ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1976
Seria: GÓRNICTWO z. 70 Nr kol. 469

Stanisław KRZEMIEŃ

# WENTYLACJA ODCIĘTEJ PRZESTRZENI WYROBISKA, W KTÓRYM ZNAJDUJĄ SIĘ GÓRNICY, PRZEZ PODAWANIE POWIETRZA Z POWIERZCHNI LUB SĄSIEDNICH WYROBISK

Streszczenie. Przedstawiono praktyczny sposób obliczania czasu niezbędnego do wykonania pierwszej wentylacji odciętych ludzi w wyrobiskach górniczych na skutek zawału lub wdarcia wody. Podano również sposób obliczenia czasu między kolejnymi wentylacjami. Jako założenie podstawowe przyjęto, że o możliwości przeżycia ludzi w odciętej przestrzeni decydować będzie w pierwszym rzędzie koncentracja dwutlenku węgla, która nie może przekraczać wartości krytycznej z pktu widzenia fizjologii oddychania.

## 1. WSTĘP

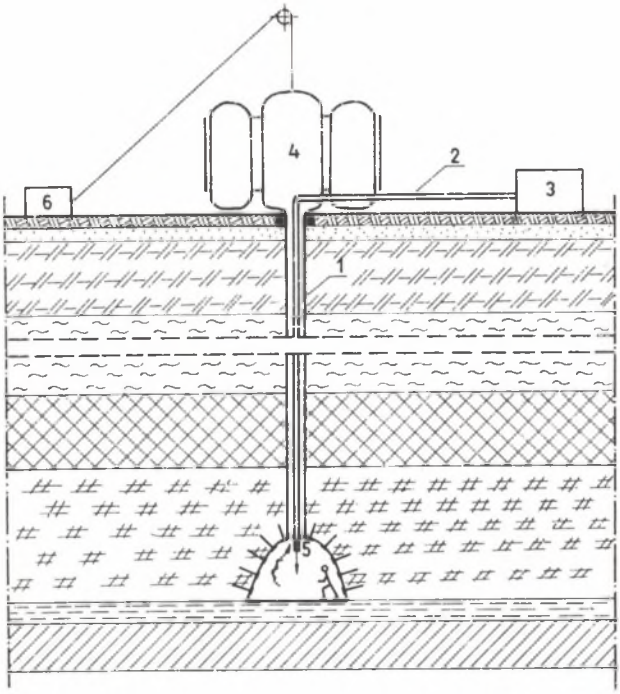
Jednym ze specyficznych zjawisk towarzyszących wdarciu się wody do wyrobisk górniczych i wynikającej z tego faktu możliwości odcięcia ludzi w tych wyrobiskach jest zjawisko kompresji powietrza w przestrzeni nie zalanej (poduszka powietrza) [1]. Przebicie takiej poduszki powietrznej otworem wiertniczym np. przy stosowaniu metody ratowania ludzi przy pomocy otworów wiertniczych z powierzchni lub otworów międzypoziomowych może spowodować dekompresję i wykluczyć szanse uratowania uwięzionych ludzi. Dlatego też w omawianym przypadku, po określeniu miejsca i zasięgu strefy kompresji, przystępuje się do wykonania otworu wiertniczego zaopatrzonego w system prewencyjny (szczelne zamknięcie z przyrządami do mierzenia nadciśnienia) [2]. Po stwierdzeniu nadciśnienia wszystkie dalsze prace ratunkowe powinny być prowadzone przez system zabezpieczeń prewencyjnych.

Podstawową i niezbędną czynnością po wykonaniu otworu wiertniczego do wyrobiska (komory) jest dostarczenie tam odpowiedniej ilości sprężonego powietrza (rys. 1).

W praktyce ratowniczej istotną jest odpowiedź na pytanie: jak długi jest czas niezbędny do wykonania pierwszej wentylacji wyrobiska (komory) oraz na pytanie, jaki czas może upłynąć pomiędzy kolejnymi wentylacjami.

