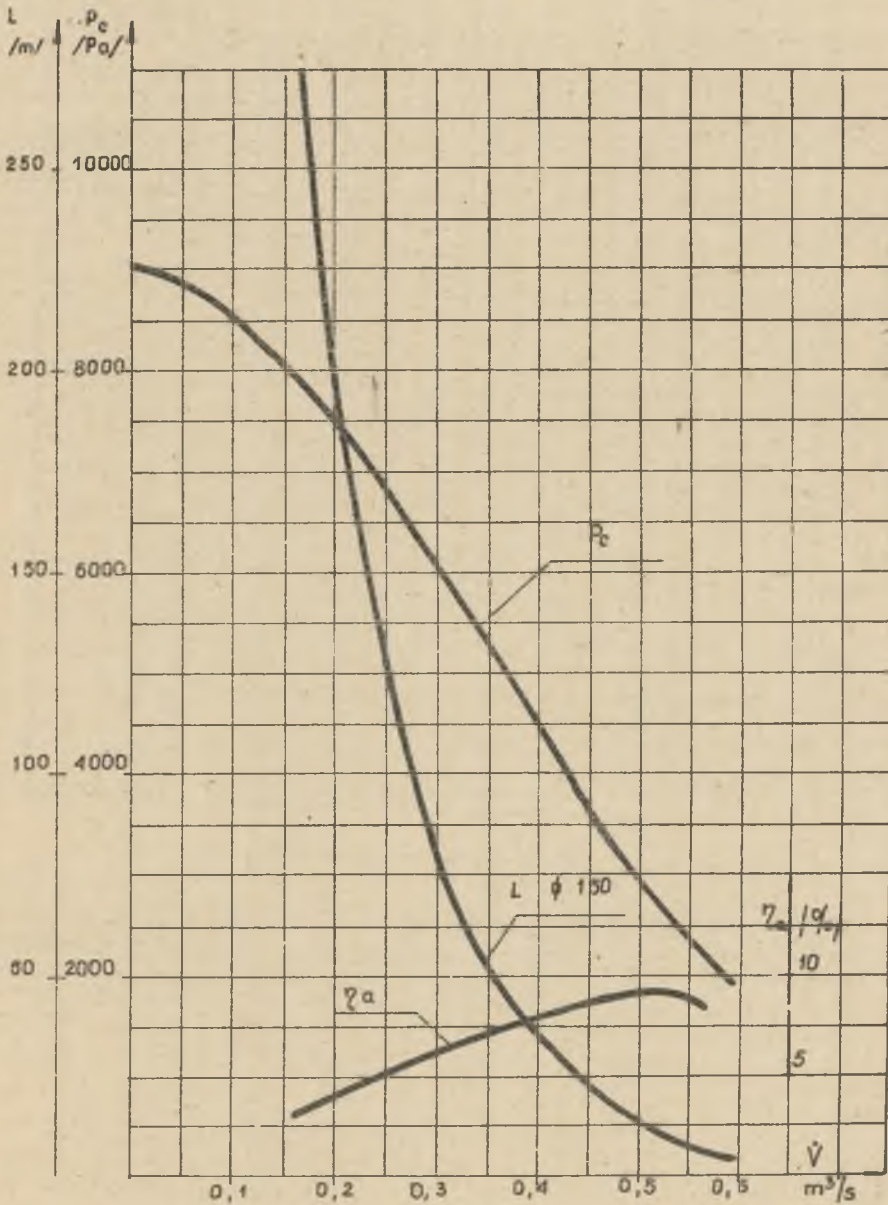
Rys. 23. Zależność spiętrzenia całkowitego i sprawności oraz długości lutniociągu szczelnego, od natężenia przepływu dla strumienicy CYKLON - 60 w układzie pomiarowym wg rys. 16.

Zastąpienie wentylatorów wirnikowych urządzeniami strumieniowymi wymaga jednak prowadzenia dalszych prac badawczych jak również uzyskania zgody władz górniczych na odstąpienie od obowiązujących przepisów górniczych i ich stosowanie.

