



GÓRNICTWO

TOM XI

PROF. DR INŻ. WITOLD BUDRYK

POŻARY I WYBUCHY W KOPALNIACH

CZĘŚĆ 1

POŻARY PODZIEMNE



STALINOGRÓD 1956

WYDAWNICTWO GÓRNICZO-HUTNICZE

Prof. dr inż. WITOLD BUDRYK

622.82

GÓRNICTWO

TOM XI

Pożary i wybuchy w kopalniach

CZĘŚĆ 1

Pożary podziemne



STALINOGRÓD 1956

WYDAWNICTWO GÓRNICZO-HUTNICZE

Opiniodawcy: mgr inż. Władysław Jabłecki i mgr inż. Tadeusz Lasek
Redaktor naukowy WGH mgr inż. Stanisław Gisman

Książka zawiera wyczerpujące omówienie powstawania i przebiegu pożarów podziemnych wywołanych przyczynami zewnętrznymi oraz wskutek samozapalenia węgla i rud siarczkowych. Autor podaje szczegółowe sposoby zapobiegania pożarom podziemnym, opisuje zjawiska towarzyszące powstałym pożarom, poza tym sposoby określenia ich miejsca, dojścia do niego oraz gaszenia pożaru odpowiednimi środkami gaśniczymi.

Oddzielnie omówiono zapobieganie pożarom zwalów węgla oraz sposoby gaszenia takich pożarów.

Temat wyczerpują obliczenia oraz liczne przykłady, jak również obszerny rozdział o planowaniu i organizacji akcji gaszenia pożarów.

Książka przeznaczona jest dla pracowników ruchowych oraz dla studiujących zagadnienia pożarów podziemnych.

WSZELKIE PRAWA ZASTRZEŻONE

Redaktor techn. Maria Korol

Korektor techn. E. Szostakowska

WGH, Stalinogród 1956 Wydanie 1 Nakład 2,633 egz. Ark. wyd. 20,6 Ark. druk. 18,62 Format B5-
Papier druk. sat. kl. V, 70 g, 700×1000/16 MZPap. Miynów/Kłodzka Oddano do składania 7.9.1955
Podpisano do druku 13.1.1956 Druk ukończono 20.1.1956 Symbol 74681/G Cena zł 23.30

Drukarnia Techniczna, Bytom, ul. Przemysłowa nr 2 — Zam. 1103

R-6-9532

SPIS TREŚCI

Przedmowa	7
Wstęp	9

Rozdział I

Powstawanie i przebieg pożarów podziemnych

1. Pożary wskutek przyczyn zewnętrznych	12
a. Pożary wywołane otwartym płomieniem	13
b. Pożary wskutek wadliwego działania urządzeń elektrycznych i mechanicznych	13
c. Pożary wywołane wybuchami gazu lub pyłu węglowego	14
d. Pożary wskutek robót strzelniczych	15
2. Pożary wskutek samozapalenia węgla	16
a. Proces samozapalenia węgla	16
b. Skłonność pokładów węgla do samozapalenia	19
c. Wpływ systemu eksploatacji	25
d. Wpływ przewietrzania	29
e. Miejsca powstawania pożarów endogenicznych	30
3. Pożary wskutek samozapalenia rud siarczkowych	31
4. Pożary obudowy drewnianej	34
5. Wtórne ogniska pożarów	35
6. Wybuchy w czasie pożarów	37

Rozdział II

Zapobieganie pożarom podziemnym

1. Zapobieganie pożarom powstałym wskutek przyczyn zewnętrznych	39
2. Zapobieganie pożarom w starych zrobach	40
3. Zapobieganie pożarom w miejscach nagromadzenia miału	43
4. Zapobieganie pożarom w caliznie węglowej	44
a. Niedopuszczanie do tworzenia się szczelin	45
b. Zapobieganie pożarom przez izolowanie szczelin	46
c. Zapobieganie pożarom przez zmniejszenie depresji	48
d. Zapobieganie pożarom przez odwracanie kierunku prądu w szczelinach	54
5. Eksploatacja pokładów węgla skłonnych do samozapalenia	57
a. Czyste wybieranie węgla	57
b. Zwalczanie ciśnienia	57
c. Podebranie pokładu	58
d. Kierunek wybierania pokładu i usytuowanie dróg powietrznych	59
e. Prędkość wybierania pól i ich izolacja	61
f. Przykład poprawnego rozwiązania systemu filarowego	62
6. Zapobieganie pożarom w kopalniach piritu	62
7. Hamowanie procesów utleniających	64
a. Hamowanie utleniania węgla	65
b. Hamowanie utleniania piritów	65

Rozdział III

Zjawiska towarzyszące pożarom podziemnym

1. Oznaki endogenicznego pożaru podziemnego	67
a. Wykrywanie ognisk pożarowych w okresie przygotowawczym	68
b. Oznaki samozagrzewania węgla	69
c. Oznaki suchej destylacji i rozpalania ogniska pożaru	71
d. Zjawiska w czasie pojawienia się otwartego ognia	72

2. Depresja pożaru podziemnego i miejsca jej występowania	73
a. Całkowita depresja pożaru	73
b. Lokalna depresja pożaru	75
c. Wielkość lokalnej depresji pożaru	77
d. Temperatura gazów	78
e. Miejsca występowania depresji pożaru	80
3. Odwracanie się prądów	81
a. Wpływ włączenia i wyłączenia bocznicy na opór systemu	83
b. Kierunki prądów w czasie pożaru w prądzie wznoszącym się	84
c. Przykłady odwrócenia się prądów powietrznych w czasie pożarów we wznoszącym się prądzie	87
d. Kierunki prądów w czasie pożaru w prądzie schodzącym	92
e. Przykłady odwrócenia się prądów powietrznych w czasie pożarów w prądzie schodzącym	96
f. Odwracanie się prądów wskutek innych przyczyn	99
4. Inne przyczyny zadymienia kopalni	100
a. Cofanie się dymów	100
b. Prądy wsteczne	104
5. Wybuchy w czasie pożarów	106
a. Wybuchy wskutek używania lamp z otwartym płomieniem	106
b. Wybuchy w czasie aktywnej walki z ogniem	106
c. Wybuchy w czasie stawiania tam izolacyjnych	107
d. Wybuchy w czasie zmiany ruchu wentylatora	108
e. Wybuchy po postawieniu tam izolacyjnych	109
f. Przykłady zapalenia i wybuchu gazów pożarowych	111
6. Wpływ pożaru na pracę wentylatora	115

Rozdział IV

Określenie miejsca pożaru i dojście do niego

1. Odszukanie miejsca pożaru	118
a. Określenie miejsca pożaru w prądzie wznoszącym się na podstawie kierunku dymów	119
b. Określenie miejsca pożaru w prądzie schodzącym na podstawie kierunku dymów	120
2. Usunięcie zadymienia kopalni	121
a. Usunięcie zadymienia przy pożarze w prądzie wznoszącym się	122
b. Usunięcie zadymienia przy pożarze w prądzie schodzącym	124
3. Zabezpieczenie kopalni przed zadymieniem	127
a. Zabezpieczenie w przypadku wznoszących się dróg wentylacyjnych	130
b. Zabezpieczenie w przypadku istnienia schodzących dróg wentylacyjnych	132
4. Tamy bezpieczeństwa	134
a. Racjonalny system przewietrzania kopalni	135
b. Rozmieszczenie tam bezpieczeństwa	139
5. Wejście do wyrobisk zadymionych	142

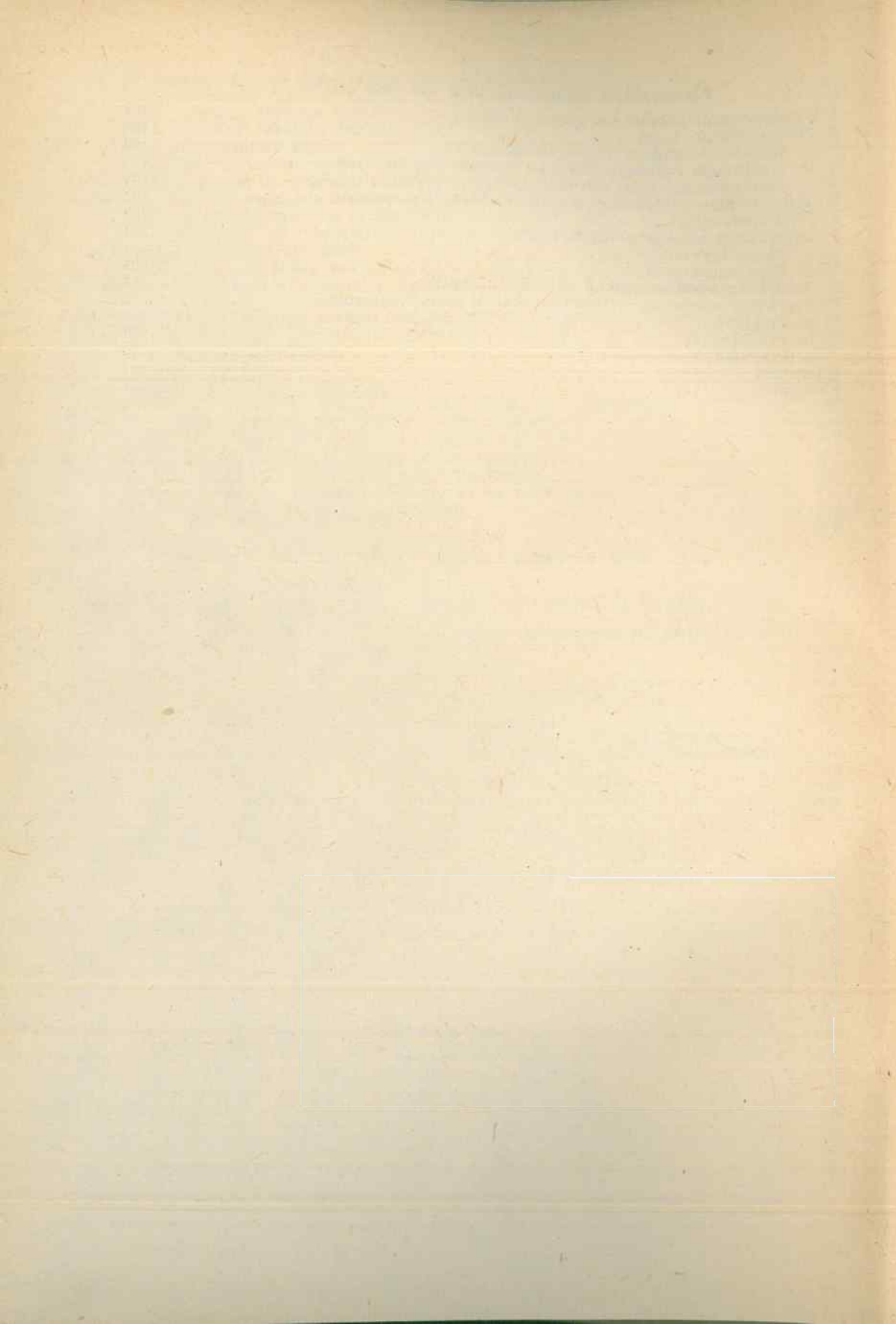
Rozdział V

Gaszenie pożarów

1. Sposoby gaszenia pożarów	144
2. Usuwanie materiału palnego	145
3. Środki gaśnicze	146
a. Woda	147
b. Piasek i pył kamienny	150
c. Zamulanie	150
d. Gaśnice	152
e. Gazy obojętne i para wodna	155
4. Otamowanie pola pożarowego	158
a. Wybór miejsca dla tam	159
b. Rodzaje tam	161
c. Rozmieszczenie i kolejność zamykania tam	166
d. Nadzór nad tamami ogniowymi	170
e. Oznaczanie stanu pożaru w przestrzeni otamowanej	171
f. Przyspieszenie gaszenia otamowanych pól	181
g. Otwieranie pól pożarowych	186
5. Gaszenie pożarów pirytowych	189
6. Pożary zwalów	190

Rozdział VI
Planowanie i organizacja akcji gaszenia pożaru

1. Przygotowanie kopalni na wypadek pożaru	194
2. Zabezpieczenie ludzi	198
a. Wycofanie załogi z miejsc zagrożonych	198
b. Stabilizacja żądanego kierunku prądów powietrznych	199
c. Zabezpieczenie ludzi zatrudnionych przy gaszeniu pożaru	201
3. Wstępny plan zabezpieczenia ludzi i opanowania pożaru	202
4. Plan operacyjny	203
5. Organizacja akcji przeciwpożarowej	204
a. Akcja wywiadowcza	204
b. Baza ratownicza	205
6. Taktyka prowadzenia akcji gaszenia pożaru	205
7. Przykłady aktywnego prowadzenia akcji przeciwpożarowej	209
a. Przykład 1	209
b. Przykład 2	211
c. Przykład 3	214
Literatura	217
Skorowidz	221



PRZEDMOWA

Większość eksploatowanych na Górnym Śląsku pokładów węgla odznacza się wyjątkowo dużą skłonnością do samozapalenia i dlatego też pożary w naszych kopalniach są zjawiskiem częstszym niż pożary w innych zagłębiach węglowych. Potrzeba ustawicznej walki z pożarami podziemnymi spowodowała, że górnictwo polskie ma za sobą już ogromne doświadczenie i poszczycić się może zastępem górników, którzy nawet w bardzo trudnych sytuacjach potrafią wywiązać się ze swego zadania.

Zdarzają się jednak przypadki, kiedy nawet najbardziej doświadczony górnik staje się bezradny. Bywa tak, gdy np. skutek pożaru zostaje naruszony stan przewietrzania kopalni, co powoduje odwracanie prądów, pojawienie się dymów w prądzie świeżego powietrza, skierowanie się ich do obłożonych oddziałów kopalni i odcięcie drogi ucieczki dla zatrudnionych w nich ludzi, a niekiedy i powstawanie wybuchów gazów pożarowych.

Cały szereg tego rodzaju katastrofalnych wypadków w czasie pożarów musiał zwrócić uwagę naszych naukowców na konieczność wyjaśnienia przyczyn tych zjawisk i zastosowania środków wentylacyjnych w celu niedopuszczenia do powstania pożarów, jak i do wspomnianych zaburzeń. Praca naukowa w tym kierunku prowadzona jest u nas stale od czasów H. C z e c z o t t a i pod tym względem mamy już duże osiągnięcia.

Niezależnie od tego w ostatnich latach zwrócono u nas dużą uwagę na naukowe rozwiązanie zagadnienia przygotowania kopalni do akcji przeciwpożarowej, przyspieszenia likwidacji pożarów w polach otamowanych oraz zagadnienia skłonności stopnia przygotowania węgla do samozapalenia.

Wszystkie te prace przyczyniły się do ugruntowania zasad naukowych w tak ważnej dziedzinie górnictwa, jaką jest dziedzina pożarów podziemnych, a zwłaszcza związane z nią zapewnienie bezpieczeństwa załodze kopalń. Jest wobec tego rzeczą zrozumiałą, że zasady te autor starał się dostatecznie szeroko uwzględnić w niniejszej pracy, co nadało jej w znacznej mierze charakter oryginalny i odmienny od tego, jaki mają zagraniczne dzieła traktujące o pożarach podziemnych.

Przy opracowywaniu niniejszej książki starano się wykorzystać również najbardziej wartościowe dla praktyki osiągnięcia innych górniczych krajów świata i to zarówno w dziedzinie pożarów w kopalniach węgla, jak i w kopalniach rud pirusowych. Szczególną uwagę zwrócono na najnowsze osiągnięcia Związku Radzieckiego, gdzie w Instytucie Górnictwa Akademii Nauk prowadzona jest pod kierunkiem A. S k o c z y ŋ s k i e g o ogromna praca naukowo-badawcza i gdzie w ostatnich latach ukazały się drukiem również i inne prace o doniosłej dla górnictwa wartości.

Kraków, w grudniu 1954 r.

W. BUDRYK

APPENDIX

1. The first of the three main parts of the report is a general survey of the situation in the country. It deals with the political, economic, and social conditions, and with the progress of the various branches of industry and commerce. It also gives a brief account of the state of the public mind, and of the feelings and opinions of the people.

2. The second part of the report is a detailed account of the various branches of industry and commerce. It gives a full and complete description of each branch, and of the progress it has made since the last report. It also gives a full and complete description of the various branches of industry and commerce, and of the progress it has made since the last report.

3. The third part of the report is a summary of the results of the various branches of industry and commerce. It gives a full and complete description of each branch, and of the progress it has made since the last report. It also gives a full and complete description of the various branches of industry and commerce, and of the progress it has made since the last report.

4. The fourth part of the report is a summary of the results of the various branches of industry and commerce. It gives a full and complete description of each branch, and of the progress it has made since the last report. It also gives a full and complete description of the various branches of industry and commerce, and of the progress it has made since the last report.

5. The fifth part of the report is a summary of the results of the various branches of industry and commerce. It gives a full and complete description of each branch, and of the progress it has made since the last report. It also gives a full and complete description of the various branches of industry and commerce, and of the progress it has made since the last report.

6. The sixth part of the report is a summary of the results of the various branches of industry and commerce. It gives a full and complete description of each branch, and of the progress it has made since the last report. It also gives a full and complete description of the various branches of industry and commerce, and of the progress it has made since the last report.

7. The seventh part of the report is a summary of the results of the various branches of industry and commerce. It gives a full and complete description of each branch, and of the progress it has made since the last report. It also gives a full and complete description of the various branches of industry and commerce, and of the progress it has made since the last report.

8. The eighth part of the report is a summary of the results of the various branches of industry and commerce. It gives a full and complete description of each branch, and of the progress it has made since the last report. It also gives a full and complete description of the various branches of industry and commerce, and of the progress it has made since the last report.

9. The ninth part of the report is a summary of the results of the various branches of industry and commerce. It gives a full and complete description of each branch, and of the progress it has made since the last report. It also gives a full and complete description of the various branches of industry and commerce, and of the progress it has made since the last report.

10. The tenth part of the report is a summary of the results of the various branches of industry and commerce. It gives a full and complete description of each branch, and of the progress it has made since the last report. It also gives a full and complete description of the various branches of industry and commerce, and of the progress it has made since the last report.

WSTĘP

Niezbędne każdemu górnikowi wiadomości z zakresu pożarów podziemnych sprowadzają się do trzech podstawowych zagadnień, a mianowicie: zapobiegania pożarom, zabezpieczenia ludzi i samej kopalni w przypadku powstania pożarów i skutecznej ich likwidacji.

Dla należytego zrozumienia środków profilaktycznych, jakie należy zastosować w celu niedopuszczenia do powstania pożarów, konieczne jest zarówno poznanie przyczyn ich wywołujących, jak i całego przebiegu pożaru. Niebezpieczeństwo ze strony pożarów dla ludzi i samej kopalni tkwi w szeregu towarzyszących zjawisk, do których w pierwszym rzędzie należy zaliczyć możliwość zaburzeń w sieci wentylacyjnej i wybuchów gazów pożarowych. Znajomość oznak pożarów podziemnych i towarzyszących im zjawisk umożliwia wczesne wykrycie pożarów, uniknięcie zaskoczenia i przedsięwzięcie na czas środków w celu zabezpieczenia ludzi i zlokalizowania pożaru w jak najwcześniejszej fazie jego rozwoju, by nie zagrażał on większemu obszarowi lub nawet całości kopalni. Szybka i skuteczna likwidacja powstałego pożaru jest możliwa tylko wtedy, gdy w najkrótszym czasie potrafimy określić miejsce znajdowania się jego ogniska i dojść do niego, jak również gdy będziemy należycie obeznani ze sposobami gaszenia i potrafimy odpowiednio zorganizować całą akcję.

Rozdział I

POWSTAWANIE I PRZEBIEG POŻARÓW PODZIEMNYCH

Do powstania pożaru niezbędne są trzy warunki, a mianowicie obecność materiału palnego, jego zapalenie oraz doprowadzenie dostatecznej ilości tlenu. Przy braku nawet jednego z tych warunków pożar nie może się rozwinąć.

Do materiałów palnych znajdujących się w kopalni należy zaliczyć obudowę drewnianą, benzynę, smary, siano, słomę, szmaty oraz odpadki wełniane lub bawełniane służące do czyszczenia maszyn i przesiąknięte olejami, węgiel, łupki palne oraz rudy z dużą zawartością siarki.

Zapalenie materiałów palnych może nastąpić bądź to wskutek obecności zewnętrznego źródła ciepła o dostatecznie wysokiej temperaturze, bądź też na skutek przemian chemicznych lub fizycznych, jakim ulegają same materiały palne.

Odpowiednio do tego wyróżnia się dwa rodzaje pożarów, a mianowicie:

1. pożary powstałe wskutek przyczyn zewnętrznych (pożary egzogeniczne),
2. pożary powstałe wskutek samozapalenia (pożary endogeniczne).

W kopalniach węgla przeważają pożary wskutek samozapalenia, w kopalniach rud natomiast — pożary wskutek przyczyn zewnętrznych. W górno-śląskich kopalniach węgla kamiennego 89% pożarów powstaje wskutek samozapalenia, a 11% z przyczyn zewnętrznych (dane statystyczne z lat 1947 ÷ 1950). Przeciętnie na Górnym Śląsku przypada około 5 pożarów na 1 milion ton wydobycia.

Podobne stosunki istnieją również i w innych zagłębiach węglowych. Tak np. ilość pożarów endogenicznych w Zagłębiu Kuźnieckim wynosi 88%, w Azji Środkowej — 90%, w zagłębiach Dalekiego Wschodu (ZSRR) — 94%. Zdarzają się jednak zagłębia węglowe, w których wybitnie przeważa ilość pożarów egzogenicznych. Tak na przykład w Zagłębiu Donieckim 33% pożarów powstaje wskutek samozapalenia, natomiast 67% z przyczyn zewnętrznych.

W uralskich kopalniach miedzi ilość pożarów endogenicznych wynosi 46%, egzogenicznych zaś 54%.

Palenie może przebiegać zarówno z pojawieniem się płomienia, jak i bez niego. Płomień występuje tylko wtedy, gdy podczas palenia wydzielają się palne pary lub gazy. Długość płomienia przy paleniu się węgla zależy od zawartości w nim części lotnych. Największy płomień występuje przy spalaniu węgla długopłomiennych, najmniejszy — przy spalaniu węgla chudych. Antracyty z reguły zalicza się do węgla bezpłomiennych.

1. Pożary wskutek przyczyn zewnętrznych

Z przyczyn zewnętrznych mogą powstać pożary w kopalniach wskutek obecności otwartego płomienia, wskutek wadliwego działania urządzeń elektrycznych lub mechanicznych, wskutek wybuchów gazu kopalnianego, a zwłaszcza pyłu węglowego, wreszcie przyczyną pożaru może być użycie materiałów wybuchowych. Udział tych przyczyn w kopalniach rud przedstawia się, jak podano w tablicy 1.

Tablica 1

Procentowa ilość pożarów w kopalniach rud spowodowanych różnymi przyczynami

Grupy pożarów	Ilość pożarów, %	
	kopalnie rudy w USA (do roku 1922)	kopalnie pirytów na Uralu (1913 ÷ 1935)
Obecność otwartego płomienia . . .	49	33
Samozapalenie	13	33
Urządzenia elektryczne	7	20
Materiały wybuchowe	3	14
Przyczyny nieznane	28	

Jeżeli przeanalizuje się statystykę amerykańską do r. 1917 i po tym roku, to okaże się, że przed rokiem 1917 większość pożarów, gdyż 66%, przypadła na obecność otwartego płomienia, pożarów natomiast wywołanych urządzeniami elektrycznymi było zaledwie 4%. Po roku 1917 sytuacja gruntownie się zmieniła: liczba pożarów wskutek otwartego płomienia spada do połowy (33%), a to w związku z stopniowym wprowadzeniem lamp akumulatorowych oraz szerokim zastosowaniem elektryczności, która od tego czasu jest główną przyczyną pożarów egzogenicznych (44%).

Na Uralu obecność otwartego płomienia była do r. 1935 głównym powodem pożarów powstałych z przyczyn zewnętrznych.

Jak z powyższego wynika, w kopalniach mało elektryfikowanych największa ilość pożarów powstaje wskutek używania otwartego płomienia, w kopalniach natomiast zelektryfikowanych największa ilość pożarów powstaje wskutek wadliwego działania lub błędów instalacji elektrycznej.

Pożary wskutek przyczyn zewnętrznych mogą powstać w każdej kopalni i niemal w każdym jej miejscu. Pożary te są o tyle niebezpieczne, że powstają nagle i niespodziewanie, bez jakichkolwiek oznak ostrzegawczych, wskutek czego akcja ratownicza bywa niemal zawsze spóźniona. Cechą charakterystyczną pożarów podziemnych tej grupy jest bardzo szybki ich rozwój, któremu towarzyszy palenie się obudowy i obfite wydzielanie dymu. Wskutek wypalenia obudowy powstają zawały zagradzające dostęp do ognia od strony dopływu powietrza, od strony zaś odpływu gazów dojsię do ognia jest niemożliwe ze względu na wysoką temperaturę.

Najniebezpieczniejsze pożary powstają wskutek wadliwego działania urządzeń elektrycznych lub nieumiejętnego obchodzenia się z nimi, co może wywołać zapalenie oleju transformatorowego lub izolacji przewodów elektrycznych. Poza tym niebezpieczne pożary powstają wskutek zapalenia drewnianej obudowy, smarów i innych materiałów palnych wytwarzających dużo dymu oraz gazów duszących i trujących. Gazy te rozchodzą się po wyrobiskach i zagrażają życiu ludzi pracujących w kopalni.

Niespodziewane powstanie pożaru i intensywny jego rozwój przyczyniają się do wywołania paniki wśród robotników i pozbawiają nadzór techniczny spokoju nieodzownego przy tłumieniu wszelkich pożarów.

Wszystko to powoduje, że skutki pożarów egzogenicznych mogą być bardzo groźne dla kopalni i jej załogi, a liczba ofiar w czasie pożarów egzogenicznych jest na ogół większa niż w czasie pożarów endogenicznych i dochodzi do setek ludzi.

a. Pożary wywołane otwartym płomieniem

Pożary wskutek obecności otwartego płomienia mogą być wywołane zarówno nieostrożnym obchodzeniem się z ogniem, jak i rozmyślnym podpaleniem.

Nieostrożne obchodzenie się z ogniem w szybach i chodnikach z obudową drewnianą, w stajniach i komorach maszynowych, w których znajdują się materiały palne, jak siano, słoma, benzyna, smary, nasyczone olejem konopie, bawełna, wełna itp., jest stosunkowo częstą przyczyną pożarów w kopalniach. Pożary takie powstają wskutek zapalenia się drewnianej obudowy od zawieszanej lampy z otwartym płomieniem, przez rzucenie palącej się zapalki lub porzucenie niedopałka papierosa oraz używanie przyrządów do spawania. Pozostawienie w dostępnych miejscach kawałków drewna, pustych skrzynek z materiałów wybuchowych, trocin, odpadków olejów itp. jest pod względem pożarowym bardzo niebezpieczne, gdyż wszystko to może się łatwo zapalić przy nieostrożnym obchodzeniu się z ogniem. Palnymi są również gumowe taśmy transportowe.

W jednej z kopalń Stanów Zjednoczonych w r. 1909 zginęło 256 ludzi wskutek zapalenia siana w pobliżu szybu wdechowego. Duża katastrofa miała miejsce również w Niemczech w r. 1896, kiedy to wskutek zapalenia drewnianego zbrojenia szybu (z obudową murową) zginęło 104 ludzi.

Używanie lamp otwartych z knotem jest na ogół bardziej niebezpieczne aniżeli lamp zamkniętych, a nawet otwartych acetylenowych, a to wskutek możliwości odpadania tłących się części knota. Między innymi tłący się knot z lampy był przyczyną zapoczątkowania w przedziale drabinowym szybu „Maria“ dużego pożaru kopalni galeny w Przybramie w r. 1892, w czasie którego straciło życie 330 ludzi na ogólną liczbę 835 zajętych wtedy pod ziemią.

Na podstawie danych statystycznych ustalono, że przyczynami pożarów podziemnych wywołanych otwartym płomieniem są najczęściej: nieostrożne obchodzenie się z lampami płomieniowymi, niezachowanie dostatecznych środków ostrożności przy transporcie i przechowywaniu smarów i innych ciekłych materiałów palnych, palenie tytoniu oraz stosowanie otwartego płomienia przy robotach strzelniczych.

Pożary wywołane rozmyślnym podpaleniem jako akt sabotażu mogą być szczególnie groźne dla kopalni, gdyż zazwyczaj są one z góry obmyślane i starannie przygotowane w celu wyrządzenia jak największej szkody kopalni, a nawet i jej załodze. Podpalacz dla wzniesienia pożaru korzysta często z materiałów łatwopalnych, a wskutek tego pożar rozwija się zwykle bardzo szybko, co utrudnia lub uniemożliwia uratowanie ludzi, znajdujących się w prądzie dymów.

b. Pożary wskutek wadliwego działania urządzeń elektrycznych i mechanicznych

Wraz ze wzrostem elektryfikacji kopalń wzrasta ilość pożarów podziemnych wywołanych wadliwym działaniem urządzeń elektrycznych. Źródłem pożaru mogą być ogrzane do wysokiej temperatury przewodniki

prądu wskutek ich przeciążenia, jak również powstanie łuku lub iskier elektrycznych. Źródłem pożaru mogą być zarówno przewody z izolacją gumową, jak i kable opancerzone oraz urządzenia elektryczne (transformatory, wyłączniki i inne), zawierające łatwo zapalne oleje. Na podstawie danych statystycznych przyjąć można, że jedną z najczęstszych przyczyn tego rodzaju pożarów jest *sieć elektryczna*.

Przy przewozie elektrycznym oraz czasem przy sygnalizacji i połączeniu telefonicznym używa się przewodów nieizolowanych, we wszystkich innych przypadkach — przewodów izolowanych. W instalacjach stałych przewody (kable) są opancerzone, w ruchomych — giętke z izolacją gumową. Pożar zostaje wywołany zwykle zwarcie, które może spowodować zapalenia izolacji przewodu, a od tego i zapalenie obudowy.

Zwarcie w przewodach powstaje zazwyczaj wskutek ich uszkodzenia, które może nastąpić przy spadaniu brył skalnych, przy zaciskaniu wyrobisk, przy uderzeniu narzędziami górniczymi, jak również wskutek niedbałego ułożenia przewodu, wadliwego wykonania połączeń, działania wód kwaśnych, przeciążenia przewodu itd.

Jedynym skutecznym środkiem zwalczania tych przyczyn jest staranne układanie przewodów i zwiększenie nadzoru nad nimi. Co się tyczy przewodów nieizolowanych, to muszą one być przytwierdzone do izolatorów.

Jeżeli nastąpi zawał w wyrobisku, w którym przeprowadzony jest kabel, lub też jeżeli wskutek tąpnięcia zostanie ono zaciśnięte, należy niezwłocznie wyłączyć prąd. Nieprzestrzeganie tej zasady może czasami przyczynić się do powstania pożaru w zawalisku i uduszenia ludzi dymem. Podobny wypadek miał miejsce w jednej w naszych kopalni w r. 1950. Wskutek tąpnięcia powstał zawał w chodniku doprowadzającym świeże powietrze do pola. Po upływie krótkiego czasu zawalony węgiel zapalił się wskutek uszkodzenia w tym miejscu kabla, dym zaś skierował się do pola, w którym odcięci zostali pracujący górnicy. Tylko szczęśliwej okoliczności, że chodnik wentylacyjny obudowany był łukami stalowymi i nie został w czasie tąpnięcia całkowicie zagnieciony, należy zawdzięczać uratowanie ludzi.

Zdarzały się również zapalenia lampą acetylenową izolacji przewodu. Wypadek taki miał miejsce w r. 1917 w Stanach Zjednoczonych, pociągnął on za sobą 163 ofiary w ludziach.

Wadliwe zainstalowanie lub niewłaściwa eksploatacja *urządzeń elektrycznych* mogą również pociągnąć za sobą powstanie pożaru. Często bardzo przeciążenie silników lub transformatorów prowadzi do ich zagrzanania i zapalenia.

Należy poza tym mieć na uwadze, że wadliwe działanie urządzeń elektrycznych jest jedną z najważniejszych przyczyn wybuchów gazu, które w konsekwencji mogą również pociągnąć za sobą pożar.

Pożar może powstać wskutek wadliwego działania nie tylko *urządzeń elektrycznych*, lecz również i *mechanicznych*. Tak np. wskutek zatarcia się łożysk kół w przenośnikach taśmowych może wytworzyć się temperatura wystarczająca do zapalenia nagromadzonego tu miazgu, powstały zaś płomień może następnie zapalić taśmę gumową lub obudowę.

c. Pożary wywołane wybuchami gazu lub pyłu węglowego

Wybuchy gazu kopalnianego, a zwłaszcza pyłu węglowego, obejmujące znaczny obszar kopalni, mogą być powodem zapalenia materiałów palnych

napotkanych na drodze przebiegu płomienia wybuchu. Tym się też tłumaczy, że większym wybuchom w kopalniach towarzyszą często poważne pożary, których ugaszenie wobec możliwości dalszych wybuchów jest zwykle utrudnione, co zmusza nieraz do zamknięcia dużej części lub nawet całej kopalni.

Do poważniejszych wypadków, kiedy wybuch pociągnął za sobą pożar kopalni, należą wybuchy w:

kopalni Larisch-Mönnich (Karwina) w r. 1894	ofiar 235
kopalni Courrières (Francja) w r. 1906	ofiar 1230
kopalni Rheden (Saara) w r. 1907	ofiar 143
kopalni Radbod (Westfalia) w r. 1908	ofiar 341

W kopalniach piryty obserwowane są również, jakkolwiek znacznie rzadziej aniżeli w kopalniach węgla, wybuchy pyłu pirytowego, którym towarzyszy obfite wydzielanie się SO_2 . Wybuchy te pod względem swych skutków podobne są do wybuchów pyłu węgla kamiennego. Osadzony po wybuchu pył przypomina swym wyglądem wypalki pirytowe. Najniższa temperatura (225°C), przy której możliwe jest wywołanie wybuchu odpowiada mieszaninie pyłu pirytowego z powietrzem w stosunku $400\text{ g na } 1\text{ m}^3$, a więc warunkom zbliżonym do wywołujących wybuch pyłu węgla kamiennego.

Wybuchy pyłu pirytowego są jednak zjawiskiem stosunkowo rzadkim w kopalniach.

d. Pożary wskutek robót strzelniczych

Zarówno w kopalniach węgla, jak i piryty, roboty strzelnicze mogą być przyczyną pożarów w tych przypadkach, gdy w przodku jest nagromadzona znaczna ilość pyłu.

Płomień materiału wybuchowego może ten pył zapalić a przy sprzyjających warunkach może również wywołać jego eksplozję, co z kolei może zapoczątkować pożar.

Że strzały mogą wywołać eksplozję pyłu, znane jest z doświadczeń nad wybuchowością pyłu, za dowód natomiast możliwości zapalenia pyłu bez zjawiska wybuchu mogą posłużyć obserwowane w kopalniach piryty przypadki, kiedy pył siarczkowy znajdujący się w przodku i mający zwykle barwę zielonkawą po strzałach nabiera zabarwienia brunatno czerwonego i wykazuje wybitne zmniejszenie zawartości siarki (np. z 45% na 19%), przy czym następuje obfite wydzielanie się SO_2 . Zjawisko takie tym bardziej możliwe jest w kopalniach węgla.

Obserwuje się niekiedy, że po strzałach zapala się odzież, smar lub inne przedmioty pozostawione niedaleko przodku. Może to być wytłumaczone zapaleniem tych przedmiotów od palącego się pyłu.

Jeżeli chodzi o pył pirytowy, to zauważono, że zapalenie jego w przodku po strzałach jest zjawiskiem znacznie częstszym aniżeli wybuchy. Dla uniknięcia możliwości zapalenia lub eksplozji pyłu po strzałach należy stosować środki zdążające do zmniejszenia jego ilości w przodku bądź do jego unieszkodliwienia przez zraszanie lub opylanie pyłem kamiennym. Dużą rolę odgrywa również przybitka otworów strzałowych. Przez dokładne i szczelne wykonanie przybitki można uniknąć w ogóle pojawienia się płomienia w przodku w czasie strzałów. Odnosi się to nie tylko do materiałów wybuchowych powietrznych, lecz również i do innych, a między innymi nawet i do dynamitów.

2. Pożary wskutek samozapalenia węgla

Pożary endogeniczne w kopalniach węgla są skutkiem trzech przyczyn, a mianowicie:

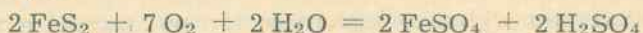
1. skłonności węgla do samozapalenia,
2. zastosowania nieodpowiedniego systemu eksploatacji,
3. nieodpowiedniego przewietrzania kopalni.

W związku z tym pożar może powstać nawet w pokładzie, który na ogół biorąc nie ma większej skłonności do samozapalenia. Odwrotnie, przez należyte prowadzenie robót górniczych i zastosowanie odpowiedniego przewietrzania można uniknąć powstania pożaru nawet w pokładzie o dużej skłonności do samozapalenia.

W porównaniu z pożarami wywołanymi przyczynami zewnętrznymi, pożary endogeniczne odznaczają się zwykle bardziej spokojnym przebiegiem i często mogą być wykryte we wczesnym stadium ich rozwoju. Z drugiej jednak strony wskutek niedostępności ogniska pożary pochodzenia endogenicznego jest znacznie trudniej ugasić, aniżeli pożary wywołane przyczynami zewnętrznymi, toteż trwają one zwykle znacznie dłużej od pożarów egzogenicznych, a mianowicie bardzo często miesiące lub lata, a niekiedy nawet dziesiątki lat.

a. Proces samozapalenia węgla

Badania nad zagadnieniem samozapalenia węgla zaczęły się już od początku XVII stulecia, kiedy to Plott dla wyjaśnienia przyczyn pożarów podziemnych w angielskich kopalniach podał swoją teorię, której istota sprowadzała się do nagrzewania węgla wskutek działania tlenu i wody na piryty znajdujący się w węglu. Według tej teorii egzotermiczna reakcja utleniania piryty



przyczynia się do nagrzewania substancji węglowej aż do punktu jej zapłnienia. Teoria ta, tzw. *pirytowa*, była ogólnie przyjęta do połowy XIX stulecia.

Szeregiem dalszych badań ustalono, że piryty nie jest bynajmniej zasadniczym czynnikiem w procesie samozapalenia, gdyż wiele węgla, nie zawierającego w ogóle piryty ulega również samozapaleniu. Ustalono poza tym (Parr), że przy ogrzaniu węgla do temperatury 65° rozpoczyna się tworzenie CO_2 , a więc utlenianie węgla, któremu towarzyszy wydzielanie ciepła (2,1 cal przy pochłanianiu przez węgiel $1 \text{ cm}^3 \text{ O}_2$), co w konsekwencji pociąga za sobą zwiększenie prędkości utleniania i dalszy wzrost temperatury aż do punktu zapłnienia. Tak więc przyczyną zjawiska samozapalenia jest utlenianie węgla. Teoria utleniania substancji węglowej znalazła całkowite potwierdzenie naukowe, tak że pod tym względem nie ma obecnie żadnych wątpliwości. Rozbieżność zdań istnieje natomiast do dnia dzisiejszego w odniesieniu do przyczyny zapoczątkowania procesu samozagrzewania węgla i podniesienia go do temperatury około 65° , niezbędnej dla rozwoju w dalszym ciągu chemicznej reakcji utleniania.

W celu wyjaśnienia przyczyny zapoczątkowania procesu samozagrzewania wysunięto szereg teorii, które mają zarówno swoich zwolenników, jak i przeciwników. Wrócono mianowicie do teorii *pirytowej*, która została opracowana przez Berzelliusa, Macphersona, Simkina i Wilda, wysunięto teorię *bakteryjną* (Potter), tłumacząc zapoczątkowanie samozagrzewania

węgla procesem fermentacji. Bardzo wielu badaczy główną rolę przypisuje jednak i tu *tlenowi*, a mianowicie bądź to zdolności węgla do adsorbowania tlenu ¹⁾, bądź też działaniu jego na związki nienasycone (Fischer, Haberman, Dering, Erdmann, Tronow, Kreulen) lub możliwości tworzenia się nadtlenków (Wheeler).

Jeżeli chodzi o zjawisko adsorpcji, to ten fizyko-chemiczny proces wiązania tlenu przebiega na ogół w niższych temperaturach i połączony jest, podobnie jak i chemiczny proces utleniania, z wydzielaniem ciepła. Według Parra samo tylko to zjawisko może podnieść temperaturę węgla do 50 ° C. Inne jednak badania (Turner i Sinkinson) wykazały, że termiczny efekt adsorpcji tlenu jest bardzo mały i znacznie mniejszy niż np. termiczny efekt adsorpcji CO₂ na powierzchni węgla. Dlatego też rola adsorpcji tlenu w jej czystej postaci jest znikoma w procesie samozagrzewania, procesy natomiast chemicznego współdziałania tlenu i węgla dają znacznie większy efekt termiczny. Wobec tego przypuszczać należy, że równocześnie z adsorpcją tlenu występuje również i jego chemiczne współdziałanie z węglem (chemisorpcja).

Doświadczenia Kreulena wykazały, że w procesie oddziaływania tlenu na węgiel da się wyróżnić trzy okresy. Pierwszy okres trwa około 40 dni i w ciągu tego czasu zwiększa się ciężar węgla (około 8 %) wskutek adsorpcji tlenu (ilość pochłanianego tlenu jest większa od wydzielonej ilości CO₂ i H₂O). W ciągu drugiego okresu, który trwa 53 dni, ciężar węgla pozostaje stały. Trzeci okres charakteryzuje się zmniejszeniem ciężaru węgla (ilość lotnych produktów utleniania jest większa od ilości pochłanianego tlenu).

Według W. F. Oreszki, który badał zmiany ciężaru różnych rodzajów węgla w czasie utleniania przy jednostajnie wzrastającej temperaturze, proces podzielić można na następujące okresy:

1. w temperaturze poniżej 80 ° C następuje przyrost ciężaru węgla z powodu sorpcji tlenu, tzn. jego adsorpcji i chemisorpcji oraz wskutek powstawania stałych związków powierzchniowych (nadtlenków);
2. powyżej 80 ° C ciężar węgla maleje wskutek rozpadu tych związków i osiąga minimum dla różnych rodzajów węgla przy temperaturze 155 ÷ 170 ° C w przypadku ogrzewania węgla w powietrzu; w przypadku czystego tlenu temperatura ta jest niższa i wynosi 120 ÷ 150 ° C;
3. po przekroczeniu tej temperatury ciężar znów rośnie aż do temperatury zapalności wskutek tworzenia się związków trwalszych aniżeli nadtlenki;
4. po przekroczeniu temperatury zapłonu (223 ÷ 330 ° C w powietrzu i 188 ÷ 261 ° C w tlenie) ciężar bardzo szybko maleje.

Doświadczenia Richtersa wykazały, że przy dłużej trwającym ogrzaniu prób węgla w powietrzu przy temperaturze 180 ÷ 200 ° C zmniejsza się w nich zawartość C (z 83,2% na 75,4%) i H₂ (z 4,3% na 2,6%), zwiększa się natomiast wybitnie zawartość O₂ (z 8,3% na 17,6%) przy równoczesnym zwiększeniu ciężaru właściwego węgla (z 1,30 na 1,48).

Jeżeli ciepło wytwarzane przy utlenianiu nie jest odprowadzane na zewnątrz, temperatura węgla stale się podnosi, czemu sprzyja ta okoliczność, że węgiel jest złym przewodnikiem ciepła.

¹⁾ Adsorpcją nazywa się własność gromadzenia na powierzchni ciała cząsteczek substancji znajdujących się w jego otoczeniu.

Wzrost temperatury następuje na początku powoli, a następnie w coraz to szybszym tempie (rys. 1).

Jak pokazuje jest wzrost intensywności utleniania węgla przy podniesieniu temperatury, może posłużyć następujący przykład: podczas doświadczeń Erdmanna nad węglem brunatnym ustalono, że przy temperaturze 15 °C z 500 kg węgla wydzielą się w ciągu 24 godzin 8 mg CO₂; przy podwyższeniu temperatury do 35 ÷ 40 °C wydzielanie CO₂ zwiększa się 8 razy; przy 80 ÷ 85 °C — 25 razy, a przy 150 °C aż 800 razy.

Wskutek tego skład powietrza otaczającego lub opływającego daną partię węgla zmienia się zależnie od temperatury oraz rodzaju węgla i może np. wynosić (W. Olpiński):

temperatura węgla, °C	30	45	80	120
zawartość w powietrzu O ₂ , %	19,5	19	12	2 ÷ 0,5
zawartość w powietrzu CO ₂ , %	0,2	0,3	2	5 ÷ 11
zawartość w powietrzu CO, %	0,003	0,02	0,3	1,5 ÷ 3

Przy dalszym wzroście temperatury wydzielanie CO₂ i CO jest jeszcze większe, a równocześnie z tym węgiel się odgazowuje, wydzielają się z niego węglowodory, którym towarzyszy charakterystyczny zapach, a następnie proces utleniania węgla przechodzi w *palenie*.

Wybitny wzrost prędkości podniesienia temperatury obserwuje się w granicach 60 ÷ 100 °C (średnio 80 °C), dlatego też temperaturę tę uważa się za krytyczną, a po jej przekroczeniu pożar następuje już w krótkim stosunkowo czasie.

Duże ilości CO tworzą się dopiero przy wyższych temperaturach (powyżej 300 °C) w przypadku niecałkowitego spalania węgla ($C + \frac{1}{2} O_2 = CO$) lub przy częściowej redukcji CO₂ w zetknięciu z rozżarzonym węglem ($CO_2 + C = 2 CO$).

Największą zdolnością utleniania się, a więc i samozapalania, odznacza się miał, a zwłaszcza *pył węglowy*, gdyż ma on olbrzymią wprost powierzchnię zetknięcia się z tlenem

Tablica 2

Wielkość powierzchni ziarn sześciennych o łącznej objętości 1 dm³

Bok sześcianu mm	Powierzchnia m ²
10	0,6
1	6
0,1	60
0,01	600
0,001	6000
0,0001	60000

(tablica 2). Poza tym punkty zapłonu pyłu są znacznie niższe, aniżeli ziarenek większych z tego samego węgla (rys. 2).

Temperatura zapłonu węgla brunatnych, tzn. temperatura, do jakiej należy ogrzać węgiel, ażeby on się zapalił, wynosi około 250 °C, węgla kamiennych około 300 ÷ 350 °C i antracytu około 400 °C. Węgla polskie o ziarnach średnicy 1,5 ÷ 2 mm mają w większości przypadków punkty zapłonu w granicach 330 do

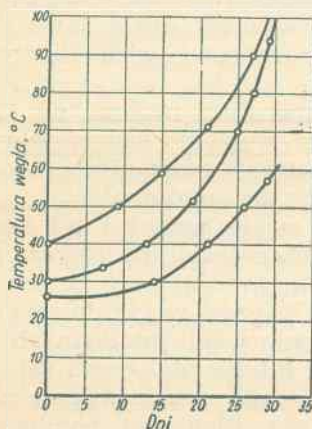
360 °C, jednakże niektóre węgle już przy tym stopniu rozdrobnienia mają punkty zapłonu znacznie niższe, dochodzące do 210 °C. Punkty zapłonu ziarn o średnicy mniejszej od 1 mm są jeszcze niższe i leżą w granicach 190 ÷ 220 °C.

Dlatego też najbardziej niebezpiecznymi miejscami dla powstawania pożarów podziemnych wskutek samozapalenia węgla są te, gdzie w większej ilości może być nagromadzony pył lub miał węglowy. Warunki takie istnieją w kopalni w starych zrobach, w miejscach nagromadzenia skruszonego węgla oraz w szczelinach wypełnionych pyłem węglowym. Samo-

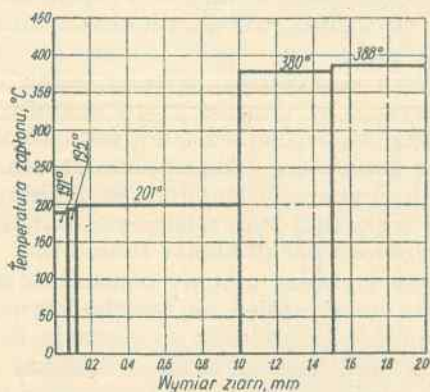
zapalenie węgla na składach zaobserwowano również tylko w przypadkach obecności miazgu węglowego.

Przy zwykłej temperaturze proces utleniania węgla przebiega bardzo powoli i trwać może nawet przez wiele miesięcy, z chwilą jednak przekroczenia temperatury $60 \div 80^\circ\text{C}$ dalszy jej wzrost może odbywać się bardzo prędko, a wskutek tego temperaturę tę należy uważać już jako niebezpieczną.

Wysoka temperatura, jaką się często obserwuje w kopalni, ułatwia proces utleniania, a tym samym jest ona czynnikiem sprzyjającym samozagrzewaniu węgla, przyspieszającym jego samozapalenie.



Rys. 1. Pomiary temperatury calizny węglowej w kopalni Modrzejów (Urban)



Rys. 2. Temperatury zapłonu miazgu węglowego o różnym stopniu rozdrobnienia (Świętosławski i Grochowski)

Aczkolwiek dane dotyczące temperatury skał w miejscu rozwiniętych pożarów są bardzo skąpe, to jednak na podstawie obserwowanego w niektórych przypadkach stopienia skał przyjąć można, że temperatura przekracza często 1000°C i dochodzi nawet do 1500°C .

b. Skłonność pokładów węgla do samozapalenia

Nie wszystkie pokłady węgla są jednakowo skłonne do samozapalenia. Skłonność ta zależy od rodzaju substancji węglowej, obecności w niej piritu i zawilgocenia jak również od grubości pokładu i stopnia jego zgnicenia.

1. Substancja węglowa. Dla określenia skłonności substancji węglowej do samozapalenia zaproponowano znaczną ilość różnych metod laboratoryjnych, których większość oparta jest na określeniu temperatury zapalności węgla, tzn. temperatury, do jakiej należy ogrzać węgiel, ażeby on się zapalił. Temperatura ta na ogół biorąc odpowiada tylko względnej skłonności węgla do samozapalenia, a mianowicie antracyty i węgle chude mają najwyższe temperatury zapłonu, a jednocześnie stosunkowo najtrudniej ulegają samozapaleniu. Węgla gazowe i płomienne zapalają się przy niższych temperaturach, co również zgadza się z ich stosunkowo większą skłonnością do samozapalenia. Węgla brunatne odpowiednio do dużej ich skłonności do samozapalenia mają jeszcze niższe temperatury zapłonu.

Przy rozpatrywaniu poszczególnych klas węgla można się przekonać, że różnią się one znacznie pod względem niebezpieczeństwa powstawania pożarów, pomimo że temperatury ich zapłonu wahają się tylko w wąskich granicach. Pośród wszystkich klas węglowych spotyka się węgle zarówno skłonne, jak i nie skłonne do samozapalania, przy czym nie można ich rozróżnić ani na podstawie temperatur zapalności, ani też na podstawie analizy chemicznej.

Charakterystyczne jest, że nie zanotowano wypadków samozapalenia torfów na składach, pomimo łatwego ich utleniania i niskiej temperatury zapłonu. Tłumaczy się to tym, że proces utleniania substancji torfowej przebiega energicznie w okresie pierwszego stadium suszenia, kiedy większe podniesienie temperatury jest niemożliwe wskutek dużej zawartości wody w torfie. Proces utleniania zbliża się ku końcowi w chwili wysuszenia torfu.

Jak z powyższego wynika, sama tylko temperatura zapłonu nie charakteryzuje w dostatecznym stopniu skłonności węgla do samozapalania. Dowodzi tego również i ten fakt, że węgle zwietrzałe mają niższą temperaturę zapłonu, a jednocześnie są mniej skłonne do samozapalania.

Jak wykazały badania W. M. Majewskiej, węgle jednej i tej samej klasy wykazują tym większą skłonność do samozapalania, im większa jest ich zdolność pochłaniania tlenu.

Przy wyborze metody oznaczania stopnia skłonności węgla do samozapalenia należy mieć na uwadze, że samozapalenie węgla kamiennych nie następuje bezpośrednio po złożeniu ich na zwal lub po zgnieceniu calizny, lecz po upływie pewnego, czasami dość długiego czasu, wynoszącego kilka miesięcy. W ciągu tego czasu węgiel ulega utlenieniu, pomimo że jego temperatura pozostaje prawie że bez zmiany. Im łatwiej węgiel ulega utlenieniu w niższych temperaturach, tym bardziej jest on skłonny do samozapalenia.

Badania przeprowadzone przez G. L. Orleańską i W. S. Weselowskiego (1950) wykazały, że temperatura zapłonu wszystkich węgla kamiennych obniża się po ich utlenieniu i to w różnym stopniu. U jednych węgla obniżenie to jest nieznaczne, u innych natomiast jest stosunkowo duże. Doświadczenia wykazały, że temperatura zapłonu obniża się zarówno przy utlenianiu węgla w powietrzu, jak i przy jego utlenianiu innymi substancjami, np. kwasem azotowym lub dwutlenkiem wodoru. Przy porównaniu węgla skłonnego i nie skłonnego do samozapalenia zauważono dużą różnicę w ich zachowaniu się. Węgle bezpieczne pod względem pożarowym wykazują po ich utlenieniu obniżenie temperatury zapłonu zaledwie tylko o kilka stopni, gdy tymczasem u węgla łatwo ulegającego samozapaleniu obniżenie tej temperatury wynosi $25 \div 50^{\circ}\text{C}$. Ustalono przy tym, że własność obniżania temperatury zapłonu węgla po ich utlenieniu nie zależy od stopnia metamorfizmu tych węgla. Niebezpieczne pod względem pożarowym węgle starsze wykazują takie same obniżenie temperatury zapłonu, jak i węgle młodsze, pomimo że temperatura ta jest różna dla tych węgla (np. 390 i 350°C).

Jak z powyższego wynika, za miarę skłonności substancji węglowej do samozapalenia może służyć wielkość obniżenia temperatury zapłonu po utlenieniu substancji. Obniżenie tej temperatury jest jednocześnie wskaźnikiem łatwości utleniania substancji węglowej przy niskich temperaturach.

Do oznaczenia skłonności węgla do samozapalenia służy według metody Weselowskiego i Orleańskiej tyglowy piec elektryczny, w któ-

rym umieszczony jest miedziany blok termostatyczny mający otwory dla próbek z węglem oraz dla termopary lub termometru z podziałką do 400 °C (rys. 3). Próbkówki mają średnicę 8 mm, długość 100 mm. Połączone one są za pomocą rurek gumowych z biuretami, które mogą służyć również do pomiaru ilości wydzielającego się gazu. Do biuret tych przed doświadczeniem zasysa się wodę z wanny, w której zanurzone są dolne ich końce.

Rozdrobiony do 0,15 mm węgiel w ilości 0,1 g miesza się przy równoczesnym rozcieraniu drewnianym tłuczkiem z 0,075 g rozdrobnionego i wysuszonego przy 105 °C azotynu sodu (NaNO_2), wysypuje się do próbkówki, umieszcza się ją w bloku termostatycznym i łączy z biuretą. Równocześnie można w bloku umieścić kilka próbek, np. sześć. Stosunek ilości węgla do ilości substancji utleniającej (azotynu sodu) w granicach od 1 : 0,25 do 1 : 0,75, jak również ilość tej mieszaniny umieszczona w próbkówce nie wpływają na temperaturę zapłonu, prędkość ogrzewania natomiast wywiera duży wpływ na tę temperaturę i dlatego jako warunek przyjęto, ażeby prędkość ta wynosiła około 5 °C na min. Przy zachowaniu tego warunku rozbieżność równoległych określeń temperatury podaną metodą nie przekracza $1 \div 2$ °C.

Jako temperaturę zapłonu przyjmuje się temperaturę bloku w chwili wybuchu mieszaniny, tzn. w chwili nagłego obniżenia się poziomu wody w biurecie.

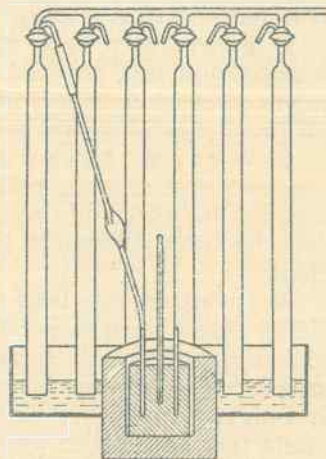
Utlenienie węgla przeprowadza się w sposób następujący: Węgiel rozdrobiony do 0,15 mm umieszcza się w porcelanowej miseczce, dodaje się do niego dwutlenku wodoru (0,5 ml na 1 g) i dokładnie miesza się aż do zupełnego zwilżenia. Miseczkę ze zwilżonym węglem umieszcza się następnie w ciemnym miejscu na przeciąg 24 godzin, po czym suszy się na świetle do uzyskania stałego ciężaru i określa się temperaturę zapłonu węgla podaną wyżej metodą. Różnica temperatury zapłonu węgla przed i po utlenieniu określa skłonność węgla do samozapalenia.

Dla określenia wskaźnika skłonności węgla do samozapalenia, którym jest obniżenie Δt temperatury zapłonu węgla przy jego utlenianiu w niskiej temperaturze, należy znać temperaturę zapłonu t_0 węgla nie utlenionego oraz temperaturę zapłonu t_2 tegoż węgla po jego utlenieniu za pomocą dwutlenku wodoru

$$\Delta t = t_0 - t_2$$

Dla oznaczenia t_0 należy pobrać próbkę węgla nieutlenionego z danego pokładu na możliwie głębokim poziomie, poza strefą utlenienia, lub też, w przypadku częściowego utlenienia węgla, dodać do niego 2,5% benzydyny (musi tu być użyta nie sól benzydyny, lecz zasada). Mieszaninę benzydyny z substancją utleniającą rozciera się drewnianym tłuczkiem, dodaje się węgiel i znowu się rozciera.

Przy wartości wskaźnika $\Delta t < 10$ °C węgiel jest bezpieczny pod względem samozapalenia; przy $\Delta t = 10 \div 25$ °C węgiel na ogół nie ulega samozapaleniu, niemniej jednak przy sprzyjających warunkach mogą



Rys. 3. Przyrząd do oznaczania temperatury zapłonu węgla

się zapalić. Przy $\Delta t = 25 \div 50^\circ\text{C}$ lub więcej węgle odznaczają się dużą skłonnością do samozapalenia.

Badania przeprowadzone przez Z. Maciejusza (1953) wykazały, że po zalaniu dwutlenkiem wodoru zmielonej próbki węgla skłonnego do samozapalenia temperatura jej przez pewien czas pozostaje bez większych zmian, wykazując tylko nieznaczne podniesienie. Po upływie kilku, kilkunastu lub kilkudziesięciu minut rozpoczyna się burzliwa reakcja egzotermiczna, przy czym temperatura podnosi się w ciągu kilku minut do 70 lub 80°C . W przypadku węgla, który nie wykazuje skłonności do samozapalenia, zjawiska tego się nie obserwuje i nawet po upływie kilku godzin temperatura podnosi się zaledwie o kilka stopni.

Z doświadczeń tych można wywnioskować, że *samozagrzewanie i samozapalenie jest, poprzedzane pewnym okresem przygotowawczym trwającym mniej lub więcej długi okres czasu, w ciągu którego utlenianie węgla przebiega w niskiej temperaturze.*

2. Wpływ składu petrograficznego węgla. Próby wyjaśnienia roli odmian petrograficznych w procesie samozapalenia nie doprowadziły jeszcze do ostatecznych wyników, niemniej jednak dotychczasowe badania pozwalają już na wyrobienie pewnego poglądu na to zagadnienie.

Najtwardszą odmianą węgla jest duryt, toteż w produkcji jego rozdrobnienia przeważają raczej ziarnka grubsze. Witryt jest bardzo kruchy, silnie spękany, przy czym szczeliny jego są często wypełnione pirytem; łatwo kruszy się na drobne ziarnka. Fuzyt jest sypki, łatwo rozpada się na najdrobniejszy pyłek; wzdłuż warstewek fuzytu węgiel najłatwiej się odziela (łatwiej aniżeli wzdłuż warstw witrytu).

W węglach polskich duryt i witryt mają mniej więcej jednakowe punkty zapłnienia. Punkty te przy ziarnach większych są stosunkowo wysokie i wyższe nawet, aniżeli punkt zapłnienia fuzytu ($190 \div 270^\circ\text{C}$). Po rozdrobieniu jednak durytu lub witrytu do stanu najdrobniejszego pyłu punkty ich zapłnienia obniżają się o $100 \div 150^\circ\text{C}$.

Budowie komórkowej fuzyt zawdzięcza znaczną zdolność pochłaniania tlenu, co uwypukla się zwłaszcza w temperaturze niskiej. Tak np. (Stopes i Wheeler) przy 15°C pochłania on $1,5 \div 2,0$ razy więcej tlenu, aniżeli inne składniki węgla, przy temperaturze 50°C — około 5 razy więcej, ale już przy 100°C zdolność sorpcyjna fuzytu jest znacznie niższa i stanowi zaledwie 0,7 zdolności sorpcyjnej innych składników.

Wynika stąd, że przy zwykłej temperaturze w kopalni fuzyt może być ośrodkiem samozagrzewania koniecznym do zapoczątkowania intensywnego utleniania stykających się z nim innych składników węgla, a zwłaszcza witrytu. Kruchy szczelinowaty witryt, a jednocześnie ubogi w popiół, ma wszystkie warunki ułatwiające proces samozapalenia.

Ze spostrzeżeń poczynionych na Górnym Śląsku (Lange) wynika, że pożary powstają głównie w pokładach bogatych w witryt. Inne obserwacje wskazują na to, że węgiel pasemkowy, złożony z warstewek różnych odmian petrograficznych (wg Ohnesorge z witrytu i durytu) jest najwięcej skłonny do samozapalenia.

3. Rola pirytu w procesie samozapalenia węgla została zbadana przez szereg badaczy (Parr, Graham, Richters, Macpherson, Simpkin, Wild i in.) i jakkolwiek w kwestii tej istnieją jeszcze sprzeczne poglądy, to jednak nie można ignorować tego czynnika, gdyż przy utlenianiu pirytu wydziela się dwukrotnie (Winmill) większa ilość ciepła ($4,3$ cal na $1\text{ cm}^3\text{ O}_2$), aniżeli przy utlenianiu węgla ($2,1$ cal na $1\text{ cm}^3\text{ O}_2$). Ciepło właściwe pi-

rytu ($0,18 \div 0,2$) jest mniejsze od ciepła właściwego węgla ($0,2 \div 0,4$) i wynosi około $\frac{2}{3}$ tego drugiego, co przyczynia się, że przy pochłonięciu takiej samej ilości tlenu temperatura pirytu jest 3 razy wyższa od temperatury węgla. Poza tym utlenianie pirytu przebiega w niższych temperaturach ($10 \div 15^\circ\text{C}$) aniżeli utlenianie węgla. Istotną wreszcie rolę może odgrywać tu końcowy produkt rozkładu piryków — tlenek żelaza (FeO_3), który energiczniej od węgla adsorbuje na swej powierzchni tlen, a nie będąc zdolny do dalszej reakcji utleniania, oddaje O_2 węglowi.

Wszystko to powoduje, że samozagrzewanie pirytu przebiega prędzej, aniżeli samozagrzewanie węgla, a wskutek tego obecność pirytu w węglu może przyspieszyć proces utleniania substancji węglowej w bezpośrednim sąsiedztwie z ziarnkami pirytu. Utlenianie pirytu znajdującego się w pokładach węgla może spowodować podniesienie się temperatury nawet do 72°C (Richters).

Inna rola piryków przy samozapalaniu węgla polega na tym, że wskutek utleniania zwiększają one swoją objętość, co powoduje rozkruszenie węgla sprzyjające również jego utlenieniu.

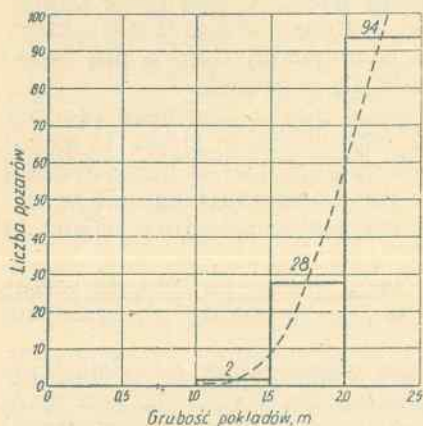
Udział piryków w procesie samozapalenia węgla zależy od postaci piryków (wg Mucka poważną rolę przy samozapaleniu węgla odgrywa markazyt), stopnia ich rozdrobnienia i rozproszenia w pokładzie węglowym.

Piryty mogą być przyczyną samozagrzewania węgla tylko w tym przypadku, gdy zawartość jego w węglu jest wysoka i gdy znajduje się on w stanie miążskiego rozdrobnienia. W tych przypadkach, gdy węgiel sam przez się nie jest skłonny do samozapalenia, dodatek około 30% pirytu przyczynia się do nadania mu tej własności (Winnill).

Spotykana w węglu siarka wolna nie ma zdolności do utleniania się w zwykłej temperaturze, a wskutek tego nie wywiera żadnego wpływu na proces samozagrzewania, bądź też wpływ ten jest tylko bardzo mały (Porter).

4. Wpływ wilgoci. Następnym czynnikiem mającym wpływ na utlenianie węgla jest jego zawilgocenie. W procesie samozagrzewania znaczna ilość ciepła musi być zużyta na odparowanie wody. Zanim cała woda, która nie jest związana z substancją węglową, nie zostanie wyparowana, temperatura węgla nie może podnieść się powyżej 100°C . Okoliczność ta wskazywałaby na to, że węgiel wilgotny powinien trudniej ulegać samozapaleniu. Z drugiej jednak strony obecność wilgoci ułatwia rozkład piryków oraz inne reakcje chemiczne, a tym samym sprzyja samozagrzewaniu węgla. Wykazano poza tym (A. A. Skoczyński i S. Z. Makarow), że uprzednia obróbka węgla wodą podnosi jego zdolność pochłaniania tlenu, np. po pierwszej obróbce wodą zdolność pochłaniania tlenu wzrosła o $3\text{ cm}^3/\text{g}$, po drugiej o 5, a po trzeciej nawet o $11\text{ cm}^3/\text{g}$. Przejawia się to szczególnie w przypadku węgla utlenionego, który utracił już w znacznym stopniu zdolność pochłaniania tlenu. Tłumaczy się to tym, że pory węgla zwietrzałego wypełnione są dwutlenkiem węgla i azotem. Wilgoć wyciska te gazy z powierzchni węgla, a po jej wyschnięciu zostaje przywrócona zdolność węgla do utleniania. Aktywującym wpływem wody na zdolność sorpcyjną tłumaczy się między innymi intensywne palenie zwałów węglowych po deszczach, jak również obserwowane często zjawisko, że gaszenie wodą pożaru endogenicznego doprowadza do silnej jego recydywy po spłynięciu wody. Katalityczny wpływ wilgoci na proces utleniania stwierdzono na podstawie licznych badań laboratoryjnych (Lie, Parr, Davis, Byrne, Haldane, Makgill i inni), przy czym ustalono, że wpływ działania wody wzrasta z temperaturą.

Jak z powyższego wynika, pomimo istniejących rozbieżności zdań co do roli wilgotności w procesie samozapalenia węgla, stwierdzić należy, że pewien stopień zawilgocenia węgla jest zjawiskiem sprzyjającym samozapaleniu, nadmiar natomiast wilgoci (kopalnianej) zmniejsza skłonność substancji węglowej do samozapalenia.



Rys. 4. Statystyka pożarów w Westfalii

Wzrost liczby pożarów przy zwiększaniu się grubości pokładów wyraźnie ilustruje wykres przedstawiony na rys. 4.

Podobne zjawisko obserwuje się również w innych zagłębiach. Tak np. w okresie czasu od 1917 do 1948 r. ilość pożarów w Zagłębiu Kuznieckim wynosiła:

w pokładach o grubości 1 ÷ 3 m	5,9%
w pokładach o grubości 3 ÷ 5 m	27,6%
w pokładach o grubości powyżej 5 m	66,5%

Jak z tego wynika jakkolwiek pożary wskutek samozapalenia obserwuje się nawet w pokładach bardzo cienkich (0,4 ÷ 0,3 m), to jednak *niebezpieczeństwo endogenicznych pożarów w pokładach grubych jest znacznie większe, aniżeli w cienkich* i dlatego też wszystkie grube pokłady można traktować jako skłonne do samozapalenia.

Tłumaczy się to zarówno łatwiejszym rozgniataniem węgla w pokładach grubych, jak i trudnością czystego ich wybierania oraz dłuższym czasem istnienia pól przygotowanych i narażonych na ciśnienie.

Ilość pożarów w pokładach stromych wybieranych z zawałem jest na ogół większa niż w pokładach o małym nachyleniu. Tak np. w Zagłębiu Kuznieckim ilość pożarów wynosiła:

w pokładach o nachyleniu 0 ÷ 25°	7,8%
w pokładach o nachyleniu 25 ÷ 45°	17,2%
w pokładach o nachyleniu 45 ÷ 90°	75,0%

Pożary w pokładach stromych powstają zwłaszcza przy niedużej głębokości eksploatacji, a to ze względu na łatwy dostęp powietrza do starych zrobów.

6. Stopień zgniecenia pokładu. Filary węglowe pozostawiane wzdłuż wyrobisk ulegają zwykle rozgniataniu, zwłaszcza w pokładach grubych i przy mocnych skałach stropowych. Powstają w nich szcze-

liny, które są wypełnione bardzo drobnym pyłem węglowym. Jeżeli powietrze ma tendencję przeciskania się przez taką szczelinę, powstają warunki sprzyjające samozapaleniu węgla. Poza tym ciśnienie przyczynia się do rozdrabniania i odpadania węgla, którego większe skupienia w wyrobisku lub nad jego obudową ułatwiają również proces samozagrzewania i samozapalenia.

Większe ciśnienie występuje na ogół na dużej głębokości, jak również w miejscach dyslokacji (uskoki, fałdy, zmiana grubości pokładu), gdzie też zmieniają się fizyczne własności węgla (obecność kliważu i szczelinowatości), a czasami nawet i chemiczne (większa zawartość piryty).

Jeżeli pokład zalega pod mocnymi skałami stropowymi (grube piaskowce, wapienie), filary w nim zostają zgniatanie znacznie silniej, aniżeli w takim samym pokładzie, ale zalegającym pod skałami słabymi. Dlatego też *skłonność do samozapalenia pokładów węgla zalegających pod mocnymi skałami jest większa*. To samo dotyczy również i pożarów w starych zrobach. Jeżeli strop pokładu łatwo rabuje się i szczelnie wypełnia wybraną przestrzeń, pożary podziemne nie przybierają na ogół poważniejszych rozmiarów. Pożary natomiast w pokładach pod mocnymi stropami obejmują często duże przestrzenie. Im mniej wytrzymały i zwięzły jest węgiel, im bardziej jest on kruchy, tym łatwiej ulega zgnieceniu i samozapaleniu.

Należy poza tym mieć na uwadze, że przy roznicianiu lub rozdrabnianiu węgla wytwarza się ciepło, które może mieć również pewien, jakkolwiek nieduży wpływ na zapoczątkowanie dalszego samozagrzewania węgla.

Badania laboratoryjne (Briggs) wykazały, że przy rozdrabnianiu węgla do wielkości 0,08 mm temperatura jego podnosi się o 29°C , przy rozdrabnianiu zaś łupków węglowych podniesienie temperatury wynosi nawet 38°C . Ten wzrost temperatury jest odwrotnie proporcjonalny do wymiarów ziarna materiału rozdrobnionego.

Przy roznicianiu filarów węglowych w kopalni podniesienie temperatury jest jednak znacznie mniejsze. Tak np. rozniciane filary mają zwykle temperaturę około $5 \div 8^{\circ}\text{C}$ wyższą od temperatury skał otaczających, co jest głównie wynikiem utleniania, wpływ natomiast pracy obniżenia stropu jest tu nieduży i wynosi około 1°C .

c. Wpływ systemu eksploatacji

Jednym z czynników wywierających poważny, jakkolwiek nie decydujący wpływ na powstawanie pożarów podziemnych jest sposób prowadzenia robót górniczych, a mianowicie wielkość pól, zastosowany system eksploatacji, ilość robót przygotowawczych, kolejność i kierunek wybierania pól itd. Wpływ sposobu prowadzenia robót górniczych na powstawanie pożarów endogenicznych polega głównie na tym, że z systemem eksploatacji jest ściśle związany stopień czystości wybierania pokładu, czas jego trwania, występujące ciśnienie górotworu oraz schemat przewietrzania pól.

Ściśle biorąc pożar może powstać przy każdym systemie wybierania pokładów, niemniej jednak przez odpowiednie rozplanowanie i prowadzenie robót prawdopodobieństwo pożaru może być wybitnie zmniejszone.

Przy eksploatacji pokładu z *zawałem stropu*, gdy pozostają w zrobach filary oporowe, nogi, niewybrane warstwy węgla w stropie lub spagu pokładu, jak również gdy do zawału dostają się przerosty lub niewyeksplotowane pokłady węglowe, *powstają sprzyjające warunki dla powstania pożarów w wybranej przestrzeni*. Systemy eksploatacji z *zawałem* mają jeszcze i tę ujemną stronę, że często przez powstałe szczeliny w skałach mo-

że istnieć połączenie z powierzchnią lub z wyrobiskami wyższego pokładu. Przez szczeliny te może dostawać się powietrze do starych zrobów i przyczynić się do powstania w nich pożaru.

Zastosowanie podsadzki, zwłaszcza pełnej, zmniejsza lub nawet wyklucza (np. szczelna podsadzka płynna) możliwość pożarów w starych zrobach, natomiast wskutek ugięcia się stropu nad podsadzką może się zwiększyć ciśnienie w bezpośrednio sąsiadujących filarach lub caliźnie i to w większym stopniu, aniżeli przy wybieraniu z zawałem, wobec czego istnieje tu większa możliwość pożarów w caliźnie.

W tych przypadkach, gdy podsadzka jest wykonana niedokładnie i zawiera przerosty węglowe, możliwe jest powstawanie pożarów w starych podsadzonych zrobach. Poza tym pożary występują również na granicy między podsadzoną dolną warstwą pokładu i położoną wyżej calizną węglową, a to ze względu na łatwy często dostęp powietrza do takich miejsc czy to na skutek osiadania podsadzki, czy też niedokładnego podsadzania dolnej warstwy. Podobne zjawiska obserwuje się również i w dobrze podsadzonych wyrobiskach, jeżeli tylko materiał podsadzkowy składa się z grubych kawałków skały. W przypadkach takich wskazane jest dodatkowe podsadzenie drobnym materiałem wolnych przestrzeni między kawałkami podsadzki.

Przy systemach filarowych oraz przy eksploatacji grubych pokładów warstwami poziomymi zachodzi konieczność wcześniejszego przygotowania pola przez rozcięcie go chodnikami. W systemach tych filary, będące przez dłuższy czas pod zwiększonym ciśnieniem zostają rozniatane, powietrze znajduje dostęp w głąb caliżny na dużej obnażonej powierzchni, a wskutek tego warunki do powstawania ogni są tu bardziej sprzyjające, aniżeli przy systemie ścianowym.