Odpowiedź na pierwsze pytanie pozwoli ustalić przybliżony czas, w jakim powinny się zamknąć wszystkie czynności przygotowawcze do wiercenia, wraz z czasem wiercenia i czasem instalowania przewodu powietrznego. Odpowiedź na drugie, pozwoli określić czas, którym dysponować będziemy na wykonanie dalszych prac ratunkowych takich jak poszerzanie otworu (w razie konieczności), nawiązywanie łączności z odciętymi, zaopatrzenie odciętych

w żywność i lekarstwa lub w końcowej fazie wyciąganie ratowanych na powierzchnię w specjalnych pojemnikach ratunkowych [3].




Rys. 1. Przykład użycia urządzeń i instalacji dla zapewnienia kompresji oraz wykonania wentylacji w odciętym wyrobisku

1 - otwór wierniczy, 2 - przewód sprężonego powietrza, 3 - sprężarka, 4 - urządzenie prewencyjne (śluzy dekompresyjne, uszczelniacze), 5 - wlot i wylot powietrza w odciętym wyrobisku, 6 - urządzenie wyciągowe

## 2. ZAŁOŻENIA WSTĘPNE

W powietrzu wydychanym przez odciętych ludzi, przebywających w odizolowanej części wyrobiska, wzrasta koncentracja (zawartość procentowa) dwutlenku węgla. Z punktu widzenia fizjologii oddychania zawartość tego gazu powinna być jak najmniejsza. Za maksymalne dopuszczalne stężenie przyjmuje się taką zawartość dwutlenku węgla, przy której ciśnienie cząstkowe nie przekracza 12 mm Hg (0,015 at). Jest to ciśnienie równoważne 1,5% $CO_2$ przy ciśnieniu atmosferycznym [5]. By nie dopuścić do nadmiernej koncentracji dwutlenku węgla w odciętym wyrobisku, konieczna jest wymiana powietrza, tj. wentylacja odciętej przestrzeni wyrobiska (komory). Wentylacja może odbywać się w sposób:

- ciągły,
- przerywany.

Sposób ciągły polega na wykonywaniu wentylacji odciętego wyrobiska od momentu nawiercenia go otworem ratunkowym poszukiwawczym i zainstalowaniu przewodu ciśnieniowego powietrznego, przez cały czas przebywania w tym wyrobisku (komorze) odciętych górników. Jednocześnie prowadzi się obniżanie (dekompresję) wyrobiska, zgodnie z tablicami dekompresji [9] w ten sposób, by ciśnienie w komorze zmalało do wartości bezpiecznych dla organizmu człowieka. Ciśnienie w komorze powinno jednak być zawsze nieco większe od ciśnienia zewnętrznego, by uniemożliwić wypływ gazów z otaczającego górotworu lub zrobów. Można to zapewnić przez regulację ciśnienia powietrza świeżego. Powietrze zużyte jest odprowadzane przez otwór wiertniczy i system prewencyjny. W systemie tym steruje się zaworem odlotowym w ten sposób, by ciśnienie nie ulegało wahaniom (tablice dekompresji).
Sposób przerywany stosuje się w tych przypadkach, kiedy z przyczyn ruchowych zmuszeni jesteśmy zaprzestać na pewien czas dostarczania powietrza ratowanym (patrz pkt. 4).

## 3. OBLICZENIE CZASU PIERWSZEJ WENTYLACJI

W fizjologii pracy [4] przyjmuje się, że wentylacja minutowa płuc człowieka w spoczynku wynosi od 12 do 15 litrów na minutę. Ponieważ powietrze wydychane zawiera około 5% $CO_2$, to chcąc w tym przypadku zmniejszyć zawartość $CO_2$ do wartości dopuszczalnej, tj. 1,5% (dopuszczalnej z punktu widzenia fizjologii oddychania, a nie przepisów górniczych) należy dostarczyć ponad trzykrotnie więcej powietrza świeżego niż wynosi wentylacja minutowa płuc, czyli w granicach 36 do 45 litrów na minutę.

Założenie to jest prawidłowe, gdy ludzie w odciętym wyrobisku (komorze) nie wykonują żadnej pracy oraz gdy nie ma innego źródła tworzenia się $CO_2$, a ciśnienie w wyrobisku niewiele różni się od atmosferycznego.
Pięcioprocentowa zawartość $CO_2$ w powietrzu przestrzeni zamkniętej jest wartością graniczną, gdyż jest to poziom zagrażający życiu ludzi [5] nawet wtedy, gdy w tym powietrzu znajduje się jeszcze ilość tlenu odpowiadająca normom dopuszczalnym. Przy tej ilości $CO_2$ dochodzi do zatrucia dwutlenkiem węgla i w konsekwencji do śmierci człowieka przez uduszenie [4].