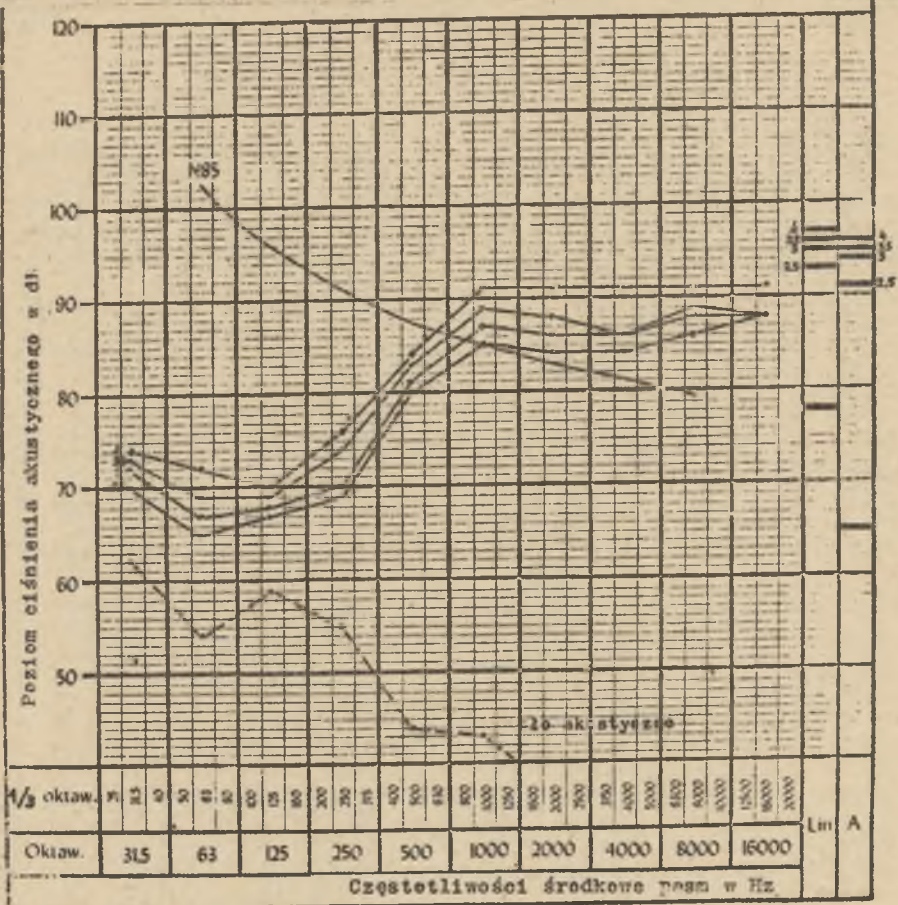




Rys. 24. Zależność spiętrzenia całkowitego i sprawności oraz długości lufnościągu szczelnego od natężenia przepływu dla strumienicy CYKLON - 80 w układzie pomiarowym wg rys. 16.



Rys. 25. Zależność ciśnienia całkowitego i sprawności oraz długości lufociągu szczelnego od natężenia przepływu dla strumienicy CYKLON - 80 w układzie pomiarowym wg rys. 18.



Rys. 26. Analiza widmowa hałasu strumienicy CYKLON - 40.

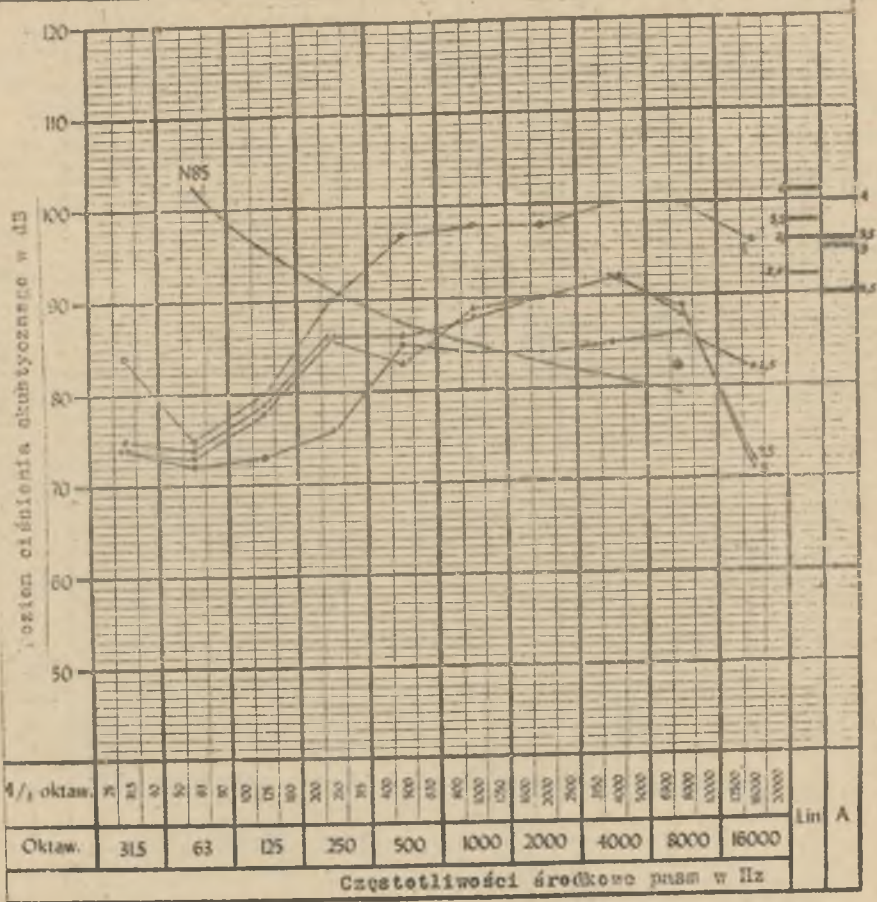
Tabela 2

Wyniki pomiarów urządzenia do odsysania ze strumienicą CYKLON-80/rys.18/

Wielkość	Jedn.	Otwarcie zasowy / poz. 3/ m <sup>2</sup>				Wielkość szczeliny mm
		0	0,006	0,012	0,018	
1	2	3	4	5	6	7
Natężenie przepływu / poz. 5/	m <sup>3</sup> /min.	3,98	3,65	3,49	3,37	2,0
		3,44	3,36	3,28	3,19	1,5
		3,12	3,02	2,85	2,77	1,0
Natężenie przepływu Cl <sub>4</sub>	m <sup>3</sup> /min	2,38	2,19	2,13	2,01	2,0
		2,08	2,00	1,96	1,92	1,5
		1,87	1,81	1,73	1,67	1,0
Depresja całkowita /poz. 4/	Pa	13550	7800	2990	2100	2,0
		8900	5990	2560	1880	1,5
		6890	4870	1990	1490	1,0