Im dłuższy czas upływa od chwili przygotowania pola do wybierania węgla, tym większe zachodzi prawdopodobieństwo powstania w nim pożaru. Z tego też względu zbyt duże wymiary pól eksploatacyjnych i pozwolne ich wybieranie sprzyjają powstawaniu w nich pożarów, podobnie jak i mała grubość filarów, a więc duża ilość chodników oraz duży ich przekrój.

Przy eksploatacji warstwami pokładów grubych stosuje się zwykle podsadzkę, przy czym wybieranie prowadzi się zaczynając od warstw dolnych. W takich przypadkach przy osiadaniu na podsadzce warstw górnych tworzą się w pokładzie szczeliny, które mogą ułatwiać samozapalenie.

Nieraz decydujący wpływ na powstawanie pożarów podziemnych wywiera nie tyle rodzaj systemu eksploatacji, ile kolejność i kierunek wybierania pól. Pod tym względem *wybijanie od miejsca udostępnienia do granic bardziej sprzyja powstawaniu pożarów*, aniżeli wybieranie pokładów od granic kopalni, zwłaszcza jeżeli wzdłuż chodników pozostawia się filary oporowe, które siłą rzeczy są tu narażone na duże ciśnienie.

Im prędzej się wybiera pokład, tym mniejsze jest prawdopodobieństwo powstania pożaru, gdyż wtedy może być węgiel wybrany jeszcze przed zakończeniem procesu przygotowawczego, w czasie którego utlenianie substancji węglowej przebiega w niskiej temperaturze.

Okolicznością sprzyjającą powstawaniu pożarów jest *dekoncentracja robót eksploatacyjnych*, gdyż w tym przypadku całkowita obnażona powierzchnia węgla jest duża, prędkość wybierania pól mała, a filary narażone są przez czas dłuższy na ciśnienie.

Z chwilą wprowadzenia podsadzki płynnej na Górnym Śląsku spodziewano się, że ilość pożarów wskutek samozapalenia wybitnie zmaleje. Na-

dzieje te okazały się jednak płonne, gdyż — jak wykazuje statystyka — przy eksploatacji z podsadzką płynną powstaje nawet więcej pożarów, niż przy eksploatacji z zawałem. Tak np. w r. 1950 były przeciętnie 4 pożary na 1 milion ton przy eksploatacji z zawałem i 8,2 pożarów przy eksploatacji z podsadzką płynną. Zjawisko to można wytłumaczyć przede wszystkim złym podsadzaniem wyrobisk, a poza tym zwiększeniem ilości pożarów w caliznie węglowej wskutek wzmożonego ciśnienia uginającego się stropu na filary węglowe w przypadku zastosowania podsadzki.

Porównanie ilości pożarów przy wybieraniu systemami zabierkowymi i ścianowymi wykazuje wyższość tych drugich nad systemami zabierkowymi. Odpowiednie zestawienie wskaźników zaognienia, tzn. liczby pożarów na 1 milion ton wydobywania, w pokładach 501 i 509/510 podane jest w tablicy 3.

Tablica 3

Ilość pożarów w r. 1950 na 1 milion ton wydobywania przy systemach zabierkowym i ścianowym

System wybierania	Ilość pożarów	
	w pokładzie 501	w pokładach 509/510
Zabierkowy z zawałem	14,5	16,0
Zabierkowy z podsadzką płynną . .	31,3	18,0
Ścianowy z zawałem	—	—
Ścianowy z podsadzką płynną . . .	28,5	7,1

Często przypuszcza się, że przy znacznych stratach węgla w starych zrobach prawdopodobieństwo powstawania podziemnych pożarów wzrasta, a przy stratach niedużych ilość pożarów jest mniejsza. Przypuszczenie takie okazuje się niesłuszne, gdyż jak to wykazał P. A. Manukian na podstawie licznych przykładów z Zagłębia Kuznieckiego, często pożary powstają nie w tych polach, gdzie straty są wysokie, lecz tam, gdzie są one znacznie niższe. Istnienie strat węgla w zrobach niewątpliwie przyczynia się do powstawania pożarów, wysokość ich jednak nie jest czynnikiem decydującym, a pożary podziemne mogą powstawać w polach z bardzo małymi nawet stratami węgla.

Pozostawione w starych zrobach filary węglowe nie zawsze w jednakowym stopniu zagrażają pożarem. Np. przy stromym nachyleniu pokładu filary, których oś jest usytuowana w kierunku upadu, przyczyniają się przy rozgniataciu do znacznego nagromadzenia rozdrobionego węgla w ich dolnej części, a wskutek tego są bardziej niebezpieczne aniżeli filary usytuowane w kierunku rozciągłości.

Przy rozgniataciu filarów w pokładach o nachyleniu mniejszym od 55° węgiel, zwłaszcza drobny, zatrzymuje się na spagu pokładu i tworzy cienką warstwę, która nie ulega tak łatwo samozapaleniu, jak duże skupienia węgla. Filary grube są na ogół mniej niebezpieczne aniżeli cienkie, gdyż nie ulegają tak łatwo rozgniataciu; pozostawienie warstwy węgla w stropie pokładu jest bardziej niebezpieczne pod względem pożarowym, aniżeli warstwy w spagu pokładu, która zazwyczaj nie ulega samozapaleniu.

Przy wybieraniu pokładów grubych z zawałem mamy zwykle duże straty drewna w starych zrobach. Przy znacznym nagromadzeniu w tych zrobach obudowy zasypanej węglem można spodziewać się zarówno jej samonagrzewania, jak i zapalenia. Że w sprzyjających warunkach może na-

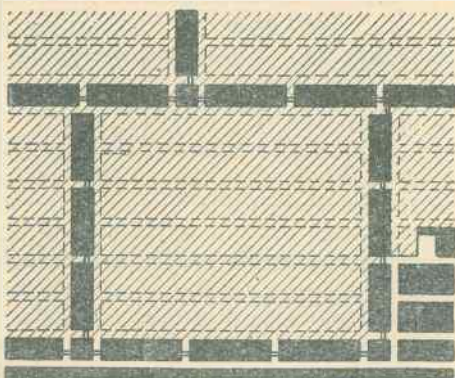
stąpić samozapalenie drewna, dowodzi przykład jednej z kopalń Zagłębia Kuznieckiego, gdzie w r. 1932 wskutek zawału przeczniccy powstał dzwon wysokości $6 \div 7$ m, który zabudowano stosami ze starego drewna. Po upływie pół roku powstał w nim pożar, który zlikwidowano, niemniej jednak w dalszym ciągu obserwowano samozagrzewanie drewna.

Jednym z ważniejszych czynników mających istotny wpływ na powstawanie pożarów podziemnych jest *prędkość wybierania pola*. Przy powolnym postępie frontu eksploatacji wybrana przestrzeń znajduje się przez dłuższy czas pod wpływem prądu powietrznego, a wskutek tego niebezpieczeństwo pożaru jest znacznie większe.

Pożar w polu powstaje zwykle po upływie pewnego czasu od chwili rozpoczęcia wybierania pola. Czas ten zależy od stopnia skłonności węgla do samozapalenia i prędkości wybierania węgla. W związku z tym *wymiary pola* powinny być dostosowane do własności węgla i prędkości wybierania. Przy dostatecznie prędkim wybieraniu pokładu wymiary pola mogą być znacznie większe a w korzystnych warunkach można nawet

w ogóle uniknąć pożarów. W większości przypadków samozapalenie węgla w polu następuje po upływie $6 \div 12$ miesięcy od chwili rozpoczęcia w nim eksploatacji, ale przy wybieraniu pokładów szczególnie skłonnych do samozapalenia, jak to jest np. w kopalniach węgla brunatnego lub w Zagłębiu Kuznieckim, czas powstawania pożarów może być znacznie krótszy i wynosić $2 \div 3$ miesięcy.

Po wybraniu pola dopływ do niego powietrza powinien być odcięty, co w dawniejszych czasach przeprowadzano z reguły przez jego izolację za pomocą tam budo-



Rys. 5. Izolacja wybranych pól

wanych w filarach oporowych nie wybranych a otaczających pole. Dla ułatwienia tamowania dążono do zmniejszenia ilości przecinek w filarach oporowych (rys. 5). Obecnie przy eksploatacji z zawałem otamowuje się zwykle nie poszczególne pola pochylniane, lecz stare zroby wzdłuż dróg transportowych lub wentylacyjnych. W kopalniach dysponujących podsadzką płynną zamiast pozostawiania filarów izolacyjnych naokoło pola pochylnianego wskazane jest stosowanie pasów izolacyjnych podsadzkowych, wykonanych przed przystąpieniem do wybierania pola. W kopalniach ZSRR przy eksploatacji z zawałem stromych pokładów węgla rozpowszechnione jest izolowanie poszczególnych pięter przez zastosowanie zamulenia (zailowania) dolnych części materiałem gliniastym. Sposób ten stosuje się również przy eksploatacji pokładu warstwami poziomymi w kierunku schodzącym. W przypadku tym po wybraniu kilku warstw przeprowadza się profilaktyczne zamulenie warstwy dolnej.

Wcześniejsze *wyeksplotowanie pokładu niższego*, a zwłaszcza z zawałem, przyczynia się do naruszenia pokładu wyższego, który wskutek tego może zapalić się pod wpływem przenikania powietrza do szczelin. Podebranie pokładu jest szczególnie szkodliwe, jeżeli w pokładzie górnym istnieją wyrobiska, gdyż ułatwiają one przenikanie powietrza do powstałych szczelin. Podebranie takie wznawia również stare pożary. Gdy po-

kłady zalegają blisko siebie i w czasie wybierania dolnego pokładu powstają szczeliny między nim a pokładem wyższym, przez które może przepływać powietrze lub gazy, pożar może powstać również i w pokładzie niższym.

d. Wpływ przewietrzania

Dopływ powietrza do wyrobisk lub szczelin, w których znajduje się skupienie pyłu lub mialu węglowego, jest, obok małego odprowadzenia ciepła, nieodzownym warunkiem samozagrzewania oraz samozapalenia węgla.

Prędkość powietrza w starych zrobach, nawet przy znacznym jego dopływie jest bardzo mała, bardzo małe jest więc i odprowadzenie ciepła. Wskutek tego *przewietrzanie starych zrobów ułatwia powstanie w nich pożarów.*

Jeżeli *nagromadzenie mialu w wyrobisku* jest nieduże, silny prąd powietrza może je ochłodzić i przeszkodzić samozapaleniu; przeciwnie, w przypadku znacznych nagromadzeń mialu działanie chłodzące prądu może być zbyt słabe i nie sięgać dostatecznie głęboko, gdy jednocześnie doprowadzona większa ilość powietrza może tylko ułatwić powstanie pożaru.

Podobnie również *doprowadzenie większej ilości powietrza do szczelin* w caliznie węglowej *ułatwia zapoczątkowanie ognia*, gdyż jednocześnie prąd w szczelinie jest zbyt słaby, ażeby mógł działać chłodząco. Im większe jest przewodnictwo właściwe ciepła, im wyższa jest temperatura zapłnienia węgla, im większa jest prędkość powietrza w wyrobisku i jego działanie chłodzące, na tym większej odległości od ściany wyrobiska można się spodziewać miejsca zapoczątkowania ognia w szczelinie. Im wyższa natomiast jest temperatura powietrza oraz im większa jego ilość dopływa do calizny przez szczeliny, tym bliżej ściany wyrobiska może być zapoczątkowany ogień.

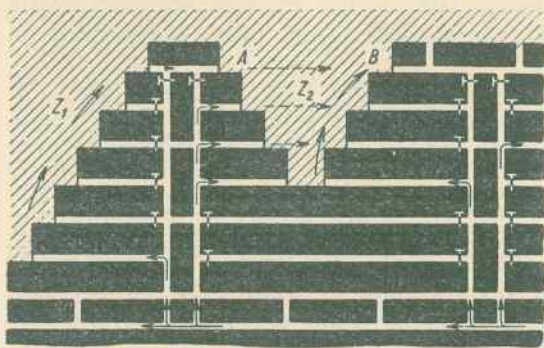
Wnioski te odnoszą się również i do przypadku samozapalenia urobku, a przede wszystkim drobnego, nagromadzonego w wyrobisku. Samozapalenie mialu jest łatwiejsze wtedy, gdy jest on zmieszany z urobkiem grubszym, gdyż w tym przypadku ułatwiony jest dostęp tlenu w głąb. Na podstawie badań laboratoryjnych stwierdzono (Davis), że najbardziej sprzyjające warunki dla samozagrzewania rozdrobnionego węgla istnieją przy dopływie $1,9 \text{ m}^3/\text{godz}$ powietrza na 1 m^3 węgla. Zarówno przy mniejszym, jak i przy większym dopływie powietrza (działanie chłodzące) intensywność samozagrzewania węgla jest mniejsza. Ażeby taka ilość powietrza mogła przepływać przez masę urobku, wyrobisko musi być dobrze przewietrzane.

Jak z powyższego wynika, *pożary wskutek samozapalenia węgla powstają w tych miejscach kopalni, gdzie istnieje intensywne przenikanie powietrza do starych zrobów, do szczelin węglowych lub do rozkruszonego węgla*, a więc na ogół w miejscach dobrze przewietrzanych.

Tak np. niekorzystne pod względem pożarowym warunki powstają przy dwuskrzydłowym wybieraniu pól (rys. 6). W tym przypadku zachodzi znacznie większe prawdopodobieństwo powstania pożaru w zrobach Z_2 aniżeli w Z_1 wskutek dążenia powietrza do przejścia najkrótszą drogą przez stare zrob.

Często daje się zauważyć, że ilość pożarów zwiększa się po zainstalowaniu nowego silniejszego wentylatora, co tłumaczy się tym, że powoduje on bardziej intensywne przenikanie powietrza do szczelin i starych zrobów.

Ruch powietrza w otamowanych zrobach, jak również w szczelinach filarów oporowych otaczających zrob, zależy jest w dużej mierze od zmian ciśnienia barometrycznego. W czasie niżki barometrycznej gazy ubogie w tlen są wyciskane przez szczeliny ze starych zrobów, w czasie zaś wyżki — przeciwnie — wzrasta się dopływ świeżego powietrza do zrobów, a wskutek tego *dlużej trwająca barometryczna może być powodem pożarów w sąsiedztwie otamowanych zrobów, jak również*



Rys. 6. Możliwość pożaru przy dwuskrzydłowym wybieraniu pół

może aktywować pożary w polach zaognionych.

Dane statystyczne wskazują na to, że w miesiącach letnich powstaje przeciętnie dwa razy mniej pożarów aniżeli w zimowych, co można wytłumaczyć wpływem depresji naturalnej, która w zimie jest znacznie większa, a wskutek tego znacznie większe jest również przenikanie powietrza do starych zrobów i do szczelin w caliznach.

e. Miejsca powstawania pożarów endogenicznych

Jak z powyższego wynika, pożary wskutek samozapalenia węgla powstać mogą w każdym miejscu, gdzie znajduje się pył lub miał węglowy, a jest dostateczny dopływ tlenu i słabe odprowadzenie ciepła. Duże ciśnienie, wysoka temperatura, obecność parytów i w pewnym stopniu wilgoć sprzyjają samozapalności węgla.

Pod względem warunków powstawania, pożary wskutek samozapalenia węgla można podzielić na:

1. pożary w starych zrobach,
2. pożary w miejscach nagromadzenia większych ilości miału,
3. pożary w szczelinowatych caliznach węglowych.

W kopalniach górno-śląskich większość pożarów, gdyż 45%, powstaje w starych zrobach; 18% w wyrobiskach zawalonych lub zanieczyszczonych rozkruszonym węglem (przeważnie w chodnikach); 19% w zgniecionych filarach oporowych, w ociosach starych chodników, na skrzyżowaniach itp.; 18% wskutek wznowienia starych pożarów z powodu złego utrzymania tam pożarowych, przypadkowego przebiccia się robotami do zaognionych zrobów oraz przedarcia się ognia z jednego pokładu do drugiego.

Pożar powstać może tylko przy dostatecznej zawartości tlenu w powietrzu. Ponieważ jednak w czasie ruchu powietrza przez szczeliny lub nagromadzony miał węglowy tlen jest adsorbowany przez węgiel, bądź wchodzi z nim w związek chemiczny, przeto zawartość tlenu w powietrzu się zmniejsza. Wskutek tego *największe prawdopodobieństwo zapoczątkowania pożaru istnieje od strony wlotu powietrza do starych zrobów lub do szczelin w caliznie. Pożary w caliznach węglowych zależnie od warunków powstają zwykle w odległości 0,5 ÷ 3 m, rzadziej do 5 m (Urban) od powierzchni ociosów wyrobiska.*

Właściwe ognisko pożaru zajmuje zazwyczaj niedużą tylko przestrzeń, a po jego ugaszeniu przedstawia się zwykle jako mieszanina koksu z po-

piołem. Dookoła właściwego ogniska prawie zawsze występuje znacznie większa strefa czystego koksu jako pozostałość po suchej destylacji węgla.

Z chwilą rozpoczęcia procesu palenia tlen znajduje się od strony dopływu świeżego powietrza, poza ogniskiem natomiast produkty palenia są bardzo ubogie w tlen lub nawet zupełnie go pozbawione. Siłą więc rzeczy ogień musi się szerzyć w kierunku przeciwnym ruchowi powietrza. Taki kierunek szerzenia się pożarów jest obserwowany zawsze w szczelinach.

Jeżeli chodzi o pożary w wyrobiskach, to przy bardzo powolnym ruchu powietrza kierunek szerzenia się pożarów jest — podobnie jak w szczelinach — przeciwny ruchowi powietrza, przy znacznej natomiast prędkości prądu powietrza palenie może się odbywać w kierunku ruchu powietrza bądź ogień rozszerza się w obie strony.

Zjawisko to zostało potwierdzone również i doświadczalnie w warunkach laboratoryjnych. A. A. Skoczyński i W. M. Ogijewski podają, że przy prędkości powietrza do 0,5 m/sek płomień przemieszcza się w kierunku przeciwnym ruchowi powietrza, przy prędkościach 0,6 ÷ 1,7 m/sek płomień przemieszcza się w obie strony, a przy prędkościach większych od 1,7 m/sek — tylko w kierunku ruchu powietrza.

3. Pożary wskutek samozapalenia rud siarczkowych

Największe niebezpieczeństwo pożarów podziemnych istnieje przede wszystkim w kopalniach węgla zarówno wskutek palności węgla jak i jego skłonności do samozapalenia. Endogeniczne pożary podziemne mogą jednak mieć miejsce i w kopalniach innych, jeżeli tylko eksploatowany minerał jest palny bądź jeżeli w pewnym miejscu kopalni nagromadzone są materiały skłonne do samozapalenia. Do materiałów takich należy zaliczyć nasycone olejem konopie, bawełnę, wełnę itp., toteż używane do czyszczenia maszyn odpadki nasycone olejem i przechowywane w ciepłych miejscach mogą być powodem pożarów. Oleje roślinne są na ogół łatwiej zapalne, aniżeli oleje mineralne.

W kopalniach rud własności samozagrzewania i samozapalenia mają przede wszystkim siarczki żelaza i miedzi, a w mniejszym znaczeniu stopniu siarczki ołowiu i cynku. Proces samozapalenia piritów przebiega jednak mniej energicznie aniżeli proces samozapalenia węgla, gdyż wskutek większego przewodnictwa ciepła zostaje ono łatwiej odprowadzone.

Co się tyczy samozapalenia rud piritowych, to obecnie sprawa samozagrzewania w stadium procesów utleniających jest mniej lub więcej jasna. Niejasnymi i najbardziej spornymi są i tu czynniki powodujące zapoczątkowanie procesu samozagrzewania.

Dla wytłumaczenia zjawiska samozapalenia pirytu wysunięto dotychczas dwie hipotezy, a mianowicie:

1. hipotezę utleniania pirytu,
2. hipotezę zwęglenia obudowy pod działaniem kwaśnych wód.

1. Hipoteza utleniania pirytu ma największą ilość zwolenników. W myśl tej hipotezy pożary powstają w wyniku zwykłych procesów utleniania rud siarczkowych, rozwijających się aż do stadium palenia.

Im mniejsze są ziarna pirytu i im większa jest szczelinowatość rudy, tym większa jej powierzchnia narażona jest na utlenianie, tym szybciej przebiega cały proces z wydzielaniem znacznej ilości ciepła i tym przy niższej temperaturze rozpoczyna się proces samozapalenia. Tak np. przy

średniej wielkości ziarn 0,2 mm temperatura zapłonu piritu wynosi 472 °C, przy wielkości zaś 0,1 mm — 325 °C. Tym się też tłumaczy fakt, że ruda w zdrowej caliznie nie ulega samozapaleniu i że podniesienie temperatury obserwuje się tylko w miejscach, gdzie znajduje się pozostawiony urobek lub rozgniecione filary. Zagrzewanie się zdrowej calizny, jeżeli i ma miejsce, to tylko kosztem ciepła z ogrzanej zgniecionej części złoża. W caliznie zdrowej procesy chemiczne mogą zachodzić tylko w warstwie powierzchniowej, stanowiącej nieznaczną zaledwie część objętości filaru.

2. Hipoteza zwęglenia obudowy tłumaczy powstawanie pożarów w sposób następujący (Szyszow):

Obecność pyłu piritowego przyczynia się do tworzenia się kwaśnych wód, które mogą wywołać zwęglenie obudowy w tym większym stopniu, im większa jest ich kwasowość. W wyniku tego procesu powstaje węgiel drzewny, który stopniowo zagrzewa się i zapala. W ten sposób dostęp powietrza do starych zrobów i obecność w nich drewna są głównymi czynnikami warunkującymi powstanie pożaru. Na potwierdzenie tej hipotezy przytacza się okoliczność, że w pierwszej fazie wszystkich pożarów w kopalniach piritu nie stwierdzono w powietrzu obecności SO_2 . Gaz ten pojawia się dopiero po upływie pewnego czasu od chwili powstania pożaru.

Hipoteza ta nie znalazła szerszego uznania, a przeciwnicy jej (np. Benuni) wysuwają następujące zastrzeżenia:

- w starych zrobach nie spotyka się zwęglonej obudowy,
- w większości kopalń kwasowość wód waha się w granicach od 2 do 4 g H_2SO_4 na litr; w warunkach takich dla wytworzenia węgla drzewnego potrzebna jest temperatura 50 ÷ 60 °C; to podniesienie temperatury może być wywołane innymi czynnikami,
- czynnikiem takim może być przede wszystkim utlenianie piritu,
- drewno z obudowy mając niższą temperaturę zapłonu zapala się wcześniej niż pirit; wydziela się przy tym CO i CO_2 i dopiero przy dalszym podwyższeniu temperatury zaczyna się proces prażenia piritu z wydzieleniem SO_2 , dlatego też w pierwszej fazie pożaru ten gaz nie występuje.

3. Wpływ zawartości siarki. Im większa jest zawartość siarki w rudzie, tym większa jest jej zdolność do utleniania. Na podstawie niektórych amerykańskich danych można przyjąć, że pożary wskutek samozapalenia powstają przy zawartości siarki w rudzie nie niższej od 30 do 35%. Na podstawie danych z praktyki kopalń ZSRR pożary wskutek samozapalenia piritu powstają najczęściej w złożach zawierających powyżej 80 ÷ 85% siarczków żelaza i miedzi. Przy wybieraniu złóż zawierających poniżej 80% siarczków zjawiska pożarów zdarzają się znacznie rzadziej. Przy eksploatacji złóż wprysniętych, nawet bogatych w pirit, pożary nie powstają.

4. Wpływ wody. Stwierdzone zostało katalityczne działanie wody na prędkość utleniania piritu w kontakcie z wodą (Mijagawa). Duży wpływ na utlenianie wywiera stopień kwasowości wód kopalnianych. Woda może wywierać działanie chłodzące tylko w przypadku jej nadmiaru, gdy odprowadza ona więcej ciepła, aniżeli wydzielają egzotermiczne reakcje.

Woda przepływająca przez pole pożarowe zmienia swój skład chemiczny, a poza tym podnosi się jej temperatura. Wykazuje zwiększoną zawartość substancji organicznych (produktów rozkładu drewna), kwasu siarkowego, żelaza, miedzi i innych metali. Nawet wtedy, gdy rozwój procesów utleniających nie osiągnął jeszcze fazy samozapalenia w danym

polu, przepływająca przez nie woda może wykazywać znaczne zmiany składu i temperatury, co w danym przypadku jest oznaką niebezpieczeństwa powstania pożaru.

5. Wpływ składu mineralogicznego. Najbardziej rozpowszechnionymi minerałami w złożach siarczkowych są piryt FeS_2 i chalkopiryt CuFeS_2 . Bardziej skłonny do samozapalenia jest piryt. Markazyt utlenia się intensywniej od pirytu, ale tylko wtedy, gdy znajduje się on w ziarnach grubszych; różnica ta zacięra się przy małym zmieleniu (Lampow, Hill, Winnill). Intensywniejsze utlenianie się markazytu tłumaczy się mniejszą jego twardością (Lie, Parr).

Obecność magnetopiryty przyspiesza w znacznym stopniu proces utleniania. W czasie transportu kolejną lub okrętem materiał taki łatwo się spieka; przy przechowywaniu w zbiornikach lub zwałach na wolnym powietrzu już w bardzo krótkim czasie tworzy się twarda warstwa zewnętrzna grubości $0,5 \div 1$ m. Łatwo ulega utlenieniu również i chalkozyn.

6. Powstawanie pożaru. W miarę podnoszenia temperatury zapala się przede wszystkim obudowa pozostawiona w starych zrobach. Utlenianie siarczków i palenie drewna doprowadza już szybko do otwartego stadium pożaru pirytu, w czasie którego zachodzi właściwe jego prązenie kosztem spalania siarki na SO_2 i częściowo SO_3 . W myśl hipotezy utleniania pirytu uważa się obecność drewna tylko za czynnik pomocniczy samozapalenia, niemniej jednak w dużym stopniu sprzyjający rozwojowi pożaru.

W przypadku nieobecności drewna temperatura wzrasta stopniowo aż do chwili wytwarzania się dwutlenku siarki. Nagły wybuch pożaru może powstać jedynie w obecności drewna, które przy małym dopływie powietrza zwęglą się pod wpływem wytworzonego ciepła przy jednoczesnym wydzielaniu CO.

Jeżeli w czasie tego procesu w kopalni wykonywane są roboty w polu zaognionym, wskutek których nastąpi zwiększony dopływ powietrza do ogniska pożaru, zwęglone i ogrzane drewno może gwałtownie się zapalić, powodując nagły wybuch pożaru.

Charakterystyczne jest, że pożary wskutek samozapalenia powstają tylko przy eksploatacji grubych złóż (przeważnie powyżej 8 m), w złożach natomiast cienkich zjawisk pożarowych nie obserwuje się. Zauważono poza tym, że pożary wskutek samozapalenia nie powstają w nienaruszonej caliznie, lecz bądź to w strefie wtórnego wzbogacenia, gdzie występuje bardzo miękki oraz podatny na utlenienie chalkozyn, bądź też w zruszonym złożu pierwotnym.

Im grubsze jest złożo, tym więcej powstaje w nim pożarów. Tak np. L. N. Bykow podaje, że ilość pożarów endogenicznych w kopalniach piritowych wynosi:

przy grubości złoża $5 \div 10$ m	23,0%
przy grubości złoża $10 \div 20$ m	36,6%
przy grubości złoża powyżej 20 m	40,4%

a więc mamy tu obraz podobny do ilości pożarów w pokładach węgla.

Stan zagrożenia kopalni pod względem pożarowym może być określony na podstawie temperatury zmierzonej w otworach lub starych zrobach. Temperatura $60 \div 65$ °C jest niezawodnym wskaźnikiem rozpoczętego pożaru podziemnego.

Charakterystykę stanu pożarowego kopalń zależnie od temperatury panującej w zagrożonych polach podano w tablicy 4.

Charakterystyka stanu pożarowego kopalń pirytu (według Diemina)

Stadium pożaru	Temperatura w polu zagrożonym °C	Obserwowana temperatura calizny w czynnych wyrobiskach °C	Stan kopalni i środki zapobiegawcze
0	poniżej 20	10 ÷ 15	Normalny stan kopalni nie wymagający zastosowania środków przeciwpożarowych
I	20 ÷ 35	20 ÷ 25	Praca jest możliwa, potrzebne jest jednak zastosowanie środków dla obniżenia temperatury
II	35 ÷ 90	35 i wyżej	Praca nie jest możliwa. Konieczne jest zastosowanie zapobiegawczych środków przeciwpożarowych
III	powyżej 90	powyżej 50	Praca bezwzględnie niemożliwa. Konieczne jest natychmiastowe zastosowanie środków przeciwpożarowych, a w przyszłości zapobiegawczych

Przy magazynowaniu pirytu na składach oraz w czasie jego transportu obserwuje się często zjawiska pożarowe wywołane utlenieniem. Sprzyjają temu — ciepło, wilgotność i zawartość drobnych ziarn. Z chwilą gdy temperatura osiągnie 80 ÷ 90 °C, w bardzo krótkim czasie dochodzi do otwartego stadium pożaru.

Zwalczanie pożarów w złożach pirytowych jest utrudnione tą okolicznością, że towarzyszy im obfite wydzielanie się bardzo trującego i podrażniającego oczy SO₂.

Po ugaszeniu pożaru proces rozkładu pirytów trwa w dalszym ciągu, a wskutek tego pożary w złożach pirytowych odznaczają się ogromną uporczywością i z trudem tylko dają się zlikwidować.

4. Pożary obudowy drewnianej

Obudowa drewniana, zwłaszcza jeżeli jest sucha i dostatecznie ogrzana, może ulec zapaleniu o wiele łatwiej aniżeli węgiel. Zapalenie obudowy może nastąpić nagle przez samo tylko zetknięcie się z palącym się lub silnie nagrzanym węglem. W przypadkach takich powstający pożar przypomina pod względem przebiegu pożary z przyczyn zewnętrznych. Nagłemu zapaleniu może ulec również drewniana tama przeciwpożarowa, jeżeli pożar w otamownej przestrzeni nie jest całkowicie stłumiony i jeżeli zbliży się on do tamy, przez którą przesącza się powietrze do pola pożarowego.

Przypadek taki zdarzył się między innymi w r. 1946 w kopalni Jan Kanty (obecnie Komuny Paryskiej), gdzie w lipcu 1945 r. powstał mały pożar w pokładzie Niedzieliska I na poziomie 130 m w chodniku równoległym do chodnika głównego. Pożar ten w krótkim czasie zlikwidowano przez zamknięcie podwójnymi tamami drewnianymi. Ośmiomiesięczna obserwacja nie wykazała jakichkolwiek niepokojących objawów. W dniu 14 marca 1946 r. o godzinie 12.30 kierownictwo kopalni zostało zaalarmowane nagłym wybuchem pożaru w sąsiedztwie wspomnianych tam pożarowych. Charakterystyczne jest, że jeszcze o godzinie 12 przechodzili tamtędy lu-

dzie i nie zauważyli niczego podejrzanego. Tak więc stary pożar, posuwając się powoli w ciągu 8 miesięcy w kierunku przeciwnym ruchowi powietrza w otamowanej przestrzeni, zbliżył się wreszcie do drewnianej tamy, którą nagle zapalił.

Nagle zapalenie obudowy było niejednokrotnie przyczyną masowych wypadków z ludźmi, którzy zostali zaskoczeni w miejscach pracy położonych na drodze przepływu dymu.

Czasami udaje się już na samym początku zlikwidować ogień za pomocą wody lub przez usunięcie płonących części obudowy, częściej jednak pożar od razu przybiera duże rozmiary, czemu sprzyja silny strumień powietrza. W przypadkach takich zarówno temperatura, jak i depresja pożaru są bardzo wysokie.

Podczas palenia drewna następuje obfite wydzielanie dymu z dużą zawartością pary wodnej i CO_2 oraz zwykle ze stosunkowo małą zawartością CO . Wydzielające się gazy, jeżeli nie dołączają się do nich produkty suchej destylacji węgla (np. podczas pożaru obudowy drewnianej w wyrobiskach w kamieniu) są niepalne i niezbyt trujące. W gazach takich robotnik może przebiec nawet znaczną drogę, zanim upadnie wskutek zatrucia.

W wyrobiskach wykonanych w węglu, wskutek wysokiej temperatury pożaru drewna, następuje jednocześnie sucha destylacja węgla, przy czym często węgiel ten zostaje skoksowany na głębokość do 1 m. Przy dużym stosunkowo dopływie powietrza produkty destylacji mogą ulec spaleniowi przy zetknięciu się z płomieniem lub gorącym powietrzem. W innych przypadkach, zwłaszcza jeżeli ma się do czynienia z dużym pożarem obudowy i jeżeli węgiel zawiera dużo części lotnych, w dymie pozostaje znaczna ilość gazów palnych.

Na drodze przepływu gazów obserwuje się osady smoły, niekiedy we wszystkich wyrobiskach, którymi płynął dym, aż do wentylatora.

Ilość wydzielanych gazów bywa czasami bardzo duża i dochodzi do $10 \div 12 \text{ m}^3/\text{sek}$ lub nawet więcej. Przyczynić się to może do wytworzenia znacznej kompresji w przestrzeni objętej pożarem, jeżeli tylko nie będzie zapewnione swobodne ujście dla gazów.

Pożary obudowy pociągają za sobą zwykle poważne zawały w chodnikach a nawet i tapania. Depresja ognia jest bardzo duża, co może przyczynić się nie tylko do zwiększenia ilości dopływającego do ognia powietrza, lecz i do odwrócenia szeregu prądów powietrznych i zadymienia kopalni. Wskutek wysokiej temperatury gazów powstać mogą łatwo wtórne ogniska pożaru, w miejscach dołączenia się prądów świeżego powietrza do drogi gazów.

Co się tyczy kierunku rozprzestrzeniania się pożaru obudowy, to przy małym dopływie powietrza do wyrobiska pożar szerzy się głównie w kierunku przeciwnym ruchowi powietrza, przy dużym natomiast dopływie rozszerza się on w obie strony, głównie zaś w kierunku ruchu powietrza. Silny prąd powietrza może przyczynić się do rozszerzenia pożaru i przeniesienia płomienia aż do szybu wydechowego, w którym posuwać się on będzie do góry.

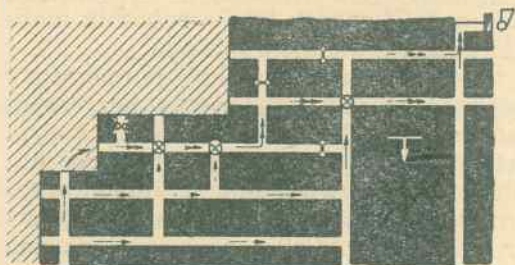
5. Wtórne ogniska pożarów

W przypadku powstania pożaru w jednym miejscu kopalni dopływ powietrza do dróg, którymi płyną gorące gazy, może spowodować powstanie nowych wtórnych ognisk pożaru.

Przy węglu długopłomiennym gazy pożarowe płynące od ogniska palą się długimi kilku lub kilkunastometrowymi płomieniami, które w dalszym ciągu gasną bądź to wskutek wypalenia się składników palnych, bądź też — częściej — wskutek wyczerpania tlenu potrzebnego do podtrzymania palenia. Tak więc zależnie od towarzyszących okoliczności gazy pożarowe mogą zawierać w sobie składniki palne, lub też nie zawierać tych składników.

Wtórne ogniska pożarowe mogą powstać w obu tych przypadkach.

1. Gazy pożarowe zawierają w sobie składniki palne. Po wygaśnięciu płomieni gorące gazy płyną dalej. Jeżeli są one palne i jeżeli temperatura ich jest dostatecznie wysoka, to po doprowadzeniu do nich powietrza (tlenu) muszą one ponownie się zapalić. Dla stwierdzenia tej okoliczności J. Urban przeprowadził doświadczenie w czasie pożaru, dopuszczając do płynących chodnikiem gazów pożarowych mały strumień świeżego powietrza przez otworzenie okienka w tamie. Pod wpływem



x Pożar ⊗ Ogniska wtórne → Powietrze — Gazy pożarowe

Rys. 7. Wtórne ogniska pożaru

tęgo strumienia gorące gazy stopniowo zaczęły jaśnieć, co było oznaką ponownego ich zapalenia się. Po zamknięciu okienka gazy te zgasły.

Tak więc jeżeli do wyrobiska, którym płyną gorące gazy palne, dołącza się prąd powietrza, musi w tym miejscu nastąpić zapalenie gazu, od którego zapala się obudowa i węgiel w ociosach, co w rezultacie prowadzi do powstania wtórnego ogniska pożaru. Ogniska

wtórne powstają czasami w dwóch, trzech i więcej miejscach skrzyżowania chodników, gdzie ubogie w tlen, ale gorące gazy pożarowe łączą się z bogatym w tlen świeżym powietrzem (rys. 7).

2. Gazy pożarowe nie zawierają składników palnych. Podobne zjawisko obserwuje się również i w przypadku, gdy gazy pożarowe nie zawierają składników palnych. Mianowicie, jeżeli temperatura gazów jest bardzo wysoka, ogrzewają one na swej drodze obudowę i ociosy wyrobiska do temperatury wystarczającej, by przy odpowiednim dopływie świeżego powietrza mogły one ulec zapaleniu. Jako dowód, że tego rodzaju wtórne ogniska mogą powstać w kopalni, może posłużyć przykład pożaru w r. 1937 w kopalni Donnersmark (obecnie Chwałowice). Pożar powstał wskutek zapalenia z przyczyn zewnętrznych obudowy drewnianej w przecznicy wentylacyjnej. W warunkach takich gazy pożarowe nie zawierają w swym składzie większej ilości gazów palnych (produktów suchej destylacji). Tymczasem w odległości kilkuset metrów od pożaru, w miejscach, gdzie przecznica przecinała dwa pokłady, w których wykonane były chodniki odprowadzające powietrze do przecznicy, powstały wtórne ogniska pożaru. Na skrzyżowaniu z trzecim pokładem pożar nie powstał, co może być wytłumaczone tym, że gazy w tym miejscu były już dostatecznie ochłodzone.

Jak z powyższego wynika, *niebezpiecznymi miejscami dla powstania wtórnych ognisk pożaru są punkty kopalni, gdzie gorące gazy pożarowe łączą się z prądami powietrza*. Dla uniknięcia tych ognisk należy dymy, dopóki są gorące, odprowadzać izolowaną drogą.

6. Wybuchy w czasie pożarów

Ażeby wybuch w kopalni mógł mieć miejsce, konieczna jest obecność w danej przestrzeni:

1. gazów lub rozpylonych cząstek palnych,
2. tlenu,
3. źródła dostatecznie wysokiej temperatury.

W kopalniach węgla do składników palnych, które normalnie może zawierać powietrze, jak gaz kopalniany i pył węglowy, w czasie pożaru dołączają się *produkty suchej destylacji oraz produkty niepełnego spalania węgla*.

Najważniejszymi spośród palnych produktów suchej destylacji są: metan (CH_4), etylen (C_2H_4), acetylen (C_2H_2) i wodór. Produkty te powstają zawsze z węgla w sąsiedztwie z ogniskiem pożaru.

Jeżeli chodzi o produkty palenia, to w przypadku pożaru w kopalniach obok CO_2 zawsze w mniejszej lub większej ilości powstaje CO. Największa zawartość CO stwierdzona w czasie pożarów wynosi około 6%. Ilość taka sama przez się nie jest niebezpieczna pod względem wybuchu (dolna granica wybuchowości CO jest około 13%), w połączeniu jednak z węglowodorami, których granica wybuchowości jest znacznie niższa (metan — 5%, etylen — 4%, benzol — 2,5%), otrzymuje się często mieszaninę bardzo niebezpieczną. Poza tym dym zawiera w swym składzie drobne cząstki węgla nadające mu ciemną barwę i zdolne również spowodować wybuch.

Granice wybuchowości mieszanin gazowych z powietrzem podano w tablicy 5.

Tablica 5

Granice wybuchowości mieszanin gazowych z powietrzem

Gaz	Wzór chemiczny	Granice wybuchowości %	
		dolna	górna
Wodór	H_2	4,1	74
Tlenek węgla	CO	12,4	75
Siarkowodór	H_2S	4,5	45
Etylen	C_2H_4	3,0	34
Acetylen	C_2H_2	2,5	81
Metan	CH_4	5,5	16
Etan	C_2H_6	3,1	15
Propan	C_3H_8	2,2	7,4
Butan	C_4H_{10}	1,5	6,5

W obecności mieszaniny gazów wybuchowych dolna granica wybuchowości może być obliczona za pomocą wzoru

$$L = \frac{100}{\frac{a}{A} + \frac{b}{B} + \frac{c}{C} + \dots}$$

gdzie

a, b, c — procentowa zawartość poszczególnych składników w mieszaninie,

A, B, C — dolne granice ich wybuchowości, %.

Wszystkie te składniki w obecności tlenu mogą utworzyć mieszaninę wybuchową. Obecność tych składników da się stwierdzić również na podstawie aureoli w benzynowej lampie bezpieczeństwa. Stąd też wynika konieczność, przewidziana przepisami górnictwymi wszystkich krajów, *zakazu używania otwartych lamp we wszystkich wyrobiskach objętych pożarem, jak również w wyrobiskach, w których przepływa dym*. Nieprzestrzeganie tego przepisu było nieraz już w kopalniach powodem wybuchów w czasie pożaru. Miało to miejsce np. w katastrofalnym wypadku pożaru w kopalni Reden (Dąbrowa Górnicza) w r. 1923, kiedy to zginęło 38 górników na skutek zadymienia kopalni (odwrócenia prądu) i wybuchów gazów pożarowych. Gazy pożarowe zmieszane z powietrzem zapalały się od lamp acetylenowych dając lokalne wybuchy. Duży pożar w szybie Stollberg (obecnie kopalnia Karol) w r. 1932 powstał również wskutek zapalenia otwartą lampą gazów pożarowych, które w małej ilości płynęły chodnikiem i zbierały się nad nim w ślepyim szybiku. Nastąpił lokalny wybuch gazów, który spowodował duży wybuch pyłu węglowego w chodniku, a ten z kolei przyczynił się do zapalenia obudowy szybu. Płomień wznosił się na kilkanaście metrów ponad wieżę szybową wysokości 27 m.

Wybuch zmieszanych z powietrzem gazów pożarowych może nastąpić również *wskutek zapalenia ich przez ognisko pożaru*, przy czym znane są fakty, kiedy wybuchy następowały jeden po drugim w różnych odstępach czasu. W czasie otwartej (aktywnej) walki z pożarem wybuchy mogą mieć miejsce tylko w przypadkach wyjątkowych, natomiast znacznie częstsze są wybuchy w czasie izolowania obszaru zaognionego. Tłumaczy się to tym, że przy stawianiu tam stwarza się niejednokrotnie warunki sprzyjające *odwróceniu prądów*, kiedy dostatecznie ochłodzony dym po zmieszaniu się z powietrzem i wytworzeniu mieszaniny wybuchowej kieruje się do ognia. Dym gorący nie daje mieszaniny wybuchowej, gdyż przy zetknięciu się z powietrzem zapala się.

Szczególnie sprzyjające wybuchom warunki powstają w przypadku stawiania tamy, jeżeli między tą tamą a ogniem istnieją prądy boczne. Tama taka przyczynia się z jednej strony do odwrócenia tych prądów, z drugiej zaś zmniejsza dopływ powietrza do ognia, a tym samym przyczynia się do zwiększenia zawartości w dymie składników palnych. Jak poważny wpływ na to zwiększenie ma zmniejszenie dopływu powietrza do ognia, mogą posłużyć doświadczenia podziemnego zgazowania pokładów węgla. Przy dużym dopływie powietrza do ognia wartość opałowa gazów pożarowych może być bardzo niska i wynosić około 200 kcal, po zatrzymaniu natomiast powietrza podnosi się do 2000 kcal lub nawet więcej.

Ponowne skierowanie się dymu wraz ze świeżym powietrzem do ognia może nastąpić również *przy zatrzymaniu wentylatora lub przy zmianie kierunku wentylacji w kopalni*. Z powodu zatrzymania wentylatora zdarzyła się między innymi katastrofa w r. 1908 w gwarectwie Radbot w Hamm (Westfalia), w czasie której zginęło 335 osób.

Jak z powyższego wynika, *zatrzymanie wentylatora przewietrzającego pole pożarowe jest czynnością bardzo ryzykowną* i w większości przypadków nie powinno być stosowane. Tylko bardzo ważne powody, jak np. pożar w szybie wdechowym lub w głównych drogach świeżego powietrza, usprawiedliwiać mogą zarządzenie zatrzymania wentylatora lub zmiany kierunku wentylacji. Wniosek ten nie dotyczy wentylatorów, które przewietrzają inne — nie zaognione pola. Zatrzymanie ich może w wielu przypadkach korzystnie odbić się na stabilizacji pożądanego kierunku prądów w polu pożarowym, a tym samym umożliwić uniknięcie wybuchów.

Rozdział II

ZAPOBIEGANIE POŻAROM PODZIEMNYM

Pożar może powstać tylko wtedy, gdy istnieją trzy zasadnicze warunki:

1. obecność materiału palnego,
2. jego zapalenie lub odpowiednie podniesienie temperatury,
3. dopływ dostatecznej ilości tlenu.

Zapobieganie pożarom sprowadza się do usunięcia przynajmniej jednego z tych warunków.

1. Zapobieganie pożarom powstałym wskutek przyczyn zewnętrznych

Dla uniknięcia pożarów wskutek przyczyn zewnętrznych należy *nie dopuszczać do nagromadzenia w kopalni materiałów łatwo zapalnych*. W miejscach, gdzie zachodzić może niebezpieczeństwo pożaru wskutek przyczyn zewnętrznych (podszybia, komory maszynowe, magazyny itp.), należy stosować obudowę jak również podłogę i drzwi z *materiału ogniotrwałego*. Duże niebezpieczeństwo dla kopalni przedstawia pożar szybu wdechowego, gdyż dym w ciągu krótkiego czasu może wypełnić całą kopalnię. Z tego też względu szyby wdechowe powinny być omurowane, wewnętrzne ich urządzenia, jak belki i przepierzenia, a w większych kopalniach nawet prowadniki i pomosty, lepiej jest wykonywać ze stali. Drewno, chociażby nawet nasyczone roztworami zmniejszającymi zdolność zapalenia się, jak dowiodły doświadczenia przy pożarze w szybie Hermenegilda (Polska Ostrawa) w r. 1896, nie zabezpiecza przed możliwością pożaru.

Szyb wdechowy z całkowitą lub częściową obudową drewnianą jest niebezpieczny zwłaszcza wtedy, gdy jest zupełnie suchy, jak to często bywa, gdy znajdują się w nim przewody parowe lub powietrza sprężonego. W takim przypadku wskazane może być zraszanie szybu wodą. Niebezpieczne są również drewniane budynki przy szybach wdechowych, gdyż w razie pożaru dym wchodzi do kopalni razem z powietrzem. Dlatego też przepisy wymagają, ażeby w promieniu 20 m dookoła szybu, sztolni lub upadowej wdechowej wszystkie budynki i urządzenia były wykonane z materiałów ogniotrwałych. Pomieszczenia przeznaczone do magazynowania smarów, benzyny, karbidu lub innych materiałów łatwopalnych należy umieszczać w odległości nie mniejszej jak 50 m od szybu wdechowego; zwały natomiast węgla, łupków palnych, piritów itp., jak również zwały odpadów węgla i żużla z kotłów oraz składy materiałów drewnianych powinny być umieszczone nie bliżej jak 80 m od szybu wdechowego.

Dla niedopuszczenia dymu do kopalni i zapobieżenia przeniesienia się ognia do szybu w razie pożaru na powierzchni wloty szybów i sztolni wde-

chowych powinny być zaopatrzone w urządzenia umożliwiające szczelne i ogniotrwałe zamknięcia (np. klapy stalowe, na które nasypuje się ziemię lub glinę). Poza tym dla umożliwienia wyjścia z szybu wdechowego przedział drabinowy musi łączyć się z chodnikiem wyjściowym przeprowadzonym na głębokości nie mniejszej od 5 m i mającym wylot w odległości co najmniej 20 m od zabudowań nadszybowych. Duże znaczenie zapobiegawcze mają przeciwpożarowe tamy z drzwiami odpowiednio rozmieszczone na dole w kopalni.

Na nadszybiach, w podszybiach, w składach, komorach maszynowych itd. powinny się znajdować środki do gaszenia ognia (hydranty, gaśnice, piasek, pył kamienny itp.). Bardzo ważne jest posiadanie odpowiednich stacji i pociągów przeciwpożarowych oraz wodociągu.

W razie pożaru szybu wdechowego należy się starać, ażeby szyb ten w jak najkrótszym czasie uczynić wydechowym przez odwrócenie kierunku działania wentylatora lub przynajmniej przez jego zatrzymanie.

Zabrania się używania otwartego światła we wszystkich miejscach pod ziemią, w których znajdują się materiały łatwo zapalne. Poza tym nie należy używać otwartego światła przy wszelkich pracach w szybach, zwłaszcza suchych.

Dla zabezpieczenia kopalni przed skutkami pożaru w komorach maszynowych, stajniach, magazynach podziemnych itd. wszystkie wejścia do tych pomieszczeń powinny być zaopatrzone w szczelnie zamykające się drzwi stalowe.

Najbardziej racjonalnymi środkami zapobiegawczymi przy urządzeniach elektrycznych są: stosowanie giętkich przewodów z niepalną izolacją gumową, prawidłowe wykonanie wszystkich połączeń kabli oraz stosowanie transformatorowych olejów ściśle odpowiadających obowiązującym przepisom i normom.

W celu uniknięcia pożarów wywołanych robotami strzelniczymi nie należy w żadnym przypadku stosować materiałów wybuchowych, jeżeli zawartość metanu w przodku przekracza 1%, wykonywać staranną przybitkę i stosować opylanie przodku. Poza tym nie należy dopuszczać do zapalenia pyłowo-gazowej mieszaniny w wykonywanym wrębie, można tego uniknąć przez zwilżanie pyłu i ochładzanie wodą noży wrębiarki.

Należy dążyć do tego, by we wszystkich kopalniach węgla i łupków palnych wprowadzono elektryczne lampy akumulatorowe i zabroniono palenia tytoniu.

2. Zapobieganie pożarom w starych zrobach

Zapobieganie pożarom w starych zrobach sprowadza się do wyeliminowania w zrobach węgla lub łupków oraz dopływu do zrobów powietrza.

Najpewniejszym środkiem dla uniknięcia pożarów w starych zrobach jest *czyste wybieranie węgla* i łupków palnych. Warunek ten może być zachowany przy systemie ścianowym lub filarowym ubierkowym, a więc — przy wybieraniu z zawałem — przede wszystkim w pokładach mniejszej grubości. Przy eksploatacji grubych pokładów systemem zabierkowym z zawałem czyste wybranie nóg, płotów węglowych oraz filarów oporowych jest niemożliwe, co między innymi jest jednym z głównych powodów częstych pożarów w pokładach grubych. Jeżeli na niedużej wysokości nad pokładem eksploatowanym zalega inny — nie eksploatowany, może on trafić do zawałiska i być powodem pożaru w starych zrobach.

Oprócz czystego wybierania węgla z pokładu należy jednocześnie przestrzegać, ażeby urobek, a nawet i miał były całkowicie usuwane i nie pozostawały w wyrobisku; niektórzy zalecają nawet zmiatanie spągu przed wywołaniem zawału.

Jeżeli się nie da uniknąć pozostawienia węgla w wybranej części pokładu lub jeżeli w zasięgu strefy zawału zalega inny — nie eksploatowany pokład, środkiem zapobiegającym pożarom w starych zrobach może być dokładne ich podsadzenie skałą płonną lub niedopuszczenie do nich powietrza.

Niedopuszczenie powietrza do zrobów osiąga się albo przez izolowanie wybranych pól, albo przez takie prowadzenie eksploatacji, by powietrze nie przepływało przez stare zrobry.

Izolowanie wybranych pól przeprowadza się zwykle przez pozostawienie filarów oporowych, możliwie najmniej rozciętych chodnikami, oraz przez postawienie w tych chodnikach tam izolacyjnych (rys. 5). Filar oporowy izolując wybrane pole sam z biegiem czasu ulega zgnieceniu i stać się może ogniskiem pożaru. Niedogodności tej można uniknąć przez zastosowanie zamiast filarów oporowych pasów podsadzkowych (najlepiej z podsadzki płynnej) dookoła pól wybieranych z zawałem. W przypadku tym przede wszystkim wybiera się i podsadza filar oporowy dookoła pola, a następnie wybiera się z zawałem samo pole.

Przy przewietrzaniu pól eksploatacyjnych należy starannie unikać przepływu powietrza przez wybraną przestrzeń, zawsze możliwego, jeżeli zrobry położone są między wyrobiskami, w których istnieje różnica depresji. Tak np. w przypadku pokazanym na rys. 6 zachodzi znacznie większe prawdopodobieństwo powstania pożaru w zrobach Z_2 aniżeli Z_1 wskutek dążenia powietrza do przejścia najkrótszą drogą AB przez wybraną przestrzeń. W tym przypadku spodziewać się należy przede wszystkim powstania pożaru w pobliżu punktu A, od strony dopływu powietrza do zrobów, gdyż na swej dalszej drodze będzie ono zawierało coraz mniej tlenu. Podobnie niekorzystny wpływ mogą wywierać również szczeliny, jakie powstają wskutek ruchu skał nad wybraną częścią pokładu. Szczeliny takie mogą łączyć stare zrobry z wyrobiskami w innym pokładzie, jak również z powierzchnią ziemi, a wskutek tego powietrze będzie dostawało się do zrobów.

Przy szczelnej izolacji pól znajdujące się w nich powietrze powinno bardzo prędko, gdyż po upływie $15 \div 20$ dni stracić większą część zawartego w nim tlenu, w następstwie czego samozapalenie węgla nie powinno nastąpić. W praktyce jednak przy izolacji pól w pokładach grubych obserwuje się w większości przypadków, że zawartość tlenu pozostaje wysoka i zbliżona do normalnej zawartości tlenu w powietrzu wskutek przenikania powietrza do starych zrobów przez nieszczelności tam oraz szczeliny w filarach oporowych. W celu uniknięcia pożarów w takich warunkach konieczne jest dodatkowe uszczelnienie izolacji oraz zmniejszenie różnicy depresji między tamami wylotowymi i wlotowymi.

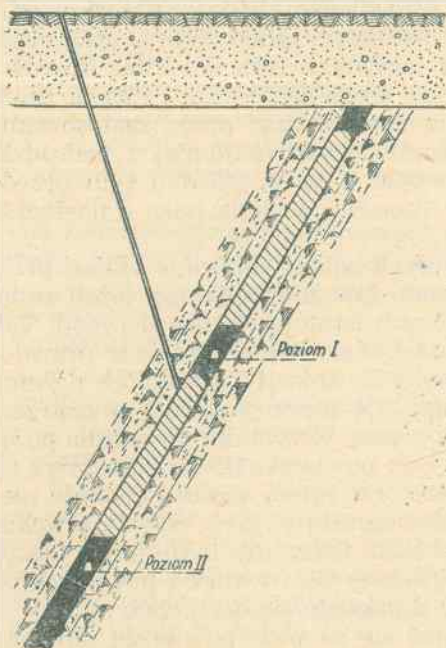
Dla zapobieżenia pożarom w starych zrobach grubych i stromych pokładów węgla eksploatowanych z zawałem szerokie zastosowanie znalazło od r. 1937 w kopalniach Zagłębia Kuźnickiego zamulanie wybranych przestrzeni gliną. Sposób ten nazwany profilaktycznym zamulaniem (zaiłowaniem), rozprzestrzenił się również w innych zagłębiach ZSRR.

Jako materiału do zamulania używa się gliny lub ziemi o niedużej zawartości piasku ($\max 10 \div 12\%$). Materiał ten wydobywa się zwykle sposobem hydraulicznym przez rozmywanie w odkrywce monitorami. Ciśnienie wody w trudnych warunkach dochodzi do $12 \div 15$ at; zużycie jej średnio 10 m^3 na 1 m^3 gruntu. Stosunek mieszanki gliny i wody zależy od stopnia

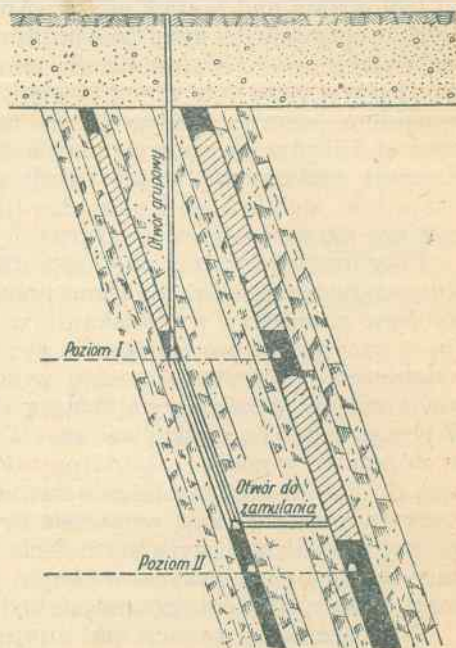
łatwości jej rozmywania, jak i od pory roku. Waha się on zwykle od 1 : 4 do 1 : 8, w czasie zaś mrozów dochodzi do 1 : 12 lub nawet 1 : 15.

Urobiony materiał transportuje się do miejsca przeznaczenia w rurociągach za pomocą pomp odśrodkowych.

Doprowadzenie mułu gliniastego do starych zrobów odbywało się na początku przy małej głębokości eksploatacji przez zawaliska i szczeliny na powierzchni. Sposób ten pociągał za sobą częste przedostawanie się gliny i mułu do czynnych wyrobisk i dlatego też od r. 1946 wprowadzono zamulanie starych zrobów za pomocą otworów wiertniczych. Otwory takie wierci się z powierzchni w skałach stropowych jako pionowe lub pod kątem



Rys. 8. Otwór wiertniczy do profilaktycznego zamulania z powierzchni



Rys. 9. Otwór wiertniczy do profilaktycznego zamulania z chodnika w sąsiednim pokładzie

większym od 50° do starych zrobów nieco poniżej chodnika wentylacyjnego (rys. 8). Odległość między otworami powinna wynosić $30 \div 40$ m; w rzeczywistości jest ona nieco większa. Przy zastosowaniu nowoczesnych przyrządów wiertniczych wykonuje się na zmianę $8 \div 12$ m otworu.

W otworze wiertniczym oraz w starych zawalonych zrobach muł gliniasty płynie pod własnym ciężarem i ma na celu bądź to całkowicie wypełnić wolne przestrzenie w zawalisku (sposób obecnie nie stosowany), bądź też pokryć cienką warstwą gliny zawalone skały i węgiel.

Istotna rola profilaktycznego zamulania jest dotychczas jeszcze kwestią sporną. Niektórzy przypuszczają, że muł gliniasty powlekając podczas zamulania kawałki węgla usuwa w ten sposób możliwość jego samozagrzewania i samozapalenia. Inni są zdania, że główna rola zamulania polega na tym, że muł wypełnia wolne przestrzenie w węglu nagromadzonym nad chodnikiem przewozowym, jak również szczeliny w skale i w filarze oporowym i w ten sposób przyczynia się do szczelnej izolacji wybranych pól.

Słuszność tego drugiego poglądu potwierdza fakt, że od r. 1949 w niektórych kopalniach zaczęto z powodzeniem stosować zamulanie nie z powierzchni, lecz z sąsiedniego pokładu (rys. 9), przy czym zamula się tylko część wybranej przestrzeni na wysokość $1,5 \div 8$ m ponad chodnikiem przewozowym. Muł gliniasty tłoczy się tu pod ciśnieniem $5 \div 6$ at. Wskazane jest poza tym dokładne zamulanie chodnika przewozowego po uprzednim odgrodzieniu go tamami od wyrobisk czynnych.

Potrzebna do zamulania objętość gliny w caliznie stanowi średnio 4 do 5% objętości węgla wydobytego z danego pola. Czas trwania zamulania wynosi kilka miesięcy. Podczas zamulania poziom mieszaniny stopniowo podnosi się i wypełnia cały przekrój chodnika przewozowego. Wyklarowaną wodę wypuszcza się przy tym przez kontrolne rurki w tamach.

W niektórych kopalniach do zamulania zamiast gliny stosuje się piasek (podsadzkę płynną) przy stosunku mieszaniny 1 : 1.

Jak wskazują obserwacje w wielu kopalniach, przy zamulaniu gliną zachowuje ona przez szereg lat stan ciastowaty i jest zupełnie nieprzenikliwa dla powietrza. Tamy muszą być zbudowane bardzo mocno, gdyż w przeciwnym razie może przerwać się glina do czynnych wyrobisk, zwłaszcza jeżeli zamulanie prowadzono z powierzchni.

3. Zapobieganie pożarom w miejscach nagromadzenia mialu

Większe nagromadzenie mialu w wyrobisku może powstać przez rozniesienie calizny lub oderwanie się węgla ze stropu i ociosów lub przez pozostawienie urobku w wyrobisku. Zapobieganie pożarom w takich miejscach sprowadza się do unikania możliwości tworzenia się skupień mialu i do natychmiastowego usuwania skupień powstałych.

Przede wszystkim należy dążyć do *zmniejszenia ciśnienia w wyrobiskach*, które mają istnieć dłuższy czas. Osiąga się to przez zmniejszenie wymiarów chodników i wyrobisk eksploatacyjnych, przez zwiększenie odległości sąsiednich wyrobisk, przez należyte ich obudowanie. Dla zmniejszenia skutków ciśnienia należy ilość wyrobisk przygotowawczych ściśle dostosować do produkcji kopalni oraz dążyć do możliwie prędkiego wybierania pól przez skoncentrowanie robót wybierkowych lub przez obłożenie tych robót na trzy zmiany i zmniejszenie wymiarów pól, gdyż w tym przypadku czas istnienia chodników będzie krótszy.

Przy wybieraniu kilku pokładów węgla zalegających w niedużej od siebie odległości należy roboty prowadzić w taki sposób, ażeby z jednej strony uniknąć podebrania pokładów górnych, z drugiej zaś — zwiększenia ciśnienia w pokładzie dolnym, jak to np. bywa pod filarami oporowymi w pokładzie górnym. Przy wybieraniu z podsadzką należy możliwie ściśle nie podsadzać zrobów.

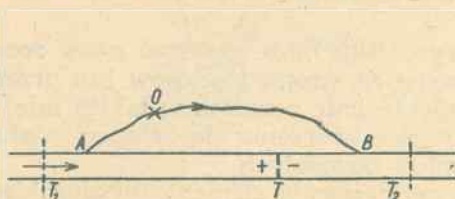
Odpadający ze stropu i ociosów węgiel powinien być usuwany, wyrobiska zaś przebudowane. W celu uniknięcia gromadzenia się drobnego węgla i związanych z nim pożarów poza obudową wyrobisk należy pustą przestrzeń między obudową a calizną wypełniać szczelnie skalą płonną. Dla zmniejszenia dopływu powietrza poza obudową murową należy stosować takie same środki, jak i w przypadku szczelin w caliznie, o czym będzie mowa dalej.

W razie zawalenia się piętra węglowego w wyrobisku (np. w pokładzie grubym) stworzone zostają bardzo niebezpieczne pod względem pożarowym warunki. Ogień w takim zawalisku może powstać po upływie krót-

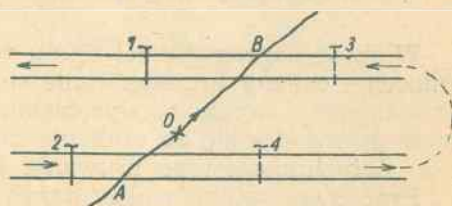
szezo lub dłuższego czasu (kilku miesięcy, a nawet i lat), a walka z nim przedstawia zwykle poważne trudności ze względu na utrudniony dostęp do pożaru. W celu zapobieżenia pożarom w zawałonych węglem wyrobiskach należy albo wybrać ten węgiel całkowicie i zabudować lub podsadzić wyrobisko, albo — jeżeli jest to trudne do wykonania — szczelnie podsadzić wyrobisko podsadzką płynną. Przy wybieraniu grubych pokładów warstwami miejsca zawałisk powinny być oznaczone na planach w tym celu, by przy wybieraniu wyższych warstw można było zwrócić szczególną uwagę na części pokładu znajdujące się nad takimi zawałami. Dobre wyniki daje prowadzenie chodników, które mają istnieć dłuższy czas, pod stropem pokładu, gdyż w tym przypadku unika się węgla w pułapie chodników.

4. Zapobieganie pożarom w caliznie węglowej

Pożary w caliznie węglowej mogą powstawać w obecności w niej szczelin wypełnionych pyłem węglowym. Dla jego zagrzania i samozapalenia musi szczelina przepływać powietrze, a więc musi jednocześnie istnieć różnica depresji między końcowymi punktami szczeliny. Szczelina może łączyć dwa punkty jednego i tego samego chodnika (rys. 10) lub też może mieć wlot i wylot w różnych chodnikach (rys. 11) tego samego lub



Rys. 10. Szczelina między dwoma punktami jednego chodnika



Rys. 11. Szczelina między dwoma chodnikami

różnych pokładów. W ogólnym systemie wentylacyjnym kopalni szczelina tworzyć może zarówno bocznice normalną, jak i przekątną, może łączyć również przez filar graniczny systemy wentylacyjne sąsiednich kopalń. Ze względu na ogromny opór takiej bocznicy ilość przepływającego w niej powietrza jest bardzo mała w porównaniu z ilościami płynącymi w wyrobiskach, co nie wywiera wpływu na przebieg przewietrzania w kopalni, ilość ta jednak może być wystarczająca do zapoczątkowania ognia, zwłaszcza że wskutek złego przewodnictwa ciepła w węglu i bardzo słabego prądu powietrza w szczelinie odprowadzenie z niej ciepła jest utrudnione. Im większa jest różnica depresji między końcowymi punktami szczeliny oraz im mniejszy jest opór szczeliny, tym większa ilość tlenu do niej dopływa i tym większe jest prawdopodobieństwo powstania pożaru w szczelinie.

Dla uniknięcia pożaru w caliznie należy zwalczać ciśnienie skał i nie dopuszczać w ten sposób do tworzenia się szczelin w węglu albo też nie dopuszczać powietrza do szczeliny lub przynajmniej zmniejszyć do minimum ilość dopływającego powietrza.

Niedopuszczenie powietrza do calizny można osiągnąć przez izolowanie szczeliny, zmniejszenie natomiast ilości powietrza przepływającego przez szczelinę uzyskuje się środkami wentylacyjnymi, a mianowicie przez zmniejszenie różnicy depresji między końcowymi punktami szczeliny.

Niezależnie od tego istnieje jeszcze jeden środek wentylacyjny, a mianowicie zmiana co pewien czas kierunku prądu w szczelinie. Jak już wyjaśnione było w rozdziale pierwszym niniejszej pracy, największe niebezpieczeństwo powstania pożaru w szczelinie istnieje od strony dopływu do niej powietrza. Przez samo tylko odwracanie co pewien czas kierunku prądu w szczelinie można zapobiec powstaniu pożaru, gdyż po zmianie kierunku węgiel będzie się zagrzewał w innym miejscu, poprzednio zaś nagrzany zostanie w tym czasie ochłodzony.

Tak więc pożarom w caliznie węglowej można zapobiegać przez:

1. niedopuszczenie do tworzenia się szczelin,
2. izolowanie szczelin,
3. zmniejszenie depresji między jej końcowymi punktami,
4. odwracanie kierunku prądu w szczelinie.

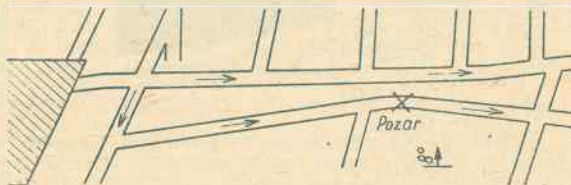
Często daje się zauważyć, że samozagrzewanie węgla następuje po przeprowadzeniu zmian w przewietrzaniu kopalni, jak np. po zainstalowaniu nowego wentylatora, po zwiększeniu liczby obrotów wentylatora istniejącego, po przeprowadzeniu zmian w rozprowadzaniu powietrza itp. Dlatego też po każdej zmianie przewietrzania musi być zwiększona czujność nadzoru nad zachowaniem się węgla pod względem jego samozagrzewania.

a. Niedopuszczanie do tworzenia się szczelin

Szczeliny w pokładzie węgla tworzą się pod wpływem ciśnienia górotworu, a wobec tego niedopuszczanie do tworzenia się szczelin sprowadza się do zwalczania ciśnienia.

Szczeliny w caliznie powstają zarówno wtedy, gdy pokład jest rozcięty i osłabiony gęstą siecią chodników przygotowawczych, jak i wtedy, gdy chodnik znajduje się w sąsiedztwie starych zrobów w miejscu gdzie występują ciśnienia eksploatacyjne, a w pokładach grubych również i między wyrobiskami przeprowadzonymi w pobliżu siebie na różnych wysokościach.

Jeżeli odległość między chodnikami jest mała, filar rozdzielający je może być łatwo zgnieciony, co w konsekwencji prowadzi do powstania pożaru. Przykładem tego może być przypadek przedstawiony na rys. 12. Pożar powstał tu w filarze między chodnikami w miejscu, gdzie grubość jego była najmniejsza, a więc gdzie warunki sprzyjały utworzeniu się szczelin.



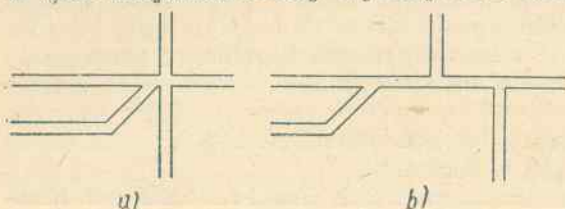
Rys. 12. Pożar w filarze między chodnikami

Przez wyznaczenie odpowiedniej grubości filarów i dobre obudowanie chodników można zmniejszyć skutki ciśnienia, a więc i możliwość tworzenia się szczelin.

W pewnej odległości od wybranej przestrzeni, zależnej od rodzaju stropu występuje w pokładzie duże ciśnienie, zwane eksploatacyjnym. Tak np. przy wybieraniu pokładów węgla z podsadzką płynną pod mocnym piaskowcem największe ciśnienie eksploatacyjne występuje w odległości $30 \div 50$ m od podsadzonych zrobów. Jeżeli w strefie tej zostanie przeprowadzony chodnik, utrzymanie jego będzie bardzo trudne. Węgiel w pułapie i ociosach chodnika będzie rozgniatały, spód wyciskany, a budynek łamany.

Szczeliny sięgają tu w głąb calizny na $2 \div 4$, a nawet do 5 m, co stwarza warunki sprzyjające samozagrzewaniu i samozapaleniu węgla. Zjawisk takich często nie obserwuje się, jeżeli chodnik jest wykonany poza strefą ciśnienia maksymalnego, a więc jeżeli jest on położony w stosunku do zrobów w odległości mniejszej niż 30 m lub większej niż 50 m.

Szczególnie narażone są na ciśnienie skrzyżowania chodników, toteż w tych miejscach należy wykonywać staranną obudowę, najlepiej mura-

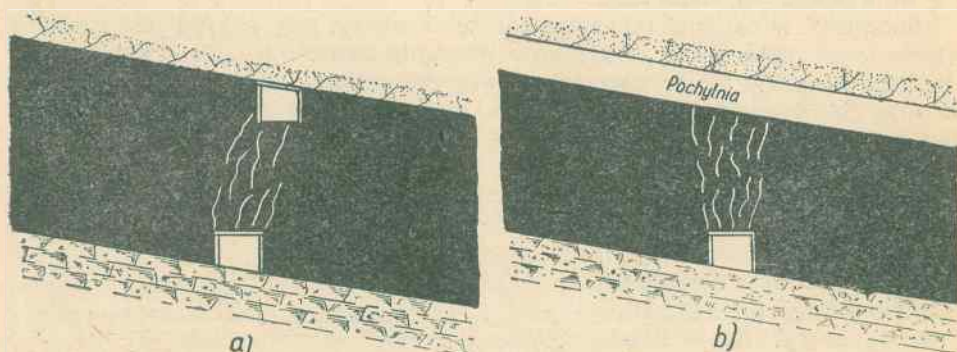


Rys. 13. Wadliwe (a) i poprawne (b) rozwiązanie węzłów, w których schodzi się kilka wyrobisk

wą. Unikać poza tym trzeba węzłów, w których schodzi się większa ilość chodników (rys. 13 a); punkty rozgałęzienia takich węzłów powinny znajdować się przynajmniej w takiej od siebie odległości (rys. 13 b), by w razie potrzeby można było między nimi zbudować dwie tamy. Ma to

znaczenie nie tylko ze względu na zwalczanie ciśnienia, lecz również w razie potrzeby ułatwia tamowanie poszczególnych prądów.

Jeżeli w grubym pokładzie węgla znajdują się wyrobiska jedno pod drugim (rys. 14), z łatwością mogą powstać między nimi szczeliny, którymi przenika powietrze z jednego wyrobiska do drugiego, a wskutek tego pożary są tu zjawiskiem bardzo częstym. Rozmieszczenie wyrobisk, jak to



Rys. 14. Wyrobiska po spągu i pod stropem w grubym pokładzie węgla

pokazano na rys. 14 a, nie powinno być w ogóle tolerowane. W przypadku przedstawionym na rys. 14 b (most powietrzny) chodnik dolny powinien być dobrze obudowany, a jeżeli ma on istnieć dłuższy czas, obudowa tego chodnika pod pochylnią powinna być wykonana z muru.

b. Zapobieganie pożarom przez izolowanie szczelin

Izolowanie szczelin przeprowadza się bądź to przez uszczelnienie boków wyrobisk, bądź też przez zamulenie lub cementowanie szczelin.

Jako materiał do uszczelniania boków wyrobisk może być użyta glina, piasek oraz zaprawa wapienna lub cementowa. Poza tym szczeliny można izolować przez obudowę muraową wyrobiska.

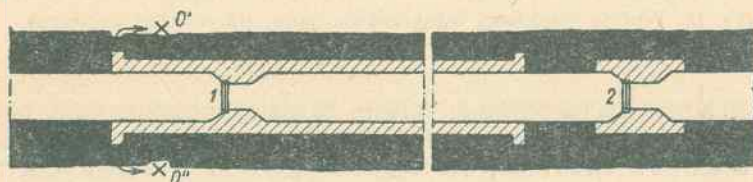
Uszczelnienie ścian i piętra wyrobiska za pomocą gliny polega na ubiciu warstwy o grubości $30 \div 50$ cm poza odeskowaniem. Ubijanie przeprowadza się niedużymi porcjami. Przy wysychaniu glina pęka oraz odpada, wymaga więc stałego dozoru i naprawy.

Spód chodnika poziomego może być uszczelniony piaskiem przez częściowe podmulenie podsadzką płynną.

Uszczelnienie zaprawą można wykonać ręcznie lub przez torkretowanie (natryskiwanie). Sposób ten, a zwłaszcza torkretowanie, jest szybszy, i łatwiejszy od ubijania gliny.

