

**ZESZYTY  
NAUKOWE  
POLITECHNIKI  
ŚLĄSKIEJ**

**KAROL REICH**

**GÓRNICZE PNEUMATYCZNE  
URZĄDZENIA STRUMIENICOWE  
DO ZWALCZANIA LOKALNYCH  
ZAGROŻEŃ GAZOWO-PYŁOWYCH  
W KOPALNIACH PODZIEMNYCH**

**GÓRNICtwo**

**Z. 196  
GLIWICE  
1991**

**POLITECHNIKA ŚLĄSKA**

**ZESZYTY NAUKOWE**

**Nr 1116**

**ARND REICH**

**GÓRNICZE PNEUMATYCZNE  
URZĄDZENIA STRUMIENICOWE  
DO ZWALCZANIA LOKALNYCH  
ZAGROŻEŃ GAZOWO-PYŁOWYCH  
W KOPALNIACH PODZIEMNYCH**

**GLIWICE**

**1991**

# E r r a t a

Str.	Wiersz	Jest	Powinno być
10	1		$V$ - objętość właściwa (wyrabiiska)
44	1	$\frac{\partial v'_r}{\partial t} + \frac{\partial v'_z}{\partial t} = 0$	$\frac{\partial v'_r}{\partial t} = \frac{\partial v'_z}{\partial t} = 0$
45	1	$\frac{\partial v'_r}{\partial \varphi} = \frac{\partial v'_u}{\partial \varphi} + \frac{\partial v'_z}{\partial \varphi} = 0$	$\frac{\partial v'_r}{\partial \varphi} = \frac{\partial v'_u}{\partial \varphi} = \frac{\partial v'_z}{\partial \varphi} = 0$
54	15	$P_{I-II} = \Delta h \gamma_{hg} = (h_I - h_{II}) \gamma_{hg}$	$P_{I-II} = \Delta h \gamma_{Hg} = (h_I - h_{II}) \gamma_{Hg}$
75	wykreś 4.26	$V \text{ m}^3$ (na osi x)	$Q \text{ m}^3/\text{s}$ (na osi x)

## OPINIODAWCY

Prof. zw. dr. hab. inż. Janusz ROSZKOWSKI

Prof. dr. hab. inż. Jan ORLACZ

## KOLEGIUM REDAKCYJNE

REDAKTOR NACZELNY — Prof. dr. hab. inż. Jan Bandrowski

REDAKTOR DZIAŁU — Prof. dr. hab. inż. Walery Szuszcik

SEKRETARZ REDAKCJI — Mgr Elżbieta Leško

## OPRACOWANIE REDAKCYJNE

Alicja Nowacka

Wydano za zgodą

Rektora Politechniki Śląskiej

Druk z makiet przygotowanych przez Autora

PL ISSN 0372-9508

Dział Wydawnictw Politechniki Śląskiej  
ul. Kujawska 3, 44-100 Gliwice

---

Nakł. 160+85	Ark. wyd. 6	Ark. druk. 7,375	Papier offsetowy kl. III, 70x100, 70g
Oddano do druku 13.02.91	Podpis. do druku 13.02.91	Druk ukończ. w lutym 1991	
Zam. 67/91			Cena zł 5.100.—

---

Fotokopie, druk i oprawę  
wykonano w Zakładzie Graficznym Politechniki Śląskiej w Gliwicach

WYKAZ OZNACZEN .....	9
1. PROBLEMATYKA WSTĘPNA.....	11
1.1. Geneza powstawania zagrożeń gazo-geodynamicznych.....	11
1.2. Zagrożenia metanowe w kopalniach węgla kamiennego.....	11
1.3. Stropowe nagromadzenia i skupiska metanu.....	13
1.4. Technologia stosowania górniczych pneumatycznych urządzeń strumienicowych w kopalniach.....	14
1.5. Kształtowanie się metanowości wybranych kopalń.....	22
2. CEL, ZAKRES PRACY I TEZY.....	31
2.1. Cel pracy.....	31
2.2. Zakres pracy.....	32
2.3. Tezy pracy.....	33
3. MODEL PRZEPŁYWU Z WIREM W GÓRNICZYCH STRUMIENICACH PNEUMATYCZNYCH.....	35
3.1. Ogólne sformułowanie zagadnienia.....	35
3.2. Ogólny model matematyczny przepływu wg EULERA.....	37
3.3. Model matematyczny przepływu wg NAVIERA-STOKESA.....	40
3.3.1. Równanie przepływu w układzie kartezjańskim $(x,y,z)$ .....	40
3.3.2. Równanie przepływu w układzie walcowym $(r,\varphi,z)$ .....	41
3.4. Ogólne warunki brzegowe.....	43
3.4.1. Strumień bierny.....	43
3.4.2. Strumień czynny.....	44
3.4.3. Warstwa graniczna PRANDTLA.....	45
3.5. Podsumowanie i wnioski.....	45
4. BADAŃ STANOWISKOWE URZĄDZEŃ STRUMIENICOWYCH.....	48
4.1. Modelowanie strumienic.....	48
4.2. Metodyka badań i obliczeń.....	49
4.2.1. Stanowisko badawcze układu ze strumienicą ZEFIR.....	51
4.2.2. Stanowisko badawcze układu ze strumienicą CYKLON.....	51
4.2.3. Stanowisko badawcze układu ze strumienicą	

CYKLON połączonego z rurociągiem.....	53
4.2.4. Stanowisko badawcze układu ze strumienicą pneumatyczno-wodną.....	53
4.2.5. Wzory obliczeniowe.....	54
4.3. Badania strumienic pneumatycznych.....	55
4.3.1. Strumienice ZEFIR.....	55
4.3.2. Strumienice CYKLON.....	57
4.3.3. Strumienice wentylacyjne LUS 80/600.....	61
4.3.4. Strumienice pneumatyczno-wodne.....	69
4.3.5. Strumienice lekkie SPL.....	73
5. BADANIA DOŁOWE URZĄDZEŃ STRUMIENICOWYCH.....	78
5.1. Kryterium czasu krytycznego i doboru urządzeń strumienicowych do wentylacji pomocniczej.....	79
5.2. Badania dołowe i weryfikacja kryterium czasu krytycznego w warunkach zagrożeń pyłowo-gazowych.....	80
5.3. Technologia odsysania metanu w KWK-PNIOWEK.....	90
5.4. Technologia odsysania gazów pożarowych w KWK-HALEMBA.....	92
5.5. Technologia odsysania metanu w KWK-STASZIC.....	93
6. PRZYKŁADY ZASTOSOWAŃ GÓRNICZYCH STRUMIENIC PNEUMATYCZNYCH W KOPALNIACH METANOWYCH.....	96
6.1. Uwagi ogólne.....	96
6.2. Przykłady stosowania górniczych strumienic.....	96
7. PODSUMOWANIE I WNIOSKI KOŃCOWE.....	106
LITERATURA, PATENTY, WYKAZ PRAC BADAWCZYCH.....	108
STRESZCZENIA.....	112

## CONTENTS

LIST OF DESIGNATIONS .....	9
1. INTRODUCTORY PROBLEMS .....	11
1.1. Origin of gas and dynamic hazards .....	11
1.2. Methane hazards in hard coal mine .....	11
1.3. Methane accumulation and clusters in roofs .....	13
1.4. Practice of application of the mining pneumatic jet equipment in mines .....	14
1.5. Form of methane characteristic of selected mines .....	22
2. PROPOSITIONS, PURPOSE AND RANGE OF THE WORK .....	31
2.1. Propositions of the work .....	31
2.2. Purpose of the work .....	32
2.3. Range of the work .....	33
3. MODEL OF VORTEX FLOW IN THE MINING PNEUMATIC JET EQUIPMENT .....	35
3.1. General formulation of the problem .....	35
3.2. General mathematical model of the flow according to EULER.....	37
3.3. Mathematical model of the flow according to NAVIER- STOKES.....	40
3.3.1. Equation of the flow in the Cartesian system ( $x, y, z$ ) .....	40
3.3.2. Equation of the flow in the cylindrical system ( $r, \varphi, z$ ) .....	41
3.4. General boundary conditions .....	43
3.4.1. Passive stream .....	43
3.4.2. Active stream .....	44
3.4.3. PRANDTLE boundary layer .....	45
3.5. Recapitulation and conclusions .....	45
4. TESTS OF MINING PNEUMATIC JET EQUIPMENT .....	48
4.1. Simulation of pneumatic jet pumps .....	43
4.2. Methodology of tests and calculations .....	49
4.2.1. Test stand for the system comprising the jet equipment ZEFIR .....	51
4.2.2. Test stand for the system comprising the jet equipment CYKLON .....	51

4.2.3. Test stand for the system comprising the jet equipment CYKLON connected to the pipeline.....	53
4.2.4. Test stand for the system comprising the pneumatic water jet equipment .....	53
4.2.5. Calculation formulas .....	54
4.3. Tests of pneumatic jet equipment .....	55
4.3.1. Jet equipment ZEFIR .....	55
4.3.2. Jet equipment CYKLON .....	57
4.3.3. Ventilation jet equipment LUS 80/600 .....	61
4.3.4. Pneumatic and water jet equipment .....	69
4.3.5. Light jet equipment SPL .....	73
5. UNDERGROUND TESTS OF JET EQUIPMENT.....	78
5.1. Criterion of critical time and selection of the jet equipment for auxiliary ventilation .....	79
5.2. Underground tests and verification of the critical time under conditions of dust and gaseous hazards.....	80
5.3. Practice of sucking off the methane applied in the colliery PRIOŹEK .....	90
5.4. Practice of sucking off fire gases applied in the colliery HALEMBA .....	92
5.5. Practice of sucking off the methane in the colliery STASZIC .....	93
6. EXEMPLARY APPLICATIONS OF THE MINING PNEUMATIC JET EQUIPMENT IN METHANE MINES .....	96
6.1. General .....	96
6.2. Exemplary application of mining jet equipment .....	96
7. RECAPITULATION AND FINAL CONCLUSIONS .....	106
BIBLIOGRAPHY, PATENTS, LIST OF RESEARCH WORKS.....	108
SUMMARY .....	112



## СОДЕРЖАНИЕ

ПЕРЕЧЕНЬ ОБОЗНАЧЕНИЙ .....	9
1. ВВОДНАЯ ПРОБЛЕМАТИКА .....	11
1.1. Причины возникновения газо-геодинамических угроз .....	11
1.2. Газовая угроза в каменно-угольных шахтах .....	11
1.3. Прикровельная концентрация и скопление метана .....	13
1.4. Технология применения пневматических поточных установок в шахтах .....	14
1.5. Формирование газовыделения в изорванных шахтах .....	22
2. ЦЕЛЬ, ОБЪЕМ И ТЕЗИСЫ РАЗРАБОТКИ .....	31
2.1. Цель разработки .....	31
2.2. Объем разработки .....	32
2.3. Тезисы разработки .....	33
3. МОДЕЛЬ ВИХРЕВОГО ПОТОКА В ШАХТНЫХ ПНЕВМОУСТАНОВКАХ .....	35
3.1. Общая формулировка проблемы .....	35
3.2. Общая математическая модель потока по ЭУЛЕРУ .....	37
3.3. Математическая модель потока по МАВБЕР-СТОКЕСУ .....	40
3.3.1. Уравнение потока по картенаизаской схеме / $x, y, z$ / .....	40
3.3.2. Уравнение потока по кольцевой схеме / $r, \varphi, z$ / .....	41
3.4. Общие береговые условия .....	43
3.4.1. Пассивный поток .....	43
3.4.2. Активный поток .....	44
3.4.3. Пределный слой ПРАНДТЛЯ .....	45
3.5. Выводы .....	45
4. СТЕНДОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ ПОТОЧНЫХ УСТАНОВОК .....	48
4.1. Моделирование установок .....	48
4.2. Методика испытаний и расчетов .....	49

4.2.1. Испытательный стенд для схемы с установкой ЗЕФИР .....	51
4.2.2. Испытательный стенд для схемы с установкой ЦИКЛОН .....	51
4.2.3. Испытательный стенд для схемы с установкой ЦИКЛОН сопряженной с трубопроводом .....	53
4.2.4. Испытательный стенд для схемы с пневмо-водной установкой .....	53
4.2.5. Формулы расчетов .....	54
4.3. Испытания пневматических установок .....	55
4.3.1. Установки типа ЗЕФИР .....	55
4.3.2. Установки типа ЦИКЛОН .....	57
4.3.3. Установки вентиляционные типа ЛУС-80/600 .....	61
4.3.4. Установки пневмо-водного типа .....	69
4.3.5. Установки легкого типа СПЛ .....	73
5. ПОДЗЕМНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ПОТОЧНЫХ УСТАНОВОК .....	78
5.1. Критерий критического времени и подбора поточных установок для вспомогательной вентиляции .....	79
5.2. Поzemные испытания и пересмотр критерия критического времени в условиях скопления газа и пыли .....	80
5.3. Технология отсоса метана на шахте ПНЮВЭК .....	80
5.4. Технология отсоса пожароопасных газов на шахте ХАЛЕМБА .....	92
5.5. Технология отсоса метана на шахте СТАШИЦ .....	93
6. ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ ШАХТНЫХ ПОТОЧНЫХ ПНЕВМОУСТАНОВОК НА ШАХТАХ ОПАСНЫХ ПО ГАЗУ .....	96
6.1. Общие замечания .....	96
6.2. Примеры применения установок .....	96
7. ПОДВЕДЕНИЕ ИТОГОВ И ВЫВОДЫ .....	106
Литература, патенты, перечень трудов .....	108
Резюме .....	112

## WYKAZ QZNACZEN

A	- powierzchnia (strumienicy, pola przekroju wyrobiska),
a	- prędkość dźwięku, indeks (adiabata),
b	- szerokość wyrobiska górniczego,
D	- średnica zewnętrzna dyfuzora, przewodu,
d	- średnica dyszy pierścieniowej,
e	- wielkość szczeliny dyszy pierścieniowej,
F	- siła masowa,
f	- pole przekroju strumienia,
g	- przyśpieszenie ziemskie,
$H_N$	- wielkość hydrodynamiczna ( $N = 1, 2, 3 \dots$ ),
h	- wysokość (słupa cieczy manometrycznej, wyrobiska górniczego)
i	- entalpia,
K	- współczynnik (wykładnik) adiabaty,
k	- przełożenie (pochylenie) mikromanometru,
L	- długość (strumienicy lutniociągu, rurociągu, wyrobiska górniczego),
l	- odległość od strumienicy,
m	- masa czynnika (płynu), strumienicy,
n	- kierunek normalny,
p	- naprężenia ściskające, stężenie procentowe gazu,
P	- ciśnienie (depresja),
Q	- natężenie przepływu płynu (strumienia strumienicy),
q	- natężenie przepływu płynu w przewodzie zasilania,
$q_0$	- natężenie obliczeniowe wydzielanego metanu w wyrobisku,
R	- stała gazowa,
$R_e$	- liczba REYNOLDSA,
S	- warstwa graniczna, przyścienna,
s	- przesunięcie (droga) cząsteczki płynu,
T	- temperatura,
t	- czas,
$T_k$	- czas krytyczny wyrobiska,
u,	- stopień eejkcji,

$V$	- objętość (właściwa wyrobiska),
$v$	- prędkość cząsteczek płynu,
$w$	- prędkość średnia płynu (w strumienicy, przewodzie),
$s_0$	- droga cząsteczki czynnika (płynu) wzdłuż ścianki dla przepływu laminarnego,
$x, y, z$	- współrzędne w układzie prostokątnym,
$r, u, z, \varphi$	- współrzędne w układzie walcowym, indeksy przy prędkościach
$\bar{i}, \bar{j}, \bar{k}$	- wektory jednostkowe wzdłuż osi współrzędnych,
$\alpha, \beta, \epsilon$	- bezwymiarowe liczby przepływu,
$\delta$	- grubość warstwy granicznej przyściennej,
$\Gamma$	- całka cyrkulacji,
$\gamma$	- ciężar właściwy płynu,
$\eta, \eta_a, \eta_e$	- lepkość dynamiczna, sprawność adiabaticzna, sprawność eekcji strumienicy,
$\lambda$	- objętość obszaru o powierzchni $\sigma$ ,
$\nu$	- lepkość kinematyczna płynu,
$\rho$	- gęstość płynu,
$\sigma^n$	- naprężenie powierzchniowe normalne cząsteczki płynu,
$\tau$	- naprężenia powierzchniowe styczne cząsteczki płynu,
$\vec{\omega}$	- wektor prędkości wirowej (wirowości),
$\Delta$	- różnica,
(')	- odnośnik do płynu napędzającego (czynnego),
('')	- odnośnik do płynu napędzanego (biernego),
(-)	- odnośnik do wielkości wektorowej,
$z, c, d, s, o$	- indeksy (zasilanie, całkowite, dynamiczne, statyczne, stoczenie),
$1, 2, 3, 0$	- czby (oznaczające przekroje, indeksy),
I, II, III	- przekroje przewodu układu pomiarowego.

## 1. PROBLEMATYKA WSTĘPNA

### 1.1. Geneza powstawania zagrożeń gazo-geodynamicznych

Prowadzenie robót górniczych w górotworze nasyconym gazem powoduje specyficzne zagrożenia, do których należą przede wszystkim wyrzuty gazo-skalne, a następnie wydzielanie się gazów do wyrobisk górniczych. Zjawiska te nazywamy "gazo-geodynamicznymi i można je podzielić następująco [4] :

- wyrzuty gazów i skał,
- wypływy gazów (wydmuchy),
- wyrzuty gazowe (fukacze),
- obrywanie się węgla od ociosów (wysypywanie) połączone z wydzielaniem się gazów.

Zjawiska gazo-geodynamiczne należą do najgroźniejszych, bezwzględnie najbardziej skomplikowanych w górnictwie podziemnym. Zjawiskom gazo-geodynamicznym towarzyszy niebezpieczeństwo wypełnienia wyrobisk górniczych gazami. W przypadku gdy gazem jest dwutlenek węgla lub azot występuje zagrożenie uduszenia, gdy gazami jest siarkowodor zatrucia, natomiast gdy mamy do czynienia z mieszaniną powietrza (tlenu) z metanem lub wodorem występuje niebezpieczeństwo wybuchu, który może ponadto zainicjować wybuch pyłu węglowego. Katastrofa górnicza, spowodowana wybuchem gazów i pyłu węglowego, może doprowadzić do poważnych zagrożeń załogi i zniszczeń w kopalni.

### 1.2. Zagrożenia metanowe w kopalniach węgla kamiennego [3]

Metan, zwany także gazem górniczym, stanowi poważne zagrożenie dla bezpiecznej eksploatacji kopalń.

Wg statystyk światowych ponad 90% wybuchów kopalnianych powodowanych jest przez metan. Metan tworzy z powietrzem mieszaniny silnie wybuchowe, przy zawartości 5,3 do 14%, a jego zapłon metanu i wybuch ma charakter reakcji łańcuchowej. Zapłon następuje z pewnym opóźnieniem zależnym od temperatury działającej na mieszaninę wybuchową metanu - efekt wybuchu występuje przy ogrzaniu do lub powyżej  $650^{\circ}\text{C}$  - przy temperaturze wysokiej (ok.  $1170^{\circ}\text{C}$ ) opóźnienie wynosi ok. 0,002 s.

Inicjalem wybuchu metanu mogą być :

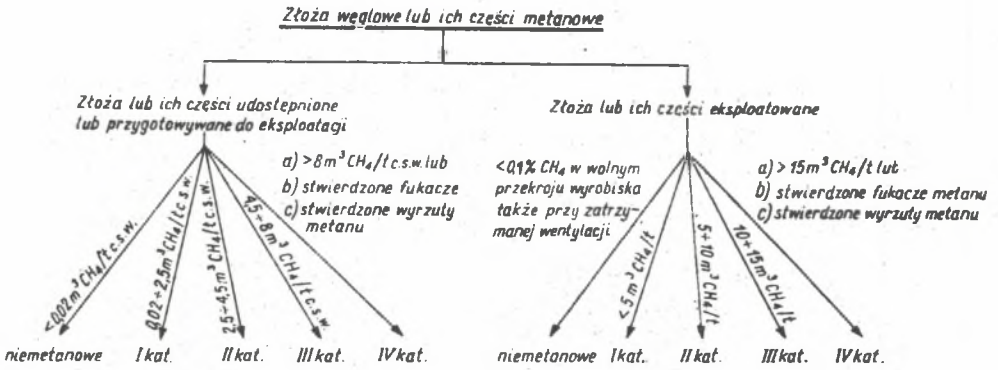
- roboty strzelnicze materiałami wybuchowymi, którym mogą towarzyszyć zagrożenia tlenkami azotu,
- roboty spawalnicze, stanowiące szczególne niebezpieczeństwo spowodowania wybuchu,
- iskry elektryczne, mechaniczne itp..

Profilaktyka zagrożeń metanowych w wyrobiskach górniczych, sprowadza się do :

- kontroli zawartości metanu w powietrzu i nieprzekraczanie ilości dopuszczalnej, określonej przepisami,
- doprowadzenie ilości powietrza (wentylacja) koniecznej do skutecznego rozrzedzenia metanu, poniżej granicy dopuszczanej przepisami,
- odmetanowania kopalń, w których wysokiego zagrożenia metanowego nie można opanować środkami wentylacyjnymi,
- stosowania wysoce bezpiecznych, wobec metanu i pyłów, środków technicznych oraz zabezpieczeń jak również przeszkolenie załóg górniczych,
- stosowanie specjalnych niekonwencjonalnych metod likwidowania zagrożeń metanowych i pyłowych, np. ; usuwanie lokalnych nagromadzeń gazów i pyłów za pomocą górniczych pneumatycznych urządzeń strumieniowych, której poświęcono niniejszą pracę.

Właściwa ocena lokalnych zagrożeń gazowych i pyłowych, a przede wszystkim metanowych, oparta o prognozę zagrożenia, winna być czynnikiem determinującym bezpieczną eksploatację kopalni metanowej [7].

Polskie przepisy górnicze dzielą kopalnie węgla kamiennego na metanowe i niematanowe. Kryterium decydującym o klasyfikacji kopalni jako metanowej jest wystąpienie choćby w jednym wyrobisku górniczym koncentracji metanu przekraczającej 0,1% (taże w przypadku zatrzymania przewietrzania). Szczegółowe kryteria klasyfikacji złoża węglowego pod względem zagrożeń metanowych przedstawił w publikacji B.Kozłowski [10]. Rys.1.1 przedstawia w sposób schematyczny kryteria podziału złoża węglowego pod względem zagrożeń metanowych - w zależności od fazy jego eksploatacji. Podziału pokładów węgla kamiennego na odpowiednie kategorie metanowości, z którymi związany jest reżim kontrolny i profilaktyczny dokonano, opierając się na metanowości pokładu na etapie jego udostępnienia (lub rozczinki) oraz metanowości względnej w fazie eksploatacji.

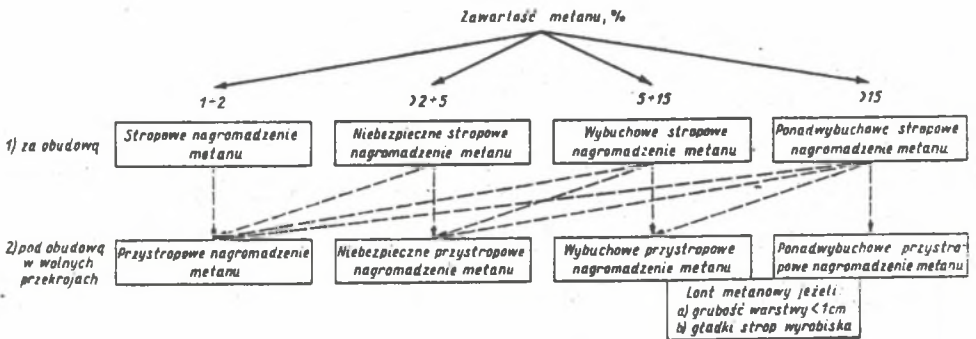


Rys.1.1. Kryteria klasyfikacji złoże węglowego pod względem zagrożeń metanowych

Fig.1.1. Classification criterion of the coal deposit from the view point of methane hazards

### 1.3. Stropowe nagromadzenia i skupiska metanu

Metan występujący w postaci stropowych nagromadzeń i skupisk (wnęki, wyłomy, itp.) stanowi poważne zagrożenie dla bezpieczeństwa załogi i kopalni. Problematykę stropowych nagromadzeń metanu i ich zwalczanie szczegółowo omówił w publikacji prof.B.Kozłowski [8,9]. Rys.1.2 obrazuje podział stropowych nagromadzeń metanu.



Rys.1.2. Podział stropowych nagromadzeń metanu

Fig.1.2. Distribution of methane concentrations

Mimo, iż zjawiska występowania metanu w postaci stropowych nagromadzeń lub skupisk są stosunkowo łatwe do określenia w polach średnio i silnie metanowych - szczególnie w wyrobiskach z wentylacją odrębną, w pobliżu uskoków, zaburzeń geologicznych, w wyrobiskach źle eksploatowanych itp., to nie można ich lekceważyć - niedocenyenie ich było przyczyną wielu katastrof górniczych.

Metan pojawiający się w wyrobiskach górniczych pochodzi z dwóch zasadniczych źródeł [ 7 ] :

- 1) podstawowego - metan wydziela się z urabianego węgla, z ociosów wyrobiska, odsłoniętych przodków wyrobisk,
- 2) dodatkowego - metan przedostający się do szczelin w górotworze - pustki WEBERA, silnie porowate i łatwo przepuszczające warstwy skał.

Wydzielanie dodatkowe może mieć miejsce w przypadku eksploatacji zawałowej, zruszenia warstw stropowych, a także spągowych. Wydzielanie metanu może być bardzo intensywne i rozległe - w niektórych przypadkach nawet kilkunastokrotnie przewyższa wydzielanie podstawowe.

Omówiona wyżej ogólna problematyka występowania i zwalczania zagrożeń gazowych i pyłowych obrazuje złożoność zagadnienia i wskazuje na konieczność prowadzenia kompleksowych prac badawczych związanych z bezpieczną eksploatacją pokładów węgla kamiennego, m.in. prowadzenia szerokiej profilaktyki zwalczania lokalnych nagromadzeń i skupisk metanu oraz zagrożeń pyłowo-gazowych.

#### 1.4. Technologia stosowania górniczych pneumatycznych urządzeń strumienicowych w kopalniach

Do zwalczania zagrożeń gazowych i pyłowych stosowane są różne sposoby i urządzenia, do których należą również strumienice pneumatyczne jako urządzenia wysoce bezpieczne wobec mieszaniny gazów (zwłaszcza metanu) i pyłów wybuchowych. Strumienice pneumatyczne cechuje wysoka sprawność, prostota budowy i łatwość w obsłudze i eksploatacji.

Pneumatyczne urządzenia strumienicowe (strumienice pneumatyczne), jako urządzenia wytwarzające podciśnienie (depresję), mogą powodować przepływ mieszaniny gazów w przewodzie, w przypadku ich połączenia z przewodem (lutniociągłem bądź rurociągiem) bądź wytwarzać silny strumień powietrza, który skierowany do miejsca lokalnego nagromadzenia gazu (metanu) może powodować jego rozrzedzenie i wymieszanie



z powietrzem wentylacyjnym.

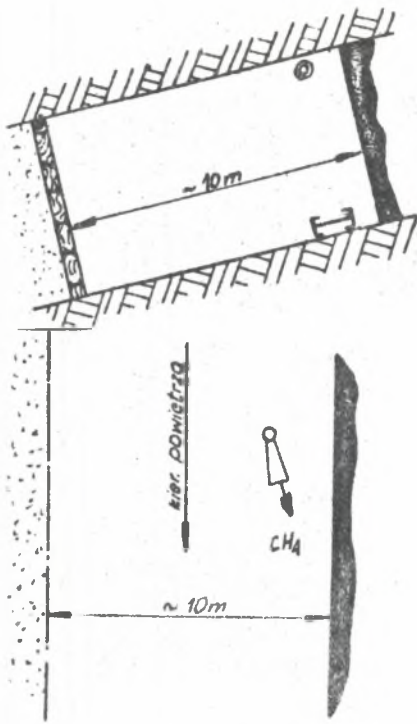
Urządzenia pneumatyczne w górnictwie mogą mieć zastosowanie we wszystkich kategoriach zagrożenia metanowego i wszędzie tam gdzie ze względu na bezpieczeństwo i zagrożenie nie można stosować urządzeń elektrycznych.

Górnictwo strumienice pneumatyczne bądź pneumatyczno-wodne mają zastosowanie do :

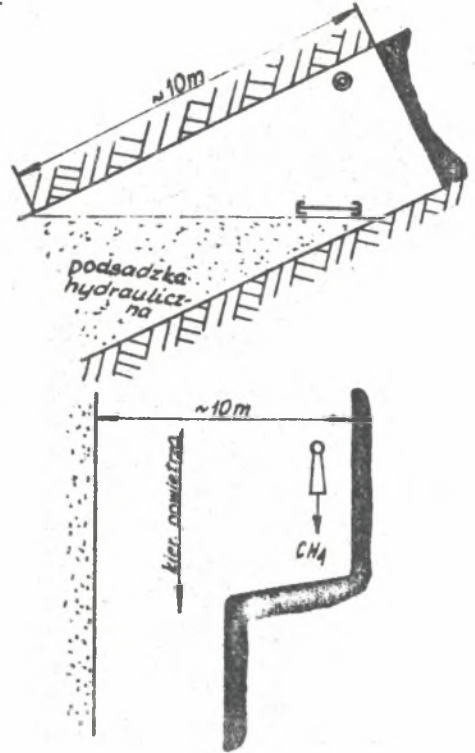
- usuwania (rozrzedzania) lokalnych nagromadzeń metanu lub gazów za pomocą wytwarzanego strumienia powietrza, skierowanego w miejsce nagromadzeń gazów - nagromadzeń przystropowych, skupisk itp.,
- odsysania gazu (mieszanki gazu) - w przypadku połączenia strumienicy z odpowiednim przewodem, lutniociągami bądź rurociągami,
- wentylacji pomocniczej - do powodowania przepływu w lutniach wentylacyjnych mogą zastępować wirnikowe wentylatory lutniowe pneumatyczne typu WLP,
- usuwania zagrożeń pyłowo-gazowych za pomocą strumienia mgły wodnej, skierowanego w otoczenie pracy narzędzi urabiających, do wyrobisk górniczych itp.,
- klimatyzacji, chłodzenia maszyn i urządzeń, odsysania mgły, usuwania pyłów osiadłych, napyłania (nasywania) substancji niepalnych na ociosy i stropy itp..

W kopalniach silnie metanowych zaleca się stosowanie strumienic pneumatycznych bądź pneumatyczno-wodnych w następujących warunkach [13] :

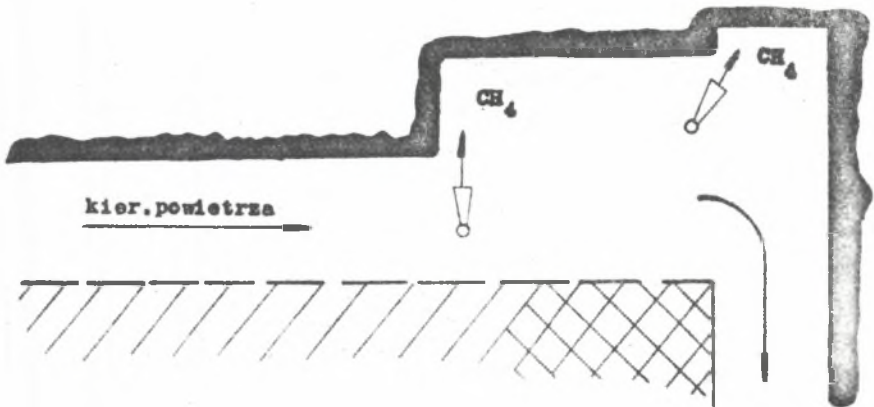
- 1) w ścianach i zabierkach prowadzonych z podsadzką płynną, w których na skutek dużego otwarcia wyrobiska, pomimo znacznych ilości przepływającego powietrza wentylacyjnego, nie jest możliwe rozrzedzenie (zwłaszcza lokalnych) nagromadzeń metanu do bezpiecznych granic (rys.1.3 i 1.4),
- 2) we wdzierkach i wnękach kombajnowych oraz strugowych przy eksploatacji ścianowej (rys.1.5 i 1.6),
- 3) w miejscach, w których występują nagłe zmiany poprzecznych wymiarów wyrobisk eksploatacyjnych (uskoki, zaburzenia geologiczne) oraz w miejscach skrzyżowań wyrobisk eksploatacyjnych z wyrobiskami chodnikowymi (rys.1.7. i 1.8),
- 4) w chodnikach nadścianowych drążonych do granic lub likwidowanych w miarę postępu ściany (rys.1.9.i 1.10),



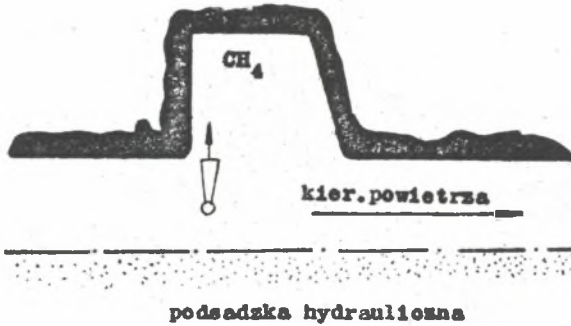
Rys.1.3. Sciana z podszkłą hydrauliczną  
Fig.1.3. Face with hydraulic filling



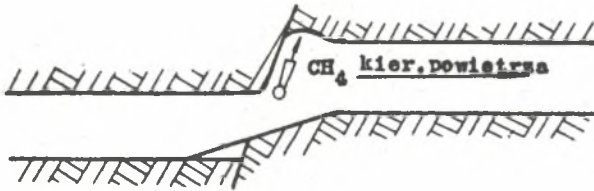
Rys.1.4. Zabierka z podszkłą hydrauliczną  
Fig.1.4. Shortwall with hydraulic filling



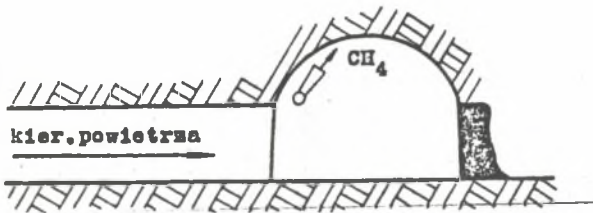
Rys.1.5. Wnęka kombajnowa lub strugowa w ścianie  
Fig.1.5. Stable in shearer or coal plough operation in the face



Rys.1.6. Wdzierka w ścinie lub zabierce  
Fig.1.6. Drawing at entry in the face or shortwall

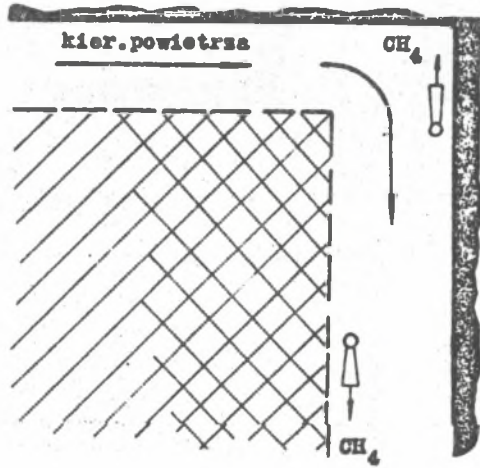


Rys.1.7. Nagłe zmiany wymiarów poprzecznych (uskoki i zaburzenia geologiczne)  
Fig.1.7. Sudden changes in the transverse dimensions (faults and dislocations)

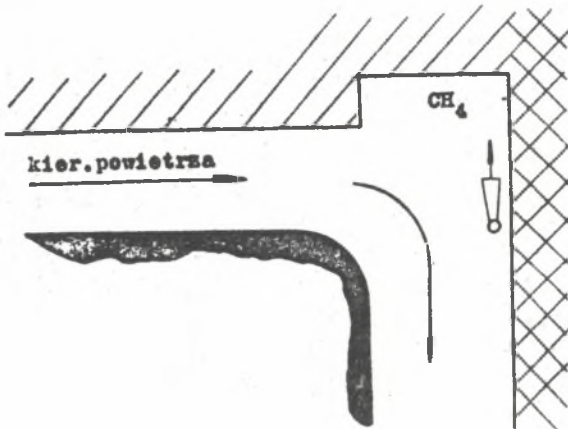


Rys.1.8. Nagłe zmiany wysokości (połączenie ściany z chodnikiem nadścianowym)  
Fig.1.8. Sudden changes in the height (face tail gate junction)

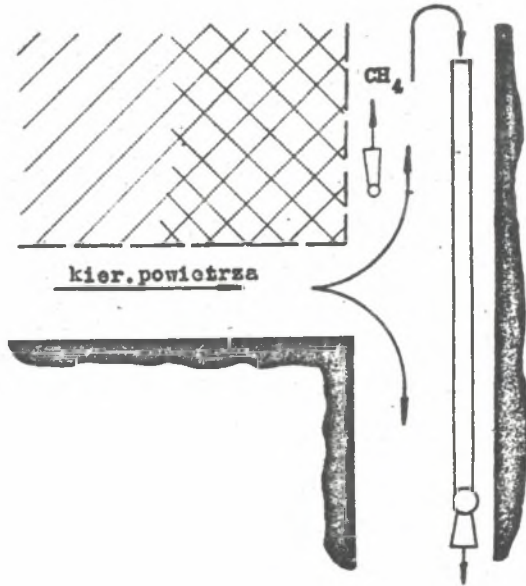
5) w chodnikach nadścianowych w miejscach niekorzystnego wydzielania się metanu wzdłuż pasa podsadzkiowego (rys.1.11),