Do obliczeń przyjęto następujące założenia:
- ciśnienie w odciętym wyrobisku jest większe od atmosferycznego (z założenia),
- wprawdzie istnieje zewnętrzne źródło $CO_2$ jakimi są zroby górnicze i otaczający górotwór, to jednak wypływ $CO_2$ nie nastąpi, gdyż w wyrobisku panuje wystarczające nadciśnienie [6],
- należy liczyć się z tym, że zachowanie się ludzi w odciętej przestrzeni jest aktywne, w związku z tym zużywają oni więcej powietrza.

Przy założeniu, że ciśnienie panujące na danej głębokości jest większe od ciśnienia atmosferycznego, ilość dostarczonego powietrza musi być większa. Wynika to z prawa opisanego równaniem:

$$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2 = \text{const.}$$

W naszym przypadku ma ono postać:

$$P_{atm} \cdot V_{atm} = P_a \cdot V_w, \tag{1}$$

gdzie:

$P_{atm}$ - ciśnienie atmosferyczne (przyjmujemy: $(1 \frac{kG}{cm^2})$),

$P_a$ - ciśnienie absolutne w odciętym wyrobisku $(\frac{kG}{cm^2})$,

$V_w$ - objętość odciętego wyrobiska w $(m^3)$,

$V_{atm}$ - równoważna objętość powietrza zużywanego przez odciętych przy ciśnieniu atmosferycznym $(m^3)$

$$V_{atm} = (\frac{n}{m} \cdot z \cdot x)\, T_{pw}, \tag{2}$$

gdzie:

m - zawartość dwutlenku węgla dopuszczalna na danej głębokości (%). Przyjmuje się 1,5% $CO_2$ w odniesieniu do ciśnienia atmosferycznego,

n - rzeczywista zawartość dwutlenku węgla w powietrzu odciętego wyrobiska (%),

z - zużycie powietrza przez jednego odciętego górnika w ciągu minuty (wentylacja minutowa płuc) przymuje się:

- w spoczynku 12-15 $(\frac{l}{min}) = 0{,}015\ m^3/min$,
- przy pracy lekkiej 30 $(\frac{l}{min}) = 0{,}03\ m^3/min$,
- przy pracy ciężkiej 60 $(\frac{l}{min}) = 0{,}06\ m^3/min$.

$T_{pw}$ - czas zużycia objętości powietrza $V_{atm}$ przez x odciętych (min),

x - ilość odciętych górników w wyrobisku.

Wielkość n przyjmuje się w zaokrągleniu 5%, jeżeli dwutlenek pochodzi z procesu oddychania. W rzeczywistości w warunkach górniczych dołowych przy ciśnieniu normalnym jest go więcej [6].

Po podstawieniu (2) do równania (1) otrzymamy:

$$P_{atm} \cdot \frac{n}{m} \cdot z \cdot x \cdot T_{pw} = P_a \cdot V_w, \tag{3}$$

skąd:

$$T_{pw} = \frac{P_a \cdot V_w \cdot m}{n \cdot z \cdot x \cdot P_{atm}} \quad (min). \tag{4}$$

$T_{pw}$ określa niezbędny czas, w którym należy wykonać pierwszą wentylację wyrobiska, by nie nastąpił w nim szkodliwy dla organizmu odciętych wzrost koncentracji $CO_2$ spowodowany oddychaniem ludzi.