Przy uszczelnieniu ścian za pomocą obudowy murowej przestrzeń między sklepieniem a calizną musi być dokładnie podsadzona. Ponieważ podsadzka taka w większości przypadków jest przenikliwa dla powietrza, przeto omurowanie powinno nie tylko obejmować całą szczelinowatą część calizny lecz musi oną również być przedłużone na pewną długość w caliznie zdrowej. Poza tym czoła murów powinny być wpuszczone do calizny (rys. 15).

Zamulanie szczelin polega na wtłaczaniu do nich mieszaniny wody z materiałami droбноziarnistymi; woda przy tym odpływa, osadzając w szczelinach cząstki stałe aż do zupełnego ich uszczelnienia. Jako materiału używa się tu miążkiego piasku, gliny, pyłu kamiennego, przesianej



Rys. 15. Chodnik w obudowie murowej

(do 2 mm) ziemi roślinnej oraz popiołu z kanałów dymowych kotłów parowych. Stosunek mieszaniny piasku lub popiołu i wody wynosi $1 : 1,5$ lub $1 : 2$; jeżeli do zamulania używa się gliny, wówczas stosunek ten wynosi $1 : 8$ lub $1 : 10$.

Zamulanie prowadzi się albo z tego samego poziomu, na którym znajdują się szczeliny w węglu, lub nawet z poziomu niższego, albo też z poziomu wyższego. W pierwszym przypadku zamulanie szczelin musi odbywać się pod ciśnieniem przynajmniej $1,5 \div 2$ atn, do czego używa się pompy lub powietrza sprężonego, w drugim bez zastosowania dodatkowego ciśnienia, wyłącznie siłą ciężkości. Mieszanina do zamulania tłoczona jest ze zbiornika, w którym stale odbywa się mieszanie wody z materiałem, do rury osadzonej w szczelinie lub otworze w caliznie. Średnica rury wynosi $30 \div 60$ mm, długość do 6 m. W ciągu ośmiogodzinnej dniówki wtłacza się $3 \div 10$ wozów materiału. Przy zastosowaniu pompy ręcznej obsługa składa się z trzech robotników: dwóch przy pompie i jednego przy mieszaniu.

Zamiast zamulania szczelin stosuje się często ich cementowanie przez wtłaczanie mleka wapiennego lub cementowego albo rzadkiej zaprawy z miążkim piaskiem lub popiołem.

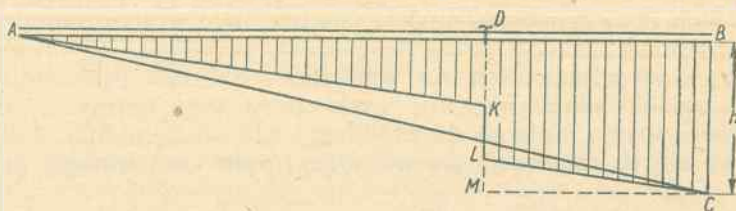
Czynność cementowania przeprowadza się w taki sam sposób, jak i zamulanie szczelin.

Wtłaczanie mleka wapiennego, a również i zmielonego wapienia, oprócz izolowania szczelin ma jeszcze i inne znaczenie, a mianowicie sub-

stancje te działają hamująco na proces utleniania węgla, są antypirogenami (p. niżej), a wskutek tego zapobiegają pożarom nawet i wtedy, gdy nie izolują hermetycznie szczelin. Okoliczność ta potwierdza słuszność poglądu większości górników polskich, że najlepsze wyniki uzyskuje się przy wtłaczaniu do szczelinowatej calizny mleka wapiennego. Wchodzi ono do najmniejszych nawet szczelin na głębokość dochodzącą do 10 m.

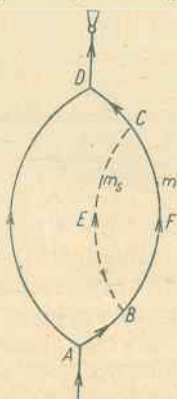
c. Zapobieganie pożarom przez zmniejszenie depresji

Środkami dla zmiany wielkości depresji w różnych punktach wyrobisk są tamy regulacyjne i wentylacyjne, wentylatory pomocnicze oraz odpowiednie wykorzystanie depresji naturalnej.



Rys. 16. Wpływ obecności tamy regulacyjnej na rozkład ciśnienia w przewodzie

1. Tama regulacyjna, a tym bardziej wentylacyjna, powoduje nagły spadek ciśnienia w miejscu jej ustawienia. Jeżeli w przewodzie AB (rys. 16) ruch powietrza odbywa się pod wpływem depresji h , a rozkład spadku ciśnienia określa linia AC, wówczas przez umieszczenie w dowolnym punkcie D tamy regulacyjnej następuje spadek ciśnienia KL, linia ciśnienia zaś przyjmuje położenie AKLC. Spadek ten jest tym większy, im większy jest opór tamy; przy szczelnej tamie wentylacyjnej jest on w danym przypadku równy depresji h , a linia ciśnienia przedstawia się w postaci łamanej ADMC.



Rys. 17. Obecność szczeliny BEC w jednej z bocznic systemu przewietrzania

Jak wynika z rysunku 16, włączenie do przewodu dodatkowego oporu (tamy) powoduje zwiększenie ciśnienia przed tym oporem i zmniejszenie poza nim.

Jeżeli w dowolnej bocznic ABCD (rys. 17), z którą szczelina BEC tworzy połączenie równoległe, musi być umieszczona tama z okienkiem o określonym oporze, to — nie uwzględniając znikomego wpływu szczeliny na przebieg przewietrzania — ilość przepływającego powietrza przez bocznicę ABCD będzie niezależna od miejsca umieszczenia tamy w tej bocz-

nicy, wybór natomiast miejsca na tamę może mieć bardzo duży wpływ na ilość przesączającego się powietrza przez szczelinę BEC.

Nazywając przez

- m — opór odcinka BFC,
- m_s — opór szczeliny BEC,
- q — ilość powietrza płynącego przez bocznicę ABCD,
- q_s — ilość powietrza płynącego przez szczelinę,

otrzymuje się

$$\frac{q_s}{q} = \sqrt{\frac{m}{m_s}}$$

$$q_s = q \sqrt{\frac{m}{m_s}}$$

Taka ilość powietrza będzie przepływała przez szczelinę w przypadku, gdy tama regulacyjna zostanie umieszczona przed punktem B lub poza punktem C.

Jeżeli natomiast tamę umieści się w odcinku BC, opór jego zwiększy się o wielkość oporu tamy, który oznaczmy przez μ . W tym przypadku ilość przepływającego przez szczelinę powietrza wyniesie

$$q'_s = q \sqrt{\frac{m + \mu}{m_s}}$$

a więc zwiększy się w stosunku

$$\frac{q'_s}{q_s} = \sqrt{\frac{m + \mu}{m}} = \sqrt{1 + \frac{\mu}{m}}$$

Może się zdarzyć, że m jest wielkością bardzo małą, gdy tymczasem opór tamy jest bardzo duży, a wówczas stosunek q'_s/q_s będzie również bardzo duży.

Na przykład opór odcinka chodnika AB (rys. 10) wynosi $m = 0,1$ miurga, opór tamy $T - \mu = 1000$ miurgów. Z poprzedniego wzoru otrzymuje się

$$\frac{q'_s}{q_s} = \sqrt{1 + \frac{1000}{0,1}} = \sim 100$$

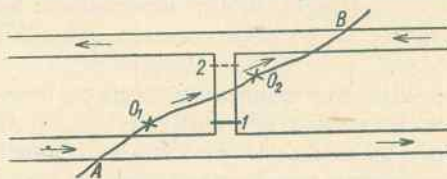
Przed postawieniem tamy T węgiel mógłby w ogóle nie zagrazać się z powodu małego dopływu tlenu, z chwilą jednak, gdy tama ta zostanie postawiona, ilość dopływającego tlenu wzrośnie 100 razy i ogień powstać może w punkcie O (zob. rys. 10). Dla jego uniknięcia należałoby przenieść tamę przed punkt A (T_1) lub poza punkt B (T_2).

Jak z tego wynika, umieszczenie tamy między wlotem i wylotem szczeliny może spowodować samozapalenie węgla wskutek przepływu większej ilości powietrza w szczelinie. Dla uniknięcia tego należy tamę stawiać przed wlotem lub poza wylotem szczeliny.

Przykład 1 (rys. 11). W chodnikach równoległych, z których jednym powietrze dopływa, a drugim odpływa, należy tamę stawiać poza wylotem szczeliny 1 lub przed jej wlotem 2. Przez postawienie tamy w punkcie 3 lub 4 zwiększa się różnica depresji i ilość powietrza przepływającego przez szczelinę, co może być powodem pożaru w całości w punkcie O.

Przykład 2 (rys. 18). Tama 1 w przecinie może spowodować ogień w punkcie O_1 , tama 2 zaś w O_2 . Jeżeli tamy będą czynne na przemian, można uniknąć samozapalenia węgla, ponieważ w czasie, gdy czynna będzie tama 1, węgiel się ochłodzi w punkcie O_2 , gdy zaś czynna będzie tama 2, ochłodzi się węgiel w punkcie O_1 .

Przykład 3 (rys. 15). Przez postawienie tamy 1 w omurowanej części chodnika spowoduje się znaczną różnicę depresji i wzmożony ruch powietrza poza omurowaniem. Dla należytego izolowania szczelin w ociosach chodnika należy czoła murów wpuszczać głębiej aż do zdrowego nie-szczelinowatego węgla. Środek ten niezawsze jednak zdoła zapobiec pożarowi, gdyż zarówno mur, jak i beton mogą przy znacznej różnicy depresji przepuszczać taką ilość powietrza, która będzie wystarczająca do samozapalenia węgla. Bardziej racjonalnym środkiem dla zapobieżenia pożarom poza omurowaniem jest unikanie stawiania tam w omurowanej części chodników. Lepszym miejscem dla tamy bę-



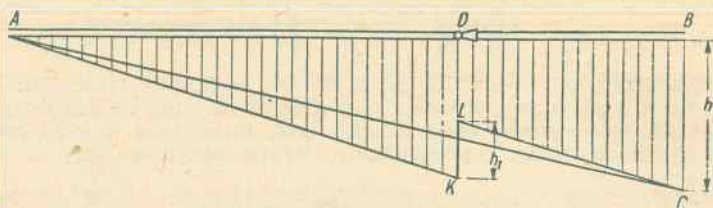
Rys. 18. Wpływ tamy w przecinie na powstanie pożaru

dzie wobec tego punkt 2 (rys. 15); ten sam cel osiągnie się przez przerwanie muru w punkcie 1. W obu tych przypadkach może jednak grozić pożar w pobliżu tamy. Dla jego uniknięcia wskazane jest postawienie nie jednej, lecz kilku tam (rys. 19) czynnych na przemian.

2. Wentylator umieszczony w przewodzie, w którym (rys. 20) odbywa się ruch powietrza pod wpływem depresji h , stwarza przed sobą dodatkową depresję, poza sobą zaś kompresję, a więc powoduje w miejscu



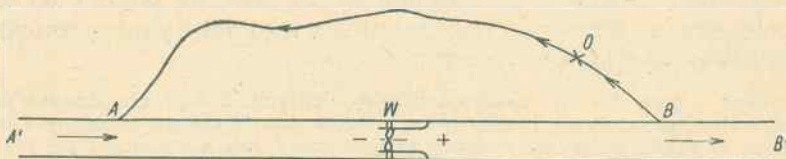
Rys. 19. Dwie tamy w omurowanej części chodnika czynne na przemian



Rys. 20. Wpływ obecności wentylatora w przewodzie na rozkład ciśnienia w tym przewodzie

jego ustawienia nagły wzrost ciśnienia. W ten sposób działanie wentylatora pomocniczego D w kopalni jest wręcz przeciwne, aniżeli działanie tamy regulacyjnej.

W przypadku, gdy wentylator jest umieszczony między wlotem i wylotem szczeliny w ścianie chodnika (rys. 21), tworzącej z prądem powietrza



Rys. 21. Wpływ umieszczenia wentylatora w chodniku między wlotem i wylotem szczeliny

połączenie równoległe, może on wywołać ruch powietrza w szczelinie w kierunku odwrotnym BA do tego, jaki by istniał, gdyby wentylatora nie było. Jak to jest znane z teorii przewietrzania kopalń, warunkiem odwrócenia prądu w szczelinie jest ¹⁾

$$\frac{h_1}{h} > \frac{a}{c}$$

gdzie

a — opór bocznic AWB ,

c — opór bocznic $A'A$ i BB'

¹⁾ Przyjęto tu najprostszy przypadek, gdy szczelina tworzy bocznicę normalną I klasy.

Przy małym oporze a bocznicy AWB ilość powietrza w szczelinie przed ustawieniem wentylatora mogłaby być bardzo mała i nie spowodować samozapalenia węgla, z chwilą jednak odwrócenia prądu w szczelinie przez wentylator pomocniczy przy znacznej depresji h_1 (rys. 20) ilość przepływającego powietrza w szczelinie może być dostatecznie duża i spowodować pożar w punkcie O (rys. 21).

Tak więc nie należy umieszczać wentylatora, podobnie jak i tamy, między wlotem i wylotem szczeliny, jeżeli opór chodnika między tymi punktami jest mały. Przeciwnie, w przypadku znacznego oporu a chodnika AWB (rys. 21) ilość przepływającego powietrza w szczelinie może być przed umieszczeniem wentylatora W duża i wtedy można byłoby spodziewać się pożaru w pobliżu punktu A . Umieszczenie w tym przypadku wentylatora może przyczynić się do zatrzymania lub zmniejszenia prądu w szczelinie, a więc i do uniknięcia w niej ognia, gdyż zatrzymanie prądu w szczelinie następuje przy zachowaniu warunku

$$\frac{h_1}{h} = \frac{a}{c}$$

a więc — w porównaniu z wzorem poprzednim — przy dostatecznie dużym oporze a lub małej depresji h_1 .

3. Połączenie tamy i wentylatora. Miara ilości przepływającego powietrza w przewodzie może być wielkość spadku w nim ciśnienia, a więc nachylenie linii AC (rys. 16 i 20). Jak wynika z rys. 16, przez umieszczenie tamy regulacyjnej D zmniejsza się nachylenie linii ciśnienia AK i LC , a zatem maleje ilość przepływającego powietrza. Przez umieszczenie natomiast wentylatora E (rys. 20) zwiększa się w danym przewodzie spadek ciśnienia AK i LC , czyli zwiększa się jednocześnie ilość przepływającego powietrza.

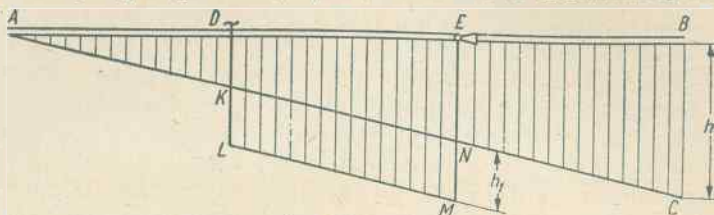
Mogą zachodzić przypadki, kiedy będzie chodziło o wytworzenie w pewnym odcinku przewodu lokalnej depresji lub kompresji przy jednoczesnym zachowaniu poprzednio przepływającej ilości powietrza. Da się to uzyskać przez połączenie tamy i wentylatora.

Przez umieszczenie tamy regulacyjnej D , a za nią wentylatora E , uzyskuje się między nimi odcinek przewodu, w którym panuje lokalna depresja h_1 (rys. 22), przez umieszczenie natomiast tamy regulacyjnej za wentylatorem uzyskuje się w danym odcinku lokalną kompresję h_1 (rys. 23).

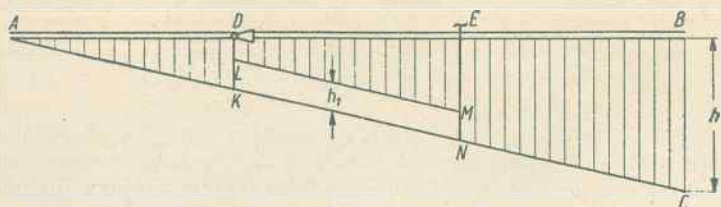
Potrzeba wytworzenia lokalnej depresji lub kompresji może zająć np. wtedy, gdy istnieje niebezpieczeństwo pożaru w filarze granicznym F między kopalniami K_1 i K_2 (rys. 24) wskutek znacznej różnicy w ich depresji. Tak np. jeżeli kopalnia K_1 ma przewietrzanie tłoczące, a kopalnia K_2 ssące, wówczas przez szczeliny w filarze granicznym powietrze będzie przesączało się z kopalni K_1 do K_2 . Filar ten oraz wyrobiska i stare zroby po stronie kopalni K_1 będą stale zaognione. Dla wyrównania depresji na granicy obu kopalń i uniknięcia w ten sposób pożaru może być wskazane jednoczesne umieszczenie tamy T i wentylatora W . Regulacja wielkości lokalnej depresji może być tu przeprowadzona bądź to przez regulację wielkości okienka w tamie T , bądź też przez zmianę liczby obrotów wentylatora W .

Mogą zachodzić przypadki, kiedy zastosowanie do przewietrzania robót lutni z wentylatorem zapobiegne samozagrzewaniu węgla, jakie miałyby miejsce wtedy, gdyby wentylatora nie było. Tak np. w przypadku pokazanym na rys. 25 samozagrzewanie węgla w filarze oporowym jest możliwe wskutek istnienia różnicy ciśnienia w chodnikach przewozowym (dol-

nym) i wentylacyjnym (górnym). Pod wpływem tej różnicy ciśnienia powietrze będzie się przesączało przez szczeliny w węglu. Z chwilą zainstalowania lutni z wentylatorem tłoczącym W ciśnienie w chodniku wentylacyjnym zwiększy się, zmniejszy się ciśnienie w chodniku przewozowym,

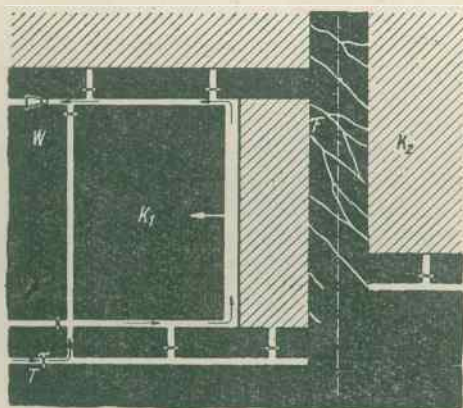


Rys. 22. Wytworzenie lokalnej depresji za pomocą tamy i wentylatora



Rys. 23. Wytworzenie lokalnej kompresji za pomocą tamy i wentylatora

a jednocześnie zmniejszy się ruch powietrza w szczelinach, przez co możliwe jest uniknięcie samozagrzewania węgla. W celu zwiększenia ciśnienia w chodniku górnym może być wskazane zawieszenie płótna P w przecince oraz ewentualnie P_1 w chodniku wentylacyjnym.



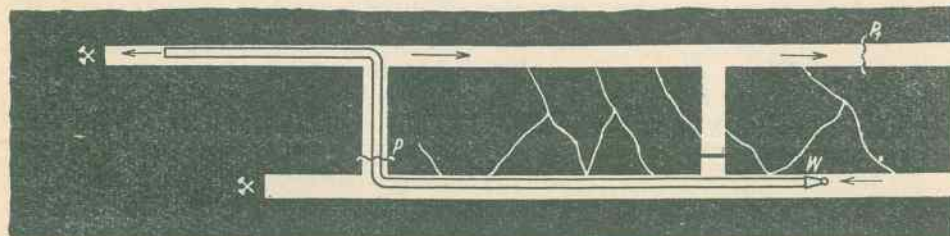
Rys. 24. Zapobieganie pożarom w filarze granicznym między kopalniami za pomocą tamy i wentylatora

4. Wykorzystanie depresji naturalnej (cieplnej) w szczelinie. Depresja naturalna (cieplna) w bocznicy pochyłej zwraca się zawsze w kierunku wzniesienia. Jest ona tym większa, im większe jest nachylenie bocznicy. Przy przewietrzaniu prądem wznoszącym się (rys. 26 a) z chwilą zagrzania się węgla w szczelinie w punkcie O powstała w niej depresja cieplna będzie sprzyjała ruchowi powietrza, ilość jego wzrośnie, a wskutek tego prawdopodobieństwo szybkiego powstania pożaru będzie tu większe aniżeli w szczelinie poziomej.

Przeciwnie, w przypadku przewietrzania części kopalni prądem schodzącym (rys. 26 b) powietrze w szczelinie będzie płynęło w kierunku zgodnym z ogólnym kierunkiem prądu, ale tylko do chwili, zanim depresja cieplna spowodowana grzaniem się węgla nie zrównoważy panującej tu depresji mechanicznej. W chwili tej nastąpi zatrzymanie prądu w szczelinie i w konsekwencji powstrzymanie procesu samozagrzewania. Ochłó-

dzenie ogniska spowoduje ponowny normalny ruch powietrza w szczelinie, dopływ tlenu do punktu *O* i ponowne grzanie się węgla.

Jak z tego wynika, powstanie pożaru w szczelinie, w której ruch powietrza odbywa się w kierunku schodzącym jest utrudnione. Depresja cieplna odgrywa tu rolę samoczynnego regulatora temperatury w punkcie *O*. Taka samoczynna regulacja może spowodować, że temperatura węgla w pobliżu wlotu powietrza do szczeliny będzie się utrzymywała stale na jednakowej mniej więcej wysokości. Im większa jest różnica depresji



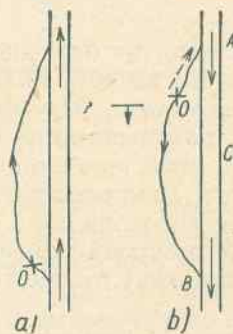
Rys. 25. Zapobieganie pożarom w filarze oporowym między chodnikami równoległymi przez zastosowanie tłoczącego przewietrzania za pomocą lutni z wentylatorem

w punktach *B* i *A* (rys. 26 b), tym wyższa będzie musiała być temperatura powietrza w szczelinie, aby zatrzymać prąd, do tym wyższej więc temperatury zostanie nagrany węgiel w pobliżu punktu *A*.

Różnica depresji w punktach *A* i *B* zależy od wielkości oporu elementu *ACB* oraz od ilości płynącego w nim powietrza. Im opór ten i ilość płynącego powietrza są większe, do tym wyższej temperatury zostanie nagrany węgiel. Obecność tamy w odcinku *ACB* będzie więc czynnikiem sprzyjającym pożarowi a jej usunięcie obniży jednocześnie temperaturę węgla.

Jeżeli różnica depresji w punktach *B* i *A* będzie dostatecznie duża i jeżeli dla jej pokonania powietrze w szczelinie będzie musiało mieć zbyt wysoką temperaturę, która przekroczy temperaturę zapalności węgla, pożar w takiej szczelinie może nastąpić.

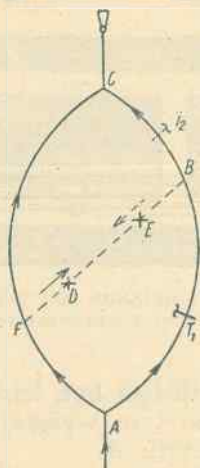
Przy danej długości przewodu wielkość depresji cieplnej jest funkcją nie tylko temperatury, lecz i kąta nachylenia przewodu; zależność ta jest w stosunku prostym. Dla wytworzenia więc dostatecznej depresji cieplnej przy małym nachyleniu przewodu będzie potrzebna znacznie wyższa temperatura aniżeli przy nachyleniu dużym. Z tego względu przy przewietrzaniu prądem schodzącym wyrobisk w pokładzie stromym można się spodziewać na ogół niższej temperatury węgla szczelinowego, aniżeli w pokładach o małym nachyleniu; z tego również względu powstanie pożaru w szczelinach o schodzącym kierunku ruchu powietrza będzie tym łatwiejsze, im pokład ma mniejsze nachylenie. Mamy więc tu do czynienia ze zjawiskiem wręcz przeciwnym, aniżeli przy przewietrzaniu prądem wznoszącym się, gdzie większe nachylenie pokładu sprzyja szybszemu rozwojowi pożaru.



Rys. 26. Wpływ depresji cieplnej na powstanie pożaru w szczelinie przy przewietrzaniu prądem wznoszącym się (a) i schodzącym (b)

Jak z tego wynika, przewietrzanie prądem schodzącym utrudnia powstanie pożaru w węglu szczelinowatym i to tym wyraźniej, im pokład jest bardziej stromy. Okoliczność ta jest jednocześnie jedną z nielicznych zalet przewietrzania pól eksploatacyjnych prądem schodzącym.

Cały szereg ujemnych stron przewietrzania kopalń, a nawet i pojedynczych pól, prądem schodzącym było bezpośrednim powodem przyjęcia przewietrzania ich prądem wznoszącym się jako jednej z zasad racjonalnego rozprowadzania powietrza w kopalniach. Odstępstwo od tej zasady może w poszczególnych przypadkach mieć swoje usprawiedliwienie przy eksploatacji pokładów skłonnych do samozapalenia.



Rys. 27. Szczelina FB tworząca bocznice przekątną w systemie wentylacyjnym

Utrudnieniem ruchu powietrza w szczelinach węglowych w kierunku schodzącym tłumaczy się również okoliczność, że w chodnikach filarów pożary powstają wyłącznie prawie w ociosie górnym (od strony wzniesienia pokładu) lub w piętrze. Tak np. J. Urban w swym opisie 30 pożarów, jakie zdarzyły się w kopalni Modrzejów w ciągu 10 lat, podaje, że ogni w górnej ścianie chodników było dziesięć, w piętrze chodników pięć, w dolnej zaś ścianie chodnika tylko jeden.

5. Zwiększenie otworu równoznacznego kopalni. Im większy jest otwór równoznaczny kopalni, tym mniejszą depresję wytwarza wentylator i tym korzystniejsze są warunki zapobiegania pożarom.

Często np. daje się zauważyć zagrzewanie się węgla w filarze ochronnym dla szybów bliźniaczych, z których jeden jest wdechowym, drugi wydechowym. Przy dużej różnicy depresji między tymi szybami najbardziej nawet staranne omurowanie wyrobisk może być tylko półśrodkiem. Jeżeli obok tego zmniejszona zostanie depresja systemu przez zwiększenie otworu równoznacznego kopalni, niebezpieczeństwo pożarów może wybitnie się zmniejszyć.

W przypadku dużej depresji wentylatora korzystniejsze jest przekątne (skrzydłowe) rozmieszczenie szybów wdechowego i wydechowego.

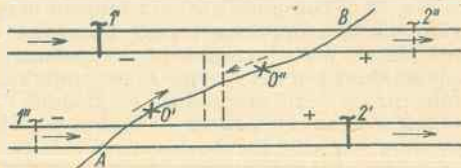
d. Zapobieganie pożarom przez odwracanie kierunku prądu w szczelinach

Jeżeli szczelina FB (rys. 27) tworzy bocznice przekątną, to zależnie od miejsca umieszczenia tamy regulacyjnej w bocznicy ABC prąd w szczelinie będzie płynął w jedną lub drugą stronę. Tak np. jeżeli tama T_1 zostanie umieszczona na odcinku AB, można się spodziewać ognia w punkcie D od strony świeżego powietrza; jeżeli natomiast tama ta T_2 zostanie przeniesiona poza wylot szczeliny do odcinka BC, prąd FB przy dostatecznie dużym oporze tamy zostanie odwrócony, a wówczas ognia można się spodziewać w punkcie E w pobliżu B.

Jeżeli istnieje możliwość odwracania prądu w szczelinie, może być wskazane posiadanie dwóch tam — T_1 i T_2 , z których na przemian będzie czynna tylko jedna. Tego rodzaju sposób zapobiegania pożarom jest wskazany

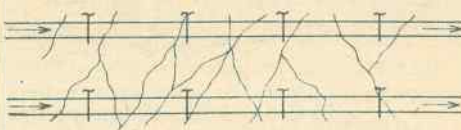
zwłaszcza wówczas, jeżeli szczelina FB jest dostatecznie długa. W czasie, gdy zamknięta jest tama T_1 , węgiel będzie się zagrzewał w punkcie D ; po otworzeniu tamy T_1 i zamknięciu T_2 węgiel będzie się zagrzewał w E , a w ciągu tego czasu ochłodzi się w punkcie D .

Przykład 1. Jeżeli powietrze płynie dwoma chodnikami równoległymi (rys. 28), tamy w tych chodnikach należy stawiać z jednej strony szczeliny, a mianowicie przed szczeliną $1'$ i $1''$ lub poza nią $2'$, $2''$. Przez postawienie jednej tamy $1'$ przed szczeliną, drugiej zaś $2'$ poza nią, spowoduje się zniżkę ciśnienia za tamą $1'$ i wyżkę przed $2'$; wywoła to ruch powietrza w szczelinie w kierunku AB i możliwość ognia w punkcie O' . Postawienie tam $2''$ i $1''$ spowoduje ruch w kierunku BA i ogień w O'' . Dla jeszcze większego zrównoważenia depresji w punktach A i B celowe jest — oprócz umieszczenia tam z jednej strony szczeliny — połączenie obu chodników nie otamowaną przekładką.



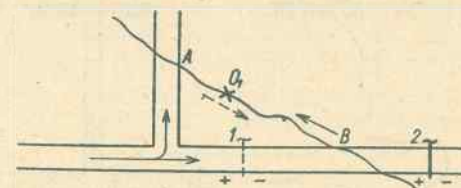
Rys. 28. Szczelina tworząca boczną przekładką między chodnikami równoległymi

Przykład 2. W chodnikach równoległych, między którymi filar jest zgnieciony i spekany (rys. 29), ma się do czynienia ze skomplikowanym systemem połączonych ze sobą szczelin. Dla niedopuszczenia do powstania pożaru w przypadku konieczności tamowania prądów wskazane jest umieszczenie szeregu tam, które będą czynne naprzemiennie. Spowoduje to, że węgiel będzie się zagrzewał coraz to w innym miejscu, a w tym czasie zostanie ochłodzony zagrzany w poprzedniej szczelinie.



Rys. 29 Umieszczenie większej liczby tam w filarze spekanym

Przykład 3 (rys. 30). Tama 1 wywoła znaczną różnicę depresji w punktach A i B i może spowodować pożar O_1 . Przez przeniesienie tamy poza szczelinę do punktu 2 uzyskuje się bardzo małą różnicę depresji wskutek czego prąd powietrza w szczelinie może być zbyt słaby do spowodowania pożaru.

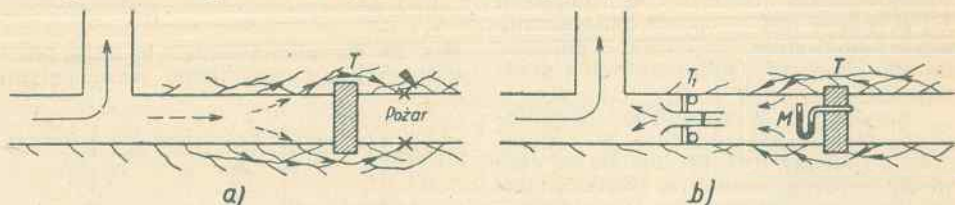


Rys. 30. Możliwość pożaru w szczelinie na skrzyżowaniu wyrobisk

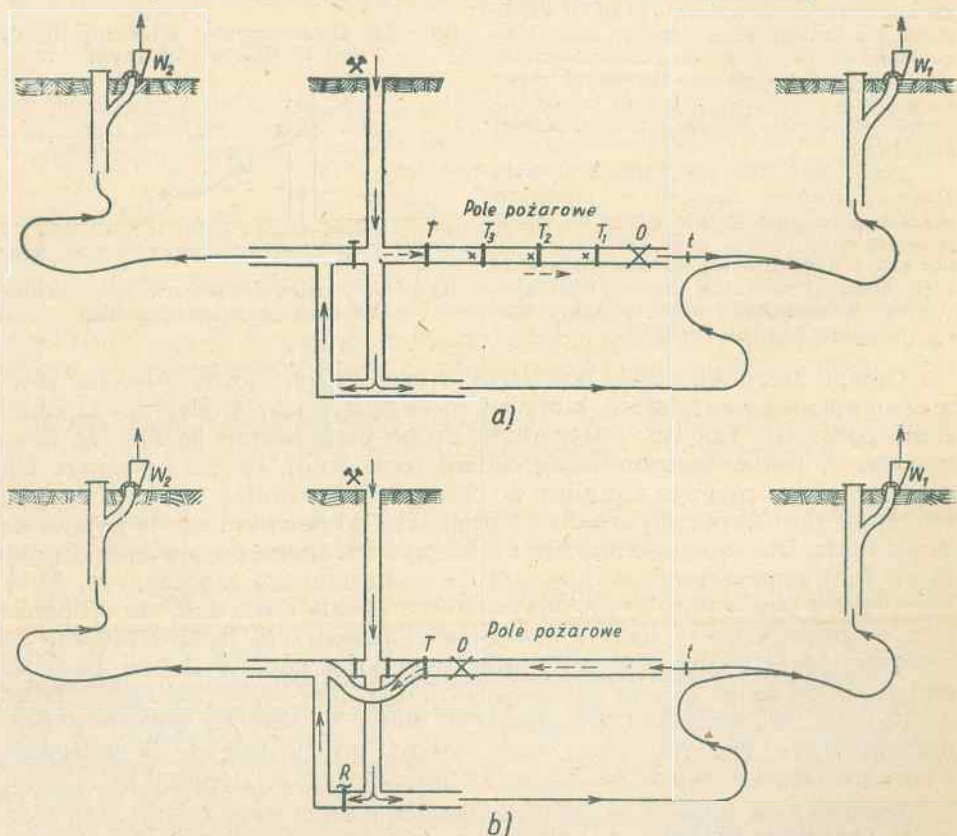
Zmianę kierunku ruchu powietrza w szczelinach można wywołać również za pomocą wentylatora, który też może służyć jako środek dla zapobieżenia pożarowi. Tak np. jeżeli okaże się po otamowaniu pożaru, że tama wlotowa T jest w szczelinowatej caliznie (rys. 31 a), świeże powietrze będzie dopływało przez te szczeliny do ognia, który wskutek tego będzie miał tendencję posuwania się przeciwko prądowi i po pewnym czasie pojawi się przed tamą. Dla zapobieżenia temu może być wskazane postawienie drugiej tamy T_1 i umieszczenie w niej lutni z wentylatorem ssącym (rys. 31 b). Przy ruchu tego wentylatora powietrze nie będzie dostawało się do ognia, lecz — przeciwnie — gazy z otamowanej przestrzeni będą wysysane na zewnątrz przez wentylator, a wskutek tego pożar bądź wygaśnie, bądź też oddali się od tamy T . Dla regulacji wielkości depresji wytwarzanej przez wentylator jest wskazane wykonanie w tamie T_1 okienka z zasuwą. Najkorzystniejsze warunki akcji będą wtedy, gdy manometr M połączony z rurką w tamie T będzie wskazywał istnienie niedużej depresji za tą tamą.

Przykład 4. W jednej z kopalń górno-śląskich powstał pożar O (rys. 32 a), który został otamowany tamami T_1 i t . Wskutek szczelinowatości węgla pożar ten nie wygasł i w krótkim czasie przeniosł się przez szczelinę przed tamą T_1 postawioną od strony wlotu powietrza do pola pożarowego, co zmusiło kopalnię do powtórnego ota-

mowania tego pożaru nową tamą T_2 . Po upływie około jednego miesiąca pożar pojawił się przed tą tamą. Powtarzało się to kilkakrotnie w mniej więcej miesięcznych odstępach czasu. Wobec zbliżania się pożaru do głównego szybu wydobywczego i jego zagrożenia, kopalnia — oprócz postawienia tamy — zastosowała również cementowanie szczelin w ścianach chodnika. Środek ten nie okazał się jednak skuteczny, gdyż pożar pojawił się znowu przed tamą po upływie już nie jednego, ale trzech miesięcy. Gdy wreszcie ostatnia tama T została zbudowana w sąsiedztwie szybu wydobywczego, a przypuszczalne ponowne przeniesienie się ognia przed tamą zagrażało już bezpośrednio pożarem w szybie, zastosowano w r. 1946 na propozycję autora niniejszej pracy odwrócenie prądu w całym polu pożarowym w sposób przedstawiony na rys. 32 b. Dla umożliwienia takiego uregulowania systemu, by poza tamą T istniała tylko nieduża depresja i gazy pożarowe nie były zbyt intensywnie wysysane przez wentylator W_2 z przestrzeni otamowanej, zbudowano na niższym poziomie tamę R z okienkiem regulacyjnym. Przez zamykanie tego okienka depresja za tamą T wzrastała, przez jego otwieranie — malała. Po odwróceniu prądu w polu pożarowym niebezpieczeństwo pożaru w szybie zostało zażegnane, pożar zaś zlikwidowano.



Rys. 31. Zapobieganie przejściu pożaru przez tamę ogniową



Rys. 32. Przykład zlikwidowania pożaru przez odwrócenie prądu w otamowanej przestrzeni

5. Eksploatacja pokładów węgla skłonnych do samozapalenia

Dla uniknięcia pożarów przy eksploatacji pokładów skłonnych do samozapalenia należy szczególną uwagę zwracać na następujące czynniki:

1. czyste wybieranie węgla,
2. zwalczanie ciśnienia,
3. unikanie podbierania pokładu lub jego warstwy,
4. odpowiedni kierunek wybierania pokładu i związane z nim usytuowanie dróg powietrznych,
5. prędkość wybierania pól i ich izolacja.

a. Czyste wybieranie węgla

W pokładach cienkich można wybitnie zmniejszyć możliwość pożarów wskutek samozapalenia przez zastosowanie *systemu ścianowego* bez pozostawienia filarów oporowych przy chodnikach transportowych i wentylacyjnych. Oprócz tego należy przestrzegać, ażeby urobek był całkowicie wydawany, a miał węglowy nie pozostawał w starych zrobach. W przypadku węgla szczególnie skłonnego do samozapalenia można zalecać nawet zamiętanie spągu przed wywołaniem zawалу. Jeżeli zawal stropu nastąpi aż do samego czoła ściany i zajdzie potrzeba ponownego jej przygotowania, pozostawiony węgiel może być przyczyną pożaru w starych zrobach.

Przy wybieraniu *systemem zabierkowym* pokładów grubych z zawalem stropu straty węgla w starych zrobach są nieuniknione, toteż pożary w takich warunkach powstają bardzo często. Można znacznie zmniejszyć niebezpieczeństwo pożarów w starych zrobach przez *dokładne i możliwie zupełne wywoływanie zawalów*, a zwłaszcza *dokładne podsadzanie wyrobiska*. Jeżeli w stropie są łatwo rabujące się łupki, to z biegiem czasu zawalisko uszczelnia się, przenikanie zaś powietrza do pozostawionych resztek pokładu zmniejsza się, a wskutek tego z biegiem czasu niebezpieczeństwo pożaru w starych zrobach maleje. Inaczej ma się sprawa przy mocnych skałach stropowych, które załamują się tylko dużymi bryłami, pozostawione w starych zrobach nogi i filary ulegają zgnieceniu, a dopływ powietrza jest do nich ułatwiony. W warunkach takich niebezpieczeństwo pożaru nie zmniejsza się z biegiem czasu, a pożary powstają nawet po upływie trzech lub czterech lat. Tak więc pod stropem piaskowcowym niebezpieczeństwo pożarów jest większe aniżeli pod łupkowym i dla zapobieżenia im należy stosować szczelną podsadzkę.

Obecność podsadzki zabezpiecza również przed dostaniem się do starych zrobów węgla z wyżej zalegających pokładów, które mogą być objęte strefą zawalu. W przypadku pozostawienia w zrobach nóg lub filarów podsadzka, zwłaszcza płynna, może dokładnie izolować je od dopływu powietrza, trzeba ją jednak wykonać starannie i doprowadzić aż do stropu. Należy zwracać uwagę, by w kamieniu użytym do podsadzki nie było przestworów węglowych lub łupku palnego.

b. Zwalczanie ciśnienia

Duża ilość pożarów powstaje w *rozgniecionych filarach i caliźnie*. Tak np. w Zagłębiu Donieckim pożary tego rodzaju stanowią około 87% ogólnej ich liczby. Rozgniatanie takie występuje przede wszystkim pod piaskowcami, a więc i pod tym względem niebezpieczeństwo pożarów pod piaskowcami jest większe aniżeli pod łupkami.

Dla zmniejszenia możliwości rozgniatań filarów należy dążyć do zredukowania ilości robót przygotowawczych, unikać niepotrzebnych wyrobisk w węglu, wyrobisk zaś niezbędnych nie wykonywać zbyt wcześnie. Wyrobisk przygotowawczych nie należy łączyć z sobą pod kątem mniejszym niż 60° . Przy kacie bardziej ostrym węgiel w klinie między wyrobiskami należy wybrać na głębokość nie mniejszą od 3 m. Miejsce to należy odpowiednio zabudować, najlepiej cegłą lub betonem, a wolną przestrzeń dokładnie podsadzić materiałem niepalnym. Główne wyrobiska w węglu trwające długi czas, należy utrzymywać w obudowie stałej, przy czym jest bardzo wskazane wypełnić przestrzeń między obudową a węglem podsadzką płynną, gdyż zabezpiecza ona przed ogniami szczelinowymi. Jeszcze lepiej wyrobiska takie prowadzić nie w węglu, lecz w stropie lub spagu pokładu. W zgniecionych miejscach pokładu wskazane jest w ogóle otaczać obudowę nawet drewnianą (odrzwia o wiązaniu niemieckim obite balami lub deskami) poduszką z podsadzki płynnej. Przy mocnym stropie pokładu wskazane jest chodniki prowadzić pod stropem, a nie po spagu lub w środku pokładu, gdyż w ten sposób węgiel mniej ulega spękaniu i mniej jest pożarów w ociosach.

Obudowę chodników należy utrzymywać w dobrym stanie, aby uniknąć zawałów chodnikowych, w których łatwo może powstać pożar. W razie powstania zawału trzeba chodnik zaraz przebudować, a węgiel luźny wybrać. Jeżeli stwierdzi się nagrzewanie węgla w ociosach albo piętrze chodnika lub pochylni, należy zagrzany węgiel wybrać, pustkę zaś wypełnić podsadzką płynną bądź całkowicie, bądź też poza obudową chodnika. Wszystkie niepotrzebne wyrobiska w węglu najlepiej likwidować przez ich podsadzenie lub otamowanie.

Front wybierania pokładu powinien być możliwie prosty, pola zaś wybierane jednoskrzydłowo. Jeżeli zachodzi konieczność pozostawienia filarów oporowych, powinny one być odpowiednio grube, lepiej jest jednak utrzymywać chodniki w podsadzie.

W celu zmniejszenia ciśnienia w pokładzie grubym i jego odprężenia wskazane jest wcześniejsze wybranie zalegającego nad nim pokładu mniejszej grubości.

c. Podebranie pokładu

Wcześniejsze wybranie pokładu niższego, a zwłaszcza z zawałem, przyczynia się do naruszenia pokładu wyższego, który wskutek tego może zapalić się pod wpływem przenikania powietrza do szczelin. Podebranie pokładu jest szczególnie szkodliwe, jeżeli w pokładzie górnym istnieją wyrobiska, gdyż ułatwiają one przenikanie powietrza do powstałych szczelin. Podebranie takie wznawia również stare pożary.

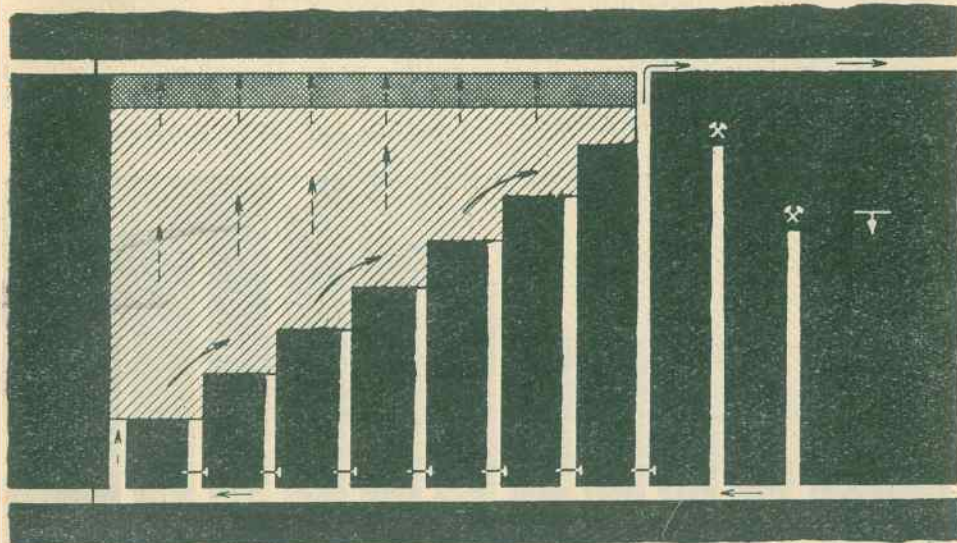
Podobne zjawiska obserwuje się również przy wybieraniu pokładu warstwami. Jeżeli pokład wybiera się z podsadzką, począwszy od warstw niższych, szczeliny tworzą się w węglu warstw wyższych, a więc z chwilą przystąpienia do ich wybierania istnieć będą warunki ułatwiające powstanie pożaru. Niebezpieczeństwo samozapalenia będzie tym większe, im większa jest ilość warstw. Dla uniknięcia tego należy wyrobiska podsadzać jak najdokładniej (np. podsadzka płynna *pod ciśnieniem*), a w przypadku wybierania warstwami poziomymi stosować mniejsze podpiętra lub też — przy suchej podsadzie — prowadzić eksploatację od warstw wyższych, dając podłogę, która ułatwia wybieranie warstwy niższej. Należy przy tym unikać pozostawiania jakichkolwiek filarów.

Czasami przy eksploatacji warstwami równoległymi do uławicenia pokładu wybiera się górną warstwę z zawałem jako pierwszą, np. w celu uniknięcia tupań, a następnie zaczynając od najniższych przechodzi się do normalnego wybierania dolnych warstw z podsadzką płynną. Takiego sposobu wybierania nie można zalecać, jeżeli pokład jest skłonny do samozapalenia, gdyż przy wybieraniu warstw niższych mogą łatwo powstać szczeliny w węglu, przez które będzie przenikało powietrze do zawałiska. Pożar powstać więc może albo w szczelinach warstw niższych, albo też w zawałisku warstwy górnej.

d. Kierunek wybierania pokładu i usytuowanie dróg powietrznych

Przy wybieraniu pokładów skłonnych do samozapalenia trzeba zwracać dużą uwagę na to, by powietrze nie przepływało w ciągu dłuższego czasu przez stare zrobry (jeżeli znajduje się w nich węgiel) oraz przez szczeliny w caliznie. Tak np. niekorzystne pod tym względem warunki powstają przy dwuskrzydłowym wybieraniu pól (zob. rys. 6), gdyż może tu łatwo powstać pożar w zrobach Z_2 .

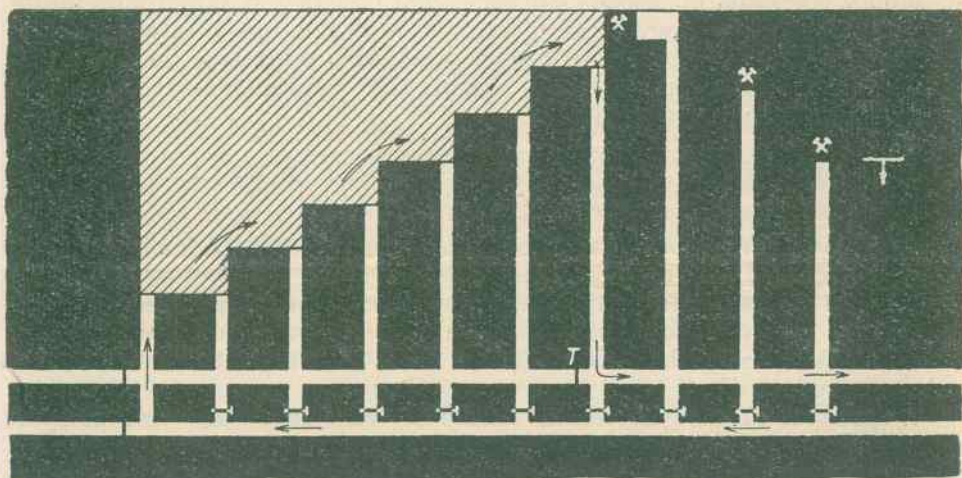
W przypadku utrzymywania chodnika wentylacyjnego nad starymi zrobami (rys. 33) powietrze będzie miało zawsze tendencję przenikania do starych zrobów i przepływu przez nie, a wskutek tego prawdopodobieństwo pożaru w starych zrobach będzie duże. Przy braku chodnika



Rys. 33. Możliwość powstania pożaru w starych zrobach

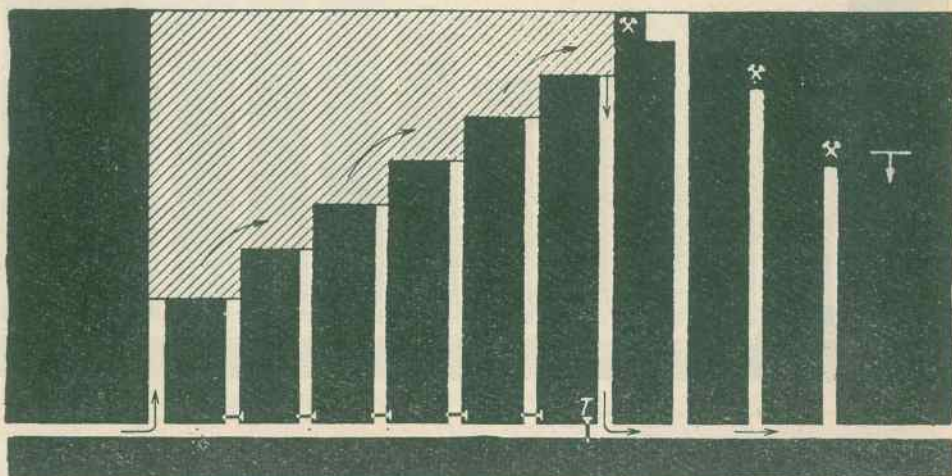
wentylacyjnego nad starymi zrobami i przy sprowadzaniu powietrza zużytego do chodnika równoległego przy transportowym (rys. 34) możliwość powstania pożaru w starych zrobach jest mało prawdopodobna. (R. Strusiewicz, 1930), zachodzi natomiast niebezpieczeństwo pożaru w filarze między równoległymi chodnikami, w których powietrze płynie w przeciwnych stronach i w których występuje znaczna różnica depresji, ponieważ stosunkowo cienki filar w tym miejscu może łatwo ulec zgnieceniu. Zwiększenie grubości filaru jest w tym przypadku korzystne.

Jeżeli nie ma filaru wzdłuż chodnika transportowego i gdy powietrze zużyte sprowadza się na dół (rys. 35), prawdopodobieństwo powstania pożaru tak w starych zrobach, jak i w filarach jest, małe. Pożar może tu powstać w filarze w pobliżu tamy T , jeżeli zostanie on zgnieciony. Ze



Rys. 34. Małe prawdopodobieństwo pożaru w starych zrobach, możliwość natomiast pożaru przy chodniku transportowym

względem jednak na to, że tama T nie pozostaje przez dłuższy czas w jednym miejscu i jest przenoszona w chwili rozpoczęcia wybierania następnego filaru, możliwość powstania obok niej pożaru jest mało prawdopodobna.



Rys. 35. Małe prawdopodobieństwo pożaru zarówno w starych zrobach, jak i chodniku transportowym

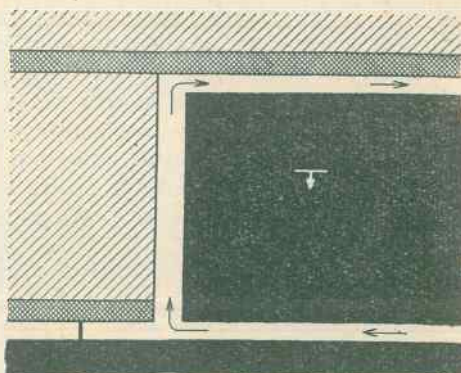
Na ogół biorąc najkorzystniej jest wybierać pokłady skłonne do samozapalenia w kierunku od granic przy równoczesnej likwidacji górnego chodnika wentylacyjnego (rys. 36). W takich warunkach powietrze nie ma

tendencji przenikania zbyt głęboko do starych zrobów, a wskutek tego przy dostatecznie prędkim postępie frontu wybierania łatwo jest uniknąć w nich pożaru, jeżeli tylko wzdłuż chodnika wentylacyjnego nie pozostawia się filaru oporowego.

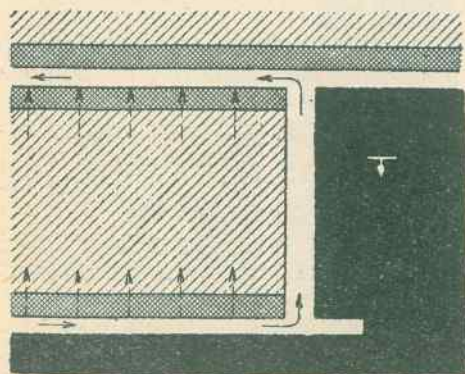
Wybieranie od granic jest jeszcze i pod tym względem korzystne, że w razie potrzeby pole można łatwo izolować i wyłączyć z ogólnej wentylacji.

Mniej korzystne warunki powstają przy wybieraniu do granic, zwłaszcza przy centralnym rozmieszczeniu szybu wdechowego i wydechowego (rys. 37). Niekorzystna strona wybierania do granic zostaje do pewnego stopnia złagodzona przy przekątnym (skrzydłowym) rozmieszczeniu szybów (rys. 38).

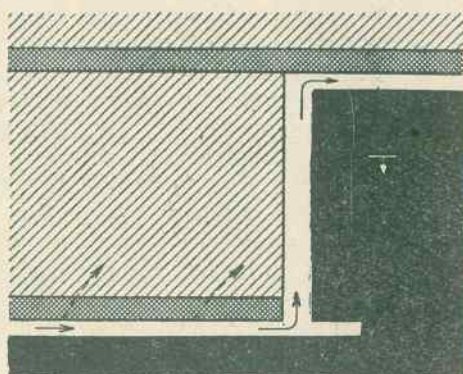
Wybieranie pokładów grubych do granic systemem filarowym zabierkowym z zawalem jest szczególnie niebezpieczne i w większości przypadków prowadzi do pożarów tak w filarach oporowych jak i w starych zrobach. Zastąpienie filarów oporowych pasami podsadzki płynnej i utrzymywanie w niej chodników może znacznie polepszyć sytuację.



Rys. 36. Unikanie pożarów przez wybieranie pokładu w kierunku od granic



Rys. 37. Możliwość pożaru w starych zrobach przy wybieraniu do granic i przy przewietrzaniu centralnym



Rys. 38. Zmniejszenie możliwości pożaru przy wybieraniu do granic przez zastosowanie przewietrzania skrzydłowego

e. Prędkość wybierania pól i ich izolacja

Jak już wspomniano wyżej, pożar w polu powstaje zwykle po upływie pewnego czasu od chwili rozpoczęcia eksploatacji pola. Czas ten zależy od stopnia skłonności węgla do samozapalenia. Przy powolnej eksploatacji pole jest przez dłuższy czas narażone na przenikanie powietrza do starych zrobów i szczelin w filarach, a wskutek tego niebezpieczeństwo pożaru jest większe nawet przy małych wymiarach pola. Przeciwnie, przy dostatecznie prędkim wybieraniu pokładu wymiary pola mogą być znacznie większe, a niekiedy można nawet w ogóle uniknąć pożarów.

Prędkie wybieranie kolejnych warstw pokładu może również zapobiec powstawaniu w nich pożaru. Tak np. w ZSRR przy eksploatacji węgla brunatnego na dwie warstwy wybieranie dolnej w celu uniknięcia pożaru prowadzi się z opóźnieniem nie większym od 2 — 3 miesięcy (odstęp 30 do 40 m). Zatrzymanie eksploatacji pokładów skłonnych do samozapalenia nie jest korzystne, a więc nie jest korzystne posiadanie pól rezerwowych.

Dopływ powietrza do wybranego pola powinien być odcięty, co dawniej przeprowadzano z reguły przez jego izolację za pomocą tam budowanych w niewybranych i otaczających pole filarach oporowych (zob. rys. 5). Obecnie przy wybieraniu z zawałem otamowuje się zwykle nie poszczególne pola pochylniane, lecz stare zrobry wzdłuż dróg transportowych i wentylacyjnych. Tamy te trzeba mieć pod obserwacją i utrzymywać w dobrym stanie.

f. Przykład poprawnego rozwiązania systemu filarowego

Na rys. 39 pokazano przykład poprawnego rozwiązania (R. Kibler i Z. Kowalczyk, 1935) systemu filarowego z zawałem, który w dużym stopniu przyczynił się do zmniejszenia pożarów. Cechami omawianego sposobu wybierania pokładu są:

1. brak chodnika wentylacyjnego nad eksploatowanym polem, które jest oddzielone od wyżej położonych zrobów 10-metrowym nie przeciętym filarem węgla, wskutek czego powietrze nie przepływa przez zrob;
2. dalsze zmniejszenie dopływu powietrza do zrobów przez stawianie w dowerzchniach tam deskowych;
3. wykorzystanie jako wentylacyjnego dolnego chodnika równoległego do chodnika transportowego i przewietrzanie zabierek za pomocą lutni z wentylatorami; usytuowanie chodnika wentylacyjnego niżej od transportowego utrudnia powstanie pożaru w filarze między tymi chodnikami ze względu na schodzący prąd w szczelinach;
4. małe wymiary dowerzchni (2×2), co ma na celu ułatwienie tamowania pola, w przypadku gdyby pożar w nim powstał;
5. nieduża odległość zabierek w sąsiednich filarach, równa szerokości jednej do dwóch zabierek, wskutek czego znaczna jest zarówno koncentracja robót, jak i prędkość wybierania pokładów.

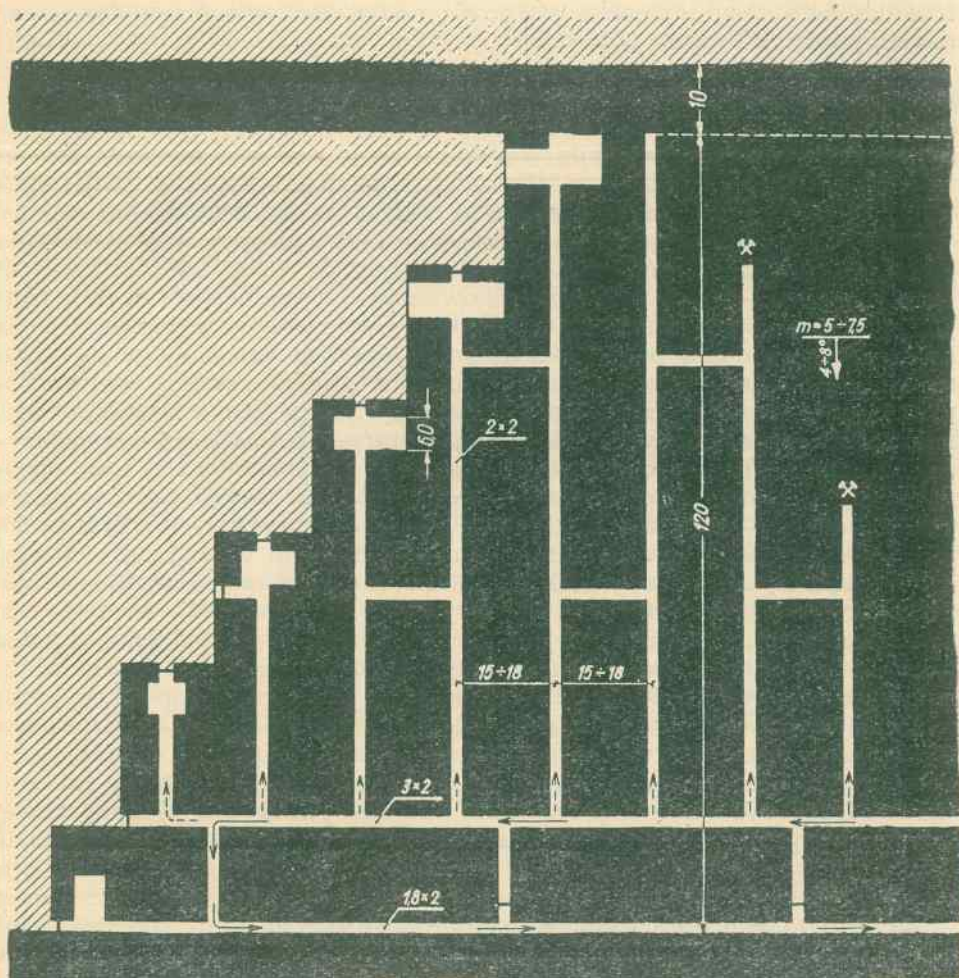
System ten zastosowany w r. 1931 w kopalni Siemianowice przy wybieraniu dwóch pokładów grubości 5,5 oraz $6,5 \div 7,5$ m zmniejszył wybitnie liczbę pożarów i ułatwił walkę z nimi. Przed wprowadzeniem opisanego systemu było w kopalni od 7 do 10 pożarów rocznie. Po jego wprowadzeniu w jednym z wymienionych pokładów w latach 1931 $\div$ 1935 nie zanotowano ani jednego pożaru. W drugim pokładzie nie doszło również do otwartego pożaru, natomiast występowały w nim kilkakrotnie gazy ogniowe oznaczające początek pożaru. Wadą opisanego sposobu jest występowanie CO_2 w trakcie robót podczas zniżek barometrycznych. Podczas świetówek celowo wypuszczano CO_2 na chodnik transportowy.

6. Zapobieganie pożarom w kopalniach piritu

W kopalniach piritu przy zapobieganiu pożarom stosuje się substancje stałe, wodę oraz powietrze jako środek chłodzący, a poza tym dąży się do zmniejszenia strat rudy i zużycia drewna przy obudowie.

W postaci stałej używa się skały płonnej jako *podszadzki suchej* lub w postaci rozdrobnionej (piasek, rozdrobiona skała płonna, żużel granulowany) jako materiału do *podszadzki płynnej*, a poza tym gliny jako materiału do *zamulania*.

Praktyka wykazała, że pożary możliwe są przy każdym systemie wybierania, a nawet i przy systemach z podszadką oraz bez obudowy drewnianej, liczba pożarów jednak jest wówczas wielokrotnie mniejsza, aniżeli przy wybieraniu bez podszadzki.



Rys. 39. Przykład wybierania z zawałem grubych pokładów skłonnych do samozapalenia

Duże znaczenie przy zapobieganiu pożarom ma *prędkość wybierania rudy*. Według zdania niektórych należy przy złożach stromych opuszczać poziom robót eksploatacyjnych przynajmniej $25 \div 30$ metrów rocznie i w żadnym przypadku nie tolerować długotrwałego zatrzymywania eksploatacji. W niektórych kopalniach po wybraniu filarów nagranych do 40°C temperatura w kopalni od razu spadała do normalnej. Doświadczenia

niektórych kopalń wykazały, że możliwie intensywna eksploatacja jest jednym z najpewniejszych sposobów uniknięcia pożarów. W tym celu wskazana jest jak najdalej idąca koncentracja robót, chwilowo zaś zatrzymane wyrobiska eksploatacyjne powinny być dokładnie zamulone.

Dla zapobieżenia przeniesieniu się pożarów z poziomów górnych na niższe stosuje się z dobrymi wynikami tworzenie za pomocą podsadzki płynnej i zamulania gliną warstwy izolacyjnej grubości około 15 metrów, która szczelnie oddziela górne wybrane poziomy od poziomu roboczego. Należy mieć na uwadze, że walka z pożarami na głębszych poziomach jest znacznie trudniejsza, dlatego też należy starać się nie dopuścić w ogóle do rozszerzania się pożaru na niższe poziomy.

Woda używana jest na szeroką skalę do zraszania złoża i jego ochładzania. Używa się jej albo bez żadnych dodatków, albo też może ona zawierać substancje chemiczne rozpuszczone lub w postaci emulsji (substancje pianotwórcze lub antypirogeny).

Do roku 1941 włącznie we wszystkich kopalniach pirytu w ZSRR używano wody do ochładzania zagrzanych oddziałów. Po ochłodzeniu calizny wodą tłoczono również do pola zagrożonego muł z gliny, a więc stosowano profilaktyczne zamulanie przy stosunku gliny do wody od 1:2 do 1:6. W r. 1942 grupa inżynierów zaproponowała tzw. kompleksową metodę eksploatacji piritowych rud miedzi. Metoda ta polegała na wybieraniu złoża dowolnym systemem przy równoczesnym obfitym zraszaniu wodą przestrzeni wyeksploatowanej. Miało to na celu z jednej strony ochłodzenie pola, w którym zachodzą intensywne procesy utleniające, z drugiej — wyługowanie miedzi z rudy pozostawionej w starych zrobach, przy czym uzyskiwano w ten sposób do 5% miedzi. Metoda ta nie powiodła się, a jej wprowadzenie w jednej z kopalń przyczyniło się do gwałtownego wzrostu liczby pożarów (1940 — 1 pożar, 1941 — 5, 1942 — 10, 1943 — 9, 1944 — 25, 1945 — 25) i zaognienia 80% całości kopalni pomimo wpuszczania do niej coraz większej ilości wody, która w ostatnich latach wynosiła 700 000 m³ rocznie.

Niepowodzenie wspomnianej metody jest najlepszym dowodem, że przez zastosowanie tylko zraszania nie da się uniknąć pożarów i że środki walki z pożarami powinny iść nie tylko w kierunku obniżenia temperatury, lecz i przerwania procesów utleniających lub przynajmniej ich zahamowania. Obfite zraszanie wodą pól i tolerowanie w nich procesów utleniających można stosować tylko w złożach małych i odosobnionych. Należy mieć tu na uwadze, iż systematyczne zraszanie wodą ma jeszcze i tę ujemną stronę, że może przyczynić się do powstania poważnych zawałów. W każdym bądź razie lepiej jest użyć dużą ilość wody przez krótki czas, aniżeli odwrotnie.

Jeżeli chodzi o ochłodzenie zagrzanej masy pirytu, to na podstawie doświadczeń kopalń hiszpańskich ustalono, że *intensywne przewietrzanie* jest korzystniejsze niż użycie wody, pomimo że działanie jego jest wolniejsze.

7. Hamowanie procesów utleniających

Zwalczanie samozapalenia węgla i piritów można prowadzić na drodze fizyko-chemicznej przez utworzenie ochronnej warstewki z substancji stałych, ciekłych lub gazowych o dużej zdolności adsorpcyjnej, która by hamowała procesy utleniające.

a. Hamowanie utleniania węgla

Większość dotychczasowych prac badawczych szła w kierunku odszukiwania substancji, które mogłyby przyczynić się do przyspieszenia utleniania węgla, co jest bardzo ważne zarówno w procesach jego hydrogenizacji, jak i dla zwiększenia intensywności palenia, zmniejszenia dymu i sadzy oraz zwiększenia spiekalności węgla. Liczba natomiast prac poświęconych substancjom hamującym utlenianie węgla jest bardzo mała. Zagadnienie to jest dotychczas znacznie mniej opracowane, aniżeli np. kwestia hamowania lub zapobiegania utlenianiu drewna i celulozy. Poważniejsze badania naukowe w omawianym kierunku zostały rozpoczęte w r. 1937 przez Skoczyńskiego i Makarowa. Substancje mogące zahamować procesy samozapalenia nazwane zostały przez nich *antypirogenami*. Spośród zbadanych antypirogenów można zalecać przede wszystkim zawiesinę drobno zmielonego wapienia (CaCO_3), wodę wapienną lub $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, otrzymywanego przez nasycenie wody wapiennej dwutlenkiem węgla lub przez zakwaszenie zawiesiny wapienia. Poza tym mogą być wzięte pod uwagę słabe zawiesiny glin i boksytów zakwaszone kwasem siarkowym oraz zawiesiny wapna i wapienia z dodatkiem soli mineralnych, a zwłaszcza siarczanu glinu.

Zapobieganie pożarom za pomocą antypirogenów polega na zraszaniu spodziewanych ognisk pożarowych wodnymi zawiesinami antypirogenów o niskiej koncentracji (rzędu ułamka procentu) przy możliwie miłym ich rozdrobnieniu.

Przy zastosowaniu zawiesin antypirogenów należy mieć na uwadze, że skuteczność ich działania na powierzchni węgla osiąga się wtedy, gdy węgiel jest dostatecznie hydrofilny, a więc łatwo zwilżany wodą. W miejscach zagrożonych węgiel zwykle znajduje się już w stanie częściowego utlenienia, a więc w większości przypadków jest właśnie hydrofilny. Jeżeli jednak jest inaczej, wówczas wskazane jest uprzednie zraszanie węgla słabymi roztworami odczynników zwilżających (pianotwórczych) o koncentracji $0,1 \div 0,05\%$.

W przypadkach zastosowania profilaktycznego zamulania zaleca się poprzedzić tę operację zraszaniem węgla antypirogenami, co między innymi pozwala również wybitnie zmniejszyć zużycie materiału do zamulania.

b. Hamowanie utleniania pirytów

Mając na uwadze korzystne wyniki zastosowania antypirogenów do zwalczania pożarów węglowych, L. N. Bykow i T. I. Winogradowa przeprowadzili badania laboratoryjne w celu wyjaśnienia stopnia wpływu węglanu wapnia na przebieg utleniania pirytów i możliwości zastosowania CaCO_3 do hamowania tego procesu. Wyniki tych badań (1944) wskazują na to, że dodatek $0,5 - 2\%$ zmielonego CaCO_3 zwalnia $10 \div 20$ razy proces utleniania pirytów, gdy tymczasem nieduże nawet zakwaszenie wody przyspiesza ten proces. Nadmienić tu należy, że jak wykazały obserwacje — obecność pożaru w kopalni przyczynia się do zwiększenia kwasowości wód.

Inni autorzy (Diemin) podają, że przy zastosowaniu drobno zmielonego (-200 mesh 90%) wapienia jako antypirogeny, zużycie jego powinno wynosić $2 \div 4\%$ w stosunku do ilości wody. Bardziej silnym antypirogenem jest mleko wapienne i dlatego zawartość wapna może tu być mniejsza i wynosić $1 \div 2\%$, niemniej jednak koszty związane z użyciem wapna są

dwukrotnie wyższe, aniżeli mielonego wapienia, zwłaszcza jeżeli nie jest on twardy.

Dla zorientowania się w wysokości kosztów stosowania antypirogenów można przytoczyć przykład jednej z kopalń pirytu, dla której trzeba byłoby zużywać wapna około 20 ton na dobę (koszt 1 miliona rubli rocznie) albo 40 ton na dobę mielonego wapienia (550 tysięcy rubli rocznie).

Rola antypirogenów polega nie tylko na zubożeniu kwasu siarkowego i wytworzeniu ośrodka alkalicznego, lecz również na pokryciu powierzchni pirytu warstwą alkalicznego wodorotlenku, co chroni siarczki metali przed dalszym ich utlenieniem i wydzielaniem ciepła.

Obliczenie dodatku antypirogeny powinno uwzględnić czas przepływu wody przez stare zroby, w których rozwinięte są procesy utleniania. Im wolniej woda przepływa, im dłużej przebywa ona w zetknięciu się z pirytem, tym większy z reguły powinien być dodatek antypirogeny.

Należy tu nadmienić, że już w r. 1934 opublikowano w technicznej prasie szwedzkiej zastosowanie alkaliów do zapobiegania spiekaniu się i samozapalaniu pirytów przy ich składowaniu i transporcie.

Jak już wspomniano wyżej, spiekaniu i samozapalaniu ulegają zwłaszcza piryty z większą zawartością magnetopirytów. Dla zahamowania tych procesów wypróbowano roztwory takich alkalicznych substancji, jak wapno, mające jednak tę wadę, że wiąże siarkę, i sodę, która jest za droga. Wypróbowano również składowanie pirytów pod wodą, co zresztą nie jest do przyjęcia. Zastosowanie suszarek jest zbyt kosztowne, podobnie jak i urządzeń do oddzielania szczególnie łatwo zapalnych najdrobniejszych ziarn.

Badania przeprowadzone w Elektro-cieplnym Instytucie w Sztokholmie wykazały, że skropienie roztworem szkła wodnego w ilości 2,2 kg na 1 tonę pirytu pozwoliło zachować w postaci luźnej składowany w ciągu jednego roku piryt w zbiorniku, gdy tymczasem w innym zbiorniku piryt nieskropiony stwardniał szybko i zupełnie. W następnym roku stwardniał również i piryt w poprzednim zbiorniku. Przy dodatku szkła wodnego 1,4 kg na tonę spiekanie nastąpiło już w pierwszym roku.

Jeszcze lepsze zabezpieczenie uzyskano przy użyciu rozcieńczonego Na_2SO_3 w ilości 2 ÷ 4 kg na 1 t pirytu. Za pomocą tego środka należy nasycać masę pirytową na głębokość do 1 metra.

Liczby te otrzymane na podstawie badań laboratoryjnych przy użyciu pirytu poniżej 0,5 mm. W warunkach przemysłowych okazało się również, że najczynniejszym i najlepszym jest Na_2SO_3 przy użyciu w roztworach w ilości 4 ÷ 1 kg na 100 kg wody i 1 t pirytu.

W październiku 1933 przeprowadzono badania na dużą skalę ze składem 1000-tonowym pod otwartym niebem. Skropiono go roztworem Na_2SO_3 w ilości 3 kg na tonę. W lipcu 1934 skład wyglądał tak jak świeżo założony, bez śladów utlenienia i spiekania. Skład sąsiedni — nie zroszony — już po 3 tygodniach wykazał utlenienie, a po upływie 6 ÷ 8 miesięcy zapalił się. W czasie tych badań było wyjątkowo dużo deszczów, zwłaszcza w pierwszych 4 miesiącach.

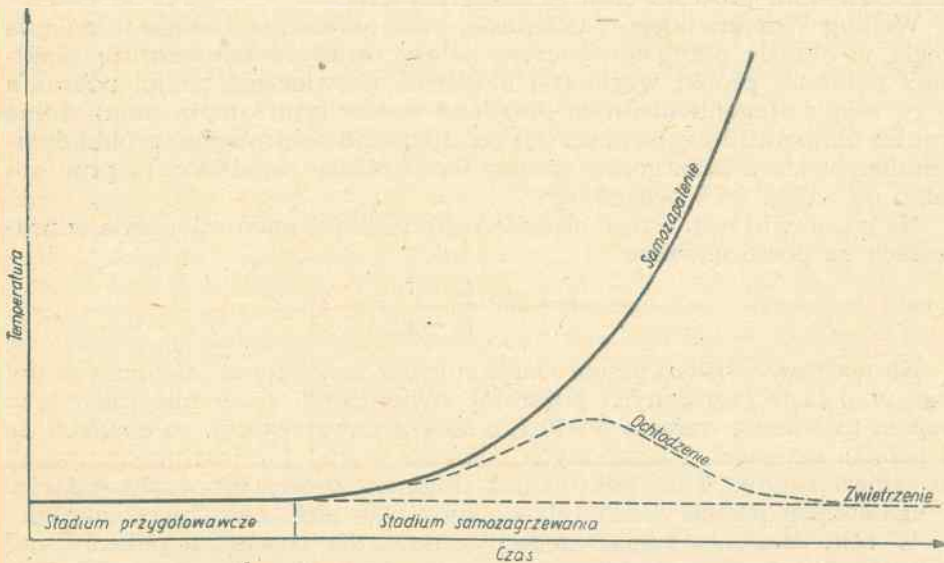
Rozdział III

ZJAWISKA TOWARZYSZĄCE POŻAROM PODZIEMNYM

W każdym stadium rozwoju pożaru podziemnego towarzyszą mu pewne zjawiska. Znajomość tych zjawisk i przyczyn wywołujących je jest bardzo ważna dla skutecznego prowadzenia akcji przeciwpożarowej, gdyż ułatwia ona odszukanie miejsca pożaru, umożliwia wybór środków dla zapewnienia bezpieczeństwa pracy ludzi zatrudnionych na dole w czasie pożaru oraz przyczynia się do przyspieszenia jego likwidacji.