Rys.1.9. Chodnik nadścianowy drążony z postępem ściany  
Fig.1.9. Tailgate driven with the face advance



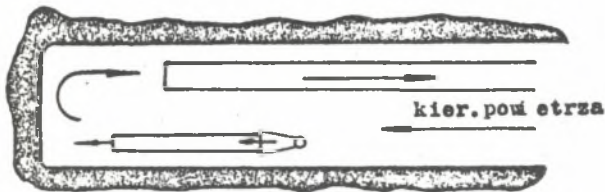
Rys.1.10. Chodnik nadścianowy likwidowany z postępem ściany  
Fig.1.10. Tail gate being removed with the face advance



Rys.1.11. Chodnik nadścianowy - wydzielanie metanu z pasa pod-szkowego

Fig.1.11. Tail gate-methans emissions from the packwall

6) w przypadkach wyrobisk korytarzowych, do wywołania ruchu powietrza w lutiociągach tłoczących przy przewietrzaniu kombinowanym (rys.1.12),

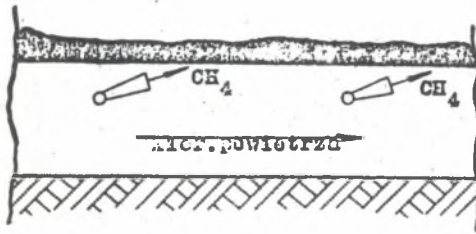


Rys.1.12. Wentylacja lutiowa kombinowana

Fig.1.12. Combined air-duct ventilation

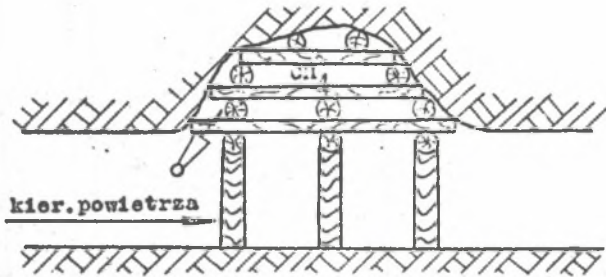
7) w wyrobiskach kbrytarzowych dla przeciwdziałania tworzeniu się lon-tów metanowych (rys.1.13),

8) w wyrobiskach korytarzowych dla rozrzedzenia metanu w wyrwach stropowych oraz wykładce nad obudową (rys.1.14),



Rys.1.13. Przystropowe warstwy i lonty metanowe

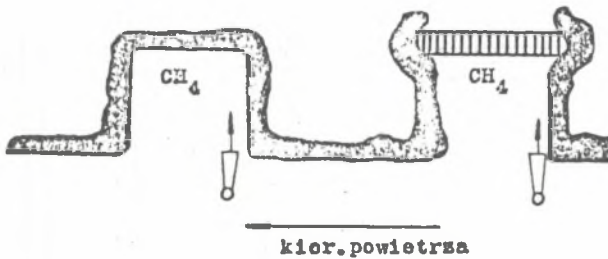
Fig.1.13. Layers adjacent to the roof and methane fuses



Rys.1.14. Wyrwy stropowe i wykładka nad obudową

Fig.1.14. Roof gaps and lining over the support

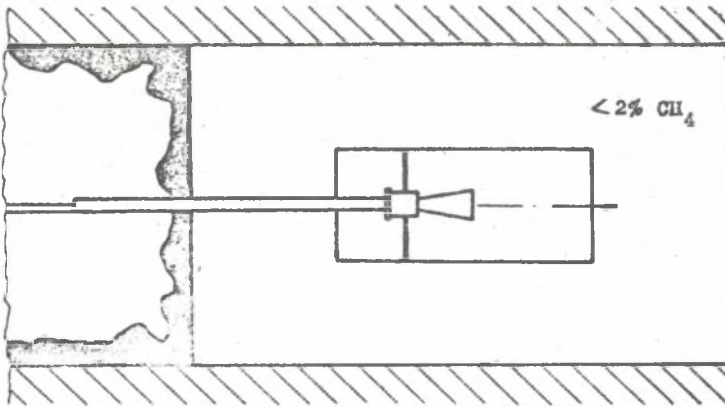
9) do likwidacji metanu we wnękach, np. wiertniczych, odmetanowania, dojsćciach do tam izolacyjnych, itp. (rys.1.15),



Rys.1.15. Wnęki i dojsćcia do tam izolacyjnych

Fig.1.15. Stables and accesses to the air stopping

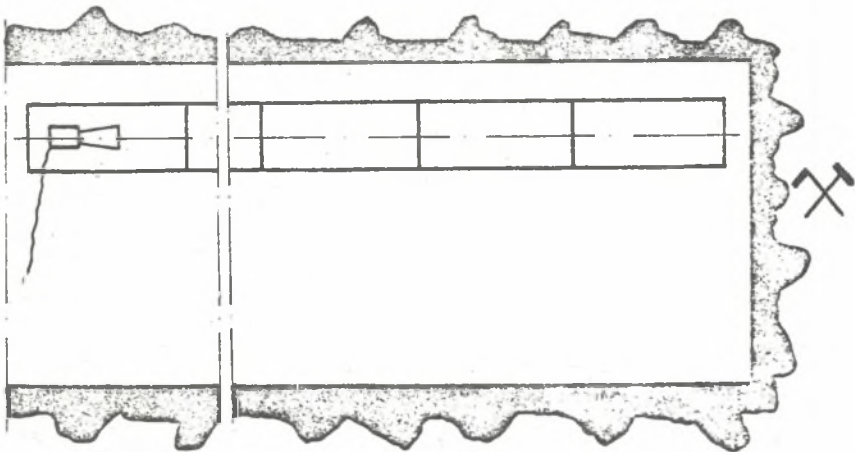
- 10) do odsysania gazów, np. ze starych zrobów, zza tam p.pożarowych itp. (rys.1.16),



Rys.1.16. Odsysanie zza tamy

Fig.1.16. Sucking off from behind the stoppage

- 11) wentylacji pomocniczej lutniowej w wyrobiskach ślepych (rys.1.17),  
12) do likwidacji nagromadzeń dwutlenku węgla przy spągu itp..



Rys.1.17. Wentylacja pomocnicza

Fig.1.17. Auxiliary ventilation

### 1.5. Kształtowanie się metanowości wybranych kopalń

Poniżej przedstawiono wyniki współpracy z Głównym Instytutem Górnicztwa - Ośrodkiem ds. Bezpieczeństwa Górniczego kop. Doświadczalnej BARBARA w zakresie kształtowania się metanowości wybranych kopalń [39].

#### 1.5.1 KWK - ZOFIÓWKA

Kopalnia eksploatuje pokłady zaliczane w całości do IV kategorii zagrożenia metanowego, a także zaliczone w poszczególnych częściach złoża do skłonnych oraz zagrożonych wyrzutami metanu i skał. Metanowość absolutna kopalni wprawdzie uległa obniżeniu z około 165 m<sup>3</sup>/min w 1986r. do 144 m<sup>3</sup>/min w 1987r., jednakże biorąc pod uwagę utrzymującą się w dalszym ciągu dużą jej zmienność w przekroju ostatnich lat, trudno ocenić tendencje wzrostowe lub spadkowe. Zmienność metanowości absolutnej uzależniona jest od lokalizacji frontu eksploatacyjnego na obszarze górniczym kopalni. Zwiększenie zakresu robót górniczych w partiach F, H i G, o zwiększonym wydzielaniu metanu, powoduje natychmiastowe zwiększenie metanowości absolutnej kopalni.

Wskaźniki metanowości kopalni kształtowały się w 1987r. następująco :

Metanowość absolutna (m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /min)	- maksymalna	167,50
	- minimalna	121,20
	- średnia	143,77

w tym :

z wyrobisk eksploatacyjnych	65,58	co stanowi	49,7 %
z wyrobisk przygotowawczych	23,66	"-	17,8 %
z pozostałych	43,06	"-	32,5 %

Metanowość relatywna (m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /t wyd.dob)	- maksymalna	23,70,
	- minimalna	16,50,
	- średnia	20,33.

Największą zawartość metanu pochodzenia naturalnego zmierzono w pokładzie 404/3 - 14,62 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/t csw.

#### 1.5.2. KWK - JASTRZĘBIE

Kopalnia posiada wszystkie pokłady zaliczone do IV kategorii zagrożenia metanowego. Wyraźnie wyższą metanowością charakteryzuje się partia W eksploatowanego złoża, co potwierdzają wyniki pomiarów metanowości. W ostatnim okresie nastąpiło ustabilizowanie się metanowości absolutnej kopalni na średnim poziomie w przedziale 40-50 m<sup>3</sup>CH<sub>4</sub>/min.

Wskaźniki metanowości kopalni kształtowały się w 1987r. następująco :

Metanowość absolutna (m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /min)	- maksymalna	50,02,
--	--------------	--------



- minimalna	39,31,
- średnia	45,83,

w tym :

z wyrobisk eksploatacyjnych	20,57	co stanowi	52,3 %,
z wyrobisk przygotowawczych	10,40	"-	26,5 %,
z pozostałych	8,34	"-	21,2 % .

Metanowość relatywna ( $m^3CH_4/t$ wyd.dob)	- maksymalna	11,89,
	- minimalna	7,87,
	- średnia	9,04.

### 1.5.3. KWK - KRUPINSKI

Metanowość absolutna kopalni uległa dalszemu wzrostowi o ponad  $18 m^3/min.$  osiągając w całości średnią 1987 roku około  $94,6 m^3/min.$  Przewidywany jest dalszy wzrost metanowości kopalni. Odmetanowaniem ujmuje się ponad 40% wydzielającego się metanu. Stosunkowo duża ilość metanu wydziela się do wyrobisk eksploatacyjnych (ścian). Na ogół ściany prowadzone są od pola, co stwarza problemy z utrzymaniem dopuszczalnych przepisami stężeń metanu w narożach ściany oraz wymaga stosowania wypróbowanych metod zwalczania zagrożenia metanowego, z zastosowaniem pomocniczych urządzeń wentylacyjnych (strumienic, przegród wentylacyjnych). Niewielka miąższość eksploatowanych pokładów nie pozwala na doprowadzenie do ścian dowolnie dużych ilości powietrza. Wszystkie eksploatowane pokłady zaliczone do IV kategorii zagrożenia metanowego. Wskaźniki metanowości kopalni kształtowały się w 1987r. następująco :

Metanowość absolutna ( $m^3CH_4/min$ )	- maksymalna	110,06,
	- minimalna	80,50,
	- średnia	94,57,

w tym :

z wyrobisk eksploatacyjnych	36,89	co stanowi	44,1 %,
z wyrobisk przygotowawczych	39,07	"-	46,7 %,
z pozostałych	7,70	"-	9,2 % .

Metanowość relatywna ( $m^3CH_4/t$ wyd.dob)	- maksymalna	44,74,
	- minimalna	33,09,
	- średnia	39,02.

### 1.5.4 KWK - 1 MAJA

Kopalnia eksploatuje pokłady zaliczane w całości do IV kategorii zagrożenia metanowego. W porównaniu z 1986 rokiem nastąpił niewielki spadek metanowości absolutnej. Obecnie metanowość absolutna kształtuje

się na poziomie roku 1985, co świadczy o jej wyraźnym ustabilizowaniu się. Także odmetanowniem ujmuje się metan na tym samym poziomie co w latach poprzednich. Bardzo dużą zawartość metanu pochodzenia naturalnego stwierdza się w pokładzie 707, która wynosiła  $17,75 \text{ m}^3/\text{t.csw}$ . Wskaźniki metanowości kopalni kształtowały się w 1987r. następująco :

Metanowość absolutna ( $\text{m}^3\text{CH}_4/\text{min}$ )	- maksymalna	84,31,
	- minimalna	67,99,
	- średnia	75,55,

w tym :

z wyrobisk eksploatacyjnych	33,26 co stanowi	39,5 % ,
z wyrobisk przygotowawczych	23,20	-"- 27,5 % ,
z pozostałych	27,85	-"- 33,0 % .

#### 1.5.5. KWK - MARCEL

Kopalnia posiada ustabilizowaną metanowość absolutną utrzymującą się przez wiele lat na poziomie ok.  $22 \text{ m}^3/\text{min}$ . Eksploatacja złoża przesuwana się stopniowo do partii markłowickiej, w której wszystkie pokłady zaliczane są do III kategorii zagrożenia metanowego. Jednakże jak na razie nie ma to wpływu na wzrost metanowości kopalni. W części markłowickiej prowadzone jest odmetanowanie. Wskaźniki metanowości kopalni kształtowały się w 1987r. następująco :

Metanowość absolutna ( $\text{m}^3\text{CH}_4/\text{min}$ )	- maksymalna	27,40,
	- minimalna	18,20,
	- średnia	22,31,

w tym :

z wyrobisk eksploatacyjnych	2,13 co stanowi	9,5 % ,
z wyrobisk przygotowawczych	1,22	-"- 5,5 % ,
z pozostałych	18,96	-"- 85,0 % .

Metanowość relatywna ( $\text{m}^3\text{CH}_4/\text{t wyd.dob}$ )	- maksymalna	6,10,
	- minimalna	4,10,
	- średnia	5,60.

#### 1.5.6. KWK - JANKOWICE

Kopalnia posiada ustabilizowaną metanowość absolutną na poziomie ok.  $21 \text{ m}^3/\text{min}$ . Pokłady zalegające w obszarze górniczym kopalni zaliczone są do I, II, III kategorii zagrożenia metanowego. W partii G, Z prowadzone jest odmetanowanie. Wskaźniki metanowości kopalni kształtowały się w 1987r. następująco :

Metanowość absolutna ( $\text{m}^3\text{CH}_4/\text{min}$ )	- maksymalna	24,35,
---	--------------	--------

- minimalna	16,72,
- średnia	21,09,

w tym :

z wyrobisk eksploatacyjnych	10,16	co stanowi	47,1 %,
z wyrobisk przygotowawczych	11,21	"-"	52,0 %,
z pozostałych	0,18	"-"	0,9 % .

Metanowość relatywna ( $m^3CH_4/t$ wyd.dob)	- maksymalna	2,83,
	- minimalna	2,49.
	- średnia	2,59.

Analizę przekroczeń zawartości metanu powyżej 2,0% w powietrzu kopalnianym rejonów eksploatacyjnych wykazanych przez metanometrię automatyczną i metaniarzy wg przyczyn, zestawiono w tabeli 1.1.

#### 1.5.7. KWK - BUDRYK - w budowie

Kopalnia należała do Zabrzeńskiego GW. Obecnie prowadzone są roboty przygotowawcze w pokładzie 336/3 zaliczonym do I kategorii zagrożenia metanowego oraz niemetanowym pokładzie 338/2. Nie stwierdza się stężenia metanu w powietrzu. Poniżej poz. 700m występuje wysokie zagrożenie metanowe.

#### 1.5.7. KWK - HALEMBA

Kopalnia należała do Bytomsko-Rudzkiego GW. Jest bardzo silnie metanowa. Zagrożenie metanowe wzrasta wraz z głębokością. Eksploatacja prowadzona była w 1988r na poz 380m w niemetanowym pokładzie 340, na poz. 525m w pokładach: 409 zaliczonym do I kategorii zagrożenia metanowego (partia D) i III kategorii zagrożenia metanowego (partia F i H) i I kategorii zagrożenia metanowego (partia J), 412, 413/1, 413/2, 14/1 zaliczonym do I kategorii zagrożenia metanowego, na poz. 830m w pokładzie 415/2 zaliczonym do II kategorii zagrożenia metanowego oraz na poz. 1030m w pokładach grupy 500, zaliczonych do IV kategorii zagrożenia metanowego : ponad 506 w partii H, pokład w partii F. Średnia metanowość bezwzględna kopalni wynosiła w 1987r. 154,5  $m^3/min$ , w roku 1988 180,0  $m^3/min$ . Metanowość wzrosła o 25,5  $m^3/min$ . Odmetanowanie ujmowano w 1987 roku 24,2  $m^3/min$ ., a w roku 1988 45,7  $m^3/min$ . - wzrost o 21,5  $m^3/min$ .

Maksymalne ujęcie było w czerwcu 1988 roku i wynosiło 75,6  $m^3/min$ . Wskaźnik efektywności odmetanowania zwiększył się z 15,7 % w 1987r. do 25,4% w 1988r. Odmetanowanie prowadzone było w bardzo silnie metanowej partii H w pokładzie 506 na poz. 1030m.

Zestawienie przekroczeń zawartości metanu powyżej 2,0 % w powietrzu kopalni rejonów eksploatacyjnych, wykazanych przez metanometrię automatyczną i metaniarzy według przyczyn za 1987 rok

Tabela 1.1

Lp.	Przyczyny	K o p a l n i a										Razem 6 KWK			
		Manifest lipcowy 2-5	Jastrzębie 2-5	Krupiński 2-5	1 Maja 2-5	Marcel 2-5	Jankowice 2-5	5	5	5	5				
1.	Awaryjny postój pomocniczych urządzeń wentylacyjnych	19	7	17	1	36	8	1	-	8	2	1	-	82	18
2.	Planowana przebudowa urządzeń wentylacyjnych	15	4	2	2	27	3	3	4	4	1	2	-	53	10
3.	Zaburzenia w sieci wentylacyjnej	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	2	1
4.	Wzmoczony wpływ CH <sub>4</sub> przy rabowaniu chodnika nadściłanowego	11	1	13	-	44	-	-	-	-	-	2	-	70	1
5.	Wpływ CH <sub>4</sub> podczas przesuwania sekcji obudowy zmechanizowanej	17	1	27	3	24	-	3	-	2	-	2	-	75	4
6.	Planowany postój wentyl. głównego	-	-	1	-	10	-	-	-	-	-	2	-	13	-
7.	Dojeżdżanie kombajnem do górnej wnęki	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8.	Inne	59	11	11	3	22	1	-	1	2	-	-	-	94	16
9.	Razem w 1987 r.	122	24	71	10	163	12	7	1	16	3	10	-	369	50
10.	W tym przez metaniarzy	12	1	1	-	-	-	-	-	4	-	-	-	14	17

#### 1.5.9. KWK - SŁĄSK

Należała do Bytomsko-Rudzkiego GW. Jest silnie metanowa. Eksploatowała pokłady zaliczone do I kategorii zagrożenia metanowego : 410/1, 410/2, 414/1, pokłady zaliczone do III kategorii zagrożenia metanowego : 416, 502, 507, 510, pokłady zaliczone do IV kategorii zagrożenia metanowego : 413/1, 414/1, 417, 502 (partia J i I). Średnia metanowość bezwzględna kopalni wynosiła w 1987r  $13,0 \text{ m}^3/\text{min.}$ , w roku 1988  $12,5 \text{ m}^3/\text{min.}$  i zmalała o  $0,5 \text{ m}^3/\text{min.}$

Kopalnia posiada dołową stację odmetanowania i jest przygotowana do stosowania odmetanowania w przypadku wzrostu metanowości.

#### 1.5.10. KWK - SOSNICA

Kopalnia należała do Zabrzeńskiego GW. Eksploatowała pokłady niemietanowe oraz I, II i III kategorii zagrożenia metanowego grupy 300 i 400.

Kopalnia prowadzi obecnie roboty przygotowawcze na nowym poziomie 950m, gdzie występują pokłady IV kategorii zagrożenia metanowego. Średnia metanowość bezwzględna kopalni wynosiła w 1987r  $18,9 \text{ m}^3/\text{min.}$ , w roku 1988  $27,8 \text{ m}^3/\text{min.}$  - wzrost o  $9,0 \text{ m}^3/\text{min.}$

#### 1.5.11. KWK - BRZESZCZE

Kopalnia należała do Jaworznicko-Mikołowskiego GW. Jest kopalnią bardzo silnie metanową. Eksploatuje pokład 317 zaliczony do II kategorii zagrożenia metanowego oraz pokłady 334, 347, 352, 336 i 405 zaliczone do IV kategorii zagrożenia metanowego. Całkowita metanowość bezwzględna kopalni wynosiła w 1987r  $240,2 \text{ m}^3/\text{min.}$ , a w roku 1988  $225,2 \text{ m}^3/\text{min.}$ , a więc zmalała o  $15,0 \text{ m}^3/\text{min.}$

Kopalnia prowadzi odmetanowanie. Ujęcie metanu wynosiło w 1987 roku  $77,8 \text{ m}^3/\text{min.}$ , a w 1988r.  $60,0 \text{ m}^3/\text{min.}$  i zmalało o  $17,8 \text{ m}^3/\text{min.}$ , w związku z czym wskaźnik efektywności ujęcia metanu zmalał z  $32,4 \%$  do  $25,6 \%$ .

W 1988 roku z wyrobisk eksploatacyjnych ujmowano średnio rocznie  $30,3 \text{ m}^3/\text{min}$  metanu przy wskaźniku efektywności ujęcia metanu  $50,5\%$ , zza tam metanowych  $23,6 \text{ m}^3/\text{min}$  przy wskaźniku efektywności ujęcia  $10,2\%$ .

#### 1.5.12. KWK - SILESIA

Kopalnia należała do Jaworznicko-Mikołowskiego GW. Jest kopalnią bardzo silnie metanową. Eksploatuje pokłady: 214/1-2 w partii wschodniej i zachodniej oraz 312, zaliczone do IV kategorii zagrożenia metanowego. Całkowita metanowość bezwzględna kopalni wynosiła w 1987r

107,4 m<sup>3</sup>/min, a w roku 1988 104,4m<sup>3</sup>/min i zmalała nieznacznie o 3,0 m<sup>3</sup>/min. Kopalnia prowadzi odmetanowanie. Ujęcie metanu wynosiło w 1987 roku 22,6 m<sup>3</sup>/min, a w 1988r. 19,2 m<sup>3</sup>/min i zmalało o 3,4 m<sup>3</sup>/min. Metan ujmowany był głównie : z wyrobisk przygotowawczych - 42,2 %, z odtanowanych zrobów - 47,3% oraz z wyrobisk eksploatacyjnych - 10,5%. Wskaźnik efektywności odmetanowania wynosił 18,4%.

#### 1.5.13. KWK - ANNA

Kopalnia należała do Rybnicko-Jastrzębskiego GW. Eksploatuje pokłady: zaliczone do II, III i IV kategorii zagrożenia metanowego. Metanowość kopalni wynosiła w 1987r 35,6 m<sup>3</sup>/min., a w roku 1988 35,3 m<sup>3</sup>/min. Najbardziej metanośnym pozostaje w dalszym ciągu pokład 725 w partii C. Dużą metanowością cechują się także pokłady 713 i 718 w partii K<sub>1</sub> i K<sub>2</sub>. Kopalnia prowadzi odmetanowanie lokalne. Metan ujmowany jest dwoma lokalnymi stacjami iniektorów i wypuszczany do powietrza wentylacyjnego w ilości 5,1 m<sup>3</sup>/min w 1987r. i 6,1 m<sup>3</sup>/min w 1988 roku. Wzrost ujęcia o 1,0 m<sup>3</sup>/min. W roku 1988 odmetanowaniem objęte były 2 ściany, 6 wyrobisk korytarzowych i 2 tamy metanowe.

#### 1.5.14. KWK - BORYNIA

Kopalnia eksploatuje pokłady grupy 300 i 400. Wszystkie pokłady na całym obszarze górniczym zaliczone są do III kategorii zagrożenia metanowego. Metanowość bezwzględna kopalni oscyluje wokół średniej wieloletniej i wynosiła w 1987r 30,8m<sup>3</sup>/min., a w roku 1988 24,0 m<sup>3</sup>/min co stanowi spadek o 6,8 m<sup>3</sup>/min. Prowadzi się okresowo i lokalnie odmetanowanie w pojedynczych ścianach. Ujmowano :2,7 m<sup>3</sup>/min, w 1987r. i 1,4 m<sup>3</sup>/min w 1988r.

#### 1.5.15. KWK - MOSZCZENICA

Metanowość bezwzględna kopalni w dalszym ciągu stopniowo maleje : z 135,3 m<sup>3</sup>/min w 1987r. do 120,9 m<sup>3</sup>/min w roku 1988 to jest o 14,4 m<sup>3</sup>/min. Zmniejszyło się także ujęcie metanu odmetanowaniem z 40,0 m<sup>3</sup>/min w 1987r. do 31,3 m<sup>3</sup>/min 1 1988r. to jest o 8,7 m<sup>3</sup>/min. Wskaźnik efektywności odmetanowania wynosił 26,5 %. Odmetanowaniem objętych było 115 wyrobisk korytarzowych, z których pochodziło 61,6% ujęcia metanu oraz 36 tam metanowych, z których pochodziło 38,4% ujęcia. Wszystkie eksploatowane pokłady w obszarze górniczym kopalni zaliczane są do IV kategorii zagrożenia metanowego. Pokład 510 w rejonie niecki głównej zaliczony jest w części do skłonnych, a w części do zagrożonych wyrzutami metanu i skał. Przewiduje się, że metanowość

kopalni znacznie wzrastać w miarę postępu roztąd udostępniających i przygotowawczych w polu GOŁKOWICE.

#### 1.5.16. KWK PNIÓWEK

W dalszym ciągu kopalnia jest najbardziej metanową kopalnią węgla w Polsce i według posiadanego rozeznania także w Europie. Metanowość kopalni przy istniejącym wydobyciu osiągnęła swój szczyt na poziomie średnio rocznym wynoszącym około 350 m<sup>3</sup>/min. W 1987r. metanowość bezwzględna wynosiła 355,7 m<sup>3</sup>/min, a w 1988r. 348,9 m<sup>3</sup>/min. Szczytowe miesięczne średnie wartości metanowości przekraczają 375 m<sup>3</sup>/min i byłoby prawdopodobnie jeszcze wyższe gdyby nie wprowadzono w kopalni elementów "regulacji" wydzielania się metanu poprzez zmniejszenie zmienności ścian i zwiększenie ich ilości, co pozwala uzyskać czas na naturalne odgazowanie się warstw stropowych i spągowych w sąsiedztwie eksploatowanej ściany.

Ilość metanu odprowadzana urządzeniami odmetanowania w 1988r. utrzymywała się na poziomie roku 1987 i wynosiła 155,3 m<sup>3</sup>/min. Wskaźnik efektywności odmetanowania wynosił 44,4%. Ujęcie metanu z wyrobisk eksploatacyjnych wynosiło 33,2%, z wyrobisk korytarzowych 24,2%, z tam metanowych 42,6%. wszystkie pokłady zaliczone są do IV kategorii zagrożenia metanowego, a także w wielu częściach złoża do skłonnych lub zagrożonych wyrzutami metanu i skał.

#### 1.5.17. KWK ZMP

Kopalnia eksploatuje pokłady zaliczone do III i częściowo do IV kategorii zagrożenia metanowego. Średnia metanowość kopalni wynosiła w 1987r. 46,3 m<sup>3</sup>/min, a w 1988r. 34,2 m<sup>3</sup>/min i spadła o 12,1 m<sup>3</sup>/min. Również ilość metanu odprowadzana urządzeniami odmetanowania zmalała z 11,4 m<sup>3</sup>/min w 1987r. do 7,1 m<sup>3</sup>/min w 1988r. (o ok. 4,3 m<sup>3</sup>/min).

Wskaźnik efektywności odmetanowania wynosił 19,3%. odmetanowaniem objęte były 2 ściany, 4 wyrobiska korytarzowe i 11 tam metanowych.

#### 1.5.18. KWK NOWA RUDA

Kopalnia eksploatuje pokłady metanowe zaliczone do I kategorii zagrożenia metanowego w polu "Piast" i II kategorii zagrożenia metanowego w polu "Słupiec". Średnia metanowość bezwzględna w 1987r. wynosiła 8,2 m<sup>3</sup>/min, a w 1988r. 7,3 m<sup>3</sup>/min i spadła o 0,9 m<sup>3</sup>/min.

#### 1.5.19. KWK THOREZ

Kopalnia eksploatuje pokłady metanowe zaliczone do II kategorii zagrożenia metanowego. Średnia metanowość bezwzględna w 1987r.

wynosiła  $5,3 \text{ m}^3/\text{min}$ , a w 1988r.  $4,9 \text{ m}^3/\text{min}$  i spadła o  $0,4 \text{ m}^3/\text{min}$ .

#### 1.5.20. KWK VIKTORIA

Kopalnia eksploatuje pokłady zaliczone do II, III i IV kategorii zagrożenia metanowego. W pokładach IV kategorii zagrożenia metanowego występują wyrzuty metanu i skał. Średnia metanowość bezwzględna w 1987r. wynosiła  $8,3 \text{ m}^3/\text{min}$ , a w 1988r.  $34,2 \text{ m}^3/\text{min}$ . Nastąpił znaczny wzrost metanowości o  $25,9 \text{ m}^3/\text{min}$ , to jest około czterokrotny wzrost.

#### 1.5.21. KWK WALBRZYCH

Kopalnia eksploatuje pokłady zaliczone do II, III i IV kategorii zagrożenia metanowego. Występuje również zagrożenie wyrzutami metanu i skał. Średnia metanowość w 1987r. wynosiła  $27,5 \text{ m}^3/\text{min}$ , a w 1988r.  $34,0 \text{ m}^3/\text{min}$ . Nastąpił więc wzrost metanowości o  $6,5 \text{ m}^3/\text{min}$ .



## 2. CEL, ZAKRES I TEZY PRACY

Niniejsza praca stanowi podsumowanie wieloletnich badań naukowych podstawowych i stosowanych oraz prac optymalizacyjnych związanych z konstrukcją górniczych urządzeń pneumatycznych i technologią zwalczania zagrożeń gazowych i pyłowych w kopalniach silnie metanowych, realizowanych w Centrum Mechanizacji Górnictwa "KOMAG" (wcześniej w ZKMPW i CDPKMG) w ramach problemu "Metody i urządzenia do zwalczania zagrożeń gazowych".

Impulsem do tych prac był rozwój Rybnickiego Okręgu Węglowego (ROW) w latach siedemdziesiątych i wystąpienie poważnych zagrożeń metanowych w nowouruchamianych kopalniach - 1 Maja, Zofiówka, Jastrzębie, Borynia, Pniówek, Moszczenica.

W latach 1970-72 opracowano i wdrożono do produkcji w RZNPW - Nieodbczyce serię prototypową (50 szt) górniczych strumienic pneumatycznych - o nazwie ZEFIR-300, które poddano badaniom eksploatacyjnym w kopalniach 1 Maja i Moszczenica. Dalsze prace eksperymentalne (stanowiskowe i eksploatacyjne) i optymalizacyjne, doprowadziły do opracowania unikalnych chronionych patentami rozwiązań pneumatycznych urządzeń strumienicowych o wysokich walorach techniczno-eksploatacyjnych, jak również technologii ich stosowania [18 do 26].

Powszechne stosowanie tych urządzeń w kopalniach, skutecznie zapobiega lokalnym zagrożeniom gazowym i pyłowym. Opracowane górnicze urządzenia strumienicowe mogą być również stosowane w innych branżach przemysłu, np. do zwalczania zagrożeń mieszaniną gazów (zbiorniki paliw, spawalnie, malarnie itp.) i pyłów (pyły włókiennicze, pyły w magazynach materiałów lotnych, itp.), a także do klimatyzacji miejsc pracy oraz chłodzenia maszyn i urządzeń.

### 2.1. Cel pracy

Celem niniejszej pracy jest :

- 1) poznanie zjawisk przepływu w strumienicach pneumatycznych - z przepływem merydionalnym i z wirami, w celu określenia ich optymalnych parametrów w zakresie: postaci konstrukcyjnych, dysz napędowych i kanałów przepływowych, sprawności energetycznej i stopnia

- ejekcji oraz skuteczności oddziaływania strumienia powietrza i mgły wodnej na lokalne zagrożenia toksyczno-pyłowo-gazowe,
- 2) modelowanie matematyczno-fizyczne przepływu w strumienicach pneumatycznych, w celu identyfikacji zjawisk przepływu i parametrów strumienic pneumatycznych, które mają być estymowane - m. in. w celu oceny EFEKTU WIRU [20] oraz weryfikacji postaci konstrukcyjnych strumienic pneumatycznych i pneumatyczno-wodnych,
  - 3) określenie efektywności zwalczania zagrożeń gazowych i pyłowych za pomocą pneumatycznych urządzeń strumienicowych oraz metody ich doboru na podstawie kryterium czasu krytycznego dla różnych warunków górniczo-geologicznych kopalń metanowych,
  - 4) określenie technologii stosowania pneumatycznych urządzeń strumienicowych dla różnych warunków zagrożeń gazowo-pyłowych w kopalniach silnie metanowych w celu podjęcia prac nad procesami zwalczania tych zagrożeń w ujęciu systemowym,
  - 5) określenie zastosowań górniczych strumienic pneumatycznych w innych branżach przemysłu, m.in. w hutnictwie, włókiennictwie, spawalnictwie, malarniach itp. oraz zastosowania ich rozwiązań w urządzeniach przepływowych - głównie w sprężarkach, dmuchawach i wentylatorach.

Spośród przedstawionych pięciu celów pracy związanych z bezpieczeństwem i zdrowiem załóg, w przedmiocie górniczych urządzeń strumienicowych oraz efektywności zapobiegania zagrożeniom gazowym (zwłaszcza metanowym) i pyłowym, trzy pierwsze mają charakter podstawowy poznawczy zaś dwa ostatnie utilitarne, który wynika w szczególności z konieczności zapobiegania poważnym zagrożeniom, tj. wybuchom metanu i pyłu węglowego w kopalniach metanowych i w innych branżach przemysłu oraz zapobiega zagrożeniom zdrowia załóg narażonych na zatrucia gazami toksycznymi.

## 2.2. Zakres pracy

Praca obejmuje swym zasięgiem problematykę zwalczania zagrożeń toksycznych, gazowych i pyłowych (głównie w kopalniach silnie metanowych) za pomocą, bezpiecznych wobec mieszanin wybuchowych pneumatycznych urządzeń strumienicowych oraz optymalizację ich postaci konstrukcyjnych i technologii stosowania tych urządzeń w warunkach kopalń metanowych.

Praca przedstawia w szczególności urządzenia i technologię zwal-

czania lokalnych zagrożeń, poprzez :

- 1) usuwanie lokalnych nagromadzeń metanu, przez jego rozdmuchiwanie (rozrzedzenie) silnym strumieniem świeżego powietrza, wytwarzanym przez górniczą strumienicę pneumatyczną (strumienice o symbolu CYKLON i SPL),
- 2) usuwanie (rozrzedzanie) lokalnych nagromadzeń szkodliwych gazów i pyłów poprzez ich neutralizację i rozdmuchiwanie strumieniem mgły wodnej (strumienice pneumatyczno-wodne o symbolu PW-60),
- 3) odsysanie metanu z miejsc zagrożenia (stare zroby, z zawału, z wnęk, komór itp.) do miejsc bezpiecznych za pomocą układu odsysania "strumienica-rurociąg-mieszalnik" (np. do szybu wentylacyjnego),
- 4) wentylację pomocniczą wyrobisk górniczych ślepych za pomocą układu lutniowego wentylatora strumienicowego (o symbolu LUS) połączonego z lutniami wentylacyjnymi - wentylacja ssąca lub tłocząca,
- 5) usuwanie pyłu węglowego (osiadłego) - z wyrobisk i urządzeń mechanicznych, przez odsysanie pyłu (strumienice CYKLON bądź SPL),
- 6) opryskiwanie wyrobisk pyłem kamiennym (strumienice pneumatyczne) i urządzeń mechanicznych mgłą wodną (PW-60).

Zasadniczą częścią pracy w tym zakresie jest :

- optymalizacja postaci konstrukcyjnych strumienic pneumatycznych, pneumatyczno-wodnych i strumienicowych urządzeń wentylacyjnych,
- badania eksperymentalne stanowiskowe i eksploatacyjne,
- modelowanie fizyczne i matematyczne przepływu z wirem,
- opracowanie technologii stosowania pneumatycznych urządzeń strumienicowych do zwalczania zagrożeń gazowych i pyłowych w kopalniach silnie metanowych.

W pracy nie zamieszczono wyników badań związanych z klimatyzacją i chłodzeniem maszyn i urządzeń, sygnalizując jedynie duże możliwości.

### 2.3. Tezy pracy

Sformułowano następujące główne tezy związane z celem i zakresem badań naukowych (podstawowych i stosowanych) :

- 1) Lokalne zagrożenia gazowo-pyłowe w kopalniach, związane z występowaniem niebezpiecznych gazów (zwłaszcza metanu) i szkodliwych dla zdrowia załóg górniczych związków toksycznych i pyłów, mogą być skutecznie likwidowane za pomocą górniczych pneumatycznych urządzeń strumienicowych, przez ograniczenie ich koncentracji (stężenia %) w powietrzu kopalnianym do granic bezpiecznych - dopuszczonych

stosownymi przepisami.