We wzorze (4) zamiast iloczynu $n \cdot z$ można wstawić $V_{co_2}$, czyli ilość $CO_2$ wydychanego przez górnika w ciągu 1 minuty, określonego w $m^3$ na minutę.

$$V_{co_2} = \frac{z \cdot n}{100}; \quad n \cdot z = 100\ V_{co_2}$$

Wówczas:

$$T_{pw} = \frac{P_a \cdot V_w \cdot m}{100\ V_{co_2} \cdot x \cdot P_{atm}} \quad (\text{min}) \qquad (5)$$

Ponieważ dopuszczalne ciśnienie cząstkowe $CO_2$ nie może przekraczać 12 mm Hg (0,015 at) co odpowiada 1,5% $CO_2$ przy ciśnieniu atmosferycznym możemy wobec:

$$P_a \cdot \frac{m}{100} = P_{co_2} \longrightarrow P_a \cdot m = 100\ P_{co_2}$$

wzór (4) przedstawić w formie:

$$T_{pw} = \frac{100\ P_{co_2} \cdot V_w}{n \cdot z \cdot x \cdot P_{atm}} \quad (\text{min}), \qquad (6)$$

gdzie:

$P_{co_2}$ - dopuszczalne ciśnienie cząstkowe dwutlenku węgla [przyjmuje się maksymalnie 0,015 $\frac{kG}{cm^2}$], $\left[\frac{kG}{cm^2}\right]$.

Po wprowadzaniu do wzorów wartości przeciętnych otrzymamy:

$$T_{pw} = \frac{100 \cdot 0{,}015 \cdot V_w}{5 \cdot 0{,}015 \cdot x} = 20 \cdot \frac{V_w}{x} \quad (\text{min}) \qquad (7)$$

Wzór ten jest słuszny tylko przy położeniu ludzi w spoczynku. Przy pracy lekkiej, tzn. przy $z = 0{,}03/m^3$ (min):

$$T_{pw} = \frac{1{,}5\ V_w}{5 \cdot 0{,}03\ x} = 10\ \frac{V_w}{x} \quad (\text{min}) \qquad (8)$$

Przy pracy ciężkiej, tzn. przy $z = 0{,}06\ (\frac{m^3}{min})$:

$$T_{pw} = \frac{1{,}5\ V_w}{5 \cdot 0{,}06 \cdot x} = 5 \cdot \frac{V_w}{x} \quad (\text{min}) \qquad (9)$$

## 4. OBLICZENIE CZASU MIĘDZY KOLEJNYMI WENTYLACJAMI

W czasie akcji ratowniczej może zajść sytuacja uniemożliwiająca dostarczenie odciętym powietrza w sposób ciągły. Może to zostać spowodowane:

- koniecznością poszerzenia otworu,
- zaopatrzeniem ratowanych,
- wydobywaniem ratowanych,
- nawiązywaniem łączności z ratowanymi.

Także szum przepływającego powietrza przez przewody i wyrobisko może być nieprzyjemny i męczący dla ratowanych, co nie jest bez znaczenia wobec faktu długiego przebywania ich pod ziemią. Dlatego może wyniknąć konieczność zastosowania wentylacji przerywanej. Mając już określony wzór na czas konieczny do wykonania pierwszej wentylacji oraz wiedząc, że koncentracja $CO_2$ nie może przekroczyć granicznej wartości dopuszczalnej 1,5%, co odpowiada ciśnieniu (0,015 at), następną wentylację wykonać możemy po czasie Tmw obliczonym ze wzoru:

$$T_{mw} = \frac{K_1 \cdot V_s \cdot m \cdot P_a}{n \cdot z \cdot x \cdot P_{atm}} \quad (min) \qquad (10)$$

lub

$$T_{mw} = \frac{100 \cdot P_{co_2} \cdot V_s \cdot K_1}{n \cdot z \cdot x \cdot P_{atm}} \quad (min) \qquad (11)$$

$V_s$ - jest to objętość świeżego powietrza dostarczonego do wyrobiska w czasie poprzedzającej wentylacji,

$K_1$ - współczynnik efektywności (skuteczności) wentylacji.

Czas między kolejnymi wentylacjami $T_{mw}$ oblicza się ze wzoru (4) lub (6) z tym, że zamiast objętości wyrobiska $V_w$ uwzględnia się objętość świeżego powietrza dostarczonego do komory w czasie ostatniej wentylacji $V_s$ oraz wprowadza się współczynnik efektywności wentylacji $K_1$. Jeżeli ilość dostarczonego powietrza równa jest objętości komory, wtedy $V_w = V_s$.