1. Oznaki endogenicznego pożaru podziemnego

Samozapalenie węgla jest poprzedzane pewnym przygotowawczym (inkubacyjnym) procesem, w ciągu którego nie obserwuje się znaczniejszego podniesienia temperatury oraz innych oznak zewnętrznych. Tak np. samo-



Rys. 40. Przebieg krzywej samozapalenia

zagrzewanie węgla kamiennego nie następuje natychmiast po złożeniu go na zwal, po rozgnieceniu całizny lub nagromadzeniu urobku, lecz po upływie dość długiego czasu (np. kilku miesięcy). Do ostatnich czasów faktowi

temu nie przypisywano większego znaczenia i dopiero ostatnie prace przeprowadzone w Instytucie Górnictwa A. N. ZSRR przez Weselowskiego i Orleańską (w roku 1951) zwróciły uwagę na ten bardzo ciekawy okres.

Jeżeli węgiel nie jest skłonny do samozapalenia, to utlenia się on powoli, temperatura jego praktycznie nie podnosi się i w ten sposób stopniowo przechodzi on w stan zwietrzenia, węgiel zaś zwietrzały nie ulega samozapaleniu.

Węgiel skłonny do samozapalenia po zakończeniu okresu przygotowawczego (rys. 40), kiedy to utlenianie przebiega w niskiej temperaturze, zaczyna się utleniać tak szybko, że ciepło nie nadąża zwykle rozpraszać się i temperatura węgla podnosi się, co z kolei przyspiesza utlenianie i doprowadza węgiel do samozagrzewania, suchej destylacji, rozpalania i wreszcie palenia.

Tak więc w powstaniu i rozwoju pożaru endogenicznego można wyróżnić cztery jego stadia:

1. okres przygotowawczy,
2. samozagrzewanie węgla,
3. sucha destylacja i rozpalenie,
4. palenie (pojawienie się otwartego ognia).

a. Wykrywanie ognisk pożarowych w okresie przygotowawczym

Jak to podano w rozdziale I przy omawianiu skłonności węgla do samozapalenia, okres przygotowawczy cechuje się utlenianiem w niskiej temperaturze. Przed zakończeniem tego utleniania nie może rozpocząć się drugie stadium procesu, czyli samozagrzewanie.

Według Weselowskiego i Orleańskiej dla określenia stopnia utleniania węgla w okresie przygotowawczym należy oznaczyć temperaturę zapalności pobranej próbki węgla (t_1) możliwie niezwłocznie po jej pobraniu (przy węglu długopłomiennym požądane jest w tym samym dniu), dolną granicę temperatury zapalności (t_2) po utlenieniu rozdrobionej próbki dwutlenkiem wodoru oraz górną granicę temperatury zapalności t_0 przy dodaniu do węgla 2,5% benzydyny.

Na podstawie tych trzech oznaczeń oblicza się stopień utleniania w procentach za pomocą wzoru

$$s = 100 \frac{t_0 - t_1}{t_0 - t_2}$$

Na podstawie badań przeprowadzonych w sąsiedztwie zaognionych pól oraz w polach zagrożonych pożarami stwierdzono, że w miejscach tych stopień utleniania wzrasta do 70 lub 80%, a nawet więcej, co dowodzi, że w pobliżu czynnych i ugaszonych pożarów węgiel już jest przygotowany do samozapalenia. Tym się również tłumaczą częste recydywy pożarów w ugaszonych polach, jeżeli tylko powstają w nich sprzyjające warunki.

W celu ustalenia miejsc niebezpiecznych dla powstania pożarów należy przede wszystkim ustalić „normalne” dla każdego poziomu obniżenie temperatury zapłonu $\Delta t = t_1 - t_2$, przez pobranie dostatecznej ilości próbek na każdym poziomie.

Dla ustalenia miejsc niebezpiecznych pobiera się próbki w tych polach, gdzie podejrzewa się możliwość pożaru, przy czym szczególną uwagę należy zwracać na pola tektonicznie naruszone.

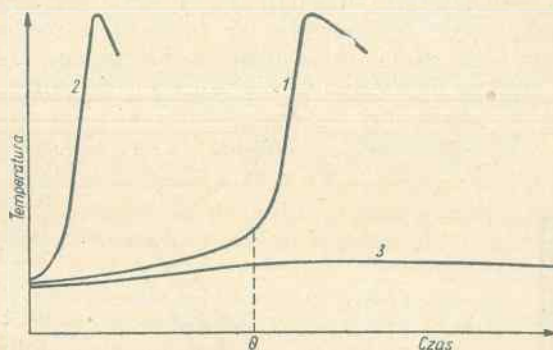
Próbki należy pobierać w postaci niedużych kawałków ze ścian wyrobisk, oznaczając na planie miejsca pobrania. Można również brać próbki z otworów przeprowadzonych do niedostępnych części wyrobisk.

Poszczególne ławice pokładu mogą odznaczać się różną skłonnością do samozapalenia, dlatego też w takich przypadkach należy pobierać osobne próbki z różnych ławic. O stopniu przygotowania sędzi się na podstawie ławic mających największe obniżenie temperatury zapalności w stosunku do wartości normalnej dla danego poziomu.

Omówiona metoda może w niektórych przypadkach ułatwić wyjaśnienie przyczyny powstania pożaru. Tak np. jeżeli pobrana w sąsiedztwie pożaru próbka węgla wykazuje, że nie jest on tu jeszcze dostatecznie przygotowany do samozapalenia, można z dużym stopniem prawdopodobieństwa przyjąć, że pożar powstał z przyczyn zewnętrznych.

Przebieg krzywej samozagrzewania i samozapalenia węgla analogiczny do przedstawionego na rys. 40 można odtworzyć na drodze laboratoryjnej przez utlenianie węgla za pomocą dwutlenku wodoru. Z. Maciejasz przy badaniach skłonności węgla do samo-

zapalenia (1953) stwierdził, jak to już było podane w rozdziale I, że temperatura rozdrobnionego węgla po jego zwilżeniu dwutlenkiem wodoru pozostaje przez pewien czas Θ (rys. 41) bez większych zmian i tylko nieco się podnosi. Po upływie tego czasu rozpoczyna się burzliwa reakcja egzotermiczna, po czym następuje jej uspokojenie. Badania jednego i tego samego pokładu w różnych miejscach kopalni wykazały, że im bardziej węgiel jest przygotowany do samozapalenia, tym krótszy jest czas Θ . Tak np. krzywa 2 (rys. 41) odnosi się do próbki węgla pobranej w miejscu, gdzie po upływie kilku dni powstał pożar. Tak więc na podstawie czasu Θ można sądzić o stopniu przygotowania węgla do samozapalenia, a może nawet uda się za pomocą tej metody (jest ona obecnie — wrzesień 1954 — w trakcie opracowywania) przewidywać czas powstania endogenicznych pożarów.



Rys. 41. Wyniki badań skłonności węgla do samozapalenia metodą Z. Maciejasza

1 — węgiel skłonny, ale nie przygotowany do samozapalenia, 2 — węgiel skłonny i przygotowany do samozapalenia, 3 — węgiel nieskłonny do samozapalenia

b. Oznaki samozagrzewania węgla

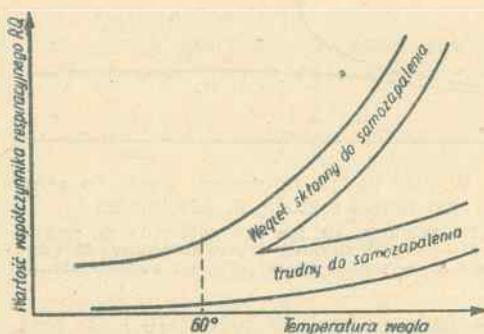
Okres samozagrzewania węgla charakteryzuje się pewnym podniesieniem temperatury węgla, zmniejszeniem zawartości tlenu w powietrzu oraz zwiększeniem jego wilgotności i zawartości CO_2 i CO . Oznaki te przy dobrej wentylacji miejsca zapoczątkowania pożaru mogą być łatwo przeoczone. Dla wykrycia samozagrzewania węgla w tym okresie zaproponowana została w Anglii metoda oparta na analizie powietrza (Storror, Graham, Jones). Metoda ta polega na poznaniu w poszczególnych miejscach kopalni składu powietrza w warunkach normalnych i na obserwowaniu zmian tego składu.

W warunkach normalnych, kiedy jeszcze proces samozagrzewania nie występuje, zachodzi ściśle określona dla każdej części kopalni współzależność między przyrostem CO_2 lub CO z jednej strony i zmniejszeniem tlenu z drugiej, przy czym zwykle przyrost CO_2 i CO w kopalni jest mniejszy od ilości pochłoniętego tlenu. Procentowy stosunek przyrostu CO_2 do ubytku O_2 nosi nazwę *współczynnika respiracyjnego*.

$$RQ = 100 \frac{+\text{CO}_2}{-\text{O}_2}$$

Z chwilą rozpoczęcia samozagrzewania węgla, które musi iść w parze z wzmocnionym utlenianiem, stałość wspomnianej współzależności zostaje naruszona. Mianowicie w procesie utleniania ilość tworzącego się CO_2 jest taka sama, jak i ilość pochłoniętego O_2 , a wobec tego w porównaniu z analizą powietrza w warunkach normalnych *samozagrzewanie węgla charakteryzuje się zwiększeniem wartości współczynnika respiracyjnego*.

W warunkach normalnych współczynnik respiracyjny wynosi najczęściej $RQ = 30 \div 40\%$. W przypadku takim podniesienie tego współczynnika do 60% lub więcej może już być oznaką zapoczątkowania pożaru.



Rys. 42. Zależność współczynnika respiracyjnego od temperatury węgla (W. Olpiński)

Jeszcze bardziej pewną oznaką zapoczątkowania pożaru jest pojawienie się w powietrzu znikomych nawet ilości CO , obserwowano bowiem czasami, że analiza powietrza wykazywała zawartość CO , a więc i zapoczątkowanie pożaru nawet wówczas, gdy stosunek $+\text{CO}_2$, $-\text{O}_2$ pozostawał normalny i wynosił 30 do 40%.

Na podstawie danych angielskich początkowi samozagrzewania towarzyszy zawartość $0,002 \div 0,004\%$ CO w powietrzu, jeżeli gaz ten nie jest produktem robót strzelniczych. Tak mała zawartość CO może być stwierdzona tylko bardzo precyzyjnymi metodami i do tego celu nie nadają się zwykle metody chemiczne.

Jeżeli procentowy stosunek $100 \cdot \frac{+\text{CO}}{-\text{O}_2}$ przekracza $0,5\%$, wskazuje to już na konieczność zwrócenia bacznej uwagi, po przekroczeniu zaś 1% zachodzi poważne niebezpieczeństwo pożaru.

Za angielskim sposobem wykrywania początków samozagrzewania przemawia ta okoliczność, że zwiększenie zawartości CO_2 i CO daje się niekiedy zauważyć już nawet przy temperaturze $20 \div 30^\circ\text{C}$, a więc znacznie wcześniej aniżeli występuje wydzielanie się aromatycznych węglowodorów.

W. Olpiński na podstawie przeprowadzonych prób w skali półtechnicznej stwierdził, że przy temperaturze węgla poniżej 60°C wartości współczynnika respiracyjnego RQ są małe i nieuporządkowane, powyżej zaś 60°C wartości RQ dla węgla skłonnych do samozapalenia są już wyraźnie wyższe niż dla węgla o małej skłonności. Przy temperaturach wyższych od 80°C rozgraniczenie tych węgla na dwa pasy jest już zupełnie wyraźne (rys. 42).

c. Oznaki suchej destylacji i rozpalania ogniska pożaru

W miarę rozwoju procesu samozagrzewania pojawia się para wodna, rozpoczyna się sucha destylacja węgla, wydzielają się różne węglowodory, które już łatwo jest poznać na podstawie charakterystycznego ich zapachu. Razem z węglowodorami wydzielą się tlenek węgla; analiza powietrza wykazuje wtedy nawet zwykłymi metodami pewną jego zawartość i stale wzrastającą ilość metanu. W dalszym ciągu temperatura wzrasta do punktu zapalności i może wywołać zapalenie węgla i obudowy.

W okresie tym przy wykrywaniu ognisk pożarowych należy brać pod uwagę następujące oznaki:

1. wzrost wilgotności powietrza, tworzenie się mgły w pobliżu ogniska pożaru, pocenie ścian wyrobisk, polegające na osadzaniu kropelek wody na bardziej chłodnych powierzchniach poza miejscem samozagrzewania, pojawienie się pary przy wylocie szybów oraz szczelin na powierzchni (przy niższych temperaturach powietrza);
2. pojawienie się zapachu pożarowego od produktów suchej destylacji węgla i drewna albo zapachu SO_2 przy pożarze w kopalniach siarczków;
3. podniesienie temperatury powietrza, wody lub węgla w ociosie;
4. zwiększenie kwasowości wody kopalnianej.

Temperaturę powietrza i wody w czynnych wyrobiskach oznacza się za pomocą zwykłego maksymalnego termometru, przy czym konieczne jest odczekanie kilku minut dla prawidłowego ustalenia temperatury. Temperaturę otaczających skał można mierzyć maksymalnymi termometrami umieszczonymi w otworze o głębokości do $4 \div 5$ m; wylot otworu należy zamknąć korkiem. Wilgotność powietrza mierzy się zwykłym psychrometrem. W celu wykrycia możliwie wczesnego stadium samozagrzewania węgla konieczne jest systematyczne przeprowadzanie pomiarów temperatury i wilgotności powietrza w ściśle określonych miejscach kopalni przy równoczesnym uwzględnieniu ilości przepływającego tu powietrza. Zmiany obserwowane w czasie mogą dać zupełnie pewne wskazówki o przebiegu procesu samozagrzewania.

Charakterystyczny zapach aromatycznych węglowodorów przypominający zapach produktów naftowych jest już zupełnie pewnym wskaźnikiem początku pożaru podziemnego. Najsilniej odczuwa się ten zapach w pewnej, dość znacznej odległości od ogniska; jest on tu silniejszy niż w bezpośrednim sąsiedztwie, co się tłumaczy pewnym oziębieniem gazów i zachodzącymi w związku z tym reakcjami.

Jak z powyższego wynika, wymienione tu oznaki pozwalają wykrywać nie zapoczątkowany, lecz raczej daleko już rozwinięty proces samozagrzewania, który w każdej chwili może przejść w pożar w pełnym tego słowa znaczeniu. Dlatego też służba obserwacyjna oprócz kontroli temperatury powietrza i wody powinna zwracać dużą uwagę na wcześniejsze wykrycie ognisk pożarowych drogą analizy składu powietrza, a zwłaszcza najnowszą metodą, jaką jest oznaczanie stopnia przygotowania węgla do procesu samozagrzewania.

Dotychczas obecność pożaru ustala się głównie na podstawie jawnych oznak zewnętrznych, gdy pożar osiąga już aktywne stadium rozwoju. Do zorientowania się, które z oznak najczęściej pozwalają wykryć pożary w kopalniach, może posłużyć tablica 6 sporządzona na podstawie danych Wschodniego Naukowo-Badawczego Instytutu Węglowego (ZSRR).

Oznaki, na podstawie których wykryto pożary w Zagłębiach Kuznieckim i Kemerowskim

Oznaki	Procent wykrytych pożarów w stosunku do ogólnej ich ilości	
	Zagłębie Kuznieckie	Zagłębie Kemerowskie
Mgła w wyrobisku	4,0	2,0
Pocenie się ścian wyrobisk	0,7	—
Naloty na ścianach i w szczelinach . .	0,4	11,0
Podniesienie temperatury węgla w ociosie	3,3	7,4
Podniesienie temperatury powietrza lub wody	3,6	5,6
Zapach aromatycznych węglowodorów .	58,0	32,0
Zaczadzenie	9,5	24,0
Dym w wyrobiskach	38,2	26,0
Topnienie śniegu na powierzchni . . .	1,5	—
Para nad zapadliskami i szczelinami .	5,8	—
Dym wychodzący z zapadlisk i szczelin	9,1	—
Służba obserwacyjna	7,3	6,0

d. Zjawiska w czasie pojawienia się otwartego ognia

Czas, jaki upływa od okresu samozagrzewania węgla i jego destylacji do okresu właściwego pożaru, bywa rozmaity. Samozagrzewanie węgla trwać może kilka dni lub nawet kilka tygodni bez znaczniejszego rozwoju, czasami jednak w ciągu kilku godzin przechodzi w silny pożar. Zależy to od własności samego węgla, jak również od ilości powietrza dopływającego do ogniska oraz od kierunku prądu (pożar we wznoszącym się prądzie powstaje prędzej, niż w prądzie schodzącym). Tak np. w czeskich kopalniach węgla brunatnego ogień pojawia się już po upływie dwóch godzin od chwili zauważenia pierwszych oznak zewnętrznych, w Zagłębiu Ruhry po upływie dwóch do trzech dni.

W miarę rozwoju pożaru towarzyszy mu coraz obfitsze wydzielanie dymu przy jednoczesnej zmianie jego barwy na coraz ciemniejszą; zawartość CO_2 , CO i węglowodorów w spalinach znacznie wzrasta.

W pierwszej chwili powstania pożaru w kopalni świeże powietrze i wytwarzane produkty gazowe płyną tą samą drogą, którą płynęło powietrze przed pożarem. Wskutek podniesienia temperatury i zmiany składu powietrza w czasie pożaru wytworzona zostaje dodatkowa depresja naturalna, mogąca — obok zwiększenia lub zmniejszenia ogólnej ilości przepływającego przez kopalnię powietrza — spowodować *odwrócenie prądów i zadymienie lub zagazowanie* takich części kopalni, które znajdują się — zdawałoby się — w warunkach zupełnie bezpiecznych. Pociągnąć to może za sobą zaczadzenie i uduszenie ludzi pracujących w pozornie zupełnie bezpiecznych miejscach, niejednokrotnie bardzo daleko od miejsca pożaru i w niezależnym prądzie powietrza. Oprócz niebezpieczeństwa uduszenia ludzi przez gazy dołącza się tu również *niebezpieczeństwo wybuchu* wskutek zapalenia mieszaniny gazów z powietrzem przez lampy z otwartym płomieniem albo przez płomień pożaru przy ponownym skierowaniu się do niego odwróconych dymów.

Taki naruszony przez depresję pożaru stan przewietrzania, kiedy wskutek odwrócenia się prądów dym lub gazy ukazują się w prądach bocznych

lub w prądzie głównym przed ogniem, nazywamy *zadymieniem* lub *zagazowaniem kopalni*.

Odwroćenie prądów i zadymienie kopalni jest stosunkowo częstym powodem masowych wypadków z ludźmi. Można tu przytoczyć szereg przykładów z naszych kopalń, jak np. katastrofalny pożar w kopalni Reden (Dąbrowa Górnicza) w r. 1923, w czasie którego wskutek odwrócenia prądów i zadymienia kopalni straciło życie 38 górników. W r. 1947 podobna katastrofa nawiedziła kopalnię Modrzejów (25 ofiar) oraz kopalnię Wieczorek (12 ofiar). W r. 1954 zdarzyła się bardzo duża katastrofa w kopalni Barbara-Wyzwolenie (82 ofiary).

2. Depresja pożaru podziemnego i miejsca jej występowania

Warunki odwracania się prądów powietrznych w kopalni pod wpływem zmiany oporów bocznice w systemach przekątnych, jak również pod wpływem depresji wentylatorów podziemnych zostały wyczerpująco opracowane w teorii przewietrzania kopalń. Przy ogólnych rozważaniach nad możliwością odwracania prądów w czasie pożarów przyjmuje się często, że największa depresja cieplna wywołana pożarem występuje w tej bocznicie systemu wentylacyjnego, w której pożar ten powstał, nie biorąc przy tym pod uwagę wpływu dodatkowej depresji pożaru na dalszej drodze dymów. Tymczasem zdarzają się przypadki, kiedy depresja pożaru i największy jej wpływ na stan przewietrzania przejawia się nie w miejscu powstania ognia, lecz w dalszych, czasami bardzo odległych bocznicach wznoszących się lub schodzących, w których płynie dym.

Okoliczność ta powoduje, że kolejność odwracania prądów w czasie pożaru może być zupełnie inna, aniżeli wynikałoby to z przyjęcia dodatkowego źródła depresji w miejscu ognia. Nawet przy identycznym schemacie przewietrzania i przy takich samych oporach bocznic systemu, łatwość, a nawet i sama możliwość odwracania prądów zależy od takiego lub innego ustosunkowania się wzniosów i upadów, czego dotychczas nie brano pod uwagę. Stąd wypływa konieczność sprecyzowania pojęcia depresji *pożaru*, jej wielkości oraz miejsc występowania w całokształcie systemu wentylacyjnego (W. Budryk 1953).

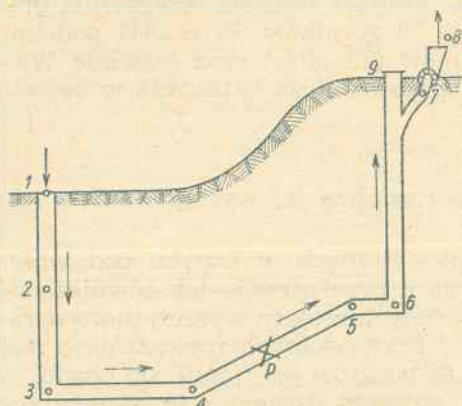
a. Całkowita depresja pożaru

Najważniejszym czynnikiem ciągu naturalnego, czyli tzw. *depresji naturalnej*, są przemiany termodynamiczne zachodzące w czasie ruchu powietrza w kopalni. Wielkość *depresji cieplnej*, a więc tej przeważającej części depresji naturalnej, która jest wywołana przemianami termodynamicznymi, łatwo jest wyznaczyć dla obiegu zamkniętego na podstawie pomiarów temperatury i ciśnienia powietrza (za pomocą barometru) w różnych punktach kopalni (Budryk 1929). Ruch powietrza na dowolnej drodze od wlotu szybu wdechowego do wylotu wydechowego można również traktować jako ruch w obwodzie zamkniętym, gdyż wyloty obu tych szybów są połączone ze sobą atmosferą zewnętrzną, którą uważać można za przewód o przekroju nieskończenie dużym i oporze równym zeru.

Dla oznaczenia wielkości depresji cieplnej przeprowadza się pomiary (rys. 43) ciśnienia barometrycznego p oraz temperatury t na nadszybiach i podszybiach, na dolnych i górnych kolanach pochyłń i upadowych, z obu stron tam, przed i za wentylatorem, w punktach, gdzie zachodzą większe

zmiany temperatury, a przyłączeniu się prądów powietrza — również przed i za miejscem ich mieszania się. Pomiaru we wszystkich obranych punktach należy wykonać w możliwie krótkim czasie.

Wyniki pomiarów nanosi się jako punkty na wykresie izoterm (rys. 44). Po połączeniu kolejnych punktów liniami prostymi otrzymuje się pewne



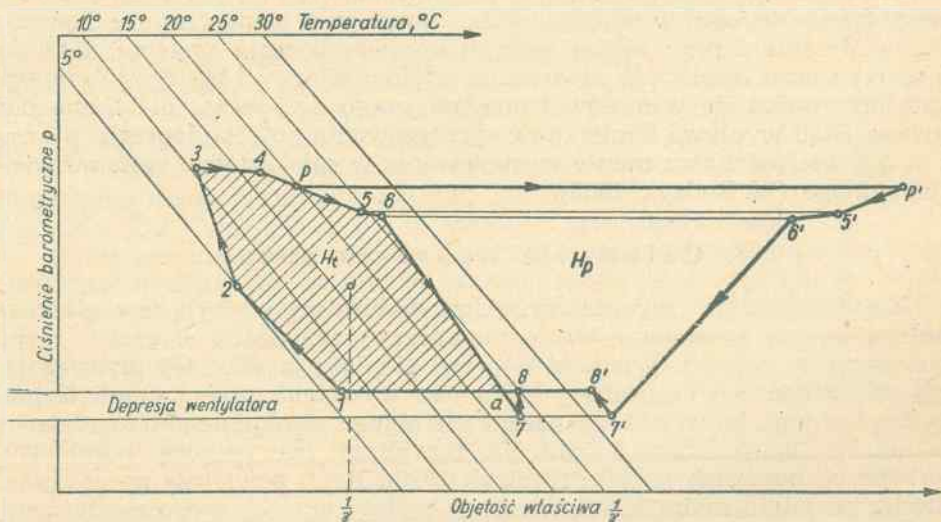
Rys. 43. Punkty pomiarów w kopalni dla oznaczania depresji cieplnej

zamknięte pole (obieg), którego powierzchnia wyraża w odpowiedniej skali wielkość depresji cieplnej H_t w metrach słupa powietrza. W celu przeliczenia tej wartości na milimetry słupa wody h_t należy pomnożyć ją przez średni ciężar właściwy γ powietrza, który można odczytać (dla środka powierzchni cyklu) na poziomej osi wykresu izoterm, a więc

$$h_t = \gamma \cdot H_t \quad (1)$$

Cykle lub ich części, w których ruch powietrza odbywa się w kierunku wskazówek zegara, są dodatnie; części, gdzie ruch powietrza odbywa się w kierunku przeciwnym (np. a78), są ujemne.

Na wielkość depresji cieplnej wywiera wpływ różnica poziomów najwyższych i najniższych punktów obiegu oraz różnica temperatur prądu wychodzącego i wchodzącego. Im głębsza jest kopalnia i im więcej ogrze-



Rys. 44. Wykres depresji cieplnej (H_t) kopalni w warunkach normalnych oraz całkowitej depresji pożaru (H_p)

wa się powietrze na dole, tym większa jest wielkość H_t . Tak więc wielkość depresji cieplnej zależy w dużym stopniu od temperatury powietrza ze wnętrznego; jest ona większa w zimie i mniejsza w lecie.

Jeżeli w punkcie P (rys. 43) powstanie pożar, to wpływ jego na rozkład ciśnienia w poszczególnych punktach kopalni będzie stosunkowo nieduży, zaczynając natomiast od punktu P podnieść się może wybitnie temperatura na drodze dymów. Przejawia się to na rys. 44 przesunięciem punktów P , 5, 6, 7 i 8 w kierunku na prawo do położenia P' , 5', 6', 7' i 8'. Wielkość depresji cieplnej całego kopalni, która przed pożarem wynosiła H_t , zwiększy się w czasie pożaru do wartości $H_t + H_p$.

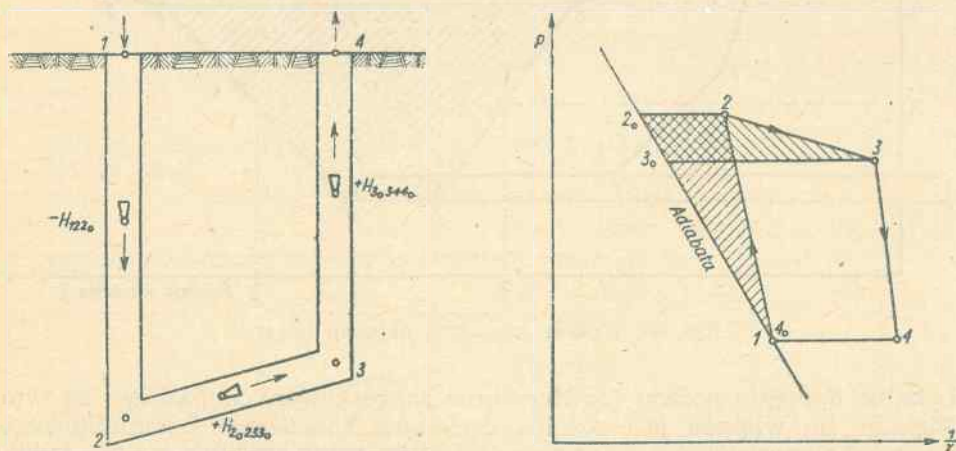
Zwiększenie H_p depresji cieplnej kopalni, wywołane powstaniem w niej pożaru, nazywa się *depresją pożaru* lub czasem depresją ognia.

Jeżeli kopalnia jest przewietrzana prądem schodzącym i jeżeli pożar powstanie w takim prądzie, to możliwe są przypadki, że całkowita depresja cieplna kopalni zmniejszy się wskutek pożaru. Ma się wtedy do czynienia z ujemną wartością depresji pożaru.

b. Lokalna depresja pożaru

Pojęcie lokalnej depresji cieplnej występującej na pewnym odcinku drogi powietrznej można wyprowadzić na podstawie następującego rozumowania (Budryk 1950):

Gdyby w wyrobisku kopalnianym ciepło nie było ani doprowadzane do powietrza, ani też odbierane od niego, wówczas na termodynamicznym wykresie pracy wszystkie punkty kopalni, w których przeprowadzony został pomiar ciśnienia i temperatury (rys. 45), leżałyby na jednej adiabatcie



Rys. 45. Lokalne depresje cieplne kopalni

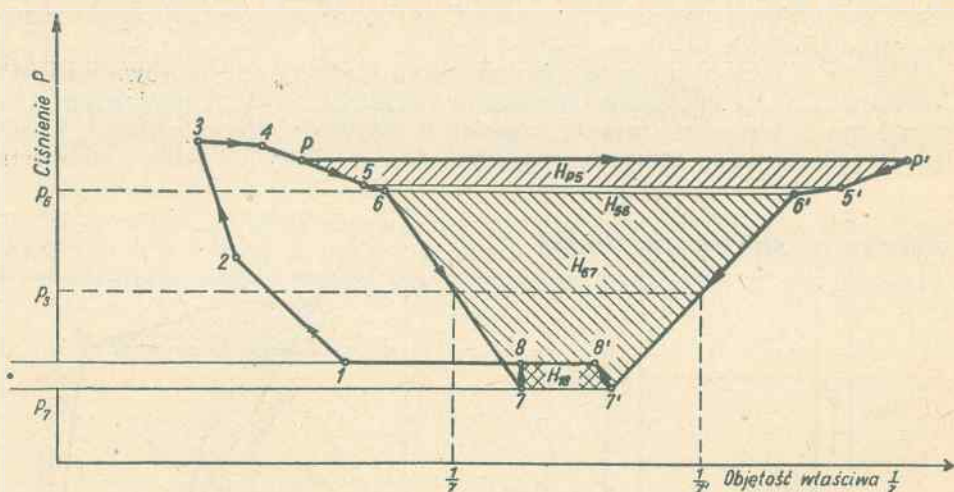
$1-2_0-3_0-4_0$, a wielkość depresji cieplnej równałaby się zeru. W przypadku istnienia na drodze powietrznej wymiany ciepłej odpowiednie punkty na wykresie odsuwają się od adiabaty przeprowadzonej przez początkowy punkt 1, występuje depresja cieplna, a jej wartość w doniesieniu do całej kopalni określa wielkość pola $1-2-3-4$.

Wielkość depresji cieplnej na odcinku $1-2$ określa teraz ujemne pole $1-2-2_0$ (ruch w tym polu ma kierunek przeciwny kierunkowi ruchu wskazówek zegara). Wpływ tej depresji na ruch powietrza w kopalni będzie taki sam, jak w przypadku umieszczenia na odcinku $1-2$ wentylatora o depresji mechanicznej tej samej wielkości (H_{122_0}) i działaniu przeciwnym do kierunku ruchu powietrza.

Na odcinku 2—3 wielkość lokalnej depresji cieplnej określa pole $2_0-2-3-3_0$ (dodatnie), a działanie jej jest równoznaczne z umieszczeniem między punktami 2 i 3 wentylatora o depresji H_{202330} i kierunku działania zgodnym z ruchem powietrza. Na odcinku 3—4 wielkość depresji cieplnej określa pole $3_0-3-4-4_0$ (dodatnie), a działanie jej jest takie same jak i wentylatora H_{303440} . Algebraiczna suma wszystkich tych depresji lokalnych daje depresję cieplną całej kopalni, określoną wielkością pola 1—2—3—4.

W przypadku powstania pożaru zmienia się wartość całkowitej depresji cieplnej, a więc zmieniają się również lokalne depresje cieplne. Przyrost lokalnej depresji cieplnej wskutek pożaru określa *lokalną depresję pożaru* na odpowiednim odcinku przewodu. Suma lokalnych depresji musi się równać depresji całkowitej H_p (rys. 44). Ta całkowita depresja ognia rozłoży się na poszczególne odcinki dróg powietrznych w kopalni tak, jak to pokazują odpowiednie zakreskowane paski poziome (rys. 46).

Jak z wykresu tego wynika, wpływ pożaru przejawia się na całej drodze od jego ogniska (punkt P) aż do wylotu szybu wydechowego (punkt 8).



Rys. 46. Wykres lokalnych depresji pożaru

Lokalne depresje pożaru (powierzchnie zakreskowanych pasków) są tym większe, im większa jest różnica poziomów końcowego i początkowego punktów poszczególnych odcinków i im bliżej ognia znajdują się te odcinki (wyższa temperatura). Na odcinkach poziomych lokalna depresja pożaru jest bardzo mała i zbliżona do zera, na odcinkach wznoszących się — dodatnia, na schodzących — ujemna. Przy przejściu przez wentylator prężność gazów wzrasta 7'—8', co jest analogiczne z ruchem ich w wyrobiskach schodzących, a więc ma się tu do czynienia z ujemną depresją pożaru, przy przejściu natomiast przez tamę regulacyjną występuje spadek ciśnienia, a więc powstaje dodatnia depresja cieplna.

Jak z powyższego wynika, jeżeli pożar powstanie w poziomym prądzie powietrza, to depresja jego, a zatem i wpływ jej na stan przewietrzania kopalni jako całości, przejawia się dopiero na dalszej drodze dymów, a mianowicie na wznoszących się lub schodzących odcinkach dróg powietrznych. Innymi słowami, jeżeli chodzi o wpływ pożaru na przewietrzanie kopalni, to jest on identyczny z umieszczeniem wentylatorów wtórnych

w wyrobiskach wznoszących się i schodzących, znajdujących się na drodze ogrzanych gazów (dymów), przy czym wznoszący się prąd tych gazów jest pod względem swego działania identyczny z działaniem wentylatora o depresji zgodnej z kierunkiem ruchu gazów, prąd zaś schodzący — z działaniem wentylatora o depresji niezgodnej. Wpływ pożaru zanika po ochłodzeniu się dymów do temperatury, jaka panowała w kopalni przed pożarem, a więc na odległości dostatecznie dużej od miejsca pożaru.

c. Wielkość lokalnej depresji pożaru

Wielkość depresji pożaru na dowolnym odcinku, np. 6—7 (rys. 46), wyraża powierzchnia pola 6—6'—7'—7. Można ją w przybliżeniu obliczyć za pomocą wzoru

$$H_{67} = (p_6 - p_7) \cdot \left(\frac{1}{\gamma'} - \frac{1}{\gamma} \right) \quad (2)$$

gdzie

$(p_6 - p_7)$ — ciężar słupa powietrza o wysokości równej różnicy poziomów z_7 i z_6 punktów 7 i 6, a więc

$$p_6 - p_7 = \gamma (z_7 - z_6) \quad (3)$$

$\left(\frac{1}{\gamma'} - \frac{1}{\gamma} \right)$ — różnica objętości właściwej gazów (w czasie pożaru) i powietrza (przed pożarem), przy czym $\frac{1}{\gamma'}$ można obliczyć za pomocą znanego równania stanu

$$\frac{1}{\gamma'} = \frac{R'T'}{p_s}$$

p_s — średnie ciśnienie wynoszące

$$p_s = RT\gamma$$

R i R' — stałe gazowe dla powietrza i gazów pożarowych.

Wobec tego

$$\frac{1}{\gamma'} - \frac{1}{\gamma} = \frac{R'T'}{RT} \cdot \frac{1}{\gamma} - \frac{1}{\gamma} = \frac{R'T' - RT}{RT\gamma} \quad (4)$$

Po wstawieniu wartości (3) i (4) do wzoru (2) otrzymuje się

$$H_{67} = \gamma (z_7 - z_6) \frac{R'T' - RT}{RT\gamma}$$

$$H_{67} = (z_7 - z_6) \frac{R'T' - RT}{RT} \quad (5)$$

Oznaczając ogólnie przez

ΔH — przyrost lokalnej depresji cieplnej wskutek pożaru (w metrach słupa gazu);

z — różnicę poziomów (w metrach) końcowego i początkowego punktów danego odcinka przewodu,

otrzymuje się depresję pożaru na tym odcinku

$$\Delta H = z \frac{R'T' - RT}{RT} \quad (6)$$

Stała R' dla gazów pożarowych jest zwykle niższa od stałej R dla powietrza. Zastępując we wzorze (6) R' tą wyższą wartością R , otrzymuje się przybliżony wzór na wartość lokalnej depresji pożaru

$$\Delta H = z \frac{\Delta t}{T} \quad (7)$$

gdzie

T — temperatura absolutna powietrza przed pożarem,

Δt — przyrost temperatury na danym odcinku wskutek pożaru.

Wzór przybliżony (7) daje nieco za dużą wartość depresji pożaru.

Przykład. Jaka jest orientacyjnie lokalna depresja pożaru, jeżeli $z = 100$ m, $T = 286^\circ$ i $\Delta t = 200^\circ$?

$$\Delta H = 100 \cdot \frac{200}{286} = 70 \text{ m słupa powietrza}$$

d. Temperatura gazów

Jak z powyższego wynika, temperatura gazów pożarowych odgrywa bardzo dużą rolę w wielkości depresji pożaru. Wysokość jej w poszczególnych punktach drogi, wzdłuż której płyną te gazy, zależy od szeregu czynników, spośród których największą rolę odgrywają:

1. temperatura spalin w miejscu pożaru,
2. odległość danego punktu od miejsca pożaru i ilość płynących do niego gazów,
3. ilość i temperatura powietrza dopływającego bocznymi drogami między ogniskiem pożaru a danym punktem.

1. Przy całkowitym wykorzystaniu tlenu powietrza do spalania węgla na CO_2 temperatura spalin wynosiłaby około 2500°C , przy spalaniu na CO — około 1400°C . W rzeczywistości w czasie pożaru zachodzą również inne reakcje, odbywa się odgazowanie węgla w sąsiedztwie ogniska, a poza tym (zwłaszcza w początkowym okresie pożaru) można mieć również do czynienia z nadmiarem powietrza. Toteż zależnie od warunków temperatura spalin w miejscu pożaru może być rozmaita, niemniej jednak bardzo często przekracza ona znacznie 1000°C .

2. Gazy spalinowe na drodze przepływu do szybu wentylacyjnego ochładzają się, a wobec tego temperatura ich maleje w miarę oddalania się od miejsca pożaru.

Dla uproszczenia można przyjąć, że wyrobiska istnieją już długi czas i że ściany ich zostały dostatecznie ochłodzone, a wobec tego w warunkach normalnych temperatura skał (zdala od szybu wdechowego) jest prawie taka sama jak i temperatura płynącego powietrza. Nazwijmy przez Δt_0 przyrost temperatury w miejscu pożaru, zaś przez Δt — przyrost jej w stosunku do temperatury panującej przed pożarem w odległości x metrów od miejsca pożaru.

Ilość ciepła dQ pobrana w ciągu 1 sek przez ściany chodnika na elemencie długości dx przy obwodzie P metrów wyniesie

$$dQ = \frac{k \cdot \Delta t \cdot P \cdot dx}{3600} \quad (8)$$

gdzie

k — przenikliwość cieplna, tzn. ilość ciepła przechodząca w ciągu 1 godz przez 1 m^2 powierzchni ścian. Wielkość ta może być obliczona na podstawie jednego ze wzorów empirycznych, np.

$$k = 2 + k' \sqrt{v}$$

lub

$$k = 2 + k' \sqrt[3]{v^2}$$

przy czym dla warunków kopalnianych $k' = 5 \div 10$;

v — prędkość powietrza w wyrobisku, m/sek.

Podana we wzorze (8) ilość ciepła musi się równać ilości oddanej przez gazy

$$dQ = -G \cdot c_p \cdot dt \quad (9)$$

gdzie

G — ilość przepływających gazów, kg/sek,

c_p — ciepło właściwe (dla powietrza $c_p = 0,24$),

dt — obniżenie temperatury na długości dx .

Z obu powyższych równań otrzymuje się

$$\frac{kP}{3600 G c_p} dx = - \frac{dt}{\Delta t}$$

Nazywając

$$\frac{kP}{3600c_p} = C \quad (10)$$

otrzymuje się po scałkowaniu

$$\frac{C}{G} x = \ln \frac{\Delta t_0}{\Delta t}$$

$$\Delta t = \Delta t_0 \cdot e^{-\frac{C}{G} x} \quad (11)$$

Jak z wzoru (11) wynika, przyrost temperatury Δt w wyrobisku, w którym płyną gazy pożarowe, jest tym większy, im więcej gazów G dopływa do niego i im bliżej ono się znajduje (x) od miejsca pożaru.

Jak duży wpływ wywiera ilość płynących dymów na stopień ochłodzenia w miarę oddalania się od miejsca pożaru, najlepiej można zorientować się na konkretnym przykładzie. Przyjmijmy mianowicie, że dymy płyną chodnikiem o wymiarach 3×2 m ($P = 10$ m, $S = 6$ m²), przyjmijmy poza tym orientacyjnie że $k' = 7$, $c_p = 0,24$ i ciężar właściwy dymów $\gamma = 1,0$. Dla takich warunków łatwo można obliczyć z wzoru (11), w jakiej odległości x od miejsca pożaru przyrost temperatury Δt maleje do $0,1 \Delta t_0$, $0,01 \Delta t_0$ i $0,001 \Delta t_0$, jeżeli prędkość przepływu dymów v wynosi 0,1, 0,5, 1,0, 3,0 i 6,0 m/sek. Wyniki obliczeń zostały zestawione w tablicy 7.

Tablica 7

Temperatura gazów pożarowych w różnej odległości od miejsca ognia

Obniżenie temperatury dymów $\Delta t / \Delta t_0$	Odległość x metrów od miejsca ognia przy różnych prędkościach v przepływu dymów				
	$v = 0,1$	$v = 0,5$	$v = 1,0$	$v = 3,0$	$v = 6,0$
0,1	28	85	132	256	368
0,01	57	170	264	511	737
0,001	85	256	397	768	1100

Jak wynika z tej tablicy, przy małej prędkości dymów ($v = 0,1$ m/sek), a więc przy znacznym zatamowaniu dopływu powietrza do ognia (np. przez postawienie tamy przed ogniem), już w odległości 85 metrów od niego dymy są praktycznie zupełnie ochłodzone, gdyż przyrost temperatury stanowi tu 0,001 przyrostu w miejscu pożaru. Jeżeli więc np. obecność ognia przyczynia się do podniesienia temperatury w miejscu pożaru o $\Delta t_0 = 1000^\circ\text{C}$, to przy prędkości spalin 0,1 m/sek już w odległości 85 metrów temperatura ich będzie się różniła od normalnej temperatury powietrza tylko o $\Delta t = 1^\circ$. Tymczasem w przypadku nie tamowania dopływu powietrza do ognia pożar będzie wytwarzał znacznie więcej dymów i np. przy prędkości ich 6 m/sek te same skutki dadzą się obserwować dopiero w odległości 1100 metrów.

Z powyższego wynika, że zmniejszenie dopływu powietrza do ognia powoduje szybsze chłodzenie dymów na ich drodze przepływu do szybu wentylacyjnego, a więc i zmniejszenie wielkości lokalnych depresji pożaru.

3. Jeżeli spaliny o temperaturze t_s mieszają się z powietrzem o temperaturze t_p , to temperaturę mieszaniny tych gazów można obliczyć ze wzoru

$$t_m = \frac{m_s \cdot c_{ps} \cdot t_s + m_p \cdot c_{pp} \cdot t_p}{c_{pm}} \quad (12)$$

gdzie

c_{ps} , c_{pp} i c_{pm} — ciepło właściwe spalin, powietrza i mieszaniny,
 m_s i m_p — udziały wagowe spalin i powietrza w mieszaninie

$$(m_s + m_p = 1)$$

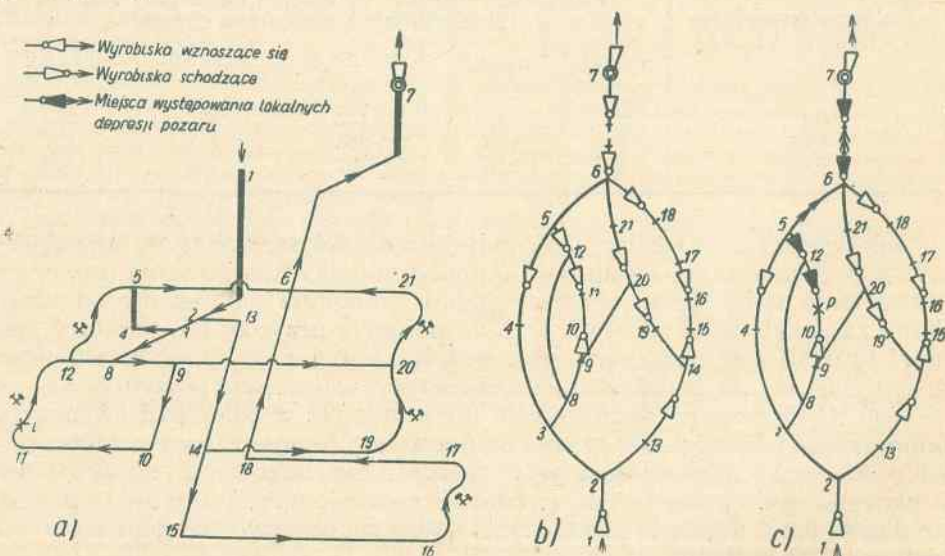
W przypadku, gdy $c_{ps} = c_{pp} = c_{pm}$, otrzymuje się

$$t_m = m_s t_s + m_p t_p \quad (13)$$

Obniżenie temperatury gazów pożarowych przez doprowadzenie do nich prądu świeżego powietrza może przyczynić się do obniżenia lokalnej depresji pożaru tylko w tym przypadku, gdy temperatura tych gazów jest niższa od temperatury ich zapłonu lub od temperatury zapłonu przedmiotów znajdujących się na drodze ich przepływu. W przeciwnym bowiem przypadku w miejscu dopływu powietrza do gazów może powstać wtórne ognisko pożaru, czy to na skutek zapalenia tych gazów (jeżeli zawierają one składniki palne), czy też na skutek zapalenia węgla lub obudowy drewnianej. Jak z tego wynika, najpewniejszym środkiem do obniżenia lokalnych depresji pożaru na drodze przepływu dymów jest zmniejszenie dopływu powietrza do ognia.

e. Miejsca występowania depresji pożaru

W powyższych rozważaniach ustalono, że wpływ pożaru na przewietrzanie kopalni jest identyczny z umieszczeniem wentylatorów wtórnych w wyrobiskach wznoszących się i schodzących, które znajdują się na drodze ogrzanych gazów.



Rys. 47. Schemat wentylacyjny z pokazaniem miejsc możliwego występowania lokalnych depresji pożaru

Przy jednym i tym samym schemacie przewietrzania i w przypadku powstania pożaru w określonej bocznicy systemu (rys. 47 a) wpływ pożaru na ruch powietrza w kopalni będzie wobec tego zależał od rozmieszczenia wzniosów i upadów w poszczególnych bocznicach. Z tego też względu wzniosy i upady powinny być uwidocznione na schemacie, np. za pomocą

oznaczeń przyjętych dla wentylatorów, jak to pokazano na rysunku 47 b.

W warunkach normalnych, zanim pożar powstanie, w miejscach tych występują lokalne depresje cieplne, które jednak nie wywierają w większości przypadków poważniejszej roli na przebieg przewietrzania. Z chwilą jednak, gdy w pewnym miejscu P (rys. 47 c) powstanie pożar, depresja tych cieplnych wentylatorów na drodze przepływu gorących gazów może się wybitnie zwiększyć i w dużym stopniu zaważyć na ustaleniu się takiego lub innego stanu przewietrzania kopalni. Dlatego też uwidocznienie na schemacie wentylacyjnym wyrobisk wznoszących się i schodzących może w dużym stopniu ułatwić zorientowanie się w możliwości zaburzeń przewietrzania, z jakimi należy się liczyć w przypadku powstania pożaru.

3. Odwracanie się prądów

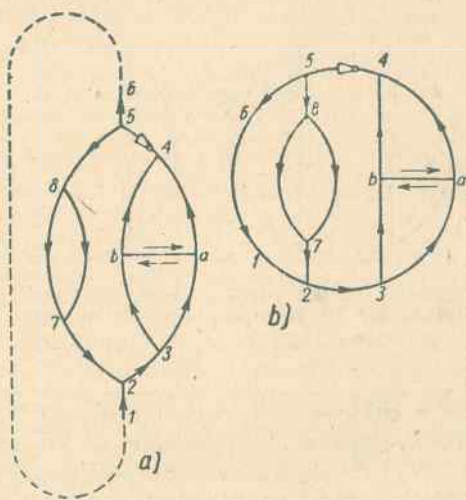
Jeżeli w systemie wentylacyjnym (rys. 48) ruch powietrza odbywa się pod wpływem jednego tylko źródła depresji (wentylatora), to znane jest z nauki o przewietrzaniu kopalń, że kierunek prądu w bocznicach normalnych jest ściśle określony i niezależny od wielkości oporów bocznic ani też od wielkości depresji.

Gdy w sieci wentylacyjnej obok bocznic normalnych są również bocznicę przekątne, np. *ab* (rys. 48), to nawet przy jednym wentylatorze prąd powietrza w tych bocznicach może płynąć w jedną lub drugą stronę zależnie od wielkości oporów bocznic systemu.

W przypadkach umieszczenia dwu wentylatorów w różnych bocznicach normalnego systemu (rys. 49), kierunek prądów jest ściśle zdecydowany w tych bocznicach w których działanie obu źródeł depresji jest zgodne, jak np. w bocznicach *a*, *b*, *d* i *f*, w bocznicach natomiast *c* i *e* działanie wentylatorów jest niezgodne. Na przykład w bocznicę *c* wentylator *A* dążyć będzie do skierowania ruchu od *D* do *C*, wentylator zaś *B* — odwrotnie — od *C* do *D*. Zależnie od tego, który z wentylatorów wywierać będzie większy wpływ, prąd będzie płynął w jedną lub w drugą stronę. Będzie to zależało zarówno od depresji wentylatorów, jak i od oporów bocznic.

Jeżeli kierunek prądu jest zgodny z działaniem danego źródła depresji nazywa się go *prostym* względem tegoż źródła w przeciwnym razie prąd będzie *odwrócony*.

W przypadku pokazanym na rys. 50 prąd ma zdecydowany kierunek w bocznicach *c* i *e*, natomiast prądy w bocznicach *a*, *b*, *d* i *f* mogą płynąć w jednym lub drugim kierunku.

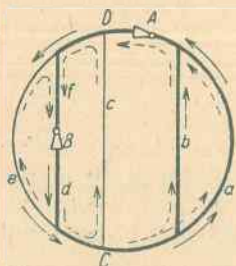


Rys. 48. Kierunki prądów powietrza w przypadku obecności jednego wentylatora w sieci

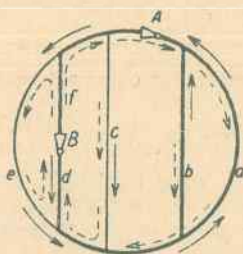
W pierwszym przypadku (rys. 49) prądy d i f , w których umieszczone są źródła depresji, będą prądami prostymi względem obu tych źródeł. Tego rodzaju układ jest cechą zgodnego kierunku depresji obu wentylatorów. W przypadku drugim (rys. 50) ma się do czynienia z niezgodnym kierunkiem depresji wentylatorów.

Przy zgodnym kierunku depresji dwu wentylatorów (rys. 49) ściśle zdecydowany kierunek prądu mają obwody zamknięte $aADBC$ i $bADBC$, w których znajdują się oba wentylatory. Obwody te nazywają się *głównymi obwodami systemu* (linia gruba), a prąd przez nie płynący — *głównym prądem*. Wszystkie inne prądy (c , e) są *prądami bocznymi*.

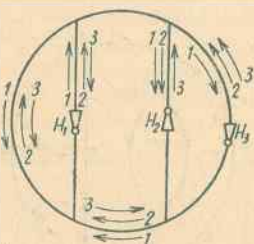
Z powyższego wynika, że kierunek depresji dwu wentylatorów jest zgodny, gdy zdecydowany i ściśle określony kierunek ma prąd główny,



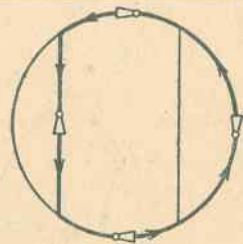
Rys. 49. Zgodny kierunek depresji dwóch wentylatorów



Rys. 50. Niezgodny kierunek depresji dwóch wentylatorów



Rys. 51. Kilka wentylatorów w bocznicach równoległych



Rys. 52. Zgodny kierunek depresji kilku wentylatorów

ny z depresją pierwszych dwóch tylko wtedy (rys. 52), gdy wszystkie źródła depresji umieszczone są w jednym wspólnym obwodzie (głównym).

W przypadku pożaru podziemnego zjawiska odwracania się prądów ogromnie komplikują się wskutek z jednej strony występowania lokalnych depresji pożaru wzdłuż całej drogi przepływu dymów, z drugiej zaś wskutek poważnego zwiększenia się ilości gazów w miejscu pożaru i w jego sąsiedztwie. Łączne traktowanie tych czynników musiałoby znacznie skomplikować wszystkie wywody teoretyczne. Dla ułatwienia zadania na początku rozpatrzony zostanie wyłącznie wpływ występowania depresji pożaru, a następnie uzupełnimy otrzymane wnioski wpływem lokalnego zwiększenia się ilości gazów.

Jeżeli pożar powstaje we wznoszącym się prądzie powietrza i jeżeli ogrzane dymy płyną również drogami wznoszącymi się, depresja pożaru ma kierunek zgodny z ogólną depresją systemu wentylacyjnego, a więc

w przypadku zaś niezgodnego kierunku depresji określony kierunek mają prądy boczne.

W bocznicach, w której nie ma zdecydowanego kierunku prądu, prąd ten zależy od ustosunkowania się depresji obu wentylatorów płynąć może w jedną lub drugą stronę lub może być zatrzymywany. Stosunek depresji dwu wentylatorów, przy którym następuje zatrzymanie prądu w pewnej bocznicach, nazywa się *stosunkiem krytycznym*.

Gdy w systemie są więcej niż dwa wentylatory w różnych równoległych bocznicach systemu (rys. 51), wówczas nie jest możliwe, ażeby wzajemne działanie wszystkich tych źródeł depresji było zgodne. Kierunek depresji trzeciego lub dalszych źródeł może być zgod-

np. z kierunkiem działania wentylatora głównego. W przeciwnym razie występuje depresja pożaru o kierunku niezgodnym.

Przy zgodnym kierunku depresji prąd główny w kopalni, tzn. prąd płynący od szybu wdechowego do ognia i dalej do szybu wydechowego ma ściśle zdecydowany kierunek i nie ulega odwróceniu (rys. 53), wszystkie natomiast inne prądy, odgałęzione od prądu głównego i łączące dwa punkty tego ostatniego — przed i poza ogniem, a więc tzw. prądy boczne, mogą być odwrócone.

W przypadku natomiast niezgodnego kierunku depresji prąd główny nie ma zdecydowanego kierunku i zależnie od wielkości depresji pożaru może być częściowo lub całkowicie odwrócony (rys. 54).

Na podstawie powyższego można wyróżnić trzy zasadnicze kategorie pożarów podziemnych:

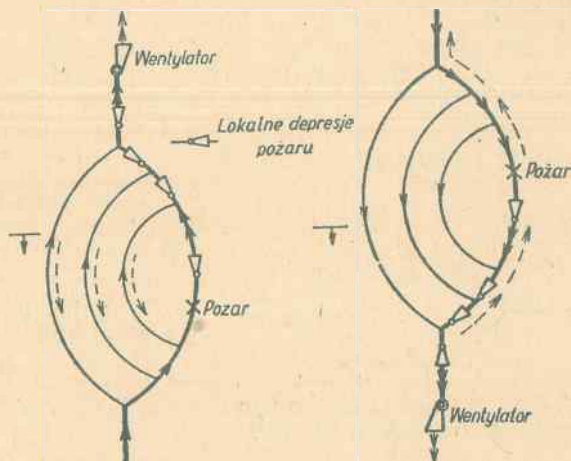
1. pożary we wznoszącym się prądzie powietrza (zgodny kierunek depresji),
2. pożary w schodzącym prądzie powietrza, jeżeli wielkość niezgodnej depresji pożaru jest mniejsza od depresji systemu wentylacyjnego,
3. pożary w schodzącym prądzie powietrza, jeżeli wielkość niezgodnej depresji pożaru jest większa od depresji systemu.

Oprócz tych trzech zasadniczych kategorii pożarów podziemnych mogą zachodzić przypadki mieszane, kiedy gorące dymy zmuszone są płynąć drogami na przemian wznoszącymi się i schodzącymi.

Ze względu na ogromną różnorodność schematów przewietrzania kopalń, jakie spotyka się w praktyce, nie jest możliwe dokładne wyprowadzenie ogólnych warunków zatrzymywania i odwrócenia prądów w czasie pożarów podziemnych, dlatego też przy wyprowadzaniu tych warunków przyjęte będą założenia uproszczające.

a. Wpływ włączenia i wyłączenia bocznicy na opór systemu

Przez włączenie do systemu wentylacyjnego bocznicy normalnej prostej, w której ruch powietrza odbywa się w tym samym kierunku co i w całym systemie, zwiększa się jego otwór równoznaczny, zwiększa się jednocześnie ilość przepływającego w nim powietrza (przy zachowaniu tej samej depresji h), a więc zmniejsza się opór systemu. Przeciwnie, przez wyłączenie (otamowanie) bocznicy normalnej o prostym kierunku prądu zwiększa się opór systemu.



Rys. 53 (z lewej). Możliwość odwrócenia prądów bocznych w czasie pożaru we wznoszącym się prądzie powietrza

Rys. 54 (z prawej). Możliwość odwrócenia prądu głównego w czasie pożaru w schodzącym prądzie powietrza

Dla zbadania, jaki wpływ wywiera na opór systemu włączenie do niego dodatkowej bocznicy odwróconej ADC (rys. 55) przy zachowaniu stałej wielkości depresji systemu h , oznaczono przez

r_0 — opór systemu (w kilomiurgach) przed punktem A i za punktem C,

r — opór części systemu ABC,

R_0 — opór całkowity systemu przed włączeniem bocznicy ADC,

Q_0 — ilość powietrza płynąca przez dany system.

Stosując znaną zależność z teorii przewietrzania kopalń, otrzymuje się

$$h = (r_0 + r) Q_0^2 = R_0 Q_0^2 \quad (14)$$

Po włączeniu do danego systemu bocznicy ADC, w której w kierunku CA płynie Q_1 m³/sek powietrza, jeżeli w tym nowym systemie w jego części ABC płynie Q m³/sek, wówczas przez całość systemu przepływa $(Q - Q_1)$ m³/sek. W tym przypadku

$$h = r_0 (Q - Q_1)^2 + r Q^2 \quad (15)$$

Nazywając przez R_1 opór wypadkowy tego nowego systemu, otrzymuje się

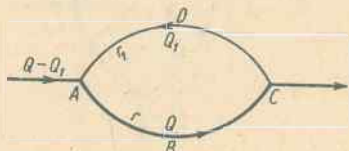
$$h = R_1 (Q - Q_1)^2 \quad (16)$$

z (14) i (15) wynika

$$(r_0 + r) Q_0^2 = r_0 (Q - Q_1)^2 + r Q^2 > (r_0 + r) (Q - Q_1)^2$$

stad

$$Q_0 > Q - Q_1 \quad (17)$$



Przyrównując do siebie prawe strony równań (14) i (16) uzyskuje się

$$R_0 Q_0^2 = R_1 (Q - Q_1)^2 \quad (18)$$

Rys. 55. Włączenie do systemu bocznicy normalnej odwróconej

Z (17) i (18) wynika, że

$$R_1 > R_0 \quad (19)$$

Tak więc przy stałej wielkości depresji danego systemu włączenie do niego bocznicy odwróconej normalnej zwiększa całkowity opór; przez wyeliminowanie bocznicy normalnej odwróconej lub jej otamowanie, zmniejsza się opór systemu.

b. Kierunki prądów w czasie pożaru w prądzie wznoszącym się

W przypadku zgodnego kierunku depresji systemu i ognia, jak to jest w czasie pożarów we wznoszącym się prądzie powietrza (rys. 56), ściśle zdecydowany kierunek ma prąd główny przechodzący przez źródła depresji, każdy natomiast z prądów bocznych może mieć ten lub inny kierunek zależnie od wpływu na te prądy poszczególnych źródeł depresji.

Dla zbadania warunków, przy których zachowaniu utrzymuje się taki lub inny kierunek prądu w dowolnej bocznicie normalnej, np. w bocznicie b (rys. 56 a), przedstawiono schemat kanoniczny przewietrzania w postaci zamkniętej (rys. 56 b).

Przy rozpatrywaniu systemu normalnego, dla uogólnienia przyjęto, że jest on złożony z bocznic prostych i odwróconych względem pierwotnego źródła depresji (wentylatora).

W systemie tym kierunek zdecydowany ma prąd główny (linia grubsza), wzdłuż którego rozmieszczone są wszystkie lokalne źródła depresji o zgodnym działaniu. Wszystkie inne prądy (boczne), zależnie od tego, które ze źródeł depresji będą wywierały większy wpływ, mogą płynąć w jedną lub drugą stronę, a więc mogą ulegać odwróceniu.

System (rys. 56 b) można podzielić badanym przez nas prądem b (linia AB) na dwie części: część wewnętrzną (prawą) i zewnętrzną (lewą). Poza tym oznaczamy

h_w — wypadkową depresję występującą w części wewnętrznej jako skutek działania lokalnych depresji pożaru h_1, h_2 i h_3 ;

h_z — wypadkową depresję występującą w części zewnętrznej, a więc obejmującą zarówno depresję wentylatora W , jak i wpływ lokalnych depresji pożaru h_4 i h_5 ;

R_w — wypadkowy opór wewnętrznej części systemu;

R_z — wypadkowy opór zewnętrznej części systemu;

R_b — opór bocznic b .

Przy przyjęciu takich oznaczeń można schemat ten uprościć do postaci przedstawionej na rys. 56 c.

Depresja h_w występująca w części wewnętrznej dążyć będzie do nadania prądowi b kierunku od B do A , depresja natomiast h_z (w części zewnętrznej) działać będzie odwrotnie.

Jeżeli prąd b ma kierunek prosty (AB) względem pierwotnego źródła depresji (wentylatora W), wówczas dla obwodu $cAbB$ otrzymuje się

$$h_z = R_z Q_z^2 + R_b Q_b^2$$

dla obwodu zaś $cAaB$

$$h_z + h_w = R_z Q_z^2 + R_w Q_w^2$$

gdzie

Q_w, Q_z i Q_b — ilości powietrza przepływającego przez część wewnętrzną, zewnętrzną i przez bocznicę b .

Odejmując otrzymane równania i dzieląc przez równanie pierwsze, otrzymuje się warunek, przy zachowaniu którego prąd b będzie miał kierunek prosty (AB)

$$\frac{h_w}{h_z} = \frac{R_w Q_w^2 - R_b Q_b^2}{R_z Q_z^2 + R_b Q_b^2} < \frac{R_w Q_w^2}{R_z Q_z^2} < \frac{R_w Q_z^2}{R_z Q_z^2}$$

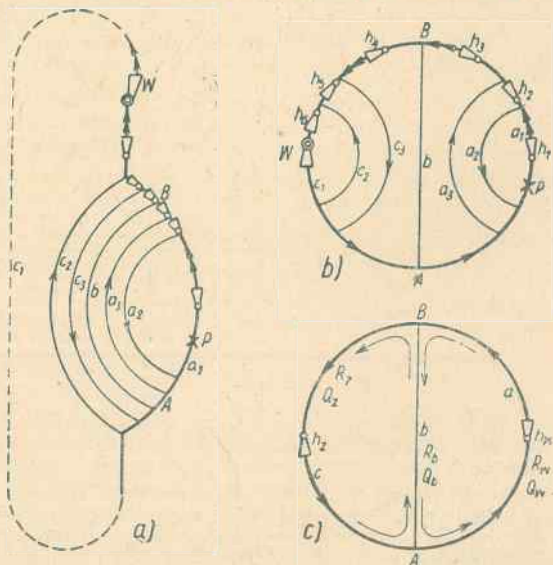
gdyż $Q_z = Q_w + Q_b > Q_w$,
a więc

$$\boxed{\frac{h_w}{h_z} < \frac{R_w}{R_z}} \quad (20)$$

Jak wynika z tego warunku, dla zachowania prostego kierunku prądów należy dążyć do tego, by depresja h_w wewnętrznej części systemu była jak najmniejsza, depresja zaś h_z części zewnętrznej — jak największa. Poza tym opór części wewnętrznej R_w powinien być możliwie duży, opór zaś R_z — mały. Opór R_b bocznic b , która może ulec odwróceniu, nie odgrywa tu roli, a więc jednakowo łatwo może się odwrócić nie tamowany prąd boczny, jak i prąd płynący przez szczeliny w skałach lub przez nieszczelności tam.

Z rys. 56 wynika, że bocznicę c_2 i c_3 w całym systemie (rysunek 56 a) i w elemencie zewnętrznym (rys. 56 b) mają wręcz przeciwny charakter: bocznicę c_2 jest w systemie prosta, w elemencie zewnętrznym — odwrócona, bocznicę c_3 — odwrotnie. Jeżeli chodzi o bocznicę a_1, a_2 , i a_3 , to mają one identyczny charakter zarówno w całym systemie, jak i jego elemencie wewnętrznym.

Dla zwiększenia R_w należy wobec tego tamować prądy proste (a_1 i a_3) i nie tamować prądu odwróconego (a_2), dla zmniejsze-



Rys. 56. Pożar we wznoszącym się prądzie powietrza

nia zaś R_z oprócz usunięcia tam w prądzie głównym (c_1) należy również tamować prądy proste (c_2) i nie tamować prądów odwróconych (c_3).

Dla przypadku zatrzymania prądu b $Q_b = 0$ oraz $Q_w = Q_z$, a więc równania spadku naporu dla obwodów $aBbA$ i $AbBc$ przedstawia się w postaci

$$h_w = R_w Q_w^2$$

$$h_z = R_z Q_z^2$$

Dzieląc przez siebie te równania i uwzględniając, że $Q_w = Q_z$, otrzymuje się warunek

$$\frac{h_w}{h_z} = \frac{R_w}{R_z} \quad (21)$$

Rozpatrzmy teraz warunki odwrócenia prądu b

Jeżeli bocznica b jest pozioma, wówczas po odwróceniu w niej prądu (kierunek BA) i skierowaniu się do niej dymów, nawet gorących, dodatkowa depresja w tej bocznicy nie wystąpi i wówczas równanie spadków naporu przybiera następującą postać:

dla obwodu $aBcA$

$$h_w + h_z = R_w Q_w^2 + R_z Q_z^2$$

dla obwodu $aBbA$

$$h_w = R_w Q_w^2 + R_b Q_b^2$$

Odejmując te równania i dzieląc równanie drugie przez tę różnicę otrzymuje się

$$\frac{h_w}{h_z} = \frac{R_w Q_w^2 + R_b Q_b^2}{R_z Q_z^2 - R_b Q_b^2} > \frac{R_w Q_w^2}{R_z Q_z^2} > \frac{R_w Q_z^2}{R_z Q_z^2}$$

gdyż

$$Q_w = Q_z + Q_b > Q_z$$

$$\frac{h_w}{h_z} > \frac{R_w}{R_z} \quad (22)$$

W przypadku, gdy bocznica b jest wznosząca się, po odwróceniu gorących dymów wystąpi w tej bocznicy dodatkowa depresja lokalna h_b niezgodna z kierunkiem ruchu dymów (rys. 56).

Układając równania spadków naporu dla obwodów $aBcA$ oraz $aBbA$ otrzymuje się

$$h_w + h_z = R_w Q_w^2 + R_z Q_z^2$$

$$h_w - h_b = R_w Q_w^2 + R_b Q_b^2$$

Dzieląc równanie drugie przez różnicę tych równań otrzymuje się

$$\frac{h_w - h_b}{h_z + h_b} = \frac{R_w Q_w^2 + R_b Q_b^2}{R_z Q_z^2 - R_b Q_b^2} > \frac{R_w Q_w^2}{R_z Q_z^2} > \frac{R_w Q_z^2}{R_z Q_z^2}$$

a więc

$$\frac{h_w - h_b}{h_z + h_b} > \frac{R_w}{R_z} \quad (23)$$

Przy małej depresji pożaru w części wewnętrznej systemu h_w w stosunku do depresji wentylatora, a zatem i depresji części zewnętrznej h_z , będzie zachowany warunek (20), a więc prąd b będzie miał kierunek prosty, czyli taki, jaki miał on przed pożarem. W miarę wzrostu depresji h_w ilość powietrza płynącego boczną b będzie malała i w chwili, gdy stosunek depresji $h_w : h_z$ będzie taki, jak stosunek oporów $R_w : R_z$ (warunek (21)), prąd w bocznicy b zostanie zatrzymany, a przy dalszym wzroście depresji h_w nastąpi odwrócenie prądu b.

Jeżeli bocznica b jest pozioma (lub obniżająca się), bezpośrednio po zatrzymaniu w niej prądu nastąpić musi jego odwrócenie (warunek (22)). Jeżeli natomiast bocznica

ta jest wznosząca się (pochylnia), to zatrzymanie w niej prądu nastąpi przy wielkości depresji h_w (21)

$$h'_w = \frac{R_w}{R_z} \cdot h_z$$

odwrócenie zaś w całym tego słowa znaczeniu przy przekroczeniu wielkości (23)

$$h''_w = \frac{R_w}{R_z} (h_z + h_b) + h_b > h'_w$$

Tak więc w okresie czasu, w ciągu którego depresja pożaru będzie wzrastała z h'_w do h''_w , odwrócenie prądu jeszcze nie następuje, obserwuje się tu natomiast zjawisko bądź to prądów wstecznych w bocznicach, kiedy świeże powietrze płynie w pierwotnym kierunku dolną częścią przekroju pochylni, a dym powoli schodzi pod piętrę pochylni, bądź też kłębowienie się dymów i powolne ich obniżanie się w całym przekroju bocznic. Z chwilą gdy dymy te dojdą do punktu A i skierują się do bocznic a (rys. 57), nastąpi właściwe odwrócenie prądu b i odpowiednio szybki ruch dymów w tej bocznic.

Jak z powyższego wynika, same już obserwacje prędkości powietrza w bocznicach zagrożonych odwróceniem, jak również kłębowienie się w nich dymów pod piętrę, mogą być niezawodną wskazówką, czy i w jakim stopniu zagrażać może odwrócenie prądu.

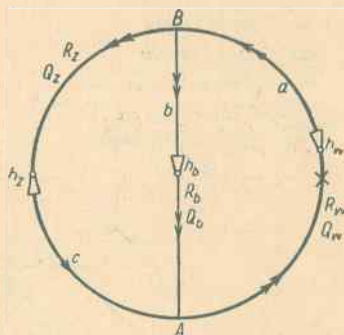
Jak wynika z warunków (22) i (23), odwrócenie prądów może nastąpić nie tylko przy dostatecznie wysokiej depresji pożaru h_w , lecz również i przy zmniejszeniu depresji w części zewnętrznej h_z , np. przy zatrzymaniu wentylatora, do którego płynie dym. Poza tym do odwrócenia prądów przyczynić się może zwiększanie oporu R_z zewnętrznej części kopalni, np. przez zamknięcie w niej tamy, lub też zmniejszenie oporu R_w części wewnętrznej (przez otwarcie tamy). W celu uniknięcia odwrócenia prądów należy tamować dopływ powietrza do wszystkich miejsc, gdzie występuje większa depresja lokalna pożaru i w żadnym przypadku nie zatrzymywać wentylatora znajdującego się w zewnętrznej części systemu, jeżeli przez wentylator ten odpływa dym (przy wentylacji ssącej) lub jeżeli doprowadza on świeże powietrze do ognia (przy wentylacji tłoczącej).

Wyprowadzenie warunków zachowania takiego lub innego kierunku prądów w systemach przekątnych złożonych jest niemożliwe ze względu na ich nierozwiązalność. W przypadkach takich należy wobec tego posługiwać się wnioskami wyprowadzonymi dla systemów normalnych.

Poniżej rozpatrzono kilka charakterystycznych przykładów odwrócenia prądów powietrznych w czasie pożarów we wznoszącym się prądzie.

c. Przykłady odwrócenia się prądów powietrznych w czasie pożarów we wznoszącym się prądzie

Przykład 1 (1947). Pożar P powstał w dolnej części pochylni P-6 (rys. 58) jako wznowienie się starego pożaru P_0 , który był otamowany od strony pochylni korkiem piaskowym wykonanym za tamą podsadzkową T. Korek ten nie był szczelny, a wolna niedomulona przestrzeń pod piętrę chodnika wynosiła 30 ÷ 50 cm. Tą drogą właśnie ogień, posuwając się



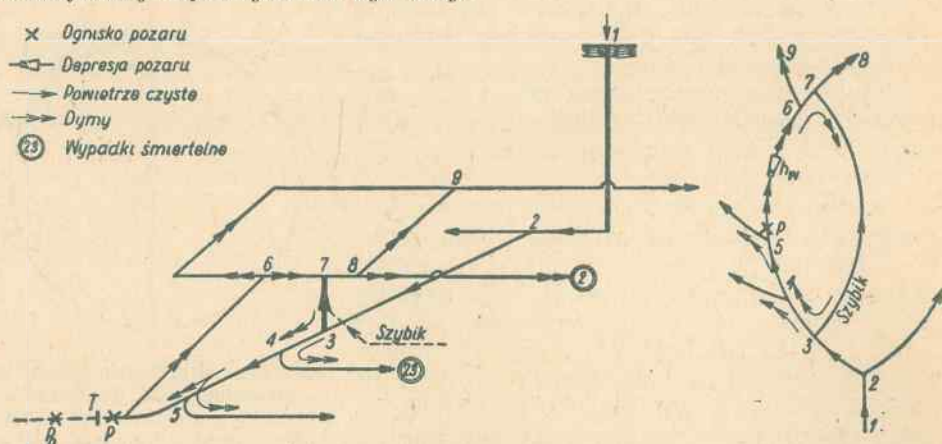
Rys. 57. Odwrócenie prądu we wznoszącej się bocznic b

w kierunku przeciwnym ruchowi powietrza, przeniósł się na tamę T_1 , a stąd na obudowę pochylni.