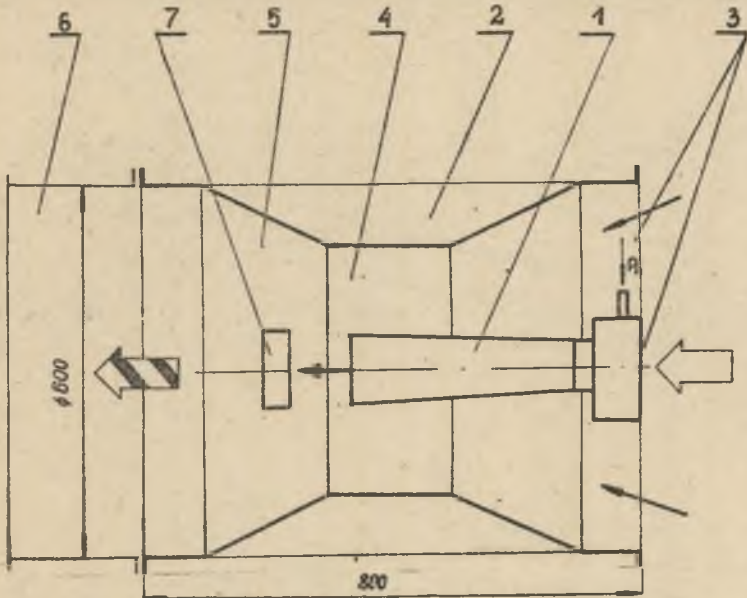
Rys. 28. Analiza widmowa hałasu strumienicy CYKLON - 80.

## 5. Przykłady zastosowań

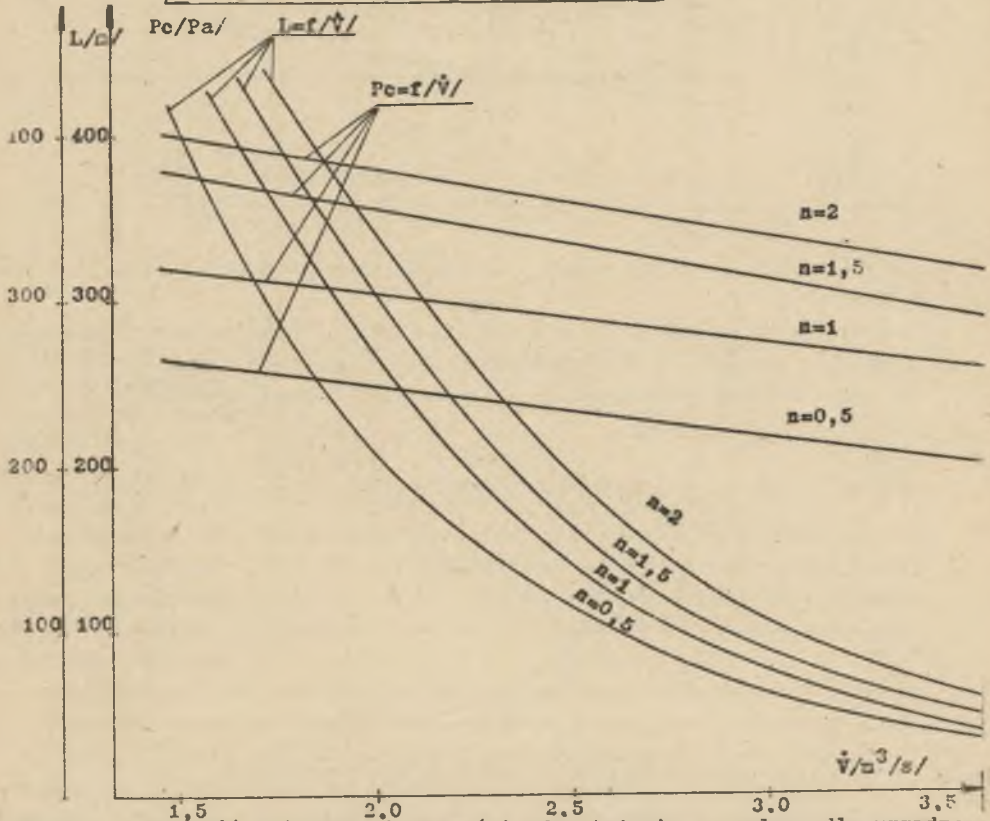
### 5.1. Technologia odsysania metanu w KWK - XXX lecia PRL [14]

W okresie 9.VII. - 9.IX.75 r. zastosowano układ ze strumienicą CYKLON - 80 do odsysania mieszaniny gazu ze starych zrobów ściany S-1 w pokładzie 356/1. Schemat układu przedstawia rys. 33, zaś rys. 34 przedstawia wyniki pomiarów zawartości metanu w rurociągu  $\varnothing$  150 mm / na wlocie/ i wlocie z lutni mieszalnika, gdzie następowało dodatkowe mieszanie odsysanej mieszaniny gazów z powietrzem zasysanym z chodnika nadścianowego. Po zastosowaniu układu ze strumienia CYKLON - 80 zawartość metanu w ścianie nie przekraczała górnej granicy dopuszczalnej przepisami /2,0 %/. Zastosowanie układu pozwoliło na bezpieczną eksploatację ściany, mimo silnego wydzielenia  $\text{CH}_4$ / do wartości ok. 25 %  $\text{CH}_4$ /.