Wzory (10) i (11) będą słuszne tylko przy założeniu, że z komory usuwane jest wyłącznie powietrze zużyte, niezmieszane ze świeżym. W rzeczywistości przebieg wentylacji będzie nieco inny. Wraz z powietrzem zużytym będzie wypływało z komory powietrze świeże. Ilość straconego świeżego powietrza w rozpatrzonym przypadku będzie prawdopodobnie duża m.in. ze względu na położenie wlotu i wylotu powietrza z wentylowanej przestrzeni (rys. 1), a także ze względu na straty w szczelinach górotworu (nadciśnienie). Wielkość traconego powietrza uwzględni w pewnym stopniu współczynnik $K_1$. Do czasu jego wyznaczenia wydaje się, że należy przyjmować go rzędu 0,4-0,5. Pełni on w pewnym sensie rolę współczynnika skuteczności wentylacji.

## 5. OBLICZENIE CZASU PIERWSZEJ WENTYLACJI ORAZ CZASU MIĘDZY KOLEJNYMI WENTYLACJAMI W NIEPRZEWIETRZANEJ PRZESTRZENI ZNAJDUJĄCEJ SIĘ POD NORMALNYM CIŚNIENIEM

W praktyce ratowniczej występuje częściej konieczność podawania powietrza do odciętej przestrzeni, najczęściej z sąsiedniej drożnej części wyrobiska (za odcięte wyrobisko wymagające wentylacji uważamy jego część poza zawałem łącznie z samym zawałem, w którym mogą również znajdować się ludzie). Mając informację o ilości odciętych ludzi i zakładając, że wzrost koncentracji $CO_2$ będzie wynikiem procesu oddychania, możemy w oparciu o wzory (4) i (10) wobec $P_a = P_{atm}$ napisać:

$$T_{pw_1} = \frac{V_s \cdot m}{n_1 \cdot x \cdot z}, \quad (\text{min}) \qquad (12)$$

oraz

$$T_{mw_1} = \frac{K_1 \cdot K_2 \cdot V_s \cdot m}{n_1 \cdot z \cdot x}, \quad (\text{min}) \qquad (13)$$

gdzie: $m$ – dopuszczalna z punktu widzenia fizjologii graniczna zawartość dwutlenku węgla (%) – przyjmujemy (1,5%),

$n_1$ – zawartość dwutlenku węgla w powietrzu odciętego wyrobiska, pochodząca z procesu oddychania (%) (przyjmujemy max 5%),

$x$ – ilość odciętych i przysypanych,

$z$ – zużycie powietrza przez jednego ratowanego w ciągu min. $(\frac{m^3}{min})$,

$K_1$ – jak w punkcie 4,

$K_2$ – współczynnik uwzględnia straty powietrza na skutek ucieczek do górotworu i wyeksploatowanych przestrzeni,

$\frac{n_1 \cdot x \cdot z}{100} = V_{co_2}$ – objętość dwutlenku węgla wydzielana do wyrobiska w ciągu minuty przez $x$ odciętych.

Rzeczywista zawartość dwutlenku węgla w odciętym wyrobisku będzie większa, bo oprócz dwutlenku węgla wydzielanego w procesie oddychania może dojść do wypływu dwutlenku węgla ze zrobów lub szczelin górotworu. W czasie akcji ratunkowej wodnej w kop. "Generał Zawadzki" ze zrobów i otamowanych wyrobisk przy normalnej wentylacji dopływały gazy w ilości około 20 $(\frac{m^3}{min})$, które zawierały m.in. 15% $CO_2$ [6]. Zagroziły one w poważnym stopniu odciętym górnikom, stanowiąc najbardziej dramatyczny i niebezpieczny moment w przebiegu całej akcji ratunkowej [3].

Dopływ dwutlenku węgla do otamowanej (odciętej) przestrzeni z zewnątrz jest zmienny i w pierwszym rzędzie uzależniony będzie od konkretnej sytuacji górniczej (np. wielkości odciętej przestrzeni, rodzaju wyrobisk kontaktujących) oraz zaburzeń w zewnętrznej sieci wentylacyjnej.