W chodniku 5—P łączącym pochylnię z przecznicą 2—5 istniała tama z okienkiem regulującym dopływ powietrza do pochylni. Tamy tej w dniu wypadku nie było, gdyż została usunięta przed paru tygodniami podczas przekuwania torów. Brak tej tamy spowodował, że opór R_w bocznic 3—4—5—6—7, stanowiącej wewnętrzną część systemu względem szybika 3—7, okazał się bardzo mały. Poza tym pożar obudowy w pochylni P-6 rozwijał się bardzo szybko, stwarzając wysoką temperaturę, a tym samym i wysoką depresję h_w części wewnętrznej. Okoliczności te przyczyniły się do łatwego ustalenia się warunku (22)

$$\frac{h_w}{h_z} > \frac{R_w}{R_z}$$

przy którym następuje odwrócenie prądu w bocznic 3—7, zwłaszcza że drogi wentylacyjne w kopalni były w złym stanie, a wskutek tego opór R_z zewnętrznej części systemu był duży.



Rys. 58. Odwrócenie prądu i zadymienie kopalni Modrzejów w r. 1947

Odwrócenie prądu w szybiku 3—7 spowodowało skierowanie się dymów do przecznicy w punkcie 3 i zadymienie całości kopalni z wyjątkiem jednego tylko prądu odchodzącego od przecznicy w punkcie 2.

Pierwsze oznaki pożaru (wydzielanie się lekkiego dymu spoza górnej części tamy T) zauważył sztygar oddziałowy dnia 30. I. 1947 o godz. 12.20 do 12.30, gdy wszystkie roboty w kopalni były obłożone. Odwrócenie prądu w szybiku nastąpiło w 40 minut później, a więc rozwój pożaru był wyjątkowo szybki. Ze względu na dalekie odległości do miejsc pracy nie wszystkim robotnikom udało się uciec w zadymionej atmosferze do wolnej od dymu części przecznicy i 25 z nich straciło życie wskutek zaczadzenia i uduszenia w dymach.

Przykład 2 (1924). Pożar w punkcie P powstał wskutek samozapalenia węgla w polu zachodnim Z (rys. 59). Do chwili postawienia szczelnych tam izolacyjnych T_1 od strony wlotu powietrza do pola żaden z prądów nie został odwrócony.

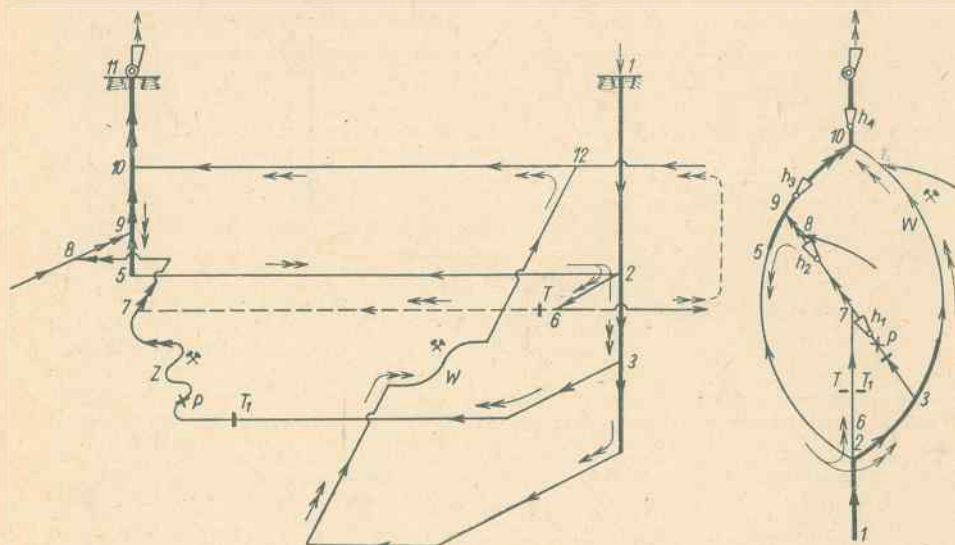
Dla całkowitego izolowania zaognionego pola należało jeszcze postawić tamę wylotową, którą zdecydowano umieścić w pobliżu punktu 7.

Jako drogę dojścia do tego punktu obrano chodnik 6—7 zamknięty normalnie tamami z drzwiami T . W tym celu otworzono te tamy i z prądem świeżego powietrza udano się do punktu 7. W pewnym momencie dym ukazał się od szybu wdechowego i cała kopalnia została zadymiona.

Ze względu na stosunkowo niedużą odległość od szybu wdechowego ludzi biorącym udział w akcji przeciwpożarowej udało się wycofać do tego szybu.

Po zbadaniu okazało się, że zadymienie kopalni nastąpiło wskutek odwrócenia się prądu w chodniku 2—5, przy czym dymy skierowały się, jak pokazują strzałki podwójne na rys. 59.

Jak wynika ze schematu kanonicznego, na którym uwidoczniono lokalne depresje pożaru (h_1, h_2, h_3 i h_4), w pierwszej kolejności powinien był się odwrócić prąd 2—6—7 pod wpływem depresji pożaru h_1 , czego jednak nie zauważono. Po postawieniu tam wlotowych T_1 opór R_w wewnętrznej części systemu względem prądu 2—6—7 okazał się



Rys. 59. Odwrócenie prądu i zadymienie kopalni Kazimierz w r. 1924

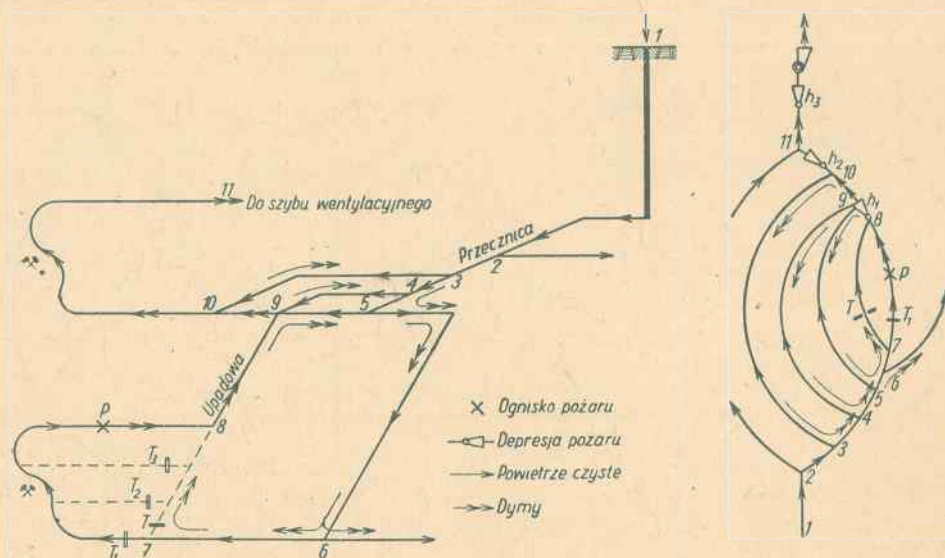
tak duży, że warunek (20) zachowania prostego jego kierunku był całkowicie spełniony. Odwrócenie prądu 2—5 również nie zagrażało, gdyż druga bocznica 6—7 części wewnętrznej systemu względem tego prądu była również otamowana tamą T . Po otworzeniu tamy T opór wewnętrzny okazał się bardzo mały i nastąpiło odwrócenie się prądu w bocznicy 2—5—9 pod wpływem lokalnej depresji pożaru h_2 .

Gdyby w czasie ucieczki ludzi z chodnika 6—7 ktoś z nich zamknął nawet nieszczelnie tamę T , zadymienie znikłoby niezwłocznie. Niestety, trudno jest w czasie paniki o podobny przypadek, zwłaszcza że w tamtym czasie naukowe zasady kierowania prądami dymów w czasie pożarów nie były jeszcze znane.

Jak z powyższego wynika, obecność tam T_1 niwelowała wpływ depresji pożaru h_1 , tama zaś T niwelowała wpływ depresji h_2 , która musiała być stosunkowo duża ze względu na wysoką temperaturę gazów pożarowych w bocznicy 7—8. Stąd można wyciągnąć już bardzo ważny dla prak-

tyki wniosek o konieczności tamowania wszystkich prądów prowadzących powietrze do miejsc występowania wysokich lokalnych depresji pożaru.

Przykład 3 (1928). Pożar powstał wskutek samozapalenia w punkcie P (rys. 60). Po postawieniu tam T_1 (tamy nie były ukończone) w bocznicy 7—P—8 przystąpiono do tamowania zaognionego pola wzdłuż upadowej 7—8 (tamy T_2 i T_3), a w tym celu otworzono drzwi w tamie T. W czasie, gdy ludzie byli zajęci budową tam T_2 i T_3 , nastąpiło nagłe odwrócenie się prądu 5—9, a następnie w odstępach 15 ÷ 20 min odwróciły się również prądy 4—9 i 3—10. W jednej chwili cała kopalnia z wyjątkiem tylko prądu odchodzącego od przecznicy w punkcie 2 została zadymiona; kierunek dymów pokazano na rys. 60 podwójnymi strzałkami. W chwili odwrócenia się prądów roboty w przodkach nie były obłożone i temu tylko należy zawdzięczać, że obeszło się bez masowych ofiar w ludziach. Pośród ludzi zatrudnionych przy budowie tam wzdłuż upadowej powstała panika, która udzieliła się również i będącej w pobliżu upadowej drużynie ratowniczej



Rys. 60. Odwrócenie prądu i zadymienie kopalni Modrzejów w r. 1928

zaopatrzonej w aparaty tlenowe. Charakterystyczne jest to, że w czasie ucieczki w dymach wzdłuż drogi 7—6—5—3 ratownicy wskutek paniki zrzucili z siebie aparaty. Kilku górników nie dobiegło do świeżego powietrza. Zostali oni jednak uratowani przez tychże ratowników, którzy po oprzytomnieniu w świeżym powietrzu udali się bez aparatów oddechowych z powrotem do zadymionych wyrobisk.

Jak to jasno wynika ze schematu kanonicznego, odwrócenie prądów zostało wywołane lokalną depresją pożaru h_1 w bocznicy 8—9. Temperatura gazów była tu bardzo wysoka, a różnica wysokości Δz punktów 9 i 8 znaczna, wskutek czego duża była również depresja $h_1 = h_w$. Jeszcze przed pozostawieniem tamy T_1 opór wewnętrznej części 7—8 systemu wynosił $R_w = 252$ miurgi, a więc był bardzo duży i mógł sam przez się zapobiec odwróceniu prądów. Opór ten poza tym został ogromnie zwiększony przez będące na ukończeniu tamy T_1 . Z chwilą jednak, gdy dla tamowania pola wzdłuż upadowej otworzono drzwi T, opór części wewnętrznej spadł

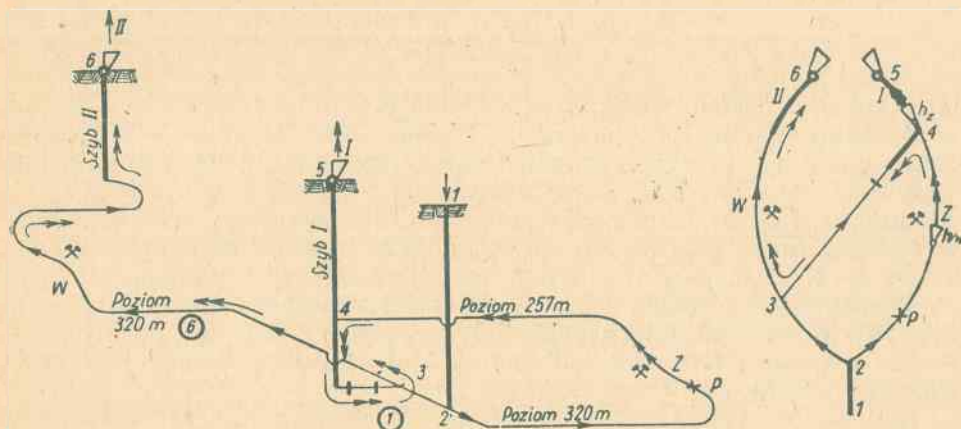
do $R_w = 16$ miurgów. Zmniejszenie tego oporu łącznie z wysoką lokalną depresją pożaru h_1 spowodowało odwrócenie trzech prądów.

Przykład ten jest bardzo podobny do przykładu poprzedniego (rys. 59) i jest dalszym dowodem tego, że otwieranie tam w prądzie doprowadzającym powietrze do miejsca występowania dużej depresji pożaru jest bardzo niebezpieczne.

Przykład 4 (1888)¹⁾. W jednej z kopalń Francji Środkowej zginęło 7 ludzi wskutek zatrucia tlenkiem węgla w warunkach następujących:

Eksploatacja prowadzona była w dwóch polach — zachodnim Z i wschodnim W (rys. 61). Powietrze wchodziło szybem wdechowym i na poziomie 320 m dzieliło się na dwa prądy, z których jeden przewietrzał pole zachodnie i skierowany był na poziomie 257 m do szybu wydechowego I, drugi prąd skierowany był na wschód i do szybu II.

Nad szybem I ustawiony był wentylator ssący, który jednak tylko rzadko był czynny. Drugi wentylator ssący ustawiony nad szybem II był stale w ruchu.



Rys. 61. Odwrócenie prądu i zagazowanie kopalni we Francji Środkowej w r. 1888

Część pola zachodniego była izolowana wskutek pożaru, jaki tam powstał przed 14 miesiącami. W dniu 23. 7. 1888 rano puszczono w ruch wentylator szybu I, po czym przystąpiono do otwierania pola pożarowego. Pożar, który nie został jeszcze zupełnie ugaszony, rozpalil się. Dym wychodzący szybem I zauważono na powierzchni jeszcze przed otrzymaniem wiadomości z dołu; wentylator został zatrzymany i otwarto klapy w szybie. Spodziewano się przez to osłabić dopływ powietrza do miejsca pożaru, a tym samym przywrócić stan przewietrzania, jaki istniał przed otworzeniem pola pożarowego. Za pomocą małych kawałków papieru przekonano się, że po 4 ÷ 5 min wahania ruch powietrza przyjął kierunek normalny. Wkrótce potem wskutek sygnału z kopalni zjechał szybem wdechowym sztygar, znalazł on na poziomie 320 dwóch zatrutych robotników, których kazał niezwłocznie wyciągnąć na powierzchnię.

Znajdujący się na powierzchni zrozumieli, że przewietrzanie zostało naruszone. Uruchomiono natychmiast wentylator szybu I i przystąpiono do zbadania robót. Jednego z robotników znaleziono martwego na podszybiu

¹⁾ Opis wypadku wzięto z artykułu A. Aron — „La lutte contre les feux souterrains”, Annales des mines, 1908.

320 m szybu wdechowego, sześciu innych pracujących w polu wschodnim znaleziono nieżywych w odległości 600 m od szybu w chodniku, którym kierował się prąd świeżego powietrza do pola wschodniego.

W ten sposób zatrzymanie wentylatora na przeciąg kilku lub kilkunastu minut wystarczyło, ażeby dym z pola zachodniego dostał się do pola wschodniego i wypełnił w nim wyrobiska w warunkach nieprzewidzianych przez kierownictwo kopalni.

Stwierdzono, że odwrócił się prąd w dolnej części szybu I, przy czym nastąpiło zagazowanie kopalni przez nieszczelności tam na poz. 320 między szymbami.

Odwrocenie prądu 3—4 łatwo jest w tym przypadku wytłumaczyć, gdyż wskutek zatrzymania wentylatora szybu I depresja h_z części zewnętrznej systemu względem prądu 3—4 okazała się znacznie mniejsza od depresji h_w części wewnętrznej, a poza tym przez otworzenie tam izolacyjnych w polu pożarowym musiał znacznie zmniejszyć się opór R_w części wewnętrznej. Wszystko to razem wzięte przyczyniło się do ustalenia warunku (22)

$$\frac{h_w}{h_z} > \frac{R_w}{R_z}$$

przy którym musiało nastąpić odwrócenie prądu 3—4. Odwróceniu temu w wysokim stopniu sprzyjała również okoliczność, że prąd 3—4 był prądem przekątnym i po zatrzymaniu wentylatora I okazał się pod poważnym wpływem wentylatora II, który właśnie dążył do skierowania prądu 3—4 od punktu 4 do 3. Wentylatora więc I nie powinno się było zatrzymywać w żadnym przypadku. Jeżeli chodziło o zapewnienie prostego kierunku prądu 3—4, to racjonalniej byłoby raczej zatrzymać wentylator II.

Przykład ten z jednej strony potwierdza wniosek o konieczności niezatrzymywania wentylatora, przez który płynie dym, z drugiej zaś wskazuje na znacznie łatwiejsze zadymienie lub zagazowanie kopalni przez wietrzaną wyłącznie drogą naturalną.

Nadmienić należy, że przepisy górnicze niektórych krajów dopuszczają zmniejszenie dopływu powietrza do ognia przez oddziaływanie nawet na szyb wdechowy. Oddziaływanie takie zwiększające opór R_z części zewnętrznej nie powinno być w żadnym przypadku stosowane.

d. Kierunki prądów w czasie pożaru w prądzie schodzącym

W przypadku niezgodnego kierunku depresji systemu przewietrzania i pożaru, co występuje, gdy pożar powstaje w schodzącym prądzie, zaburzenia stanu wentylacji będą miały na ogół odmienny charakter.

Niech element c (rys. 62) stanowi zewnętrzną część systemu, a część wewnętrzną, b prąd boczny. Każdy z tych elementów może się składać bądź z bocznic pojedynczych, bądź też z systemu bocznic rozmaicie połączonych.

W najogólniejszym przypadku depresji niezgodnej można sobie wyobrazić wypadkowe źródła depresji w każdym z tych elementów, przy czym działanie każdego źródła na bocznicę, w której jest ono umieszczone, będzie odwrotne niż źródeł pozostałych. Przy tego rodzaju usytuowaniu źródeł depresji w żadnym elemencie nie wystąpi zdecydowany kierunek prądu.

Zgodnie z zasadami przewietrzania kopalń, w dowolnym obwodzie, w którym umieszczone są dwa źródła depresji o działaniu niezgodnym, kie-

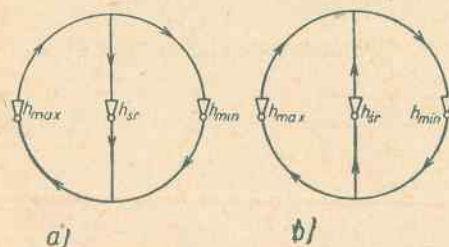
runek prądu jest zgodny z działaniem źródła o depresji większej. Mając wobec tego w systemie trzy źródła o największej h_{max} , średniej h_{sr} i najmniejszej h_{min} wielkości depresji otrzymuje się dwa możliwe kierunki prądów w tym systemie (rys. 63). Kierunek prądu, w którym znajduje się źródło o największej depresji, jest w obu tych przypadkach ściśle określony i zgodny z działaniem tego źródła; kierunek natomiast prądu, w którym znajduje się źródło o najmniejszej depresji, jest zawsze niezgodny z działaniem h_{min} . Prąd, w którym znajduje się źródło o średniej wielkości depresji, może płynąć tak w jedną, jak i w drugą stronę, a więc może się odwracać.

Jak wynika z rys. 62, pierwotny (prosty) kierunek prądów w kopalni w czasie pożaru odpowiada przypadkowi pokazanemu na rysunku 63 a, a więc utrzymanie tego kierunku jest możliwe tylko wtedy, gdy h_z jest większe zarówno od h_w jak i od h_b . W przypadku, gdy jedna z wielkości h_w lub h_b jest większa od h_z , druga zaś mniejsza, kierunek prądu w zewnętrznej części kopalni może płynąć w jedną lub drugą stronę, a więc może ulec odwróceniu. Jeżeli depresja występująca w części zewnętrznej jest mniejsza od h_w i h_b , prąd w zewnętrznej części kopalni musi się odwrócić.

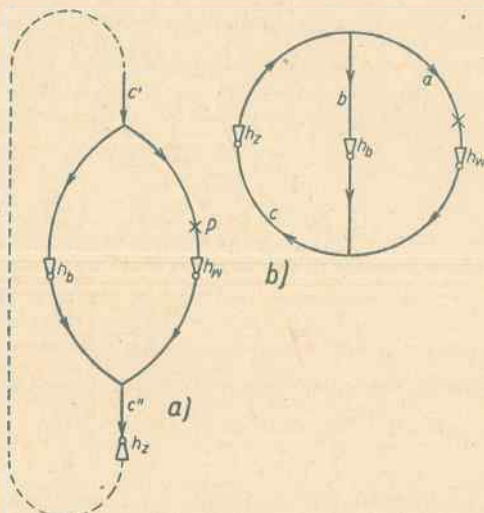
W związku z tym zachodzą trzy następujące przypadki:

1. $h_z > h_w > h_b$ lub $h_z > h_b > h_w$
2. $h_w > h_z > h_b$ lub $h_b > h_z > h_w$
3. $h_w > h_b > h_z$ lub $h_b > h_w > h_z$

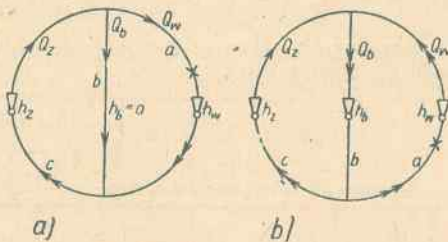
Przy dalszych wyprowadzeniach przyjmuje się, że depresja pożaru h_b występuje tylko wtedy, gdy w bocznicy b płyną gorące gazy.



Rys. 63. Możliwe kierunki prądów przy trzech źródłach depresji



Rys. 62. Pożar w prądzie schodzącym



Rys. 64. Możliwe kierunki prądów w przypadku $h_z > h_w > h_b$

Przypadek 1 ($h_z > h_w > h_b$ lub $h_z > h_b > h_w$). Pod względem kierunków prądów występują tu dwie możliwości pokazane na rys. 64 a i 64 b.

a. Zgodnie z rys. 64 a kierunek prądu a jest prosty (porównaj rys. 62), przy czym dym nie płynie boczną b, a więc

$$Q_w = Q_z - Q_b \quad Q_z > Q_b \quad h_b = 0 \quad h_w > h_b$$

Można ułożyć dwa równania, a mianowicie:
dla obwodu *cb*

$$h_z = R_z Q_z^2 + R_b Q_b^2$$

dla obwodu *ca*

$$h_z - h_w = R_z Q_z^2 + R_w (Q_z - Q_b)^2$$

Dzieląc przez siebie oba te równania otrzymuje się

$$\frac{h_z}{h_z - h_w} = \frac{R_z Q_z^2 + R_b Q_b^2}{R_z Q_z^2 + R_w (Q_z - Q_b)^2}$$

$$\frac{h_z}{h_w} = \frac{R_z Q_z^2 + R_b Q_b^2}{R_b Q_b^2 - R_w (Q_z - Q_b)^2}$$

Wstawiając do prawej części otrzymanego równania zamiast Q_z mniejszą wartość Q_b , zmniejsza się licznik i zwiększa mianownik, a wskutek tego

$$\frac{h_z}{h_w} > \frac{R_z Q_b^2 + R_b Q_b^2}{R_b Q_b^2 - R_w (Q_b - Q_b)^2}$$

Wobec tego warunek zachowania prostego kierunku prądów *a* i *b* będzie

$$\left| \frac{h_z}{h_w} > 1 + \frac{R_z}{R_b} \right| \quad (24)$$

Nierówność ta zostanie spełniona, gdy depresja h_z będzie możliwie duża, zaś depresja h_w oraz opór części zewnętrznej — małe. Opór R_w części wewnętrznej, w której możliwe jest odwrócenie prądu, nie odgrywa tu roli. Warunki te pokrywają się więc z warunkami zachowania prostego kierunku prądów w kopalni przewietrzanej prądem wznoszącym się (20).

b. W przypadku, gdy kierunek prądu *a* jest odwrócony (rys. 64 b), dym z części wewnętrznej *a* dostaje się do bocznic *b*, a więc depresja h_b występuje, — przy czym przy $h_w > h_b$

$$Q_w = Q_b - Q_z \quad Q_b > Q_z$$

Dla obwodu *cb*

$$h_z - h_b = R_z Q_z^2 + R_b Q_b^2$$

dla obwodu *ab*

$$h_w - h_b = R_w (Q_b - Q_z)^2 + R_b Q_b^2$$

stąd

$$\frac{h_z - h_b}{h_w - h_b} = \frac{R_z Q_z^2 + R_b Q_b^2}{R_w (Q_b - Q_z)^2 + R_b Q_b^2}$$

Wstawiając zamiast Q_z większą wartość Q_b warunek odwrócenia się prądu *a* przy $h_w > h_b$ ma postać

$$\left| \frac{h_z - h_b}{h_w - h_b} < 1 + \frac{R_z}{R_b} \right| \quad (25)$$

Ponieważ w danym przypadku $h_z > h_w$, przeto

$$\frac{h_z}{h_w} < \frac{h_z - h_b}{h_w - h_b}$$

wobec tego przy warunku

$$\frac{h_z}{h_w} < 1 + \frac{R_z}{R_b} < \frac{h_z - h_b}{h_w - h_b} \quad (26)$$

prąd w bocznic *a* nie ma zdecydowanego kierunku: obserwuje się tu albo zjawisko prądów wstecznych, kiedy powietrze świeże płynie dołem do ognia, dym zaś góra odpycha w kierunku przeciwnym, albo też kłębianie się dymów i powolne ich pod-

noszenie się całym przekrojem. Obserwacje prędkości prądu a oraz zachowania się dymów w tej bocznicy mogą dostarczyć wskazówek co do niebezpieczeństwa jego odwrócenia.

W przypadku gdy $h_z > h_b > h_w$, odwrócić się może nie prąd wewnętrzny a , lecz boczny b . Warunkiem odwrócenia prądu bocznego b będzie

$$\frac{h_z - h_w}{h_b - h_w} < 1 + \frac{R_z}{R_w} \quad (27)$$

Przypadek 2 ($h_w > h_z > h_b$). Występują tu dwie możliwości kierunku prądów (rys. 65 a i b). W obu przypadkach dym kieruje się do bocznicy b , a więc depresja h_b występuje. Może się odwrócić prąd c w zewnętrznej części systemu.

a. Zgodnie z rys. 65 a:

$$Q_z = Q_b - Q_w \quad Q_b > Q_w$$

Dla obwodu ab

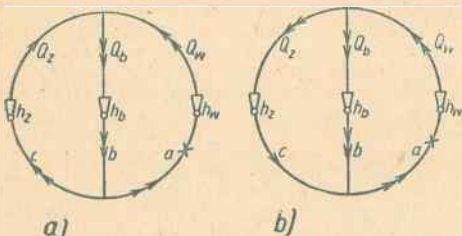
$$h_w - h_b = R_w Q_w^2 + R_b Q_b^2$$

dla obwodu cb

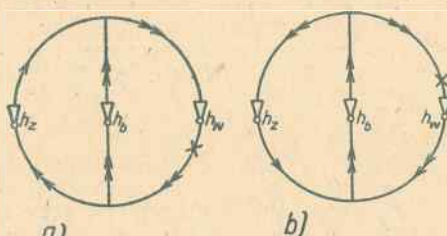
$$h_z - h_b = R_z (Q_b - Q_w)^2 + R_b Q_b^2$$

skąd

$$\frac{h_w - h_b}{h_z - h_b} = \frac{R_w Q_w^2 + R_b Q_b^2}{R_z (Q_b - Q_w)^2 + R_b Q_b^2}$$



Rys. 65. Możliwe kierunki prądów w przypadku $h_w > h_z > h_b$



Rys. 66. Możliwe kierunki prądów przy $h_b > h_z > h_w$

Wstawiając zamiast Q_w większą wartość Q_b otrzymuje się warunek prostego kierunku prądu w zewnętrznej części systemu

$$\frac{h_w - h_b}{h_z - h_b} < 1 + \frac{R_w}{R_b} \quad (28)$$

W analogiczny sposób otrzymuje się ten warunek dla przypadku $h_b > h_z > h_w$, gdy prąd b jest odwrócony, prąd zaś a ma kierunek pierwotny (rys. 66 a):

$$\frac{h_b - h_w}{h_z - h_w} < 1 + \frac{R_b}{R_w} \quad (29)$$

b. W przypadku odwrócenia prądu w części zewnętrznej (rys. 65 b):

$$Q_z = Q_w - Q_b \quad Q_w > Q_b$$

$$h_w - h_b = R_w Q_w^2 + R_b Q_b^2$$

$$h_w - h_z = R_w Q_w^2 + R_z (Q_w - Q_b)^2$$

stąd

$$\frac{h_w - h_b}{h_w - h_z} = \frac{R_w Q_w^2 + R_b Q_b^2}{R_w Q_w^2 + R_z (Q_w - Q_b)^2}$$

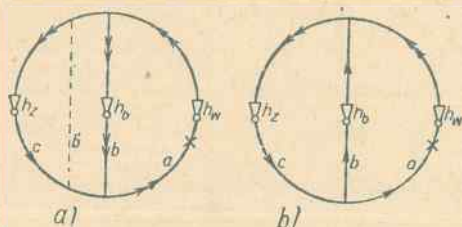
a więc

$$\frac{h_w - h_b}{h_z - h_b} = \frac{R_w Q_w^2 + R_b Q_b^2}{R_b Q_b^2 - R_z (Q_w - Q_b)^2}$$

Wstawiając zamiast Q_w mniejszą wartość Q_b otrzymuje się

$$\frac{h_w - h_b}{h_z - h_b} > 1 + \frac{R_w}{R_b} \quad (30)$$

Warunek zatrzymania prądu w części zewnętrznej



Rys. 67. Możliwe kierunki prądów w przypadku $h_w > h_b > h_z$

$$\frac{h_w - h_b}{h_z - h_b} = 1 + \frac{R_w}{R_b} \quad (31)$$

Jeżeli $h_b > h_z > h_w$, odwrócenie prądu w części zewnętrznej następuje przy warunku

$$\frac{h_b - h_w}{h_z - h_w} > 1 + \frac{R_b}{R_w} \quad (32)$$

zatrzymanie zaś przy

$$\frac{h_b - h_w}{h_z - h_w} = 1 + \frac{R_b}{R_w} \quad (33)$$

Przypadek 3 ($h_w > h_b > h_z$). Dwie możliwości skierowania prądów pokazano na rys. 67. Prąd c jest zawsze odwrócony w zewnętrznej części kopalni.

Odwrócony ten prąd może skierować się do jednej z dalszych bocznic b' znajdującej się w części zewnętrznej (rys. 67 a), jeżeli występująca w niej depresja pożaru h'_b okaże się mniejsza od h_z . W przypadku tym bocznicą b wejdzie do wewnętrznej części systemu, prądem bocznym będzie prąd b' , a warunki zachowania takiego lub innego kierunku prądu w części zewnętrznej (poza bocznicą b') określać będą wzory (28) i (30).

Jeżeli w danym systemie nie ma takiej bocznic, w której depresja pożaru byłaby mniejsza od h_z , wówczas cały prąd w kopalni zostanie odwrócony i szyb wdechowy stanie się wydechowym, przy czym do bocznic b może kierować się bądź to dym z pożaru w prądzie a (rys. 67 a), bądź też świeże powietrze (rys. 67 b) wchodzące do kopalni przez wentylator w kierunku przeciwnym do jego działania.

Jeżeli powietrze świeże wchodzi do kopalni przez szyb wydechowy, akcja przeciwpożarowa może być prowadzona tylko od strony szybu, który przed pożarem był szybem wydechowym. W warunkach takich zmienia się całkowicie charakter pożaru i stanie się on pożarem w prądzie wznoszącym się. Naturalnie, że w przypadku tym konieczna jest zmiana kierunku działania wentylatora lub przynajmniej jego zatrzymanie.

Jak z powyższego wynika, w przypadku pożaru w prądzie schodzącym możliwe są znacznie bardziej skomplikowane zjawiska, aniżeli występują przy pożarach w prądzie wznoszącym się. Oprócz tego, jak to wyniknie z dalszego ciągu rozważań, zabezpieczenie się przed odwróceniem prądów jest tu o wiele trudniejsze. Wobec tego należy w ogóle unikać przewietrzania kopalni prądem schodzącym, a w przypadku gdy pożar powstanie w takim prądzie, wskazane jest postarać się o to, by dymy mogły być skierowane do szybu wydechowego drogami wznoszącymi się.

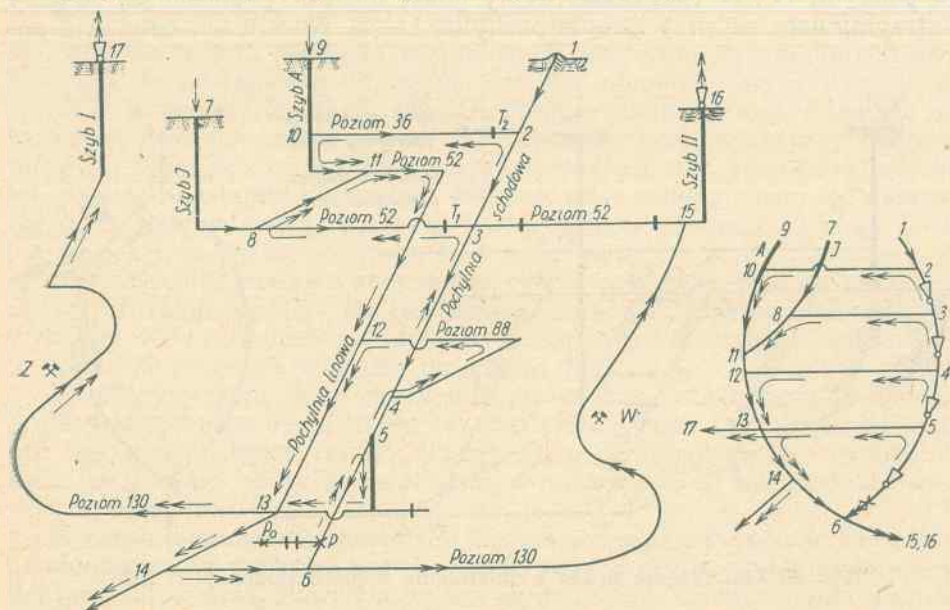
e. Przykłady odwrócenia się prądów powietrznych w czasie pożarów w prądzie schodzącym

Przykład 1 (1946). Pożar P (rys. 68) powstał 14. 3. o godz. 12.30 przypuszczalnie jako wznowienie się starego pożaru P_0 , otamowanego od strony schodowej tylko tamami deskowymi. Po zapaleniu się tam ogień przerzucił się na obudowę pochylni schodowej i zaczął gwałtownie się rozwijać. Schodową tą płynęło świeże powietrze na dół do kopalni. Po upływie kilkunastu minut odwrócił się prąd schodzący na odcinku 5—6 i dymy skierowały się

drogą 5—13 na poziom 130 m zadymiając wszystkie roboty w kopalni zarówno w polu wschodnim, jak i zachodnim.

W niedługim czasie odwrócił się drugi odcinek prądu schodzącego w pochylni schodowej, a mianowicie 4—5, a wskutek tego zaczynając od poziomu 88 m cała kopalnia była zadymiona. Akcję ratowniczą w tym czasie prowadzono głównie w celu niesienia pomocy górnikom pozostałym w dymie. Wyniesiono lub wyprowadzono 27 omdlałych, a poza tym odnaleziono 2 nieżywych. W trakcie akcji przeciwpożarowej otwarta została tama T_1 na poziomie 52 m między punktami 8 i 3.

Po południu, gdy baza ratownicza znajdowała się na poziomie 88, w czasie obecności w tym miejscu większej liczby osób, które badały stan pożaru, nastąpiło trzecie odwrócenie prądu, a mianowicie 3—4 i dymy drogą 3—8—11—12 skierowały się na dół. Wszystkim zaskoczonym dymami udało się wycofać na podszybie szybu A (poziom 52 m).



Rys. 68. Odwrócenie prądów i zadymienie kopalni Jan Kanty w r. 1946

Jak wynika z sytuacji przedstawionej na rys. 68, z chwilą odwrócenia tego trzeciego prądu wolnymi od dymu pozostały tylko podszybia szybów A i J. Szyb A był w tym czasie w przebudowie i usunięte z niego były zarówno urządzenia wyciągowe jak i drabiny. Ze względu na to, że przecznica 8—11 płynął gęsty dym, ludzie uciekający z poziomu 88 m zatrzymali się przy szybie A. W tym czasie nastąpiło czwarte odwrócenie prądu, a mianowicie 2—3 i dym skierował się przez będącą w złym stanie tamę T_2 na poziom 36 m, a stąd drogą 2—10—11 opuścił się szybem A do dotychczas niezadymionego podszybia, gdzie zgromadzili się uciekinierzy. Zaskoczeni przez opuszczający się szybem A dym, zdecydowali się na ucieczkę do szybu J w gęstym dymie płynącym przecznicą 8—11, co ze względu na stosunkowo niedużą odległość powiodło się bez wypadków z ludźmi.

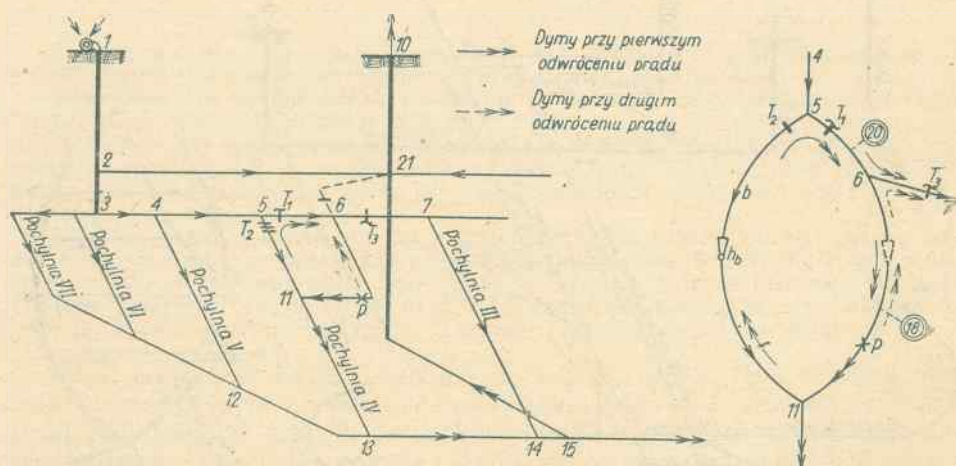
Odwrócenie wszystkich tych czterech prądów nastąpiło wskutek ustalenia się warunku (25), czemu sprzyjała duża depresja pożaru h_w oraz mały opór R_b pochylni linowej (ściślej — upadowej linowej).

Do pochylni tej dymy dostawały się przez bocznice przekątne 5—13, 4—12, 3—8 i 2—10, w których prądy musiały być siłą rzeczy bardzo mało stabilne i nawet nieduża depresja pożaru *P* mogła prądom tym nadać kierunek od schodowej do pochylni linowej.

Przykład 2 (1923). Kopalnia przewietrzana była prądem schodzącym za pomocą wentylatora tłoczącego umieszczonego w szybie wdechowym (rys. 69); szyb wydobywczy był szybem wydechowym. Pożar powstał w punkcie *P* na zbiciu chodnika 11-P z pochylnią P-6.

Po stwierdzeniu miejsca ognia przebito chodnikiem 11-P do pochylni P-6 nieduży (o średnicy około 0,5 m) otwór zatamowano od strony pochylni piaskiem z podsadzki w ten sposób, że około palącej się ściany utworzona została skarpa piaskowa.

Przedsięwzięto próbę dojścia do chodnika 11-P i otamowania go od strony pochylni IV. W tym czasie dymy miały dążyć podnosić się do góry i utrzymywały się przy stropie pochylni 11—5. W celu ich usunięcia po-



Rys. 69. Odwrócenie prądu i zadymienie kopalni Reden w r. 1923

stawiono w chodniku 5—6 tamę regulacyjną T_1 z okienkiem $1 \times 0,5$ m. Po postawieniu tej tamy zadymienie pochylni IV nie zostało jednak usunięte, zdecydowano więc odepchnąć dymy przez zbudowanie na tej pochylni w części 11—5 trzech półtamek obitych deskami do połowy od dołu, przypuszczając że przez zwężenie przekroju pochylni zwiększona prędkość powietrza usunie zadymienie. Celem nie osiągnięto, dymy pozostały w tym samym miejscu, a następnie prąd 11—5 jak gdyby ustał.

Gromadzenie się dymów pod piętrzem pochylni w części 11—5 przy jednoczesnym ruchu powietrza świeżego na dół było zjawiskiem prądów wstecznych i oznaką, że w miarę wzrostu depresji pożaru możliwe jest odwrócenie się prądu, czego dalszym dowodem było zatrzymanie się prądu (bocznego) w tej części pochylni.

Warunkiem odwrócenia prądu bocznego b jakim była część 5—11 pochylni IV, jest (27)

$$\frac{h_z - h_w}{h_b - h_w} < 1 + \frac{R_z}{R_w}$$

ale wobec tego, że depresja h_w w bocznicy wewnętrznej 5-6-P nie występowała, przeto $h_w = 0$, a więc

$$\frac{h_z}{h_b} \ll 1 + \frac{R_z}{R_w}$$

Z warunku tego widzimy, że zbudowanie półtamek, czyli zwiększenie oporu R_b , w niczym nie zmieniło tego warunku, a więc nie mogło w żadnym przypadku przyczynić się do usunięcia zadymienia w prądzie 5-11.

Nie mogąc dojść pochylnią IV zdecydowano się na inną drogę do ognia, a mianowicie od strony pochylni 6-P. W tym celu zarządzono izolowanie pochylni 5-11, a po wykonaniu tego — usunięcie tamy T_1 . Jednocześnie skierowano się drogą 5-6-P do miejsca pożaru, zbudowano tamę z okienkiem T_3 , rozkopano tamę piaskową przy ogniu i przystąpiono do zalewania jego wodą.

W pewnym momencie para powstała wskutek zalewania ognia zaczęła się cofać do wylotu chodnika w punkcie P zmuszając zatrudnionych przy gaszeniu do odstąpienia od ognia. Powstał niepokój, który udzielił się również kierownictwu akcji, wskutek czego wydało ono szereg niczym nie uzasadnionych zarządzeń, jak np. odwołanie ludzi zajętych przy budowie tamy T_2 . Przez pewien krótki czas utrzymywał się stan równowagi niestajęcej, po czym nastąpiła katastrofa: wskutek stale zwiększającej się depresji ognia, którego zalewanie nie było wystarczające, odwrócił się prąd 5-11 i dymy skierowały się w stronę 5-6 poza tamę T_1 , gdzie znajdowali się ludzie. Nastąpiła panika i ucieczka w dymie, a jednocześnie od płomienia otwartych lamp zapalały się produkty palne dymu i powstawały lokalne wybuchy. Kilku robotnikom udało się uratować przez tamę T_1 , reszta ludzi w liczbie 38 pozostała w dymie poza tamą T_1 .

W dalszym ciągu akcję ratowniczą prowadzono w kierunku izolowania prądu odwróconego 5-11 (tama T_2) oraz rozbito tamę T_1 . Gdy po izolowaniu tego prądu, które trwało dłuższy czas, przystąpiono do wynoszenia ludzi, znaleziono już tylko martwych, a mianowicie 20 na chodniku 5-6 i 18 na pochylni 6-P.

W czasie wynoszenia martwych nastąpiło drugie odwrócenie się prądu, a mianowicie w pochylni 6-P i cofanie się dymów na znajdującą się tu drużynę ratowniczą. Powstała ogólna panika, która uniemożliwiła kierownictwu wykonanie zadania.

Następna akcja polegała na tamowaniu wszystkich prądów bocznych idąc od szybu wdechowego, a więc wzdłuż drogi 1-2-3-4-5-6. Po dojściu do pochylni 6-P stwierdzono, że cała pochylnia była w ogniu, że spaliła się tama na krótkim połączeniu tej pochylni z podszybiem, ogień przerzucił się do szybu, a następnie na nadszybie. W celu ostatecznego zlikwidowania pożaru zdecydowano puścić podsadzkę płynną do ognia.

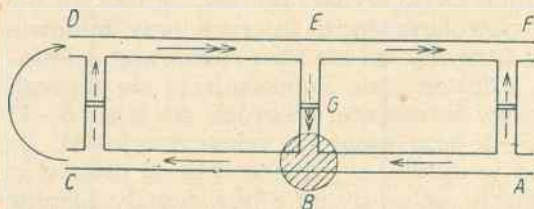
Jak z tego przykładu wynika, mały ogień, do którego się doszło i który można było zlikwidować w walce otwartej, pociągnął za sobą bardzo dużą katastrofę. W różnym czasie nastąpiły tu dwa odwrócenia prądów, a mianowicie prądu bocznego 5-11 oraz prądu w elemencie wewnętrznym 6-P-11.

f. Odwracanie się prądów wskutek innych przyczyn

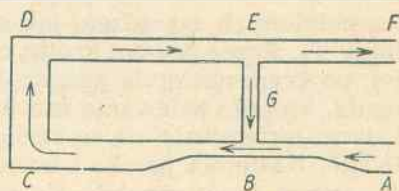
W większości przypadków przy rozważaniach nad ruchem powietrza w kopalni operuje się tylko wielkością depresji statystycznej bez uwzględnienia wpływu zmiany prędkości w przewodzie. Wpływ ten bywa jednak

czasami duży, czego dowodem może być wykorzystanie zniżki ciśnienia w miejscu lokalnego zważenia przekroju przepływu dla przewietrzania ślepych wyrobisk za pomocą lutni. Zniżka ciśnienia wywołana zwiększeniem prędkości powietrza może niekiedy spowodować odwrócenie prądu i zadymienie wyrobisk w czasie pożaru, bez udziału dodatkowego źródła depresji. Ciekawy tego rodzaju przypadek, który zdarzył się w jednej z kopalń w r. 1946, opisał S. Barczyk. Do dwóch oddziałów wydobywczych płynęło powietrze chodnikiem przewozowym ABC (rys. 70) i wracało równoległym chodnikiem wentylacyjnym DEF. Między tymi chodnikami było szereg otamowanych przecinek. Długość chodników wynosiła około 2,5 km, przy czym przez tamy uciekały znaczne ilości powietrza z chodnika przewozowego do wentylacyjnego wynoszące sumarycznie około 70%.

Na skrzyżowaniu B chodnika z przecinką G nastąpił w nocy zawal, przy czym zawiadomiono, że z zawalu wydobywa się słaby dym i że podaża on w kierunku oddziałów. Ze względu na ważność drogi przystąpiono natychmiast do przebrania zawalu, przy czym stwierdzono, że w zawale nie ma ognia, a dym przesącza się przez nieszczelności tamy G. W tym czasie do



Rys. 70. Przykład odwrócenia prądu w przecince BE wskutek powstania zawalu w punkcie B



Rys. 71. Odwrócenie prądu w bocznicy normalnej BGE wskutek różnicy prędkości powietrza w punktach B i E

chodnika wentylacyjnego odprowadzone były lutnie z tamy wylotowej pewnego pola pożarowego zamkniętego tamami wlotowymi. Ilość odprowadzanych dymów była bardzo mała i ze względu na poziomą drogę nie wytwarzały one dodatkowej depresji cieplnej. W miarę usuwania zawalu na skrzyżowaniu B wyciskanie dymów przez tamę G zanikało.

Zjawisko to tłumaczy S. Barczyk tym, że w miejscu zawalu powstała duża prędkość powietrza z powodu zmniejszenia przekroju, co schematycznie przedstawiono na rys. 71. Ta zwiększona prędkość wywołała lokalny spadek ciśnienia w punkcie B i odwrócenie prądu w przecince G. W miarę przebiegania zawalu powiększał się przekrój w B, malała prędkość powietrza i wreszcie ustało wyciąganie dymów do chodnika transportowego.

4. Inne przyczyny zadymienia kopalni

Poza opisanymi przyczynami mogą wystąpić również inne powodujące zadymienie kopalni, jak cofanie się dymów i prądy wsteczne.

a. Cofanie się dymów

W czasie pożaru odbywa się proces palenia węgla lub drewna, odgazowanie sąsiadujących z ogniem partii pokładu węglowego oraz duże podniesienie temperatury gazów. Wszystko to przyczynia się do bardzo dużego

zwiększenia objętości gazów płynących od miejsca pożaru w stosunku do objętości dopływającego do ognia powietrza. Wzrost objętości, jak to wykazał S. Barczyk, może przekraczać 74%.

Nawet po odcięciu za pomocą tamy dopływu powietrza do ognia może on być w dalszym ciągu przez dłuższy czas podsycany bądź to przez powietrze zawarte w starych zrobach, bądź też przez powietrze zasysane do ogniska z różnych wyrobisk tego samego lub innych pokładów szczelinami w skałach.

Jeżeli pożar powstanie w polu, z którego utrudniony jest odpływ gazów wskutek np. obecności tamy regulacyjnej t (rys. 72 a), to w niektórych przypadkach obserwuje się odwrócenie nawet wznoszącego się prądu OP prowadzącego do ognia i zadymienie kopalni, przy czym w początkowym okresie może występować zjawisko prądów wstecznych na odcinku OP, kiedy dolną częścią przekroju wyrobiska powietrze płynie do ognia, górną zaś częścią płynie dym w kierunku przeciwnym. Tego rodzaju odwrócenie prądu w kierunku przeciwnym do działania nie tylko wentylatora, lecz i depresji pożarowej nazywa się cofaniem się dymów.

W celu wyprowadzenia warunku, przy którym następuje cofanie się dymów, można oprzeć się na założeniu (S. Barczyk, 1952), że zjawisko pożaru w ujęciu wentylacyjnym nie zmieni się, jeżeli zamiast palenia węgla zostanie doprowadzona odpowiednia ilość ciepła oraz pewna dodatkowa ilość gazów, którą można nazwać *wypływem bocznym*.

Rozważania następne ograniczają się do najprostszego przypadku, gdy w punkcie P przewodu OQ (rys. 72 b) występuje wypływ boczny q . Bocznica OQ została podzielona tu na części OP i PQ o oporach a i c . W częściach tych płyną odpowiednie ilości powietrza q_a i q_c ; w punkcie Q działa wentylator o depresji h .

Dla węzła P zatem

$$q + q_a = q_c$$

Jeżeli kierunek prądu a jest prosty jak na rysunku, równanie spadku naporu na drodze OQ jest

$$aq_a^2 + cq_c^2 = h$$

skąd

$$cq_c^2 < h$$

uwzględniając, że $q < q_c$, otrzymuje się warunek prostego kierunku prądu a :

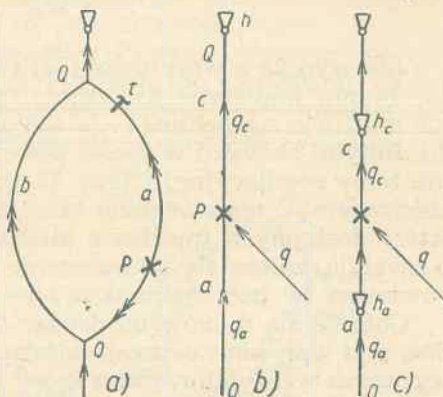
$$q^2 < \frac{h}{c} \quad (34)$$

Zatrzymanie prądu a ($q_a = 0$, $q_c = q$) następuje przy

$$q^2 = \frac{h}{c} \quad (35)$$

cofanie się dymów — przy warunku

$$q^2 > \frac{h}{c} \quad (36)$$



Rys. 72. Wpływ zwiększenia objętości gazów

Jeżeli bocznicę a i c są wznoszące się, wówczas z chwilą pojawienia się w nich dymów wystąpią tu dodatkowe depresje lokalne h_a i h_c (rys. 72 c). W takim przypadku warunkiem prostego kierunku prądu a (depresja h_b nie występuje) będzie

$$q^2 < \frac{h + h_c}{c} \quad (37)$$

Warunek zatrzymania prądu a

$$q^2 = \frac{h + h_c}{c} \quad (38)$$

Cofanie się dymów nastąpi przy warunku

$$q^2 > \frac{h + h_a + h_c}{c} \quad (39)$$

Jak wynika z warunków (34) i (37), w celu niedopuszczenia do cofania się dymów konieczne jest zmniejszenie oporu bocznic c , a więc stworzenie możliwie swobodnego i łatwego odpływu dymów do szybu wydechowego. Innymi słowami w czasie pożaru zachodzić może konieczność otworzenia tamy regulacyjnej t^* (rys. 72 a), jeżeli znajduje się ona w prądzie wychodzącym. Z tego względu tamy regulacyjne należy stawiać w miejscach łatwo dostępnych (możliwie blisko punktu Q), a jeżeli warunki ruchowe pozwalają, zaleca się umieszczenie tam regulacyjnych w prądzie świeżego powietrza (w pobliżu punktu O).

Cofanie się dymów na drodze OP , podobnie jak i odwracanie się prądów pod wpływem depresji pożaru, jest tym łatwiejsze, im niższą depresję wytwarza wentylator, przez który odpływają dymy. Poza tym można udowodnić, że dla zmniejszenia niebezpieczeństwa cofania się dymów wskazane jest zwiększenie oporu bocznic b (rys. 72 a).

Cofanie się dymów jest zjawiskiem znacznie rzadszym w czasie pożarów podziemnych, aniżeli zjawisko odwracania się prądów pod wpływem depresji pożarowej, niemniej jednak należy się z nim poważnie liczyć, zwłaszcza że przebieg obu tych zjawisk może być zupełnie odmienny, a skutek tego załoga nastawiona na ewentualność odwrócenia prądów może okazać się zaskoczona w razie cofania się dymów. Tak np. w przypadku pożaru w prądzie wznoszącym się (rys. 72 a) odwrócić się może prąd b , gdy tymczasem przy cofaniu się dymów odwraca się dolna część prądu a , dym zaś kieruje się do bocznic b przy zachowaniu pierwotnego prostego kierunku w bocznicę b .

W przypadku pożaru w prądzie schodzącym zjawiska odwracania prądów i cofania się dymów mają taki sam przebieg.

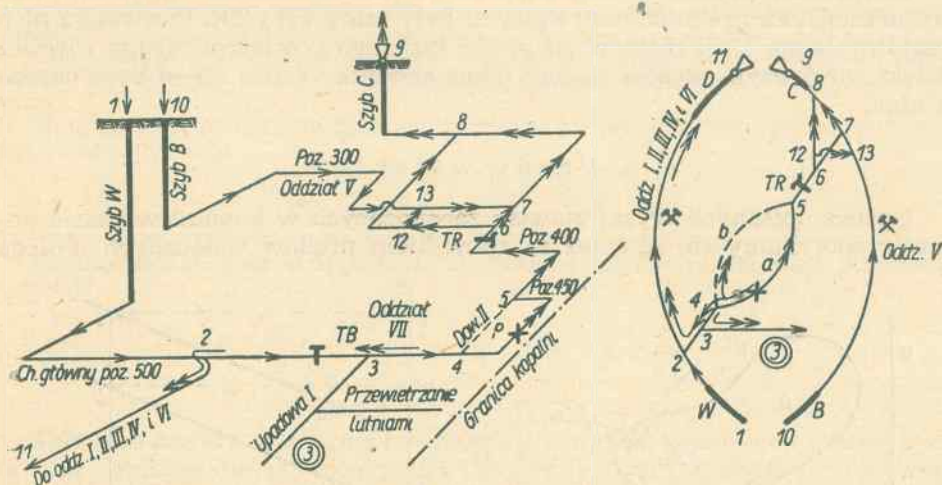
Przykład. W dniu 29. XI. 1950 o godz. 4.20 pojawiły się nagle dymy w chodniku głównym na poziomie 500 m (rys. 73), którym płynęło świeże powietrze do oddziału VII. Dymy te cofnęły się chodnikiem głównym do punktu 2 i skierowały się do oddziałów wydobywczych I, II, III, IV i VI powodując ich zadymienie.

Jak się okazało, dym z oddziału VII wychodził zarówno od strony wylotu, jak i wlotu tego prądu. Ponieważ oddział ten był przewietrzany wznoszącym się prądem powietrznym, a innych dróg doprowadzających powietrze do tego oddziału nie było, przeto odwrócenia się prądu na odcinku 2—3—4 nie można wytłumaczyć działaniem depresji ognia, lecz cofaniem się dymów wskutek zwiększenia ilości gazów w miejscu pożaru, przy czym ogień mógł być podsycany bądź to przez powietrze znajdujące się w niestarannie podsadzonych starych zrobach, bądź też, co jest bardziej prawdopodobne, przez powietrze dopływające z sąsiedniej kopalni przez szczeliny w filarze granicznym.

Należy mieć tu na uwadze, że depresja wentylatora szybu C była bardzo niska (34 mm słupa wody), poza tym w bocznicy 5—6 istniała tama regulacyjna TR z małym otworem (25×30 cm), a wobec tego omawiana część kopalni znajdowała się pod depresją zaledwie kilku lub najwyżej kilkunastu mm słupa wody i nawet nieduża depresja sąsiedniej kopalni mogła wywołać ruch powietrza z kopalni K do kopalni sąsiedniej. Taki ruch powietrza z łatwością musiał się przyczynić do powstania ognisk pożarowych w filarze granicznym i posuwania się ich w kierunku *(granicznej kopalni K)*.

Rozwój tych ognisk trudno było kontrolować w kopalni K, gdyż gazy pożarowe płynęły w stronę kopalni sąsiedniej, niemniej jednak prowadzone w oddziale VII roboty wykazały, że oddział ten jest całkowicie zaogniony i to zarówno powyżej chodnika 500 m, jak i poniżej niego.

Posuwający się stale ogień w szczelinach w kierunku świeżego powietrza mógł pojawić się nagle w jednym z wyrobisk nie zauważony nawet na parę godzin wcześniej. Z chwilą gdy pożar rozwinął się, musiała powstać dostatecznie wysoka depresja cieplna, która zmieniła kierunek nie



Rys. 73. Cofnięcie się dymów i zadymienie kopalni K w r. 1950

kontrolowanych prądów. Prądy te od chwili pojawienia się otwartego ognia mogły do niego dopływać od strony kopalni sąsiedniej przez stare zroby oraz nie zlikwidowane i zawalone chodniki.

Dopływ powietrza do miejsca pożaru był nieduży. Dowodzi tego fakt, że zastępy ratownicze poruszały się w dymie bez poważniejszych trudności zarówno chodnikiem głównym 2—3—4 na poziomie 500 m, jak i drogami wentylacyjnymi poziomu 400 m, przy czym widzialność w obu przypadkach była możliwa. Nawet taki nieduży pożar mógł łatwo wywołać cofanie się dymów w chodniku głównym, zawdzięczając to istnieniu tamy regulacyjnej TR z bardzo małym okienkiem oraz okoliczności, że normalnie tą drogą płynęło zaledwie $70 \div 100 \text{ m}^3$ powietrza na minutę.

Kilku górnikom zatrudnionym w oddziale VII udało się uciec w dymach i wydostać się do świeżego powietrza w punkcie 2, idąc chodnikiem głównym w kierunku szybu W, pomimo że musieli oni *(przejsz)* w dymie około 1200 metrów. Natomiast trzech pracowników zatrudnionych poniżej chodnika głównego na upadowej I przewietrzanej lutniarni i znajdującej się dalej od świeżego powietrza uległo śmiertelnemu zatruciu (znaleziono

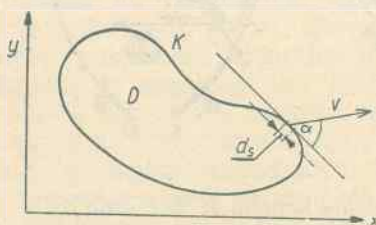
ich w chodniku głównym na kilka metrów przed punktem 3). Wypadki zażadzenia zanotowano również i w oddziałach, do których skierowały się dymy drogą 2—11.

Akcja przeciwpożarowa polegała na zamknięciu w pierwszym rzędzie tamy bezpieczeństwa *TB* w chodniku głównym poziom 500. Równocześnie z tym postanowiono otworzyć drzwi w tamie regulacyjnej *TR* w celu stworzenia wolnego odpływu dymów do szybu wentylacyjnego, a tym samym przywrócić pierwotny kierunek powietrza w chodniku głównym. Pomimo dwukrotnych usiłowań ratownikom nie udało się dojść do tamy *TR* drogą 13—12—6 wskutek wysokiej temperatury gazów i znacznej odległości tej tamy od prądu świeżego powietrza (punkt 13). Dopiero w piątym dniu pożaru, po uprzednim odwróceniu prądu powietrza w chodniku wodnym 12—6, zamknięto tamę *TR*. W czasie tej akcji straciło życie trzech ratowników, a trzech innych uległo zatruciu wskutek wadliwego działania pochłaniaczy. Tak więc pożar opanowano przez jego izolowanie.

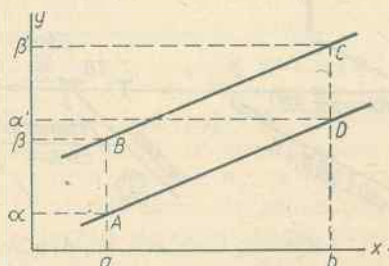
Podkreślić tu należy umieszczenie w niewłaściwych miejscach tam bezpieczeństwa i regulacyjnej którymi były tamy *TB* i *TR*. Pierwsza z nich znajdowała się 1200 metrów od prądu świeżego powietrza, druga również daleko, przy czym dojście do niej przez chodnik wodny 12—6 było bardzo trudne.

b. Prądy wsteczne

Oprócz opisanych wyżej zjawisk zachodzących w kopalni w czasie pożarów spotykamy się również ze zjawiskiem prądów wstecznych. Polega



Rys. 74. Pojęcie cyrkulacji



Rys. 75. Odcinek przewodu, w którym może nastąpić zjawisko prądów wstecznych

ono na tym, że przekrojem wyrobiska odbywa się równocześnie przepływ w dwóch przeciwnych kierunkach. Zjawisko to jest związane z termicznymi warunkami panującymi w wyrobisku.

Zjawiska prądów wstecznych w kopalniach wyjaśnił (1952) J. Litwini-szyn, w oparciu o twierdzenie Thomsona i V. Bierknesa dotyczące hydrodynamicznej cyrkulacji.

Wyobraźmy sobie zamkniętą krzywą *K* w przepływie płaskim (rys. 74). Wzdłuż tej krzywej tworzymy całkę krzywodrożną

$$\Gamma = \int_K v ds \cos \alpha$$

gdzie

v — długość wektora prędkości,

ds — długość skierowanego elementu krzywej,

α — kąt zawarty między nimi.

Wartość tej całki nazywamy cyrkulacją.

Jako miarę tendencji w powstawaniu prądów wstecznych J. Litwiniszyn przyjął wartość $d\Gamma/dt$, gdzie t oznacza czas. Określona wielkość jest więc prędkością zmiany cyrkulacji. Jeżeli w obszarze, w którym znajduje się gaz w równowadze, wystąpi taka tendencja, rozpocznie się ruch i wystąpi cyrkulacja wzdłuż zamkniętych krzywych K .

Przyjmując prostokątny układ współrzędnych (x, y) , jak również przyjmując w przybliżeniu, że w rozważanych warunkach powierzchnie równego ciśnienia są poziomymi płaszczyznami, otrzymuje się z warunku równowagi dynamicznej następujący związek

$$\frac{d\Gamma}{dt} = - Rg \int_D \int \frac{\partial T}{\partial x} \frac{\partial \ln p}{\partial y} dx dy$$

gdzie

T — temperatura bezwzględna,

p — ciśnienie,

R — stała gazowa,

g — przyspieszenie ziemskie.

Całka jest rozpostarta na obszarze D ograniczonym zamkniętą krzywą K .

Tak więc z rozkładu temperatury oraz ciśnienia w danym obszarze można wnioskować o istnieniu tendencji do powstawania prądów wstecznych w tym obszarze.

Dla obszarów, w których przepływ odbywa się bardzo powoli, warunek równowagi dynamicznej można w przybliżeniu zastąpić warunkiem równowagi statycznej.

W przypadku powyższym można korzystając z równania stanu nadać następującą postać równaniu

$$\frac{d\Gamma}{dt} = g \int_D \int \frac{\partial \ln T}{\partial x} dx dy$$

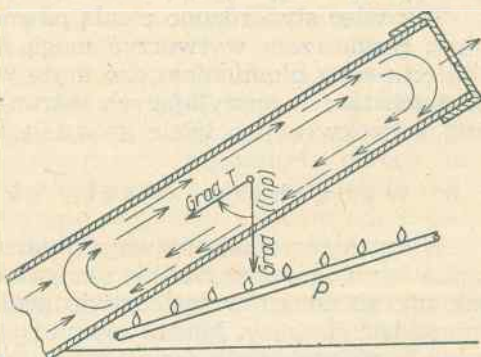
Stosując ostatni wzór otrzymuje się dla obszaru $ABCD$ (rys. 75) miarę tendencji w postaci

$$\frac{d\Gamma}{dt} = \int_{\alpha'}^{\beta'} \ln T(b, y) dy - \int_{\alpha}^{\beta} \ln T(a, y) dy$$

Zjawisko prądów wstecznych występuje często w kopalniach i może być również realizowane w warunkach laboratoryjnych. Zjawisko to można obserwować w pochylonej szklanej rurze (rys 76), w której za pomocą podgrzewających palników P da się wywołać odpowiedni rozkład temperatur.

Kierunek prądów wstecznych określa reguła śruby prawoskrętnej, przeprowadzającej najmniej- szym obrotem kierunek wektora $\text{grad}(\ln p)$ w kierunek wektora $\text{grad} T$, gdzie $\text{grad} \ln p$ oznacza gradient logarytmu naturalnego z ciśnienia p , $\text{grad} T$ — gradient temperatury. Tak więc w przypadku przedstawionym na rys. 76 kierunek ten jest zgodny z kierunkiem wskazówek zegara.

Metoda ta umożliwia wykrycie tendencji do powstawania prądów wstecznych. Brak nam jeszcze ustalenia warunków, przy których prądy wsteczne rzeczywiście wystąpią.



Rys. 76. Laboratoryjne odtworzenie zjawiska prądów wstecznych

5. Wybuchy w czasie pożarów

a. Wybuchy wskutek używania lamp z otwartym płomieniem

Jak już wyjaśniono w rozdziale I. 6, stosunkowo często przyczyną wybuchów gazów pożarowych w kopalniach było zapalenie ich płomieniem otwartych lamp.

1. 21. I. 1884 w jednej z niegazowych kopalń środkowej Francji zostało oparzonych 4 robotników zajętych aktywną walką z pożarem. Gaz zebrany w dzwonie został zapalony przez jednego z robotników, który oglądał boczne ściany dzwonu z otwartą lampą.

2. 25. V. 1889 również w niegazowej kopalni tegoż zagłębia jeden z inżynierów sprawdzał stan tamy ogniowej. Lampa benzynowa z płomieniem zabezpieczonym nie wykazała nic nienormalnego, wówczas kontrolę kontynuowano lampą otwartą; nastąpił wybuch, który zburzył tamę i śmiertelnie poranił inżyniera.

3. 1. IV. 1897 w podobnych okolicznościach nastąpił wybuch w jednej z kopalń górno-śląskich: w czasie rozbierania tamy z otwartymi lampami w rękach zostało zabitych 5 robotników i inżynier.

4. 25. VII. 1899 w jednej z kopalń górno-śląskich wskutek wybuchu zostało mniej lub więcej poranionych 11 robotników: oto poza tamą nastąpił zawał, który zburzył tamę, a znajdujące się poza nią gazy zapaliły się wskutek zetknięcia się z otwartą lampą.

5. W roku 1923 w czasie pożaru w kopalni Reden w Dąbrowie Górniczej (rys. 69), który pociągnął za sobą 38 ofiar w ludziach stwierdzono, że dym zapalał się w zetknięciu z płomieniem otwartych lamp powodując lokalne wybuchy.

6. 14. II. 1932 nastąpił wybuch gazów pożarowych w kopalni Giesche, w czasie którego jeden z 16 zatrudnionych robotników zmarł, sztygar został ciężko oparzony, 8 robotników doznało lekkich oparzeń. Wybuch nastąpił wskutek zapalenia papierosa w sąsiedztwie tamy drewnianej postawionej w celu odgradzenia się od dymów, które płynęły w niedużej ilości z odległego pożaru. Ogniskiem wybuchu była przestrzeń poza tą tamą.

Tak więc stwierdzono z całą pewnością, że gazy pożarowe w mieszaninie z powietrzem wytworzyć mogą mieszaninę wybuchową, która w zetknięciu się z płomieniem dać może wybuch nawet w kopalni niegazowej. Wybuch taki w sprzyjających warunkach pociągnąć może za sobą w dalszej konsekwencji o wiele groźniejszy wybuch pyłu węglowego.

b. Wybuchy w czasie aktywnej walki z ogniem

Wybuchy w czasie rozwoju pożaru, jak i w czasie aktywnego gaszenia ognia są na ogół dość rzadkie i mogą nastąpić w przypadkach wyjątkowych, jak np. obecności w sąsiedztwie pożaru dzwonów w stropie, gdzie mogą gromadzić się gazy. Można również przypuścić możliwość wybuchu, kiedy istnieją równocześnie dwa ogniska pożarowe, przy czym produkty palne wytworzone w jednym z nich po zmieszaniu się z dopływającym boczną drogą powietrzem zostaną zapalone przez drugie ognisko.

1. 30. IV. 1902 w jednej z słabo gazowych kopalń węgla brunatnego w Czechach zginęło w czasie wybuchu 30 ludzi, dwóch zaś zostało ciężko poranionych w następujących warunkach: W ociosie jednego z chodników wentylacyjnych już od dłuższego czasu obserwowano ognisko pożarowe,

którego rozwój starano się powstrzymać przez omurowanie chodnika. Wytworzyły się jednak puste przestrzenie między obudową murową a calizną, wskutek czego pożar uparcie trwał nadal. Zdecydowano przystąpić do oczyszczenia tych pustek i podsadzenia ich popiołem. Robotnicy zaopatrzeni byli w lampy z płomieniem zabezpieczonym, nie przedsięwzięto jednak żadnych środków w celu przewietrzania pustek. Gazy palne zebrane w nich wreszcie zapaliły się przy zetknięciu z rozżarzonym węglem, powodując wybuch.

2. W roku 1891 w jednej z niegazowych kopalń Aveyronu w czasie aktywnej walki z pożarem w caliznie nastąpiły w ciągu doby 23 zapalenia lub mniejsze wybuchy gazu, który zbierał się w niedużym dzwonie w chodniku i zapalał się od płomienia pożaru. Wybuchy ustały z chwilą doprowadzenia lutni dla przewietrzania dzwonu.

c. Wybuchy w czasie stawiania tam izolacyjnych

Stosunkowo najczęściej zdarzają się wybuchy w czasie stawiania pierwszych tam przy izolowaniu pola pożarowego, co można wytłumaczyć tym, że w pewnych warunkach poza tymi tamami następuje odwrócenie prądów i skierowanie dymów z powrotem do ognia, gdy równocześnie przez nieukończoną jeszcze tamę płynie powietrze i miesza się z gazami.

W szeregu artykułów znaleźć można przeważnie krótkie opisy wybuchów, które dowodzą, że w czasie izolowania pożaru podziemnego wybuchy możliwe są niezależnie od tego, czy kopalnia jest gazowa, czy też niegazowa, jak również niezależnie od kolejności stawiania tam.

1. H. Fayol ¹⁾ wspomina o trzech wybuchach, w kopalniach Commen-try: jeden w r. 1843 (4 zabitych), drugi w r. 1853 (3 zabitych) i trzeci w r. 1875 (4 zabitych). Wybuchy nastąpiły w czasie stawiania tam w prądzie wychodzącym.

A. Aron ²⁾ podaje szereg opisów wybuchów, a między innymi:

2. 8. I. 1866 w oddziale gazowym jednej z kopalń środkowej Francji 10 ludzi było zajętych izolowaniem pola pożarowego; jeszcze przed ukończeniem tamy nastąpił wybuch, w czasie którego odniosło cięższe obrażenia 5 ludzi.

3. 4. II. 1895 powstał wybuch na jednej z gazowych kopalń środkowej Francji, w czasie którego zginęło 28 ludzi, zaś 6 zostało poranionych. Wybuch nastąpił w chwili, gdy z dwóch dróg doprowadzających powietrze do ognia jedna już została otamowana, a w drugiej tama była na ukończeniu.

4. 21. VII. 1900 w jednej z gazowych kopalń węgla brunatnego w Czechach nastąpił wybuch po równoczesnym prawie zamknięciu dwóch tam wlotowej i wylotowej. Zostało zabitych 2 ludzi, zaś 2 odniosło ciężkie rany.

5. 13. XI. 1900 wybuch, który nastąpił w jednej z gazowych kopalń w Czechach spowodował śmierć 18 ludzi. Pożar powstał w zabierce; wykonano zgodnie z obowiązującymi tam przepisami równocześnie dwie tamy — w prądzie wchodzącym i wychodzącym. Były one już prawie na ukończeniu, gdy nastąpił wybuch, który zburzył tamy, poparzył ciężko 2 i lżej 10 robotników. Zdecydowano wówczas postawić równocześnie dwie nowe tamy, obejmując nimi większą przestrzeń. W około dwie godziny po pierwszym wybuchu nastąpił nowy, znacznie silniejszy od pierwszego. Razem zginęło 18 ludzi, a w tej liczbie kierownik i dwóch inżynierów.

¹⁾ Bulletin de l'Industrie Minérale, 1879.

²⁾ Annales des Mines, 1908.

Przytoczone opisy wybuchów nie są niestety dostatecznie ilustrowane planami, z których można byłoby z całą pewnością wywnioskować, że odwrócenie prądów grało tu decydującą rolę. Niemniej jednak uderzyć musi moment, w jakim następował wybuch. Wybuchy następowały „w czasie stawiania tam“, „jeszcze przed ukończeniem tamy“, „tama była na ukończeniu“ itd., co właśnie wskazywałoby na odwrócenie prądów poza tamą.

Im większy jest otamowany obszar, tym większa ilość prądów poza tamą może się odwrócić i tym większe jest prawdopodobieństwo wybuchów. Potwierdza to przytoczony wyżej wypadek, kiedy po pierwszym wybuchu zdecydowano się objąć tamami większą przestrzeń, co znowu pociągnęło za sobą nowy, znacznie silniejszy wybuch.