- 2). Górnicze strumienice pneumatyczno-wodne są szczególnie skuteczne w likwidacji zagrożeń gazami toksycznymi i pyłami, przy drażeniu wyrobisk kamiennych i kamiennie-węglowych, przez ograniczenie i koncentracji (stężeń %) w wyrobisku do granic bezpiecznych.
- 3). Możliwość ograniczenia ww. zagrożeń jest efektem opracowania stosowania strumienic pneumatycznych oraz pneumatyczno-wodnych (wytwarzających strumień mgły wodnej o kropelkach  $< 5 \mu\text{m}$ ) o zoptymalizowanych parametrach konstrukcyjno-technologicznych w wyniku zastosowania przepływu z "efektem wiru" i pierścieniowej dyszy napędowej.

### 3. MODEL PRZEPŁYWU Z WIREM W GÓRNICZYCH STRUMIENICACH PNEUMATYCZNYCH

#### 3.1. Ogólne sformułowanie zagadnienia

Strumienice [5, 15] są zwężkowymi urządzeniami napędowymi do powodowania przepływu (transportu) płynów - cieczy, pyłów i gazów oraz ich mieszanin i znajdują szerokie zastosowanie w przemyśle. Zjawisko przepływu czynników w strumienicy jest związane z efektem mieszania się i wzajemnego oddziaływania cząstek płynu dwóch strumieni; czynnego (') - wypływającego z dyszy napędowej i biernego ('') - zasysanego z otoczenia i wynikiem podwyższenia ich ciśnienia całkowitego, statycznego i dynamicznego.

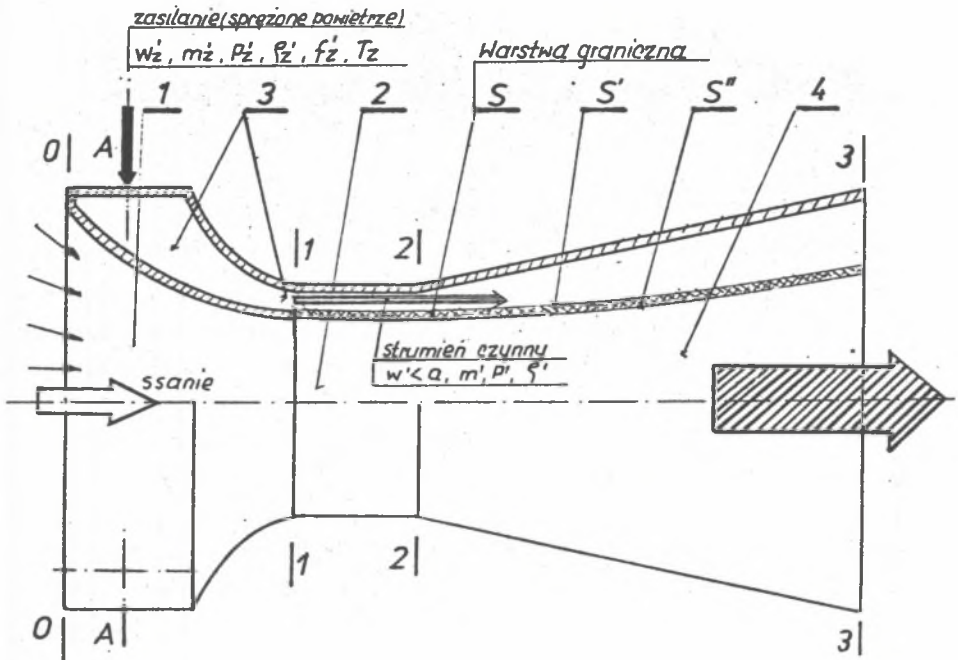
Strumienice pneumatyczne z wirami (rys.3.1) powodują przepływ zasysanej z otoczenia mieszaniny gazów przez konfuzor zwężki VENTURIEGO (rys.3.1 poz.1), na skutek podciśnienia w kanale (komorze) mieszania (rys.3.1 poz.2) - w wyniku wlotu strumienia czynnego do komory mieszania z dyszy kołowej - najczęściej de LAVALA bądź z dyszy pierścieniowej.

Strumienice znalazły szerokie zastosowanie w technice, głównie ze względu na prostą konstrukcję i obsługę, małe gabaryty i masę, jak również ze względu na ich bezpieczeństwo stosowania w warunkach zagrożeń wybuchem pyłów i gazów - brak urządzeń elektrycznych, zwłaszcza w kopalniach silnie metanowych.

Strumienice pneumatyczne i pneumatyczno-wodne, z realizacją postaci konstrukcyjnej przepływu z wirami [20, 21, 26], uzyskują wyższe podciśnienie i sprawność adiabaticzną w stosunku do strumienic, w których wiru nie zastosowano [18, 19].

Strumienice pneumatyczne stosowane w górnictwie są nowoczesnymi wysokosprawnymi urządzeniami strumieniowymi przeznaczonymi do :

- 1) wentylacji pomocniczej wyrobisk górniczych - wyrobiska ślepe, komory, wnęki, itp., gdzie ze względów BHP nie mogą być stosowane urządzenia pneumatyczne z napędem elektrycznym - strumienice typu ZEFIR i LUS współpracujące z lutiociągami ,



Rys.3.1. Model przepływu w strumienicy pneumatycznej  
1- konfuzor, 2- komora mieszania, 3- komora zasilania z dyszy, 4- dyfuzor

Fig.3.1. Model of flow in pneumatic jet equipment  
1- confuser pipe, 2- mixing chamber, 3- feeding chamber with a nozzle, 4- diffuser

- 2) wytwarzania silnego strumienia powietrza do rozrzedzania lokalnych nagromadzeń, metanu, tlenków azotu, gazów spalinowych itp. i klimatyzacji miejsc pracy - strumienice pneumatyczne typu CYKLON i SFL (lekkie),
- 3) odsysania mieszaniny pyłów i gazów z miejsc zagrożonych, np. z wyrobisk górniczych z za tam przeciwpożarowych i miejsc wysokiej koncentracji metanu itp., - do miejsc bezpiecznych (choćnik główny, szyby wentylacyjne) - strumienice współpracujące z rurociągiem,
- 4) wytwarzania silnego strumienia mgły wodnej do "gaszenia" pyłów i gazów, np. postrzelniczych (tlenki azotu) - za pomocą strumienic pneumatyczno-wodnych typu PW-60.

Powszechne zastosowanie tych urządzeń w kopalniach silnie metanowych pozwala, w wyniku szerokiej profilaktyki, na eliminowanie poważnych zagrożeń wybuchami metanu i pyłów, oraz uzyskanie dużych efektów ekonomicznych - przez zmniejszenie zużycia sprężonego powietrza.

Eksperymentalny charakter dotychczasowych prac badawczych był spowodowany koniecznością zwalczania zagrożeń metanowych w dynamicznie rozwijającym się w latach siedemdziesiątych rybnickim okręgu węglowym [12,13].

W niniejszym rozdziale podjęto próbę opracowania modelu przepływu z wirami, jako kontynuację licznych prac badawczych eksperymentalnych - związanych z projektowaniem, badaniami i optymalizacją konstrukcji strumieniów pneumatycznych oraz technologią ich stosowania. Model matematyczny przepływu i jego rozwiązanie pozwoli na doskonalenie układu przepływowego strumieniów pneumatycznych i poprawę ich sprawności energetycznej oraz na modernizację dotychczas opracowanych i wdrożonych w przemyśle urządzeń strumieniowych, zwłaszcza w kopalniach do usuwania lokalnych nagromadzeń metanu.

### 3.2. Ogólny model matematyczny przepływu wg EULERA

Kinematyka przepływu płynu jest opisywana metodą EULERA [1,17], która polega na określeniu prędkości jego cząstek w dowolnym punkcie i czasie, za pomocą funkcji :

$$\begin{aligned} v_x(x, y, z, t) \\ v_y(x, y, z, t) \\ v_z(x, y, z, t) \end{aligned} \quad (3.1)$$

Równanie różniczkowe tzw. linii prądu (linia styczna do toru ruchu cząstek) ma postać :

$$\frac{dx}{v_x(x, y, z, t)} = \frac{dy}{v_y(x, y, z, t)} = \frac{dz}{v_z(x, y, z, t)} \quad (3.2)$$

Rozwiązanie powyższych równań dla  $t = \text{const.}$  daje równanie linii prądu, zaś dla  $t = \text{var}$  otrzymamy tor poruszającej się cząsteczki płynu.

Stan czynników np. gęstość, entalpia, ciśnienie określają funkcje :

$$\begin{aligned} \rho(x, y, z, t) \\ i(x, y, z, t) \\ P(x, y, z, t) \end{aligned} \quad (3.3)$$

Przyrost dowolnej z nich (oznaczając ogólnie  $\alpha_0$ ) jest określony równaniem :

$$\frac{d\alpha_0}{dt} = \frac{\partial \alpha_0}{\partial t} + \frac{\partial \alpha_0}{\partial x} \frac{dx}{dt} + \frac{\partial \alpha_0}{\partial y} \frac{dy}{dt} + \frac{\partial \alpha_0}{\partial z} \frac{dz}{dt} \quad (3.4)$$

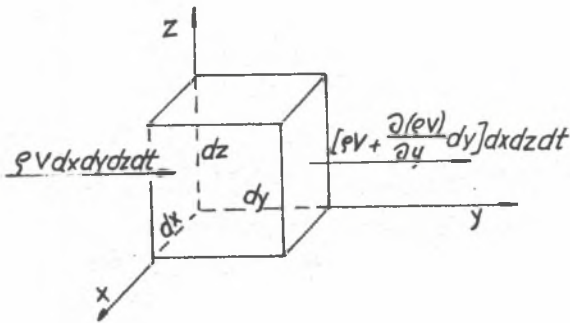
Zmiana parametru cząsteczki jest związana z jej przesunięciami;

$$dx = v_x dt ; dy = v_y dt \text{ i } dz = v_z dt.$$

Stąd otrzymamy tzw. pochodną substancjalną  $\left[ \frac{D\alpha_0}{dt} \right]$  :

$$\left( \frac{d\alpha_0}{dt} \right)_{\text{tor}} = \frac{D\alpha_0}{dt} = \frac{\partial \alpha_0}{\partial t} + \frac{\partial \alpha_0}{\partial x} v_x + \frac{\partial \alpha_0}{\partial y} v_y + \frac{\partial \alpha_0}{\partial z} v_z \quad (3.5)$$

Metodą tą wyznacza się równania bilansu substancji (zachowania masy bądź ciężkości przepływu).



Rys.3.2. Element objętościowy przepływu

Fig.3.2. Volums element of flow

Rozważając przepływ (bilans masy) dla powierzchni elementu o bokach  $dx$ ,  $dy$ ,  $dz$  (rys.3.2), w postaci :

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial (\rho v_x)}{\partial x} + \frac{\partial (\rho v_y)}{\partial y} + \frac{\partial (\rho v_z)}{\partial z} = 0 \quad (3.6)$$

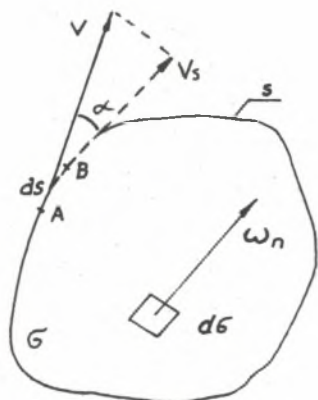
$$\frac{D\rho}{dt} + \rho \left[ \frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z} \right] = 0 \quad (3.7)$$

dla  $\rho = \text{const.}$  otrzymamy :

$$\left[ \frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z} \right] = 0 \quad (3.8)$$

W mechanice płynów dużą rolę odgrywają pojęcia cyrkulacji i wirowości, związane z zagadnieniem przepływu z wirami w strumieniach pneumatycznych.





Przez CYRKULACJĘ rozumie się całkę krzywoliniową wzdłuż drogi A-B (rys.3.3) :

$$\Gamma = \int_{A-B} \vec{v} \cdot ds$$

$$\Gamma = \int_{A-B} (v_x dx + v_y dy + v_z dz) \quad (3.9)$$

Rys.3.3. Cyrkulacja wzdłuż konturu zamkniętego S ograniczającego powierzchnię G przebitą liniami wirowymi

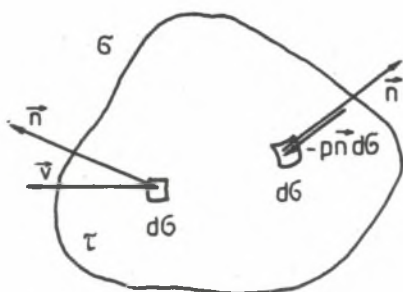
Fig.3.3. Circulation along the closed contour S limiting the surface intersected by vortex lines

Przez WIROWOŚĆ rozumie się wektor  $\vec{\omega}$  :

$$\left. \begin{aligned} \omega_x &= \frac{1}{2} \left[ \frac{\partial v_z}{\partial y} - \frac{\partial v_y}{\partial z} \right] \\ \omega_y &= \frac{1}{2} \left[ \frac{\partial v_x}{\partial z} - \frac{\partial v_z}{\partial x} \right] \\ \omega_z &= \frac{1}{2} \left[ \frac{\partial v_y}{\partial x} - \frac{\partial v_x}{\partial y} \right] \end{aligned} \right\} \rightarrow \quad (3.10)$$

Cyrkulacja wzdłuż linii zamkniętej (C) będącej brzegiem powierzchni ( $\sigma$ ) jest związana z równaniem STOKESA, które ma postać :

$$\int_C \vec{v} \cdot ds = 2 \int_{\sigma} \vec{\omega}_n \cdot d\sigma \quad (3.11)$$



Równanie EULERA dla płynu nielepkiego ( $\nu = 0$ ), zgodnie z równaniem substancjalnym (3.5) i z prawem NEWTONA (rys.3.4) mają postać :

Rys.3.4. Siły normalne wywierne na powierzchnię kontrolną  $\sigma$   
 Fig.3.4. Normal forces exerting pressure on the control surface

$$\left. \begin{aligned} \frac{Dv_x}{dt} &= \frac{\partial v_x}{\partial t} + \frac{\partial v_x}{\partial x} v_x + \frac{\partial v_x}{\partial y} v_y + \frac{\partial v_x}{\partial z} v_z = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + F_x \\ \frac{Dv_y}{dt} &= \frac{\partial v_y}{\partial t} + \frac{\partial v_y}{\partial x} v_x + \frac{\partial v_y}{\partial y} v_y + \frac{\partial v_y}{\partial z} v_z = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + F_y \\ \frac{Dv_z}{dt} &= \frac{\partial v_z}{\partial t} + \frac{\partial v_z}{\partial x} v_x + \frac{\partial v_z}{\partial y} v_y + \frac{\partial v_z}{\partial z} v_z = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + F_z \end{aligned} \right\} \rightarrow (3.12)$$

Przepływ płynu nielepkiego jest jednoznacznie określony znanymi siłami masowymi  $F_x, F_y, F_z$ , natomiast nie znamy wielkości  $v_x, v_y, v_z, \rho$  i  $P$  (pięć niewiadomych). Rozwiązanie tak ujętego zagadnienia przepływu jest bardzo złożone i nastrocza znacznych trudności natury matematycznej i interpretacji fizycznej.

### 3.3. Model matematyczny przepływu wg NAVIERA-STOKESA

Przepływ gazów rzeczywistych lepkich (równania NAVIERA-STOKESA) w strumieniach pneumatycznych jest bardzo mało zbadany, a jego matematyczne sformułowanie i rozwiązanie natrafia na poważne trudności. Ogólnie opis przepływu gazów rzeczywistych, poza uwzględnieniem dla czynnika nielepkiego sił powierzchniowych normalnych (ciśnienia) i sił masowych, uwzględnia siły powierzchniowe styczne (siły tarcia). Tak więc cząsteczka płynu lepkiego znajduje się również pod działaniem naprężeń normalnych i stycznych.

#### 3.3.1. Równania przepływu w układzie kartezjańskim (x, y, z)

Równania ruchu płynu lepkiego, w układzie współrzędnych prostokątnych, wyprowadzono z warunku równowagi sił działających na cząsteczkę płynu (rys.3.5) przy założeniu :

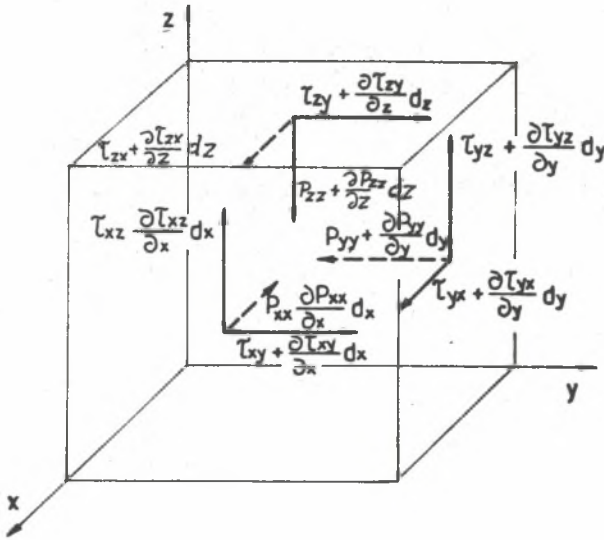
$$P = \frac{1}{3} [\sigma_x^n + \sigma_y^n + \sigma_z^n] \quad (3.13)$$

Zgodnie z hipotezą NEWTONA [1] naprężenia styczne w poruszającym się płynie lepkim określa równanie :

$$\tau = \eta \frac{\partial v}{\partial n}, \quad (3.14)$$

z którego po przekształceniach otrzymamy :

$$\left. \begin{aligned} \tau_{xy} = \tau_{yx} &= \eta \left[ \frac{\partial v_y}{\partial x} + \frac{\partial v_x}{\partial y} \right] \\ \tau_{yz} = \tau_{zy} &= \eta \left[ \frac{\partial v_z}{\partial y} + \frac{\partial v_y}{\partial z} \right] \\ \tau_{xz} = \tau_{zx} &= \eta \left[ \frac{\partial v_x}{\partial z} + \frac{\partial v_z}{\partial x} \right] \end{aligned} \right\} \rightarrow (3.15)$$



Rys.3.5. Naprężenia na ściankach elementu płynu lepkiego  
Fig.3.5. Stresses on walls of viscous fluid element

W celu określenia przepływu przyjęto następujące założenia ogólne:

- 1) w strumienicy zachodzi ruch ustalony adiabaticzny obarczony tarciem - za wyjątkiem strumienia środkowego, tj. strumienia przepływającego w wewnętrznej części  $S''$  warstwy granicznej  $S$ , w którym założono przepływ beztarciowy izentropowy,
- 2) płyn jest ściśliwy stosujący się do równania CLAPEYRONA,
- 3) płyn jest ściśliwy i lepki w warstwie granicznej ( $S$ ) czyli na styku dwu poruszających się strumieni czynnego ( $'$ ) i biernego ( $''$ ),
- 4) prędkość czynnika czynnego na wylocie z dyszy napędowej jest mniejsza od prędkości dźwięku ( $v_1' < a$ ),
- 5) na granicy powierzchni warstwy granicznej ( $S$ ) istnieje żądany rozkład prędkości ( $v_s$ ), gęstości ( $\rho_s$ ) i ciśnienia ( $p_s$ ),
- 6) dane są warunki brzegowe na powierzchniach ograniczających przepływ czynników w strumienicy tj. na jej pobocznicach i powierzchniach czołowych.

### 3.3.2. Równania przepływu w układzie walcowym ( $r, \varphi, z$ )

Równania przepływu NAVIERA-STOKESA (wg hipotezy NEWTONA) mają postać :

1) Prawo zachowania pędu (II zasada dynamiki)

$$\begin{aligned} & \frac{\partial v_r}{\partial t} + v_r \frac{\partial v_r}{\partial r} + \frac{v_u}{r} \frac{\partial v_r}{\partial \varphi} + v_z \frac{\partial v_r}{\partial z} - \frac{v_r^2}{r} = \\ = F_r - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial r} + v \left[ \Delta v_r - \frac{v_r}{r^2} - \frac{2}{r^2} \frac{\partial v_u}{\partial \varphi} + A \right] \end{aligned} \quad (3.16)$$

$$\begin{aligned} & \frac{\partial v_u}{\partial t} + v_r \frac{\partial v_u}{\partial r} + \frac{v_u}{r} \frac{\partial v_r}{\partial \varphi} + v_z \frac{\partial v_u}{\partial z} + \frac{v_r v_u}{r} = \\ = F_\varphi - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial \varphi} + v \left[ \Delta v_u - \frac{v_u}{r^2} - \frac{2}{r^2} \frac{\partial v_r}{\partial \varphi} + B \right] \end{aligned} \quad (3.17)$$

$$\begin{aligned} & \frac{\partial v_z}{\partial t} + v_r \frac{\partial v_z}{\partial r} + \frac{v_u}{r} \frac{\partial v_z}{\partial \varphi} + v_z \frac{\partial v_z}{\partial z} = \\ = F_z - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial z} + v \left[ \Delta v_z + C \right] \end{aligned} \quad (3.18)$$

gdzie :

$$\Delta = \frac{\partial}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2}{\partial \varphi^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$$

$$A = \frac{1}{3} v \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z} \right)$$

$$B = \frac{1}{3} v \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z} \right)$$

$$C = \frac{1}{3} v \frac{\partial}{\partial z} \left( \frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z} \right)$$

Równania przepływu dla płynu idealnego ( $\nu = 0$ ) w układzie walcowym mają postać (równania EULERA) :

$$\frac{\partial v_r}{\partial t} + v_r \frac{\partial v_r}{\partial r} + \frac{v_u}{r} \frac{\partial v_r}{\partial \varphi} + v_z \frac{\partial v_r}{\partial z} - \frac{v_r^2}{r} = F_r - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial r} \quad (3.19)$$

$$\frac{\partial v_u}{\partial t} + v_r \frac{\partial v_u}{\partial r} + \frac{v_u}{r} \frac{\partial v_r}{\partial \varphi} + v_z \frac{\partial v_u}{\partial z} + \frac{v_r v_u}{r} = F_\varphi - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial \varphi} \quad (3.20)$$

$$\frac{\partial v_z}{\partial t} + v_r \frac{\partial v_z}{\partial r} + \frac{v_u}{r} \frac{\partial v_z}{\partial \varphi} + v_z \frac{\partial v_z}{\partial z} = F_z - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial z} \quad (3.21)$$

2) Prawo zachowania masy i postulat ciągłości ośrodka

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} v_r \rho + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial \varphi} v_u \rho + \frac{\partial}{\partial z} v_z \rho = 0 \quad (3.22)$$

3) Równanie CLAPEYRONA

$$P = \rho R T \quad (3.23)$$

Entalpię oblicza się z równania :

$$\frac{P}{\rho} = \frac{K-1}{K} i \quad (3.24)$$

4) Zasada zachowania energii dla ruchu ustalonego

$$i + \frac{v^2}{2} = \text{const} \quad (3.25)$$

W powyższych równaniach występuje siedem niewiadomych  $v_r, v_u, v_z, P, \rho, T, i$ , a więc tyle samo co równań. Rozwiązanie powyższych równań wymaga założenia parametrów stałych tj. lepkości dynamicznej i współczynnika adiabaty oraz warunków brzegowych dla strumienia czynnego i biernego - przy wykorzystaniu założeń dla warstwy granicznej i warstwy przyściennej wg PRANDTLA [11].

3.4. Ogólne warunki brzegowe

Warunki brzegowe przepływu w strumienicy omówiono w sposób ogólny, analizując przepływ czynników w poszczególnych przekrojach zaznaczonych na rys.3.1, dla strumieni i biernego i czynnego oraz w warstwie granicznej i przyściennej.

Warunki brzegowe na powierzchni ograniczającej obszar przepływu w strumienicy określa charakterystyka przestrzeni, w której odbywa się przepływ. Charakterystyka może być podana w postaci równania powierzchni "A" ograniczającej zamkniętą przestrzeń, w której odbywa się przepływ. Równanie powierzchni "A" ma postać ogólną :

$$A = A(\varphi, z).$$

Dla układu  $(x, y, z)$  elementarny płat powierzchni jest równy :

$$dA = \sqrt{1 + \left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)^2} dx dy$$

Ponadto warunki brzegowe określa się z równania :

$$H_N = G(x, y, z)$$

gdzie :  $H_N$  jest dowolną wielkością hydrodynamiczną, np.  $v, P$  lub  $\rho$ , przy czym funkcja  $G(x, y, z)$  winna być znana.

3.4.1. Strumień bierny w przekrojach (0-0) i (3-3)

Przyjęto następujące ogólne założenia i zależności :

1)  $P = P_0$  - ciśnienie otoczenia,

2)  $v_r'' = v_u'' = 0$  ;  $v_z'' = \frac{m''}{f_0 \rho_0}$  ,

3)  $T = T_0$  ;  $i = i_0$  ,

4)  $\frac{\partial v_r''}{\partial t} = \frac{\partial v_u''}{\partial t} = \frac{\partial v_z''}{\partial t} = 0$  ;  $\frac{\partial \rho}{\partial t} = 0$  - ruch ustalony,

4)  $\frac{\partial v_r''}{\partial \varphi} = \frac{\partial v_u''}{\partial \varphi} = \frac{\partial v_z''}{\partial \varphi} = 0$  ;  $\frac{\partial \rho}{\partial \varphi} = 0$  - ruch osiowo symetryczny,

6)  $F_r = F_u = F_z = 0$  - brak sił masowych z uwagi na mały ciężar,

7)  $K = 1,4$ ,

8) w przekroju (3-3) prędkości "v" są niższe od prędkości dźwięku "a" oraz  $P = P_3 = P_0$ ,

9) przepływ masy na wlocie strumienicy (w przekroju 3-3) dla modelu trzy warstwowego przepływu można opisać równaniem :

$$m' + m_0' = \iint_{f_3} \rho' v_n' df + \iint_{f_3'} \rho'' v_n'' df + \iint_{f_S} \rho v_n df$$

gdzie :

$$f_3 = f_3 + f_3' + f_S,$$

$f_3'$ ,  $f_S$ ,  $f_3$  są przekrojami strumieni na wlocie - środkowego, warstwy granicznej i czynnego, a  $v_n$  jest prędkością w kierunku normalnej zwnętrznej do powierzchni.

### 3.4.2. Strumień czynny w przekrojach (1-1) i (2-2)

Z dyszy pierścieniowej (przekrój 1-1), następuje wypływ czynnika  $m'$  z prędkością  $v_z' < a$ , która wynosi około 250 m/s. Efekt mieszania strumienia czynnego (') i biernego (') następuje w cylindrycznej komorze mieszania. Z warunku ciągłości przepływu przez kanał transportowy strumienicy można napisać dla strumienia czynnego (') w przekroju 1-1:

$$v_{z1}' = \frac{m_1'}{\rho_1' f_1'} \quad (3.26)$$

W wyniku zasilania mimośrodowego (e) strumień czynny na wlocie dyszy pierścieniowej ulega zawirowaniu - uzyskuje oprócz składowej  $v_{z1}'$  składową obwodową  $v_{u1}'$ , stąd można napisać przybliżone równanie zasady stałości krętu :

$$v_{u1}' = v_d \frac{e}{r} \quad (3.27)$$

a ponadto :

$$\frac{\partial v_r'}{\partial t} = \frac{\partial v_u'}{\partial t} + \frac{\partial v_z'}{\partial t} = 0 \quad - \text{ruch ustalony,} \quad (3.28)$$

$$\frac{\partial v'_r}{\partial \varphi} = \frac{\partial v'_u}{\partial \varphi} + \frac{\partial v'_z}{\partial \varphi} = 0 ; \quad \frac{\partial P}{\partial \varphi} = 0 - \text{ruch osiowo symetryczny} \quad (3.29)$$

### 3.4.3. Warstwa graniczna PRANDTLA [11]

Na powierzchni warstwy zewnętrznej ( $S'$ ) są zachowane te same warunki jak dla strumienia czynnego ( $'$ ), a na wewnętrznej ( $S''$ ) jak dla strumienia biernego ( $''$ ) - rys.3.1.

Parametry warstwy granicznej opisują zadane z góry funkcje gęstości, prędkości i ciśnienia, w postaci :

$$v_s(r, \varphi, z), \quad \rho(r, \varphi, z) \quad \text{ i } \quad P_s(r, \varphi, z) \quad (3.30)$$

z uwzględnieniem warunków brzegowych na styku ze strumieniem czynnym i biernym. Na powierzchni zewnętrznej  $S'$  prędkość jest równa prędkości strumienia czynnego, tj. :

$$v_1' = v_{s1} \quad \text{ dla } S = S'$$

stąd na powierzchni  $S'$  składowa prędkości strumienia czynnego są równe składowym prędkości w warstwie granicznej  $S$ , a mianowicie :

$$v'_{1z} = v_{s1z} ; \quad v'_{1u} = v_{s1u} ; \quad v'_{1r} = v_{s1r} .$$

Na powierzchni wewnętrznej  $S''$  prędkość jest równa prędkości strumienia biernego, tj. :

$$v_1'' = v_{s1} \quad \text{ dla } S = S''$$

stąd na powierzchni  $S''$  składowe prędkości strumienia biernego są równe składowym prędkości w warstwie granicznej, a mianowicie :

$$v''_{1z} = v_{s1z} ; \quad v''_{1u} = v_{s1u} ; \quad v''_{1r} = v_{s1r} ,$$

a ponadto :

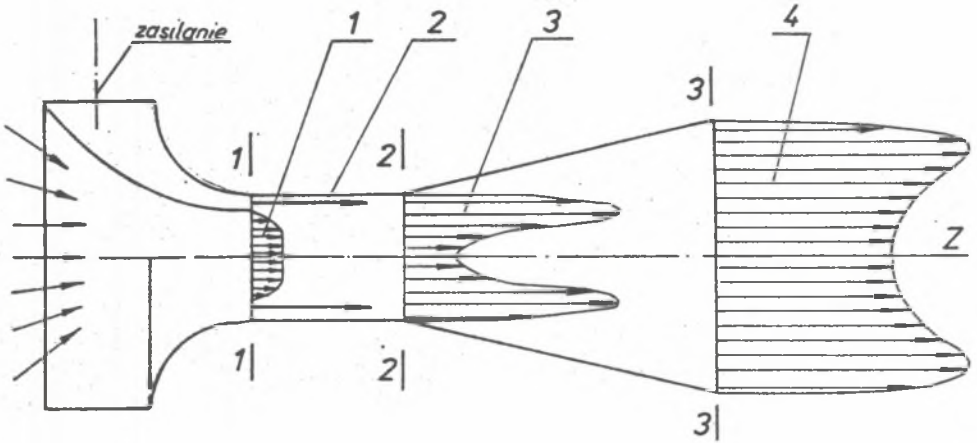
$$\frac{\partial v_r}{\partial t} = \frac{\partial v_u}{\partial t} = \frac{\partial v_z}{\partial t} = 0 ; \quad \frac{\partial \rho}{\partial t} = 0 - \text{ruch ustalony,}$$

$$\frac{\partial v_r}{\partial \varphi} = \frac{\partial v_u}{\partial \varphi} = \frac{\partial v_z}{\partial \varphi} = 0 ; \quad \frac{\partial P}{\partial \varphi} = 0 - \text{ruch osiowo symetryczny.}$$

### 3.5 Podsumowanie i wnioski

Model przepływu z wirem w strumienicach pneumatycznych, oparty na pojęciu warstwy przyściennej i granicznej PRANDTLA, wymaga rozwiązania bardzo złożonych równań NAVIERA-STOKESA i trudnych do określenia rzeczywistych parametrów przepływu. Metoda ta jest szczególnie przydatna

w zakresie przepływu czynników o dużej liczbie REYNOLDSA, a więc małej lepkości (małe  $\eta$  i  $\nu$ ), z jakimi mamy do czynienia w strumieniach pneumatycznych. Przybliżoną postać rozkładu prędkości w przekrojach (1-1), (2-2) i (3-3), przy założeniach ogólnych (rozd.3.3.1), obrazuje rys.3.6.



Rys.3.6. Rozkład prędkości z wirem w przekrojach 1-1, 2-2, 3-3  
1- prędkość zasysania, 2- prędkość wylotu z dyszy ( $V' < 300\text{m/s}$ )  
3- prędkość w komorze mieszania, 4- prędkość wylotu

Fig.3.6. Velocity distribution with a vortex in sections 1-1, 2-2, 3-3  
1- speed of suction, 2- outlet velocity from a nozzle,  
3- velocity in the mixing chamber, 4- outlet velocity

Metoda eksperymentalnej optymalizacji konstrukcji strumieni i poszukiwanie przybliżonych metod rozwiązania tego rodzaju zagadnień, pozwoli na weryfikację modelu przepływu z wirem zwłaszcza na wyjaśnienie odkrytego przez Autora w strumieniach pojęcia "EFEKTU WIRU". Badania eksperymentalne potwierdziły wysoką efektywność EFEKTU WIRU w omawianych strumieniach pneumatycznych, którego wynikiem jest prawie dwukrotny wzrost sprawności adiabaticznej ( $\eta_a$ ) i eejekcji ( $\eta_e$ ). Jest oczywiste, iż wzrost sprawności adiabaticznej (depresji) w strumieniach o przepływie z wirem, jest m.in. wynikiem działania siły odśrodkowej na cząsteczki płynu ( $F = m\omega^2 r$ ) i powstania próżni w kanale transportowym (w zwężce VENTURIEGO) - a natura próżni nie znosi - stąd również nazwy wytwarzanych strumieni zwanymi CYKLON, HALNY, ORKAN, TORNADO, TAJFUN .



Niektóre wnioski wynikające z teorii i badań eksperymentalnych warstwy przyściennej [15] można ująć w formie matematycznej :

$$\frac{\partial P}{\partial n} = 0 \quad \text{dla} \quad 0 \leq n \leq \delta \quad (3.31)$$

$$\left[ \frac{\partial^2 v_s}{\partial n^2} \right]_{n=0} = \frac{1}{\rho v} \left[ \frac{\partial P}{\partial s} \right]_{n=0} \quad (3.32)$$

Równania te określają rozkład ciśnienia i prędkości wzdłuż linii prądu (wzdłuż zmiennej  $s$ ). Oznacza to, iż prędkość na powierzchni warstwy przyściennej ( $n=0$ ), w wyniku działania sił adhezji jest całkowicie wyhamowana ( $v = 0$ ), a gradient spadku prędkości jest bardzo duży. Przepływ w warstwie przyściennej jest najpierw laminarny a później turbulentny (dla  $R_e \geq \frac{s_0 v}{\nu}$ ).

Analiza przepływu turbulentnego w kanale o przekroju kołowym wskazuje na następujące wnioski :

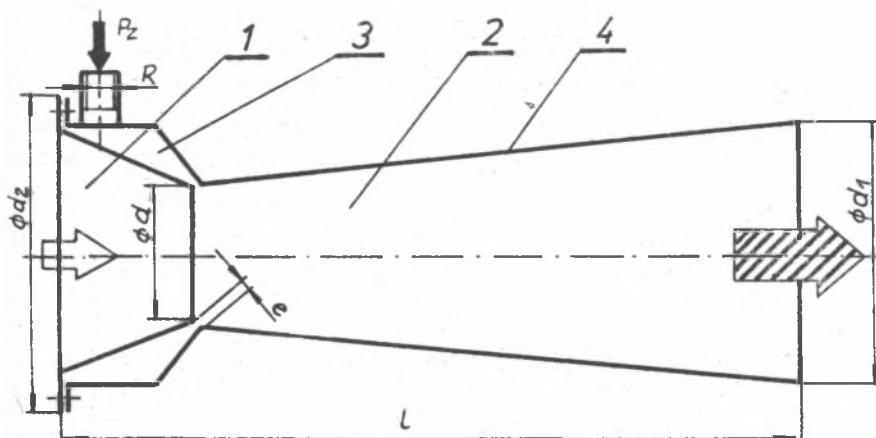
- 1) ze wzrostem liczby  $R_e$  rozkład prędkości zbliża się do rozkładu przepływu nielepkiego,
- 2) siły tarcia przepływu turbulentnego są wielokrotnie większe od sił oporu tarcia przepływu laminarnego - czego wynikiem jest duże oddziaływanie naprężeń stycznych na przepływający strumień czynnika, turbulencja zmniejsza intensywność narastania warstwy przyściennej oraz zmniejsza możliwość oderwania się strumienia od ścianki, niwelując w pewnym stopniu ubytki energii kinetycznej strumienia czynnego. Wynika stąd pewne wyjaśnienie wpływu "efektu wiru" na sprawność strumienicy z wirem.

Uwagi powyższe wskazują dużą złożoność zjawisk przepływu i konieczność eksperymentalnego zweryfikowania przedstawionego modelu przepływu z wirem w strumienicach pneumatycznych, zwłaszcza w zakresie przyjętych warunków brzegowych.

## 4. BADANIA STANOWISKOWE URZĄDZEN STRUMIENICOWYCH

### 4.1. Modelowanie strumieni

Prace naukowo-badawcze w ramach tematu "Metody i urządzenia do zwalczania zagrożeń gazowych", związane z modelowaniem strumieni pneumatycznych i urządzeń strumieniowych do zwalczania lokalnych nagromadzeń gazów i pyłów, zostały uwieńczone pełnym sukcesem. Opracowano i wdrożono do produkcji typoszereg strumieni o unikalnej konstrukcji i wysokich parametrach techniczno-eksploatacyjnych, które uzyskano w wyniku odkrycia i zastosowania "efektu wiru" [20,21], jak również w wyniku optymalizacji postaci konstrukcyjnych poszczególnych typów strumieni w procesie prac badawczo-wdrożeniowych [27 do 45].