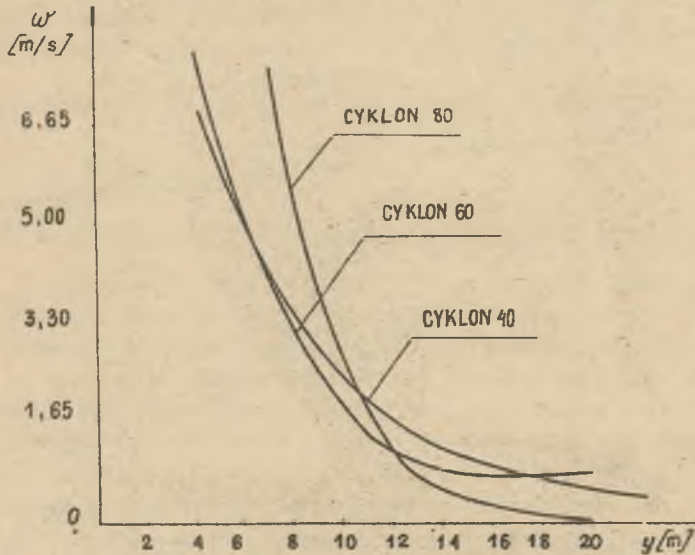
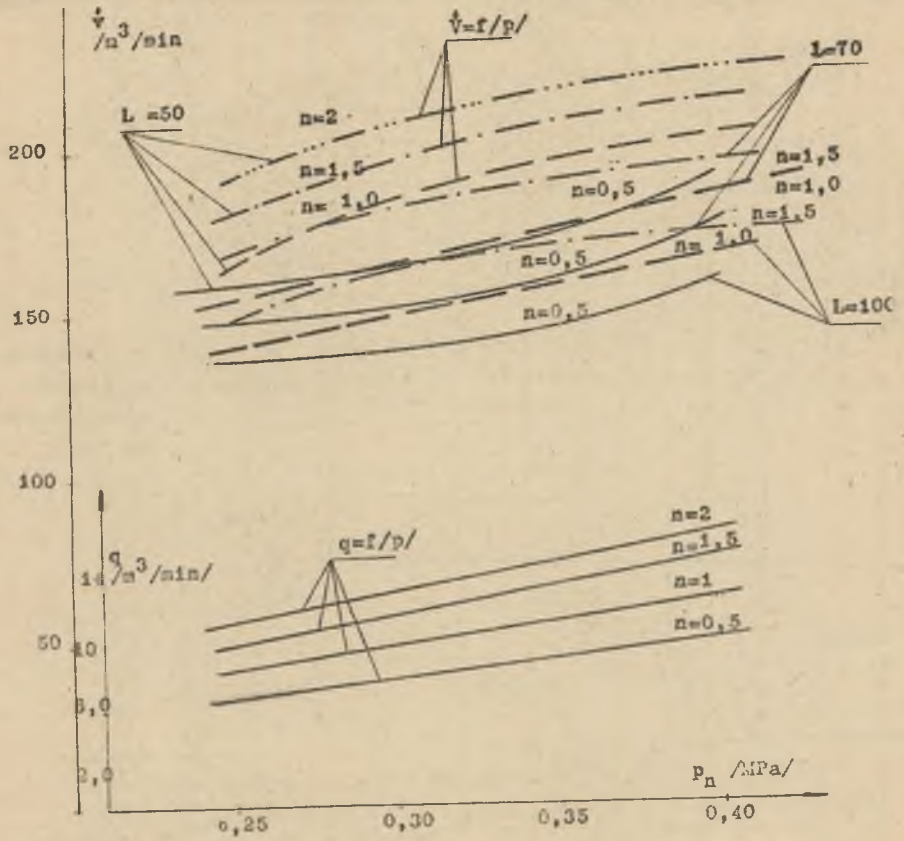


Rys. 29. Schemat urządzenia strumieniowego "LUS"



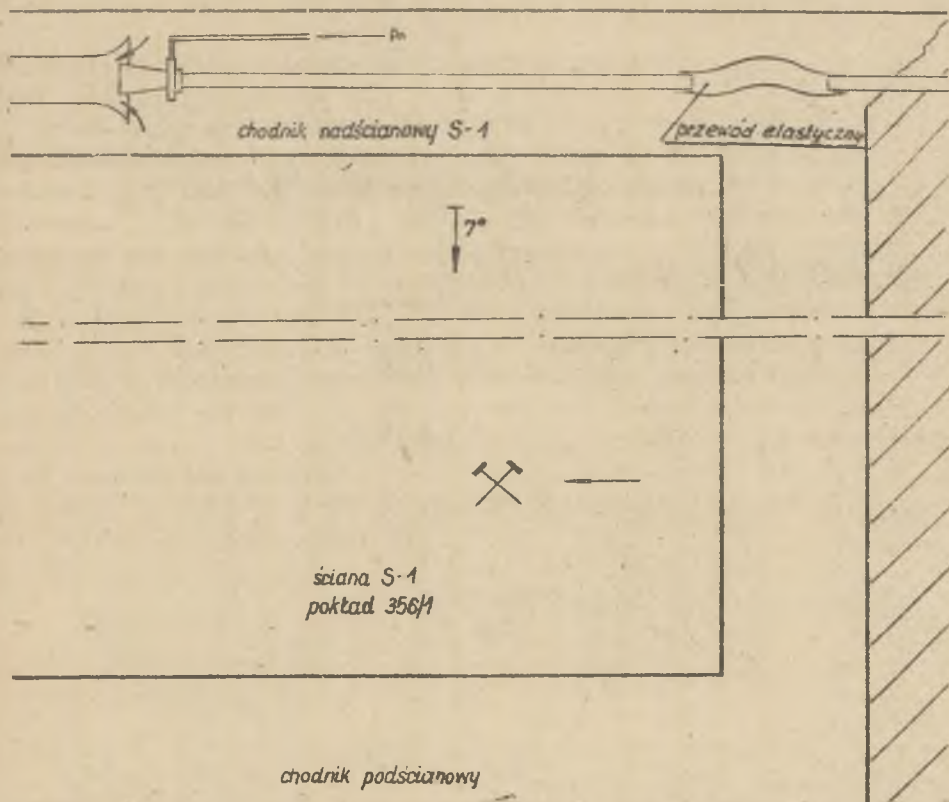
Rys. 30. Zależność ciśnienia i długości od natężenia przepływu dla urządzenia strumieniowego "LUS" w układzie pomiarowym wg rys. 17 przy różnych wielkościach szczeliny napędowej.





Rys.31. Zależność natężenia przepływu i zużycia od ciśnienia zasilania dla urządzenia "LUS" przy różnych parametrach strumienia w układzie pomiarowym wg rys. 17.

Rys.32. Zależność prędkości strumienia strumienia od odległości dla parametrów optymalnych /  $p_n=0,39$  MPa i  $n=2$  mm/.