Wielkość wypływu dwutlenku węgla do otamowanej przestrzeni możemy jednak przyjąć jako znaną, równą ilości dwutlenku węgla wydzielonego do wyrobisk po zatrzymaniu wentylacji (dane wzięte z książki wentylacyjnej). Najczęściej dana jest wielkość wypływu mieszaniny gazów do wyrobiska q, i procentowy udział dwutlenku węgla w tej mieszaninie.
Stąd:

$$V''_{co_2} = \frac{q \cdot n_2}{100} \qquad 100\, V''_{co_2} = q \cdot n_2 \left(\frac{m^3}{min}\right),$$

gdzie:

$V''$ - wypływ dwutlenku węgla do otamowanego (odciętego) wyrobiska w ciągu minuty $\left(\frac{m^3}{min}\right)$,

$q$ - wypływ mieszaniny gazów zawierającej dwutlenek węgla do wyrobiska w ciągu minuty $\left(\frac{m^3}{min}\right)$ - z pomiaru,

$n_2$ - udział dwutlenku węgla w gazach dopływających do wyrobiska, stwierdzony pomiarem (%).

Całkowity czas niezbędny do wykonania pierwszej wentylacji wobec $V_{co_2} = V'_{co_2} + V''_{co_2}$ wyniesie:

$$T_{pw} = \frac{V_w \cdot m}{x \cdot n_1 \cdot z + q \cdot n_2} \quad (min) \qquad (16)$$

a czas między kolejnymi wentylacjami

$$T_{mw} = \frac{V_s \cdot m \cdot K_2 \cdot K_1}{x \cdot n_1 \cdot z + q \cdot n_2}, \quad (min) \qquad (17)$$

gdzie:

$V_s$ - objętość świeżego powietrza dostarczonego do odciętej przestrzeni w czasie poprzedniej wentylacji,

$K_1$ - współczynnik skuteczności wentylacji zależny od sposobu wykonania przewietrzania (dostarczania powietrza) oraz od rozległości i ukształtowania przestrznnego otamowanej przestrzeni (przyjmujemy w przybliżeniu 0,5 jak w punktcie 4),

$K_2$ - współczynnik uwzględniający ucieczki powietrza do przestrzeni kontaktujących.

Współczynnik ucieczek powietrza $K_2$ będzie zależał w pierwszym rzędzie od rodzaju przestrzeni kontaktujących z wyrobiskiem odciętym oraz od sposobu wykonywania wentylacji. W opracowaniu [7] podano wielkości strat powietrza w czasie jego przepływu przez przestrzenie wyeksploatowane w zależności m.in. od sposobu wypełnienia wybranej pustki. Opierając się na tym wydaje się słusznym przyjmowanie wielkości współczynnika ucieczek $K_2$

jak w tablicy 1.

Tablica 1

| Sposób wypełniania wybranej przestrzeni | Ucieczki powietrza | Współczynnik $K_2$ |
|---|---|---|
| Zawał stropu | 35% | 0,65 |
| Częściowa podsadzka | 20% | 0,8 |
| Podsadzka hydr. | 15% | 0,85 |

Przykład 1

W dniu 24.VII.1969 r. w kopalni "Z" nastąpiło wdarcie się wody i mułów węglowych do czynnych wyrobisk górniczych. Na skutek powstania szczelnych korków z mułu i piasku doszło około godz. $11^{30}$ do przerwania wentylacji w polu "R". W odciętej przestrzeni znalazło się x = 80 górników. Z analizy wyników pomiarów parametrów wentylacyjnych pola "R" [6], podanych w książce przewietrzania, a także w oparciu o analizy chemiczne prób gazów określono, że ze zrobów i otamowanych wyrobisk przy normalnej wentylacji do czynnych wyrobisk dopływały gazy w ilości $q = \pm 20 \frac{m^3}{min}$ zawierające $n_2 = 15\%$ $CO_2$, 83% azotu i 2% tlenu. Objętość odciętej przestrzeni wynosiła ok. $V_w = 100000\ m^3$.
Zakładając, że zachowanie się ratowanych było aktywne ($z = 0{,}06 \frac{m^3}{min}$), czas w którym należało wykonać pierwszą wentylację będzie wynosił:

$$T_{pw} = \frac{10^5 \cdot 1{,}5}{80 \cdot 5 \cdot 0.06 + 20 \cdot 15} \cong 465 \quad (min) \tag{18}$$