Rys.4.1. Schemat strumienicy typu CYKLON

Fig.4.1. Diagram of the jet equipment type CYKLON

Wspólną cechą opracowanych strumieni (rys.4.1) jest zastosowanie pierścieniowej dyszy napędowej i przepływu z wirami, co dało w efekcie dwukrotny wzrost sprawności adiabaticznej w stosunku do dyszy kołowej de LAVALA - umieszczonej współśrodkowo w kanale transportowym w kształcie zwężki VENTURIEGO. W wyniku optymalizacji postaci konstrukcyjnych strumieni pneumatycznych i pneumatyczno-wodnych otrzymano strumienie

składające się z następujących części składowych : konfuzora /1/, komory mieszania /2/, dyfuzora /4/, komory zasilania /3/ z mimośrodowym wlotem czynnika napędzającego - powietrza sprężonego. Otrzymano rozwiązanie o optymalnych parametrach techniczno-eksploatacyjnych (tabela 4.1).

Tabela 4.1.

Wymiary [mm]	CYKLON 40	CYKLON 60	CYKLON 80	CYKLON 100
d [wyroźnik]	40	60	80	100
d <sub>1</sub>	60	100	130	180
d <sub>2</sub>	100	140	170	200
L	290	410	500	600
R	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"

Badania prowadzono na specjalnych stanowiskach badawczych w CMG KOMAG KD-M300, GIG KD- BARBARA i ZOK kop. Moszczenica. Badania w kopalniach, w zakresie efektywności zwalczania zagrożeń i walorów techniczno-eksploatacyjnych, prowadzono przy ścisłej współpracy i pod nadzorem służb wentylacyjnych kopalń, zwłaszcza rybnicko-jastrzębskiego okręgu węglowego.

Wyniki badań strumienic ZEFIR-100, CYKLON-40,60,80,100 i LUS-80/600 - dla optymalnych parametrów, tj.:  $e = 1,5$  do  $2,0$ mm,  $P_2 = 0,39$  MPa i gęstości powietrza zredukowanej do  $1,2$  kg/m<sup>3</sup>, podano w tabeli zbiorczej 4.2.

Porównanie parametrów techniczno-eksploatacyjnych kolejnych postaci konstrukcyjnych górniczych strumienic pneumatycznych (tabela 4.2) - zwłaszcza strumienic ZEFIR, w zakresie ich sprawności ( $\eta_a$ ), natężenia przepływu strumieni (Q), stopnia eekcji (u) wyraźnie wskazuje na postęp prac w tym przedmiocie.

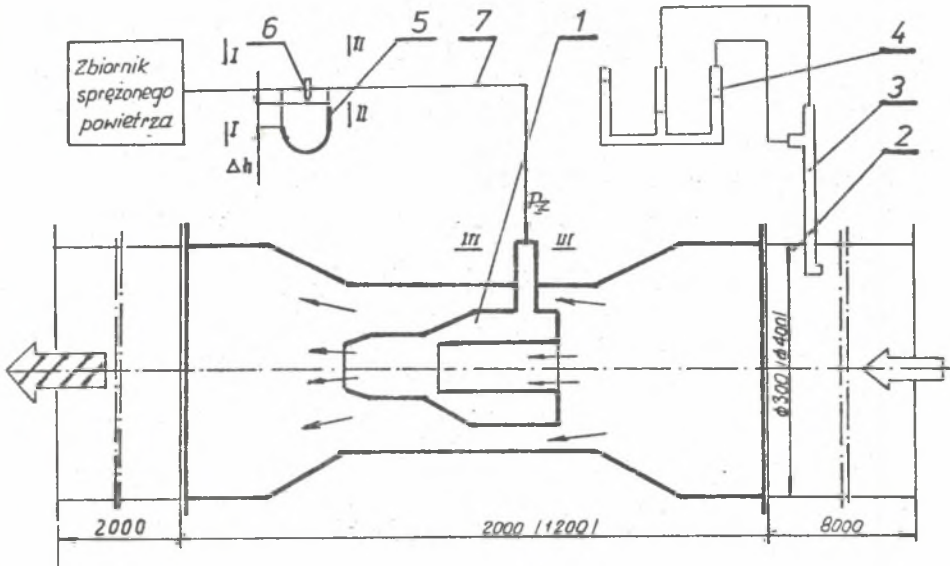
#### 4.2. Metodyka badań i obliczeń

Metodyka badań stanowiskowych została zróżnicowana do czterech układów pomiarowych odpowiadających rzeczywistym warunkom pracy w kopalni. Pomiaru prowadzono zgodnie z polskimi normami i przepisami obowiązującymi dla urządzeń wentylacyjnych.

Tabela 4.2.

Lp	Wielkość	Jedn.	ZEFIR	CYKLON 40	CYKLON 60	CYKLON 80	CYKLON 100	LUS 80/600
1	Natężenie przepływu	m <sup>3</sup> /s	1,1/1,6/2,3	4,2	4,5	2,1	2,3	3,0
2	Zużycie powietrza spr.	m <sup>3</sup> /s	0,17	0,075	0,10	0,12	0,14	0,23
3	Cisnienie (depresja)	Pa	270/430/1400	350	500	800	1000	385
4	Sprawność adiabatyczna	%	2,7/3,8/7,9	10	10	10,5	10,2	10,0
5	Stopień efekcji	-	6,5/9,4/13,5	16	15	17,5	16,4	13
6	Masa	kg	40/24	3,4	5,8	6,0	10,0	30
7	Wymiary gabarytowe	mm	φ 300 x 2000/ 1200	φ 100 x 290	φ 140 x 410	φ 180 x 500	φ 200 x 600	φ 600 x 800

4.2.1. Stanowisko badawcze układu ze strumienicą ZEFIR (rys.4.2)



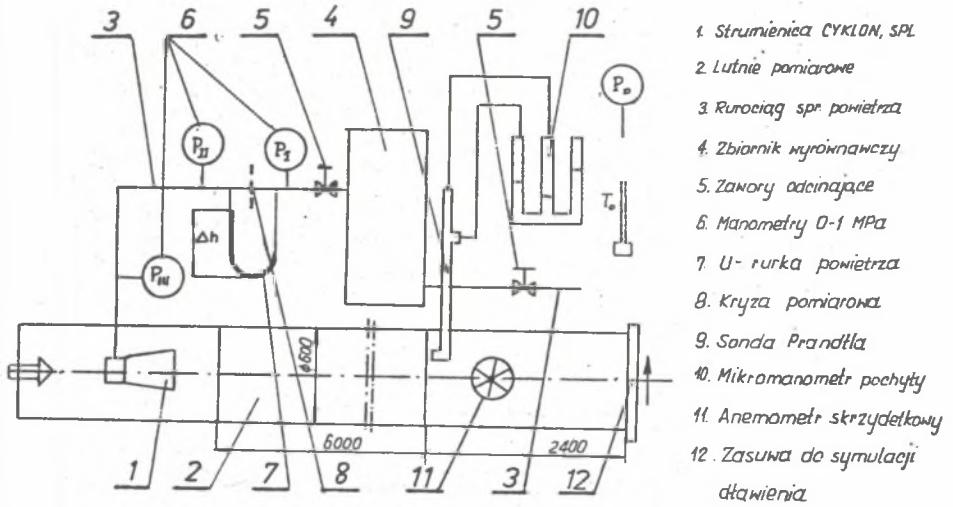
Rys.4.2. Schemat układu pomiarowego ze strumienicą ZEFIR  
1- strumienica ZEFIR, 2- lutniociąg pomiarowy, 3- sonda PRANDTLA, 4,5,6- manometry, kryza pomiarowa

Fig.4.2. Diagram of measuring system incorporating the jet equipment ZEFIR, 1- jet equipment ZEFIR, 2- measuring ventilation pipeline, 3- Prandtl's probe, 4,5,6 - manometers, measuring orifice plate

Schemat układu pomiarowego obrazuje sposób wykonywania pomiarów strumienicy ZEFIR połączonej z lutniami wentylacyjnymi  $\phi$  300mm (lub  $\phi$  400mm) o długości 8m. Pomiary wydajności i ciśnienia (depresji) przeprowadzono na ssaniu za pomocą sondy PRANDTLA, na którą jest podawane ciśnienie statyczne i dynamiczne. Dławienie, imitujące długość lutniociągu, realizowano przysioną na końcu lutniociągu pomiarowego.

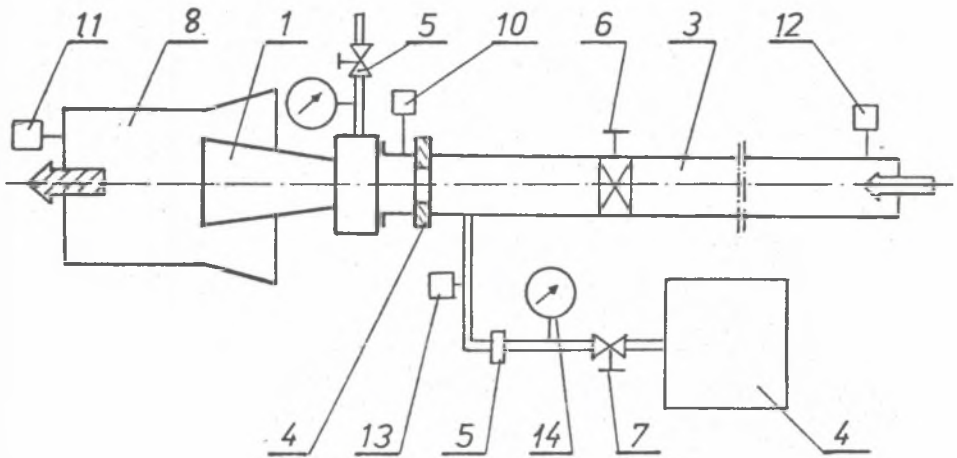
4.2.2. Stanowisko badawcze układu ze strumienicą CYKLON (rys.4.3)

Pomiary parametrów strumienicy (lutni napędowej), połączonej z lutniami  $\phi$  600mm, długości 8,4m, przeprowadzono na tłoczeniu, przy czym długość lutniociągu symulowano na końcu lutniociągu za pomocą dławienia.



Rys.4.3. Schemat stanowiska badawczego w układzie zamkniętym (tłoczenie)

Fig.4.3. Diagram of test stand in closed system (forcing)



Rys.4.4. Schemat stanowiska układu odsysania połączonego z rurociągiem 1- strumienica CYKLON (SPL), 2- mieszalnik  $\phi$  600/8m, 3- rurociąg pomiarowy  $\phi$  150/20m, 4- zbiornik metanu (60%  $\text{CH}_4$ ), 5, 6, 7,- zawory, manometryze MIS, 12, 13 - kryzy pomiarowe, 14, 15- manometry

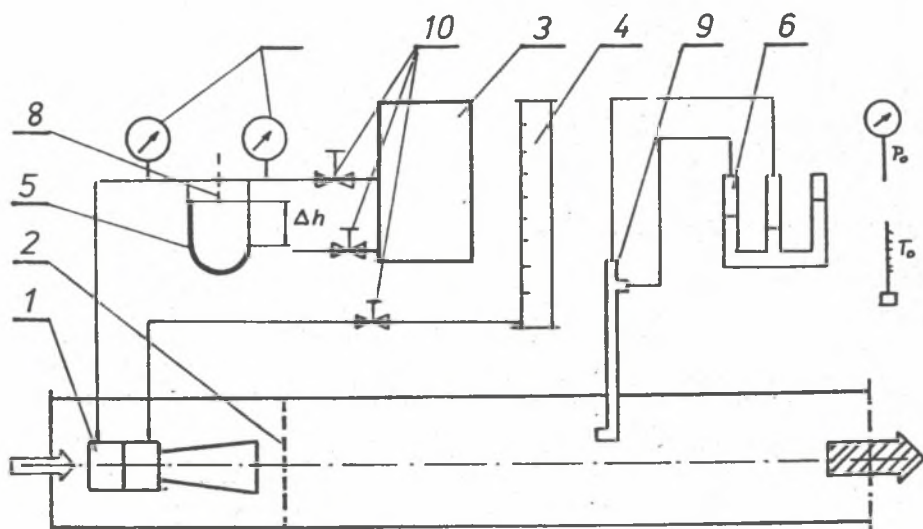
Fig.4.4. Diagram of sucking off system connected to the pipeline  
 1- jet equipment CYKLON (SPL), 2- mixer  $\phi$  600/8m, 3- measuring pipeline  $\phi$  150/20m, 4- methane reservoir (60% CH<sub>4</sub>),  
 4,5,6, - valves, methane detectors MIS, 12,13- measuring orifice plates, 14,15 - manometers

4.2.3. Stanowisko badawcze układu ze strumienicą CYKLON połączonego z rurociągiem (rys.4.4)

Strumienica jest szczelnie połączona z rurociągiem ssącym  $\phi$  150mm, długości 20m, z "mieszalnikiem" na końcu.

Mieszalnik /8/, w postaci lutni  $\phi$  600mm, spełnia funkcję rozrzedzania metanu (lub mieszaniny gazu), do zawartości poniżej 2%. Pomiary wydajności i ciśnienia (depresji) dokonywane są za pomocą kryzy pomiarowej /4,5/ a zawartość metanu za pomocą metanomierzy MIS /10,11,12/.

4.2.4. Stanowisko badawcze układu ze strumienicą pneumatyczno-wodną PW-60 (rys.4.5)



Rys.4.5. Stanowisko pomiarowe ze strumienicą pneumatyczno-wodną  
 1- strumienica PW-60, 2- lutnia pomiarowa z siatką prostującą  
 3, 4- zbiorniki spr. powietrza i wody, 5,6,7- manometry,  
 8- kryza pomiarowa, 9- sonda PRANDTLA, 10- zawory

Fig.4.5. Measuring stand with pneumatic and water jet equipment  
 1- jet equipment PW-60, 2- measuring ventilation pipe with straightening screen, 5,6,7 - manometres, 8- measuring orifice plate, 9- PRANDTLE'S probe, 10- valves

Stanowisko zbudowano do badań i pomiarów strumieni pneumatyczno-wodnych typu PW-60, które mają zastosowanie do zwalczania zagrożeń pyłowo-gazowych. Schemat układu pomiarowego obrazuje metodykę pomiarów, która umożliwiła badanie w zakresie ;

- zużycia sprężonego powietrza /8/,
- zużycia wody /1/ regulowanej zaworem /2/,
- natężenia przepływu strumienia mgły wodnej /10/
- stopnia eejkcji,
- zasięgu strumienia strumienicy,
- sprawność adiabaticzna.

#### 4.2.5. Wzory obliczeniowe

Wyniki pomiarów przeliczono wg następujących wzorów :

##### 1. Dla układu zasilania

$$q = 1,11 \alpha \varepsilon d_k^2 \sqrt{\Delta P_{I-II} V_I} \quad (4.1)$$

$$P_{I-II} = \Delta h \gamma_{hg} = [h_I - h_{II}] \gamma_{hg} \quad (4.2)$$

$$V_I = \frac{g R T_I}{10^6 P_I} \quad (4.3)$$

##### 2. Dla układu pomiarowego

$$P_B = \frac{h_1 - h_2}{k} \gamma_{B,20} \quad (4.4)$$

$$P_d = \frac{h_2 - h_3}{k} \gamma_{B,20} \quad (4.5)$$

$$P_c = \frac{h_1 - h_3}{k} \gamma_{B,20} \quad (4.6)$$

$$V_c = \frac{g R T}{10^6 (P_0 + P_c)} \quad (4.7)$$

$$w = (1+\beta) \sqrt{2 P_d V_c} \quad (4.8)$$

$$w = \frac{1}{D} \int_0^D w(d) dD \quad (4.9)$$

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

$$Q = w A \quad (4.10)$$



$$u = \eta_e \frac{Q}{q} \tag{4.11}$$

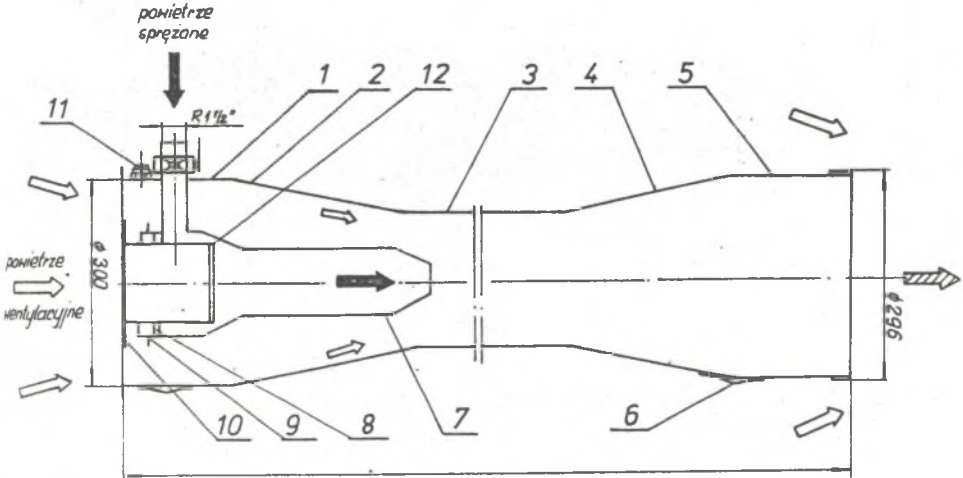
$$\eta_a = \frac{10^{-4} Q P_c}{q (P_{III} - P_0) k} \tag{4.12}$$

### 4.3. Badania strumieni pneumatycznych

Pomiary parametrów strumieni, w układach wg rys.4.2, 4.3, 4.4 i rys.4.5 prowadzono przy zmiennym ciśnieniu zasilania powietrzem sprężonym w granicach 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>) i przy zmiennych wielkościach otwarcia szczeliny "e" dyszy napędowej - 0,5; 1,0; 1,5; 2,0mm.

Poniżej omówiono ogólny opis budowy i podstawowe wyniki badań poszczególnych typów strumieni. Podano również ważniejsze wnioski wynikające z badań i doświadczeń eksploatacyjnych w kopalniach silnie metanowych, które ujęto w wykazie literatury - prace naukowo-badawcze CMG KOMAG.

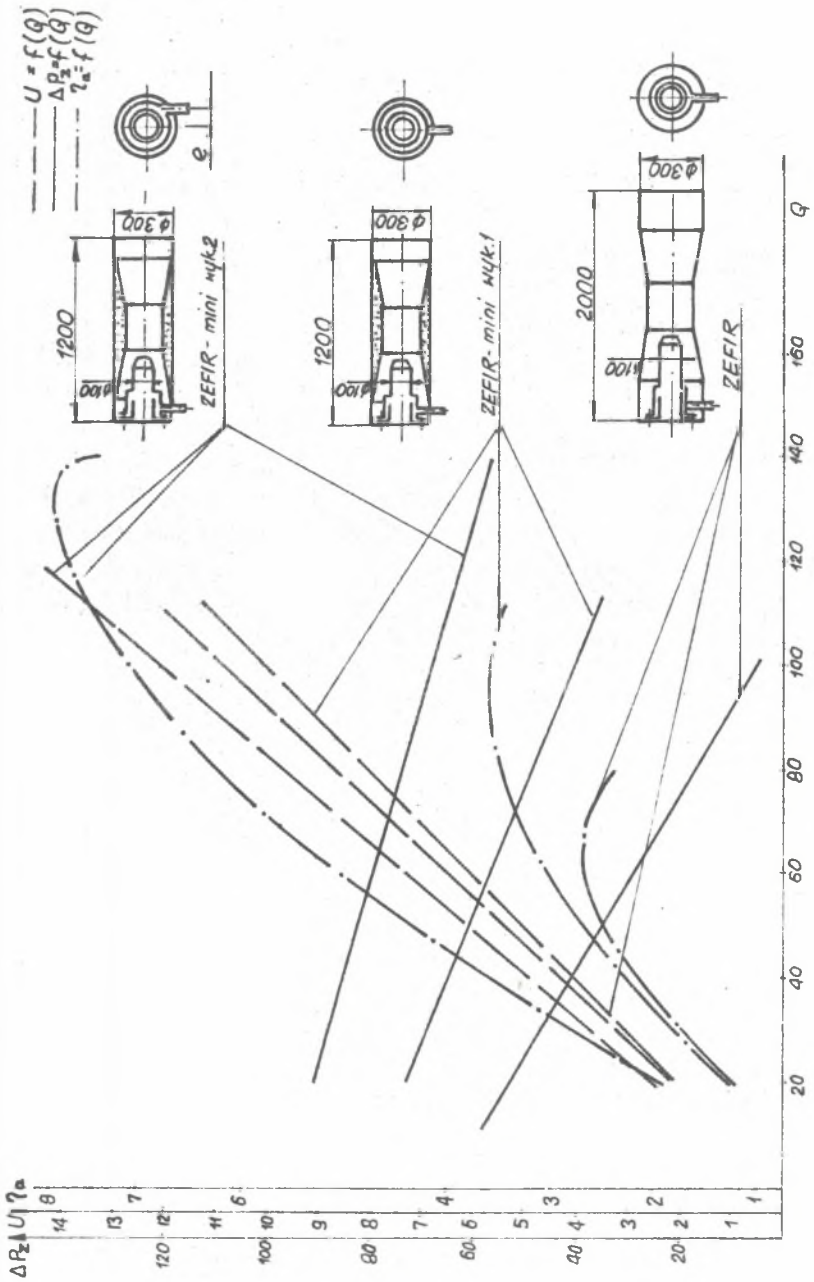
#### 4.3.1. Strumienice ZEFIR [27,28,29]



Rys.4.6. Strumienica ZEFIR

Fig.4.6. Jet equipment ZEFIR

Strumienica ZEFIR jest (rys.4.6) zbudowana z zespołu napędowego z dwoma dyszami - pierścieniową pierwotną /3/ i kołową wtórną /7/ i z zespołu przepływowego w kształcie zwężki VENTURIEGO - w której wy-



Rys.4.7. Charakterystyka strumienic ZEFIR

Fig.4.7. Characteristic of jet equipment ZEFIR

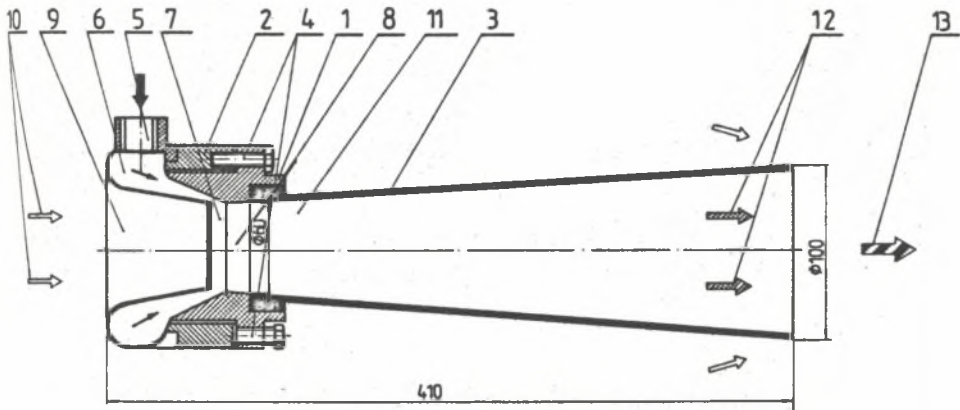
różnia się kanały ssące /5/; kanały mieszania /4/ i kanał /6/ rozprężenia (dyfuzor) oraz zespół zasilnia, którym czynnik roboczy (sprężone powietrze) jest doprowadzane kanałem /1/ do komory zasilania /2/. Strumienica jest przystosowana do łączenia z lutniami wentylacyjnymi  $\phi$  300mm lub  $\phi$  400mm.

Wyniki badań dla przepływu płaskiego i z wirem oraz charakterystyki kolejnych wykonanych strumienic typu ZEFIR przedstawia rys.4.7.

Porównanie krzywych sprawności adiabaticznej ( $\eta_a$ ) i ciśnienia całkowitego ( $P_c$ ) wyraźnie wskazuje na "EFEKT WIRU" (zasilanie mimośrodowe) w stosunku do przepływu merydionalnego, uzyskano również zmniejszenie głośności (o ok.22%) do krzywej normowej N-85.

#### 4.3.2. Strumienice CYKLON [30,31,32]

Górnicza strumienica pneumatyczna typu CYKLON (rys.4.8 i 4.9)



Rys.4.8. Strumienica CYKLON

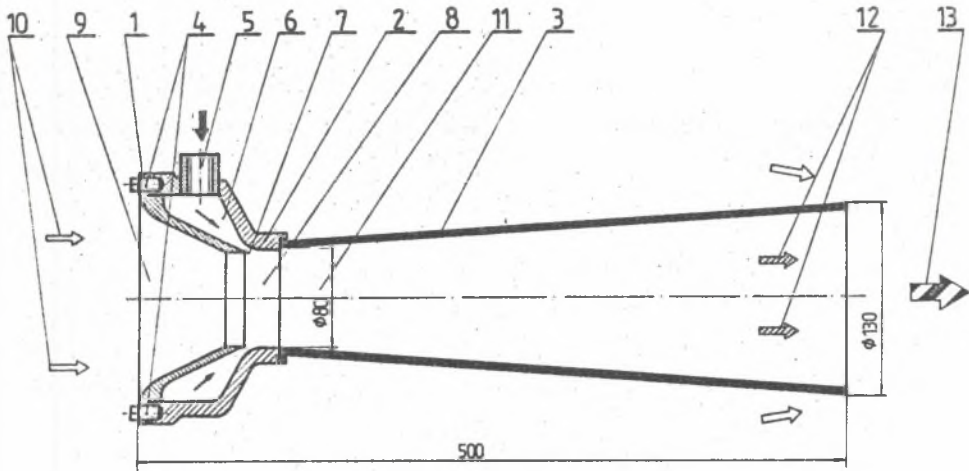
4- śruby regulacyjne, 6- komora zasilania, 7- dysza pierścieniowa, 8- kanał mieszania, 9- kanał wlotowy (konfuzor) 11,3- kanał wylotowy (dyfuzor), 10,12,13, - strumienie.

Fig.4.8. Jet equipment CYKLON

4- adjusting screws, 6- feeding chamber, 7- ring-shaped nozzle, 8- mixing channel, 9- inlet channel (confosor) 11,3- outlet channel (diffuser), 10,12,13- jets.

składa się z następujących podstawowych elementów :

- tulei wewnętrznej : pod.1/,
- obudowy zewnętrznej : pod.2/,
- dyfuzora /pod.3/,



Rys.4.9. Strumienica CYKLON-80

4- śruby regulacyjne z podkładkami, 6- komora zasilania, 7- dysza pierścieniowa, 8- kanał mieszania, 9- kanał wlotowy (konfuzor), 11,3- kanał wylotowy (dyfuzor), 10,12,13, - strumienie .

Fig.4.9. Jet equipment CYKLON-80

4- adjusting screws with washers, 6- feeding chamber, 7- ring-shaped nozzle, 8- mixing channel, 9- inlet channel (confosor), 11,3- outlet channel (diffuser), 10,12,13- jets

- śrub regulacyjnych nastawczych i kontrujących /poz.4/.

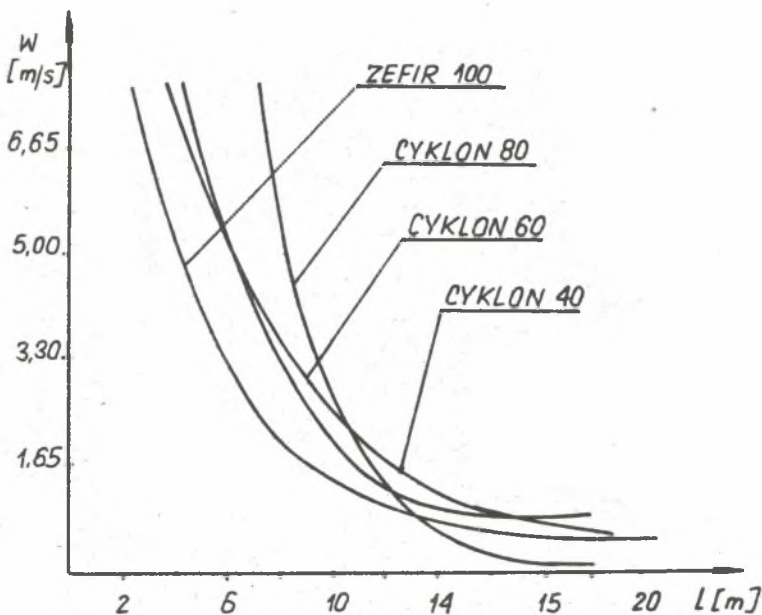
Tuleja wewnętrzna i obudowa zewnętrzna, przesuwne względem siebie za pomocą śrub regulacyjnych, stanowią pierścieniową dyszę napędową strumienicy. Strumienica zasilana jest z sieci kopalnianej powietrzem sprężonym o ciśnieniu 0,2 do 0,6 MPa (2 do 6 kg/cm<sup>2</sup>). Wydajność i spiętrzenie (podciśnienie) reguluje się wielkością pierścieniowej szczeliny dyszy napędowej.

Sprężone powietrze z sieci kopalnianej za pomocą węża gumowego jest doprowadzane kanałem wlotowym /poz.5/ do komory zasilania /poz.6/, z której pierścieniową szczeliną napędową /poz.7/ wlatuje do komory mieszania /poz.8/, powodując powstanie w komorze ssania /poz.9/ podciśnienie i zasysanie powietrza z otoczenia, co zaznaczono strzałkami /poz.10/.

Powietrze zasysane z otoczenia miesza się z powietrzem napędowym i przepływa przez dyfuzor kanałem /poz.11/, wytwarzając strumień powietrza /poz.12/ z dyfuzora powstaje dodatkowe wtórne zasysanie mas powietrza z otoczenia i dalsza intensyfikacja działania strumienicy,

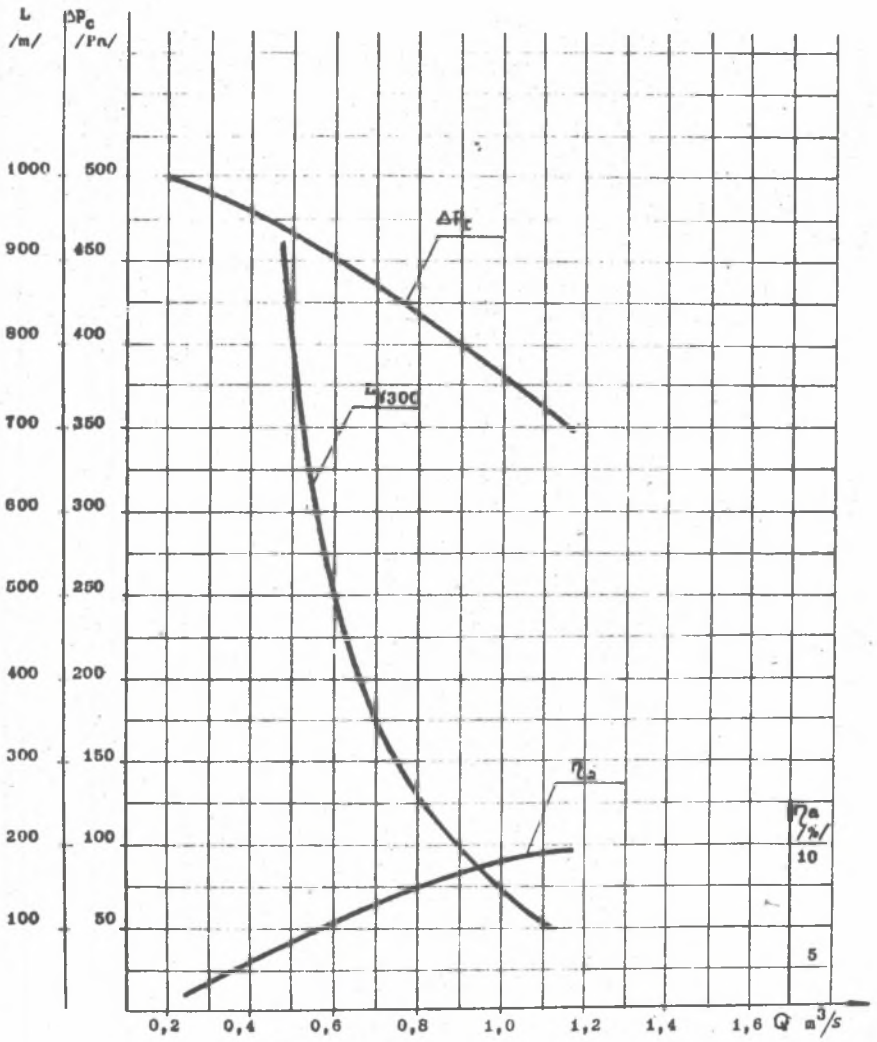
wyrażającego się powstaniem wypadkowego strumienia /po.13/. Uzyskany strumień powietrza może służyć do celów opisanych poprzednio. W razie połączenia strumienicy z rurociągiem za pomocą specjalnego kręca możemy podciśnieniem powodować przepływ w rurociągu i odsysanie gazów (metanu) z miejsca nagromadzenia.

Skuteczność działania swobodnego strumienia wypływającego ze strumienicy CYKLON dla ciśnienia zasilania 0,39 MPa i optymalnego otwarcia szczeliny ( $e = 1,5$  do  $2,0$  mm) przedstawia rys.4.10 w postaci wykresu w(1). Charakterystyki strumienicy CYKLON przedstawiają rys.4.11, rys.4.12, rys.4.13 i rys.4.14, zaś rys.4.15 wynik analizy widmowej hałasu strumienicy CYKLON-60. Głośność mieści się w zasadzie w poziomie higienicznym N-85 - nieznacznie przekraczając ten poziom w paśmie 1000 do 8000 Hz. Szczegółowe wyniki badań zawierają prace naukowo-badawcze [30,31,32].



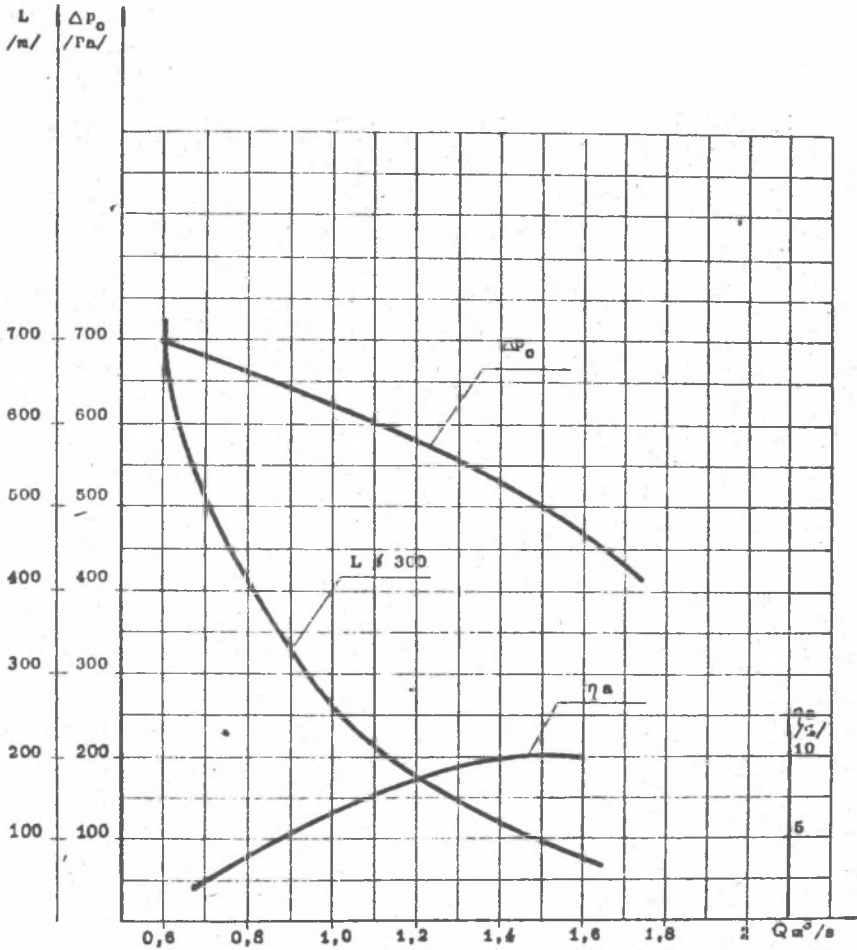
Rys.4.10. Zależność prędkości strumienia strumienicy od odległości dla parametrów optymalnych ( $P_z = 0,39$  MPa i  $e = 1,5 \div 2,0$ )

Fig.4.10. Dependence of jet velocity upon the distance in relation to optimum parameters ( $P_z = 0,39$  MPa i  $e = 1,5 \div 2,0$ )



Rys.4.11. Charakterystyka strumienicy pneumatycznej CYKLON-40 dla lutni  $\phi$  300mm

Fig.4.11. Characteristic of pneumatic jet equipment CYKLON-40 for ventilation pipe  $\phi$  300mm



Rys.4.12. Charakterystyka strumienicy pneumatycznej CYKLON-60 dla lutni  $\phi$  300mm

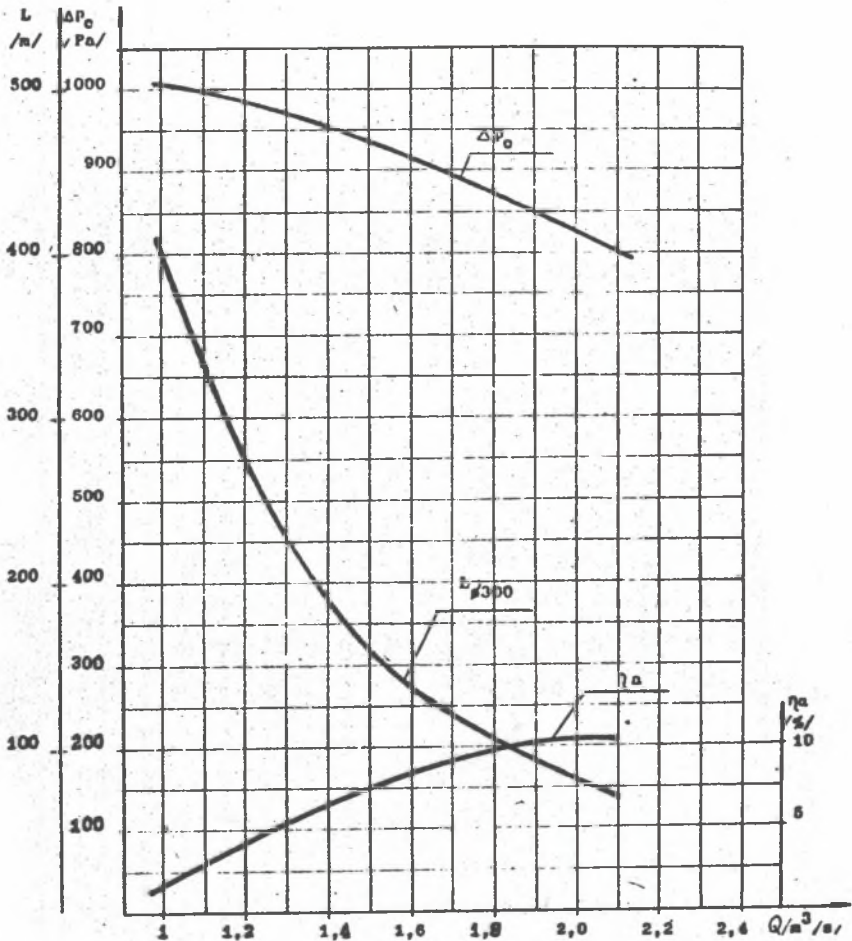
Fig.4.12. Characteristic of pneumatic jet equipment CYKLON-60 for ventilation pipe  $\phi$  300mm

#### 4.3.3. Strumienica wentylacyjna LUS 80/600 [33,34]

Lutniowe urządzenie strumienicowe (rys.4.16) składa się z następujących zespołów :

- strumienicy pneumatycznej CYKLON-80 /1/,
- lutni napędowej  $\phi$  600x800 mm /2/.