Obecność metanu w kopalniach gazowych może w czasie pożarów znacznie pogorszyć sytuację. Fr. Schmidt, kierownik stacji ratowniczej Witkowskich Kopalń (Morawska Ostrawa) w swym referacie na kongres ratownictwa w Amsterdamie w r. 1926 mówi, że w kopalniach okręgu Ostrawsko-Karwińskiego, w których ilość wydzielającego się metanu wynosi $100 \div 200$ objętości wydobytego węgla ($84 \div 168 \text{ m}^3/\text{t}$), izolowanie pola pożarowego w żadnym przypadku nie może być przeprowadzone tak prędko, ażeby można było powstrzymać wytworzenie się mieszaniny wybuchowej i dlatego wybuch musi tu nastąpić jeszcze przed ukończeniem zamknięcia pola.

d. Wybuchy w czasie zmiany ruchu wentylatora

Jak wynika z wyżej wyprowadzonych warunków (20), (24), (28) i (29), dla zachowania prostego kierunku prądów i nie dopuszczenia do ich odwrócenia depresja h_z zewnętrznej części systemu, w skład której wchodzi przede wszystkim wentylator przewietrzający pola zaognione, powinna być możliwie duża. Wobec tego zwiększenie liczby obrotów wentylatora będzie, jeżeli chodzi o niedopuszczenie do odwrócenia się prądów, zjawiskiem pożądanym. Z drugiej jednak strony grozić tu będzie niebezpieczeństwo rozdmuchania ognia oraz wzmożone wydzielanie się metanu ze starych wyrobisk (przy wentylacji ssącej) w kopalniach gazowych, co w niektórych przypadkach może zwiększyć niebezpieczeństwo wybuchów. Przykładem tego rodzaju niebezpieczeństwa może być katastrofa w Karwinie w r. 1894 w szybach Franciszka kopalni hr. Larischa, która pociągnęła za sobą 235 ofiar. Po wybuchu, w celu oczyszczenia kopalni od gazów przyspieszono bieg wentylatora. Wskutek zwiększonego przepływu powietrza ogień, jaki powstał w czasie pierwszego wybuchu, rozszerzył się i nastąpił drugi wybuch, który pochłonął większość drużyny ratowniczej.

Głównym niebezpieczeństwem przypisywanym zwiększeniu liczby obrotów wentylatora w kopalni niegazowej jest możliwość rozdmuchania ognia. Niebezpieczeństwa tego zawsze można uniknąć, jeżeli tylko w pobliżu ognia zbuduje się tamę zmniejszającą dopływ powietrza.

Zmniejszenie depresji wentylatora lub jego zatrzymanie ułatwia odwrócenie prądów, a ponowne skierowanie się do ognia dymów zmieszanych ze świeżym powietrzem może być bezpośrednim powodem wybuchu. W wielu kopalniach węgla przekonano się z całą pewnością, że po zatrzymaniu wentylatora w czasie pożaru bardzo często natychmiast następuje wybuch. Z tego powodu wydarzyła się między innymi katastrofa w gwalectwie Radbod w Hamm (Zagłębie Ruhry), w czasie której zginęło 335 osób.

Zatrzymanie więc wentylatora przewietrzającego pole pożarowe jest czynnością bardzo ryzykowną i nie powinno być stosowane. Wniosek ten nie odnosi się naturalnie do przypadków pożaru w szybie wdechowym lub w głównych drogach powietrza świeżego, kiedy dymy kierują się do miejsc pracy w kopalni.

Jakkolwiek zwiększenie ilości obrotów wentylatora przy jednoczesnym dławieniu prądu przed ogniskiem jest czynnością pożądaną w kopalniach niegazowych, to jednak ważniejsza jest pewność jego ruchu. Dlatego też ze względów czysto mechanicznych należy być ostrożnym w decyzji zwiększania obrotów wentylatora.

e. Wybuchy po postawieniu tam izolacyjnych

Jakkolwiek większość wybuchów zdarza się w trakcie prowadzenia akcji przeciwpożarowej, a zwłaszcza w czasie stawiania tam, to jednak znane są również wybuchy i po upływie pewnego czasu od chwili całkowitego izolowania pola pożarowego.

1. 1. X. 1879 w jednej z niegazowych kopalń środkowej Francji 6 ludzi zostało oparzonych w czasie wybuchu, jaki nastąpił po wykończeniu tam tymczasowych, zarówno od strony wejścia powietrza, jak i wyjścia dymów, w chwili stawiania ostatecznych tam ogniowych. Wybuch zburzył tamy tymczasowe.

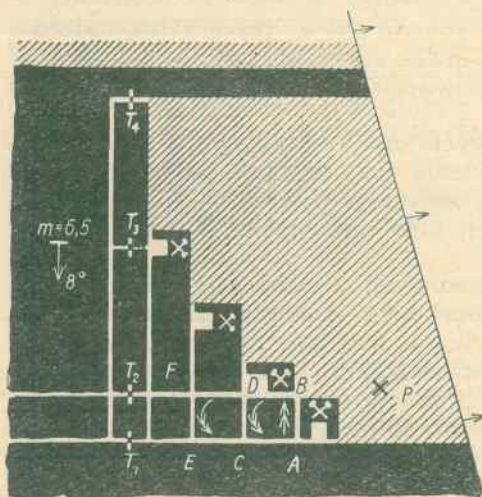
2. 19. IX. 1900 w jednej z niegazowych kopalń węgla brunatnego w Czechach (Frischglueckezeche koło Duchcova) nastąpił wybuch, w czasie którego 55 robotników zostało zabitych, zaś 5 ciężko rannych. Katastrofa ta nastąpiła przy zwalczaniu ognia w szczelinie poza omurowaniem na przecięciu się dwóch chodników. Gdy próby wybrania żarzącego się węgla nie udały się, otamowano zaognioną część ze wszystkich stron deskowymi tamami prowizorycznymi, przy czym w czasie stawiania tam przedsięwzięte zostały środki ostrożności i usunięto załogę z sąsiednich przodków wybierkowych na podszybie szybu wdechowego. Po niedługim czasie, gdy stawiano tamy ostateczne, jeden z dozorców sądząc, że nie zachodzi już niebezpieczeństwo wybuchu, zarządził powrót ludzi do przodków. W tym czasie nastąpił wybuch, który zburzył tamy tymczasowe, wszyscy robotnicy zajęci przy tamach razem z kierownikiem robót zostali zabici na miejscu, inni zaś uduszeni w dymie w czasie, gdy opuszczali podszybie, aby udać się do przodków.

3. J. Urban opisuje wypadek, jaki zdarzył się w r. 1937 w kopalni Lech w Nowej Wsi (rys. 77). W polu wybieranym systemem śląskim powstał pożar w starych zrobach. Pole zostało otamowane tamami kłocowymi, które wzmocniono balami, ryglami i podporami. Po upływie 1½ godziny od ukończenia tam nastąpił bardzo silny wybuch za tamami. Jakkolwiek tamy pozostały całe, to jednak podmuch wyrzucił zaprawę wapienną i kliny spomiędzy kłoców.

Nie może ulegać wątpliwości, że w każdym przypadku, gdy w izolowanej przestrzeni znajduje się dostateczna ilość tlenu, palne produkty pożarowe oraz ogień, a ewentualnie jeszcze wydzielający się z węgla metan, wybuch może nastąpić. Chodzi jedynie o wytworzenie się mieszaniny powietrza z gazami palnymi i zetknięcie się tej mieszaniny z ogniem. Jednym z takich sposobów zmieszania się dymów z powietrzem i skierowania się ich do ognia jest odwrócenie się prądów poza tamami. Następuje to zwykle w czasie stawiania tam lub bezpośrednio po ich zamknięciu. Niemniej jednak możliwe jest znaczne opóźnienie wybuchu.

Tak np. w opisanym wypadku, jaki zdarzył się w kopalni Lech, sytuacja przedstawiała się, jak następuje. Pole (rys. 77) otoczone było filarem oporowym, w którym znajdowały się cztery tamy kłocowe. Tama górna T_4 była już zamknięta, tamy zaś T_1 , T_2 i T_3 miały pozostawione przełoty dla powietrza lub dla wozów, lecz były gotowe do zamknięcia.

Przebieg zjawiska po zamknięciu tam można tak wytłumaczyć: przy małym dopływie powietrza do ognia musiał on rozszerzać się wzdłuż chodnika w kierunku od P do A . Z chwilą gdy ogień doszedł do punktu A , dym z niego płynął przecinką AB i musiał wywołać odwrócenie prądu CD , a następnie i EF . Dym ten już zmieszany z powietrzem skierował się z powrotem do ognia w punkcie A , gdzie mieszanina ta uległa zapaleniu i nastąpił wybuch. Nie jest wykluczone, że w wybuchu mógł brać również udział i metan nagromadzony w zawalisku górnej części pola, niemniej jednak ogniskiem wybuchu musiał być chodnik dolny EA , czego dowodzi stan tam po wybuchu. Mianowicie największe skutki wybuchu stwierdzono przy tamie dolnej T_1 , mniejsze przy tamie T_2 i najmniejsze przy tamie T_3 ; tama T_4 była w ogóle nie naruszona. Zaczne opóźnienie wybuchu w stosunku do czasu stawiania tam może tu być wytłumaczone zarówno koniecznością, by pożar z punktu P przesunął się do A , jak również małą depresją pożaru ze względu na nieduże nachylenie pokładu wynoszące tu 8° .



Rys. 77. Szkic miejsca wybuchu w kopalni Lech w r. 1937

liwość wybuchu. Wskazane wobec tego jest czas ten przeczekać usuwając ludzi w bezpieczne miejsce i dopiero później powrócić do ostatecznego izolowania ognia. Niemniej jednak nawet po upływie dłuższego czasu od chwili otamowania pola niebezpieczeństwo wybuchu nadal istnieje. Wybuchy w tym okresie wymagają jednak szczególnie sprzyjających warunków i związane są głównie z niemożliwością uzyskania zupełnie szczelnej izolacji pola.

Ciekawy tego rodzaju wypadek zdarzył się w dniu 6. XII. 1891¹⁾ w Zagłębiu Loary. Kopalnia gazowa przewietrzana była za pomocą wentylatora tłoczącego, przy czym dolny poziom kopalni, prawie zupełnie wyeksploatowany, przewietrzany był prądem schodzącym. W części tej w latach 1886-1888 były pożary, które izolowano, to jednak w ciągu tych kilku lat pożar w otamowanej przestrzeni trwał nadal, a tamy ogniowe nie były zupełnie ochłodzone i wymagały stałego nadzoru. W niedzielę 6. XII. 1891 dwóch robotników pracowało w rzapiu szybu wdechowego, na którym znajdował się wentylator tłoczący; chłodny prąd powietrza utrudniał im pracę i dlatego na ich prośbę zatrzymano wentylator. Zatrzymanie trwało

1) Annales des Mines, 1893.

od godz 6.30 rano do 23.45 w nocy. Nie upłynęło 20 minut od chwili uruchomienia wentylatora, gdy nastąpił wybuch, w czasie którego zginęło 62 robotników, dziesięciu zaś zostało poranionych.

Przyczyna wybuchu była następująca: po zatrzymaniu wentylatora tłoczącego i zamknięciu klap w szybie nastąpiła zniżka ciśnienia w kopalni, co musiało sprzyjać wydzielaniu się gazów palnych z otamowanego pola pożarowego, poza tym prąd w tym polu musiał przyjąć kierunek wznoszący się. Po ponownym uruchomieniu wentylatora prąd zmienił swój kierunek na pierwotny a powstała mieszanina wybuchowa zapaliła się w sąsiedztwie tam ogniowych. Przykład ten jest dowodem, że nigdy nie należy liczyć na nieprzepuszczalność tam ogniowych, chociażby nawet ich wykonanie i utrzymanie było bez zarzutu.

f. Przykłady zapalenia i wybuchu gazów pożarowych

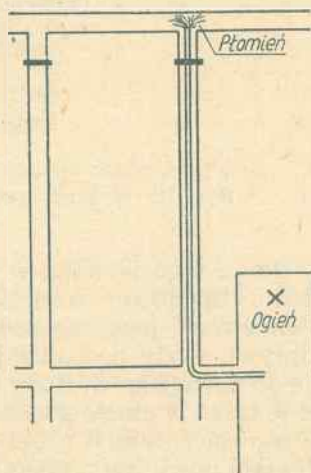
Przykład 1. J. Urban w jednym ze swych artykułów podaje opis przeprowadzonego przez siebie doświadczenia zapalenia gazów pożarowych po otamowaniu dużego pożaru w kopalni Mortimer. Z jednej z tam wystawał koniec rurociągu podsadzkowego średnicy 125 mm, mającego połączenie z zaognioną zabierką znajdującą się w odległości około 200 m za tamą (rys. 78). Autor wyjął korek drewniany zamykający tę rurę i przytknął do otworu otwartą lampę. Na końcu rury zapłonął gaz i palił się spokojnie niebieskawym płomieniem długości 20 ÷ 30 cm. Płomień ten co chwila chował się wewnątrz rury.

Doświadczenie to jest najlepszym dowodem palności gazów pożarowych, niemniej jednak przeprowadzanie tego rodzaju doświadczeń jest niedopuszczalne, bardzo niebezpieczne i ryzykowne ze względu na możliwość wywołania wybuchu gazu lub zatrucia tlenkiem węgla ludzi znajdujących się w pobliżu, czego dowodem może być następny przykład.

Przykład 2 (1952). Pożar P (rys. 79) powstał w starych zrobach pokładu 510 wskutek samozapalenia i został otamowany tylko od strony wlotu powietrza.

Nad pokładem 510 w polu pochylni rynnowej prowadzono eksploatację pokładu 509 zalegającego kilka metrów wyżej. Ze względu na niedokładne podsadzenie wcześniej wybranego pokładu 510 powstały szczeliny w skałach, którymi mogły się przeciskać gazy pożarowe do wyrobisk pokładu 509, co byłoby nieuniknione w przypadku zamknięcia tamy wylotowej w pobliżu punktu 3, zwłaszcza że tamy wlotowe T znajdowały się w zgniecionym filarze węglowym i przez szczeliny istniał dopływ powietrza do ognia. Niezależnie od tego nad wyrobiskami pokładu 510 powstało zawalisko sięgające do chodnika transportowego w pokładzie 509. Przez zawalisko to odprowadzano wodę podsadzkową z pokładu 509 do chodnika wodnego. Było ono otamowane nieszczelnie, przy czym w tamie tej pozostawiono rurę dla odpływu wody.

Przy nieczym nie tamowanym odpływie gazów z pola pożarowego do szybu wentylacyjnego, pomimo nawet pożaru w prądzie schodzącym,

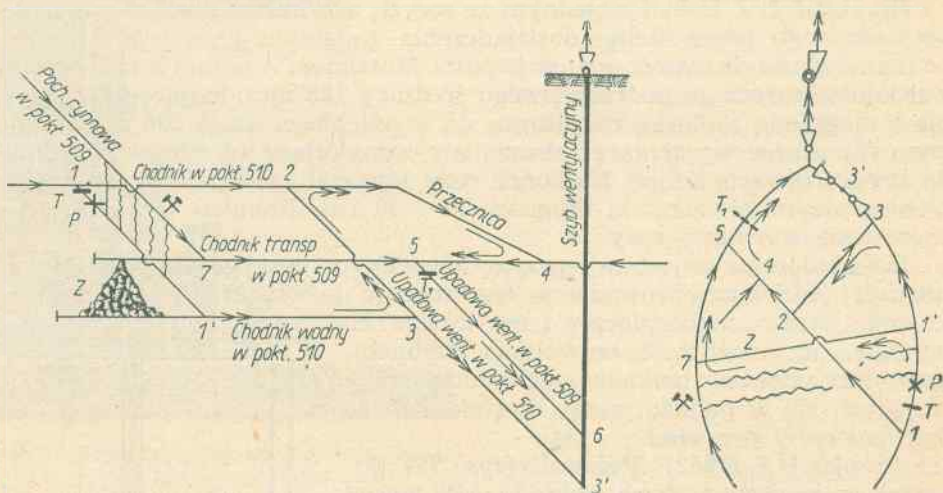


Rys. 78. Dowód palności gazów pożarowych

istniały raczej warunki, które sprawiały, że świeże powietrze miało tendencję płynąć szczelinami z pokładu 509 do pola pożarowego, a nie odwrotnie.

W dniu 27 lipca 1952 stwierdzono, że upadowa wentylacyjna 3—3' została zatopiona. Gazy pożarowe skierowały się wówczas drogą 3—2—4 przez przecznice i upadową wentylacyjną 5—6 w pokładzie 509 do szybu wentylacyjnego. Zarządzono wówczas postawienie tamy T_1 przy wejściu do tej upadowej, co było równoznaczne z otamowaniem pola pożarowego od strony wylotu gazów. Spowodowało to, że gazy zaczęły przenikać przez szczeliny oraz zawałisko do czynnych wyrobisk w pokładzie 509, zatrzymując powietrze w tym oddziale, co pociągnęło za sobą zaczadzenie 9 ludzi.

Postawiona tama T_1 została natychmiast rozbita i wydzielanie się gazów ze szczelin ustało, miały one natomiast tendencję płynąć przez zawalisko do chodnika transportowego.



Rys. 79. Wybuch gazów pożarowych w kopalni P w dniu 7. 8. 1952

Jak z tego wynika, w polu pochylni rynnowej wytworzyła się po zatopieniu upadowej wentylacyjnej bardzo niestała sytuacja, jeżeli chodzi o możliwość jego zagazowania i zaczadzenia załogi, zwłaszcza że rury dla odpływu wody podsadzkowej były połączone z rurą wpuszczoną przez tamę do zawaliska Z. Rury te były normalnie zamknięte zaślepką, a otwierano je tylko w czasie podsadzania lub przemontowywania ich przez rurkarzy. W okresach takich część gazu dostawała się przez rury do pochylni i zatrzymywała powietrze, czego dozór kopalni nie domyślał się aż do 3. VIII. 1952 i nie potrafił wythumaczyć ciągłych wahań stopnia zagazowania pola.

W dniu 3. VIII. 1952 zarządzono uszczelnienie tamy przy zawalisku, dokładnie zamknięto rury i zwrócono uwagę na niebezpieczeństwo ich otworzenia. W ten sposób zawartość gazu w powietrzu zmniejszyła się do tego stopnia, że ludzie mogli już pracować w polu bez narażenia na zarażenie.

Zanim zawał został dokładnie uszczelniony, zbierające się w nim gazy pożarowe mogły powoli odpływać do chodnika transportowego, a więc nie było powodu do gromadzenia się ich w zawałisku. Z chwilą izolowania

30 m drogi w chodniku objazdowym ukazał się w nim dym w prądzie świeżego powietrza. Uciekający, zakrywając sobie nos i usta czapkami, przebiegli w dymie 500 m i stwierdzili, że w trzech przecinkach *l*, *m* i *n* między chodnikiem objazdowym a linowym zostały wysadzone drzwi w tamach, przez które właśnie dostały się dymy z chodnika linowego. Idąc dalej już w prądzie świeżego powietrza spotkali kierownika, sztygara i obu robotników, którym właśnie udało się przed chwilą uciec z pola środkowego. Zdezorientowani co do miejsca, przyczyny i skutków wybuchu skierowali się chodnikiem wentylacyjnym pod szyb K. Mieli szczęście, że w czasie wybuchu nie został zniszczony most powietrzny M_2 nad głównym chodnikiem linowym, gdyż wówczas droga dla ucieczki byłaby całkowicie odcięta.

Skutki wybuchu nie ograniczyły się jednak do opisanych faktów; równocześnie zaczęły buchać płomienie z szybu wydobywczego S, przy czym słup ognia wznosił się na kilkanaście metrów ponad wieżę szybową wysokości 27 m, oświetlając całą okolicę. Tylko szczęśliwemu zbiegowi okoliczności należy zawdzięczać, że obeszło się bez wypadków z ludźmi. Kopalnia poniosła jednak bardzo duże straty.

Dochodzenia przeprowadzone po wypadku przez Okręgowy Urząd Górniczy nie potrafiły wyjaśnić jego przyczyn i przebiegu. Dopiero w półtora roku później O. Spitzerowi, który w tej kopalni zbierał materiały do pracy dyplomowej, udało się ustalić fakty, rzucające światło na całą tę sprawę.

Mianowicie około godz 18.00 — 18.30 dwóch młodych nadgórników dowiedziawszy się o pożarze skierowało się chodnikiem linowym z pola północnego do szybiku hamulczego, by zobaczyć, jak płyną dymy głównym chodnikiem linowym. Szybik ten służył do opuszczania wózków z wyższego poziomu chodnika linowego na niższy poziom (rys. 80, szczegół A). Jeden z nadgórników przechylił się z lampą karbidową z pomostu do głównego chodnika linowego, drugi został kilka kroków w tyle i ten zauważył, jak nad głową pierwszego zaczęły się unosić błękitne płomyki, po czym nastąpił wybuch. Nadgórnicy rzućni falą wybuchu, a częściowo wiedzeni podświadomością padli na spód chodnika, lampy zgasły, płomień zaś przeczucił się do głównego chodnika linowego i do dzwonu nad szybikiem, przy czym zapaliła się tu drewniana obudowa. Po kilkuminutowym przeżeniu nadgórnicy zerwali się do ucieczki i w obawie przed odpowiedzialnością nikomu nie powiedzieli o zaszłym fakcie.

Po tej pierwszej eksplozji nastąpił szereg dalszych. Produkty palnego dymu jako lżejsze od powietrza zbierały się w górnej części szybiku, gdzie był wykonany dzwon na tarczę hamulczą i gdzie przy pierwszym wybuchu powstał drugi pożar na drodze dymów. Produkty te co pewien czas zapalały się i dawały następne lokalne wybuchy.

Co się tyczy ostatniego dużego wybuchu, to należy przypuszczać, że był on połączony z wybuchem pyłu węglowego, zwłaszcza że kopalnia ta zaliczona była pod względem wybuchowości pyłu do klasy III. Główna siła wybuchu skierowana była ku podszybiu i szybowi S, w którym pożar objął drewniane prowadniki, drabiny itp.

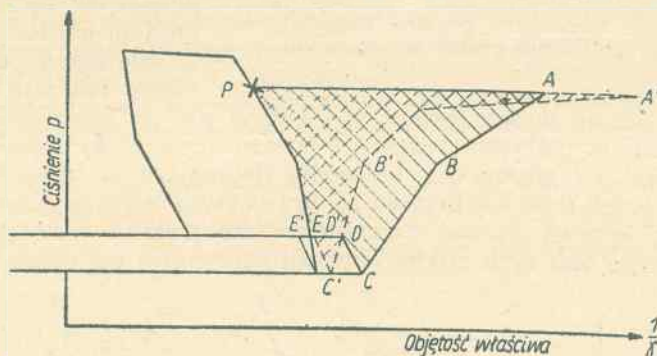
6. Wpływ pożaru na pracę wentylatora

Warunki pracy wentylatora przedstawia się zwykle za pomocą charakterystyki wykreślonej w układzie współrzędnych Q i h. W tymże układzie może być przedstawiona również charakterystyka całkowitej depresji pożaru.

Z rozdziału III-2-a wiadomo, że wielkość depresji pożaru zależy od temperatury gazów i ciśnienia panującego w kopalni, a więc od jej głębokości. Jeśli rozpatruje się przypadek pożaru w ściśle określonym miejscu danej kopalni, to wpływ zmian ciśnienia barometrycznego wywołanych pożarem jest znikomy, a wobec tego wielkość depresji pożaru zależy prawie wyłącznie od temperatury gazów.

Przy dużym dopływie powietrza do ognia wytwarza się większa ilość gazów a wobec tego prędkość ich na drogach odpływu jest duża, działanie zaś chłodzące ścian wyrobisk małe (rozdział III-2-d). Toteż jeszcze na znacznej odległości od miejsca pożaru temperatura ich, a więc i całkowita depresja pożaru, może być wysoka.

Przez zmniejszenie dopływu powietrza do ognia można wprowadzić przyczynić się do chwilowego podniesienia temperatury w miejscu pożaru, to już w niedalekiej jednak od niego odległości gaz zostanie praktycznie ochłodzony i całkowita depresja pożaru będzie mała. Wpływ



Rys. 81. Wielkość depresji pożaru przy różnym dopływie powietrza do ognia

ilości powietrza dopływającego do ognia na wielkość depresji pożaru pokazano na rys. 81. Przy dużym dopływie powietrza do ognia otrzymuje się większą depresję ($PABCDE$), niż przy małym ($PA'B'C'D'E'$).

System wentylacyjny kopalni jest zwykle bardzo rozgałęziony. Na różnych innych drogach między szybem wdechowym i wydechowym, poza drogą prowadzącą przez ogień, depresja pożarowa, jakkolwiek występuje, to jednak jest zwykle znacznie mniejsza. Z tego też względu wypadkowa depresja pożaru całości kopalni będzie zależała od rozdziału powietrza w systemie wentylacyjnym. Jeżeli pożar powstanie w prądzie wznoszącym się, to nawet przy jednej i tej samej ilości powietrza płynącego przez kopalnię jako całość wypadkowa depresja pożarowa będzie większa w przypadku tamowania prądów bocznych, mniejsza zaś w przypadku tamowania prądu głównego.

Im więcej tamowane są prądy boczne, tym mniej powietrza płynie przez całość kopalni, ale równocześnie tym więcej powietrza płynie do ognia i tym większa staje się wypadkowa depresja pożaru. Jeżeli na osi odciętych odmierzać się będzie ilość powietrza Q płynącego przez całą kopalnię, a na osi rzędnych wypadkową depresję pożaru h_p całości kopalni, to wykres charakterystyki tej depresji będzie malejący (rys. 82 a).

Inaczej będzie się przedstawiał wykres charakterystyki w przypadku regulacji ilości powietrza Q płynącego poprzez kopalnię przez tamowanie

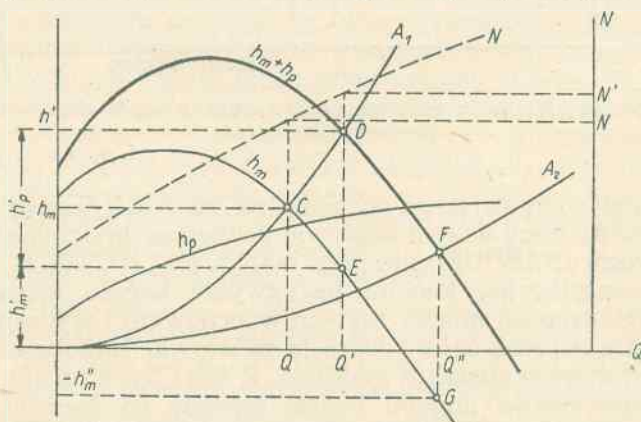
prądu głównego, a więc płynącego do ognia. Mianowicie przy zmniejszeniu ilości powietrza depresja pożaru będzie malała, jak to pokazano na rys. 82 b. Podobny kształt charakterystyki otrzymuje się również i wtedy,

gdy prądy nie są tamowane a do pożaru wskutek jego rozpalenia się dopływa coraz większa ilość powietrza.

Jak z powyższego wynika, dla zmniejszenia do minimum wypadkowej depresji pożaru całości kopalni należy tamować prąd płynący do ognia i nie tamować bocznych prądów powietrza łączących się z prądem gazów pożarowych w miejscach gdzie temperatura ich jest niska.

Rys. 82. Charakterystyka wypadkowej depresji pożaru całości kopalni w przypadku regulacji ilości powietrza przez tamowanie prądów bocznych (a) oraz przez tamowanie prądu głównego (b)

Jeżeli w czasie pożaru prądy powietrzne nie są tamowane, zachodzi współdziałanie wypadkowej depresji pożaru (rys. 82 b) z wentylatorem w ten sposób, jak gdyby oba te źródła depresji były połączone z sobą szeregowo. Jeżeli (rys. 83) krzywa h_m przedstawia wykres charakterystyki wentylatora, krzywa h_p zaś charakterystykę pożaru, wówczas wspólną charakterystykę obu tych źródeł depresji otrzymuje się przez sumowanie



Rys. 83. Wpływ depresji pożaru na pracę wentylatora

rzędnych $h_m + h_p$. Jeżeli otwór równoznaczny kopalni wynosi A_1 , to wentylator przed pożarem pracuje w punkcie C, a więc dostarcza ilość powietrza Q przy depresji h_m . W czasie pożaru punkt C przesuwa się do punktu D, a wobec tego zwiększa się ilość powietrza z Q na Q' , depresja zaś z h_m na $h' = h_m + h_p$, przy czym h_p przypada na depresję pożaru, wentylator zaś przy tej zwiększonej ilości powietrza wytwarzać będzie depresję $h'_m < h_m$, a zużycie mocy wzrośnie z N na N' .

Spadek depresji wentylatora jest często obserwowany w czasie pożaru. Tak np. J. Urban podaje, że w czasie pożaru w kopalni Jaworzno w r. 1926 depresja wentylatora, która normalnie wynosiła $38 \div 42$ mm słupa wody,

w kilka godzin po wybuchu pożaru zaczęła spadać i w trzecim dniu doszła do 5 mm słupa wody.

W ciągu tego czasu pożar rozwijał się; dymy przeszkadzały uchwycić go tamami i przez trzy doby musiano przygotowywać się do otamowania ognia korkami piaskowymi. Po zamknięciu ognia tymi korkami depresja wentylatora ponownie podniosła się do $38 \div 42$ mm słupa wody.

Gdyby pożar rozwijał się w dalszym ciągu lub gdyby otwór równoznaczny kopalni wynosił $A_2 > A_1$, wówczas depresja wentylatora mogłaby spaść do zera lub nawet stać się ujemną (rys. 83), punkt G, co oznaczałoby, że wentylator nie tylko nie pomaga depresji pożaru, lecz stawia opór ruchowi powietrza. W takim przypadku korzystniej jest otworzyć szyb wentylacyjny i zatrzymać wentylator.

Tak więc obecność w kopalni pożaru w prądzie wznoszącym się przesuwając stan pracy wentylatora na jego charakterystyce w kierunku na prawo, przy czym zmniejsza się depresja wentylatora i zwiększa się zapotrzebowanie energii, co może spowodować spalanie silnika.

Ponieważ w czasie pożaru pewność ruchu wentylatora jest sprawą bardzo ważną, przeto należy zwiększyć czujność dozoru nad pracą wentylatora, by nie dopuścić do spalania silnika. Zapobiec temu może tamowanie dopływu powietrza do ognia, jak również tamowanie prądów powietrza świeżego płynących do miejsc występowania większych lokalnych depresji pożaru.

Rozdział IV

OKREŚLENIE MIEJSCA POŻARU I DOJŚCIE DO NIEGO

Moment zauważenia pożaru i odszukanie jego miejsca odgrywa decydującą rolę w całej akcji zwalczania pożaru. Jeżeli pożar zostanie zauważony dość wcześnie, wówczas udaje się zazwyczaj podejść blisko do ognia i albo zlikwidować go w walce otwartej, albo też otamować stosunkowo mały obszar kopalni.

W przypadku akcji spóźnionej nie tylko może się okazać utrudnione i niebezpieczne dojście do pożaru, lecz skutek zadymienia może nawet załoga być zdezorientowana co do samego miejsca ognia. Okoliczność ta zmusza często do otamowania większego obszaru kopalni, stawiania wielu tam, zatrudnienia w akcji przeciwpożarowej większej liczby ludzi, wymaga przy tym dłuższego czasu do zwalczanie pożaru. Dalszymi skutkami spóźnionej akcji są:

1. straty materialne spowodowane unieruchomieniem znacznej części kopalni i zmniejszeniem wobec tego jej produkcji;
2. prawdopodobieństwo odwrócenia większej ilości prądów i zwiększenia obszaru zagazowanego lub zadymionego;
3. większe prawdopodobieństwo wybuchów za tamami;
4. objęty tamami duży obszar staje się ogromnym zbiornikiem trującego tlenku węgla, który przez dłuższy czas po otamowaniu pola będzie się wydobywał szczelinami w skałach oraz nieszczelnościami w tamach i zatruchiwał atmosferę kopalnianą.

Ażeby pożar mógł być na czas zauważony, kopalnia powinna posiadać odpowiednio wykwalifikowaną *służbę obserwacyjną*, której zadaniem jest ustalenie możliwych ognisk pożarowych, rozpoznanie powstającego pożaru, odszukanie jego miejsca i niezwłoczne zawiadomienie o tym dozoru kopalnianego. Obowiązek ten spoczywa zresztą na każdym, kto zauważy pożar w kopalni. Poza tym służba obserwacyjna musi być należycie obeznana z wstępnymi czynnościami w przypadku pożaru podziemnego.

1. Odszukanie miejsca pożaru

W okresie samozagrzewania węgla, który trwa zwykle kilka lub kilkanaście dni, podnosi się temperatura powietrza w wyrobisku. Często w pobliżu ogniska obserwuje się pod stropnicami temperaturę od 25 do 35 °C i wyższą. W przypadku pożaru w caliznie ognisko znajduje się zwykle w odległości od 0,5 do 5 m od powierzchni górnego ociosu lub piętra chodnika, rzadziej w dolnym ociosie. Gazy wydzielają się szczelinami poza ogniskiem w kierunku ruchu powietrza i zwykle w górnej części chodnika.

W celu stwierdzenia obecności CO używa się w kopalniach odpowiednich detektorów (indykatorów).

Przy odszukiwaniu miejsca pożaru na podstawie zapachu gazu lub też na podstawie słabego dymu, jeżeli nie przeszkadza on oddychaniu, może być wskazane przejście po kopalni w kierunku przeciwnym ruchowi powietrza. Jeżeli wydzielające się gazy uniemożliwiają oddychanie lub są bardzo gorące wówczas miejsca pożaru należy odszukiwać od strony świeżego powietrza.

W przypadku, gdy wskutek znacznej depresji pożaru nastąpiło odwrócenie prądów i część kopalni została zadymiona, już sam kierunek dymu w bocznicach odwróconych umożliwia więcej lub mniej dokładne określenie miejsca pożaru, a w każdym bądź razie daje wskazówki, w jakim kierunku należy szukać ognia.

Podana wyżej teoria odwracania się prądów daje wystarczające wskazówki, jak w stosunkowo łatwy sposób, na podstawie kierunku dymów, można określić miejsce pożaru w kopalni zadymionej.

a. Określenie miejsca pożaru w prądzie wznoszącym się na podstawie kierunku dymów

Przy zgodnej depresji pożaru dymy w normalnych bocznicach odwróconych płyną do prądu głównego (nie odwróconego) i razem ze świeżym powietrzem kierują się z powrotem do ognia (rys. 84 a). Sam więc kierunek dymów wskazuje w jakim miejscu należy szukać pożaru. Należy go zatem szukać w kierunku, dokąd dymy podążają.

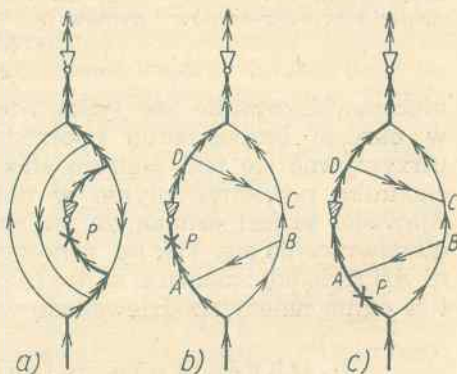
Nieco odmienny obraz uzyskuje się w przypadku odwrócenia się prądów przekątnych (rys. 84 b, c). Mianowicie prąd przekątny AB przed miejscem występowania depresji pożaru zostaje odwrócony w kierunku tej depresji i może w ogóle nie ulec zadymieniu.

Prąd w bocznicy przekątnej CD odchodzącej od prądu głównego za miejscem występowania depresji pożaru odwraca się w kierunku przeciwnym i dym skieruje się tą boczną do bocznicy normalnej, w której nie ma pożaru. A więc pożaru należy szukać w tym kierunku, w jakim płynie czyste powietrze w odwróconej bocznicy przekątnej.

Naturalnie, że przy większej depresji pożaru odwróci się prąd na odcinku BC bocznicy normalnej, a wówczas boczną AB skieruje się dym do miejsca występowania depresji pożaru.

Opierając się na tych wnioskach można w wielu przypadkach dokładnie wyznaczyć bocznice, w której znajduje się ogień albo w której gorące dymy pożarowe płyną w kierunku wznoszącym się.

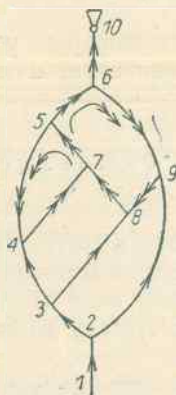
Tak np. w przypadku pokazanym na rys. 85 prądami głównymi, które w czasie pożaru w prądzie wznoszącym się nie ulegają odwróceniu, są prądy 1—2—3—4—7—5—6—10 i 1—2—3—8—7—5—6—10. Z zestawienia



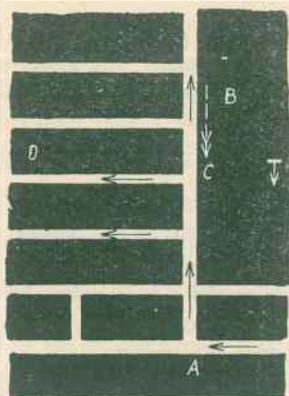
Rys. 84. Odwrócone kierunki prądów normalnych (a) i przekątnych (b i c) w przypadku pożaru w prądzie wznoszącym się

tych prądów wynika, że pożar może istnieć albo w bocznicy 7—5, albo też 5—6. Odwrócony kierunek prądów 6—9 i 9—8 wskazuje na możliwość pożaru w jednej z bocznic: 8—7, 7—5 albo 5—6; odwrócony natomiast kierunek 5—4 wskazuje na możliwość pożaru w bocznicach 4—7 i 7—5, wykluczając natomiast jego możliwość w bocznicy 5—6. Z zestawienia tych możliwości wynika, że ogień znajduje się w bocznicy 7—5.

W kopalniach często się zdarza, że kierownictwo w przypadku odwrócenia prądów i zadymienia przypuszcza istnienie pożaru nie tam, gdzie on się znajduje i prowadzi uciążliwą akcję w niewłaściwym kierunku. Tak np. w jednej z kopalń okręgu dąbrowskiego stwierdzono po dojściu przecznicy do chodnika transportowego w pokładzie, że dym w tym chodniku płynie



Rys. 85. Określenie miejsca pożaru w prądzie wznoszącym się na podstawie kierunku dymów



Rys. 86. Określenie miejsca pożaru na podstawie utrzymywania się dymów pod piętrzem pochylni

ze wschodu na zachód. Przypuszczając, że pożar znajduje się we wschodniej części pola, starano się dotrzeć do niego w tym kierunku. Po uciążliwej akcji posuwania się i stawiania tam w dymie, która to akcja trwała około trzech tygodni i nie obeszła się bez ofiar w ludziach, ratownicy dotarli do chodnika wentylacyjnego, a stamtąd do pola zachodniego, gdzie właśnie było miejsce pożaru, przy czym znajdował się on w stosunkowo niedużej odległości od przecznicy.

Przy określaniu miejsca pożaru nie jest ko-

nieczne kierowanie się tylko zdecydowanym kierunkiem dymów, gdyż w okresie bezpośrednio poprzedzającym odwrócenie prądu dym może utrzymywać się pod piętrzem chodnika, a jednocześnie w dolnej części chodnika powietrze płynie w dalszym ciągu w kierunku pierwotnym. Zjawisko to jest oznaką, że ten częściowo zadymiony prąd ma tendencję do odwrócenia się. Tak np. utrzymywanie się dymów pod pułapem pochylni AB (rys. 86) wskazuje na to, że prąd CB ma tendencję do odwrócenia się i że ognia należy spodziewać się w kierunku CD.

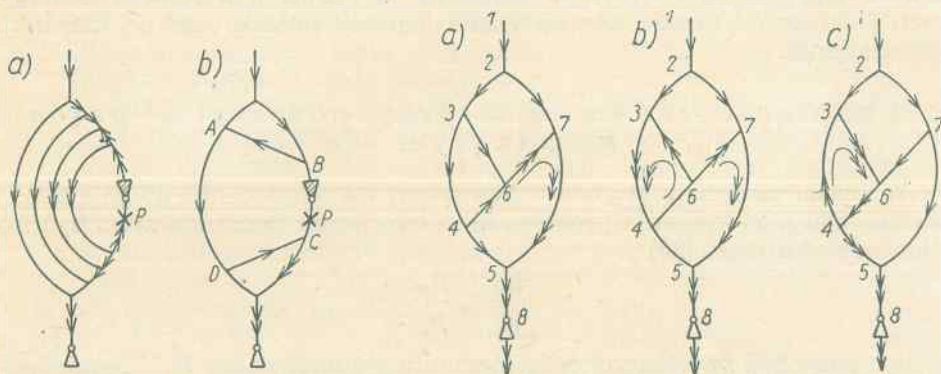
b. Określenie miejsca pożaru w prądzie schodzącym na podstawie kierunku dymów

W przypadku pożaru w schodzącym prądzie powietrza, a więc przy niezgodnym kierunku depresji ognia, odwróceniu może ulec prąd główny, a dymy z niego skierują się do prądów bocznych. Pożaru należy szukać w kierunku, skąd dymy wychodzą (rys. 87 a).

Jeżeli w systemie znajduje się prąd przekątny AB (rys. 87 b) przed miejscem pożaru, to może on być odwrócony jeszcze przed odwróceniem prądu głównego na odcinku BP. Odwrócenie tego prądu może być oznaką, że w niedługim czasie należy się spodziewać odwrócenia prądu głównego. Jeżeli prąd przekątny CD znajduje się za ogniem i w pierwszej chwili

prądem tym płynie dym, to na skutek wzrastającej depresji pożaru może on ulec odwróceniu, przy czym skierować się może do tego prądu nawet czyste powietrze.

W poszczególnych przypadkach na podstawie kierunku dymów da się ściśle określić bocznice, w której znajduje się pożar. Tak np. w przypadku pokazanym na rys. 88 *a* ogień jest w bocznicy 6—7, na rys. 88 *b* — w bocznicy 4—6, na rys. 88 *c* — w bocznicy 4—3.



Rys. 87 (z lewej). Odwrócone kierunki prądów normalnych (*a*) i przekątnych (*b*) w przypadku pożaru w prądzie schodzącym

Rys. 88 (z prawej). Określenie miejsca pożaru w prądzie schodzącym na podstawie kierunku dymów

2. Usunięcie zadymienia kopalni

Dojście do ognia w kopalni zadymionej, nawet w aparatach oddechowych, jest bardzo utrudnione, często praktycznie niewykonalne. Toteż dla umożliwienia dojścia do ognia należy zadymienie kopalni usunąć bądź to za pomocą *szczelnych tam izolacyjnych* stawianych w bocznicach, z których wychodzą dymy, bądź też za pomocą *tam stabilizacyjnych*, od których nie wymaga się dużej szczelności i które mają na celu przywrócenie i ustabilizowanie pierwotnego (lub pożądanego) kierunku prądów.

Szczelna tama izolacyjna postawiona w bocznicy odwróconej, z której dymy wychodzą, może całkowicie usunąć zadymienie. Ponieważ jednak kierunek prądu w bocznicy nie zależy od jej oporu, lecz od oporu innych bocznic i wielkości dodatkowej depresji, przeto przez nieszczelności tej tamy i szczeliny w skałach gazy mogą przechodzić i zatrzuwać powietrze kopalniane, a wobec tego usunięcie zagazowania jest możliwe tylko przy bardzo szczelnych tamach izolacyjnych.

Jeżeli kopalnia posiada wcześniej przygotowane tamy bezpieczeństwa, to uszczelnienie ich po zamknięciu nie przedstawia dużej trudności, gorzej natomiast przedstawia się sprawa w przypadku, gdy kopalnia nie ma tam zabezpieczających i gdy w czasie dużego pożaru i zadymienia zachodzi potrzeba budowania w dymie większej ich ilości. Stawianie takich tam jest uciążliwe i musi trwać dłuższy okres czasu.

Niedogodności tych nie stwarzają *tamy stabilizacyjne*, które mają na celu tylko zwiększenie oporu niektórych bocznic, a więc odgrywają rolę tam regulacyjnych. Tamy takie nie muszą być szczelne, a wobec tego mogą być wykonane z dowolnego materiału. W wielu przypadkach może całko-

wicie spełnić rolę tych tam np. samo tylko zawieszenie płótna w poprzek chodnika, co trwa bardzo krótko. Jeżeli czas na to pozwala, można po zawieszeniu płóci przystąpić do budowy bardziej szczelnych, a więc i o większym oporze, tam z desek.

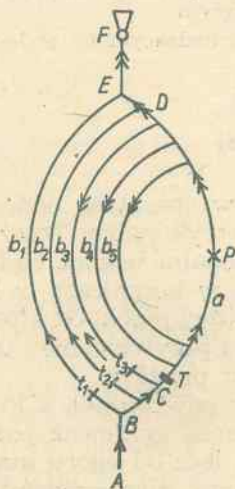
Mając powyższe na uwadze, należy wyciągnąć wniosek, że dla usunięcia zadymienia kopalni należy posiadać oprócz gotowych tam bezpieczeństwa również i materiał (płótno, deski) na tamy stabilizacyjne. Rozmieszczenie tych tam musi być odmienne od rozmieszczenia tam izolacyjnych i zależy od miejsc występowania depresji pożaru oraz od kierunku ich działania.

a. Usunięcie zadymienia przy pożarze w prądzie wznoszącym się

W czasie pożaru w prądzie wznoszącym się odwróceniu ulegają prądy boczne. Dla przywrócenia prostego kierunku prądu bocznego musi być zachowany warunek (20)

$$\frac{h_w}{h_z} < \frac{R_w}{R_z}$$

a więc musi być zwiększony opór elementu wewnętrznego R_w i zmniejszony do minimum opór elementu zewnętrznego R_z . Jeżeli wobec tego kopalnia została zadymiona wskutek odwrócenia się prądów b_3 , b_4 i b_5 (rys. 89), to dla przywrócenia prostego kierunku prądu b_3 pierwszą główną czynnością będzie usunięcie tam w prądzie głównym, zewnętrznym, a więc na drodze ABC oraz DEF, przez co zmniejszy się R_z , oraz otamowanie tamą T elementu wewnętrznego CPD. Ponieważ tama taka zależnie od jej szczelności może nawet nieograniczenie zwiększyć opór elementu wewnętrznego, przeto usunięcie tam w elemencie zewnętrznym oraz obecność tamy T jest już dostateczną gwarancją, że prąd b_3 przyjmie kierunek prosty i czyste powietrze skieruje się do niego. Tama T, jeżeli chodzi o prąd b_3 ma charakter zasadniczy, toteż nazywa się ją *zasadniczą tamą stabilizacyjną*.



Rys. 89. Przywrócenie prostego kierunku prądu w bocznicy b_3

Oprócz postawienia tej tamy wskazane jest, jeżeli chodzi o zmniejszenie oporu R_z , otamowanie również prądów bocznych b_1 i b_2 tamami t_1 i t_2 , gdyż prądy te, jak wiadomo są prądami odwróconymi w elemencie zewnętrznym. Będą to *potomnicze tamy stabilizacyjne*.

Postawienie tamy t_3 w bocznicy b_3 nie wpływa na kierunek w niej prądu. Tama ta potrzebna jest wówczas, gdy przystępuje się do usuwania zadymienia w bocznicy b_4 .

W tym celu po postawieniu tamy t_3 trzeba przenieść tamę zasadniczą T poza bocznice b_4 , przed postawieniem tamy jednak w tym nowym miejscu poprzednio postawiona tama T nie może być usunięta, gdyż spowodowałoby to ponowne odwrócenie prądu b_3 .

Jeżeli AP (rys. 90) jest drogą dojścia do ognia, przy czym postawiona już została tama zasadnicza T oraz otamowane (t_1, t_2, t_3) prądy boczne przed tamą T , można niezwłocznie przystąpić do usunięcia zadymienia w boczni-
cy b_4 .

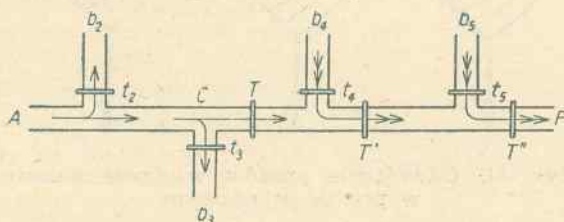
Nadmienić przy tym należy, że w większości przypadków nie zachodzi potrzeba tamowania (t_1, t_2, t_3) wszystkich prądów bocznych odchodzących od prądu głównego przed tamą T i że wystarczyć może otamowanie tylko kilku ostatnich.

Akcja usuwania zadymienia przebiega następująco:

1. Wchodzi się poza tamę zasadniczą T i stawia tamę T' w chodniku, do którego kierują się dymy.
2. Jeżeli po postawieniu tamy T' usunie się zadymienie w prądzie bocznym b_4 , to przystępuje się natychmiast do tamowania tego prądu (tama t_4); gdyby jednak dym z powodu otamowania elementu zewnętrznego tamy T w dalszym ciągu wychodził z chodnika b_4 , należy starać się go usunąć przez zmniejszenie oporu T (częściowe uniesienie płótna) i dopiero wówczas w prądzie czystego powietrza stawiać tamę t_4 .
3. Po postawieniu tam T' i t_4 usuwa się tamę T .

W podobny sposób usuwamy zadymienie w chodniku b_5 , a więc stawia się tamę T'' , usuwa dymy w b_5 , tamuje tę bocznicę t_5 , w końcu usuwamy tamę T' . W taki sposób można usunąć zadymienie kopalni aż do miejsca pożaru.

Przez postawienie tamy zasadniczej i ewentualnie tam pomocniczych usuwa się wprawdzie zadymienie kopalni przed tą tamą, wszystkie jednak prądy boczne za tamą zasadniczą, jako znajdującą się w elemencie zewnętrznym względem tych



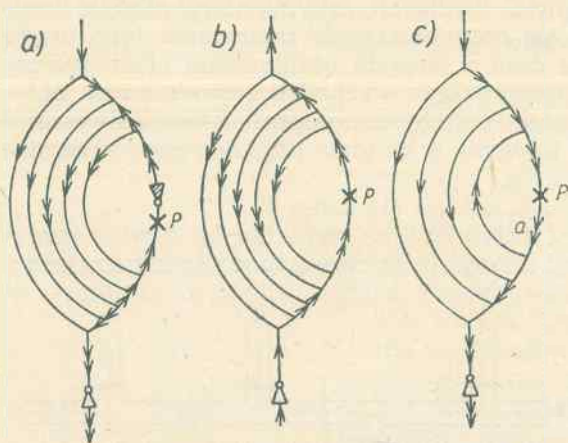
Rys. 90. Akcja usuwania zadymienia kopalni w czasie pożaru w prądzie wznoszącym się

prądów, będą musiały być odwrócone. A więc za tamą zasadniczą kopalnia jest zadymiona, a z tego względu nie jest wskazane stawianie tamy zasadniczej w prądzie głównym przed dojściem do miejsca zadymionego, gdyż utrudniłoby to akcję dojścia do ognia. Z drugiej strony brak takiej tamy przy wzrastającej depresji ognia może spowodować odwrócenie dalszych prądów bocznych i ukazanie się dymów na tyłach pracujących. Dlatego też jest konieczne dysponowanie w prądzie główną przygotowaną lecz otwartą tamą stabilizacyjną lub przynajmniej materiałem (płótnem) umożliwiającym szybkie wykonanie takiej tamy. Pamiętać należy, że w pierwszej chwili, gdy dymy ukazują się na tyłach pracujących, wystarczyć może często nieduże tylko zwiększenie oporu przez zawieszenie np. płótna zajmującego zaledwie część przekroju chodnika, ażeby zadymienie usunąć.

Ponieważ kierunek prądu w boczni-
cy nie zależy od jej oporu, przeto niezależnie od tego, czy ma się do czynienia z prądem w wyrobiskach, czy też w szczelinach, dla nadania pożądanego kierunku temu prądowi należy stosować identyczne środki. Z tego też względu zarówno przy zamykaniu bocznic odwróconych tamami izolacyjnymi, jak i po ich zamknięciu, należy utrzymywać prosty kierunek prądów w nieszczelnościach tych tam przez odpowiednie rozmieszczenie tam stabilizacyjnych.

b. Usunięcie zadymienia przy pożarze w prądzie schodzącym

W czasie pożaru w prądzie schodzącym odwróceniu ulega przeważnie prąd w bocznicy, gdzie powstał pożar (rys. 91 a), przy czym dym kieruje się do prądu głównego w kierunku przeciwnym działaniu wentylatora, a stąd do najbliższego prądu bocznego, który nie ulega odwróceniu. W miarę rozwoju pożaru i wzrostu jego depresji dym może posuwać się w prądzie głównym coraz bliżej do szybu wdechowego i kierować się do coraz dalszych prądów bocznych, jak to np. nastąpiło podczas pożaru w kopalni Jan Kanty w r. 1946 (zob. rys. 68). Przy wyjątkowo dużej depresji pożaru może



Rys. 91. Odwrócenie prądów w czasie pożaru w prądzie schodzącym

w końcu odwrócić się cały prąd główny (rys. 91 b), a powietrze będzie wówczas płynęło szybko wydechowym w kierunku przeciwnym do działania wentylatora.

Rzadziej (rys. 91 c) odwraca się jeden z najbliższych do pożaru prądów bocznych, a wówczas dym kieruje się w prądzie głównym nie w stronę szybu wdechowego lecz z powrotem do ognia. Wypadek taki między innymi zdarzył się w r. 1923 w kopalni Reden (zob. rys. 69).

Przy ustalaniu sposobów usuwania zadymienia trzeba

osobno zająć się przypadkiem, gdy depresja pożaru jest nieduża, a wobec tego $h_z > h_w$ i $h_z > h_b$, osobno zaś przypadkiem, gdy $h_z < h_w$.

Przypadek 1 ($h_z > h_w$ i $h_w > h_b$). W przypadku tym nie zagraża kopalni odwrócenie całego prądu głównego. Dla przywrócenia prostego kierunku prądu w elemencie wewnętrznym powinien być zachowany warunek (24)

$$\frac{h_z}{h_w} > 1 + \frac{R_z}{R_b}$$

tzn. opór elementu zewnętrznego R_z powinien być jak najmniejszy, opór zaś elementu bocznego R_b , do którego kierują się lub mogą kierować się dymy z odwróconego elementu wewnętrznego — jak największy; wielkość oporu R_w nie odgrywa tu roli.

Ponieważ chodzi o możliwe zwiększenie oporu R_b prądu bocznego, do którego kieruje się dym, przeto *tama zasadnicza* musi być tu stawiana w prądzie bocznym, do którego kieruje się dym. Tak np. (rys. 92) dla usunięcia zadymienia prądu BD i przywrócenia prostego kierunku prądu na odcinku BC należy postawić zasadniczą tamę stabilizacyjną T_3 w bocznicy b_3 , do której kieruje się dym.

Równocześnie dla zmniejszenia oporu R_z należy usunąć tamy w prądzie głównym zewnętrznym, a więc na drodze AB i DEF, oraz ewentualnie otamować tamami pomocniczymi t_1 i t_2 prądy boczne proste w elemencie zewnętrznym.

Po usunięciu zadymienia prądu b_3 można przystąpić do usuwania dymów w prądzie b_4 przez postawienie w nim następnej tamy zasadniczej. Tama T_3 , która była poprzednio tamą zasadniczą, będzie w stosunku do prądu b_4 tamą pomocniczą.

Tak więc dla usunięcia zadymienia kopalni w przypadku pożaru w prądzie schodzącym i przy małej wartości jego depresji należy (rys. 93):

1. idąc od szybu wdechowego otamować przynajmniej niektóre prądy boczne t_1, t_2 .
2. postawić tamę zasadniczą T_3 w chodniku, do którego kierują się dymy; tama ta usunie zadymienie między bocznymi b_3 i b_4 .

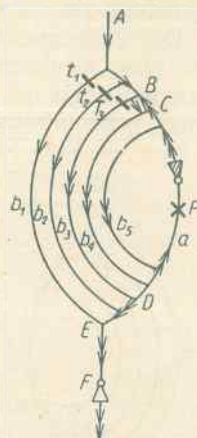
W taki sam sposób postępuje się dalej, stawiając dalsze tamy zasadnicze T_4 i T_5 w chodnikach b_4, b_5 itd. dokąd podążają dymy.

Akcja dojścia do ognia jest tu, jak widać, nawet prostsza, niż w przypadku pożarów we wznoszącym się prądzie. Jeżeli jednak w czasie prowadzenia akcji zachodzi możliwość znacznego zwiększenia się depresji pożaru, to jak się to okaże w dalszym ciągu — cała ta akcja nie jest bezpieczna i może pociągnąć za sobą odwrócenie całego prądu w kopalni.

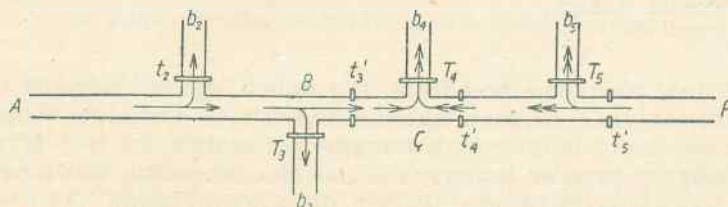
W podobny sposób należy prowadzić akcję dojścia do ognia w przypadku odwrócenia się prądu bocznego (rys. 91 c), z tą jedynie różnicą, że tamę zasadniczą należy stawiać nie w prądzie bocznym, lecz w bocznicy a , gdzie znajduje się ognisko pożaru.

Przypadek 2 ($h_z < h_w$). Jeżeli depresja elementu zewnętrznego h_z jest mniejsza od depresji elementu wewnętrznego h_w , wówczas może zachodzić niebezpieczeństwo odwrócenia się całego prądu w kopalni.

Zapobiec temu można tylko wtedy, gdy istnieje przynajmniej jeden prąd boczny, do którego skierowuje się dymy z odwróconego elementu wewnętrznego i którego depresja h_b jest mniejsza od depresji elementu zewnętrznego h_z . W przypadku tym może być mowa tylko o zabezpieczeniu



Rys. 92. Usunięcie zadymienia prądu b_3



Rys. 93. Akcja usuwania zadymienia w czasie pożaru o małej depresji w prądzie schodzącym

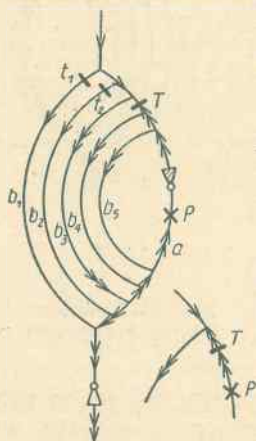
kopalni przed odwróceniem się całego prądu, a nie o całkowitym usunięciu zadymienia i o dojściu do ognia w prądzie świeżego powietrza. Przy tym musi być zachowany warunek (28).

$$\frac{h_w - h_b}{h_z - h_b} < 1 + \frac{R_w}{R_b}$$

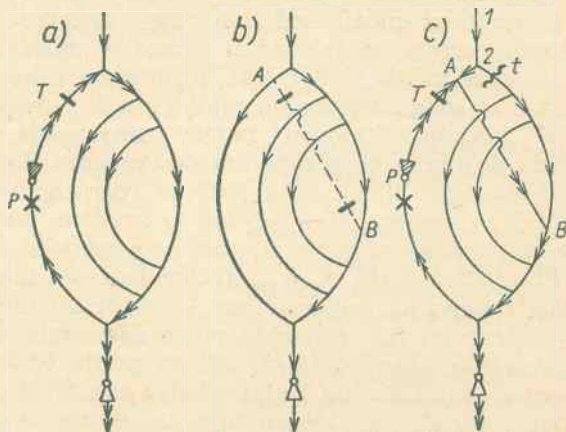
tzn. musi być otamowany element wewnętrzny R_w oraz usunięte tamy z elementu bocznego, który, poza tym musi mieć możliwie mały opór R_b (rys. 94).

Jak z tego wynika, istnieje tu sprzeczność z warunkiem usuwania zadymienia przy niedużej depresji pożaru w prądzie schodzącym, (przypadek 1). Mianowicie sposób prowadzenia akcji w przypadku pożaru w prądzie schodzącym, ale przy małej jego depresji, wymaga tamowania wszystkich prądów bocznych, nie wymaga natomiast posiadania tamy w prądzie głównym wewnętrznym, a więc wymaga czynności wręcz przeciwnych aniżeli sposób dojścia do ognia, gdy depresja jego h_w jest większa od depresji elementu zewnętrznego h_z . Prowadząc więc akcję dojścia do ognia i wychodząc z założenia, że depresja jego nie jest duża, można z łatwością przyczynić się do jeszcze groźniejszej katastrofy, a mianowicie do odwrócenia się całego prądu w kopalni.

Dla zabezpieczenia się przed odwróceniem całego prądu w kopalni jest więc konieczne posiadanie jednej tylko tamy zasadniczej T (rys. 94) oraz wolnego od tam prądu bocznego b_3 , do którego kierować się będą dymy przeciskające się przez tamę T . Wystąpią tu więc dymy nie tylko



Rys. 94. Zabezpieczenie kopalni przed możliwością odwrócenia całego prądu



Rys. 95. Dodatkowe zabezpieczenie w przypadku pożaru w prądzie schodzącym

poza tamą, lecz również i przed nią. Dla należytego ochłodzenia tych dymów, a tym samym i dla zmniejszenia depresji h_b elementu bocznego b_3 , może być wskazane otamowanie tamami pomocniczymi t_1 i t_2 przynajmniej niektórych prądów bocznych przed nieotamowaną bocznicą b_3 .

Mając powyższe na uwadze, należy przy prowadzeniu akcji usuwania zadymienia w czasie pożaru w prądzie schodzącym przedsięwziąć dodatkowe środki mające na celu zabezpieczenie się przed rozszerzeniem się obszaru zadymionego lub nawet przed odwróceniem całego prądu. W tym celu należy:

1. stawiać w prądzie głównym otwarte tamy pomocnicze t_3' , t_4' , t_5' (rys. 93); w razie cofania się dymów w prądzie głównym należy jedną z tych tam (możliwie najbliższą od miejsca pożaru) natychmiast zamknąć;
2. jednocześnie z tym musi być otworzona tama w jednym z prądów bocznych przed zamkniętą tamą pomocniczą.

Ponieważ zamknięcie tamy w prądzie głównym i otworzenie w prądzie bocznym musi nastąpić natychmiast w chwili cofania się dymów, przeło

konieczne jest pozostawienie przy tych tamach obserwatorów należycie obeznanych z powagą sytuacji oraz czynnościami, jakie wykonać muszą w chwili cofania się dymów.

Ponieważ odwrócenie całości prądu w kopalni, a nawet samo tylko rozszerzenie obszaru zadymionego jest zjawiskiem bardzo niebezpiecznym, przeto w przypadku pożaru w prądzie schodzącym należy raczej zrezygnować z dążenia do utrzymania pierwotnego kierunku prądu w bocznicy *a*, w której znajduje się ognisko pożaru, i tolerować zadymienie najbliższego prądu, ale zato mieć pewność, że dalsze odwrócenie prądów nie nastąpi.

Ponieważ po dojściu do strefy pożaru, w której niemożliwe już jest usunięcie zadymienia przez stawianie tam nieszczelnych, dalsza akcja dojścia do ognia staje się już bardzo problematyczną, wskazane przeto jest po osiągnięciu tej strefy niezwłocznie przystąpić do izolowania pola zadymionego rezygnując z aktywnej walki z pożarem.

Na tego rodzaju akcję można sobie pozwolić tylko wtedy, gdy pożar powstał w jednym z oddalonych od szybu wdechowego pól i gdy po odwróceniu się części prądu głównego zostaje zadymiona tylko stosunkowo nieduża część kopalni. Jeżeli natomiast pożar powstanie w polu, do którego wlot powietrza świeżego znajduje się niedaleko od szybu wdechowego zadymiony obszar kopalni może być bardzo duży, a nawet objąć całą kopalnię, jak to pokazano na rys. 95 *a*. W przypadku takim zabezpieczenie kopalni przed dymami można uzyskać bądź to przez zamknięcie szczelnej tamy izolacyjnej *T* (rys. 95 *a*), bądź też wtedy, gdy istnieje odpowiednie dodatkowe zabezpieczenie. Zabezpieczeniem takim może być np. zamknięte drzwiami krótkie połączenie *AB* (rys. 95 *b*) między wlotem powietrza do pola pożarowego a chodnikiem wentylacyjnym. W przypadku pożaru w punkcie *P* wystarczy zamknąć (rys. 95 *c*) zasadniczą tamę stabilizacyjną *T* oraz ewentualnie tamę pomocniczą *t*, która może być nawet bardzo nieszczelna, i otworzyć tamy na krótkim połączeniu *AB*. Mała ilość gazów pożarowych wydobywających się przez nieszczelność tamy *T* zostanie porwana silnym prądem powietrza na drodze 1-2-A-B i skierowana w stanie ochłodzonym wprost do chodnika wentylacyjnego.

3. Zabezpieczenie kopalni przed zadymieniem

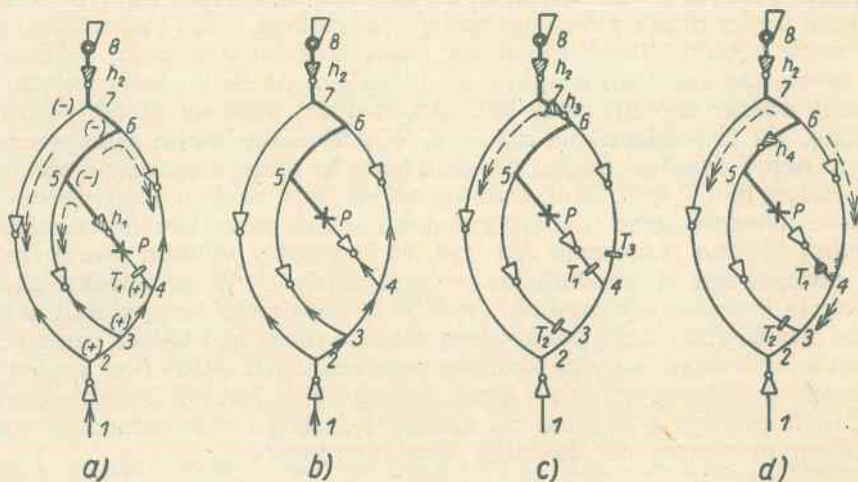
W przypadku każdego pożaru należy zawsze liczyć się z możliwością odwrócenia prądów i zadymienia kopalni oraz z góry przewidzieć środki zapobiegawcze w celu ustabilizowania pożądanego kierunku prądów, a tym samym zabezpieczenia pracujących przed możliwością pojawienia się dymów od strony świeżego powietrza. Cel ten zostanie osiągnięty, gdy po obraniu określonej drogi od szybu wdechowego do ognia zmusi się prąd główny (a więc prąd w obranej drodze do ognia) do płynięcia w kierunku szybu wydechowego, wszystkie zaś prądy boczne do odchodzenia od tego prądu głównego. Środkami do osiągnięcia tego celu mogą być: usunięcie tam i innych przeszkód w prądzie głównym elementu zewnętrznego (przez co zmniejsza się R_z) oraz zamknięcie lub postawienie tam stabilizacyjnych w myśl przytoczonych wyżej warunków zapewnienia pożądanego kierunku prądów bocznych (przy pożarze we wznoszącym się prądzie), lub prądu głównego (przy pożarze w prądzie schodzącym).

Tamy stabilizacyjne mają zniwelować szkodliwy wpływ depresji pożaru, a więc działanie ich powinno być wręcz przeciwne aniżeli działanie depresji pożaru. Dla lepszego zrozumienia zasady stabilizacji pożądanego kierunku

prądów w systemie przewietrzania rozpatrzono poniżej kilka konkretnych przykładów na schematach, w których przyjętymi już symbolami oznaczono wzniosy i upady poszczególnych dróg powietrznych.

Na przykład w kopalni, której poszczególne oddziały są przewietrzane prądami wznoszącymi się (rys. 96 a i b), pożar powstał w bocznicy 4—5. Zależnie od tego, czy miejsce pożaru jest w dolnej części (rys. 96 a) oddziału przewietrzanego tą bocznicą, czy też w górnej (rys. 96 b), dla zabezpieczenia się przed odwróceniem prądu będą potrzebne odmienne środki zapobiegawcze.

W przypadku pożaru w dolnej części oddziału (rys. 96 a) dym płynie w kierunku wzniosu w dwóch miejscach, a mianowicie w bocznicy 4—5 i w szybie wydechowym 7—8, co jest równoznaczne z umieszczeniem w systemie dwóch dodatkowych wentylatorów h_1 i h_2 . Te „cieplne wentylatory” wskazane jest oznaczyć na schemacie kolorem czerwonym (na rys. 96 a zostały one zakreślowane). Wentylator h_2 , mając zgodny kierunek działania



Rys. 96. Rozmieszczenie tam stabilizacyjnych przy różnym usytuowaniu wyrobisk wznoszących się

z głównym wentylatorem kopalni, sprzyja utrzymaniu pierwotnego kierunku prądów w systemie, jaki istniał przed pożarem, wentylator zaś h_1 dąży do odwrócenia prądów 3—5, 4—6 oraz ewentualnie 2—7. Dla zniweczenia wpływów depresji h_1 wystarczy zwiększyć opór bocznicy 4—5, a więc wystarczy postawienie jednej tylko tamy T_1 na drodze prowadzącej do ognia, przy czym im większa jest lokalna depresja pożaru h_1 , tym większy musi być opór tej tamy, a zatem tym szczelniej musi ona być zbudowana.

Przy stawianiu tam stabilizacyjnych należy pamiętać, że każda tama wywołuje zwiększenie ciśnienia powietrza przed nią i zmniejszenie poza nią. Tak np. tama T_1 przyczynia się do podniesienia ciśnienia (+) w punktach 4, 3 i 2 oraz do obniżenia ciśnienia (—) w punktach 5, 6 i 7. Wskutek tego powstają większe spadki naporu w bocznicach 4—6, 3—5 i 2—1, co jest głównym powodem zapewnienia prądom tych bocznic właściwego kierunku i uniknięcia ich odwrócenia.

Jeżeli miejscem pożaru jest górna część oddziału 4—5, (rys. 96 b), wtedy dym aż do punktu 7 płynie wyrobiskami poziomymi i depresja pożaru nie występuje na tej drodze. Działanie pożaru h_2 przejawia się dopiero

w szybie wydechowym i będzie zgodne z działaniem wentylatora głównego, a wobec tego bez postawienia jakichkolwiek tam żaden z prądów się nie odwróci. Naturalnie, że zbudowanie tamy w bocznicy 4—5, w której powstał pożar, nie tylko nie zaszkodzi, ale będzie bardzo korzystne ze względu na zahamowanie rozwoju pożaru i zmniejszenie ilości wydzielających się gazów.

Jeżeli przy zachowaniu takiego samego systemu przewietrzania usytuowanie wyrobisk wznoszących się będzie inne, odwróceniu mogą ulec inne prądy i dla ustabilizowania pierwotnego ich kierunku zajdzie potrzeba odmiennego rozmieszczenia tam. Tak np. w przypadku pokazanym na rys. 96 c odwróceniu może ulec tylko prąd w bocznicy 2—7. Dla niedopuszczenia do tego odwrócenia należy otamować wszystkie bocznicę, którymi powietrze dopływa do „wentylatora ciepłego” h_3 , a więc muszą tu być postawione tamy T_1 , T_2 i T_3 .

W przypadku przedstawionym na rys. 96 d najłatwiej może odwrócić się prąd 4—6, a następnie — prąd 3—4, a w dalszym ciągu prąd 2—7. Dla uniknięcia odwrócenia się prądów należy otamować bocznicę 4—5 oraz 3—5, którymi powietrze dopływa do miejsca depresji h_4 , a więc zbudować tamy T_1 i T_2 .

Jak z tego wynika, przy jednakowych systemach przewietrzania, ale przy różnym usytuowaniu w nich wyrobisk pochyłych, pożar w jednej i tej samej bocznicy 4—5 może pociągnąć różne skutki, jeżeli chodzi o odwrócenie prądów. Dla ustabilizowania tych prądów i niedopuszczenia do ich odwrócenia zachodzi potrzeba stosowania odmiennych sposobów tamowania bocznic, a więc w przypadku przedstawionym na rys. 96 b można w ogóle nie stawiać tam, w przypadku jak na rys. 96 a konieczna jest jedna tama, jak na rys. 96 d — 2 tamy, na rys. 96 c — 3 tamy. Przy systemach bardziej skomplikowanych można się spotkać ze znacznie większą ilością możliwości. Toteż dla ułatwienia panowania nad przewietrzaniem w czasie pożaru wskazane jest, żeby system przewietrzania kopalni był możliwie prosty.

Jak wynika z przykładów przytoczonych na rys. 96, a więc w przypadku kopalni przewietrzanej prądem wznoszącym się, postawienie tamy T_1 w bocznicy, w której znajduje się ognisko pożaru, jest pod każdym względem wskazane, a w większości przypadków (rys. 96 b, c i d) nawet konieczne. Potrzeba stawiania tam (T_2 i T_3) w innych prądach jest podyktowana takim lub innym usytuowaniem wyrobisk wznoszących się.

Tama stabilizacyjna T_1 umieszczona w bocznicy 4—5, w której znajduje się ognisko pożaru, jest w przypadku przewietrzania prądem wznoszącym się tamą zasadniczą, tamy zaś T_2 , T_3 w prądach bocznych — tamami pomocniczymi.

W przypadku pożaru w kopalni przewietrzanej prądem schodzącym tamami zasadniczymi mogą być zarówno tamy w prądach bocznych (w przypadku zabezpieczenia przed odwróceniem prądu głównego), jak i tama w prądzie głównym (gdy chodzi o zabezpieczenie przed odwróceniem prądu bocznego). Prowadzenie akcji przeciwpożarowej przy pożarach w prądzie schodzącym napotyka zwykle na znacznie większe trudności i niespodzianki, aniżeli walka z pożarami w prądzie wznoszącym się. Dla ułatwienia akcji należy z reguły przewietrzać kopalnie tylko prądami wznoszącymi się, tzn. sprowadzać świeże powietrze na najniższy poziom, począwszy od którego powietrze na swej dalszej drodze płynie już tylko wyrobiskami poziomymi i wznoszącymi się. Jeżeli pożar powstanie w kopalni, która nie stosuje się do tej zasady, to jest bardzo wskazane poczynienie takich zmian w przewietrzaniu, by dymy na swej

drodze do szybu wydechowego nie były zmuszone płynąć w kierunku schodzącym, lub też przynajmniej poczynić odpowiednie dodatkowe zabezpieczenia (rys. 95). Zabezpieczenia takie są konieczne również i wtedy, gdy powietrze na swej drodze do wentylatora płynie na przemian drogami wznoszącymi się i schodzącymi.

a. Zabezpieczenie w przypadku wznoszących się dróg wentylacyjnych

Jak wynika z powyższych rozważań, tamowanie bocznicy, w której powstał pożar, jest pod każdym względem korzystne i to nawet wtedy, gdy depresja cieplna w tej bocznicy nie występuje.

Inaczej przedstawia się sprawa tam pomocniczych stawianych w prądach bocznych. Tama taka (np. T_2 na rys. 96 d) zwiększa opór bocznicy 3—5, którą płynie powietrze do miejsca występowania depresji h_4 pod tym względem obecność jej jest tym skuteczniejsza, im bardziej jest ona szczelna (im większy jej opór). Z drugiej jednak strony postawienie tamy pomocniczej przyczynia się do zmniejszenia ilości chłodnego powietrza, które miesza się (w punkcie 5) z gazami pożarowymi. Im mniej będzie dopływało powietrza chłodnego, tym wyższą temperaturę będzie miała ta mieszanina i tym wyższą będzie depresja h_4 , a więc pod tym względem tamowanie T_2 prądu bocznego 3—5 będzie zjawiskiem niekorzystnym.