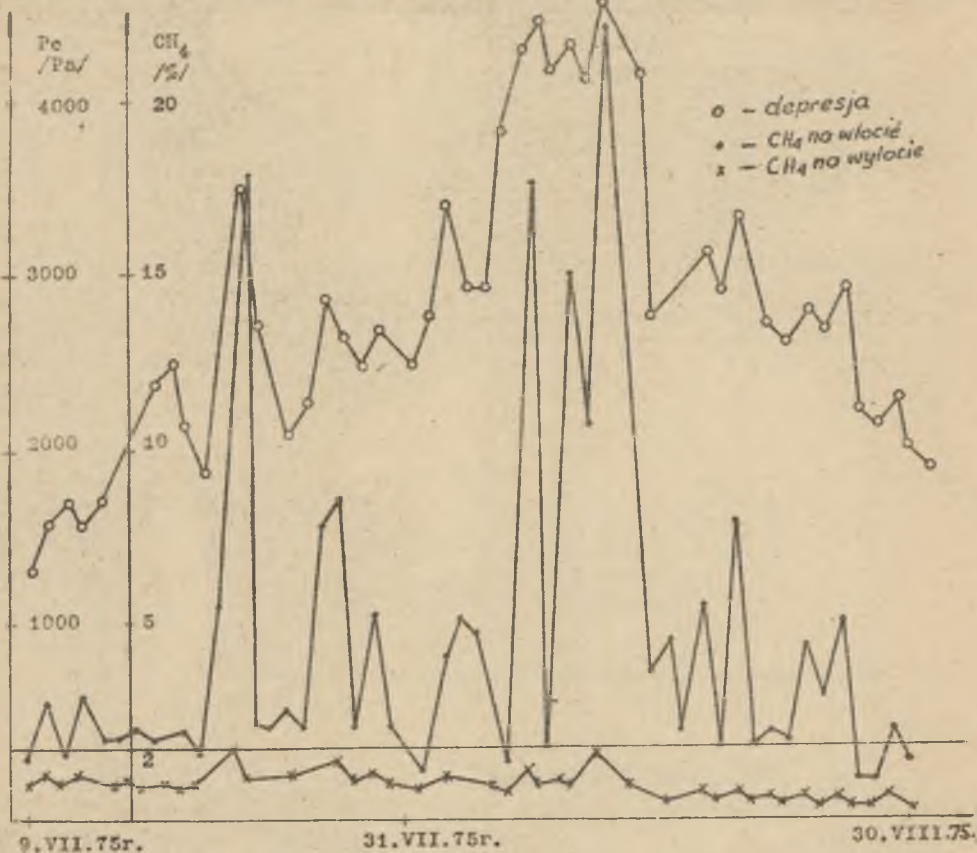
Rys. 33. Schemat układu odsysania metanu w KWK - XX-lecia PRL.

Zawartość metanu na wylocie z mieszalnika nie przekroczyła 2 %. W okresach silnego wydzielania się metanu zwiększano depresję strumienicy przez zwiększenie otwarcia zaworu doprowadzającego sprężone powietrze / zwiększono  $q$  /.

### 5.2. Technologia odsysania gazów z pola pożarowego w KWK Halemba [15]

W związku z pracami prowadzonymi przy głębieniu szybu " Północny II " i koniecznością przejścia przez pole pożarowe z lat 1972-74 zachodziła potrzeba wstrzymania prac szybowych i zbadania aktywności pola pożarowego pokładu 405 z dnia głębionego szybu. W celu uniknięcia przerwy w pracach szybowych dokonano:

- wcześniejszego otwarcia pola pożarowego otworami badawczymi wierconymi z chojnika w pokładzie 406/1/ leżącego poniżej pokładu 405/ - /rys.35/,
- pomiaru składu i zawartości gazów w polu pożarowym / tabela 3/,
- odsysania gazów za pomocą rurociągów pomiarowych ze strumienicą CYKLON - 40.



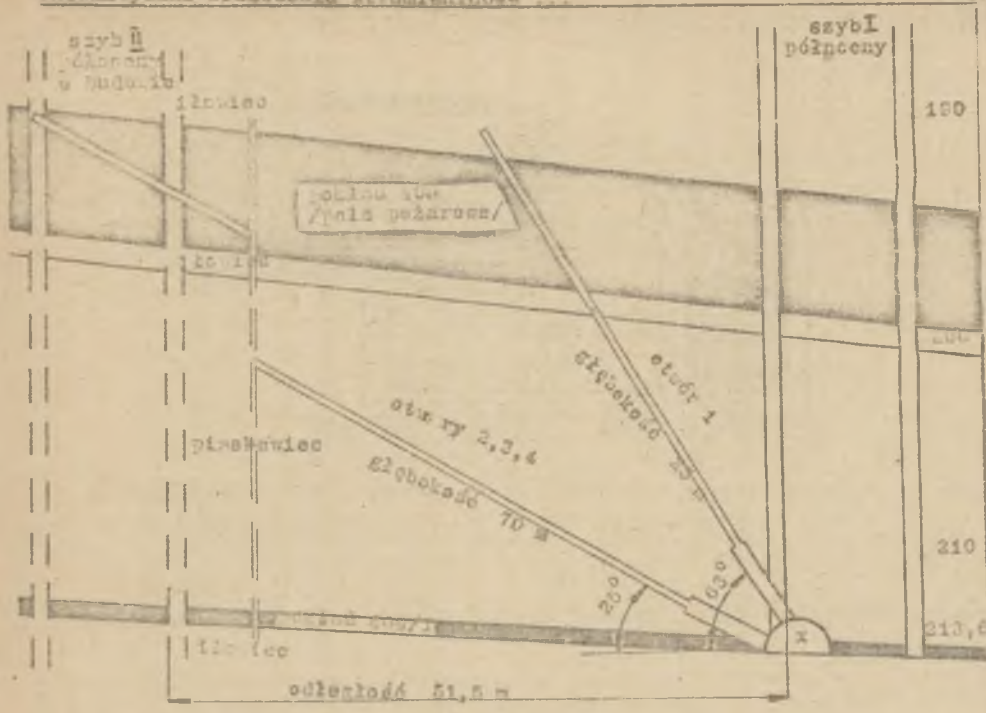
rys. 34. Wyniki pomiarów układu odsysania w KWK XXX-lecia PRL -  
o-spiętrzenie całkowite, x-% CH<sub>4</sub> na wlocie, o-% CH<sub>4</sub> na wylocie.