Lutnia napędowa zbudowana jest w kształcie zwężki VENTURIĘGO, w której wyróżnia się ; część wlotową /3/, stożkowy konfuzor /4/, cylindryczną część środkową /5/, stożkowy dyfuzor /6/, z trzema otworami



Rys.4.13. Charakterystyka strumienicy pneumatycznej CYKLON-80 dla lutni  $\phi$  300mm

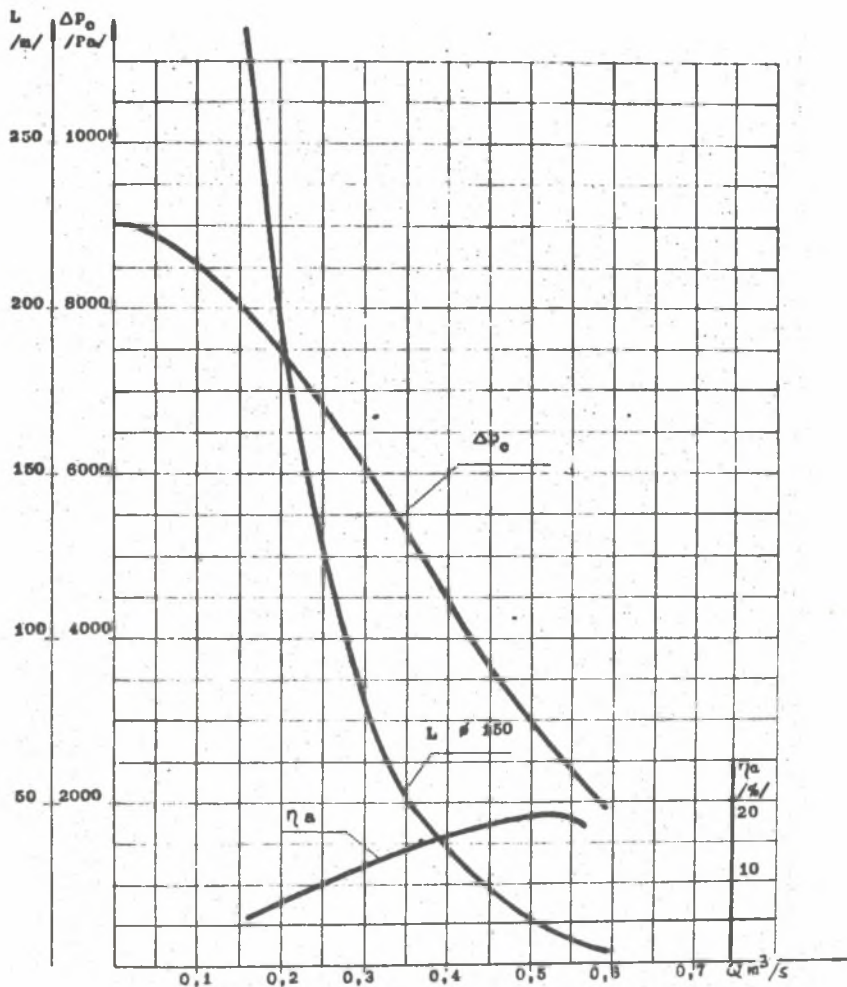
Fig.4.13. Characteristic of pneumatic jet equipment CYKLON-80 for ventilation pipe  $\phi$  300mm

/8/ oraz część wylotową /7/, która połączona jest z lutniociągim.

W strumienicy CYKLON-80 wyróżniamy otwór zasilający /9/, komorę mieszania /10/, dyszę pierścieniową /11/, komorę mieszania /12/, otwór wlotowy /13/ i wylotowy /14/. Przepływ powietrza spowodowany jest podciśnieniem (ssaniem), wytworzonym przez strumienicę CYKLON-80 zasilaną sprężonym powietrzem z kopalnianej sieci sprężonego powietrza.

Powietrze napędowe otworem zasilającym /9/ dostaje się do komory

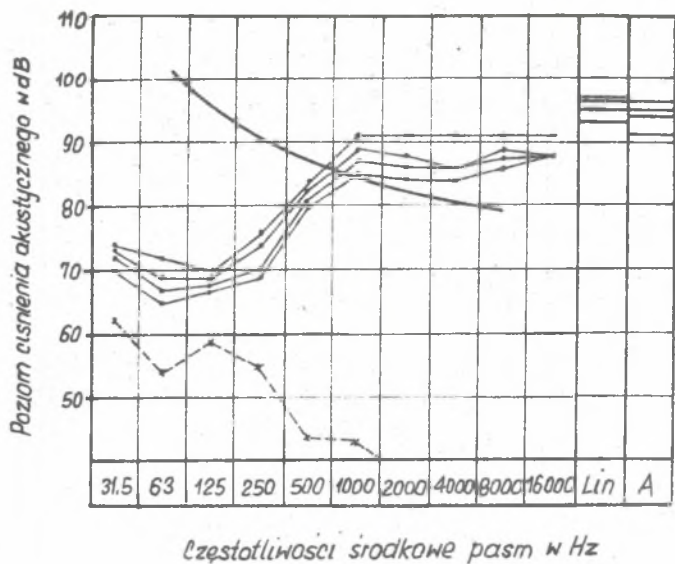




Rys.4.14. Charakterystyka strumienicy pneumatycznej CYKLON-80 przy odsysaniu za pomocą rurociągu  $\phi$  150 mm

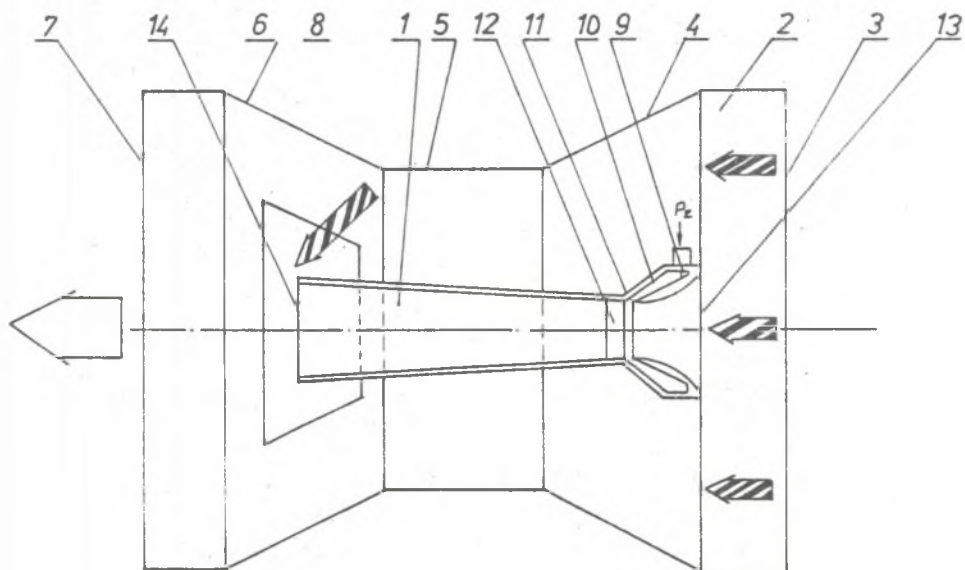
Fig.4.14. Characteristic of pneumatic jet equipment CYKLON-80 when sucking off by means of pipelines  $\phi$  150mm

zasilania /10/. Mimośrodowy wlot sprężonego powietrza do komory zasilania powoduje ruch wirowy czynnika roboczego. Sprężone powietrze dostaje się dyszą pierścieniową /11/ do komory mieszania /12/. Powietrze przepływające przez dyszę pierścieniową z dużą prędkością, spotęgowaną działaniem wiru, gwałtownie się rozpręża wytwarzając podciśnienie (ssanie). Działanie to powoduje przepływ otaczającego powietrza przez otwór wlotowy strumienicy /13/, tworząc pierwszy stopień wsysania.



Rys.4.15. Analiza widmowa hałasu strumienicy CYKLON-40

Fig.4.15. Spectroanalysis of noise of jet equipment CYKLON-40

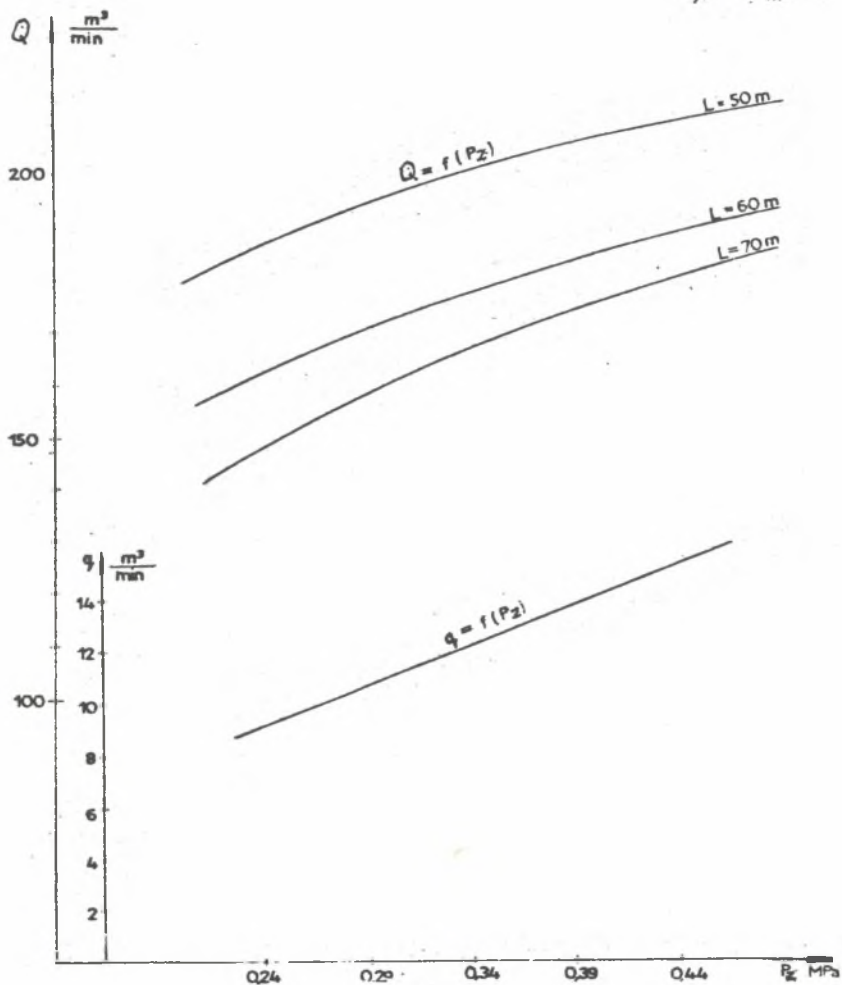


Rys.4.16. Lutniowe urządzenie strumienicowe LUS-80/600- budowa i zasada działania

Fig.4.16. Jet equipment of ventilation pipe type LUS-80/600 - desing and principle of operation

Strumień powietrza (napędzającego i przepływającego przez strumienicę, powoduje z kolei zassanie powietrza na wlocie lutni napędowej, które zwiększając swą prędkość w części cylindrycznej /5/ przepływa przez lutnię napędową. tworząc drugi stopień zasysania. Strumienie przepły-

$$\xi_0 = 12 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

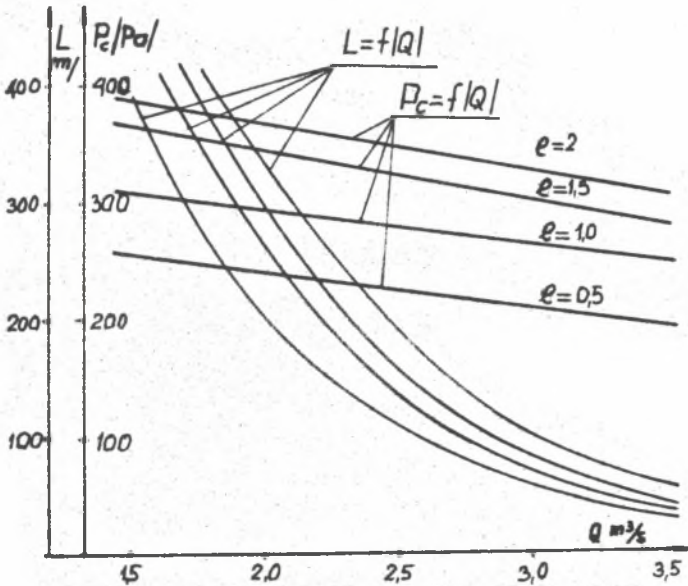


Rys.4.17. Zależność natężenia przepływu i zużycia sprężonego powietrza od ciśnienia zasilania dla optymalnego otwarcia dyszy

Fig.4.17. Dependence of rate of flow and consumption of compressed air upon supply pressure for the optimum opening of nozzle

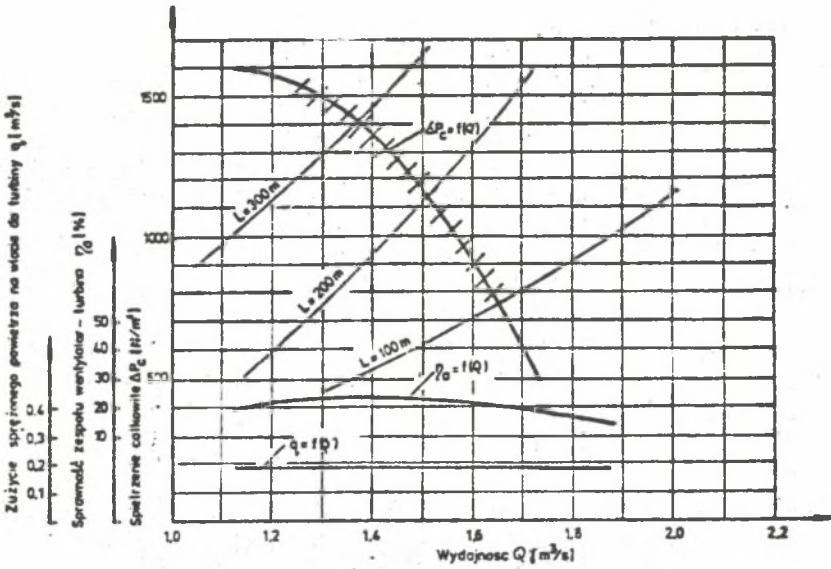
wające przez strumienicę i lutnię napędową łączą się w stożkowym dyfuzorze /6/ powodując zasysanie przez otwory /8/ i tworząc trzeci stopień zasysania.

Rys.4.17 przedstawia zależność natężenia przepływu  $Q = f(P_z)$  i zużycie sprężonego powietrza  $q = f(P_z)$  dla różnych długości lutniociągu - układ pomiarowy wg rys.4.3, zaś rys.4.18 zależności ciśnie-



Rys.4.18. Charakterystyka strumienicy LUS-80/600 (układ pomiarowy 4.3)  
Fig.4.18. Characteristic of jet equipment LUS-80/600 (measuring system 4.3.)

nia  $P_c = f(Q)$  i długości  $L = f(Q)$  dla różnych wielkości szczeliny "e". Obszary zastosowań strumienicy wentylacyjnych LUS, w porównaniu do charakterystyk wentylatora pneumatycznego typu WLP 401 i 601 można określić wg rys.4.19 i rys.4.20, na których podano funkcje  $\Delta P_c = f(Q)$ , sprawność  $\eta_a = f(Q)$  i  $q = f(Q)$ . Na podstawie nomogramów można stwierdzić, że w wyrobiskach ślepych o określonej długości (L) i przekroju poprzecznym (A), drażonych w polach górniczych o określonej kategorii zagrożenia metanowego, istnieje możliwość uzyskania minimalnych prędkości powietrza w wyrobisku żądanych przepisami BHP (dla strumienicy LUS). Wydatek objętościowy powietrza (Q) na końcu lutniociągu, długości (L) i średnicy (D), przedstawia rys.4.21.



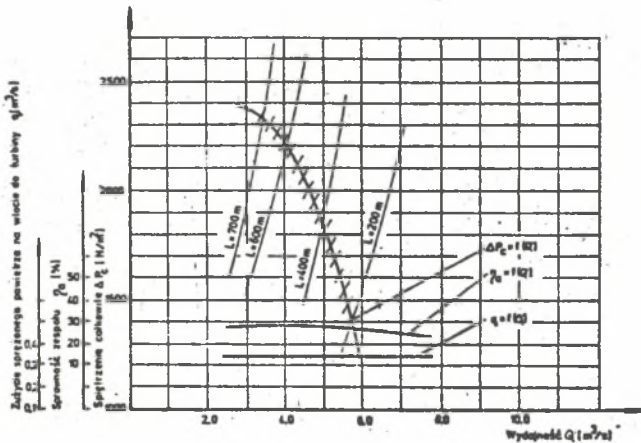
$P_{0m} = 0.29 \text{ MN/m}^2 \text{ (3.5 kG/cm}^2\text{)}$

$\rho = 1.2 \text{ kg/m}^3$

//// - obszar pracy wentylatora WLP 401

Rys.4.19. Charakterystyka wentylatora WLP-401

Fig.4.19. Characteristic of WLP-401 fan



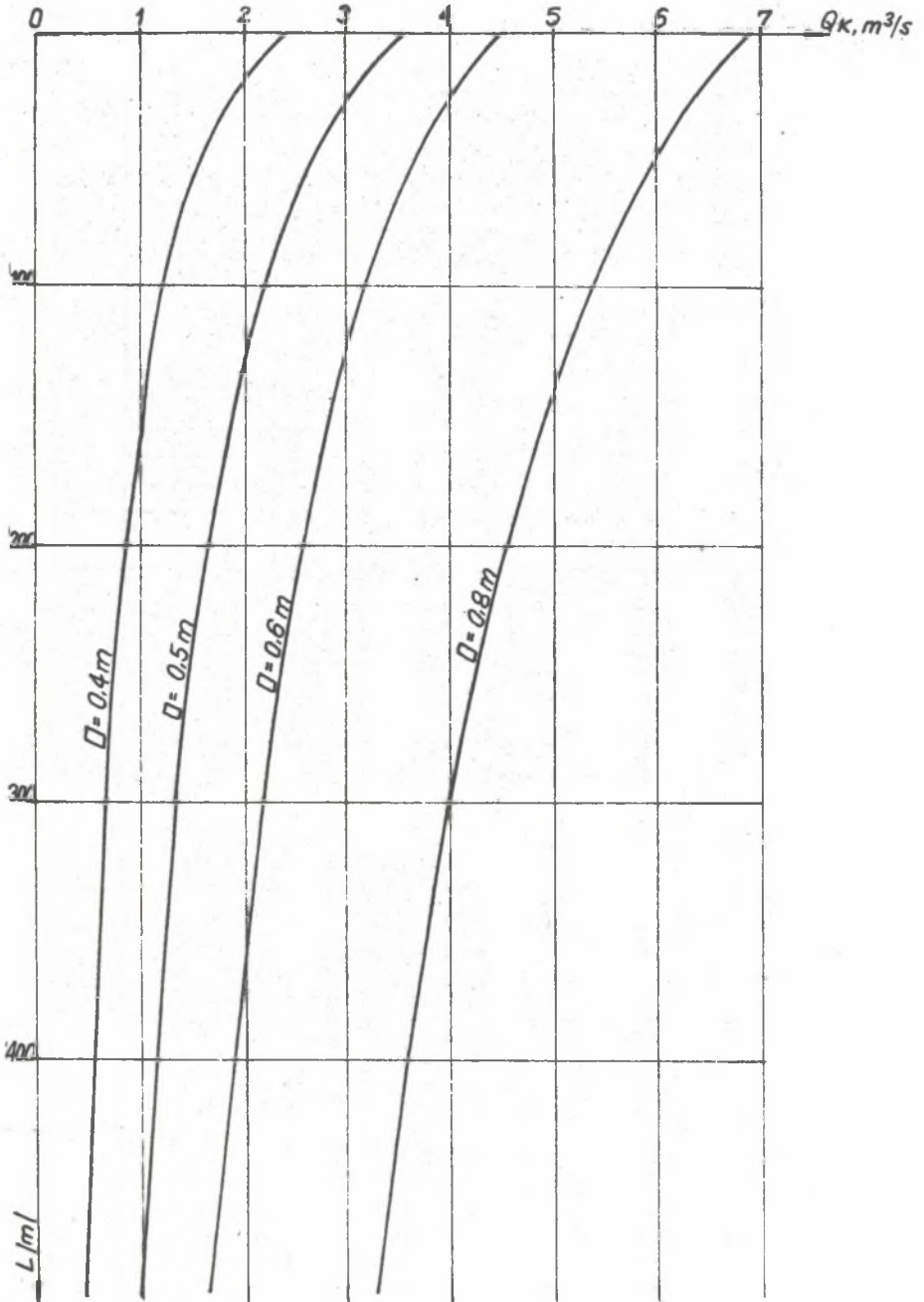
$P_{0m} = 0.26 \text{ MN/m}^2$

$\rho = 1.2 \text{ kg/m}^3$

//// - obszar pracy wentylatora WLP 601

Rys.4.20. Charakterystyka wentylatora WLP-601

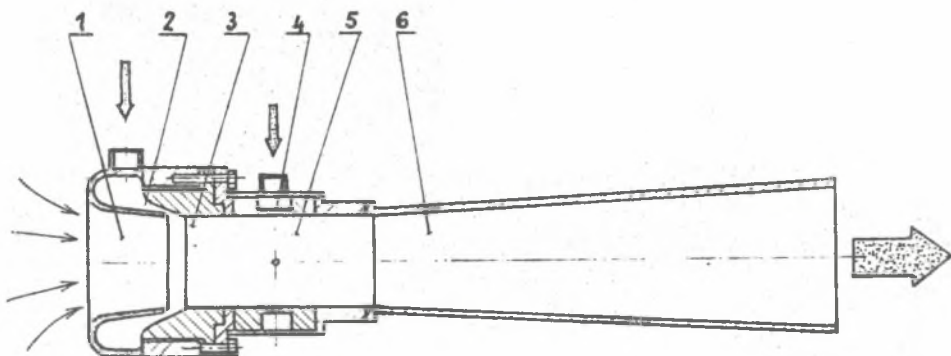
Fig.4.20. Characteristic of WLP-601 fan



Rys.4.21. Natężenie przepływu na końcu luthociągu dla strumienicy LUS-80/600

Fig.4.21. Rate of flow t the end of ventiltion pipe line for Jet equipment LUS-80/600

#### 4.3.4. Strumienice pneumatyczno-wodne [36,37,38]



Rys.4.22. Strumienica pneumatyczno-wodna PW-60

1- kanał wlotowy (konfuzor), 2- dysza pierścieniowa, 3- kanał mieszania powietrza, 4,5- komory mieszania wody, 6- wylotowy strumienia mgły wodnej

Fig.4.22. PW-60 pneumatic and water jet equipment

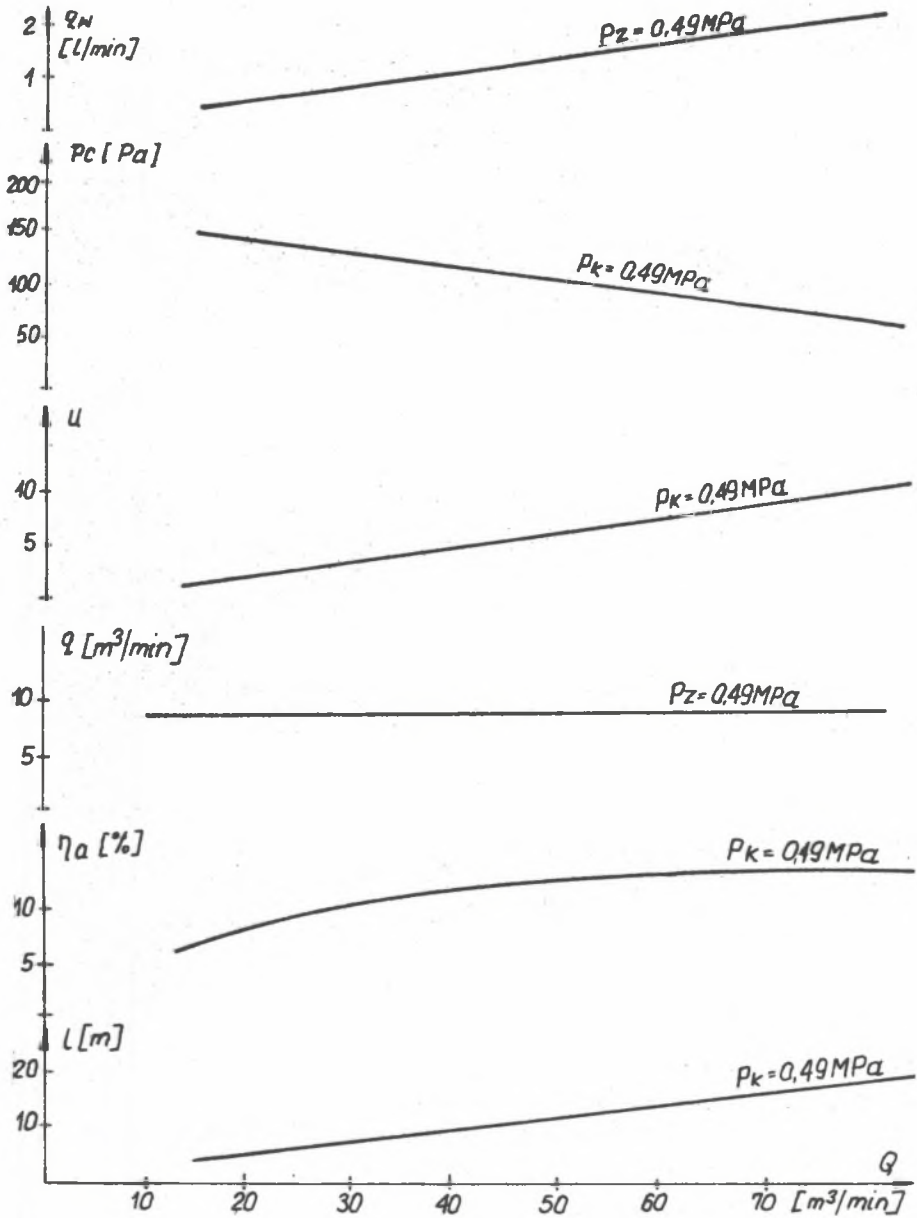
1- inlet channel (confusor), 2- ring-shaped nozzle, 3- Air channel, 4,5- water mixing channel, 6- water mist jet outlet channel

Koncepcja strumienicy PW-60 (rys.4.22) jest konstrukcyjnym rozwinięciem strumienicy CYKLON-60, składa się z następujących elementów:

- konfuzora wlotowego powietrza wentylacyjnego z kanałem zasilania sprężonym powietrzem /1/,
- dyszy pierścieniowej /2/,
- korpusu strumienicy /3/,
- tuleji nierdzewnej komory zasilania wodą /5/,
- dyfuzora strumienicy /6/.

Zasilanie strumienicy wodą odbywa się automatycznie (zasysanie podciśnieniem) z rurociągu sieci kopalnianej bądź zbiornika. Ilość zasysanej wody jest regulowana zaworem. Wydajność i podciśnienie strumienicy jest regulowane wielkością szczeliny dyszy pierścieniowej (e) za pomocą śrub regulacyjnych. Woda doprowadzana specjalnymi otworami w tuleji /5/ do komory mieszania strumienicy tworzy z zasysanym powietrzem mgłę wodną o kropelkach  $< 5\mu\text{m}$ , której strumień skierowany do miejsc nagromadzeń pyłowo-gazowych powoduje ich rozrzedzenie.

Wyniki badań stanowiskowych serii próbnej strumienic PW-60 przedstawia rys.4.23 i tabela 4.3. Poziom głośności strumienic PW-60 nie znacznie przekracza krzywa normową N-85 w paśmie 1000 do 8000 Hz (rys.4.24).



Rys.4.23. Charakterystyka pracy urządzenia na podstawie badań stanowiskowych

Fig.4.23. Performance characteristic of the equipment on the ground of stand tests

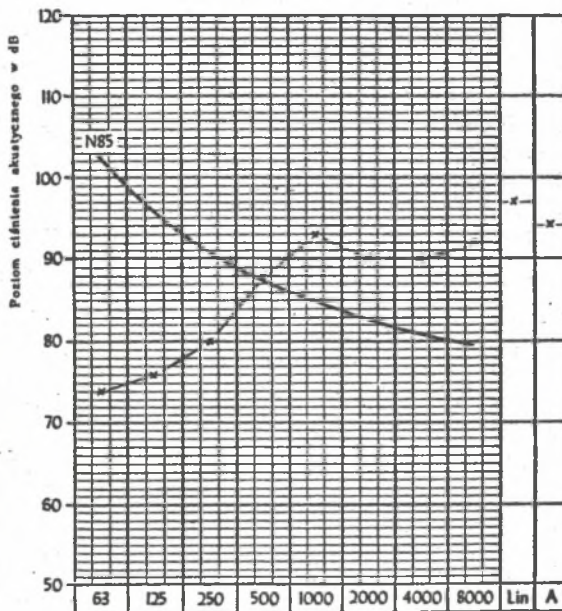


# KARTA POMIAROWA I ANALIZA WIDMOWA HAŁASU NR ..12..

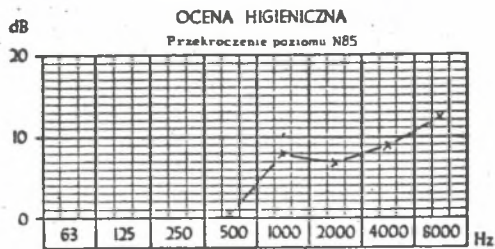
Rys. 4.24.

Nazwa maszyny/urządzenia ..... Strumienica PL-60  
 Lokalizacja maszyny ..... KDUK II-300 Zabrze  
 Charakter hałasu ..... złożony nieokresowy  
 Wariant pomiaru ..... praca z wodą  $p_z = 0,4 \text{ MPa}$ ,  $\phi 2 \text{ mm}$   
 Punkt pomiarowy /wg szkicu/ nr ..... Data pomiaru ..... 15.02.84 r.

Często- tliwość środkowa pasm w Hz	Poziom ciśnienia akustycznego w dB dla pasm		Wskaz- nik oceny N
	1/3 okt.	okt.	
25			
31,5		73	
40			
50			
63		74	
80			
100			
125		76	
160			
200			
250		80	
315			
400			
500		88	86
630			
800			
1000		93	93
1250			
1600			
2000		90	93
2500			
3150		90	94
4000			
5000			
6300			
8000		92	98
10000			
12500			
16000		85	
20000			
Lin	97		
A	94		



Częstotliwości środkowe pasm w Hz



Maks. wskaźnik oceny N

Maks. czas ekspoz. ciągłej w min.

Stopień przekroczenia normy  $\text{I}^{\text{I}}$

98
100
III

$\text{I}^{\text{I}}$  przysto: do N90 I stopień, powyżej N90 do N95 II stopień, powyżej N95 III stopień

Rys.4.24. Karta pomiarowa i analiza widmowa hałasu nr 12

Fig.4.24. Measurements cart and spectroanalysis of noise No 12

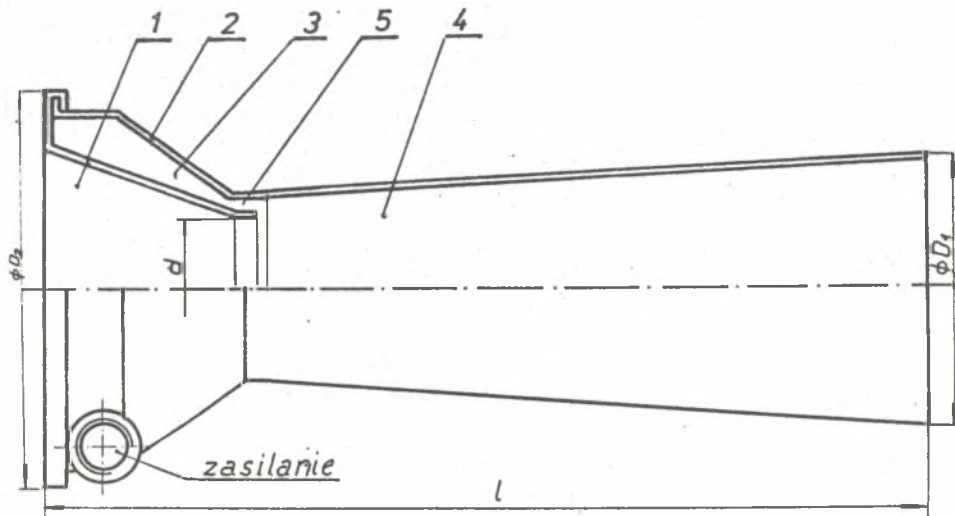
Tabela 4.3.

Parametr	Symbol	Jednostka	$P_K$ MPa			
			0,19	0,29	0,39	0,49
Zużycie spr.pow.	q	m <sup>3</sup> /min	4,0	5,4	7,2	8,1
bez dławienia						
Zużycie wody	q <sub>w</sub>	l/min	2,1	2,3	2,4	2,5
Wydajność	Q	m <sup>3</sup> /min	44	58	74	88
Stopień ejekcji	u	-	11	10,7	10,3	10,8
Zasięg strumienia	l	m	16	17,3	18,5	21
Spiętrzenie całkowite	P <sub>c</sub>	Pa	49	52	57	60
Sprawność	η <sub>a</sub>	%	10	9,8	9,5	9,1
1/3 dławienia						
Zużycie wody	q <sub>w</sub>	l/min	1,1	1,4	1,6	1,9
Wydajność	Q	m <sup>3</sup> /min	31	42	51	60
Stopień ejekcji	u	-	7,8	7,8	7,1	7,4
Zasięg strumienia	l	m	11	14	16	17,5
Spiętrzenie całkowite	P <sub>c</sub>	Pa	89	94	99	103
Sprawność	η <sub>a</sub>	%	7,9	8,0	8,1	8,2
2/3 dławienia						
Zużycie wody	q <sub>w</sub>	l/min	0,5	0,7	0,9	1,1
Wydajność	Q	m <sup>3</sup> /min	20	23	25	26
Stopień ejekcji	u	-	5	4,3	3,5	3,2
Zasięg strumienia	l	m	7	8,5	9	9,5
Spiętrzenie całkowite	P <sub>c</sub>	Pa	140	143	147	150
Sprawność	η <sub>a</sub>	%	4,9	5,3	5,4	5,5
dławienie całkowite						
Zużycie wody	q <sub>w</sub>	l/min	-	-	-	-
Wydajność	Q	m <sup>3</sup> /min	-	-	-	-
Stopień ejekcji	u	-	-	-	-	-
Zasięg strumienia	l	m	-	-	-	-
Spiętrzenie całkowite	P <sub>c</sub>	Pa	177	184	190	210
Sprawność	η <sub>a</sub>	%	-	-	-	-

#### 4.3.5. Strumienice lekkie SPL [39,40,41,44]

Doświadczenia związane z wielkoseryjną produkcją strumienic i ich eksploatacją w kopalniach metanowych w zakresie zwalczania lokalnych nagromadzeń gazów (metanu), zwróciły uwagę na zagadnienia kosztów ich wytwarzania, montażu i dyslokacji, konserwacji i obsługi oraz ich racjonalnej konstrukcji z punktu widzenia funkcjonalności i kosztów eksploatacji. Prace optymalizacyjne postaci konstrukcyjnych zmierzały do uproszczenia konstrukcji, zmniejszenia masy i obniżenia kosztów produkcji elementów poprzez zastosowanie nowych technologii obróbki.