Czas między wentylacjami, przy założeniu, że $V_w = V_s$, $K_1 = 0{,}5$, $K_2 = 0{,}85$ wyniesie:

$$T_{mw} = T_{pw} \cdot 0{,}4 \cong 180 \quad (min) \tag{19}$$

Doprowadzenie powietrza sprężonego do odciętego wyrobiska winno być takie, by zapewniona była turbulencja powietrza w otamowanej przestrzeni. W przeciwnym wypadku większy ciężar właściwy $CO_2$ niż powietrza spowoduje szybsze zgromadzenie się $CO_2$ w części przyspągowej a więc w strefie oddychania ludzi.

## 6. UWAGI KOŃCOWE

Dwutlenek węgla jest tylko jednym z gazowych składników atmosfery odciętego wyrobiska, niebezpiecznych dla zdrowia i życia odciętych. W praktyce (a świadczą o tym dokumentacje wielu akcji ratunkowych) z sąsiadujących zrobów do odciętego wyrobiska mogą przedostawać się m.in. wolny azot oraz metan. Gazy te również powodują wytwarzanie się w wyrobisku atmosfery ubogiej w tlen. Dodatkowym czynnikiem jest sorbcja tlenu przez

węgiel. Przebieg obniżania się zawartości tlenu w atmosferze odciętego wyrobiska przedstawiono w pracy [6] dla konkretnej sytuacji górniczej powtórzonej przez nas w przykładzie 1 niniejszego opracowania. W pracy [6] podano m.in. czas, w jakim ubytek tlenu w otamowanym wyrobisku osiągnie fizjologiczną wartość krytyczną. Porównując ten czas z czasem otrzymanym ze wzoru (16) dla warunków jak w przykładzie 1, możemy stwierdzić, że czas wzrostu zawartości dwutlenku węgla do wartości fizjologicznie krytycznej jest krótszy od czasu ubytku tlenu i osiągnięcia wartości uniemożliwiającej przeżycie ludzi:

$$T_{kr}(+\Delta co_2) < T_{kr}(-\Delta o_2)$$

$T_{kr}$ - czas osiągnięcia krytycznych wartości stężeń.

Wyznaczając czas pierwszej wentylacji należy pamiętać, że uwzględnia on stały wypływ dwutlenku węgla do wyrobiska. Wypływ ten może się jednak zwiększyć pod wpływem oddziaływania ssącego wentylatora głównego. Dlatego należy na bieżąco śledzić zmiany depresji w odciętym wyrobisku.

Zagadnienie wentylacji odciętej przestrzeni wyrobiska, w którym znajdują się ludzie, jest najbardziej aktualne w ratownictwie górniczym ponieważ występuje ono głównie przy prowadzeniu akcji ratunkowych np. zawałowych lub wodnych. Powinno ono być zawsze rozpatrywane łącznie z zagadnieniami technicznymi i organizacyjnymi akcji ratunkowej, takimi jak stosowany sprzęt i środki ratunkowe oraz taktyka akcji. Zwłaszcza rodzaj stosowanego sprzętu i sposób jego użycia będą miały decydujące znaczenie dla zapewnienia skuteczności wentylacji.

## 7. WNIOSKI

1. W związku z możliwością wystąpienia w czasie akcji ratunkowych wodnych kompresji powietrza w odciętych wyrobiskach z ludźmi, po stwierdzeniu nadciśnienia i określeniu jego wielkości należy dalsze prace ratunkowe prowadzić przez system zabezpieczeń prewencyjnych, z jednoczesnym obniżaniem ciśnienia, zgodnie z tablicami dekompresji.
2. W powietrzu odciętego (otamowanego) wyrobiska, w którym przebywają ludzie wzrasta koncentracja dwutlenku węgla, która może osiągnąć stężenie przekraczające dopuszczalną wartość z punktu widzenia fizjologii oddychania, mimo, że zawartość tlenu może mieścić się w granicach fizjologicznie dopuszczalnych. Przy obliczaniu czasu niezbędnego do wykonania pierwszej wentylacji odciętego wyrobiska zjawisko to należy w pierwszym rzędzie brać pod uwagę.
3. W odciętych wyrobiskach korzystne jest utrzymywanie niewielkiego nadciśnienia powietrza (np. przy stosowaniu powietrza sprężonego), celem zahamowania wypływu gazów z górotworu i zrobów.
4. Dla oceny zagrożenia odciętych ludzi ze względu na możliwość wypływu dwutlenku węgla ze zrobów i górotworu należy określać na bieżąco wielkość jego wypływu zwłaszcza w rejonach wyrobisk kontaktujących ze sta-