Bliższa analiza obu tych kolidujących ze sobą wpływów tamowania prądu bocznego wykazuje, że dla uniknięcia odwracania prądów 4—6 i 2—7 opór prądu bocznego 3—5 musi być albo bardzo duży, albo też bardzo mały. Najbardziej niebezpieczne warunki występują przy pewnej średniej wartości oporu tamy T_2 , zależnej od oporu innych bocznic, a przede wszystkim od oporu bocznic 2—3 i 6—7. Ponieważ wybitne zmniejszenie oporu prądu bocznego nie zawsze jest możliwe do przeprowadzenia, przeto jako zasadę należy przyjąć *możliwie szczelne tamowanie prądów bocznych, którymi dopływa powietrze do miejsc występowania depresji pożaru.*

Przestrzeganie tej zasady ma jeszcze i tę korzystną stronę, że można będzie uniknąć wtórnych ognisk pożaru, jakie powstają w punktach mieszania się świeżego powietrza z gorącymi dymami, a więc np. w punkcie 5.

Jakkolwiek z punktu widzenia ustabilizowania stanu przewietrzania nie jest konieczne tamowanie niektórych prądów bocznych, np. 4—6 (rys. 96 d), to jednak obecność tamy w takiej bocznicy nie tylko nie zaszkodzi, lecz będzie wskazana ze względu na uniknięcie możliwości powstania ogniska wtórnego w punkcie 6, jeżeli dymy mają tam wysoką temperaturę, jak również z uwagi na zwiększenie oporu R_w elementu wewnętrzznego oraz zmniejszenie oporu R_z elementu zewnętrznego. Poza tym przez tamowanie prądów zmniejsza się ilość powietrza i gazów płynących do wentylatora głównego, wskutek czego podnosi się jego depresja i zmniejsza się zapotrzebowanie mocy przez silnik, a tym samym usuwa się niebezpieczeństwo jego przepalenia.

Tamowanie prądów bocznych wskazane jest przeprowadzać dopiero po postawieniu tamy zasadniczej. Wcześniejsze zamknięcie tam bocznych przyczyni się bowiem do zwiększenia dopływu powietrza do ognia, jego rozpalenia i zwiększenia lokalnych depresji pożaru na drodze dymów.

Jak z tego wynika, *tamowanie w czasie pożaru nawet wszystkich prądów bocznych po uprzednim zamknięciu tamy zasadniczej jest korzystne.*

Inaczej przedstawia się sprawa z prądem głównym, tzn. z drogą 1—2—4—5—6—7—8, wzdłuż której dopływa świeże powietrze do ognia

i odpływają dymy do szybu wydechowego. W prądzie głównym powinna znajdować się tylko tama zasadnicza, wszelkie zaś inne opory znajdujące się na tej drodze, jak np. tamy regulacyjne i wszelkie zatarasowania dróg powietrznych powinny być usunięte, gdyż obecność ich przyczynia się do zwiększenia R_z , a tym samym spowodować może odwrócenie prądów. Z tego też względu wskazane jest również całkowite otworzenie zasuwy przy wentylatorze. Naturalnie, że w takim przypadku w celu niedopuszczenia do spalenia silnika muszą być wcześniej otamowane prądy boczne.

Reasumując powyższe stwierdzenia należy wysnuć wniosek, że w celu uniknięcia odwrócenia się prądów w przypadku pożaru w prądzie wznoszącym się jest wskazane przegrodzenie kopalni tamami na dwie strefy wzdłuż pewnej linii AB (rys. 97 a), przechodzącej przez tamę zasadniczą T_1 . W I strefie kopalni łączącej się z szybem wdechowym panować będzie ciśnienie zbliżone do atmosferycznego, w strefe zaś II od strony szybu wydechowego ciśnienie będzie mniejsze ze względu na ssące działanie wentylatora i istnienie zgodnej z tym działaniem depresji cieplnej. Wskutek tej różnicy ciśnień powietrze ze strefy I będzie przenikało do strefy II przez nieszczelności tam. W I strefie kopalni ludzie będą mogli bezpiecznie wykonywać wszystkie czynności związane z gaszeniem pożaru.

W bocznicach, które mają połączenie z drogą dymów, ale w tych jej miejscach, gdzie są one już dostatecznie ochłodzone, a więc gdzie nie występuje ani poważniejsza lokalna depresja pożaru ani też niebezpieczeństwo ognisk wtórnych, można nawet tam nie zamykać lub ograniczyć się jedynie do zawieszenia płótna. W przypadku takim różnica ciśnień w I i II strefie kopalni, a więc i stabilność systemu będzie mniejsza, w większości jednak przypadków zupełnie wystarczająca dla uniknięcia odwrócenia się prądów.

W prądach nie otamowanych mających połączenie z drogą, którą płyną dostatecznie już ochłodzone dymy, można nawet bezpiecznie prowadzić roboty eksploatacyjne.

Podział kopalni na omawiane strefy najlepiej jest przeprowadzić wzdłuż drogi powietrznej, którą płynie dym do szybu wydechowego (rys. 97 b), gdyż w tym przypadku niemal cała kopalnia znajdzie się w strefie zabezpieczonej i będzie dostępna dla ludzi, zwłaszcza że wobec nieszczelności tam stabilizacyjnych pewna ilość powietrza będzie przez tę strefę przepływała.

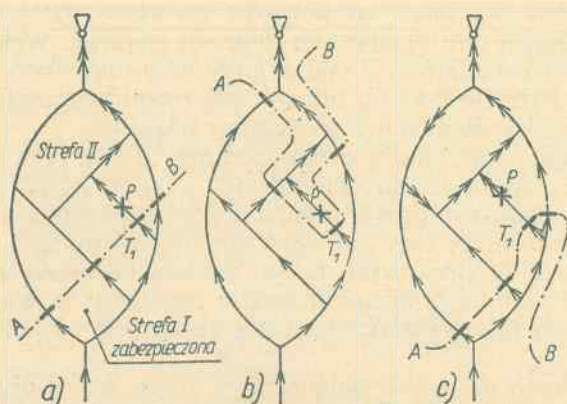
Jeżeli będzie chodziło o szybkie zabezpieczenie przynajmniej części kopalni przed odwracaniem się prądów lub jeżeli będzie chodziło o usunięcie zadymienia, które nastąpiło już przed przystąpieniem do akcji, wskazane może być wydzielenie zabezpieczonej strefy tylko wzdłuż drogi między szybem wdechowym i miejscem pożaru (rys. 97 c). W tym przypadku poza tamami kopalnia może być w wielu miejscach zadymiona. Zadymienie to da się jednak łatwo usunąć przez odpowiednie rozmieszczenie tam w części zadymionej i następnie otworzenie bocznych tam stabilizacyjnych wzdłuż zabezpieczonej drogi do pożaru.

Tak np. (rys. 98) po postawieniu tamy zasadniczej T oraz tam pomocniczych t_1 , t_2 i t_3 zabezpieczona strefa AB kopalni będzie nieduża. Poza tą strefą na skutek lokalnej depresji pożaru w bocznicach 10—5 zostaną odwrócone prądy 9—6 i 8—9. Dla usunięcia tego zadymienia wystarczy zamknąć tamę t_4 w bocznicach 8—10, do której kierują się dymy z prądów odwróconych, po czym będą mogły być otworzone tamy t_2 i t_1 (jeżeli temperatura dymów w punkcie 6 nie jest wysoka i nie grozi powstaniem wtórnego ogniska). Po postawieniu tam t'_3 i t'_4 oraz ewentualnie tamy t'_1

i otworzeniu t_3 zabezpieczona strefa kopalni zostanie rozszerzona do linii CD.

Tak więc dla zabezpieczenia kopalni przed zadymieniem w czasie pożaru w prądzie wznoszącym się konieczne jest:

1. zamknięcie tamy zasadniczej (od strony dopływu powietrza) w bocznicach, w której powstał pożar,
2. wydzielenie zabezpieczonej strefy kopalni, łączącej się z szybem wdechowym, przez jej odgródnienie tamami pomocniczymi,
3. usunięcie wszelkich dodatkowych oporów między szybem wdechowym i tamą zasadniczą oraz na drodze dymów do szybu wydechowego,
4. można nie stawiać tam pomocniczych tylko w tych bocznicach, którymi płynie nieduża ilość powietrza i które mają połączenie z drogą dymów w miejscu, gdzie są już one dostatecznie ochłodzone.



Rys. 97. Wydzielenie w kopalni strefy zabezpieczonej w przypadku pożaru we wznoszącym się prądzie



Rys. 98. Rozszerzenie strefy zabezpieczonej

b. Zabezpieczenie w przypadku istnienia schodzących dróg wentylacyjnych

W przypadku pożaru w prądzie schodzącym wydzielenie za pomocą tam strefy mającej połączenie z szybem wdechowym nie zawsze będzie dawało dostateczną gwarancję, że do strefy tej nie będą przedostawały się gazy pożarowe, gdyż przy dużej lokalnej depresji pożaru może ona przezwyciężyć różnicę ciśnień przed i za tamami i gazy mogą wychodzić przez nieszczelności tam do strefy wydzielonej. Wobec tego wskazane może tu być pozostawienie jednej nie otamowanej drogi CD, do której skieruje się mieszaninę dużej ilości świeżego powietrza z małą ilością wyciskanych przez tamę gazów, jak to pokazano na rys. 99.

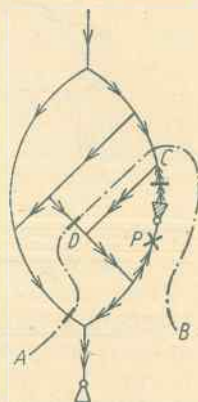
Ze względu na trudności związane z zabezpieczeniem kopalni w przypadku istnienia schodzących dróg wentylacyjnych, przepisy górnicze stoją w zasadzie na stanowisku, ażeby drogi wentylacyjne były wznoszące się. Wyjątki dopuszczalne są tylko wtedy (§ 303 PTEKW z r 1951), gdy w kopalniach zagrożonych pożarami nachylenie pokładu jest mniejsze od 5° , a w kopalniach nie zagrożonych pożarami — nie przekracza 10° .

Ten dopuszczalny wyjątek stał się powodem dużej katastrofy w dniu 21 marca 1954 r. w kopalni Barbara-Wyzwolenie (rys. 100). Pożar powstał

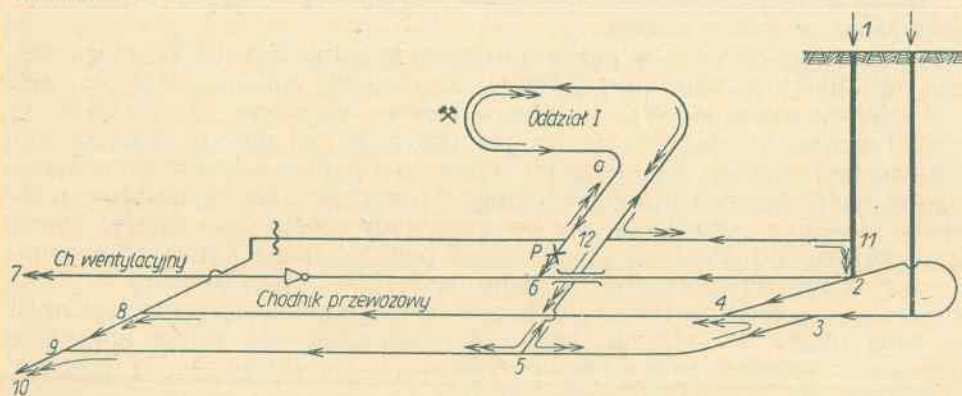
w punkcie *P* w schodzącym prądzie powietrza, co spowodowało odwrócenie się całego prądu w oddziale I i skierowanie się dymów do głównej drogi powietrza świeżego 3—9—10 płynącego do kilku dalszych oddziałów eksploatacyjnych.

W odniesieniu do tego wypadku nadmienić należy, że wyjątkowo niekorzystną rolę odegrało tu wyłączenie z chwilą zauważenia pożaru prądu elektrycznego, a tym samym i zatrzymanie wentylatora wtórnego, który znajdował się w bocznicy 6—7 (rys. 100). Przez takie zatrzymanie wentylatora odcięto swobodny odpływ dymów do chodnika wentylacyjnego, co w bardzo dużym stopniu przyczyniło się do ułatwienia odwrócenia prądu schodzącego, w którym powstał pożar. Niemniej jednak nawet i w tym przypadku, gdyby istniał swobodny odpływ dla dymów po zatrzymaniu wentylatora, odwrócenie prądu 5—12—6 musiało łatwo nastąpić ze względu na to, że pożar w bardzo krótkim czasie objął znajdującą się w pochylni 6—a gumową taśmę przenośnika. Wysoka temperatura gazów spalinowych musiała wytworzyć w tej pochylni dużą i niezgodną z działaniem wentylatora głównego depresję cieplną pożaru, która z łatwością pokonała depresję tego wentylatora, wynoszącą tu zaledwie około 30 mm słupa wody.

Wypadek kopalni „Barbara-Wyzwolenie“ powinien zwrócić uwagę na konieczność wprowadzenia odpowiednich zmian przepisu 803. Mianowicie należałoby dodać tu zastrzeżenie, że w przypadku odprowadzania powietrza drogami schodzącymi kierownictwo kopalni powinno przewidzieć dodatkowe zabezpieczenia.



Rys. 99. Zabezpieczenie kopalni przed zadymieniem w przypadku pożaru w prądzie schodzącym

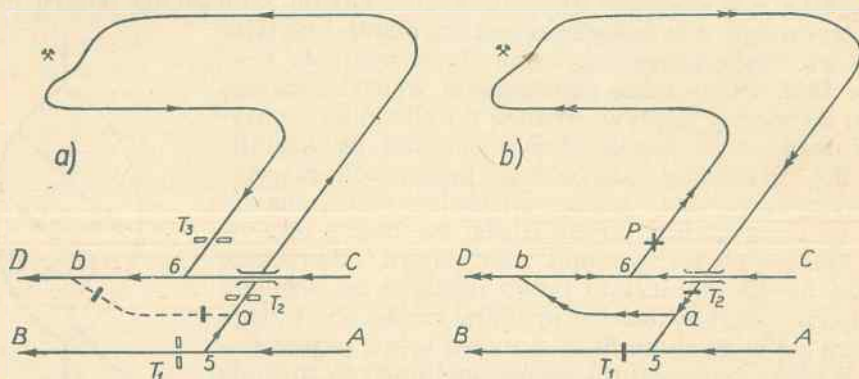


Rys. 100. Pożar w kopalni Barbara-Wyzwolenie w r. 1954

Dla przykładu można tu przytoczyć, że w omawianym przypadku takim dodatkowym zabezpieczeniem mogłoby być następujące rozwiązanie (rys. 101):

Między chodnikiem przewoźowym *AB* i wentylacyjnym *CD* (rys. 101 *a*) należy wykonać krótkie wyrobisko *ab* zamknięte normalnie dwiema tamami. Muszą być poza tym wykonane tamy bezpieczeństwa *T*₁, *T*₂ i *T*₃.

W przypadku pożaru w punkcie P (rys. 101 b) należy zamknąć tamy T_1 i T_2 i otworzyć tamy na krótkim połączeniu ab . Mała ilość gazów pożarowych wydobywających się przez nieszczelności tamy T_2 zostanie porwana silnym prądem powietrza na drodze 5-a-b i skierowana wprost do chodnika wentylacyjnego.



Rys. 101. Przykład dodatkowego zabezpieczenia w przypadku odprowadzania powietrza drogą schodzącą

4. Tamy bezpieczeństwa

Kopalnie węgla kamiennego w Polsce należą do największych w świecie, a liczba równocześnie zatrudnionych ludzi na dole w niektórych kopalniach przekracza tysiąc osób, przy czym w niedalekiej przyszłości przewiduje się jeszcze większe jednostki.

Okoliczność ta zmusza do zwrócenia szczególnej uwagi na bezpieczeństwo załogi w czasie pożaru.

Pożar może powstać w każdym miejscu kopalni. Zapalić się mogą węgiel lub niektóre rudy nie tylko w zgniecionej caliznie pokładu, lecz i w miejscu nagromadzenia urobku w każdym wyrobisku. Palić się może węgiel w wozach, obudowa drewniana, przypadkowo złożone w wyrobisku drewno do obudowy, jego odpadki, skrzynki i papier z opakowania materiałów wybuchowych drewniane tamy i przegrody, drzwi, drabiny, podkłady kolejowe, zbrojenia szybów i szybików, oleje oraz smary, taśmy transportowe itd. Ponieważ pożar może powstać nagle i niespodziewanie i większa lub mniejsza część kopalni może być objęta dymami w krótkim czasie, a nieduża nawet zwłoka w akcji ratowniczej pociągnąć musi za sobą ofiary w ludziach, przeto dla zabezpieczenia załogi konieczne jest, ażeby kopalnia była z góry przygotowana i dostosowana do możliwie szybkiego opanowania niebezpieczeństwa.

Środkiem do tego opanowania jest posiadanie odpowiednio rozmieszczonych zabezpieczających tam przeciwpożarowych, czyli krótko mówiąc tam bezpieczeństwa, z otwartymi drzwiami, które mogą być każdej chwili zamknięte.

Oczywiście najlepiej byłoby mieć przygotowane do zamknięcia tamy na obu końcach wszystkich bez wyjątku bocznic systemu. Tak daleko jednak posunięte środki ostrożności nie są konieczne przy racjonalnym systemie przewietrzania kopalni.

a. Racjonalny system przewietrzania kopalni

W kopalni zaniedbanej pod względem wentylacji drogi powietrzne stanowią tak skomplikowaną i zagmatwaną sieć wyrobisk, że nie tylko panowanie nad przewietrzaniem, lecz nawet orientowanie się w systemie rozprowadzania powietrza w warunkach normalnych staje się niemożliwością. Spotkać można niekiedy nawet duże kopalnie, w których od szeregu lat nie postawiono ani jednej tamy wentylacyjnej, a wskutek tego powietrze albo w ogóle nie dopływa do pól, albo też płynie jednym ciągiem przez kilka oddziałów, stwarzając dla pracy w dalej położonych wyrobiskach niemożliwe wprost warunki atmosferyczne. Dla zaradzenia temu kopalnia zamiast racjonalnego uregulowania systemu ~~zmuszona jest do posługiwania się~~ na szeroką skalę podziemnymi wentylatorami wtórnymi. Zainstalowany taki wentylator poprawia wprawdzie warunki pracy w jednym lub drugim polu, pogarsza natomiast w innych, co zmusza do stawiania dalszych wentylatorów, które znowu niwelują korzyści osiągnięte przez wentylatory wcześniej zabudowane. Stwarza się w ten sposób błędne koło. W systemie takim znajduje się mnóstwo prądów o nietrwałym lub wręcz niezdecydowanym kierunku powietrza, a więc prądy, które mogą być z łatwością odwrócone pod wpływem nawet małej depresji cieplnej lub zmian zachodzących w oporach innych prądów. Łatwo zrozumieć całą grozę sytuacji, w jakiej znajdzie się załoga takiej kopalni w czasie pożaru, kiedy trudno jest zlokalizować poważniejszy pożar i jedynym ratunkiem staje się izolowanie dużej części kopalni, co zmusza do budowania wielu dziesiątków tam w warunkach ogromnie niebezpiecznych, gdyż górnicy mogą być każdej chwili narażeni na odcięcie przez dymy lub wybuch. Taka akcja przeciwpożarowa trwać musi tygodniami lub miesiącami, pociągając za sobą straty wielu milionów złotych.

Wszystkie te trudności wybitnie zmniejsza racjonalny system przewietrzania.

Jednym z zasadniczych warunków racjonalnego schematu wentylacyjnego jest przewietrzanie każdego z pól wentylacyjnych *prądem niezależnym*, tzn. takim, na który inne prądy wywierają najmniejszy wpływ. Ściśle biorąc całkowicie niezależny będzie taki prąd, który z innymi prądami nie ma żadnych połączeń. Przewietrzanie za pomocą takich niezależnych w 100% prądów wymagałoby jednak posiadania tylu szybów wdechowych i szybów wydechowych, ile kopalnia posiada pól wentylacyjnych. Z warunkami takimi prawie nie spotykamy się w praktyce, a zwłaszcza w przypadku dużych kopalń. Zwykle prądy płynące do poszczególnych pól oddzielają się od wspólnego prądu świeżego powietrza i łączą się we wspólnym prądzie powietrza zużytego, a wobec tego niezależność ich jest tylko względna, niemniej jednak takie właśnie prądy przy przewietrzaniu kopalń zwa się prądami niezależnymi.

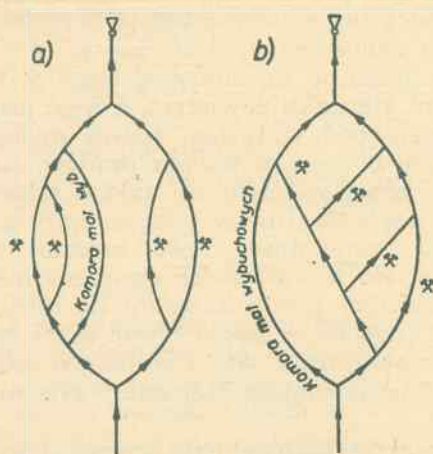
Prądem niezależnym nazywa się więc prąd, który oddziela się od prądu świeżego powietrza i po przewietrzeniu miejsca pracy lub odpowiedniej komory dołącza się do prądu powietrza zużytego.

Na rys. 102 przedstawiono przykłady systemów przewietrzania kopalń prądami niezależnymi, przy czym na jednym z podanych schematów (rys. 102 a) przedstawiono system normalny, na drugim przekątny (rys. 102 b). Ze względu na łatwość panowania korzystniejszy jest system normalny, niemniej jednak i system przekątny nie ma poważniejszych wad, jeżeli składa się wyłącznie z prądów niezależnych, odpowiadających wyżej podanej definicji.

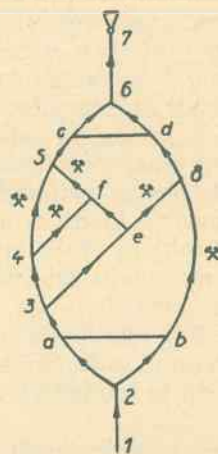
Żadne inne prądy oprócz niezależnych nie powinny być tolerowane, tzn. muszą być bądź to zlikwidowane (szczelnie podsadzone lub otamowane), bądź też zamknięte z obu stron szczelnymi tamami z drzwiami.

Nie powinny więc być tolerowane nie otamowane bocznice łączące dwa prądy powietrza świeżego, np. bocznicę $a-b$ na rys. 103, gdyż jak wykazało doświadczenie szeregu pożarów, obecność takich bocznic była niejednokrotnie przyczyną bardzo poważnych masowych wypadków zatrucia ludzi w dymie. Kierunek powietrza w takich bocznicach jest bardzo nietrwały, toteż łatwo może ulec odwróceniu płynący przez nie prąd i np. w przypadku pożaru w bocznicie $2-b$ wszystkie oddziały wentylacyjne mogą zostać zadymione.

Nie powinny być tolerowane również i bocznice (np. $c-d$) łączące ze sobą prądy powietrza zepsutego. Niebezpieczeństwo takich bocznic jest wprawdzie znacznie mniejsze, gdyż w prądzie wychodzącym pracuje mało



Rys. 102. Przykłady przewietrzania kopalni prądami niezależnymi, normalnymi (a) i przekątnymi (b)



Rys. 103. Wadliwy system przewietrzania

na ogół ludzi, niemniej jednak należy unikać takich prądów, gdyż niezależnie od tego, w jakim polu powstanie pożar, węzeł $c-6-d$ będzie zawsze zadymiony i droga do ucieczki znajdujących się tu ludzi będzie odcięta.

W przypadku konieczności doprowadzenia do kopalni większej ilości powietrza kilkoma równoległymi drogami należy szczelnie otamować przecinki łączące te drogi.

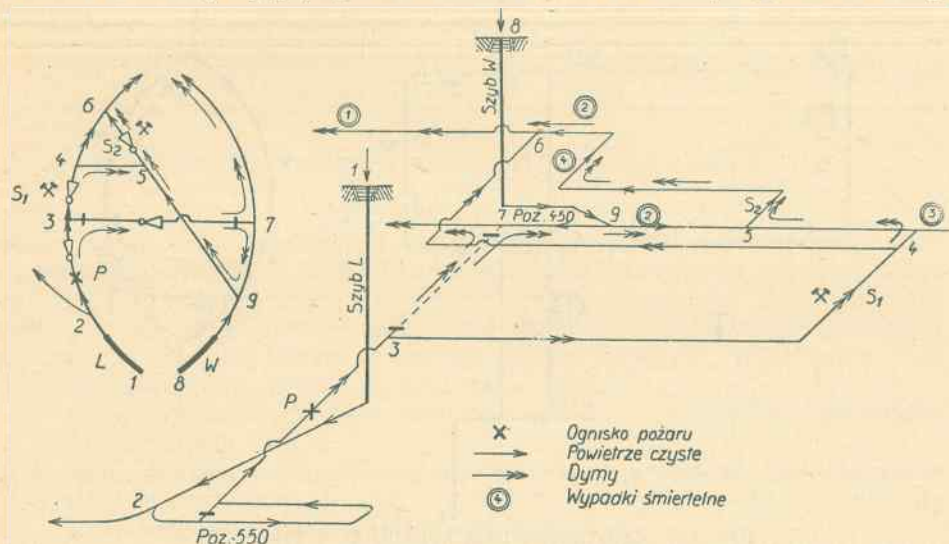
Nie należy tolerować również i bocznic (np. $e-f$) doprowadzających do miejsc pracy dodatkowe ilości nawet świeżego powietrza, ale z prądów płynących do innych oddziałów, gdyż takie miejsca będą podwójnie narażone na niebezpieczeństwo dostania się do nich dymów. Z drugiej strony pożar w oddziale, do którego dopływa kilka prądów świeżego powietrza, będzie trudniejszy do zlokalizowania i łatwiej może przyczynić się do odwrócenia prądów.

Zdarzają się przypadki, kiedy nie da się uniknąć węzłów w rodzaju węzła $2-a-b$, np. jeżeli bocznicę $a-b$ wchodzi w skład podszybia. Dla zabezpieczenia kopalni konieczne jest wówczas posiadanie w odpowiednich bocznicach zapasowych tam izolacyjnych ze szczelnie dopasowanymi drzwiami, które mogą być łatwo zamknięte.

Jeżeli wyrobiska stanowiące takie niekorzystne pod względem wentylacyjnym połączenia są niezbędne dla kopalni (np. jako drogi przewozowe), powinny one mieć na obu swych końcach szczelne tamy z drzwiami, w miarę możliwości podwójne. Takie otamowane bocznice należy uwidocznnić na schematach wentylacyjnych za pomocą linii przerywanych.

Jak niebezpieczny może być w czasie pożaru wadliwy schemat przewietrzania, dowodzić mogą następujące przykłady wzięte z praktyki:

Przykład 1 (1947). Oddział wydobywczy, w którym powstał pożar (rys. 104), obejmował dwa poziomy, a mianowicie poziom 450 m, na którym była czynna ściana S_2 , oraz poziom 550, gdzie prowadzona była ściana S_1 . Ściana S_1 otrzymywała powietrze z szybu wdechowego L drogą 1—2—3—4, ściana zaś S_2 z szybu W drogą 8—9—5—6. Niezależnie od tego część powietrza ze ściany S_1 płynęła chodnikiem 4—5 do ściany S_2 , a wobec tego



Rys. 104. Zadymienie kopalni Wierzchów w czasie pożaru w r. 1947

ściany te nie były przewietrzane prądami niezależnymi. Oprócz tego istniało połączenie 3—7 między prądami świeżego powietrza płynącymi z szybów L i W . Na połączeniu tym znajdowały się wprowadzone tamy z drzwiami, w bardzo jednak złym stanie, co nie przeszkadzało w przewietrzaniu kopalni w warunkach normalnych, gdyż prąd w bocznic 3—7 był bardzo słaby i nie miał zdecydowanego kierunku.

Jak z tego wynika, wadami schematu wentylacyjnego omawianego oddziału były: praktycznie nie otamowana bocznic 3—7 łącząca dwa prądy świeżego powietrza oraz doprowadzanie dodatkowej ilości powietrza do ściany S_2 bocznicą 4—5.

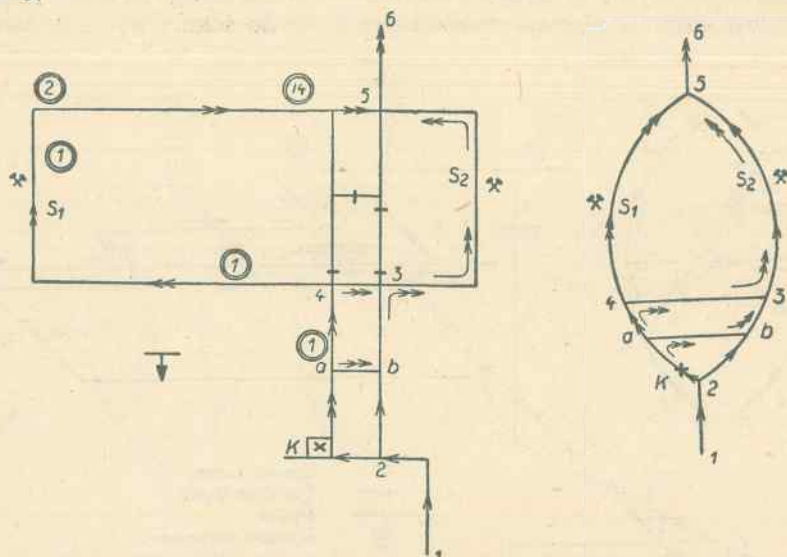
W dniu 15. II. 1947 o godz 6.10 ukazały się dymy na poziomie 450 w punkcie 9. Jak się okazało, pożar powstał w punkcie P z przyczyn zewnętrznych wskutek zapalenia gumowej taśmy transportowej. Przyczyną zapalenia mogło być zarówno zwarcie w przewodach elektrycznych lub zatarcie łożysk krążnika, jak i sabotaż.

Dymy wychodzące z pochylni 3—7 odcięły drogę ucieczki dla zatrudnionych w ścianach S_1 (10 ludzi) i S_2 (16 ludzi) oraz na drodze wentylacyjnej do szybu wydechowego (1 człowiek). Z ogólnej liczby 27 ludzi zasko-

czonych dymami ośmiu uratowało się własnymi siłami, siedmiu wyciągnęli robotnicy z zadymionej części chodnika głównego poz. 450 w pobliżu punktu 9, reszta w liczbie 12 ludzi zginęła w dymach.

Gdyby w omawianym oddziale były otamowane prądy 3—7 i 4—5 nie doszło by do tak poważnej katastrofy i w najgorszym razie zginąłby jeden robotnik zatrudniony w prądzie wychodzącym oraz trzech górników, którzy schronili się w części chodnika przewozowego tuż za górną częścią ściany S_1 , prawdopodobnie w przypuszczeniu, że płynące dymy mają charakter chwilowy.

Przykład 2 (1951). W wydobywczym polu kopalni (rys. 105) prowadzono ścianę S_1 i rozpoczęto ścianę S_2 , przy czym urobek opuszczano pochylnią 2—3.



Rys. 105. Zadymienie pola kopalni Ł w roku 1951

Pożar powstał w nieużywanej komórce K prawdopodobnie wskutek nieostrożnego obchodzenia się z ogniem, przy czym dymy skierowały się nie tylko do obłożonej ściany S_1 , lecz również i przez przecinki $a—b$ oraz $4—3$ do ściany S_2 .

W ten sposób zatrudnieni w ścianie zostali otoczeni dymami ze wszystkich stron. Część z nich starała się ratować ucieczką chodnikiem podścianowym przeciwko prądowi dymu, większość — chodnikiem nadścianowym, nikomu jednak nie udało się uratować i wszyscy zginęli w dymach.

Jak wynika z rys. 105, każda ze ścian była tu przewietrzana prądem niezależnym, a więc zgodnie z zasadami racjonalnego rozprowadzania powietrza; przyczyną masowego wypadku z ludźmi był z jednej strony gwałtowny rozwój pożaru, z drugiej zaś istnienie nie otamowanych bocznic (przecinek) $a—b$ i $4—3$ łączących oba prądy niezależne.

Gdyby przecinki 2— K i $a—b$ były otamowane i gdyby istniała tama rejonowa w przecince 3—4, którą można byłoby zamknąć w czasie pożaru, dymy nie skierowałyby się do ściany S_2 i ludzie, którzy uciekali chodnikiem nadścianowym i zginęli w pobliżu punktu 5, byłiby się na pewno uratowali.

Przykład 3 (1946). W opisywanym wcześniej przykładzie, (zob. rys. 68), przyczyną zadymienia w czasie pożaru całej kopalni było nie tylko odwrócenie prądu schodzącego, lecz — i to głównie — istnienie nie otamowanych połączeń 13—5, 12—4, 11—3 i 10—2 między dwoma niezależnymi prądami świeżego powietrza.

Jak z powyższego wynika, jest bardzo niebezpieczne doprowadzanie świeżego powietrza dwoma drogami, nawet równoległymi, jeżeli między nimi są nie otamowane bocznice (przecinki), gdyż w tym przypadku niezależnie od tego, w której z tych dróg powstanie pożar, obie one będą zadymione.

Wiele wypadków podobnych do opisanych przyczyniło się do wprowadzenia w nowych polskich „Przepisach technicznej eksploatacji kopalń węgla” (1951) obowiązku dzielenia kopalń na możliwie dużą ilość rejonów wentylacyjnych przewietrzanych prądami niezależnymi (§ 802) oraz obowiązku umieszczenia przynajmniej dwóch tam wentylacyjnych z drzwiami w wyrobiskach łączących dwa prądy niezależne (§ 806), jeżeli wyrobiska te mają służyć dla przewozu lub przejścia ludzi.

b. Rozmieszczenie tam bezpieczeństwa

W oparciu o wyżej przytoczone rozważania w naszych polskich „Przepisach technicznej eksploatacji kopalń węgla” (1951) wprowadzono obowiązek posiadania przez kopalnie gotowych tam zabezpieczających z otwartymi drzwiami, które mogą być każdej chwili zamknięte. Tamy te mają podwójny cel, a mianowicie ułatwienie stabilizacji pożądanego kierunku prądów, jak i późniejszego izolowania pól pożarowych, przy czym wyróżnia się dwa rodzaje tych tam, a mianowicie:

1. *tamy rejonowe* umieszczane na początku i na końcu każdego prądu niezależnego,
2. *tamy grupowe*, przez które płynie świeże powietrze do kilku rejonów wentylacyjnych; tamy te muszą być umieszczone we wszystkich rozgałęzieniach świeżego powietrza.

Niezależnie od tego w pokładach szczególnie skłonnych do samozapalenia należy tamy umieszczać również i wewnątrz rejonów wentylacyjnych przy wlocie powietrza do pól eksploatacyjnych (*tamy polowe*). Potrzeba posiadania tam polowych zachodzi wtedy, gdy kilka pól jest przewietrzanych jednym prądem niezależnym. Np. w przypadku pokazanym na rys. 104 można byłoby cały prąd powietrza ze ściany S_1 skierować drogą 4—5 do ściany S_2 , a wówczas tama polowa powinna być przed wlotem powietrza do ściany S_2 , przy czym prąd 9—5 powinien być otamowany.

Przez pojęcie *rejon* należy rozumieć kompleks wyrobisk przewietrzanych niezależnym prądem powietrza.

Za tamami rejonowymi lub polowymi prąd powietrza nie powinien w zasadzie rozdzielać się. Tolerowane mogą być tylko przypadki rozgałęzienia powietrza w samym polu eksploatacyjnym, np. przy prowadzeniu bliźniaczych ścian w systemie poprzecznym lub przy przewietrzaniu poszczególnych zabierek w systemie filarowym.

Przykład rozmieszczenia tam bezpieczeństwa pokazano na rys. 106.

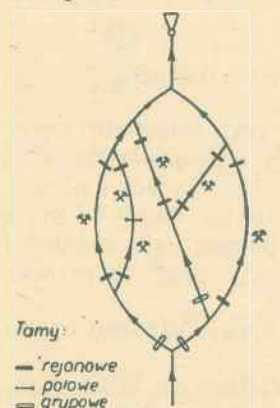
Jeżeli pożar powstaje w polu eksploatacyjnym przewietrzanym prądem niezależnym, wlotowa tama rejonowa lub polowa odgrywa rolę zasadniczej tamy stabilizacyjnej, której zamknięcie jest zawsze bardzo korzystne i w żadnym przypadku nie może przyczynić się do odwrócenia innych

prądów niezależnych. Nie ulegną odwróceniu te prądy i wówczas, gdy oprócz tamy rejonowej w polu pożarowym zostaną przez omyłkę zamknięte inne tamy rejonowe. Zamknięcie tamy wylotowej jest mniej korzystne niż zamknięcie tamy wlotowej, gdyż jakkolwiek zabezpiecza ona przed odwróceniem prądów bocznych, to jednak przyczynić się może do cofania się dymów.

Mając powyższe na uwadze należy wyciągnąć wniosek, że w razie pożaru obowiązkiem każdego jest zamknięcie wlotowej tamy rejonowej (lub polowej) w polu zaognionym lub podejrzanym o możliwość istnienia w nim pożaru. Po zamknięciu tamy trzeba jak najprędzej oddalić się od niej, ze względu na możliwość wybuchu gazów pożarowych za tamą.

Zamknięcie rejonowej tamy wylotowej może być wskazane wtedy, gdy załoga szuka ucieczki w kierunku chodnika wentylacyjnego, jak było np. w przypadkach pokazanych na rys. 104 i 105.

Inaczej przedstawia się sprawa z tamami grupowymi, przez które płynie powietrze do kilku prądów niezależnych. Zamknięcie takiej tamy może być czasami konieczne, czasami zaś wręcz szkodliwe, gdyż w przypadku pożaru w jednym z prądów niezależnych inne prądy poza zamkniętą tamą grupową muszą ulec odwróceniu, co pociągnie za sobą zadymienie odnośnej części kopalni oraz przypuszczalny wybuch gazów pożarowych. Dlatego też zamykanie tam grupowych dozwolone jest tylko na wyraźny rozkaz kierownika akcji przeciwpożarowej. Wyjątek stanowi jedynie przypadek, gdy przez daną tamę płyną dymy bądź to wskutek pożaru w prądzie świeżego powietrza, bądź też wskutek odwrócenia niektórych prądów niezależnych i zadymienia kopalni. Zamknięcie tamy w takim przypadku przyczynić się może zarówno do izolowania się od dymów, jak i do przywrócenia prądom odwróconym pierwotnego ich kierunku. Tak więc obowiązkiem każdego powinno być zamknięcie tamy zarówno grupowej



Rys. 106. Rozmieszczenie tam bezpieczeństwa

jak i rejonowej w przypadku gdy, płynie przez nią dym w kierunku rejonu wentylacyjnego.

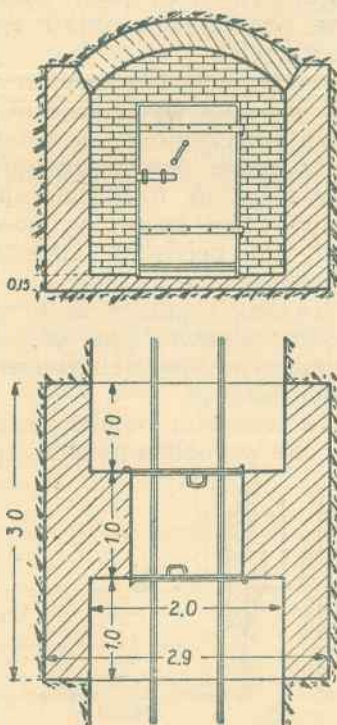
Jak z powyższego wynika, rola tam bezpieczeństwa jest dwójaka, a mianowicie służą do stabilizacji (zabezpieczenia kopalni przed zadymieniem lub jego usunięcie) oraz do izolacji prądów (w przypadku pożaru w prądzie świeżego powietrza przed tamami), a wobec tego muszą one być zbudowane jak najdokładniej pod względem szczelności. Im bliżej szybu wdechowego znajduje się tama grupowa, tym większe jest jej znaczenie dla kopalni, gdyż przez taką tamę powietrze płynie do większej liczby rejonów. Tamy takie muszą być jak najszczelniejsze, a więc np. zbudowane z betonu z drzwiami stalowymi (rys. 107).

Tamy rejonowe oraz mniej ważne tamy grupowe mogą być drewniane (rys. 108).

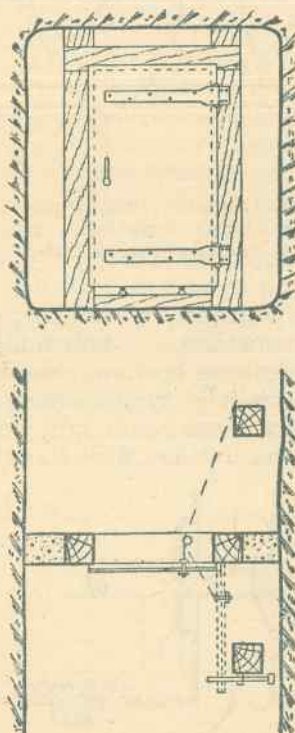
Otwierać i zamykać drzwi w tamie bezpieczeństwa można bądź to ręcznie, bądź też zdalnie lub automatycznie za pomocą urządzenia działającego przy określonej temperaturze. Drzwi z urządzeniem automatycznym wskazane jest urządzać w komorach maszynowych, wtedy jednak konstrukcja ich musi umożliwiać łatwe wyjście ludziom znajdującym się w komorze.

Odstępstwa od przytoczonych tu zasad rozmieszczenia i budowy tam bezpieczeństwa nie powinny być tolerowane w kopalni, której kierownictwo dba o bezpieczeństwo załogi. Żadne względy oszczędnościowe nie mogą tu być brane pod uwagę. Jeżeli bowiem nawet w najmniejszym, najbardziej prymitywnym i najtańszym domu robi się drzwi do każdej ubikacji i do każdej nawet komórki, to tym bardziej nie powinno się oszczędzać ani na ilości i solidności wykonania tam bezpieczeństwa w kopalni, ani też na utrzymaniu ich w stanie zdatnym do użycia każdej chwili, zwłaszcza, że chodzi tu o bezpieczeństwo życia setek lub nawet tysięcy ludzi.

Zadnych innych tam bezpieczeństwa oprócz wyżej wymienionych tam grupowych, rejonowych i polowych raczej nie powinno się tolerować. Do-



Rys. 107. Tama bezpieczeństwa z podwójnymi drzwiami

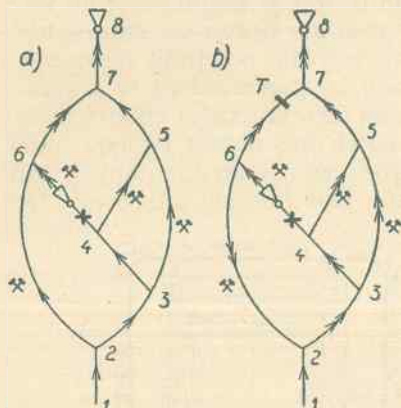


Rys. 108. Drewniana tama bezpieczeństwa

tyczy to przede wszystkim grupowych tam bezpieczeństwa na drogach powietrznych prowadzących do szybu wydechowego. Przypadkowe zamknięcie takiej tamy w czasie pożaru, podobnie jak i zamknięcie niewłaściwej tamy grupowej w prądzie świeżego powietrza, może pociągnąć za sobą nieobliczalne wprost skutki i to tym groźniejsze, że o ile do niepotrzebnie zamkniętej tamy w świeżym powietrzu można dojść i naprawić błąd przez jej otwarcie, o tyle dojście do takiejże tamy od strony dymów płynących do szybu wydechowego jest niezmiernie trudne albo nawet wręcz niemożliwe.

Przykładowo można to rozpatrzeć w oparciu o system wentylacyjny przedstawiony na rys. 109. Jeżeli w przypadku pożaru w bocznicach 4—6 ktoś znajdujący się w pobliżu punktu 7 zamknie tamę T w celu izolowania

się od dymów, to spowoduje odwrócenie wprowadzie jednego tylko prądu 2—6, ale jednocześnie z tym i zadymienie całej kopalni (rys. 109 b). A więc chcąc izolować się od dymów nie tylko spowoduje masowe ofiary w ludziach we wszystkich oddziałach kopalni, lecz i sam będzie miał odciętą przez dymy drogę do świeżego powietrza.



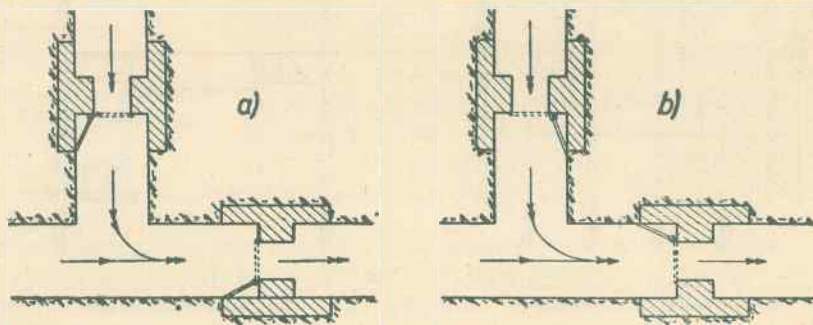
Rys. 109. Zadymienie całej kopalni w przypadku zamknięcia tamy grupowej T w prądzie wychodzącym

Z tych również względów tamy regulacyjne (okna), jeżeli umieszcza się je w prądzie wychodzącym, mogą być stawiane tylko w prądach niezależnych. Nie mogą być natomiast tolerowane tamy regulacyjne grupowe dławiące przepływ powietrza z kilku rejonów wentylacyjnych.

Ponieważ tama regulacyjna postawiona w prądzie wychodzącym z rejonu może przyczynić się do cofania się dymów w czasie pożaru, przeto nowe nasze przepisy (§ 812) zalecają stawianie tych tam raczej w powietrzu świeżym na początku niezależnego prądu.

Jeżeli w prądzie niezależnym znajduje się tama regulacyjna, to nie jest konieczne stawianie w tym miejscu również i rejonowej tamy bezpieczeństwa, zamknięcie bowiem okienka tamy regulacyjnej będzie równoznaczne z zamknięciem w tym miejscu tamy bezpieczeństwa.

Przy rozmieszczeniu tam bezpieczeństwa oraz tam regulacyjnych należy mieć na uwadze, ażeby znajdowały się one w pobliżu sąsiedniego prądu.



Rys. 110. Poprawny (a) i niewłaściwy (b) kierunek otwierania drzwi w tamie bezpieczeństwa

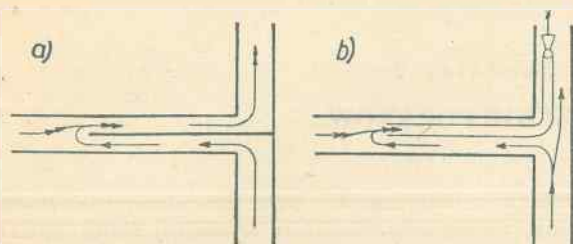
du, a więc ażeby były one łatwo dostępne nawet w przypadku, gdy płynie przez nie dym. Poza tym drzwi w tych tamach powinny otwierać się w stronę, która umożliwia najłatwiejsze zamknięcie (rys. 110).

5. Wejście do wyrobisk zadymionych

Potrzeba wejścia do wyrobisk zadymionych zachodzi wtedy, gdy pożar znajduje się w wyrobisku ślepyim bez drugiego wyjścia, lub gdy należy wykonać pewne czynności, np. postawić tamę w wyrobisku, z którego wy-

chodzi dym. Wejście do wyrobisk zadymionych wymaga w zasadzie zaopatrzenia ratowników w aparaty oddechowe, niemniej jednak w wielu przypadkach można częściowo lub całkowicie usunąć zadymienie przez zastosowanie środków wentylacyjnych i ułatwić tym samym zarówno wejście do wyrobiska, jak i wykonanie w nim pracy.

Spośród środków wentylacyjnych używa się przegród podłużnych z desek lub płótna (rys. 111 a) oraz lutni blaszanych lub płóciennych z wentylatorem (rys. 111 b). Po-

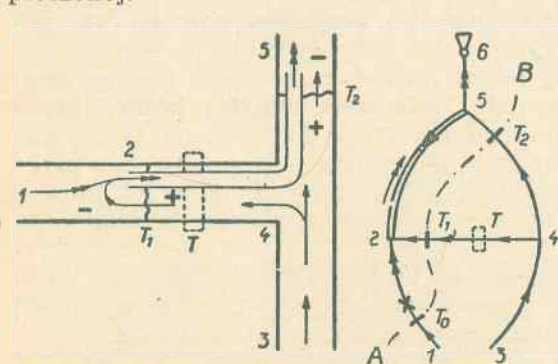


Rys. 111. Częściowe usunięcie zadymienia za pomocą przegrody (a) lub lutni wentylacyjnej (b)

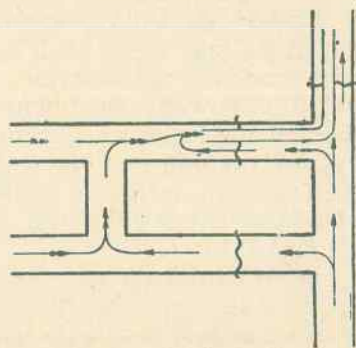
nieważ w przypadku pożaru chodzi zwykle o szybkość akcji, przeto dużą usługę oddają tu przegrody i lutnie płócienne (w jednym wozie można zmieścić 50—60 m lutni płóciennych średnicy 500 mm).

Lepszym sposobem zabezpieczenia się przed dymami jest sposób zaproponowany przez J. Kornec-

kiego (1951), przedstawiony na rys. 112. Zawieszenie tam płóciennych T_1 i T_2 przyczynia się do podniesienia (+) ciśnienia przed tamami, co utrudnia lub nawet uniemożliwia zarówno skierowanie się dymu do odcinka T_1-4 , jak i odwrócenie prądu $4-T_2-5$, zwłaszcza jeżeli pożar został już otamowany tamą T_0 od strony dopływu świeżego powietrza. W przypadku takim część kopalni przed linią AB znajduje się w strefie zabezpieczonej.



Rys. 112. Zabezpieczenie się przed dymami w miejscu stawiania tamy wylotowej T



Rys. 113. Usunięcie zadymienia w podwójnym chodniku wylotowym

Sposób ten został wypróbowany z pomyślnym skutkiem przy stawianiu w czasie pożaru ostatecznej tamy ogniowej T, co umożliwiło budowę tej tamy bez użycia aparatów oddechowych.

Na rys. 113 pokazano sytuację, gdy chodnik wylotowy dla dymów jest podwójny i połączony przecinkami.

Rozdział V

GASZENIE POŻARÓW

Do powstania i rozwoju pożaru niezbędne są trzy warunki: obecność materiału palnego, doprowadzenie go do odpowiednio wysokiej temperatury i dostateczny dopływ tlenu (powietrza). Brak nawet jednego z tych warunków musi przerwać rozpoczęty pożar, dlatego też gaszenie pożaru polega na wyeliminowaniu jednego, dwóch lub nawet wszystkich tych trzech warunków. W związku z tym pożar można gasić przez:

1. usunięcie materiału palnego,
2. obniżenie temperatury,
3. zatrzymanie dopływu tlenu do ogniska.

1. Sposoby gaszenia pożarów

Metody gaszenia polegające na usuwaniu materiału palnego (np. palących się mas węgla) lub na bezpośrednim oddziaływaniu na ognisko pożaru środkami gaśniczymi noszą nazwę *metod aktywnych*. Oprócz tych metod stosowane są również *metody izolowania* ogniska pożaru przez otamowanie i niedopuszczenie do niego powietrza, dzięki czemu pożar sam wygasa. *Metody kombinowane* polegają na izolacji pola pożarowego przez otamowanie i następnie na bezpośrednim gaszeniu ognia takimi lub innymi metodami aktywnymi (np. zamuleniem, podsadzką płynną, gazami obojętnymi itd.).

Jeżeli ognisko pożaru jest dostępne dla ludzi lub jeżeli dostęp ten może być stosunkowo łatwo uzyskany przez wykonanie specjalnych wyrobisk, należy z reguły dążyć do ugaszenia pożaru sposobami aktywnymi.

Gdy ognisko jest niedostępne (np. pożar w starych zrobach), stosuje się izolację pola. Do sposobu tego ucieka się również i przy otwartych pożarach (które w zasadzie można byłoby ugasić wodą lub innymi środkami), jeśli w kopalni brak odpowiednich środków gaśniczych, lub wtedy, gdy wskutek spóźnionej akcji przeciwpożarowej intensywność ognia jest tak duża, że zastosowanie sposobu aktywnego staje się bardzo kosztowne lub niebezpieczne dla ludzi. Izolacja stosowana jest przy większości pożarów endogenicznych w grubych pokładach węgla.

Sposoby kombinowane stosuje się wtedy, gdy wskutek wysokiej temperatury nie można zbliżyć się do ogniska pożaru ani od strony wylotu dymów, ani też od strony dopływu powietrza do ognia. W celu zatrzymania rozwoju pożaru i częściowego jego przytłumienia pożar izoluje się tamami. W tym czasie doprowadza się do pola pożarowego wodę lub inne środki gaśnicze, a następnie ratownicy wchodzi przez pozostawione w tamach

włazy i gaszą ognisko metodami aktywnymi. Dla ułatwienia warunków pracy może być wskazane całkowite otworzenie tam i stłumienie pożaru dużymi masami środków gaśniczych. Czasami likwidację otamowanego pożaru przeprowadza się przez zamulanie ogniska lub doprowadzenie do otamowanej przestrzeni gazów obojętnych. W przypadkach takich nie jest naturalnie konieczne wchodzenie ludzi poza tamy.

2. Usuwanie materiału palnego

Usunięcie materiału palnego, a więc zagrzanego lub palącego się węgla lub rudy siarczkowej, jest najpewniejszym i najskuteczniejszym sposobem zwalczania rozpoczętego pożaru.

Sposób ten może być stosowany tylko w tych przypadkach, gdy możliwe jest dojście do samego ogniska, to znaczy tylko w początkowym okresie pożaru, gdy nie przybrał on jeszcze dużych rozmiarów. Wybranie palącego się węgla jest możliwe wówczas, gdy otwarte ognisko pożaru jest małe lub — przy dużym ognisku — gdy węgiel nie pali się jeszcze płomieniem. W obu tych przypadkach w celu ułatwienia wybierania palącego się węgla i zapobieżenia rozszerzaniu się pożaru wskazane jest obniżyć temperaturę za pomocą wody, zamulania lub innych środków gaśniczych.

W niektórych kopalniach wybieranie palącego się lub zagrzanego węgla jest zawsze poprzedzane robotami wstępnymi dla przeszkodzenia rozszerzaniu się ognia i pojawieniu się płomienia w wyrobisku. W tym celu stosowane jest rapowanie ścian gliną lub ubijanie warstwy gliny do 0,50 m grubości wzdłuż ścian i piętra chodnika, by z jednej strony przeszkodzić przesączaniu się powietrza do ogniska pożaru, które znajduje się zwykle w głębi calizny, z drugiej zaś dla ochrony obudowy drewnianej przed zapaleniem. Po otoczeniu taką izolacją ogniska pożaru tłoczy się do szczelin w caliznie wodę lub zamula się je, a następnie przystępuje się do wybierania węgla.

Wybieranie zagrzanego lub palącego się węgla w przypadku pożaru w caliznie należy prowadzić możliwie szybko, przy czym wytworzone pustki należy natychmiast podsadzać materiałem niepalnym. Unikać należy obnażenia większej powierzchni palącego się węgla w celu zmniejszenia dopływu powietrza do ognia oraz zmniejszenia możliwości zawałów. Wskazane wobec tego jest, zwłaszcza przy słabym stropie, wybieranie węgla za pomocą wąskich ($1,5 \div 2$ m) i dobrze obudowanych wyrobisk, które muszą być doprowadzone na $1 \div 2$ m do zdrowej, niezagranej calizny, tzn. takiej, której temperatura nie przewyższa 40°C . Wzmocniony prąd powietrza potrafi łatwo ochłodzić w takich miejscach caliznę do normalnej temperatury.

Przed przystąpieniem do wybierania dalszej części calizny poprzednie sąsiednie wyrobisko musi być szczelnie podsadzone. Wybieranie na raz większych przestrzeni możliwe jest tylko przy odpowiednio mocnym stropie.

Przy wybieraniu ogrzanych skał, gdy stosuje się drewnianą obudowę, należy ją zwilżać wodą na każdej zmianie. Lepsza jest w takich przypadkach przenośna obudowa metalowa.

W przypadku stosowania materiałów wybuchowych należy zachować wszelkie środki ostrożności przy nabijaniu i strzelaniu. Temperatura do 45°C jest uważana za bezpieczną przy ładowaniu otworów strzałowych. Jeżeli temperatura przekracza 45°C , pozostawia się otwory na $2 \div 3$ doby

niezaładowane do czasu ochłodzenia lub też tłoczy się do nich wodę, czasami w ciągu kilku dni. Na dno otworów daje się mokry piasek.

W pobliżu ogniska pożaru występuje czasami obfite wydzielanie pary i gazów, a przy zalewaniu wodą tworzy się ponadto znaczna ilość dymu. Temperatura często bywa bardzo wysoka, co uniemożliwia pracę ludzi zaopatrzonych w aparaty oddechowe. Okoliczności te przemawiają za koniecznością dobrego przewietrzania miejsca pracy. Może to wprawdzie zwiększyć niebezpieczeństwo rozpalenia się ognia, ale w danym przypadku odgrywa główną rolę szybkość wykonania pracy. Większość nieudanych w praktyce prób wybierania ogniska była spowodowana złym przewietrzaniem miejsca pracy, a już z góry można się liczyć z niepowodzeniem przy wykonywaniu w takich warunkach wdzierki do góry ze względu na gromadzenie się we wszystkich dzwonach gorącego powietrza lub gazów.

Dla polepszenia przewietrzania miejsca pracy stosuje się przegrody płócienne i lutnie z wentylatorami, przy czym celowe może być chłodzenie doprowadzanego powietrza za pomocą rozpylania wody.

Odzież drużyny ratowniczej zatrudnionej przy gaszeniu pożaru metodami aktywnymi powinna nadawać się do pracy w wysokiej temperaturze oraz chronić pracującego przed oparzeniem. Próby przeprowadzone z odzieżą azbestową wykazały, że nie nadaje się ona w wyrobiskach podziemnych, gdyż jest dobrym przewodnikiem ciepła. Bardziej odpowiednią okazała się odzież z wełnianej flaneli lub ze skóry; powinna ona być uzupełniona flanelowym kapturem i rękawicami. W ostatnich latach prowadzone są w ZSRR prace badawcze nad wytworzeniem dla ratownictwa górniczego odzieży chłodzącej.

W przypadku kopalń gazowych i obecności wyrw, dzwonów i ślepych wyrobisk, gdzie mogą gromadzić się gazy palne, wybieranie ognisk pożarowych staje się bardzo niebezpieczne, toteż praktykuje się je tylko przy stosunkowo niskiej temperaturze i pod warunkiem szybkiego wybierania. Z chwilą pojawienia się ognia wyrobisko należy natychmiast podsadzić lub otamować.

Jeżeli pożar zauważono dostatecznie wcześnie, jeżeli ognisko znajduje się niegłęboko w ścianach lub stropie wyrobiska i jeżeli rozporządza się dostatecznymi środkami wentylacyjnymi i gaśniczymi, można liczyć na powodzenie zlikwidowania pożaru przez wybieranie węgla. Często jednak po upływie już kilku godzin stan ognia oraz możliwości zawałów lub wybuchów stają się tak groźne, że omawianego sposobu walki nie można już zastosować.

Jeżeli w trakcie pracy pożar się rozszerza i pomimo zastosowania wszelkich środków ogień pojawia się w wielu punktach kalizny lub obudowy, jest to wskaźnikiem, że rozwój pożaru jest szybszy od wybierania węgla a wobec tego należy zaniechać dalszego jego wybierania i dla ugaszenia pożaru szukać innych sposobów.

Wybieranie dużych ognisk pożarowych nie powinno być stosowane w pokładach stromych.

3. Środki gaśnicze

Sposoby aktywnego gaszenia pożarów mogą być prowadzone przy użyciu następujących środków technicznych: wody, piasku lub pyłu kamiennego, zamulania, gaśnic chemicznych oraz gazów obojętnych.

a. Woda

Woda jest najprostszym, najbardziej skutecznym i najczęściej stosowanym środkiem gaszenia pożarów. Główną zaletą wody jako środka gaśniczego jest to, że jej ciepło właściwe (tablica 8) jest wyższe, aniżeli wszystkich innych ciał; poza tym bardzo wysokie jest ciepło parowania wody ($r = 539$), a wskutek tego ze wszystkich ciał woda odznacza się największym działaniem chłodzącym.

Tablica 8

Ciepło właściwe c

Ciało	c	Ciało	c	Ciało	c
Azot N_2	0,24	Granit	0,20	Powietrze	0,24
Beton	0,21	Koks	0,20	Wapień	0,21
Dwutlenek węgla CO_2	0,20	Lód	0,50	Węgiel drzewny	0,20
Cegła	0,22	Para wodna	0,48	Węgiel kamienny	0,31
Drewno twarde	0,57	Piaskowiec	0,22	Woda	1,00
Drewno miękkie	0,65	Popiół	0,20	Żużel	0,18

Tak np. dla ogrzania 1 kg wody o temperaturze $10^\circ C$ do $100^\circ C$ i zamiany jej na parę musi być zużyta ilość ciepła

$$90 + 539 = 629 \text{ kcal}$$

gdy tymczasem dla takiego samego ogrzania 1 kg piasku trzeba tylko

$$0,22 \cdot 90 = 19,8 \text{ kcal}$$

Z 1 litra wody powstaje około 1700 litrów pary, która otaczając palące się ciało utrudnia dopływ powietrza do ognia. Poza tym silny strumień wody mechanicznie zbija płomień z palących się przedmiotów.

Stosując wodę do gaszenia pożarów pamiętać jednak należy, że woda daje duży efekt, gdy wypuszcza się ją na ognisko w dużych ilościach. Gaszenie jednak wodą wymaga zachowania odpowiednich *środków ostrożności*. Tak np. jeżeli strumień wody skieruje się na środek palącej się masy, to wytwarza się tak duża ilość pary, że może ona spowodować oparzenie ludzi. Oprócz tego w czasie gaszenia mogą być wyrzucane palące się kawałki węgla lub gorące żużle. Wobec tego należy zaczynać ochładzanie masy z najmniej nagrzanym powierzchniami na obwodzie ogniska i zbliżać się stopniowo do jego środka. Musi być przy tym przewidziany swobodny wylot dla pary.

Oprócz dużych zalet woda jako środek gaśniczy ma jednak szereg poważnych wad. Wskutek wytwarzania bardzo dużej ilości pary nie nadaje się do gaszenia ognia w przestrzeni zamkniętej, bez pozostawienia bowiem swobodnego wylotu dla pary może się wytworzyć tak duże ciśnienie, że nawet bardzo mocne tamy mogą być rozbite. Zachodzi więc tu niebezpieczeństwo *eksplozji pary*, podobnie jak podczas eksplozji kotłów parowych.

Tak np. w czasie pożaru w kopalni Hohenzollern w roku 1909 po 15 min doprowadzania wody do ognia w przestrzeni otamowanej została wysadzona w chodniku noga węglowa grubości około 1 m, postawiona w odległości od niej o 4,5 m tama kłocowa i 2 m dalej tama betonowa grubości 10 cm, wzmocniona podporami z murów, przy czym trzech obserwatorów zostało śmiertelnie oparzonych.

Przy polewaniu ognia niedużą ilością wody i słabymi strumieniami następuje czasami dysocjacja pary wodnej z wytworzeniem bądź tlenu i wodoru (w temperaturze 1300 °C) bądź też gazu wodnego, których obecność sprzyja paleniu i wytworzeniu wybuchowych mieszanin gazowych. Poza tym pośród składników gazu wodnego występuje trujący tlenek węgla, a więc zwiększa się ilość jego w gazach pożarowych.

Woda nie nadaje się do gaszenia ognia w pobliżu składów karbidu ze względu na tworzenie się acetyleny, jak i gaszenia palących się cieczy (oprócz spirytusu, który rozpuszcza się w wodzie), i topniejących materiałów palnych. Polewanie wodą może przyczynić się do zwiększenia powierzchni pożaru wskutek wypływania tych materiałów na powierzchnię wody. Wady tej nie ma woda podawana do miejsca pożaru w postaci rozpylonej. Nie można używać wody do polewania rozżarzonych metalowych przedmiotów, gdyż odkształcają się (pękanie kotłów, belek żelaznych), jak również przewodów i urządzeń elektrycznych będących pod prądem, gdyż wskutek przewodzenia prądu przez wodę nastąpić mogą zwarcia, jak również porażenia prądem ludzi.

Przy słabych skałach bocznych woda doprowadzona w większych ilościach może przyczynić się do powstawania zawałów, uniemożliwiających dostęp do ogniska.

Woda może być z powodzeniem stosowana przy pożarach obudowy drewnianej, jak również w początkowym stadium pożarów w węglu dla ochłodzenia zaognionej calizny lub ugaszenia sposobem aktywnym mniejszego pożaru.

Jednym z zasadniczych warunków możliwości ugaszenia pożaru wodą jest doprowadzenie jej w obfitej ilości.

Do miejsca pożaru wodę można podawać:

1. za pomocą specjalnej sieci wodociągowej lub czasowo wykorzystanej do tego celu sieci powietrza sprężonego lub rurociągu podsadzkowego;
2. za pomocą pompy dalekiego działania;
3. przez dostarczenie potrzebnej ilości wody w wozach i wykorzystanie pompy działającej na małą odległość.

Dla zapewnienia sieci wodociągowej potrzebnej ilości wody wskazane jest posiadanie specjalnych zbiorników wodnych umieszczonych na wyższych poziomach, jednak położonych nie wyżej jak 75 m nad siecią wodociagową, gdyż urządzenia tej sieci oblicza się zwykle na ciśnienie robocze do 10 at czyli 100 m słupa wody.

Jeżeli w kopalni nie ma sieci wodociągowej, należy przewidzieć na wypadek pożaru odpowiednie zapasy wody w wyrobiskach podziemnych, z których może ona być pobierana za pomocą pomp.

Od sieci wodociągowej, w której panuje dostateczne ciśnienie, lub od pompy pożarowej wodę doprowadza się do miejsca jej wykorzystania za pomocą węży płóciennych lub gumowych. Muszą być przy tym przewidziane odpowiednie urządzenia do łatwego dołączenia węża w dowolnym punkcie przewodu wodnego, powietrznego lub podsadzkowego.

Woda może być wykorzystana bądź w postaci pojedynczego strumienia bądź też w postaci rozpylonej, zależnie od konstrukcji przystawki. W pierwszym przypadku strumień wyrzucany jest z dużą siłą na znaczną odległość, rozkrusza palący się węgiel i przenika do jego szczelin. Przy strumieniu rozpylonym tworzy się duża powierzchnia zetknięcia się wody z palącym się ciałem, co przyczynia się do szybszego odprowadzenia ciepła i stworzenia izolującej warstwy pary. W stanie rozpylonym woda

może być stosowana przy gaszeniu zarówno stałych, jak i ciekłych materiałów palnych, a poza tym dla ochłodzenia gazów pożarowych w celu niedopuszczenia do rozszerzenia się ognia. Przy gaszeniu podziemnych pożarów rozpylony strumień wody wykorzystuje się dla wytworzenia tzw. zasłony wodnych na drodze przepływu gazów pożarowych.

Zasłony wodne rozpylające wodę w postaci wachlarza mają spełnić dwa zadania, a mianowicie nie dopuścić do bezpośredniego zapalenia materiałów w strefie działania zasłony i obniżyć temperaturę płynących przez nią gazów pożarowych do temperatury poniżej 140 °C, a to dla uniknięcia możliwości zapalenia materiałów palnych znajdujących się poza zasłoną wodną.

Najbardziej efektywną zasłonę otrzymuje się przez zastosowanie większej liczby przystawek rozpylających (rysunek 114).



Rys. 114. Blokowanie pożaru za pomocą zasłony wodnej

Ilość wody Q w litrach na minutę, jaka ma być doprowadzona do rozpylaczy zasłony, można orientacyjnie obliczyć z wzoru

$$Q = 50 \cdot S$$

gdzie S — przekrój poprzeczny wyrobiska, m².

Ciśnienie wody przed nasadką nie powinno być mniejsze od 15 at.

Oprócz opisanego typu zasłon wodnych stosuje się również rozpylacze przenośne, zwane w ZSRR strzałami pożarnymi. Strzała pożarna stanowi rurę perforowaną lub zaopatrzoną w odpowiednie przystawki. Za pomocą takiej rury można zalewać pożar w zawałisku, jak również gasić obudowę drewnianą w poziomych, pochylonych i pionowych wyrobiskach.

Przy gaszeniu pożarów w wyrobiskach pochylonych strzałę umieszcza się na platformie wozu kopalnianego i przesuwają ją po torze szynowym za pomocą kołowrotu. Woda zbija płomień, ochładza ściany wyrobiska i stwarza zasłonę wodną nie dopuszczającą do rozprzestrzenienia się ognia. W szybie pionowym strzałę pożarną przymocowuje się do dna klatki. W ostatnich czasach do gaszenia pożarów w szybach zaczęto stosować specjalne rozpylacze przytwierdzone do liny wydobywczej. Gaszenie pożaru w szybie za pomocą rozpylaczy przeprowadza się z reguły z góry na dół, niezależnie od kierunku prądu powietrza.

Stosując wodę jako środek pomocniczy przy wybieraniu palącego się węgla wtłacza się ją *niekiedy* pod niewielkim ciśnieniem do *calizny*. W tym celu wprowadza się do calizny 3 ÷ 4 lub nawet 6-metrowe rury, do których doprowadza się wodę. Po jednym lub kilku dniach calizna się ochładza i wtedy przystępuje się do wybierania węgla. Sposób ten działa jednak niszcząco na caliznę, przyczynia się do powstawania nowych szczelin oraz wypłukuje nawet najdrobniejsze i ułatwia dostęp powietrza do ogniska, wskutek czego przy węglu skłonnym do samozapalenia możliwe jest wytworzenie się warunków bardziej sprzyjających pożarowi od tych, jakie istniały przed wprowadzeniem wody do calizny.

Do sposobów walki z pożarami za pomocą wody należy również *zato-pienie kopalni* lub jej części. Środek ten powinien być stosowany tylko w ostateczności, kiedy wszystkie inne środki zawiodą, gdyż ponowne odwodnienie kopalni trwa długi czas i jest bardzo kosztowne. Bezpośrednim skutkiem zatopienia są zawały i poważne zniszczenia wyrobisk, a poza tym

wskutek aktywującego działania wody często po odwodnieniu kopalni pożary ponawiają się nawet częściej i w poważniejszej postaci aniżeli przed jej zatopieniem.

b. Piasek i pył kamienny

Piasek i pył kamienny (zwłaszcza wapienny) stosuje się do gaszenia palących się cieczy, karbidu i urządzeń elektrycznych. Gaszenie polega na pokryciu palącej się powierzchni dostatecznie grubą warstwą materiału.

Sposób ten może być stosowany również do gaszenia węgla, jeżeli tylko uda się go pokryć warstwą piasku lub pyłu kamiennego. W przypadku, gdy węgiel jest rozdrobniony, oprócz pokrywania warstwą stosuje się równocześnie mieszanie łopatami materiału gaszącego z żarem.

Główną zaletą tych materiałów w porównaniu z wodą jest to, że unika się tu tworzenia pary, jak również że po ugaszeniu ognia ponowne jego rozpalenie jest wykluczone, dopóki warstwa materiału pokrywa całą powierzchnię.

Ujemną stroną tego sposobu jest konieczność transportu dużych ilości materiału w przypadku jego braku na miejscu pożaru. Dla ugaszenia małego nawet ognia należy rozporządzać co najmniej 100 workami piasku, pyłu kamiennego itp.

c. Zamulanie

Gaszenie pożarów za pomocą zamulania jednoczy w sobie zalety wody i ciał stałych jako środków gaśniczych. Zamulanie można stosować w celu wypełnienia piaskiem (podsadzka płynna) lub gliną (zaitowanie) objętego pożarem wyrobiska lub pokrycia palącego się węgla warstwą tych materiałów oraz w celu zaszlamowania szczelin zaognionej calizny węglowej.

Skierowanie *podsadzki płynnej* do wyrobiska objętego pożarem ma tę dodatnią stronę, że czynność załogi sprowadza się tu do doprowadzenia do miejsca pożaru rurociągu podsadzkowego, bądź też do zbudowania poza tym tamy podsadzkowej, dalsza zaś czynność — samo gaszenie pożaru — może się odbywać po usunięciu załogi w bezpieczne miejsce. Ze względu na wydzielanie się pary wodnej powinien być przewidziany dla niej odpływ. W porównaniu z wodą gaszenie podsadzką płynną jest o tyle skuteczniejsze, że następuje jednocześnie izolowanie piaskiem palącego się węgla, który następnie będzie mógł być wybrany razem z piaskiem. Przy podsadzaniu piasek przenika nawet do szczelin węglowych, izolując je bardzo dokładnie. Podsadzać można nie tylko piaskiem, lecz i materiałem grubszym, np. do 40 lub nawet 80 i 100 mm, dla otrzymania jednak dostatecznie szczelnej podsadzki należy dążyć, by przynajmniej 50% całości materiału składało się z ziarn poniżej 6 mm, a kawałki grubsze od 40 mm stanowiły zaledwie nieduży odsetek.

Przy laniu podsadzki płynnej na ogień w przestrzeni zamkniętej, jak również przy zalewaniu podsadzką dużego pożaru, należy — podobnie jak i przy użyciu samej wody — liczyć się z możliwością eksplozji pary wodnej lub gazu wodnego. Niemniej jednak przy zachowaniu wszelkich środków ostrożności i przewidzeniu odpływu dla pary można ugasić duży nawet pożar za pomocą podsadzki płynnej. Poza tym podsadzka płynna jest b. dobrym i skutecznym środkiem do izolowania pól pożarowych. Wszystko to sprawia, że w obecnym czasie jest ona w naszych kopalniach jednym z najbardziej niezawodnych środków zwalczania pożarów podziemnych. Toteż

przystępując do walki z pożarem w kopalni posiadającej urządzenie do podsadzki płynnej, niezależnie od przedsięwziętych środków, należy niezwłocznie przystąpić do przygotowań mających na celu użycie w każdej chwili podsadzki płynnej do gaszenia pożaru.

Zaitowanie czyli zamulanie materiałem gliniastym, jest najbardziej rozpowszechnionym w ZSRR sposobem walki z pożarami, po uprzednim ich otamowaniu (metoda kombinowana). Sposób ten polega na wypełnieniu gliną pola pożarowego, przy czym dąży się do tego, by woda — podobnie jak i przy podsadzce płynnej — odpłynęła z miejsca zamulania.

Jeżeli pożar znajduje się na niedużej głębokości od powierzchni ziemi, to dla doprowadzenia do pola pożarowego mieszaniny gliny i wody wierce się zwykle otwory z powierzchni. Przy dużej głębokości pożaru zamulanie przeprowadza się z wyrobisk podziemnych przez wywiercone z nich otwory do pola pożarowego, przy czym mieszaninę gliny i wody podaje się za pomocą pomp szlamowych z poziomów położonych wyżej lub niżej od pola pożarowego. Odległość między otworami w kierunku rozciągłości waha się zwykle od $15 \div 20$ do $40 \div 45$ m. Końcowa średnica otworu wynosi 75 mm.