Opracowano nową generację oryginalnych [26] strumienic typu SPL o 10-krotnie mniejszej masie i 5-krotnym zmniejszeniu kosztów wytwarzania. Efekty te uzyskano w wyniku zrezygnowania z regulacji parametrów pracy (szczeliny "e") i zastosowania trzech podstawowych zespołów strumienicy wykonywanych metodą tłoczenia elementów z blachy.



Rys.4.25. Strumienica pneumatyczna SPL

- 1- konfuzor, 2- obudowa, 3- komora mieszania, 4- dyfuzor,
- 5- szczelina napędowa (pierścieniowa)

Fig.4.25. SPL pneumatic jet equipment

- 1- confusor, 2- housing, 3- mixing chamber, 4- diffuser
- 5- drive slot (ring shaped)

Konstrukcja (rys.4.25) składa się z następujących elementów :

- konfuzora /1/, stanowiącego wewnętrzną część wlotową powietrza z otoczenia i komory zasilania /3/,
- obudowy zewnętrznej /2/, stanowiącej część zamykającą komorę zasilania /3/,
- dyfuzora /4/, stanowiącego kanał wylotowy strumienia wytwarzanego przez strumienicę.

Elementy /1/ i /2/, połączone przez zwalcowanie, tworzą również szczelinę napędową /5/ strumienicy SPL, której wielkość jest kalibrowana.

Strumienice typu SPL [41] są wytwarzane w czterech wielkościach -  $\phi$  40 (HALNY),  $\phi$  60 (ORKAN),  $\phi$  80 (TORNADO) i  $\phi$  90 (TAJFUN) o optymalnych nieregulowanych parametrach, które podaje tabela 4.4.

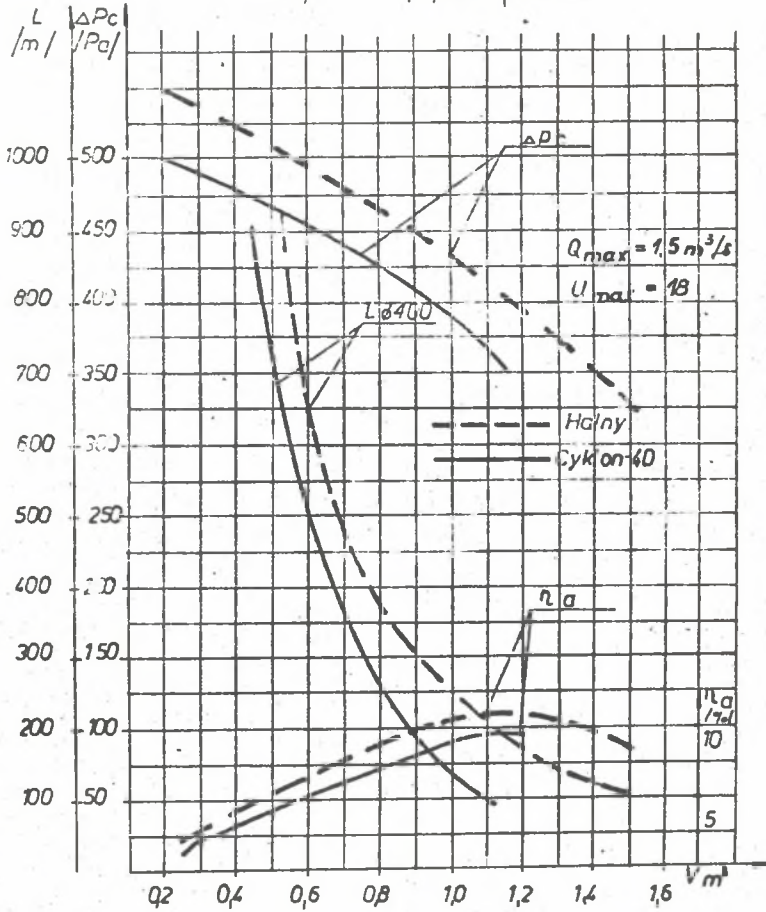
Tabela 4.4

Lp	Wielkość	Jedn.	SPL - 40	SPL - 60	SPL - 75	SPL - 90
1	Nateżenie przepływu	$Q, m^3/s$	1,6	2,0	2,4	2,7
2	Zużycie powietrza	$q, m^3/s$	0,075	0,125	0,170	0,190
3	Cisnienie (depresja)	$P_c, Pa$	450	600	900	980
4	Stopień eejekcji	-	18	16	14	14,5
5	$d/D_1/D_2$	mm	40/65/95	60/100/130	75/125/150	90/150/165
6	sprawność adiabatyeczna	%	12	12	12	12
7	długość	$L, mm$	210	3,20	400	450
8	Masa	kg	0,45	0,60	0,72	0,85
9	Cena (1990r)	tys. zł	38	44	47	49

Badania stanowiskowe i eksploatacyjne [38,39] wykazały ich pełną przydatność ruchową, wysoką funkcjonalność i wiele zalet - niski koszt, prosta konstrukcja, mała masa i łatwa obsługa. Strumienice w wyniku badań atestacyjnych [41] przeprowadzonych w KOMAG - M-300 i przez GIG - IBG BARBARA uzyskały dopuszczenie do stałego stosowania (cecha górnicza DG-800/B9 z wyróżnikami H, O, T). Charakterystyki porównawcze parametrów strumienic typu CYKLON i SPL przedstawiają rys.4.26, 4.27 i 4.28).

Analiza widmowa hałasu wykazała również ich głośność w granicznej krzywej normowej N-85, przy nieznacznym przekroczeniu poziomu higienicznego w pasmach 2000 do 8000 Hz.

Zużycie spr pow. $q$ ( $m^3/s$ )		
$P_{z\acute{o}s}$ (MPa)	$q_{Halny}$	$q_{Cyklon-40}$
0,24	0,055	0,067
0,29	0,065	0,069
0,34	0,075	0,072
0,39	0,085	0,075

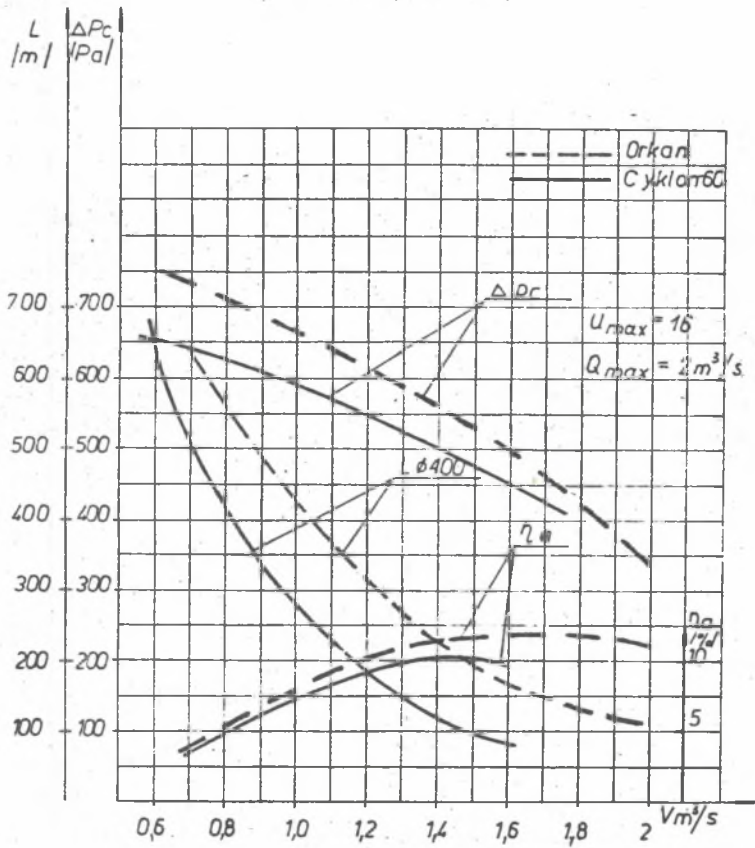


Rys.4.26. Charakterystyka strumienicy pneumatycznej SPL-Halny i CYKLON-40 dla lutni  $\phi$  400mm

Fig.4.26. Characteristic of pneumatic jet equipment SPL-Halny and CYKLON-40 for ventilation pipe  $\phi$  400mm

Zużycie spręż. pow.  $q$  ( $m^3/s$ )

$P_{zas}$ (MPa)	$q_{Orkan}$	$q_{Cyklon-60}$
0,24	0,083	0,088
0,29	0,092	0,092
0,34	0,105	0,097
0,39	0,125	0,100

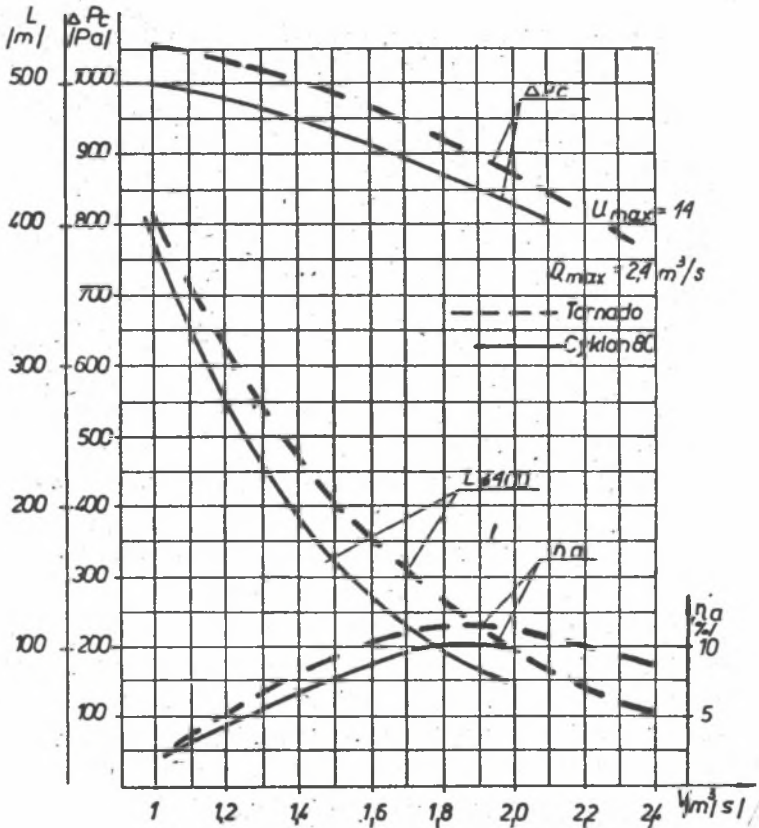


Rys.4.27. Charakterystyka strumienicy pneumatycznej SPL-Orkan i CYKLON-60 dla lutni  $\phi$  400mm

Fig.4.27. Characteristic of pneumatic jet equipment SPL-Orkan and CYKLON-60 for ventilation pipe  $\phi$  400mm

Zużycie spręż. pow.  $q$  ( $m^3/s$ )

$P_{zais}(MPa)$	$q_{Tornado}$	$q_{Cyklon-80}$
0,24	0,14	0,100
0,29	0,17	0,106



Rys.4.28. Charakterystyka strumienicy pneumatycznej SPL-Tornado i CYKLON-80 dla lutni  $\phi$  400mm

Fig.4.28. Characteristic of pneumatic jet equipment SPL-Tornado and CYKLON-80 for ventilation pipe  $\phi$  400mm

## 5. BADANIA DOŁOWE URZĄDZEŃ STRUMIENICOWYCH

Efektywność zwalczania lokalnych zagrożeń gazowych i pyłowych (zwłaszcza metanowych) za pomocą omówionych wyżej urządzeń strumienicowych, jako specjalnych urządzeń wspomagających podstawową działalność profilaktyczną w tym zakresie, tj. intensywną wentylacją wyrobisk górniczych i odmetanowania kopalń, stanowi bardzo ważny i istotny czynnik zapewniający bezpieczną eksploataację i czynnik zapobiegawczy wybuchom metanu i pyłu węglowego. Można postawić tezę, iż zaniechanie stosowania tych prostych, tanich i bezpiecznych wobec metanu urządzeń strumienicowych może być powodem wielu tragicznych w skutkach katastrof górniczych.

Wysoka skuteczność usuwania lokalnych przystropowych nagromadzeń metanu, przez ich rozdmuchiwanie i rozrzedzanie do granic bezpiecznych określonych przepisami, za pomocą silnego strumienia powietrza wytwarzanego przez strumienice typu SPL bądź mgły wodnej o kropelkach  $< 5\mu\text{m}$ , została potwierdzona licznymi badaniami dołowymi w kopalniach silnie metanowych - zwłaszcza tam gdzie występują nagie nieoczekiwane zjawiska gazo-geodynamiczne.

Efektom badań podstawowych i stosowanych jest weryfikacja kolejnych postaci konstrukcyjnych pneumatycznych urządzeń strumienicowych i rozwój technologii ich stosowania na podstawie badań dołowych - głównie w kopalniach rybnicko-jastrzębskiego okręgu węglowego.

Górnice strumienice pneumatyczne typu CYKLON, połączone z rurociągiem odmetanowania i mieszalnikiem w kształcie zwężki VENTURIEGO, mogą powodować odsysanie gazów zwłaszcza metanu i odtransportowanie ich do miejsc bezpiecznych - wyrobiska chodnikowe wentylowane świeżym powietrzem bądź do szybów wentylacyjnych.

Lutniowe urządzenia wentylacyjne LUS 80/600 mogą zastąpić wentylatory lutniowe (wirnikowe) typu WLP-401 i 601 zapewniając uzyskanie dostatecznie dużej intensywności przewietrzania.

W niniejszym rozdziale przedstawiono kryterium doboru urządzeń strumienicowych w opraciu o tzw. czas krytyczny ( $T_K$ ), wyniki badań dołowych i ich weryfikację oraz przykłady zastosowań, jakie miały miejsce w czasie występowania nagłych niespodziewanych zagrożeń metanowych i pyłowych - w jednym przypadku technologii otwarcia pola pożarowego (KWK-HALEMBA)



### 5.1. Kryterium czasu krytycznego i doboru urządzeń strumienicowych do wentylacji pomocniczej

Jednym z podstawowych parametrów charakteryzujących górnicze wyrobisko ślepe, pod względem zagrożenia metanowego, jest tzw. czas krytyczny ( $T_K$ ), tj. czas w którym po zatrzymaniu wentylacji lutniowej, (bądź specjalnej pomocniczej) stężenie metanu osiągnie wartość krytyczną równą 2% . Przy określeniu czasu krytycznego należy przyjąć następujące założenia :

- z ogólnej ilości wydzielanego metanu do wyrobiska 70%  $CH_4$  wydziela się w rejonie przodka,
- jako rejon przodka przyjmuje się objętość na długości 40m wyrobiska, licząc od czoła przodka.

Kryterium czasu krytycznego ( $T_K$ ) jako podstawa doboru pomocniczych urządzeń wentylacyjnych (np. strumienic) określa się dla konkretnych warunków wyrobiska górniczego, tj. ilości wydzielanego metanu, objętości i przekroju wyrobiska oraz efektywności urządzenia strumienicowego.

Metodykę obliczeń czasu krytycznego ( $T_K$ ) przedstawiono poniżej, stosując następujące zależności :

Natężenie całkowite wydzielanego metanu z wyrobiska ( $q_c$ ) o stężeniu 100% , ze wzoru :

$$q_c = Q_c (p_1 - p_2) / 100 \quad [m^3/min] \quad (5.1)$$

$$q_p = 0,7 q_c \quad [m^3/min] \quad (5.2)$$

gdzie :

$p_1, p_2$  [%] - stężenie metanu na wlocie i wylocie z wyrobiska,  
 $Q_c$  [ $m^3/min$ ]- natężenie całkowite przepływu powietrza w wyrobisku.

Średni przekrój wyrobiska górniczego (A) dla obudowy łukowej (typu ŁP) obliczono ze wzoru :

$$A = 0,8 (b \times h) \quad [m^2] \quad (5.3)$$

$$V = L \times A \quad [m^2] \quad (5.4)$$

gdzie :

$b, h, L$  [m] - szerokość, wysokość i długość wyrobiska,  
 $V$  [ $m^3$ ] - objętość wyrobiska (przodka).

Ilość objętościowa ( $V_1$ ) metanu o stężeniu 100%, która w objętości przodka (V) da pomiar stężenia metanu o wartości  $p_3$  [%]

$$V_1 = \frac{p_3 V}{100} \quad [m^3] \quad (5.5)$$

Ilość objętościowa metanu o stężeniu 100%, która wydzielona w czasie krytycznym ( $T_K$ ) w objętości przodka ( $V$ ) spowoduje wzrost koncentracji metanu do wartości 2% .

$$V_2 = \left[ \frac{2V_1}{100} - V_1 \right] \text{ [m}^3\text{]} \quad (5.6)$$

Czas krytyczny  $T_K$ , po którym, przy zatrzymaniu wentylacji lutniowej, stężenie metanu osiągnie wartość 2%  $CH_4$  obliczono ze wzoru :

$$T_K = \frac{V_2}{q_0} \text{ [min]} \quad (5.7)$$

Wzór liczbowy po podstawieniu można napisać w postaci :

$$T_K = \frac{L A (2 - p_2)}{0,7 Q_C (p_1 - p_2)} \text{ [min]} \quad (5.8)$$

Czas krytyczny  $T_K$  bardzo dokładnie charakteryzuje zagrożenie metanowe wyrobiska ślepego i może służyć jako kryterium doboru typu urządzenia strumienicowego, przy zapewnieniu bezpiecznej eksploatacji oraz sprawności energetycznej wentylacji.

Długość  $L$  [m] jest obliczeniową długością wyrobiska i należy ją przyjmować o wartości  $L = 40m$  dla  $L > 40m$  oraz równą rzeczywistej długości wyrobiska dla wartości  $L < 40m$ .

#### 5.2. Badania dołowe i weryfikacja kryterium czasu krytycznego w warunkach zagrożeń pyłowo-gazowych [36,37]

W rozdziale 4 przedstawiono wyniki kolejnych prac badawczo-rozwojowych i wdrożeniowych w zakresie górniczych urządzeń strumienicowych, w toku których opracowano strumienice pneumatyczne typu ZEFIR, CYKLON, LUS, PW-60 i SPL. Wyniki badań eksperymentalnych - stanowiskowych i eksploatacyjnych były przedmiotem weryfikacji zarówno w zależności od uzyskiwanych doświadczeń jak i potrzeb użytkowników tj. kopalń metanowych.

Badania stanowiskowe (atestacyjne) wykonywano głównie w CMG KOMAG w kopalni doświadczalnej M-300 jak i w GIG Instytucie Bezpieczeństwa Górniczego - BARBARA, gdzie dysponowano odpowiednią aparaturą kontrolno-pomiarową i warunkami, a także w kopalniach przy bezpośredniej współpracy służb wentylacyjnych m.in. w ZOK przy KWK-JASTRZĘBIE.

Badania dołowe prowadzono w kopalniach metanowych (głównie rybnicko-jastrzębskiego okręgu węglowego) w wyrobiskach ślepych, w aspekcie: - weryfikacji czasu krytycznego ( $T_K$ ) i doboru urządzeń do wentylacji pomocniczej i specjalnej oraz technologii zwalczania zagrożeń to-

ksyczo-pyłowo-gazowych,

- badań czasu krytycznego ( $T_K$ ) i zapotrzebowania powietrza wentylacyjnego ( $Q_w$ ) oraz stosowania strumienic pneumatycznych, jako urządzeń specjalnych-wspomagających, zwłaszcza do usuwania lokalnych przystropowych nagromadzeń metanu i jego skupisk (załomy, wnęki, wyrwy, tamy. itp.),
- efektywności (skuteczności) stosowania urządzeń strumienicowych w różnych warunkach górniczo-geologicznych.

Badania dołowe ze strumienicą pneumatyczno-wodną PW-60, przedstawione poniżej, obejmowały :

- pomiar maksymalnej koncentracji metanu (%) w miejscu źródła zagrożenia oraz w czasie 10, 20 i 30 minut po wyłączeniu wentylacji pomocniczej. Pomiaru dokonywano mikromanometrem przemysłowym MIS w warunkach przystropowych wyrobiska,
- pomiar zapylenia wyrobiska w czasie pracy strumienicy oraz w czasie 10, 20 i 30 minut po jej wyłączeniu. Pomiaru dokonywano metodą gravimetryczną,
- pomiar zużycia sprężonego powietrza i wody zasysanej przez strumienicę ze zbiornika,
- pomiar natężenia przepływu (wydajności) strumienia przez strumienicę. Pomiaru dokonywano anemometrem czaszowym bądź kryzą,
- pomiar zasięgu "strumienia mgły wodnej" - odległości od strumienicy. Pomiaru dokonano anemometrem czaszowym,
- pomiaru głośności - analizy widmowej hałasu. Pomiaru dokonano miernikiem poziomu dźwięku typu 1933 f. Grundig w odległości 1 m od wylotu układu.

Optymalne warunki badań koncentracji metanu i zapylenia, uzyskano przy następujących parametrach strumienicy [37] :

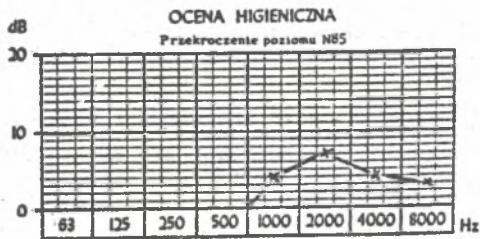
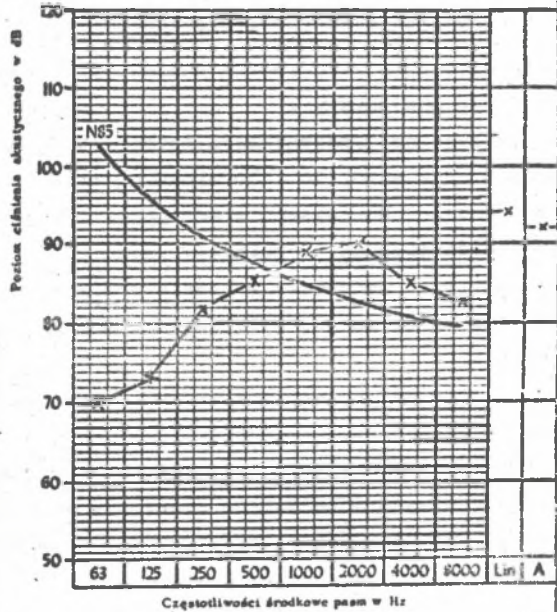
- szczeliny dyszy napędowej 1,5 mm,
- zużycie wody 2 do 3 l/min,
- zużycie sprężonego powietrza 4 do 5 m<sup>3</sup>/min,
- wydajność (natężenie przepływu) 60 do 80 m<sup>3</sup>/min,
- odległość od źródła zapylenia 10 do 12 m,
- zawartość wody w strumienicy (mgie wodnej) 0,2%.

Wyniki badań atestacyjnych strumienicy PW-60 [37], zastosowanej w kopalniach i MAJA, ZOFIÓWKA i KRUPINSKI w układzie pomiarowym wg rys.4.5, zawiera tabela 4.3, a rys.5.1 analizę widmową hałasu - przy zasilaniu ciśnieniem 0,4 MPa i szczelinie dyszy napędowej 1,5 mm i

KARTA POMIAROWA I ANALIZA WIDMOWA HAŁASU NR 4

Nazwa maszyny/urządzenia ..... Strumienica typu PW 60 ..... Rys. 5.1.  
 Lokalizacja maszyny ..... stanowisko prób KWK "Borynia" .....  
 Charakter hałasu ..... złożony, nieokresowy .....  
 Warianct pomiaru ..... praca z wodą; ciśnienie powietrza  $p_z = 0,4 \text{ MPa}$  .....  
 Punkt pomiarowy /wg szklcu/ nr ..... Data pomiaru ..... 17.03.84 r. ....

Często- tliwość środkowa w Hz	Poziom ciśnienia akustycznego w dB dla pasm		Wskaz- nik oceny N
	1/3 okt.	okt.	
25			
31,5		68	
40			
50			
63			
80		70	
100			
125		75,5	
160			
200			
250		82	
315			
400			
500		85,5	83
630			
800			
1000		89	89
1250			
1600			
2000		90	93
2500			
3150			
4000		85	89
5000			
6300			
8000		83	89
10000			
12500			
16000		86	
20000			
Lin	94		
A	92		

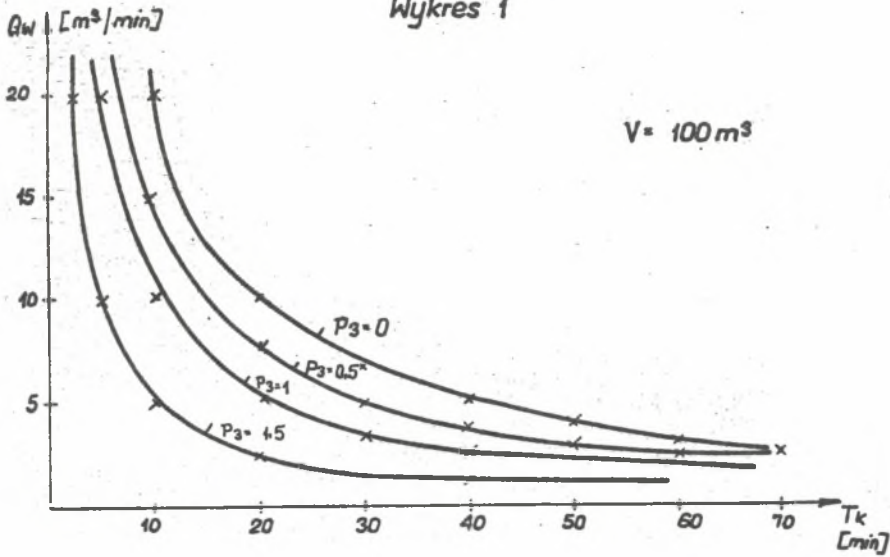


Maks. wskaźnik oceny N ..... 93  
 Maks. czas ekspoz. ciągłej w min. .... 100  
 Stopień przekroczenia normy I/ ..... II

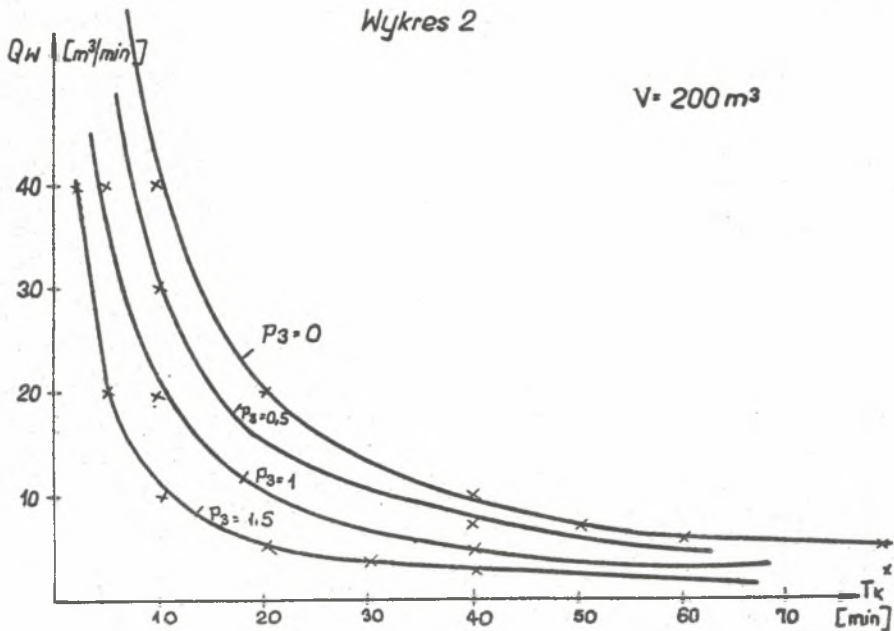
I/ przelicz. do N80 I stopień, powyżej N80 do N95 II stopień, powyżej N95 III stopień

Rys.5.1. Karta pomiarowa i analiza widmowa hałasu nr 4  
 Fig.5.1. Measurements cart and spectroanalysis of noise No 4

Wykres 1



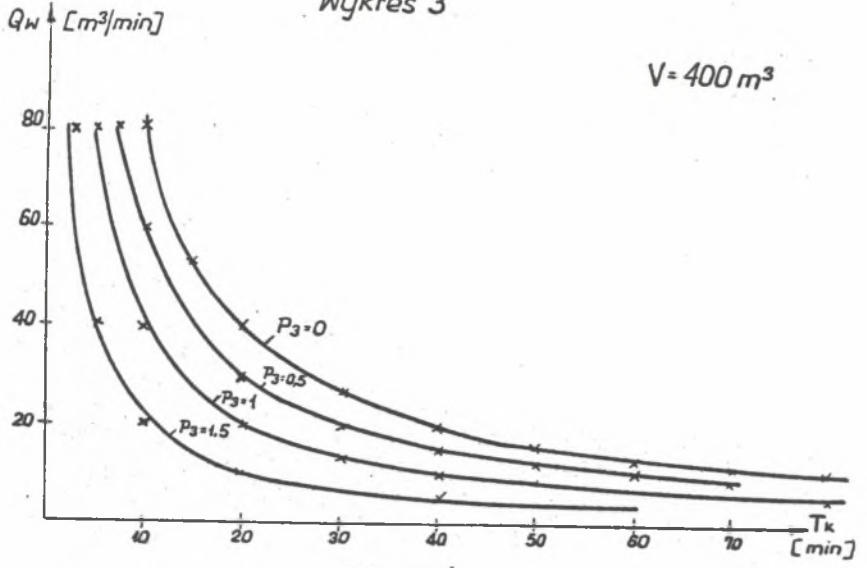
Wykres 2



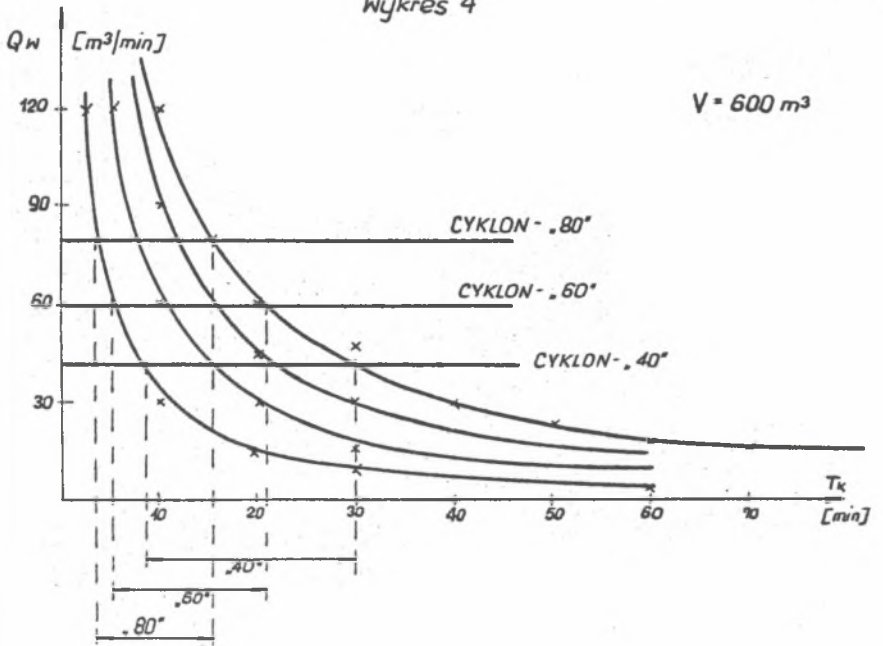
Rys.5.2. Zależność natężenia przepływu powietrza wentylacyjnego od czasu krytycznego dla różnych objętości i koncentracji metanu w wyrobiskach

Fig.5.2. Dependence of the rate of flow of the ventilation air on the critical time for different methane volumes and concentrations in the workings

Wykres 3



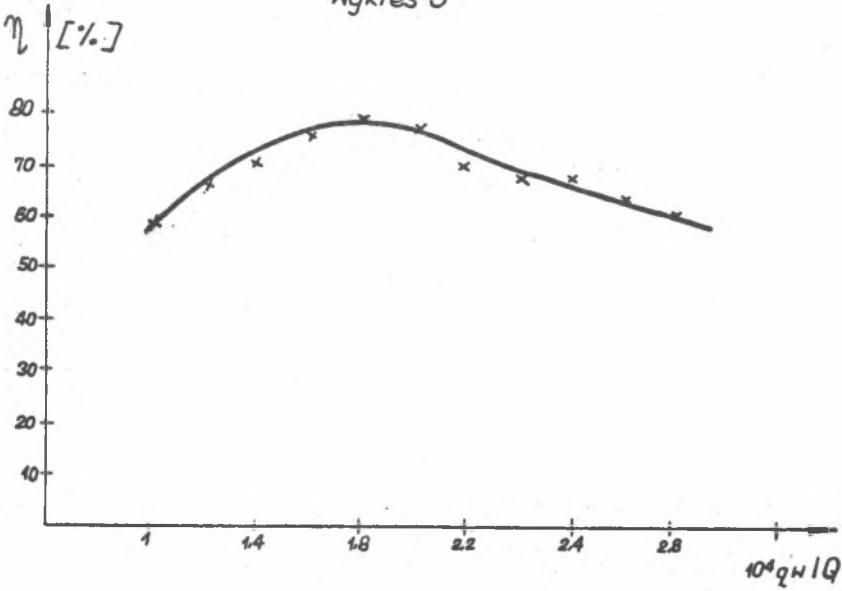
Wykres 4



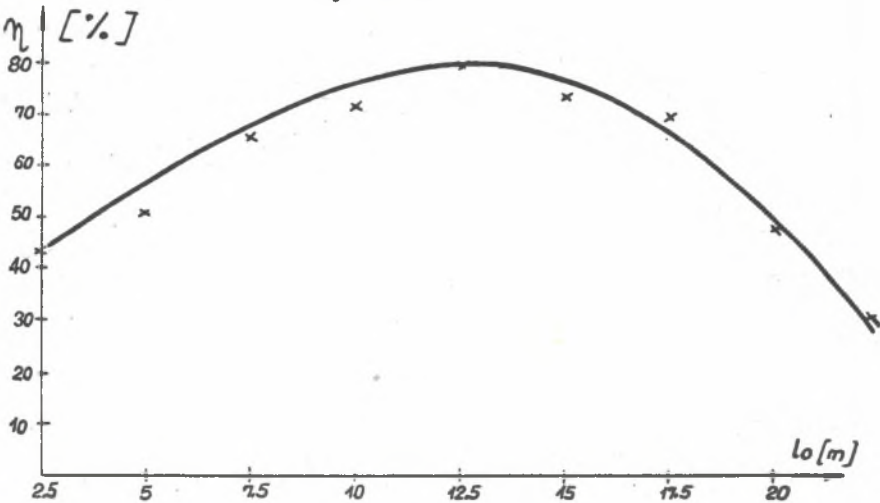
Rys.5.3. Zależność natężenia przepływu powietrza wentylacyjnego od czasu krytycznego dla różnych objętości i koncentracji metanu w wyrobiskach

Fig.5.3. Dependence of the rate of flow of the ventilation air on the critical time for different methane volumes and concentrations in the workings

Wykres 5



Wykres 6



Rys.5.4. Zależność sprawności odpylania od zawartości wody w strumieniu i odległości od strumienicy

Fig.5.4. Dependence of the dust control efficiency on the water content in the jet and on the distance from jet installation

1. KWK "Manifest Lipcowy" (średnio 10 pomiarów) Tabela 5.1.

Parametr	Symbol	Jednostka	t-czas po zatrzymaniu urządzenia (min)			
			0	10	20	30
Ciśnienie spręż. pow.	$P_z$	MPa	0,27	-	-	-
Zużycie wody	$q_w$	cm <sup>3</sup> /min	2,1	-	-	-
Wydajność	Q	m <sup>3</sup> /min	76	-	-	-
Zużycie spręż. powietrza	q	m <sup>3</sup> /min	7,2	-	-	-
Stopień eejkcji	u	-	10,5	-	-	-
Zasięg strumienia	l	m	16	-	-	-
Koncentracja metanu	CH <sub>4</sub>	%	0,2	1,0	1,3	1,5
Ilość pyłków	Z	1/cm <sup>3</sup>	110	310	400	470

2. KWK "1 Maja" (średnio 10 pomiarów)

Parametr	Symbol	Jednostka	t-czas po zatrzymaniu urządzenia (min)			
			0	10	20	30
Ciśnienie spręż. powietrza	$P_z$	MPa	0,24	-	-	-
Zużycie wody	$q_w$	cm <sup>3</sup> /min	2,2	-	-	-
Wydajność	Q	m <sup>3</sup> /min	71	-	-	-
Zużycie spręż. powietrza	q	m <sup>3</sup> /min	6,9	-	-	-
Stopień eejkcji	u	-	10,3	-	-	-
Zasięg strumienia	l	m	15	-	-	-
Koncentracja metanu	CH <sub>4</sub>	%	0,3	0,8	1,1	1,3
Ilość pyłków	Z	1/cm <sup>3</sup>	140	360	410	490



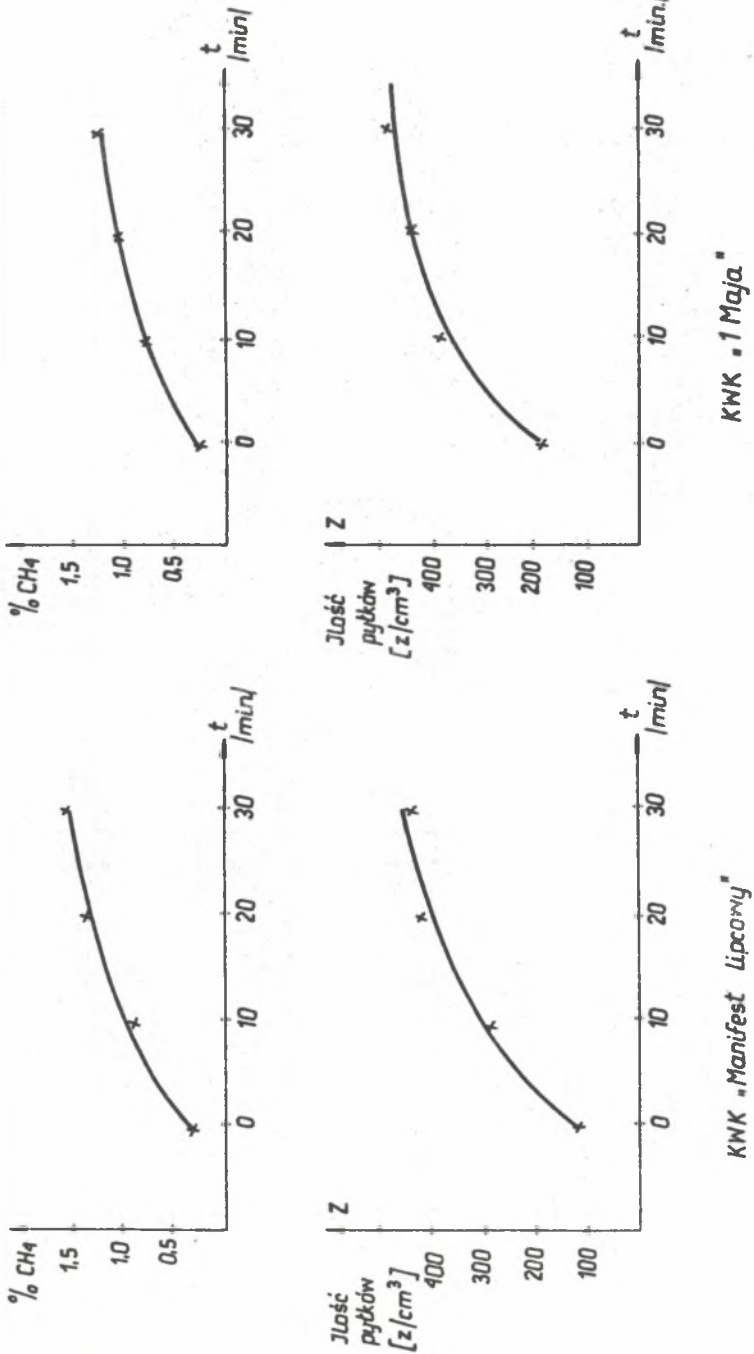
1. KWK "Manifest Lipcowy" (średnia 10 pomiarów)

Tabela 5.2.