rymi zrobami. Praktycznego określenia wymagają również współczynniki $K_1$ i $K_2$.

5. Dokonując oceny zagrożenia gazowego ludzi w izolowanej przestrzeni wyrobisk, obok oceny zagrożenia ze względu na dwutlenek węgla należy równocześnie wziąć pod uwagę możliwość wytworzenia się atmosfery ubogiej w tlen na skutek sorbcji tlenu przez węgiel oraz na skutek możliwości wypływu azotu lub metanu.

LITERATURA

[1] Cehak K., Krotkiewski Wł : Sposoby ratowania ludzi przy zagrożeniu wodnym. Konferencja p.n. Zwalczanie zagrożeń wodnych w kopalniach węgla kamiennego. Wyd. SIiTG, Katowice 1965 r.

[2] Praca zbiorowa: Metody prowadzenia akcji w warunkach katastrof wodnych. Podstawowy sprzęt ratowniczy oraz sposób jego użycia. Opracowanie wewnętrzne w Instytucie Techniki Eksploatacji Złóż. Pol. Śl. Gliwice 1972 r.

[3] Akcja ratunkowa w kop. Gen. Zawadzki - SIiTG. Przegląd Górn. nr 9,1969 r.

[4] Lehman Gunther Praktyczna fizjologia pracy PWT. Warszawa 1960 r.

[5] Praca zbiorowa. Prace podwodne: Wydawnictwo Morskie Gdańsk 197[illegible] r.

[6] Kukuczka A.: Wpływ środków wentylacyjnych stosowanych w czasie akcji ratowniczych na zawartość tlenu w przestrzeni odciętej. Bezpieczeństwo pracy w górnictwie nr 3/ 1973 r. WUG.

[7] Milieticz A.F.: Utieczki wozducha i ich rasczjot pri prowiertiwani szacht. Izdatielstwo "Nedra" Moskwa 1968 r. s.123.

[8] Missiuro W.: Zarys fizjologii pracy W-wa 1965 r.

[9] Submarine Medicine Practice. Burcan of Medicine and Surgary Departament of the Navy. Navmed. Washington 1956 r.

ВЕНТИЛЯЦИЯ ОТСЕЧЁННОГО УЧАСТКА ВЫРАБОТКИ, В КОТОРОЙ НАХОДЯТСЯ ШАХТЁРЫ, ВОЗДУХОМ ПОДАВАЕМЫМ ИЗ ПОВЕРХНОСТИ ИЛИ СОСЕДНИХ ВЫРАБОТОК

Р е з ю м е

В работе автор показывает практический способ определения времени необходимого для проведения первой вентиляции отсечённых в выработках людей,вследствие завала или вторжения воды. Подан также способ расчёта времени между очередными вентиляциями. В качестве исходных данных принято,что о возможности пережития людей в отсечённом пространстве будет решать в первую очередь концентрация углекислоты, которая не может превышасть критическое значение с точки зрения физиологии дыхания.

VENTILATION OF THE CUT OFF EXCAVATION, IN WHICH THERE ARE MINERS, BY MEANS OF PUMPING IN AIR FROM THE SURFACE OR FROM THE NEARBY EXCAVATIONS

S u m m a r y

There has been presented a practical way of evaluating the time which is indispensable for accomplishing the first ventilation for the benefit of miners who have been cut off in excavations due to the fall of rock or in-rush of water. The paper deals also with a new way of determining the time intervals between one ventilation and the next. It has been assumed that the chance of keeping the cut-off people alive depends first of all on the concentration of carbon dioxide, which may not exceed the critical value as seen from the view-point of the physiology of breathing.