Tabela 3

## Zawartość gazów w polu pożarowym

Czas od momentu otwarcia pola, godz.	Zawartość CO <sub>2</sub> %	Zawartość H <sub>2</sub> %	Zawartość C <sub>x</sub> H <sub>x</sub> , %	Spiętrzenie Pa
14	3,84	0	0,24	290
24	3,46	0	0,21	287
34	3,27	0	0,19	280
44	3,03	0	0,16	270
54	2,70	0	0,13	256
64	2,32	0	0,10	242
74	2,07	0	0,09	230
84	1,63	0	0,07	221
94	1,21	0	0,05	217
104	0,81	0	0,03	211
114	0,29	0	0,01	200
124	0,1	0	-	-



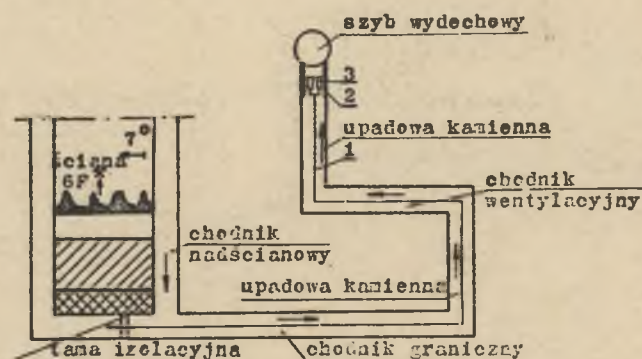


Rys. 35. Schemat otwarcia pola pożarowego otworami badawczymi w KWK Halemba.

Gazy odprowadzono bezpośrednio do szybu wentylacyjnego "Północny I" aż do całkowitego odgazowania pola pożarowego. Opisany sposób otwarcia pola pożarowego zastosowano również w KWK "Walenty - Wawel". Efektem zastosowania rozwiązania było bezpieczne otwarcie pól pożarowych bez przerywania prac szybowych.

### 5.3. Technologia usuwania zagrożenia metanowego w KWK Stąglic [16]

W związku z uruchomieniem eksploatacji pokładu 405 w rejonie eksploatacyjnym ściany 1201 wystąpiło znaczne wydzielanie się metanu, które, mimo zastosowania maksymalnie intensywnego przewietrzania wentylacją obiegową nie dało rezultatów. Zawartość  $CH_4$  na wylocie ściany wynosiła 1,8 % przy dopuszczalnym 1,5 % dla metanometrii automatycznej. W okresie od 26.I.77r. na skutek występującego zagrożenia została zatrzymana eksploatacja ściany 1201 o wydobywaniu dobowym 2000 Mg /t/. W wyniku przeprowadzonych prac projektowo-wdrożeniowych z układem odsysania ze strumienicami CYKLON-80, w dniu 10.II.1977 r. ściana została ponownie oddana do eksploatacji. Zastosowany układ odsysania przedstawia rys. 36, zaś tabela 4 zawiera wyniki pomiarów na wylocie do szybu III.



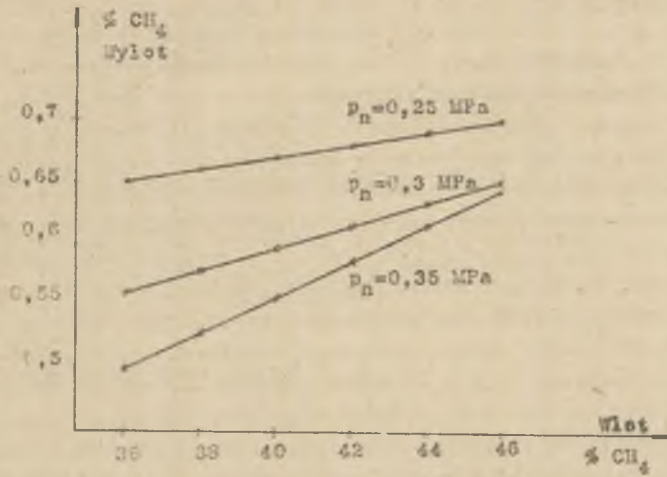
Rys. 36. Schemat odsysania metanu w KWK - Staszic i rurociąg odsysania  $\phi$  150, 2 - mieszalnik  $\phi$  600 mm, 3 - Strumienica CYKLON - 80.