Parametr	Symbol	Jednostka	t-czas po zatrzymaniu urządzenia (min)			
			0	10	20	30
Ciśnienie spręż.powietrza	P	MPa	0,25	-	-	-
Zużycie wody	q <sub>w</sub>	cm <sup>3</sup> /min	2,0	-	-	-
Wydajność strumienicy	Q	m <sup>3</sup> /min	72	-	-	-
Zużycie spręż.powietrza	q	m <sup>3</sup> /min	7,0	-	-	-
Stopień eejkcji	u	-	10,2	-	-	-
Zasięg strumienia	l	m	14	-	-	-
Koncentracja metanu	CH <sub>4</sub>	%	0,2	0,3	1,2	1,5
Ilość pyłków	Z	1/cm <sup>3</sup>	100	300	400	450

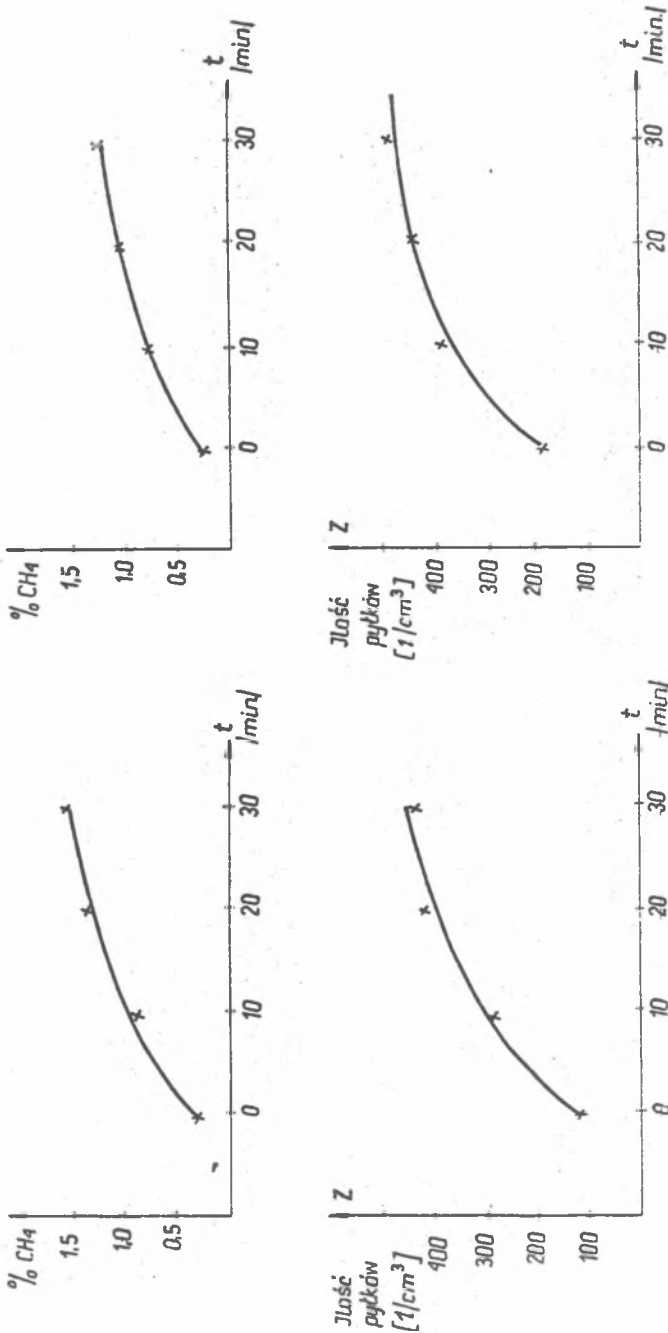
2. KWK "Krupiński" (średnia 10 pomiarów)

Parametr	Symbol	Jednostka	t-czas po zatrzymaniu urządzenia (min)			
			0	10	20	30
Ciśnienie spręż. pow.	P <sub>2</sub>	MPa	0,20	-	-	-
Zużycie wody	q <sub>w</sub>	cm <sup>3</sup> /min	2,1	-	-	-
Wydajność strumienicy	Q	m <sup>3</sup> /min	68	-	-	-
Zużycie spręż.pow.	q	m <sup>3</sup> /min	6,8	-	-	-
Stopień eejkcji	u	-	10,0	-	-	-
Zasięg strumienia	l	m	14	-	-	-
Koncentracja metanu	CH <sub>4</sub>	%	0,3	0,7	1,10	1,2
Ilość pyłków	Z	1/cm <sup>3</sup>	130	300	400	470



Rys. 5.5. Zależność koncentracji metanu i zapylenia od czasu - po wyłączeniu wentylacji wyrobiska

Fig. 5.5. Dependence of the methane concentration and dust content on the time - after switching off the ventilation of the working



KWK „Krupinski”

KWK „Manifest Lipcany”

Rys.5.6. Zależność koncentracji metanu i zapylenia od czasu - po wyłączeniu wentylacji wyrobiska

Fig.5.6. Dependence of the methane concentration and dust content on the time - after switching off the ventilation of the working

otworze zasilania wodą  $\phi$  2mm (przykładowo z 12 pomiarów).

Wyniki badań dołowych w kopalni 1 MAJA w zakresie :

- pomiaru czasu krytycznego ( $T_K$ ) w 56 wyrobiskach ślepych [36, tab.1],
  - optymalnego doboru typu strumienicy dla wymaganego zapotrzebowania powietrza wentylacyjnego ( $Q_W$ ) przy określonej objętości wyrobiska eksploatacyjnego ( $V$ ) i przy koncentracji metanu (%),
  - optymalnego zużycia wody ( $q_W$ ) i odległości strumienicy od źródła zagrożenia (metan, gazy, pyły),
- ujęto w pracy badawczej [36].

Posługując się wykresami na rys.5.2, 5.3 i 5.4 można dookonać wyboru typu urządzenia strumienicowego do wentylacji wyrobisk ślepych, zapewniającego bezpieczną eksploatację w wyrobisku tj. utrzymanie koncentracji metanu poniżej 2% - przy minimalizacji zużycia sprężonego powietrza i wody.

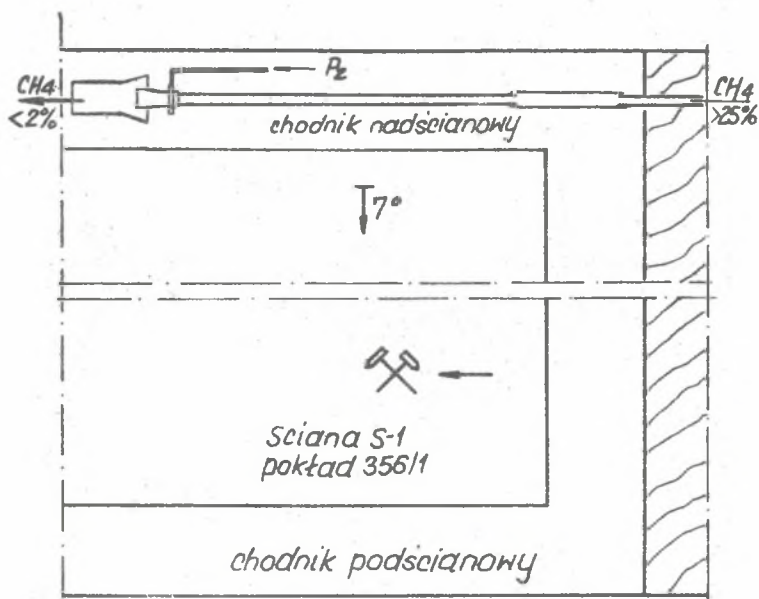
Metodę tą sprawdzono praktycznie w kopalniach 1 MAJA i ZOFIOWKA [37], a także kopalni KRUPINSKI. Wyniki dokonanych pomiarów zawierają tabele 5.1 i 5.2 oraz rys.5.5 i 5.6. Wyniki badań w pełni potwierdzają przedstawioną technologię zwalczania zagrożeń metanowych i pyłowych oraz skuteczność działania strumienic pneumatycznych, uzyskując :

- pięciokrotne obniżenie koncentracji metanu,
- czterokrotne obniżenie zapylenia.

Badania eksploatacyjne strumienic PW-60 w kopalniach ZOFIOWKA (10 sztuk), NOWA RUDA (4 sztuki) i BRZESZCZE (4 sztuki) wykazały również wysoką skuteczność w usuwaniu zapylenia i gazów (tlenki azotu) po robotach strzałowych - niezależnie od rozrzedzenia lokalnych nagromadzeń metanu. Czas usunięcia pyłów i gazów, w wyniku zastosowania strumienic PW-60 zmniejszył się średnio z 40 minut do 15 minut.

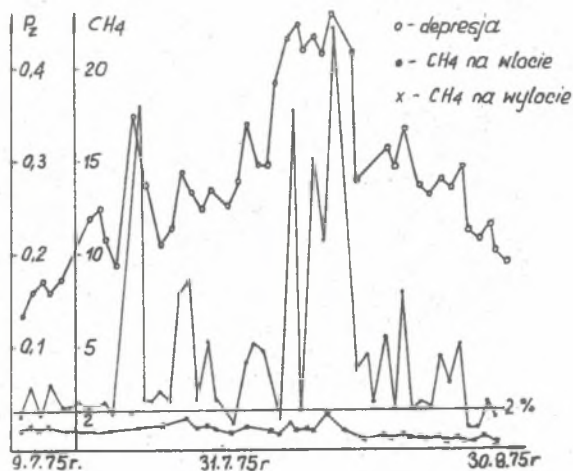
### 5.3. Technologia odsysania metanu w KWK - PNIÓWEK [42]

W okresie od 9 września do 9 października 1975 roku wystąpiło w kopalni PNIÓWEK silne wydzielanie metanu ze starych zrobów ściany S-1 pokładu 356/1. W celu usunięcia tego zagrożenia zastosowano układ odsysania metanu za pomocą rurociągu  $\phi$  150 mm zainstalowanego w zrobach, w miejscu lokalnego wydzielania się metanu, zaś wylot strumienia ze strumienicy umieszczono w chodniku nadścianowym w prądzie opływowym powietrza wentylacyjnego (rys.5.7). Strumienicę CYKLON-80 zabudowano w zężycie VENTURIEGO, w której następowało dodatkowe "mieszanie" odsysanych gazów z zasysanym z chodnika nadścianowego powietrzem wentyla-



Rys.5.7. Schemat układu odsysania metanu KWK PNIÓWEK

Fig.5.7.Schematic diagram of methane sucking off installation at the Coal Mine PNIÓWEK



Rys.5.8. Wyniki pomiarów w układzie odsysania w KWK PNIÓWEK

Fig.5.8. Results of measurements in the sucking off system at the Coal Mine PNIÓWEK

cyjnym. Po zastosowaniu tego układu zawartość metanu w ścianie, w całym okresie pomiarów (rys.5.8 - dolna krzywa), nie przekroczyła na wylocie z mieszalnika (dyfuzora) górnej granicy dopuszczalnej przepisami tj. 2% CH<sub>4</sub>, mimo niebezpiecznego wydzielania się metanu ze zrobów w granicach ok. 25%.

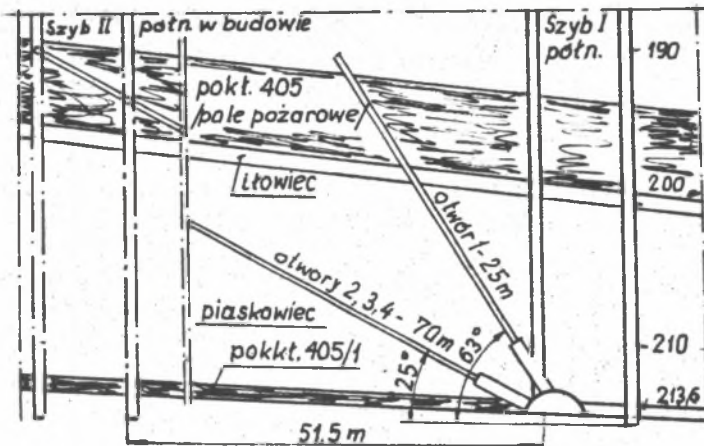
W okresie stosowania tego specjalnego rozwiązania prowadzono bezpieczną eksploatację ściany S-1 pokładu 356/1. Wyniki pomiarów stężenia metanu na wlocie (w zrobach) i w chodniku wentylacyjnym nadścianowym oraz depresji na wlocie przedstawia rys.5.8.

W okresach silnego wydzielania się metanu zwiększono depresję strumienicy przez zwiększenie natężenia przepływu powietrza sprężonego i zwiększenie szczeliny (e) dyszy pierścieniowej.

Pomiary koncentracji metanu na wlocie do rurociągu odsysania i wylocie z "mieszalnika" do chodnika jednoznacznie potwierdzają wysoką skuteczność technologii zwalczania zagrożenia metanowego.

#### 5.4. Technologia odsysania gazów pożarowych w KWK HALEMBA [43]

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, z dna głębionego szybu, aktywności pola pożarowego pokładu 405 (rys.5.9). W celu uniknięcia przerwy w pracach szybowych dokonano:



Rys.5.9. Schemat otwarcia pola pożarowego w KWK HALEMBA

Fig.5.9. Schematic diagram of opening of the fire zone at the Coal Mine HALEMBA

- wcześniejszego otwarcia pola pożarowego otworami badawczymi wierconymi z chodnika w pokładzie 406/1/ leżącego poniżej pokładu 405,
- odsysania gazów za pomocą rurociągu pomiarowego ze strumienicą, CYKLON-40,
- pomiaru składu i zawartości gazów w polu pożarowym w odsysanych gazach.

Gazy odprowadzono bezpośrednio do szybu wentylacyjnego "Pólnocny 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. Skład i zawartość gazów w polu pożarowym i depresję strumienicy CYKLON-40 od jego otwarcia podaje tabela 5.3, która wykazuje skuteczność zastosowanej technologii usuwania zagrożenia.

Tabela 5.3

Lp.	Czas od otw. pola pożar., h	Zawartość CO <sub>2</sub> %	Zawartość H <sub>2</sub> %	Zawartość C <sub>x</sub> H <sub>x</sub> , %	Śpięzzenie Pa
1	14	3,84	0	0,24	290
2	29	3,46	0	0,21	287
3	34	3,27	0	0,19	280
4	44	3,03	0	0,16	270
5	54	2,70	0	0,13	256
6	64	2,32	0	0,10	242
7	74	2,07	0	0,09	230
8	84	1,63	0	0,07	221
9	94	1,21	0	0,05	217
10	104	0,81	0	0,03	211
	114	0,29	0	0,01	200
	124	0,1	0	-	-

#### 5.5. Technologia odsysania metanu w KWK STASZIC [45]

W okresie uruchomienia eksploatacji pokładu 405 w rejonie ściany 1201 wystąpiło znaczne wydzielanie się metanu. Zastosowanie maksymalnie intensywnego przewietrzania wentylacją obiegową nie dawało wymaganych efektów. Zawartość metanu na wylocie ściany wynosiła 1,8 % przy dopuszczalnym 1,5% dla metanometrii automatycznej. W dniu 26.01.77r., na skutek występującego zagrożenia, została zatrzymana eksploatacja ściany 1201 o wydobywaniu dobowym 2000 t/d. Analizę

gazowości rejonu eksploatacyjnego KG-X pokładu 405, przed uruchomieniem technologii przedstawia tabela 5.4.

Tabela 5.4

Lp	Nazwa wyrobiska	Ilość powietrza wentylacyjnego m <sup>3</sup> /min	% zawartość CH <sub>4</sub> w pow. wentylacyjnym	Gazowość absolutna m <sup>3</sup> /min
1	Wlot do ściany 1021, pokł. 405	930	0,1	0,93
2	Wylot ze ściany 1021, pokł. 405	910	0,5	3,24
3	Wylot z chodnika granicznego	950	1,6 ÷ 1,8	14,25 ÷ 16,15
4	Wylot z chodnika 6F pokł. 405	940	1,2 ÷ 1,3	10,34 ÷ 11,28

W wyniku podjętych prac projektowo-wdrożeniowych opracowano i wdrożono układ odsysania ze strumienicami CYKLON-80 w zdwojonym układzie - w dniu 10.02.77r. ściana została ponownie oddana do eksploatacji.

Uruchomione odsysanie prowadzono z za tamy umieszczonej na skrzyżowaniu chodnika nadścianowego F-6 z chodnikiem granicznym. Zastosowano rurociąg  $\phi$  150 mm, długości ok. 1300m, którym gazy odprowadzono bezpośrednio do szybu wydechowego III. Na końcu rurociągu zabudowano urządzenie strumienicowe z dwoma strumienicami CYKLON-80 pracującymi równolegle i "mieszalnik" wykonany z lutni  $\phi$  600, w którym następowało rozrzedzenie metanu do wartości poniżej 0,75%.

Zawartość metanu na wylocie z lutni mieszalnika dla różnych ciśnień zasilania strumienic przedstawiono na rys.5.10, zaś zależność natężenia przepływu od długości, przy różnym układzie pracy strumienic na rys.5.11. Analizę gazowości w rejonie Oddziału KG-X po uruchomieniu układu odsysania przedstawia tabela 5.5.

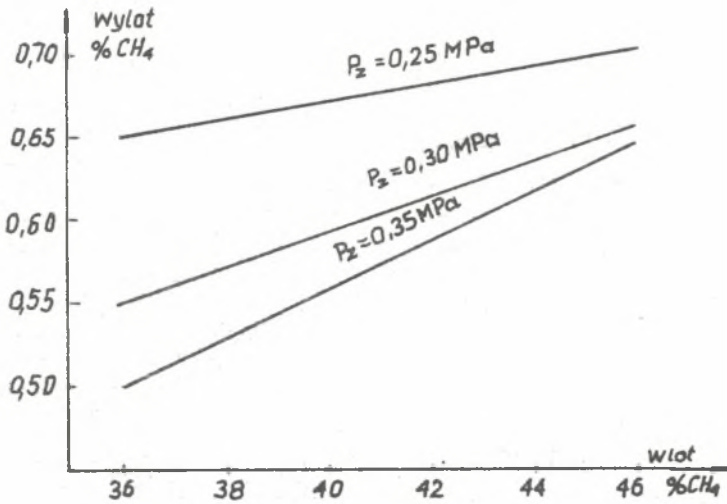
Tabela 5.5

Lp	Nazwa wyrobiska	Ilość powietrza wentylacyjnego m <sup>3</sup> /min	% zawartość metanu w powietrzu went.	Gazowość absolutna powietrza went m <sup>3</sup> /min
1	Wlot do ściany 1021 pokł. 405	920	0	-
2	Wylot ze ściany 1021 pokł. 405	900	0,3	2,7
3	Wylot chodn. 6F pokł. 435	920	1,0	9,2
4	Wylot z chodn. granicznego pokł. 405	940	1,2	10,25



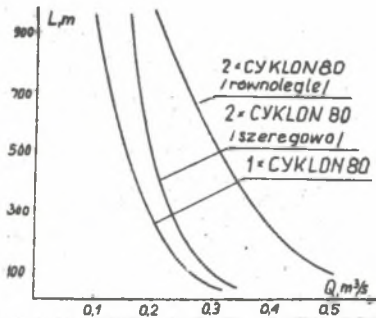
Ilość metanu przy odsysaniu z rejonu ściany 1201 pokładu 405 wynosi 1,8 m<sup>3</sup>/min, gazowość absolutna 13,08 m<sup>3</sup>/min, zaś gazowość relatywna przy wydobyciu dobowym 1800t do 10,5 m<sup>3</sup>/min.

Efektom zastosowanego rozwiązania było obniżenie zawartości metanu w chodniku granicznym ściany do wartości niższych od dopuszczalnych (0,3-1,2 %) i możliwość jej bezpiecznej eksploatacji - ściany 6F.



Rys.5.10. Zależność zawrtości metanu na wylocie od wlotu

Fig.5.10. Dependence of the methane content at the outlet from the inlet side



Rys.5.11. Zależność natężenia przepływu od odległości

Fig.5.11. Dependence of the rte of flow on the length

## 6. PRZYKŁADY ZASTOSOWAN GÓRNICZYCH STRUMIENIC PNEUMATYCZYCH W KOPALNIACH METANOWYCH

### 6.1. Uwagi ogólne

W kopalniach silnie metanowych, których pokłady zaliczane są do IV kategorii zagrożenia metanowego udział wydzielania metanu z frontów eksploatacyjnych jest bardzo duży i wynosi około 50% metanowości absolutnej kopalń. Natomiast w kopalniach eksploatujących pokłady słabo metanowe (I, II kategoria) udział wydzielania metanu waha się w granicach od 10 do 20% metanowości absolutnej.

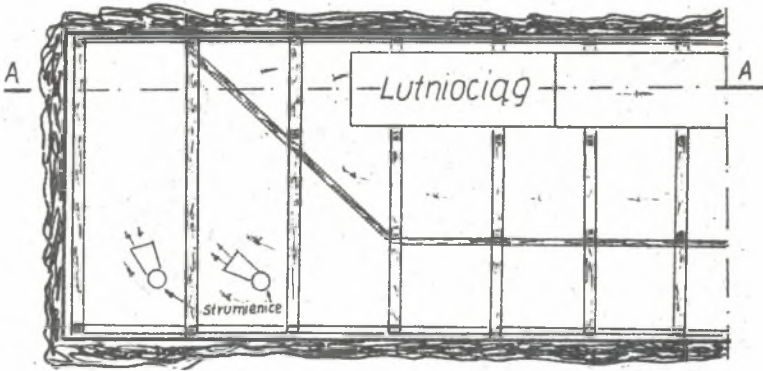
W celu zapewnienia bezpiecznej eksploatacji ścian, należy poza normalnie przewidzianymi przepisami działaniami, a więc :

- technologią odmetanowania,
- najkorzystniejszym pod względem metanowym sposobem rozczinki pokładu i przewietrzania,
- stosować bezwzględnie dodatkowe specjalne środki techniczne i techniczno-organizacyjne w celu obniżenia zagrożenia metanowego.

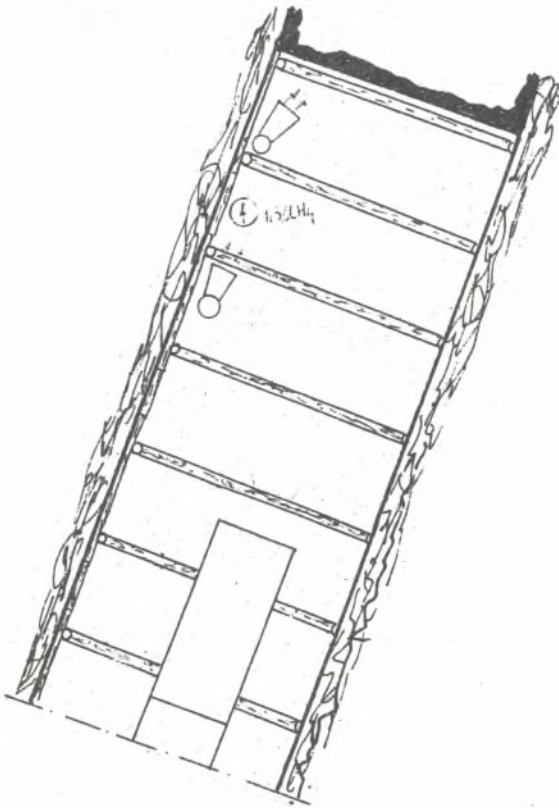
Do szczególnie zagrożonych stref, w których pojawiają się niebezpieczne koncentracje metanu, należą naróża eksploatowanych ścian. Likwidacja ich przy zastosowaniu różnych pomocniczych strumienicowych urządzeń wentylacyjnych wymaga szczególnie utrzymania wysokiej dyscypliny ich stosowania, zwłaszcza w zakresie kontroli stosowania i działania. Poniżej przedstawiono wyniki współpracy z Głównym Instytutem Górnictwa - Ośrodkiem ds. Bezpieczeństwa Górniczego Kop. Doświadczalnej BARBARA w Mikołowie w zakresie analizy stosowania strumienic pneumatycznych [40].

### 6.2. Przykłady stosowania górniczych strumienic

W zależności od lokalnych warunków występowania zagrożeń toksyczno-gazowo-pyłowych, w różnych rodzajach wyrobisk górniczych, można stosować różne technologie ich zwalczania. Poniżej podano propozycje w tym przedmiocie głównie przy stosowaniu strumienic pneumatycznych (CYKLON, SPL, LUS) bądź pnaumatyczno-wodnych (PW-60), które to sposoby przedstawiają rysunki (6.1 do 6.10).

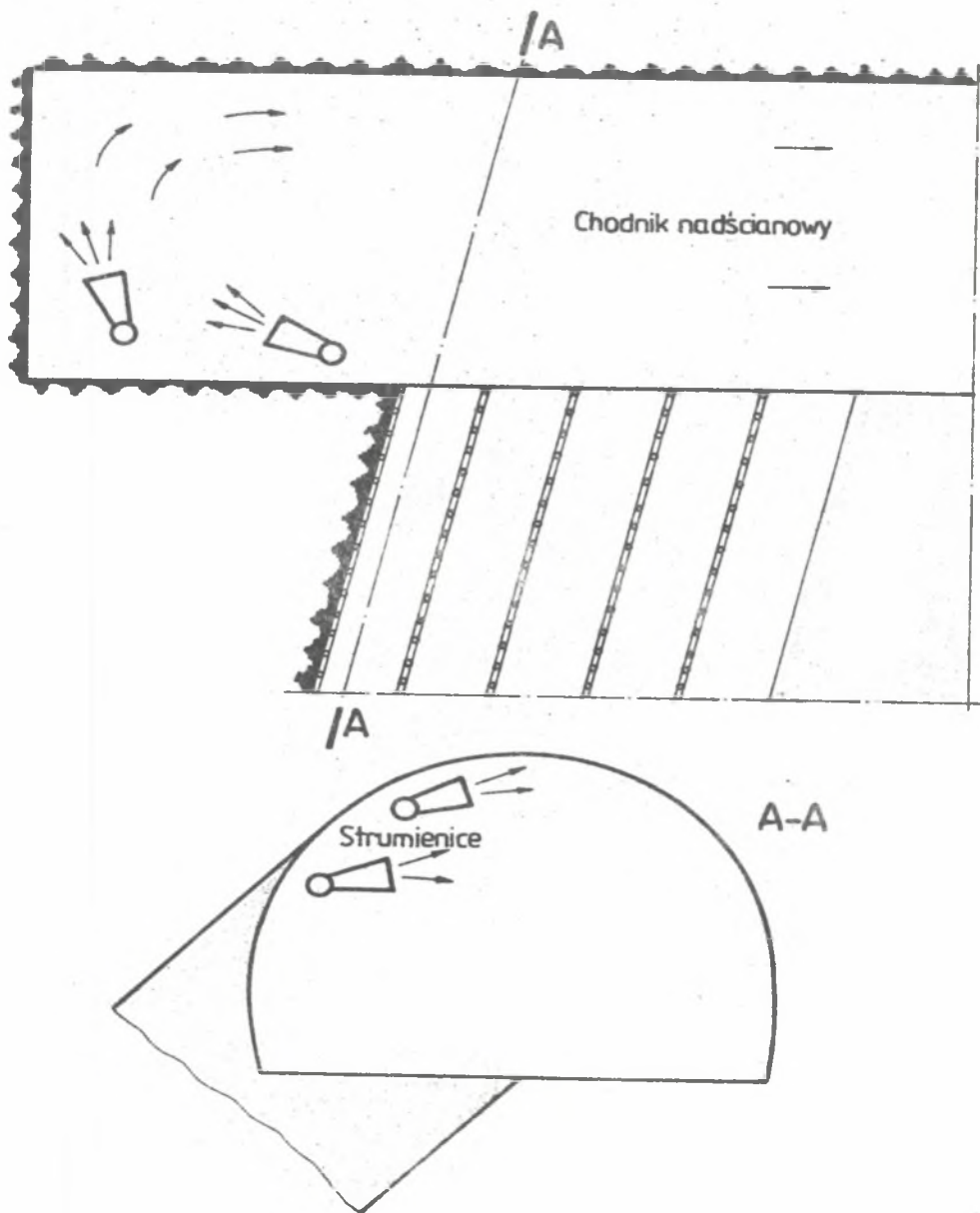


A-A

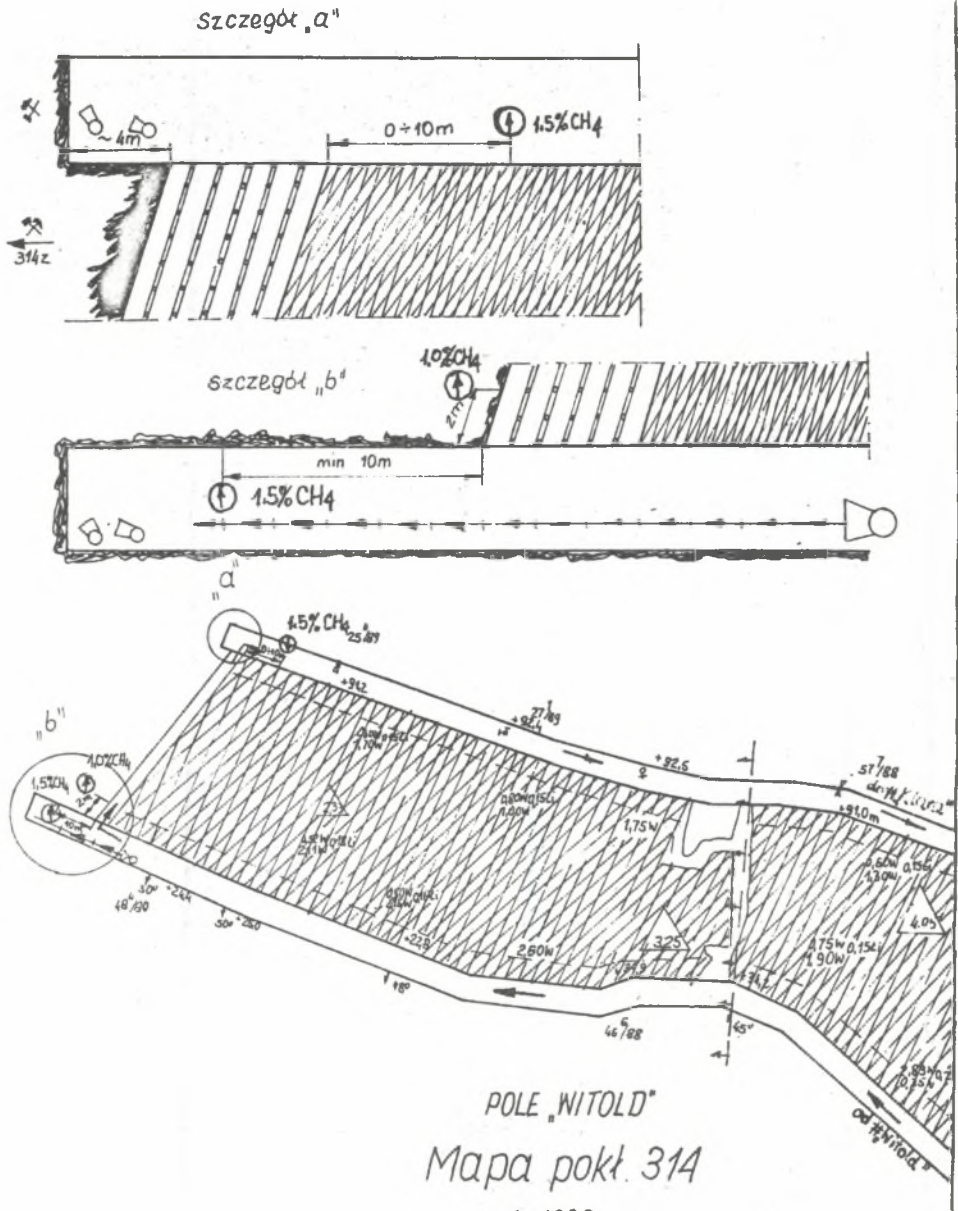


Rys.6.1. Zwalczanie zagrożeń  $\text{CO}_2$  w dowerzchni

Fig.6.1. Suppression of  $\text{CO}_2$  hazard in the rise gallery

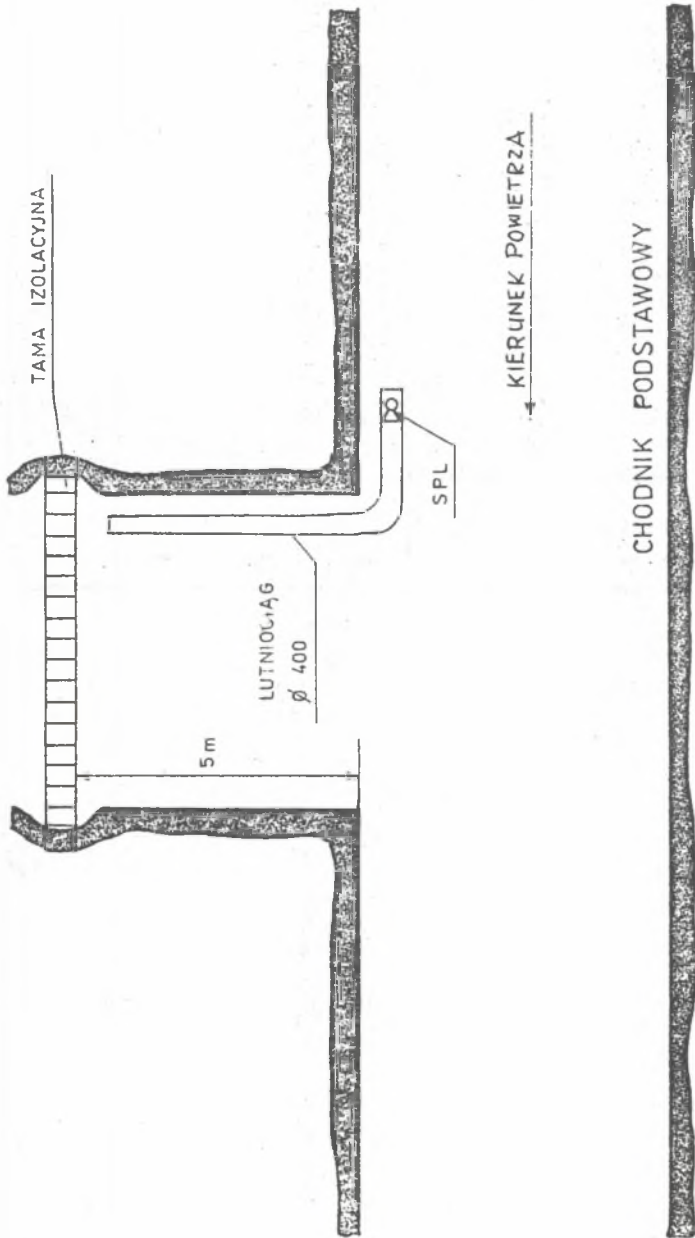


Rys.6.2. Przewietrzanie chodnika nadścinowego<sup>a</sup>  
Fig.6.2. Ventilation of gate road



Rys.6.3. Przewietrzanie chodnika przwicińowego strumienicami pneumatycznymi

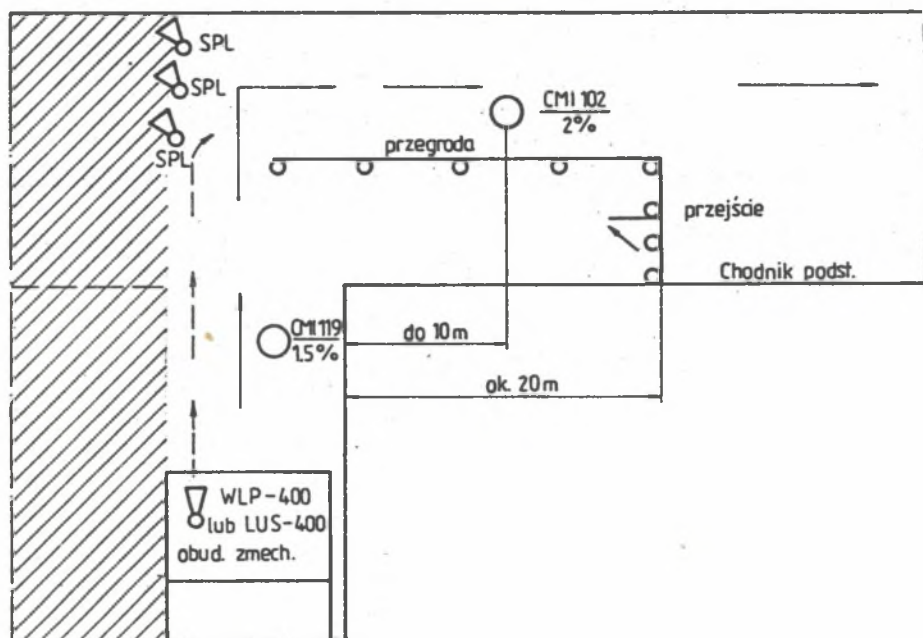
Fig.6.3. Ventilation of a seam road with pneumatic jet equipment



Rys.6.4. Sposób zwalczania zagrożenia metanowego na dojściu do tamy izolacyjnej

Fig.6.4. Method of suppression of methane hazard on entering the insulating dam

- 6.2.1. Zwalczanie zagrożenia gazowego w dowerzchni przy wydzieleniu się CO<sub>2</sub> (rys.6.1).
- 6.2.2. Przewietrzanie chodnika nadścianowego lub wnęki za pomocą strumienic SPL (rys.6.2).
- 6.2.3. Sposób przewietrzanie chodnika przyścianowego za pomocą strumienic SPL (rys.6.3).
- 6.2.4. Sposób zwalczania zagrożenia metanowego na dojściach do tamy izolacyjnej lub wnęk wykonywanych do odmetanowania (rys.6.4).
- 6.2.5. Sposób zwalczania zagrożenia metanowego na narożach ścian zawałowych (rys.6.5, 6.6, 6.7, 6.8).

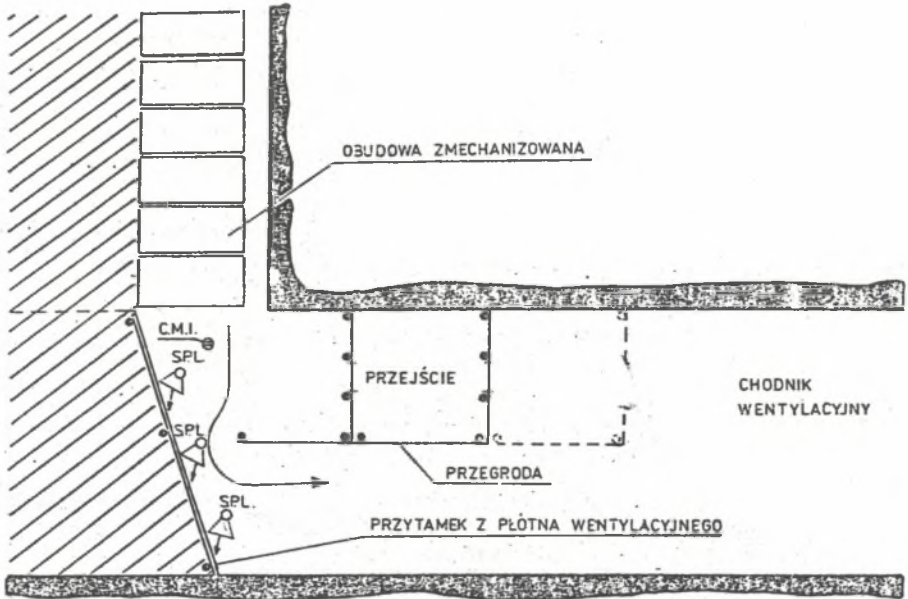


Rys.6.5. Przewietrzanie naroży ścian zawałowych

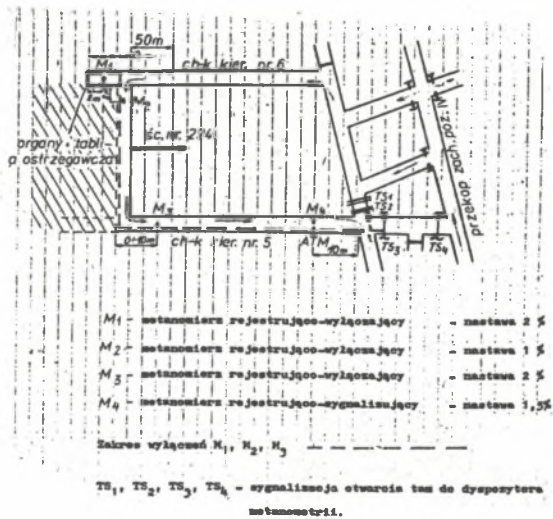
Fig.6.5. Ventilation of corners of longwalls with caving

- 6.2.6. Przykładowe zastosowanie zabezpieczeń metanometrycznych dla ścian, w których zastosowano strumienice SPL dla rozpraszania nagromadzeń metanu (rys.6.9, 6.10).

Pomiary dołowe i doświadczenia eksploatacyjne kopalń (wyrażone w opiniach) potwierdzają wysoką skuteczność i efektywność stosowania pneumatycznych urządzeń strumienicowych do zwalczania lokalnych zagrożeń.



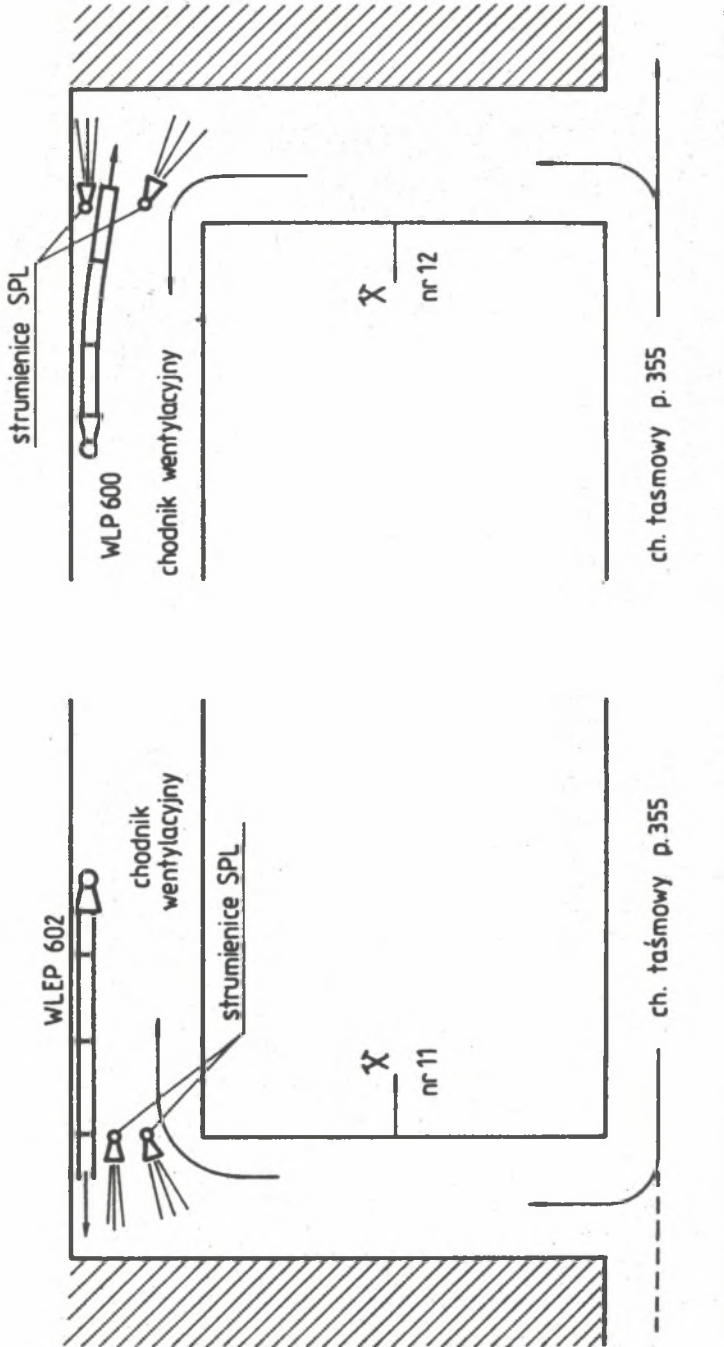
Rys.6.6. Sposób zwalczania zagrożenia metanowego w narożu ściany  
 Fig.6.6. Method of suppression of methane hazard in the corners of the face



Rys.6.9. Zabezpieczenie manometryczne przy stosowaniu strumieni pneumatycznych

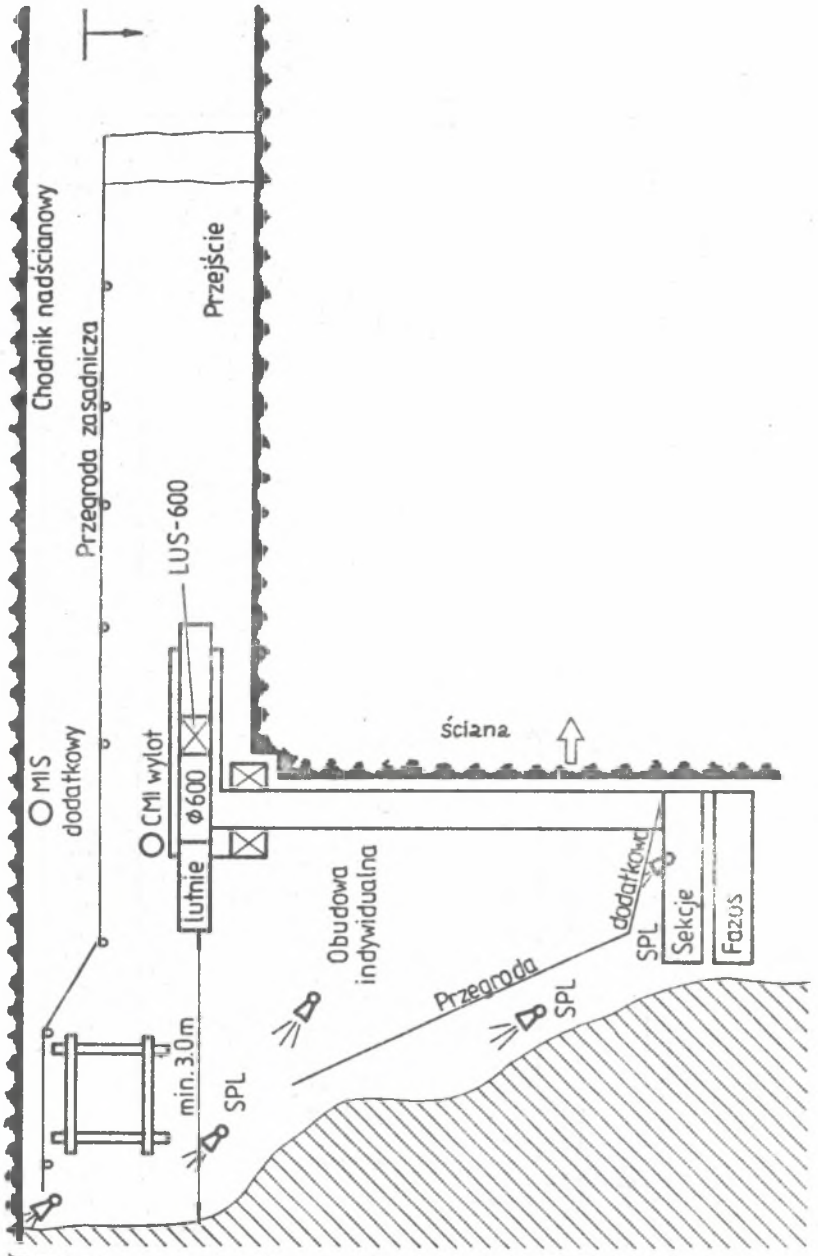
Fig.6.9. Methane detector protection at the application of pneumatic jet equipment





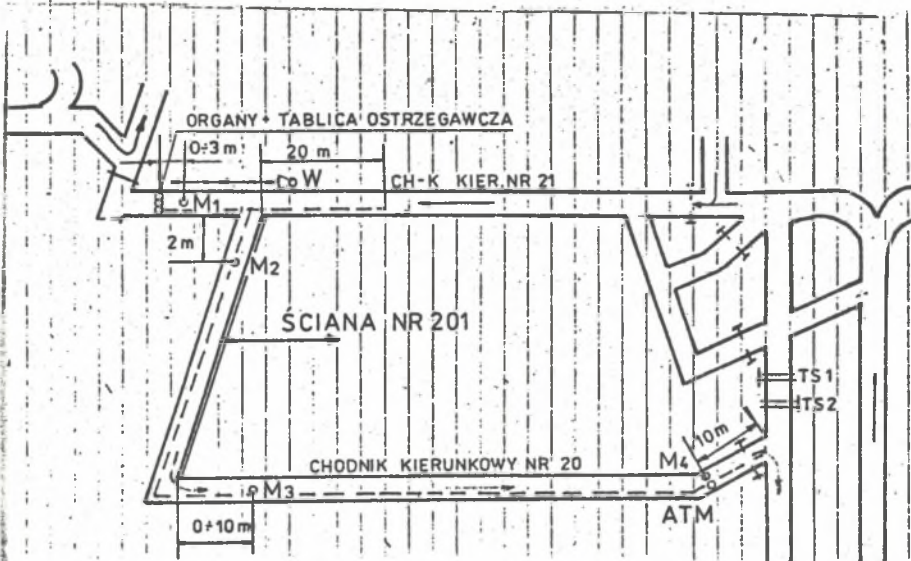
Rys.6.8. Przewietrzanie naroży ścian zawałowych

Fig.6.8. Ventilation of the corners of a longwalls with caving



Rys.6.7. Przewietrzanie naroża ściany zawałowej

Fig.6.7. Ventilation of the corners of a longwall with caving



- |   |   |          |      |
|---|---|----------|------|
| M-1                                       | metanomierz rejestrująco-wyłączający  | NAS TAWA | 2,0% |
| M-2                                       | metanomierz rejestrująco-wyłączający  | NAS TAWA | 1,0% |
| M-3                                       | metanomierz rejestrująco-wyłączający  | NAS TAWA | 2,0% |
| M-4                                       | metanomierz rejestrująco-sygnalizacyjny   | NAS TAWA | 1,5% |
| M-1, M-2, M-3 - zakres wyłączeń - - - - - |   |          |      |
| W   | wentylator - musi posiadać sygnalizację pracy do dyspozytora metanometrii         |          |      |
| TS-1, TS-2                                | - tony śluzowe - muszą posiadać sygnalizację otwarcia do dyspozytora metanometrii |          |      |

Rys.6.10. Zabezpieczenie metanometryczne przy stosowaniu strumieni pneumatycznych

Fig.6.10. Methane detector protection at the application of pneumatic jet equipment

## 7. PODSUMOWANIE I WNIOSKI KONCOWE

Przeprowadzone prace badawcze (podstawowe i stosowane) pozwoliły na udowodnienie rozwiniętej tezy pracy o wysokiej skuteczności zwalczania lokalnych zagrożeń gazowo-pyłowych. Badania stanowiskowe i eksploatacyjne, przedstawione w rozdziale czwartym i piątym, wykazują parametry górniczych strumienic z wirem (rys.4.7 i tabele 4.2 do 4.4) oraz skuteczność w obniżaniu procentowych stężeń gazów i ilości pyłków w powietrzu kopalnianym (tabele 5.1 do 5.5 oraz rys.5.2 do 5.6 i rys.5.8, 5.10).

Porównania wyników badań kolejnych postaci konstrukcyjnych strumienic wykazują ich rozwój i uzyskiwane wysokie parametry techniczno-eksploatacyjne, które przedstawiają charakterystyki strumienic (rys.4.10 do 4.15 oraz 4.26 do 4.28).

W pierwszej części pracy (rozdz.1) przedstawiono genezę zagrożeń gazo-geodynamicznych i kształtowanie się metanowości wybranych kopalń oraz podano zakres, cel i tezy pracy (rozdz.2).

Część druga pracy (rozdz.3) zawiera model matematyczny przepływu z wirem (określono równania NAVIERA-STOKESA w układzie walcowym wg teorii NEWTONA) i warunki brzegowe warstwy granicznej i przyściennej wg FRANDTLA.

W części trzeciej przedstawiono wyniki badań stanowiskowych (rozdz.4) i eksploatacyjnych (rozdz.5), które zawarto w tabelach i na rysunkach.

Opracowanie zakończono przykładami zastosowań górniczych strumienic pneumatycznych w kopalniach silnie metanowych oraz streszczeniem.

Badania stanowiskowe i eksploatacyjne potwierdzają realizację tezy, którą można opisać następującymi wnioskami :

1. Górnicze strumienice pneumatyczne i pneumatyczno-wodne są skutecznym i bezpiecznym sposobem do zwalczania zagrożeń gazowych i pyłowych w kopalniach silnie metanowych, głównie do usuwania (rozrzedzania) lokalnych nagromadzeń metanu i pyłów (stropowych nagromadzeń i skupisk metanu, itp) oraz odsysania gazów do miejsc bezpiecznych (metanu) - przy ich połączeniu z rurociągiem.
2. Górnicze strumienice pneumatyczno-wodne, wytwarzające strumień mgły

- wodnej, skutecznie likwidują zagrożenia toksyczno-pyłowe (tlenki azotu, pyły) będące wynikiem prowadzonych robót górniczych.
3. Górnicze strumienice pneumatyczne z wirami (z efektem wiru) posiadają prawie 2-krotnie większą sprawność adiabaticzną, wysoki stopień eekcji i korzystne walory eksploatacyjne (prosta konstrukcja i obsługa, małe masy i wymiary gabarytowe) - w stosunku do strumienic z przepływem merydionalnym (płaskim) i znacznie większą skuteczność rozrzedzania lokalnych nagromadzeń metanu (duży zasięg strumienia świeżego powietrza bądź mgły wodnej).
  4. Górnicze strumienice pneumatyczne w połączeniu ze zwężką VENTURIEGO i lutiarni wentylacyjnymi mogą być stosowane do wentylacji wyrobisk ślepych (wentylacja odrębna), w warunkach bardzo silnego zagrożenia metanowego oraz w warunkach gdzie nie można stosować urządzeń z napędem elektrycznym.
  5. Powszechne stosowanie górniczych strumienic pneumatycznych i lutiarniowych urządzeń strumienicowych (wentylatorów strumienicowych) oraz strumienic pneumatyczno-wodnych w istotny sposób zapobiega powstaniem zagrożeń wybuchem gazów (zwłaszcza metanu) i pyłów.
- Wyniki badań eksperymentalnych upoważniają również do postawienia wniosku o możliwości stosowania górniczych urządzeń strumienicowych w innych branżach przemysłu, zwłaszcza wszędzie tam gdzie istnieją związki toksyczne i mieszaniny wybuchowe, a urządzenia elektryczne ze względu na bezpieczeństwo pracy i zagrożenie wybuchem nie mogą być stosowane.

## LITERATURA

- [1] Bukowski.J.: Mechanika płynów, PWN Warszawa 1959.
- [2] Chuang-Hua-WU : A General Theory of Three-Dimensional Flow in Subsonic and Supersonic Turbo-machines of Axial, Radial and Mixed Flow Types, November 1952 ; NACA-TN 2604 (1952).
- [3] Cybulski W., Kozłowski B. : Zwalczanie zagrożeń metanowych i pyłowych w kopalniach. Poradnik Górnika Tom 3 Dz.IV Wyd. Śląsk, Katowice 1974.
- [4] Gil H., Swidziński A. : Wyrzuty gazowo-skalne w kopalniach podziemnych. Pol.Sł. Skrypty Uczelniane nr 1036, Gliwice 1982.
- [5] Goliński J.A., Trokolanski A.T.: Strumienice, WNT Warszawa 1968.
- [6] Koczin N.E., Kibel J.A., Rose N.W. : Teoricheskaja Gidromechanika. Gosudarstwiennoje Izdatelstwo Fizyko-Matematyczeskij Literatury, Moskawa 1963.
- [7] Kozłowski B. : Prognozowanie zagrożenia metanowego w kopalniach węgla kamiennego. Wyd.Słask, Katowice 1972.
- [8] Kozłowski B. : Stopowe nagromadzenia metanu. Wyd. Śląsk Przegląd Górniczy nr 3, Katowice 1975.
- [9] Kozłowski B. : Stopowe nagromadzenia metanu i ich likwidacja w wyrobiskach ścianowych, Wiadomości Górnicze nr 10, Katowice 1976.
- [10] Kozłowski B. : Klasyfikacja pokładów w kopalniach górnośląskich pod względem zagrożeń metanowych. Wiadomości Górnicze nr 1, Katowice 1978.
- [11] Prandtl L. : Dynamika przepływów. PWN, Warszawa 1956.
- [12] Reich K., Zając W., Ziegler H. : Strumienice pneumatyczne do wentylacji pomocniczej i klimatyzacji. Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa nr 8(57), Katowice 1973.
- [13] Reich K. : Pneumatyczne urządzenia strumienicowe do zwalczania zagrożeń gazowych i klimatyzacji. ZN Pol. Śląskiej Górnictwo z.89, Gliwice 1978.
- [14] Reich K. Model: przepływu z wirem w górniczych strumienicach pneumatycznych. Wyd. Prace Badawcze CMG-KOMAG Gliwice 1990.
- [15] Sokołow J.J., Zinger N.W. : Strumienice. WNT, Warszawa 1965.
- [16] Traupel W. : Thermische Turbomaschinen. Springer-Verlag, Berlin (Göttingen) Heidelberg 1962.
- [17] Tuliszcza E. : Sprężarki, dmuchawy i wentylatory. WNT, Warszawa 1969.

PATENTY

- [18] Reich K. : Strumienica (współtwórca Karowiec K.) UP nr 73716, Warszawa 1975.
- [19] Reich K. : Strumienica zwłaszcza do systemu wentylacyjnego (współtwórca Karowiec K.) UP nr 87 603, Warszawa 1977.
- [20] Reich K. : Sposób transportowania płynów i urządzenie do transportowania płynów (współtwórca Karowiec K.). UP nr 926153, Warszawa 1979.
- [21] Reich K. : Strumienica (współtwórca Karowiec K.) UP nr 92 751, Warszawa 1979.
- [22] Reich K. Sposób zmniejszania zagrożeń gazowych w podziemiach kopalń i urządzenia do stosowania sposobu (współtwórcy : Ziegler H. Janion A., Olender K., Grębski Z., Ciał Z., Michalik E.). UP nr 108 063, Warszawa 1976.
- [23] Reich K. Strumienica (współtwórcy : Matuszewski J., Budzinski A., Grębski Z., Olender K., Widziak A.).UP nr 113 731, Warszawa 1976.
- [24] Reich K. Pneumatyczne urządzenia strumienicowe (współtwórcy : Widziak A., Jaworski J., Ziegler H., Żak S.). UP nr 107 656, Warszawa 1977.
- [25] Reich K.: Sposób i urządzenie do wentylacji wyrobisk górniczych (współtwórcy : Widziak A., Ziegler H.) UP nr 99 256, Warszawa 1976.
- [26] Reich K.: Pneumatyczna strumienica i sposób jej wytwarzania (współtwórca:Ziegler H.). UP nr 277 137, Warszawa 1989.

PRACE NAUKOWO-BADAWCZE REALIZOWANE w CMG KOMAG (ZKMPW) Gliwice

- [27] Reich K. : Badania strumienicy ZEFIR Praca Badawcza (NB-5) nr 1/KRW/72, Gliwice 1972.
- [28] Reich K., Ziegler H. : Badania stoiskowe strumienic pneumatycznych do wentylacji pomocniczej dla kopalń gazowych o podwyższonych parametrach eksploatacyjnych. Praca Badawcza (NB-7) nr 3/KRW/74, Gliwice 1974.
- [29] Reich K. : Założenia konstrukcyjne. Praca Badawcza nr 5/KRW/74, Gliwice 1974.
- [30] Reich K., Ziegler H. : Badania doświadczalnych strumienic pneumatycznych CYKLON. Praca Badawcza (NB-1) nr 1/TKM/75, Gliwice 1975.

- [31] Reich K. i inni : Badania eksploatacyjne prototypów strumienic CYKLON - 40, 60, 80. Praca Badawcza nr 1/TKM/w/76, Gliwice 1976.
- [32] Reich K. i inni : Badania serii próbnej strumienic CYKLON - 40, 60, 80. Praca Badawcza nr 1/BKM/w/77, Gliwice 1977.
- [33] Reich K. : Założenia konstrukcyjne lutniowego urządzenia wentylacyjnego LUS. Praca Badawcza nr 1/BKM/w/78, Gliwice 1978.
- [34] Reich K. i inni : Badania stanowiskowe urządzenia strumienicowego LUS. Praca Badawcza nr 5/BKM/w/78, Gliwice 1978.
- [35] Reich K. : Strumienice pneumatyczno-wodne do zwalczania zagrożeń pyłowo-gazowych. Koncepcja, założenia. Praca Badawcza nr DOP/16/81, Gliwice 1981.
- [36] Reich K. i inni : Technologia zwalczania zagrożeń gazowych i pyłowych urządzeniami strumienicowymi. Praca Badawcza nr NSP/4/84, Gliwice 1984.
- [37] Reich K. i inni : Badania stanowiskowe i ruchowe, analiza badań i dobór optymalnego układu do zwalczania zagrożeń pyłowo-gazowych. Praca Badawcza nr NSP/6/84, Gliwice 1984.
- [38] Reich K. i inni : Badania serii próbnej strumienic pneumatyczno-wodnych PW-60. Praca Badawcza nr NSP/8/84, Gliwice 1984.
- [39] Gruszka A., Reich K. : Określenie zagrożenia metanowego frontów eksploatacyjnych wybranych kopalń i badania stoiskowe strumienic SPL. Praca Badawcza GIG-BARBARA - nr BG 1/4/4512/88, Katowice 1988.
- [40] Reich K. i inni : Badania stoiskowe i eksploatacyjne prototypów strumienic SPL. Praca Badawcza nr 14/DSR/89, Gliwice 1989.
- [41] Gruszka A., Reich K. : Przeprowadzenie badań stoiskowych i eksploatacyjnych prototypów strumienic SPL oraz wydanie opinii atestacyjnej. Praca Badawcza GIG-BARBARA - nr 375/DEP/SE/DSR-3151/ORS, Katowice 1989.
- [42] Reich K. i inni : Badania dołowe i wdrożeniowe urządzeń do odsysania metanu w KWK-PNIDWEK. Praca Badawcza nr 6/BKM/w/75, Gliwice 1975.
- [43] Reich K. i inni : Technologia otwarcia i odsysania gazów z pola pożarowego w KWK HALEMBA. Praca Badawcza nr 7/BKM/w/76, Gliwice 1977.
- [44] Reich K. : Nowa generacja lekkich materiało-oszczędnych stru-



mienic pneumatycznych typu SPL. Praca Badawcza nr SP/1/90,  
Gliwice 1990.

[45] Reich K. i inni : Technologia usuwania metanu w KWK STASZIC.  
Praca Badawcza nr 4/BKM/w/77, Gliwice 1977.

**GORNICZE PNEUMATYCZNE URZĄDZENIA STRUMIENICOWE  
DO ZWALCZANIA LOKALNYCH ZAGROZEŃ GAZOWO-PYŁOWYCH  
W KOPALNIACH PODZIEMNYCH**

**Streszczenie**

W pracy przedstawiono wyniki badań (stanowiskowych i eksploatacyjnych) eksperymentalnych górniczych urządzeń strumienicowych pneumatycznych, pneumatyczno-wodnych i lutniowych, przeznaczonych do likwidacji lokalnych nagromadzeń gazów i pyłów oraz ich związków toksycznych.

Postawiono i udowodniono tezę o wysokiej skuteczności likwidowania tych zagrożeń za pomocą zasilanych sprężonym powietrzem strumienic z "efektem wiru i pierścieniową dyszą napędową", przez obniżenie ich koncentracji (stężeń %) do granic dopuszczalnych przepisami bezpiecznej eksploatacji kopalń. Wykazano na drodze eksperymentalnej wysokie optymalne parametry urządzeń strumienicowych, szczególnie w zakresie sprawności adiabatyckiej, stopnia eejkcji, podciśnienia (depresji), zasięgu strumienia (powietrza i mgły wodnej o kropelkach  $<5\mu\text{m}$ ) i neutralizacji związków toksycznych.

Przedstawiono model matematyczny przepływu z wiram wg równań NAVIERA-STOKESA zgodnie z hipotezą NEWTONA i wyprowadzono równania przepływu w układzie walcowym  $(r, \varphi, z)$  - z uwzględnieniem równań termodynamiki. Określono warunki brzegowe przepływu w strumienicy na podstawie teorii warstwy przyściennej i granicznej PRANDTLA. Rozwiązanie tego zagadnienia pozwoli na weryfikację badań (podstawowych i stosowanych) opracowanych urządzeń strumienicowych - typu ZEFIR-100, CYKLON-40, 60, 80, 100, LUS-80/600 i PW-60 oraz nowej generacji strumienic lekkich SPL.

Badania eksploatacyjne urządzeń strumienicowych prowadzono w zakresie rozrzedzania (rozdmuchiwania), odsysania gazów (związka metanu) i wentylacji pomocniczej w wyrobiskach ślepych oraz określenia kryterium czasu krytycznego dla wyrobiska w celu doboru typu urządzenia strumienicowego. Wyniki badań zamieszczone w pracy potwierdzają wysoką skuteczność i efektywność likwidacji zagrożeń

toksyczno-gazowo-pyłowych, przez obniżanie ich koncentracji (stężenia%) bądź neutralizacją.

W przykładach podano wyniki pomiarów metanowości kopalń silnie metanowych oraz przykładowe zastosowania urządzeń strumieniowych w szczególnie niebezpiecznych strefach kopalń. Wnioski z badań naukowych (podstawowych i stosowanych) wskazują na konieczność prowadzenia szerokiej profilaktyki i wysokiej dyscypliny w zwalczaniu lokalnych nagromadzeń gazów i pyłów oraz związków toksycznych, dla zapewnienia górnikom bezpiecznych warunków pracy.

## MINING PNEUMATIC JET EQUIPMENT DESIGNED TO CONTROL LOCAL CASEOUS AND DUST HAZARDS IN UNDERGROUND MINES

### SUMMARY

Results of experimental tests (stand and operating tests) of the mining pneumatic jet equipment, pneumatic and water as well as ventilation equipment designed to suppress local accumulations of gases, dusts and their toxic compounds have been presented in the work.

The proposition of high effectiveness of eliminating these hazards by means of jet equipment supplied with compressed air and characterized by vortex effect and ring shaped propelling nozzle resulting in lowering the concentration  $C$  of the hazardous agent to the limit determined by the regulations as admissible for safe operation of mines has been submitted and demonstrated.

Optimum parameters of operation of the jet equipment have been demonstrated by way of experiments, especially as regards the adiabatic efficiency, ejection ratio, negative pressure (depression), range of the stream (of air and water mist with droplets  $< 5\mu\text{m}$ ) and neutralization of toxic compounds.

The presentation covered the mathematical model of a vortex flow according to NAVIER STOKES as per NEWTON hypothesis. The equations of the flow in the cylindrical system  $(r, \varphi, z)$  have been also introduced with taking into account the equations of thermodynamics as well as boundary conditions of the flow in the jet equipment have been determined on the ground of the film theory of PRANDTLE.

The solution of this problem will allow verification of tests (basic and applied research) of the developed jet equipment type ZEFIR-100, CYKLON-40, 60, 80, 100 LUS-80/600 and PW-60 as well as of the new generation of high - type jet equipment SPL.

The operating tests of the jet equipment have been carried out as regards thinning (blowing away), sucking off (extraction) of gases and particularly of methane as well as the auxiliary ventilation in dog headings and determining the criterion of critical time for the working of the mine

in order to select the type of the jet equipment.

The results of tests inserted in this work confirm the high efficiency and effectiveness of elimination of toxic gas and dust hazards through reducing their concentration / % / or by way of their neutralization.

Results of measurements of the methane concentration in the highly methane mines have been given in the examples and also exemplary applications of the jet equipment particularly in hazardous areas of mines have been presented.

The conclusions resulting from the scientific research (basic and applied research) indicate that there is a necessity to realize a wide preventive action and to observe stringent procedure aimed at fighting local accumulations of gases, dusts and toxic compounds so as safe working conditions for miners can be ensured.

## ШАХТНЫЕ ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ ПОТОЧНЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ МЕСТНОГО ГАЗА И ПЫЛЕПОДАВЛЕНИЯ

### Резюме

В разработке представлены результаты экспериментальных испытаний (стендовых и эксплуатационных) шахтных поточно-пневматических, пневмоводных и трубопроводных установок, предназначенных для ликвидации местных скоплений газа и пыли и их токсических соединений.

Поставлен и доказан тезис о высокой эффективности ликвидации угрозы при помощи питаемых сжатым воздухом поточных установок с "вихревым эффектом и кольцевой приводной форсункой", путем снижения накопления (концентрации %) до величин, допускаемых правилами по безопасной эксплуатации шахт. Экспериментальным путем констатированы высокие оптимальные параметры поточных установок, в частности в области адиебатического коэффициента, степени эжекции, вакуумного давления (депрессии), дальности воздействия потока (воздуха и водного тумана с каплями до  $5 \mu\text{м}$ ) и нейтрализации токсических соединений.

Представлена математическая модель потока с вихрем по уравнениям МАВЬЕР-СТОКЕСА в соответствии с гипотезой НЬЮТОНА и выведены уравнения потока по кольцевой схеме ( $r, \varphi, z$ ) с учетом уравнений термодинамики. Определены береговые условия прохода потока в установке на основе теории пристеночного и предельного слоев ПРАНДЛЯ.

Решение данной проблемы позволит на пересмотр испытаний (основных и применительных) разработанных поточных установок типа ЗЕФИР-100, ЦИКЛОН-40, 60 и 100, ЛУС-80/600 и ПВ-60 а также новой генерации поточных установок легкого типа СПЛ.

Объем эксплуатационных испытаний поточных установок охватывал: разрежение (раздувание), отсос газов (в особенности метана) и вспомогательное проветривание гезенков, а также определение критического времени для выработки с целью подбора соответствующих поточных установок. Результаты испытаний приведенные в работе подтверждают высокую эффективность ликвидации газовой, пылевой и токсической угроз путем снижения скопления (концентрации %) или же нейтрализации.

В качестве примеров приведены результаты измерения выделения метана в шахтах сверхкатегорных по газу и примерное применение установок в особенно опасных районах шахт. Выводы из неучучных испытаний (основных и применительных) указывают на необходимость ведения широкой профилактики и высокой дисциплины в подавлении местного скопления газа и пыли и их токсических соединений для обеспечения безопасных условий труда.