Tabela 4

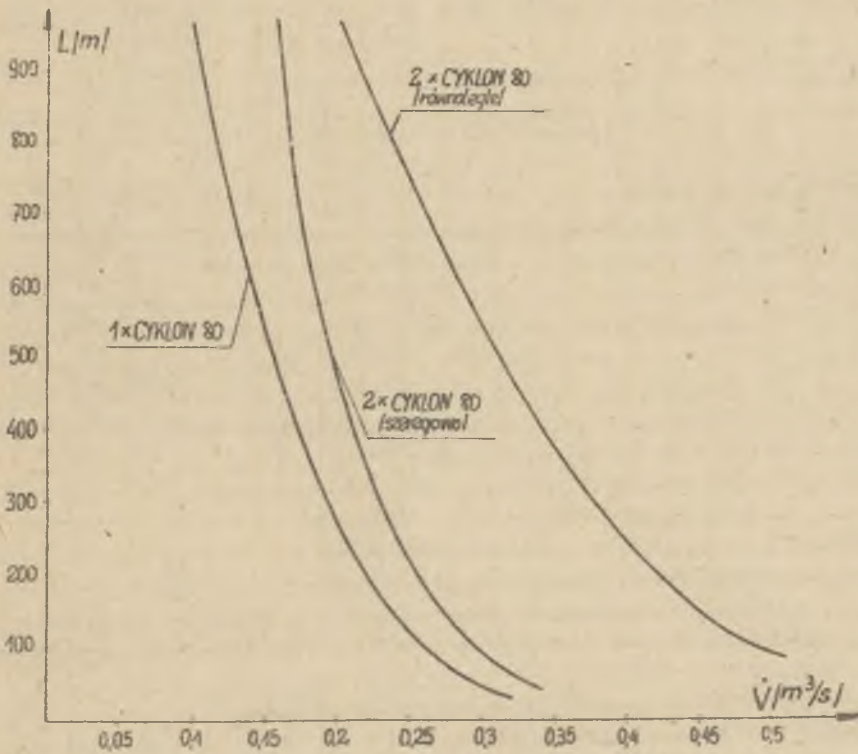
Analiza gazowości rejonu oddziału KGx w KWK Staszic przed uruchomieniem odsysania.

Nazwa wyrobiska	Ilość powietrza wentylacyjnego $m^3/min$	$\rho$ zawartości $CH_4$ w powietrzu wentylacyjnym	$G_0$ gazowość absolutna $m^3 CH_4/min$
Wylot do ściany 1021 pokład 405	930	0,1	0,93
Wylot ze ściany 1021 pokład 405	910	0,5	3,24
Wylot z chodnika granicznego	950	1,6 + 1,8	14,25+16,15
Wylot z chodnika 6 F pokład 405	940	1,2 + 1,3	10,34+11,28

Odsysanie prowadzono z za tawy umieszczonej na skrzyżowaniu chodnika nadścianowego F-6 z chodnikiem granicznym. Zastosowano rurociąg  $\phi$  150 mm długości ok. 1300 m, którym gazy odprowadzano bezpośrednio do szybu wydechowego III. Na końcu rurociągu zabudowano urządzenie strumienicowe z dwoma strumienicami CYKLON - 80 pracującymi równolegle i mieszalnik wykonany z lutni  $\phi$  60, w którym następowało rozrzedzenie metanu do wartości poniżej 0,75 %. Zawartość metanu /  $CH_4$  / na wylocie z lutni mieszalnika przedstawiono na rys. 37, zaś zależność natężenia przepływu od długości, przy różnym układzie pracy strumienic, na rys. 38. Analizę gazowości w rejonie Oddziału KG-X<sub>1</sub> po uruchomieniu układu odsysania przedstawia tabela 5. Ilość metanu przy odsysaniu z rejonu ściany 1021 pokładu 405 wynosiła 1,8  $m^3/min$ , gazowość absolutna 13,08  $m^3/min$ , zaś gazowość relatywna przy wydobyciu dobowym 1800 t do 10,5  $m^3/t$ .



Rys. 37. Zależność zawartości metanu na wylocie od zawartości metanu na wlocie do układu odsysania przy różnych ciśnieniach zasilania.



Rys. 38. Zależność natężenia przepływu od długości rurociągu przy różnym układzie pracy strumienic.



Efektem zastosowanego rozwiązania było obniżenie zawartości metanu w chodniku granicznym ściany do wartości niższych od dopuszczalnych / 0,3-1,2% / i możliwość jej bezpiecznej eksploatacji.

Tabela 5

Wyniki pomiarów metanu na wylocie z układu odsysania w KWK Staszic.

Nazwa wyrobiska	Ilość powietrza wentylacyjnego m <sup>3</sup> /min	% zawartości CH <sub>4</sub> w powietrzu wentylacyjnym	Gazowość absolutna powietrza wentylac. m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /min
Wlot do ściany 1021 pokład 405	920	0	-
Wylot ze ściany 1021 pokład 1405	900	0,3	2,7
Wylot chodnika 6 F pokład 405	920	1,0	9,2
Wylot z chodnika granicznego pokład 405	940	1,2	10,28

#### 6. Podsumowanie i wnioski

W publikacji przedstawiono wyniki prac badawczych i wdrożeniowych nad pneumatycznymi urządzeniami strumieniowymi do zwalczania zagrożeń gazowych, oraz technologia ich stosowania do wentylacji pomocniczej i klimatyzacji. Przedstawiono w ogólnym zarysie konstrukcję, metodykę badań i charakterystyki pracy tych urządzeń, ściśłą współpracę z kopalniami, Zakładem Odmetanowania kopalń / ZOK/ i jednostkami organizacyjnymi resortu - oraz pilne potrzeby kopalń silnie gazowych, przyczyniły się do szerokiego wdrożenia opracowanych rozwiązań.

W wyniku uzyskanych doświadczeń ukierunkowano prowadzone prace na następujące zagadnienia:

- zwalczanie lokalnych nagromadzeń metanu przez ich rozrzedzanie strumieniem powietrza, wytwarzanym przez strumienicę,
- odsysanie gazów i ich odprowadzenie rurociągami do miejsc bezpiecznych a zwłaszcza metanu z wyrobisk górniczych, gdy jego zawartość nie przekracza 30 %,
- wentylacji pomocniczej i klimatyzacji miejsc pracy,
- zwalczania zagrożeń pyłowo-gazowych za pomocą strumienic pneumatyczno-wodnych.

Do podstawowych zalet urządzeń strumieniowych należą:

- niski koszt wytwarzania i łatwość produkcji,

- niskie koszty eksploatacji i remontów,
- stosunkowo mały ciężar i gabaryty,
- możliwość zastąpienia pneumatycznych wentylatorów wirnikowych, w warunkach, gdzie ich stosowanie jest nieekonomiczne i nieuzasadnione/krótkie wyrobiska ślepe, dojścia do tam izolacyjnych, itp/.

Efekty ekonomiczne wymierne wynikają ze zmniejszonego zużycia energii sprężonego powietrza i materiałów oraz kosztów instalacji i eksploatacji. Efekty ekonomiczne niewymierne wynikają z poprawy bezpieczeństwa i warunków pracy, szczególnie w kopalniach gazowych. Opracowane dotychczas strumienice pneumatyczne mają 2-krotnie większą sprawność adiabatywną w stosunku do strumienic z przepływem płaskim / meridionalnym/.

Dynamiczny rozwój polskiego górnictwa i występujący w szeregu kopalniach wzrost gazowości wymagają prowadzenia dalszych prac naukowo-badawczych w zakresie doskonalenia rozwiązań konstrukcyjnych i sposobów zwalczania zagrożeń metanowych.

#### LITERATURA

- [1] J.J. Sokołow, N.M. Zinger, : Strumienice. WNT - Warszawa 1965
- [2] J.A. Goliński, A.T. Troskoleński, : Strumienice. WNT - Warszawa 1968
- [3] B.Kozłowski: Prognozowanie zagrożenia gazowego kopalni. Wyd. Śląsk 1972
- [4] K.Reich, W.Zajęc, H.Ziegler, : Strumienice pneumatyczne do wentylacji pomocniczej i klimatyzacji wyrobisk górniczych. Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa 1973 nr 8/57
- [5] B.Kozłowski: Stropowe nagromadzenia metanu. Przegląd Górniczy 3/1975
- [6] B.Kozłowski: Stropowe nagromadzenia metanu i ich likwidacja w wyrobiskach ścianowych. Wiadomości Górnicze 10/76
- [7] Badania strumienicy ZEFIR. Materiały służbowe ZKMPW - Sprawozdanie nr 1/KRW/72
- [8] Optymalizacja elementów i konstrukcji doświadczalnej strumienicy ZEFIR. Materiały służbowe ZKMPW - Sprawozdanie nr 3/KRW/74
- [9] Założenia konstrukcyjne dla strumienic. Materiały służbowe ZKMPW-Sprawozdanie nr 5/KRW/74
- [10] Badania doświadczalnych strumienic pneumatycznych CYKLON. Materiały służbowe COPKMG-KOMAG- sprawozdanie nr 1/TMK/75
- [11] Nowy układ odsysania metanu z pokładów gazowych za pomocą strumienic pneumatycznych

- [12] CYKLON - 80. Materiały służbowe COPKMG-KOMAG - Sprawozdanie nr 3/TMK/W/75  
Badania eksploatacyjne prototypów strumienic
- [13] CYKLON - 40, 60, 80. Materiały służbowe COPKMG - KOMAG - Sprawozdanie nr 1/TMK/W/76.  
Badania stanowiskowe urządzenia do odsysania metanu w ZOK przy KWK "Moszczenica". Materiały służbowe COPKMG-KOMAG - Sprawozdanie nr 4/BKM/W/76
- [14] Badania dołowe i wdrażanie urządzeń do odsysania metanu w KWK - XXX-lecia PRL. Materiały służbowe COPKMG-KOMAG. Sprawozdanie nr 6/BKM/W/77
- [15] Technologia otwarcia i odsysania gazów z pola pożarowego z zastosowaniem strumienicy pneumatycznej CYKLON w KWK Halemba. Materiały służbowe COPKMG - KOMAG. Sprawozdanie nr 7/BKM/W/77
- [16] Badania dołowe i wdrażania układu do odsysania metanu w KWK - Staszic. Materiały służbowe COPKMG-KOMAG. Sprawozdanie nr 4/BKM/W/77
- [17] Badania stanowiskowe urządzenia strumienicowego "DUF". Materiały służbowe COPKMG-KOMAG. Sprawozdanie nr 5/BKM/W/77
- [18] Patenty, wzory: pat. 72961, wzór 25483, pat. 92615, pat. 92751, pat. 92752, zgł. P188744, zgł. P199701, P202458
- [19] B. Kozłowski: Klasyfikacja pokładów w kopalniach górnośląskich pod względem zagrożeń metanowych. Wiadomości górnicze 1/78

пневматические эжекторные устройства для борьбы с газоопасностью

В работе представлены результаты многолетних исследований и внедряющих работ проведенных автором в области технологии / особенно метана/ при помощи пневматических эжекторных устройств.

В особенности представлены способы устранения местного скопления метана в горных выработках при помощи струи эжектора, что вызывает разрежение и интенсификацию обмена с вентиляционным воздухом шахты. Обсуждены примеры отсасывания газов при помощи эжекторных устройств и способ уменьшения опасной концентрации к допустимым значениям. Обсуждены конструкция, результаты испытаний, характеристика работы новых решенных эжекторов, а также дальнейшие направления научно-исследовательских работ



## PNEUMATIC JET PUMP EQUIPMENT FOR FIGHTING GAS HAZARDS

In the paper are presented the results of many years' research and implementation studies, conducted by the author in the field of the technology of fighting gas hazards /especially methane/ by means of pneumatic jet pump equipment. Particularly the methods of disposing of local methane accumulations in mining excavations with a jet produced in a jet pump which causes their dilution and intensification of mixing with the mine ventilating air, are shown. Examples of gas extraction by means of jet pump equipment and a way of decreasing dangerous concentrations to permissible values are discussed. The construction, investigation results and characteristics of the performance of new jet pump constructions, as well as the aims for further scientific and development research are discussed.