We wszystkich przypadkach należy dążyć do tego, by mieszanina była doprowadzona do otworu równomiernie. W Zagłębiu Kuźnieckim optymalna wydajność otworów na zmianę wynosi $15 \div 20$ m³ gliny w caliznie, czyli $75 \div 100$ m³ mieszaniny jej z wodą. Przy podawaniu dużych ilości mieszanina nie tylko nie zamula wybranej przestrzeni, lecz — przeciwnie — rozmywa caliznę i wypływa bez osadzenia gliny w polu pożarowym. Co pewien czas otwory przeczyszczają się i ponownie doprowadza się do nich mieszaninę. Jeden otwór może służyć dla doprowadzenia do 500 lub nawet 1000 m³ gliny.

Z reguły pożar na początku likwiduje się wodą, którą doprowadza się przez szczeliny lub zawaliska, a następnie przystępuje się do zaitowania.

Zamulanie szczelin w caliznie jest również jednym z najskuteczniejszych sposobów zwalczania pożarów, stosowanym często w kopalniach francuskich. Sposób zamulania szczelin podano wyżej w rozdziale o zapobieganiu pożarom podziemnym (rozdział II-4-b).

Przy zamulaniu szczelin należy unikać zarówno zbyt rzadkiej mieszaniny, która wypłukując szczeliny nie zamula ich jednocześnie, jak i zbyt gęstej, która może spowodować tylko częściową ich izolację, nie sięgając w głąb. Mieszanina powinna przenikać do calizny powoli, gdyż przy zbyt szybkiej cyrkulacji materiał może nie osiąść w szczelinach. Jeżeli wypływająca ze szczelin woda nie jest czysta, dowodzi to, że materiał nie osadza się należycie w szczelinie; należy wtedy uszczelnić miejsce wypływu wody (np. za pomocą gliny) i prowadzić proces zamulania w dalszym ciągu.

Wyraźną oznaką skuteczności zamulania jest odpływ gorącej (lub ciepłej) i dostatecznie czystej wody. Okoliczność ta dowodzi, że woda dosięgła strefy zaognionej (lub zagrzanej) i osadziła w niej materiał, jak również że po upływie pewnego czasu spodziewać się można polepszenia sytuacji. Odpływ chłodnej wody jest dowodem, że zamulanie prowadzone jest poza ogniskiem. Dowodem wyraźnego polepszenia sytuacji przez zamulanie jest stopniowo coraz niższa temperatura odpływającej wody.

W początkowym okresie zamulania ogniska należy liczyć się z możliwością obfitego wydzielania pary wodnej i nie przypisywać temu groźnego znaczenia.

Zamulanie można prowadzić jednocześnie lub kolejno w różnych punktach calizny. Ilość punktów zamulania zależy od wielkości zaognionej calizny.

Rezultaty zamulania widoczne stają się po upływie jednego lub kilku dni: zmniejsza się wydzielanie dymów, odpływająca zaś woda staje się ciepłą i wreszcie chłodną. Wtedy można ponownie przystąpić do wybierania węgla.

Zamiast zamulania szczelin można stosować ich cementowanie przez wtłaczanie mleka wapiennego lub rzadkiej zaprawy wapiennej bądź cementowej. Mleko wapienne jest w tym przypadku o tyle korzystne, że jest ono równocześnie antypirogenem, a więc przyczynia się do hamowania procesów utleniania.

Izolowanie szczelin, przez które dopływa powietrze do ognia w caliznie, przyczynia się czasami do pojawienia się jego w innym miejscu, jeżeli tylko ognisko pożaru ma połączenie również i z innymi szczelinami. Dla uniknięcia tego należy zamulanie lub cementowanie szczelin prowadzić w taki sposób, by objęło ono w miarę możliwości wszystkie szczeliny.

Zamulanie lub cementowanie szczelin daje zazwyczaj bardzo dobre wyniki i w większości przypadków pozwala wybrać caliznę przed ponownym jej zagrzaniem lub zapaleniem. Jest to najpewniejszy sposób zlikwidowania ognia w caliznie.

Sposób zwalczania pożarów przez wybranie węgla przy jednoczesnym zastosowaniu wody lub zamulania przedstawia się w ogólnych zarysach, jak następuje. Z chwilą gdy wybieranie zagranego węgla staje się uciążliwe, gdy ogień ukazuje się w jednym lub kilku punktach wyrobiska (wielkość ogniska w początkowym okresie pożaru nie przekracza zwykle średnicy 0,5 m) próbuje się zalać obficie wodą rozżarzony oraz zagrzany węgiel i w dalszym ciągu go wybierać. Jeżeli jednak wskutek ciągłego obnażania zaognionej calizny rozwój pożaru staje się szybszy, niż postęp wybierania, należy je zatrzymać i niezwłocznie przystąpić do zamulania. Po upływie 2 ÷ 3 dni, gdy calizna zostanie należycie ochłodzona, staje się ponownie możliwe wybieranie węgla i posunięcie się przodku o 3 ÷ 4 m, po czym znowu zatrzymuje się urabianie oraz następuje nowy okres zamulania itd. aż do wybrania całej zaognionej calizny, a więc filaru, a czasami nawet i pola.

Niezależnie od powyższego niekiedy do gaszenia pożarów podziemnych używa się wody w stanie *pary* doprowadzanej do ogniska w dużej ilości, podobnie jak np. przy gaszeniu pożarów fontann naftowych.

d. Gaśnice

Gaśnice są to przyrządy składające się z metalowego zbiornika wypełnionego materiałem gaśniczym oraz urządzenia do wyrzucania tego materiału na ogień w chwili użycia. Działanie gaśnic sprowadza się do wytworzenia na palącej się powierzchni warstewki lub błonki utrudniającej dopływ powietrza do ognia. Ze względu na ograniczoną pojemność zbiorników gaśnic używa się głównie do gaszenia niedużych pożarów, a więc w początkowym ich stadium, niemniej jednak znane są przypadki zlikwidowania za pomocą gaśnic nawet dużych pożarów.

Jeżeli jest tylko możliwe, należy przeprowadzać równocześnie gaszenie z kilku stron, używając do tego celu jak największej liczby gaśnic i wypuszczać ich zawartość nie na płomień, lecz na powierzchnię palących się mas. W ostatnich czasach znajdują coraz szersze zastosowanie w górnictwie duże gaśnice-cysterny.

Jak się okazuje, gaśnice są jednym z najbardziej skutecznych sposobów aktywnej walki z otwartymi pożarami w kopalniach, toteż znajdują one

coraz szersze zastosowanie w górnictwie. W ciągu pierwszych dziesięciu miesięcy 1937 r. w Kopalniach Zagłębia Donieckiego sposobem tym zlikwidowano ponad 50% wszystkich pożarów, które tam powstały.

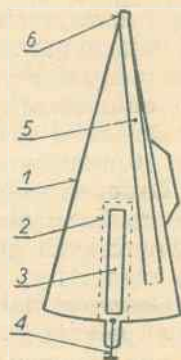
Ze względu na zasadę działania można wyróżnić kilka typów gaśnic, a mianowicie:

1. Gaśnice płynowe. Dla wzmocnienia chłodzącego i izolującego działania wody rozpuszcza się w niej niektóre sole. Podnoszą one temperaturę wrzenia, a poza tym pokrywają warstwą izolującą powierzchnię palącego się ciała, rozkładają się pochłaniając dużo ciepła, wydzielają CO_2 itp. Te własności roztworów umożliwiły stosowanie ich do gaszenia głębokich pożarów luźnych mas, a nawet palących się zwałów skały z domieszką węgla lub łupku węglowego. Jako dodatki do wody podnoszące jej własności gaśnicze są stosowane: dwuwęglan sodu NaHCO_3 , sól kamienna NaCl , soda Na_2CO_3 , chlorek amonu (salmiak) NH_4Cl , sól glauberska Na_2SO_4 , siarczan magnezu MgSO_4 , chlorek wapnia CaCl_2 , węglan potasu K_2CO_3 .

Najczęściej stosuje się roztwór wodny dwuwęglanu sodu, który podnosi działanie chłodzące wody o 30 kcal. Z roztworu tego pod wpływem kwasu siarkowego lub solnego, dodawanego w chwili użycia gaśnicy przez rozbicie znajdującego się w niej szklanego naczynia, wydziela się CO_2 , który swym ciśnieniem wyrzuca z gaśnicy silny strumień roztworu.

Do tego typu należą gaśnice o nazwach: Albeco, Flammax, Minimax, Normal, Optimus, Rex i inne.

Rys. 115 przedstawia schematycznie gaśnicę „Minimax”. Składa się ona ze zbiornika 1 wykonanego w kształcie stożka z blachy pokrytej ołowiem. W dolnym wypukłym dnie osadzony jest od wewnątrz gaśnicy kosz druciany 2, do którego wkłada się szklaną ampulkę 3 z kwasem siarkowym lub solnym. Przez dno zbiornika przechodzi zbijak 4. Wewnątrz zbiornika umocowana jest rurka 5 zwężająca się ku górze i zaopatrzona u dołu w siatkę ochronną. Rurka ta zakończona jest u góry dyszą 6. Przy użyciu gaśnicy uderza się zbijakiem o twardy przedmiot, następuje rozbicie ampulki z kwasem i wytrysk na zewnątrz roztworu pod silnym ciśnieniem.



Rys. 115. Gaśnica płynowa

Gaśnic płynowych używa się do gaszenia palącego się papieru, drewna, węgla, tkanin, bawełny, artykułów żywnościowych, słomy itp. Nie wolno natomiast gasić urządzeń elektrycznych będących pod prądem, palnych cieczy (oprócz spirytusu) oraz karbidu i lekkich metali.

Tego rodzaju pożary zdarzają się najczęściej w lokalach mieszkalnych i innych pomieszczeniach oraz w składach.

Przy gaszeniu należy podejść z prądem powietrza możliwie blisko do ognia i gasić od dołu do góry.

2. Gaśnice pianowe. W roku 1904 wynaleziono sposób gaszenia ognia za pomocą wyrzuconej na zewnątrz piany wytwarzanej w zbiorniku gaśnicy. Istotną zaletą piany jest jej mały ciężar właściwy (około 7 razy mniejszy od ciężaru właściwego wody), wskutek czego pływa ona po powierzchni wszystkich cieczy, a więc doskonale nadaje się do gaszenia przetworów ropnych, benzyny, smarów, olejów itp.

Tego rodzaju pożary zdarzają się w magazynach materiałów łatwopalnych, olejarniach, hangarach lotniczych, na stacjach benzynowych w pralniach chemicznych, mydlarniach itp.

Gaśnic pianowych nie można używać do gaszenia urządzeń elektrycznych będących pod prądem, gdyż piana jest przewodnikiem elektryczności. Nieprzestrzeganie tej zasady było niejednokrotnie przyczyną śmiertelnego porażenia ludzi.

Drugą cenną zaletą piany jest to, że nadaje się do pokrywania nią przedmiotów różnego kształtu i przy wytworzeniu warstwy grubości 5 do 10 cm dobrze izoluje palące się ciało od otaczającego powietrza.

Pianę w postaci drobnych pęcherzyków wypełnionych dwutlenkiem węgla otrzymuje się w gaśnicach przez współdziałanie roztworów kwaśnego i zasadowego (soda). Dla zwiększenia stałości piany dodaje się do roztworu zasadowego substancji pianotwórczych, np. saponiny.

W pozycji normalnej zbiornik znajduje się u góry gaśnicy. Po dojściu do miejsca pożaru gaśnicę odwraca się do góry dnem, z siłą uderza się zbiornikiem o twardy przedmiot. Zbiornik rozbija szklaną kolbę z kwasem siarkowym, który wchodzi w reakcję z sodą; prężnością wytwarzanego gazu piana zostaje wyrzucona na zewnątrz. Ciśnienie wytworzone w sprawnie działającej gaśnicy wynosi około 5 at, w przypadku natomiast zatkania wylotu piany dojść może do 15 at. Dlatego też zbiornik gaśnicy próbuje się na ciśnienie 25 at.

Działanie gaśnicy trwa około półtorej minuty, przy czym na odległość $8 \div 10$ metrów wyrzucana jest piana, która dobrze zbija płomień.

Ładunek gaśnicy powinien być wymieniany przynajmniej raz w roku. Nie rzadziej jak raz na tydzień konieczne jest przeprowadzenie oględzin zewnętrznych gaśnicy, wytarcie jej suchą szmatką i przetykanie wylotu dla piany.

Gaszenie ciał stałych należy rozpoczynać od dołu w miejscu największego palenia i po zbliznię płomienia kierować strumień piany coraz wyżej. W tym przypadku powstająca para przyczynia się do zwiększenia działania gaszącego. Przy gaszeniu palących się cieczy należy tak kierować strumień piany, by ślizgał się on po palącej się powierzchni, a nie zanurzał się w cieczy.

3. Gaśnice tetrowe. Ładunkiem gaśnic tetrowych jest czterochlorek węgla CCl_4 . Jest to ciecz łatwo parująca, bezbarwna i nie przewodząca prądu, nawet przy napięciu 100 000 V; o ciężarze właściwym 1,6, temperaturze wrzenia $76,8^\circ\text{C}$, temperaturze zamarzania -23°C .

Przy zetknięciu się z płomieniem lub rozżarzonymi przedmiotami CCl_4 szybko zamienia się w parę, która jest 5,5 razy cięższa od powietrza, przy czym z 1 litra ciekłego CCl_4 otrzymuje się 145 litrów pary. Para ta wypiera powietrze z palącej się powierzchni i przyczynia się do szybkiego ugaszenia. Wytrysk cieczy z gaśnicy następuje pod wpływem ciśnienia CO_2 znajdującego się wewnątrz.

Gaśnic tetrowych używa się do gaszenia pożarów w pomieszczeniach z urządzeniami elektrycznymi będącymi pod prądem, jak również do gaszenia cieczy. *W warunkach podziemnych nie należy używać gaśnic tetrowych*, gdyż pary CCl_4 mają działanie narkotyzujące, poza tym może wydzielać się chlor, a w obecności żelaza również i silnie trujący gaz fosgen.

4. Gaśnice proszkowe. Środkiem gaśniczym w gaśnicach proszkowych jest najczęściej dwuwęglan sodu NaHCO_3 (98%) z domieszką substancji zapobiegających jego grudkowaniu, jak np. ziemi okrzemkowej (2%). Proszek znajduje się w zbiorniku, skąd ciśnieniem gazowego CO_2 znajdującego się w stalowej butli wewnątrz lub na zewnątrz gaśnicy zostaje wyrzucony, tworząc chmurę około 1 m szerokości i $8 \div 16$ m długości. Działanie gaszące proszku polega na tym, że rozkłada się on pod

wpływem wysokiej temperatury i wydziela dwutlenek węgla izolujący ogień.

Wadą gaśnic proszkowych jest krótkotrwałość ich działania (15 do 20 sek), co wymaga umiejętności posługiwania się nimi, by ładunek został należycie wykorzystany.

Gaśnice tego typu stosuje się w pomieszczeniach z urządzeniami elektrycznymi pod prądem, w składach karbidu, jak również tam, gdzie przy gaszeniu wodą lub pianą mogą ulec zniszczeniu cenne przedmioty.

Należy przynajmniej raz w miesiącu ważyć butle z CO_2 .

Jeżeli wskutek ucieczki gazu ciężar jej zmniejszy się o 0,1 w stosunku do oznaczonego na butli, należy ją wymienić. Co 4 miesiące proszek powinien być przesypyany i przesiany.

5. Gaśnice śniegowe. Gaśnice śniegowe składają się z butli ze skroplonym CO_2 oraz z naczynia, w którym parujący gaz przechodzi częściowo w stan śniegu. Śnieg ten zostaje wyrzucony na zewnątrz ciśnieniem gazowego CO_2 . Gaśnic tych używa się przy gaszeniu wszystkich ciał stałych i łatwopalnych ciał ciekłych, a więc w gorzelniach, rektyfikacjach, fabrykach wódek, w wytwórniach eteru, acetonu, w laboratoriach chemicznych, aptekach itp. Poza tym gaśnice śniegowe mogą być stosowane w pomieszczeniach, gdzie znajdują się dzieła sztuki (obrazy, gobeliny itp.), cenne zbiory biblioteczne, archiwalne, przyrodnicze, precyzyjne aparaty, jak również do gaszenia instalacji elektrycznych oraz pożarów w samochodach i elektrowozach. Największy skutek osiąga się w pomieszczeniach zamkniętych.

6. Gaśnice przewoźne. Gaśnice ręczne nadają się tylko do gaszenia stosunkowo niedużych pożarów i to nawet w takich przypadkach gdy używa się znacznej ilości gaśnic. Przy pożarach większych stosuje się gaśnice przewoźne najczęściej typu pianowego.

e. Gazy obojętne i para wodna

Działanie gaszące gazów nie podtrzymujących palenia lub pary wodnej polega na obniżeniu zawartości tlenu w strefie pożaru, izolowaniu palących się powierzchni przed zetknięciem się z powietrzem oraz w pewnej mierze również i na chłodzeniu otoczenia. Ponieważ jednak działanie chłodzące gazów jest znacznie słabsze od działania chłodzącego wody, przeto gaszenie pożaru musi tu trwać przez długi czas, zanim ognisko pożaru nie ochłodzi się, co pociąga za sobą zazwyczaj duże zużycie gazu.

Próby zastosowania gazów obojętnych do gaszenia pożarów podziemnych prowadzono w górnictwie już od dawna, w większości jednak przypadków nie dawały one pożądanych wyników, niemniej niektóre doświadczenia wskazują na celowość użycia gazów w pewnych warunkach.

Dotychczas do gaszenia pożarów używano głównie dwutlenku węgla CO_2 oraz gazów paleniskowych. Poza tym przeprowadzano próby zastosowania dwutlenku siarki SO_2 , azotu oraz pary wodnej.

Dwutlenek węgla znalazł stosunkowo największe zastosowanie, dzięki temu, że jest 1,52 razy cięższy od powietrza, co sprzyja wypieraniu powietrza w strefie pożaru, a poza tym w zetknięciu CO_2 z rozżarzonym węglem tworzy się tlenek węgla CO . Reakcja ta jest endotermiczna, przebiega przy pobieraniu ciepła z otoczenia, a więc powoduje ochłodzenie ogniska. Płomień pożaru gaśnie już przy zawartości 30% CO_2 w powietrzu. Przy obecnym stanie techniki dwutlenek węgla można produkować w dużych ilościach w sposób prosty i stosunkowo tani. Przechowuje się go

w stanie ciekłym w stalowych butlach, w których pary CO_2 w zwykłej temperaturze wytwarzają ciśnienie $40 \div 60$ at. Poza tym CO_2 można stosować przy gaszeniu pożarów również w stanie stałym (śnieg lub suchy lód), co do pewnego stopnia dodatkowo przyczynia się do chłodzenia ogniska. Do dalszych zalet CO_2 należy zaliczyć nieprzewodzenie elektryczności oraz mniejszą od innych gazów szkodliwość dla organizmu. Przy użyciu ciekłego CO_2 należy dla uniknięcia zamarzania ogrzewać butlę, co w praktyce górniczej robi się za pomocą gorącej wody lub górniczych lamp płomieniowych.

Gazy paleniskowe oprócz CO_2 zawierają również O_2 , N_2 i H_2O , a przy niepełnym spalaniu również CO i H_2 . Jeżeli jako opału używa się węgla kamiennego, to przy normalnej pracy paleniska zawartość CO_2 w gazach dymowych stanowi około 16%, tlenu 5% i więcej oraz azotu około 80%. Dla celów gaśniczych nadają się takie gazy paleniskowe, które nie zawierają CO i w których zawartość O_2 nie przekracza $2 \div 3\%$. Do zalet gaszenia tymi gazami należą: niskie koszty w porównaniu z CO_2 oraz możliwość wykorzystania gazów dymowych nawet bez urządzenia specjalnych generatorów gazu. Należy jednak przy tym brać pod uwagę, że działanie gaśnicze gazów dymowych jest znacznie słabsze niż działanie CO_2 , a wskutek tego rozchód ich jest wielokrotnie większy w porównaniu z czystym CO_2 . Poza tym skład gazów paleniskowych nie odznacza się stałością, wymaga więc umiejętnego regulowania ciągu i stałej kontroli. Przed skierowaniem gazów do ogniska muszą one być ochłodzone.

Dwutlenek siarki stosowano przy gaszeniu pożarów tylko w pojedynczych przypadkach. Zaletą jego w porównaniu z innymi gazami jest znacznie wyższy ciężar właściwy (2,3 razy cięższy od powietrza). Czysty dwutlenek siarki jest drogi, a poza tym trudno go nabyć w większych ilościach bez uprzedniego zamówienia. SO_2 można otrzymać przez spalanie siarki, ale taki gaz zawiera znaczną ilość tlenu ($10 \div 12\%$) i jest mniej skuteczny nawet od gazów paleniskowych. SO_2 łatwo rozpuszcza się w wodzie i dlatego w kopalni mokrej może nie spełnić swego zadania. Ma silne właściwości trujące (przy zawartości 0,05% jest niebezpieczny dla życia nawet przy krótkotrwałym przebywaniu) i dlatego stosowanie jego w warunkach kopalnianych jest ryzykowne.

Para wodna jest od dawna znanym środkiem gaśniczym, użycie jednak tego środka w kopalniach połączone jest z szeregiem trudności, do których należy zaliczyć szybką kondensację, wysoką temperaturę utrudniającą chłodzenie ogniska, niszczące działanie na wiele skał.

Doprowadzenie gazów obojętnych do ogniska pożaru, jako samoistna metoda gaszenia, może być brane pod uwagę tylko wtedy, gdy pożar jest niedostępny do bezpośredniego jego gaszenia, np. *gdy ognisko znajduje się wewnątrz większego skupienia urobku węglowego lub skał palnych*. W przypadkach takich wskazane jest doprowadzenie gazu obojętnego pod ciśnieniem do ogniska za pomocą zaostrożonej i w dolnej części perforowanej rury wprowadzonej do urobku.

Przykład 1. Ciekawe pod tym względem doświadczenie uzyskano w czasie pożaru (1931 r.) w kopalni „Junyj Kommunar“ (Zagłębie Donieckie). Zapaliło się tu na dole większe skupienie urobionego węgla. Po wprowadzeniu do urobku zaostrożonych perforowanych rur średnicy 25 mm, przez które tłoczono CO_2 , udało się zlikwidować pożar zużywając tylko $45 \text{ m}^3 \text{ CO}_2$.

Przykład 2. W roku 1936 powstał pożar w kopalni „Prezydent“ (Bochum) w podsadzonej części pionowego pokładu, gdyż materiał podsadz-

kowy zawierał tu $30 \div 45\%$ przerostów węgla. W celu zlikwidowania pożaru próbowano pokryć podsadzkę warstwą piasku grubości 2 metrów i tłoczono wodę do podsadzki. Sposób ten nie dał pożądanych wyników, gdyż z chwilą zaprzestania tłoczenia wody ogień ponownie się rozpałał. Zastosowano wtedy 16 rur perforowanych długości 3,5 m, które rozmieszczono w dwóch równoległych rzędach w odległości 2 m jedna od drugiej. Po 4 godzinach tłoczenia CO_2 nie obserwowano już w polu pożarowym podniesienia temperatury, a po 14 dniach analiza powietrza wykazała już zupełnie normalny jego skład.

W niektórych przypadkach gazy nie podtrzymujące palenia lub parę wodną doprowadza się pod pewnym ciśnieniem do przestrzeni zaognionej po uprzednim jej otamowaniu. Rola tego sposobu gaszenia pożarów polega głównie na stworzeniu kompresji w otamowanej przestrzeni i nie dopuszczeniu do niej powietrza przez nieszczelności tam i przez szczeliny w skałach. Jeżeli pole jest otamowane dostatecznie szczelnie i jeżeli różnica depresji między tamami wylotowymi i wlotowymi jest nieduża, zużycie gazu będzie małe, w przeciwnym razie należy liczyć się z bardzo dużym nawet zapotrzebowaniem gazu. Gdy ilość doprowadzonego do pola gazu będzie za mała, można liczyć się tylko z pewnym przygaszeniem pożaru.

Dla łatwiejszego ugaszenia pożaru w polu otamowanym należy w miarę możliwości doprowadzać gazy od dołu, by wypierały one stopniowo powietrze, inaczej gazy mogą być wyniesione przez szczeliny wznoszącym się prądem produktów palenia i nie osiągnąć ogniska pożaru nawet wtedy, gdy są doprowadzane pod ciśnieniem.

Doprowadzenie nawet niedostatecznej dla stworzenia kompresji ilości gazu do pola otamowanego, ale jak najprędzej po jego otamowaniu, może być korzystne w kopalniach gazowych, ze względu na zmniejszenie możliwości wybuchu za tamami.

Przykład 3. W r. 1932 powstał pożar w kopalni „Komsomolec“ (Zagłębie Donieckie) wskutek pozostawienia znacznej ilości drobnego węgla w wybranej przestrzeni obudowanej stosami. Paliło się prawie wyłącznie drewno i tylko częściowo węgiel. Pomimo otamowania pola stwierdzono, że pożar nie wygasa, a wobec tego umieszczono w tamie wlotowej rurę, przez którą doprowadzono do pola CO_2 . Po tygodniu pożar został ugaszony i można było otworzyć pole. Szybka likwidacja pożaru za pomocą CO_2 tłumaczy się tu zarówno dobrą jego izolacją, jak i okolicznością, że paliło się prawie wyłącznie drewno.

Przykład 4. W jednej z kopalń Stanów Zjednoczonych pożar udało się przytłumić w r. 1922, stosując wypełnienie pola dwutlenkiem węgla w połączeniu z otamowaniem i częściowym zatopieniem kopalni. Trudność polegała na tym, że pole pożarowe miało połączenie z powierzchnią przez zawaliska występujące na długości 400 metrów. Pomimo użycia 100 000 kg CO_2 udało się wejść do pola dopiero po 4 miesiącach, przy czym napotkano w wielu miejscach palący się węgiel, który gaszono wodą. Ucieczka gazu przez nieszczelności pola stanowiła od 2000 do 4000 m³ na dobę. Jak z opisu tego wyniku, przy bardzo nieszczelnej izolacji pola duża nawet ilość CO_2 przyczyniła się tu w najlepszym razie do przytłumienia pożaru.

W ostatnich latach do techniki gaszenia podziemnych pożarów gazami paleniskowymi udało się wprowadzić istotne ulepszenie (Jermuzewicz) polegające na utrzymywaniu cyrkulacji gazów przez ogniska pożaru otamowanego. Sposób ten został po raz pierwszy zastosowany w roku 1936 w kopalni Koksowej (Zagłębie Kuźnieckie), przyczynił się do wybitnego zmniej-

szenia zużycia gazów paleniskowych, a tym samym umożliwił utrzymanie kompresji w polu ogniowym nawet przy bardzo nieszczelnym jego izolowaniu. Pożar w kopalni Koksowej powstał w r. 1935 w starych zrobach znajdujących się na małej głębokości (24 m) wskutek złego podsadzenia i powstania zapadłisk. Nie udało się ugasić go ani przez izolowanie pola, ani też przez zailowanie. Wysoka temperatura skał uniemożliwiła również przedsięwzięcie walki aktywnej. Dla ugaszenia pożaru gazami wywiercono trzy otwory z powierzchni: jeden bezpośrednio do ogniska, dwa zaś pozostałe — głębsze do chodnika podstawowego poziomemu 33 m. Umieszczony na powierzchni wentylator ssął gaz z ogniska i w stanie ochłodzonym tłoczył go z powrotem do ognia przez dwa głębsze otwory. Do tego obiegu dodawano gazy z paleniska o składzie $17 \div 19\%$ CO_2 i $0,6$ do $1,2\%$ O_2 , przez co udało się stworzyć nadciśnienie $3 \div 5$ mm słupa wody nawet przy wylocie rury ssącej. Doświadczenie to wykazało, że przy dostatecznie długim, systematycznym i ciągłym obiegu gazu można zlikwidować pożar, który nie da się dokładnie izolować.

4. Oтамowanie pola pożarowego

Izolowanie pola pożarowego w celu niedopuszczenia do niego powietrza polega na oтамowaniu wszystkich wyrobisk prowadzących do tego pola zarówno od strony wlotu, jak i wylotu powietrza, na uszczelnieniu ścian tych wyrobisk oraz na zasypaniu i ubiciu na powierzchni szczelin i zapadłisk, przez które powietrze może dostawać się do ogniska.

Izolacja pola pożarowego jako samoistny środek zwalczania pożarów nie zawsze doprowadza do ich ugaszenia, a w każdym bądź razie wymaga dłuższego czasu dla ich likwidacji. Dlatego też należy w pierwszym rzędzie dążyć do ugaszenia pożaru środkami aktywnymi i wybrania węgla z miejsca zaognionego.

Jeżeli będące do dyspozycji środki są niewystarczające lub bezskuteczne albo jeżeli dojście do miejsca pożaru jest niemożliwe ze względu na jego położenie (np. w starych zrobach), daleko posunięty rozwój lub wysoką temperaturę, należy natychmiast przystąpić do izolowania palącej się części kopalni za pomocą tam pożarowych i tłumienia pożaru przez odcięcie dopływu powietrza do ognia.

Im mniejsza przestrzeń zajmuje pole pożarowe i im szczelniej zostanie ono oтамowane, tym mniejsza ilość tlenu będzie podsycala ogień i tym prędzej pożar zostanie ugaszony. Im wcześniej przystępuje się do oтамowania pożaru, tym bliżej ogniska mogą być postawione tamy i tym mniejszy będzie obszar oтамowany. W przypadku oтамowania dużego obszaru zachodzić może konieczność postawienia bardzo dużej liczby tam. Tak np. w czasie pożaru w kopalni Mortimer w r. 1929 musiano postawić 85 tam, co trwało cały miesiąc przy ciągłej i bardzo intensywnej pracy.

Pomimo swych wad sposób tłumienia ognia przez jego oтамowanie jest najbardziej pewny, gdy tymczasem wszystkie inne środki mogą zawieść i dlatego należy przyjąć jako zasadę, że z chwilą zauważenia pożaru, niezależnie od zastosowanych środków do jego zwalczania na miejscu, chociaż byłby to tylko najmniejszy ogień, należy niezwłocznie przystąpić do przygotowania tam, które mogłyby być zamknięte w każdej chwili.

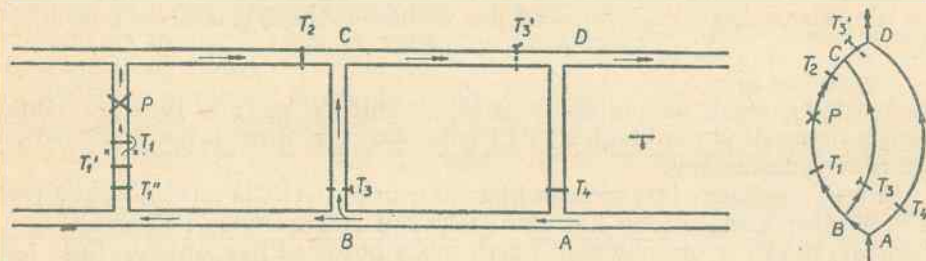
Lekceważenie tej zasady przy małym ogniu było często powodem dużych katastrof i konieczności późniejszego oтамowania ogromnych obszarów, a nawet zamknięcia całej kopalni.

Wobec tego przy każdym pożarze załoga biorąca udział w jego tłumieniu musi być podzielona na dwie grupy, z których jedna przystępuje do aktywnego gaszenia pożaru na miejscu, druga zaś do przygotowania tam izolacyjnych.

a. Wybór miejsca dla tam

Otamowana zaogniona część kopalni powinna być jak najmniejsza i wymagać możliwie najmniejszej liczby tam. Zasada ta nie w każdym jednak przypadku może być w całej pełni przestrzegana i bardzo często musi ustępować innym względom.

Ściśle dokładne izolowanie pola tamami jest niemożliwe, gdyż przez najmniej nawet widoczne szczeliny i przez pory materiałów budowlanych, z których wykonana została tama, przeciska się powietrze do ognia powodując, że szerzy się on w kierunku wlotu powietrza i z łatwością przeniesie się może przed tamę wlotową. Pod tym względem tamy od strony wyjścia gazów znajdują się w warunkach korzystniejszych i to nawet wówczas, gdy są one bardziej przepuszczalne dla gazów. Wnioskiem z tego jest konieczność zwrócenia szczególnej uwagi na szczelność i dokładność wykonania



Rys. 116. Zmniejszenie dopływu powietrza do otamowanego pola za pomocą tam regulacyjnych

tam od strony dopływu powietrza świeżego. Tamami takimi są zwykle tamy dolne, gdyż nawet przy przewietrzaniu pola prądem schodzącym ruch gazów poza tamami jest w większości przypadków odwrócony, a więc wznoszący się wskutek znacznej depresji pożaru.

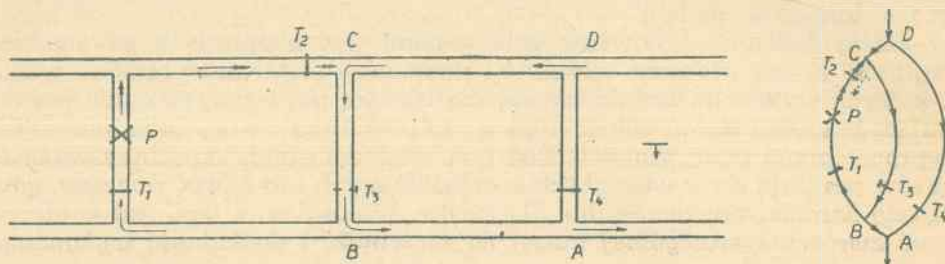
Jak z tego wynika, *miejsce dla tam, a zwłaszcza wlotowych, powinno być obrane w skałach bez szczelin i możliwie wytrzymałych*. Niezależnie od tego dla uszczelnienia należy pokryć grubą warstwą zaprawy nie tylko zewnętrzną powierzchnię tamy, lecz również i ściany chodnika na pewną odległość przed tamą.

Zasada wyboru odpowiednio zdrowego miejsca dla tam może zmusić do odstąpienia na znaczną odległość od ognia. Nie należy jednak zbyt daleko posuwać się z taką decyzją, gdyż utrudni to również późniejsze otwieranie pola. W wielu przypadkach tamy mogą być postawione w miejscach, gdzie calizna jest spękana, pod warunkiem jednak, że ściany chodników dookoła otamowanego pola zostaną należycie uszczelnione przez ich obrapowanie lub torkretowanie. Poza tym dla uniknięcia przenoszenia się ognia przed tamy można zastosować odpowiednio *kierowanie lub regulowanie prądów w szczelinach*.

Jeżeli np. pożar *P* (rys. 116) został otamowany tamami T_1 i T_2 postawionymi w szczelinowatej partii węgla, można się spodziewać, że pożar przejdzie przed tamę T_1 , co zmusi do postawienia nowej tamy T'_1 . Po pew-

nym czasie ogień może się ukazać przed tą nową tamą, co znowu pociągnie za sobą konieczność postawienia tamy T_1 itd. W sprzyjających okolicznościach takie rozszerzanie się obszaru zaognionego w partii szczelinowatej i ciągle odstępowanie z tamą wlotową może trwać przez bardzo długi czas, jak świadczy o tym przykład podany na rys. 32.

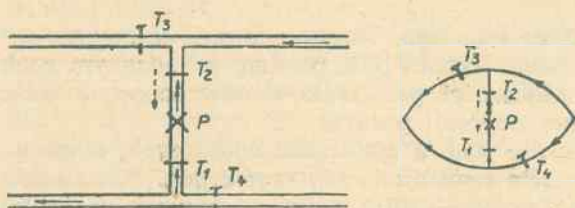
Okolicznością sprzyjającą takiemu stanowi rzeczy może być obecność w bocznicy BC (rys. 116) tamy regulacyjnej (lub wentylacyjnej) T_3 . Przez usunięcie tej tamy, a zwłaszcza przez przeniesienie jej do bocznicy CD (tama T'_3), ilość powietrza dopływającego przez szczeliny do ognia zmniejszy się i sytuacja może ulec znacznemu polepszeniu. Sytuacja poprawi się jesz-



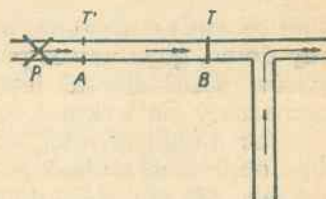
Rys. 117. Zmniejszenie dopływu powietrza do otamowanego pola przez zmianę kierunku prądu w sąsiedztwie pola

cze bardziej, jeżeli usunie się poza tym tamę T_4 , gdyż w tym przypadku różnica depresji w punktach T_2 i T_1 zmniejszy się. Środek ten może jednak być niewystarczający.

Innym środkiem jest zmiana kierunku prądu ABCD na schodzący (rys. 117). Wobec niezgodnego kierunku depresji zewnętrznej i depresji ognia kierunek prądu w otamowanej partii może pozostać bez zmiany, ilość jednak dopływającego od dołu powietrza zmniejszy się i to tym bardziej, im większy będzie opór tamy T_3 . Przy niezbyt dużej depresji pożaru, a więc



Rys. 118. Zmniejszenie dopływu powietrza do otamowanego pola tworzącego bocznicę przekątną



Rys. 119. Umieszczenie tamy ogniowej w pobliżu prądu powietrza

przy niedużym nachyleniu pokładu, przez samo tylko uregulowanie oporu tamy T_3 można spowodować zatrzymanie prądu w części otamowanej, a nawet — przy mniejszej depresji ognia — nadać mu kierunek schodzący, powodując w ten sposób rozszerzanie się pożaru w kierunku przeciwnym, od P do C.

Przez odpowiednie uregulowanie oporów można zmniejszyć do minimum ilość powietrza dopływającego przez szczeliny do ognia, a tym samym ułatwić jego zwalczanie.

W przypadku ognia w prądzie wznoszącym się tworzącym bocznicę przekątną (rys. 118) zmianę jego kierunku na schodzący lub — przy więk-

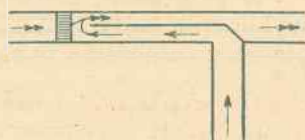
szej depresji ognia — zmniejszenie dopływu powietrza przez szczeliny da się uzyskać przez postawienie tamy regulacyjnej T_3 lub T_4 albo też obu tych tam równocześnie.

Brak odpowiednich środków wentylacyjnych uniemożliwić może stawianie tam w pobliżu ognia zwłaszcza od strony wyjścia dymów. Jeżeli np. ognisko pożaru znajduje się w punkcie P (rys. 119) i jeżeli w punkcie A skały są dostatecznie zdrowe, to jednak ze względu na znaczną odległość tego punktu od prądu świeżego powietrza stawia się zwykle tamy T w punkcie B . Nieodzownym więc warunkiem przy wyborze miejsca na tamy oprócz dostatecznie zdrowej calizny jest obecność w pobliżu tamy prądu świeżego powietrza. Okoliczność ta jest ważna również ze względu na późniejszy nadzór nad tamami ogniowymi.

Tak więc *tamy ogniowe*, a zwłaszcza od strony wylotu gazów, *powinny być budowane w niedużej odległości od najbliższej drogi powietrznej lub przecinki*, przez którą można skierować świeże powietrze. W tym celu może być wskazane nawet przebicie dodatkowej przecinki.

Odległość stawianych tam od drogi świeżego powietrza nie powinna przekraczać 10 m, nie powinna ona być również mniejsza od 5 m ze względu na to, by w razie potrzeby można było postawić tamy nowe.

Jeżeli w miejscu stawiania tamy nie ma prądu powietrza, doprowadza się je za pomocą lutni lub przegrody (rys. 120), ze względu na pośpiech najczęściej z płótna żaglowego.



Rys. 120. Doprowadzenie powietrza do tamy za pomocą przegrody

Zwykle dąży się do tego, by *tamy były stawiane w pobliżu dróg przewozowych*. Konieczność korzystania z nieodpowiednich sposobów transportu materiałów i związane z tym powolne tempo pracy były niejednokrotnie przyczyną niepowodzenia akcji. Z tego też względu korzystne jest posiadanie torów kolejowych we wszystkich wyrobiskach kopalni, nie wyłączając wentylacyjnych.

b. Rodzaje tam

Tamowanie pola pożarowego należy prowadzić możliwie szybko i szczelnie. Dla spełnienia tych dwóch warunków stawia się zwykle dwie tamy: jedna, o charakterze tymczasowym, pomocniczym ma na celu szybkie zamknięcie, druga — definitywne i szczelne izolowanie zaognionej części kopalni.

Wobec tego tamy izolacyjne stawiane w czasie pożaru dzieli się na tamy tymczasowe i na tamy ostateczne. Poza tym, jak wskazano wyżej, mogą być wcześniej przewidziane i zbudowane tamy zapasowe.

1. *Tamy tymczasowe* (prowizoryczne) mają na celu powstrzymanie rozwoju pożaru na czas przygotowania środków do rozpoczęcia bądź to aktywnej walki z pożarem, bądź też szczelnego izolowania pola. Mają więc one na celu przede wszystkim szybkość zamknięcia pola, w mniejszym natomiast stopniu jego szczelność, a więc muszą odznaczać się prostotą i łatwością wykonania.

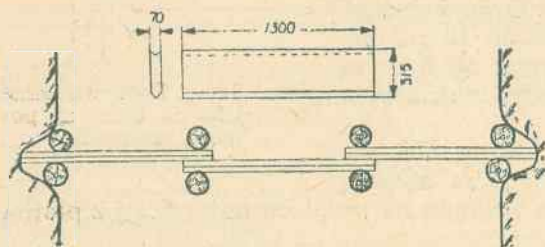
Najłatwiej i najprędzej wykonuje się *tamę płócienną*. Tama taka w niektórych przypadkach może całkowicie spełnić swą rolę tamy tymczasowej. Dla zmniejszenia przepuszczalności powietrza wykonuje się ją z płótna żaglowego, albo zwyczajne płótno jutowe zanurza się w rozrobionej wodą

glinie lub wapnie, składa się podwójnie itp. Płótno takie przybija się gwoździami do drewnianych odrzwi obudowy w poprzek chodnika, a poszczególne płaty płótna zeszywa się ze sobą cienkim i miękkim drutem.

Wadą tam płóciennych jest duża ich przenikliwość dla powietrza, dlatego też niezależnie od tamy płóciennej stawia się zwykle drugą tamę tymczasową np. z desek.

Lepszą od tamy płóciennej jest *tama przenośna Wagnera* z worka gumowego. Worek taki kładzie się w chodniku w miejscu o możliwie małym przekroju i napełnia się go powietrzem z rurociągu powietrza sprężonego lub tłoczy się powietrze ręczną pompką. Po napełnieniu worka powietrzem, co przy ręcznej pompce trwa około 5 ÷ 10 minut, przylega on dostatecznie szczelnie do ścian chodnika i tym samym zamyka dopływ powietrza do ognia. Ten rodzaj tamowania zastosowano po raz pierwszy w r. 1895, później wyszedł on prawie zupełnie z użycia.

W przypadku konieczności pracy w dużym dymie może być wskazane wykonanie tamy tymczasowej z *worków z piaskiem lub z betonem* (mokry piasek z cementem w stosunku 1 : 10 lub 1 : 12). Do tego celu używa się



Rys. 121. Tama tymczasowa z płyt betonowych

worków o średnicy 30 cm i długości około 40 cm. Worki napełnia się piaskiem do $\frac{3}{4}$ ich pojemności, przez co nabierają one pewnej giętkości i dokładniej wypełniają przekrój chodnika. Wolne przestrzenie między workami i ścianami chodnika wypełnia się piaskiem. Napełnione worki umieszcza się jedne na drugich przynajmniej w jednym lub dwóch rzędach, a lepiej na szerokości 1,5 ÷ 2 m. Przeciętnie w chodniku o przekroju 3 ÷ 4 m² wypada na jeden szereg około 50 worków. Dla przeniesienia z prądu świeżego powietrza i ułożenia jednego worka przez dwóch robotników potrzeba około 3 minut czasu. Przy dobrej organizacji pracy i zatrudnieniu odpowiedniej liczby ludzi czas wykonania takiej tamy wynosi około 2 ÷ 3 godzin.

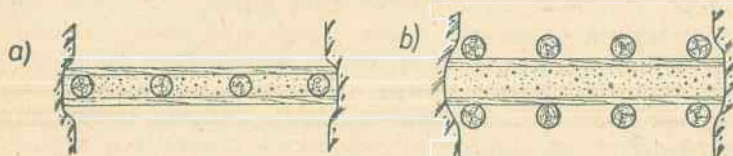
Łatwe do wykonania są *tamy z płyt betonowych* długości np. 130 cm, wysokości 31,5 cm i grubości 7 cm. Po wykonaniu wcięcia w ścianach chodnika stawia się stojaki (rys. 121) w odległości 0,8 m parami: środkowe w odstępach 14 ÷ 15 cm i boczne w odstępach 7 ÷ 8 cm jedna para od drugiej. Między stojaki zakłada się począwszy od spodu chodnika płyty betonowe na zaprawie cementowej.

Dla otrzymania większej szczelności buduje się dwie tamy z płyt betonowych w odległości 15 ÷ 30 cm, pustą zaś przestrzeń między nimi wypełnia się mokrym piaskiem zmieszonym dokładnie z cementem w stosunku 12 : 1 lub 10 : 1. Tama taka może służyć za tamę ostateczną. W porównaniu z tamą z cegły o takiej samej grubości tama z płyt betonowych jest o 33% tańsza, a wzniesienie jej wymaga 50% czasu.

Najczęściej stosowanymi u nas tamami tymczasowymi są *tamy deskowe* wykonane w taki sam sposób, jak zwyczajne tamy wentylacyjne. Po wykonaniu wcięcia stawia się dwa lub trzy stojaki, obija się je, zaczynając od góry, deskami (grubości 2 ÷ 2,5 cm) zachodzącymi jedna na drugą, uszczelnia się przez oblepianie gliną lub rapowanie wapnem i pobiera się całą tamę mlekiem wapiennym. Jeżeli miejsce, gdzie ma być postawiona

tama, jest zdrowe, to dla przyspieszenia pracy nie stawia się osobnych stojaków, lecz nabija się deski wprost na budynek chodnikowy. Czas budowy tamy deskowej 3×3 m przy obsadzie dwóch ludzi wynosi około 7 godzin, rapowanie wapnem i bielenie zajmuje również 7 godzin. Ponieważ glina i wapno przy wysychaniu pękają, należy często poprawiać wyprawę.

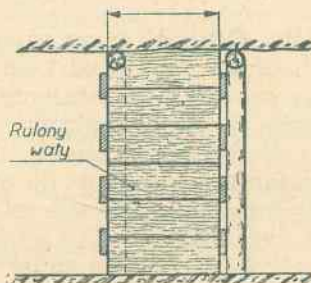
Szczelniejszą od deskowej jest tama z gliny, ale wymaga więcej czasu, gdyż trzeba tu zrobić dwa obicia z desek i zapłacić pustą przestrzeń gliną. Deski można nabijać po obu stronach jednego szeregu stojaków (rys. 122 a) lub do dwóch szeregów stojaków (rys. 122 b). Zamiast ubijania gliną tamę można wypełnić piaskiem, popiołem lub pyłem kamiennym.



Rys. 122. Tama tymczasowa z gliny

W ostatnich latach szeroko stosuje się tymczasowe tamy z waty szklanej. Zaletami waty szklanej są: mały jej ciężar, ogniotrwałość, łatwość i szybkość budowy tamy oraz znaczna jej szczelność. Zawdzięczając tym zaletom wata szklana znalazła zastosowanie również i przy budowie tam ostatecznych. Jest ona pakowana w rulony długości $50 \div 100$ cm i średnicy $30 \div 40$ cm lub też paczki o wymiarach $90 \times 70 \times 30$ cm. Przy budowie tamy usuwa się drut z opakowania i układa rulony lub paczki bezpośrednio jedne na drugich. Grubość tam wynosi $0,5 \div 1$ m, a w przypadku tam ostatecznych $1 \div 2$ m. Czas budowy tamy grubości 50 cm w chodniku o przekroju 2×2 m wynosi od 1 do 2 godzin, a w chodniku 4×3 m — od 2 do 4 godzin. W przypadkach, gdy transport materiału jest trudny i gdy z powodu spękania ścian konieczne jest wykonanie wcięć, czas budowy tamy przedłuża się do $8 \div 16$ godzin.

Tamy z waty szklanej wykonuje się w następujący sposób: Po wybraniu odpowiedniego miejsca dostawia się do istniejącej obudowy jeden lub dwa środkowe słupy, przybija się do nich w poprzek chodnika kilka desek w odstępie około 20 cm i układa się za nimi rulony waty. W miarę podnoszenia się warstwy waty przybija się dalsze deski. Po wypełnieniu całego przekroju chodnika uszczelnia się watą naroża pod pułapem, przestrzenie między okładzinami i koło rur, a następnie szczeliny w ścianach i w pułapie. Przy tamach o wysokości większej niż 2,5 m trzeba robić obicie z desek z obu stron tamy (rys. 123) albo dać jej od dołu większą grubość ($1,5 \div 2$ m) dla zabezpieczenia przed przewróceniem się. W celu zapewnienia całkowitej ogniotrwałości zamiast desek powstrzymujących tamę przed przewróceniem daje się od strony ognia odpowiednio dopasowane rurki żelazne.

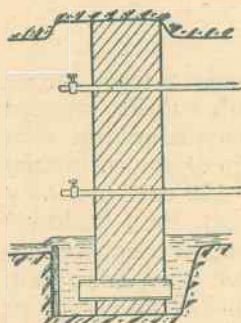


Rys. 123. Tama z waty szklanej

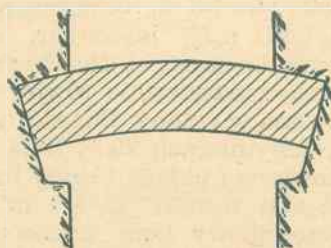
Przy budowie tamy z waty szklanej należy zaopatrzyć robotników w maski i okulary ochronne oraz gumowe rękawice.

2. Tamy ostateczne czyli ogniowe. Tamy tymczasowe tylko w wyjątkowo sprzyjających przypadkach mogą służyć do ostatecznego stłumienia pożaru. Zwykle rola ich sprowadza się do chwilowego powstrzymania lub osłabienia rozwoju pożaru. W celu ostatecznego szczelnego izolowania pola pożarowego po postawieniu tam tymczasowych przystępuje się do budowy tam ostatecznych.

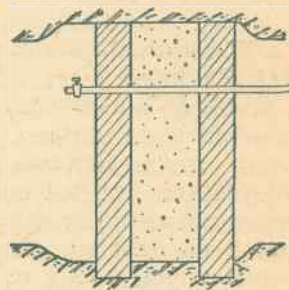
W wielu przypadkach przepisy górnicze wymagają, ażeby tamy ogniowe wykonane były z materiału ogniotrwałego. Do takich tam zaliczyć należy w pierwszym rzędzie *tamy murowane* wykonane z cegły lub — rzadziej — z betonu. Zaletą tam murowanych z cegieł jest stosunkowo szybkie ich wykonanie, wadą natomiast ich jest mała wytrzymałość na ciśnienie, wskutek czego w miejscach występowania dużego ciśnienia zostają one zgniecione, powstają szczeliny, które muszą być stale zalepiane. Jeżeli zniszczenia tamy wskutek jej rozgniatacia są poważne, zachodzi potrzeba zbudowania obok niej tamy nowej. Częściowe zapobieżenie zgniataciu można osiągnąć przez zabudowanie w tamie wkładek drewnianych, najlepiej prostokątnych ze starych przewodników szybowych albo z podkła-



Rys. 124. Tama inurowana



Rys. 125. Wypukła tama murowana



Rys. 126. Podwójna tama murowana

dów. Grubość tamy zależy od nacisku stropu i od wielkości przekroju chodnika wynosi od 1 do 4 cegieł, ale znane są przypadki, gdy ze względu na bardzo duże ciśnienie górotworu konieczne było murowanie tam grubości do 2 i 3 metrów.

Przed przystąpieniem do murowania tamy wykonuje się na obwodzie chodnika wcięcie aż do zdrowej calizny na głębokości od 0,2 do 2, czasami do 3 metrów. Wcięcie to (rys. 124) musi być odpowiednio szerokie, aby był dostęp do tamy przy jej budowaniu, a następnie przy rapowaniu i bieleniu. Szerokość wcięcia musi być przynajmniej o 40 cm większa niż grubość tamy; najczęściej stanowi ona 1,5 tej grubości.

Cegły układa się zwykle na zaprawie wapiennej, a czasami nawet na glinianej. W tych przypadkach, gdy spodziewane jest gromadzenie się wody za tamą, stosuje się zaprawę cementową. Dla umożliwienia odpływu wody spoza tamy wmurowuje się w dolnej jej części rurę, którą wskazane jest zaopatrzyć w zawór. Woda powinna całkowicie pokrywać rurę i wtedy dokładnie izoluje ona wszelkie nieszczelności dolnej części tamy. W celu pobierania próbek gazów, jak również pomiarów temperatury i ciśnienia gazów za tamą, zamurowuje się jedną lub dwie rurki z kurkami o średnicy 25 ÷ 50 mm, przy czym zaleca się, ażeby rurki te sięgały nie mniej niż na 2 metry poza tamę, a to dla uniknięcia wpływu zmian ciśnienia barometrycznego na skład gazów w próbce.

Przy dużym ciśnieniu gazów lub wody tamie nadaje się kształt wypukły od strony pożaru (rys. 125).

Przy obsadzie 1 murarza i 2 pomocników, do których należy dostawa materiałów i przygotowanie zaprawy, wydajność na jedną zmianę wynosi $0,8 \div 1,2 \text{ m}^3$ muru, nie licząc czasu potrzebnego na wykonanie wcięcia. Tak np. przy budowaniu tamy na 2 cegły grubości i szerokości 6 m oraz wysokości 4 m, czyli przy objętości 12 m^3 , czas murowania przy obsadzie na 3 zmiany wynosi około 4 dni. Dochodzi do tego jeszcze czas wykonania wcięcia trwający $1 \div 2$ dni, a więc całkowity czas budowy tamy wynosi $5 \div 6$ dni. Przy obsadzie 2 murarzy i 4 pomocników czas ten skraca się do $3 \div 4$ dni. W obecności gazów i konieczności pracy w aparatach wydajność pracy mniejsza się $2 \div 3$ razy.

Oprócz zwykłych tam murowanych buduje się niekiedy *tamy murowane podwójne* w odległości $0,75 \div 2 \text{ m}$ jedna od drugiej (rys. 126), przy czym pustą przestrzeń wypełnia się piaskiem. Czas budowy takiej tamy jest znacznie dłuższy, ale jest ona bardziej wytrzymała i szczelna nawet w przypadku spękania muru.

W miejscach narażonych na duże ciśnienie najbardziej odpowiednie są *tamy kłocowe*, toteż są one najbardziej rozpowszechnione w Górno-śląskim Zagłębiu Węglowym. Będąc do pewnego stopnia ściśniętymi, wytrzymują bardzo duże ciśnienia i stają się pod wpływem tego ciśnienia nawet bardziej szczelne. Tamy kłocowe buduje się w podobny sposób, jak i murowane: klocki o długości od 0,5 do 1,1 m układa się najczęściej na zaprawie wapiennej (1 : 3 lub 1 : 5). Zamiast wapna używać można zaprawy cementowej lub gliny, nie powinno się natomiast używać samego piasku, zwłaszcza do tam z krótkich klocków.

Po ułożeniu klocków wbija się we wszystkie szpary między nimi długie ostre kliny, a następnie zewnętrzną powierzchnię tamy pokrywa się warstwą zaprawy. Czas budowy tamy kłocowej jest zwykle $2 \div 3$ razy dłuższy niż tamy murowanej.

Wadą tam kłocowych jest łatwość gnicia. Poza tym nie nadają się one do miejsc w bezpośrednim sąsiedztwie z ogniem lub zagrożonych samozapaleniem. Dlatego też tamy kłocowe można stosować w prądach wylotowych, a we wlotowych tylko wtedy, gdy są znacznie oddalone od ognia. Dla osiągnięcia przynajmniej częściowej ogniotrwałości buduje się *tamy kłocowe podwójne*, a przestrzeń między nimi wypełnia się gliną, piaskiem lub pyłem kamiennym.

W rzadszych przypadkach stosowane są *tamy ostateczne z gliny* (rys. 127). Po wykonaniu wcięcia stawia się najpierw od strony ognia szereg stojaków, oklinowuje się je, a następnie w odległości $0,5 \div 1,0 \text{ m}$ wykonuje się ściankę z grubych desek lub bali przybitych do 3 lub 4 stojaków. Przestrzeń między organami i ścianką wypełnia się warstwami ubijanej gliny. Czas budowy takiej tamy jest 3 razy dłuższy niż tamy murowanej.

W kopalniach posiadających urządzenie podsadzki płynnej stosuje się ją oprócz zamulania ogniska pożaru również i do wykonywania *korków podsadzkowych* jako jednej z najdoskonalszych odmian tam ogniowych. Przed wykonaniem korka piaskowego muszą być postawione tamy podsadzkowe (zawarcia), które spełniają równocześnie rolę tam tymczasowej. Odległość



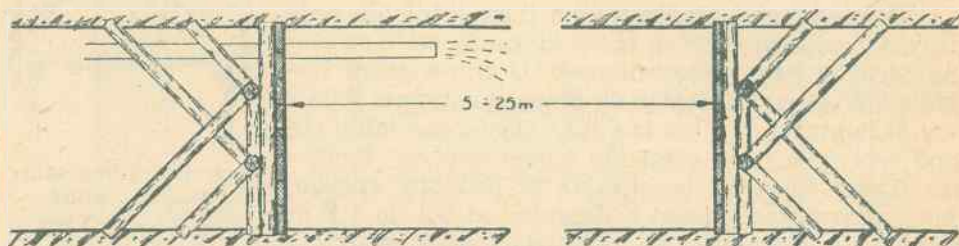
Rys. 127. Tama ostateczna z gliny

między zawarciami a więc i długość korka, wynosi w praktyce od 5 do 25 metrów, a nawet i więcej (rys. 128). Na pochylniach przy podsadzaniu z dołu można ograniczyć się tylko do jednego zawarcia, zwłaszcza przy większym nachyleniu pochylni.

Po zbudowaniu tam podsadzkowych doprowadza się do przestrzeni między nimi wylot rurociągu podsadzkowego i przystępuje się do podsadzania rzadką mieszaniną piasku i wody.

Zaletą korków podsadzkowych są: niskie koszty, trwałość i szybkość wykonania, szczelność i bardzo duża wytrzymałość na ciśnienie. Bardzo silny nawet wybuch nie zniszczy takiej tamy. Ze względu na dużą grubość tamy oraz ze względu na to, że drobny materiał podsadzkowy przenika nawet do szczelin w skałach, nie zachodzi konieczność wybierania zdrowych miejsc dla tego rodzaju tam ogniowych.

Czas wykonania korka podsadzkowego jest znacznie krótszy niż czas budowy tam murowanych lub kłocowych. Mając na przykład do wykonania dwa korki piaskowe z podwójnymi tamami można obsadzić równocześnie budowę wszystkich czterech tam oraz montaż rurociągu. Po wy-



Rys. 128. Wykonanie korka podsadzkowego

konaniu jednego korka przepina się rury i przystępuje się do wykonania drugiego. Łączny czas wykonania obu korków przy odpowiedniej organizacji pracy nie powinien przekroczyć 10 ÷ 12 godzin.

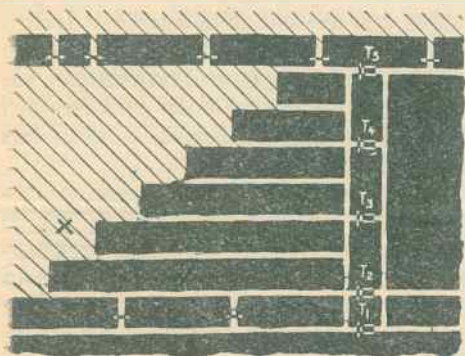
Przy budowie tam ostatecznych w szczelinowatej caliznie zachodzi potrzeba *uszczelniania ścian* na pewnej długości chodnika przed tamą, czego można dokonać przez rapowanie lub torkretowanie ścian, ubijanie gliny lub drobnego materiału za deskowaniem, wreszcie przez wtłaczanie pod ciśnieniem mleka cementowego.

Jeżeli w przestrzeni izolowanej można spodziewać się wybuchów gazów, zbudowane tamy powinny odznaczać się szczególną wytrzymałością. Bardzo dobrym zabezpieczeniem przed wybuchami jest podsadzenie chodnika (podsadzka sucha lub płynna) na długości 5 ÷ 10 m. Wytrzymałymi na wybuchy są również tamy zbudowane z dwóch lub trzech ścianek murowanych lub kłocowych, przestrzenie między którymi są wypełnione skałą, oraz tamy z worków z piaskiem większej niż zwykle grubości.

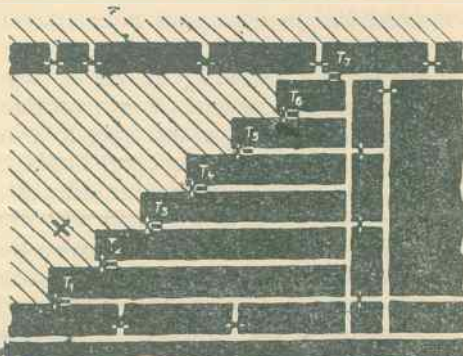
c. Rozmieszczenie i kolejność zamykania tam

Przy gaszeniu pożarów przez otamowanie musi być przestrzegana zasada, ażeby z jednej strony izolowana przestrzeń była jak najmniejsza, z drugiej zaś ażeby ilość tam, a więc i czas otamowania, były jak najmniejsze. Warunki te w wielu przypadkach kolidują ze sobą. Tak np. jeżeli przy filarowym systemie wybierania pożar powstanie w starych zrobach, może

on być izolowany przez postawienie większej liczby tam w bezpośrednim sąsiedztwie ze zrobami (rys. 129) lub mniejszej ich liczby, jeżeli otamowane będzie całe pole (rys. 130). W przypadku pierwszym izolowana część kopalni nie będzie już w przyszłości otwierana, a wobec tego po postawieniu tam ogniowych T pozostawia się przy nich filary ogniowe F (rys. 131) i przystępuje się do dalszego wybierania pola. W przypadku drugim



Rys. 129. Izolowanie pożaru w starych zrobach przez postawienie tam w bezpośrednim ich sąsiedztwie



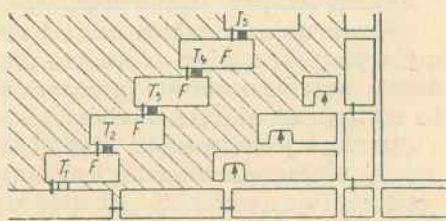
Rys. 130. Izolowanie całości pola pochylnianego

(rys. 130) izoluje się pole z tym założeniem że po stłumieniu pożaru tamy zostaną otworzone i przystąpi się do normalnej eksploatacji pola bez pozostawienia filaru ogniowego.

Jeżeli otamowanie ognia za pomocą tam stawianych w pobliżu pola pożarowego jest niemożliwe ze względu na jego położenie, gwałtowny rozwój pożaru lub towarzyszące mu wybuchy, może zachodzić konieczność zamknięcia wszystkich szybów i wejść do kopalni. Jednocześnie z zamknięciem kopalni zatapia się ją. Jest to środek ostateczny, do którego uciekać się należy tylko w wyjątkowo poważnych przypadkach.

Zamknięcie tam izolacyjnych może nastąpić dopiero wówczas, gdy istnieje pewność, że w otamowanym polu nikt nie został lub — w najgorszym razie — że już stamtąd wyjść nie może.

Stawianie lub zamykanie tam od strony wlotu powietrza świeżego jest znacznie łatwiejsze aniżeli od strony wyjścia gazów. Po zamknięciu tych tam dopływ powietrza do ognia zostaje wybitnie zmniejszony. Przyczynia się to do zmniejszenia ognia oraz ilości wychodzących gazów z pola pożarowego, co z kolei ułatwia zamykanie tam od strony wylotu tych gazów. Tak więc dla ułatwienia izolowania zaognionego pola należy na początku zamykać tamy od strony dopływu powietrza (tamy wlotowe), a na końcu zamykać tamy od strony wylotu gazów (tamy wylotowe), przy czym najpierw należy zamknąć tamę w prądzie głównym doprowadzającym powietrze do ognia, a następnie w tych prądach bocznych, które w większym lub mniejszym stopniu przyczyniają się do dopływu powietrza do pola



Rys. 131. Pozostawienie filaru ogniowego przy zaognionych zrobach

pożarowego. Taka kolejność zamykania tam stosowana jest w większości krajów górniczych i nie nastęrcza wątpliwości w kopalniach niegazowych.

Jeżeli chodzi o izolowanie pożarów w kopalniach gazowych, to dotychczas nie ma jeszcze jednolitego zdania zarówno co do kolejności zamykania tam, jak i odległości ich od ogniska pożaru, przeważa jednak i tu pogląd, że w pierwszej kolejności należy zamykać tamy wlotowe.

Koncepcja uprzedniego zamykania tam wylotowych w celu uniknięcia wybuchów gazu w polu pożarowym została już dawno wysunięta w Belgii przez Demaneta. Celowość takiej kolejności zamykania tam uzasadnia się tym, że po zamknięciu tamy wylotowej gazy obojętne znajdujące się w produktach palenia mają tendencję do cofania się w polu pożarowym unieszkodliwiając w ten sposób ewentualne skupienia metanu. Pogląd ten nie znalazł jednak większej ilości zwolenników.

Jak wiadomo już z poprzednich rozdziałów, jeżeli tylko w otamowywanym polu istnieją warunki do odwracania się prądów, należy się liczyć z możliwością wybuchów gazów pożarowych niezależnie od tego, czy kopalnia jest gazowa, czy też niegazowa i czy na początku będzie postawiona tama wlotowa, czy też wylotowa. Dla uniknięcia tego niebezpieczeństwa należy dążyć do takiego rozmieszczenia tam ogniowych, by poza nimi nie było prądów bocznych, które mogłyby ulec odwróceniu. Jeżeli kopalnia jest gazowa, to — naturalnie — możliwe są w polu pożarowym wybuchy metanu nawet i wtedy, gdy prądy za tamami nie będą odwrócone.

Dla wyjaśnienia warunków, w jakich w trakcie tamowania mogą powstać niebezpieczne koncentracje i wybuchy gazów kopalnianych, należy mieć na uwadze, że przez postawienie tamy wywołuje się przed nią lokalną wyżkę ciśnienia, zaś poza nią zniżkę. Jeżeli jako pierwsza stawiana jest tama wlotowa i jeżeli na drodze między tą tamą a ogniem znajdują się np. otamowane stare zroby, to w trakcie stawiania tamy będzie malała ilość dopływającego powietrza do ognia, a jednocześnie z tym będzie się zwiększała ilość metanu wydzielającego się ze starych zrobów, będących pod wpływem lokalnej depresji. W warunkach takich zawartość metanu w powietrzu dopływającym do ognia może łatwo osiągnąć niebezpieczną koncentrację i może nastąpić wybuch.

Jak z tego wynika, *niebezpieczne jest zamykanie tamy od strony wlotu powietrza do pola pożarowego w tym przypadku, gdy między tą tamą a ogniem istnieje źródło wydzielania się metanu.*

W warunkach takich może być korzystniejsze uprzednie zamknięcie tamy wylotowej, gdyż przyczyni się ona do wywołania lokalnej wyżki ciśnienia w polu pożarowym, a tym samym i do zmniejszenia wydzielania się tu metanu ze starych zrobów.

Istnieje jeszcze trzeci pogląd, a mianowicie, że w kopalniach gazowych należy równocześnie zamykać tamy wlotowe i wylotowe. Stanowisko takie reprezentują przepisy obowiązujące w kopalniach węgla brunatnego w Czechach. Równoczesne zamykanie tam wlotowych i wylotowych stosuje się również w gazowych kopalniach Zagłębia Ruhry.

Jak z powyższego wynika, dla ułatwienia izolowania pól pożarowych powinna być przyjęta zasada wcześniejszego tamowania prądów wlotowych. Odstępstwa od tej zasady mogą być w niektórych przypadkach usprawiedliwione tylko w kopalniach gazowych.

Przy dużym rozwoju pożaru i znacznej ilości wydzielających się gazów zaleca się pozostawienie w tamie wylotowej wolnego odpływu dla gazów przez umieszczenie w niej jednej lub dwóch rur o średnicy 300 ÷ 400 mm, które się po upływie pewnego czasu zamyka.

Co się tyczy odległości tam od ogniska pożaru, to przeważa tu zdanie, że niezależnie od obecności czy też nieobecności gazu należy je umieszczać możliwie blisko przy ognisku. Niektórzy jednak są zdania, że w kopalniach gazowych tamy, zwłaszcza wylotowe, powinny być z reguły stawiane w dużej odległości od ognia, i to tym większej, im większe jest wydzielanie się gazu w danym polu. W myśl tego poglądu A. A. Skoczynski i W. M. Ogijewski zalecają w przypadku dużego pożaru w kopalni gazowej, a zwłaszcza wtedy, gdy występowały już wybuchy, stawiać tamy w odległości przynajmniej 250 ÷ 300 m od ogniska pożaru. Pogląd ten wydaje się słuszny w odniesieniu do tam wylotowych i pod warunkiem, że są one stawiane w pierwszej kolejności. Wybuch bowiem gazu kopalnianego w czasie pożaru obejmuje pewnej wielkości przestrzeń wyrobisk przed ogniskiem, a wobec tego celowe jest jak najdalsze odsunięcie pracujących ludzi od miejsca wybuchu. Przy stawianiu w pierwszej kolejności tamy wlotowej zagrożona jest wybuchem przestrzeń między tą tamą a ogniem. Im większa będzie ta przestrzeń, tym większy może nastąpić wybuch, a wobec tego tamę wlotową należy stawiać raczej możliwie blisko przy ognisku.

Najniebezpieczniejszym okresem ze względu na wybuchy jest okres izolowania pola pożarowego w chwili stawiania pierwszych tam. Tłumaczy się to okolicznością, że w trakcie stawiania tam zmniejsza się stopniowo ilość dopływającego tlenu do ognia, stwarza się warunki sprzyjające odwróceniu prądów i zadymieniu kopalni poza tamami, a w przypadku kopalni gazowej możliwe jest również zwiększenie wypływów metanu w przestrzeni poza tamami. Wobec tego w pewnym momencie zmieszane z powietrzem dymy lub metan wytworzyć mogą mieszaninę niebezpieczną, która po zetknięciu się z płomieniem pożarów da wybuch.

Dla uniknięcia wybuchów w czasie stawiania tam należy nie dopuścić w ogóle do odwrócenia się prądów za tamami, jak również dostawiania się większych ilości metanu do powietrza płynącego do ognia, a w tym celu należy dążyć, by miejsca dla tam, a zwłaszcza wlotowych, znajdowały się możliwie blisko przy ogniu i ażeby między nim a tamą nie było ani prądów bocznych, ani też poważniejszych źródeł wydzielania się metanu.

Jeżeli z jakiegokolwiek powodu musi być izolowany większy obszar kopalni, kiedy odwrócenie się prądów poza tamami lub większe wydzielanie się metanu jest nieuniknione, należy liczyć się z możliwością wybuchu. W warunkach takich należy przy tamowaniu zatrudniać możliwie najmniejszą liczbę ludzi, a w chwili największego niebezpieczeństwa usunąć ich w miejsce bezpieczne. Momentem takim jest okres stawiania pierwszych tam niezależnie od tego, czy są one tamami wlotowymi, czy wylotowymi, a mianowicie moment, kiedy tama w dostatecznej mierze zmniejszy dopływ powietrza do ognia. Akcję otamowania należy wobec tego prowadzić w taki sposób, ażeby w tym niebezpiecznym okresie ludzie nie znajdowali się w pobliżu tamy. Może być tu wskazane nagle zamknięcie drzwi w uprzednio przygotowanej lub istniejącej tamie izolacyjnej i natychmiastowe wycofanie ludzi.

Od chwili odwrócenia się prądów do momentu zetknięcia się z ogniem mieszaniny wybuchowej upłynąć może pewien czas zależny od wielkości depresji ognia i od usytuowania wyrobisk w izolowanym polu. Po upływie tego czasu załoga może powrócić do zamkniętej tamy i należyć ją uszczelnić, po czym przystąpić do stawiania tam następnych.

Na podstawie danych angielskich przyjąć można, że czas, w ciągu którego zachodzi niebezpieczeństwo wybuchu wynosi około 1 godziny — przy małej powierzchni tamowanego pola — i dochodzi nawet do 24 godzin, je-

żeli izolowane pole zajmuje duży obszar. Na podstawie danych amerykańskich czas ten wynosi $4 \div 6$ godzin.

Ale i po postawieniu tam, jak również przy nieobecności w izolowanej przestrzeni prądów, które mogą ulec odwróceniu, możliwość wybuchów istnieje w dalszym ciągu i mogą one nastąpić już po zamknięciu pola pożarowego tamami tymczasowymi, a nawet ostatecznymi ogniowymi (rys. 77).

Z tego też powodu tamowanie za pomocą podsadzki płynnej jest najkorzystniejsze zarówno ze względu na automatyczność wykonywania tamy (korka piaskowego), jak i niemożliwość jej zburzenia w czasie wybuchu. Przy stawianiu tamy podsadzkowej (zawarcia) powinny być przestrzegane te same środki ostrożności, jak i przy zamykaniu pierwszych tam tymczasowych.

W przypadku kopalni eksploatującej pokłady niebezpieczne pod względem wybuchu pyłu węglowego należy zastosować opylanie pyłem kamiennym zarówno wyrobisk między tamami wlotowymi a ogniskiem pożaru, jak i wszystkich wyrobisk otaczających pole pożarowe, jeżeli nie są one zupełnie mokre. Zawartość części niepalnych w pyłe tych wyrobisk powinna znacznie przekraczać granice ustalone dla opylania wyrobisk w warunkach normalnych.

d. Nadzór nad tamami ogniowymi

Po izolowaniu pożaru następuje w przestrzeni otamowanej w pierwszym okresie pewna kompresja ze względu na trwającą w dalszym ciągu suchą destylację oraz niezupełne spalanie węgla na CO (z jednej objętości O₂ otrzymuje się jedną objętość CO₂ lub dwie objętości CO). Kompresja ta może być zmierzona za pomocą manometru połączanego z rurką umieszczoną w tamie. W celu uniknięcia kompresji w pierwszym okresie otamowania pozostawia się na pewien czas w tamie wylotowej odpływ dla gazów.

W miarę wygasania ognia kompresja poza tamami maleje wskutek przejścia CO na CO₂ przez łączenie się jego z resztkami tlenu (dwie objętości CO i jedna objętość O₂ dają dwie objętości CO₂), spalania się wodoru i węglowodorów na H₂O i CO₂, adsorpcji gazów przez węgiel, oziębiania się i kondensacji pary wodnej. Poza tym w okresie kompresji część gazów wydostaje się na zewnątrz przez szczeliny, których całkowite uniknięcie nie jest możliwe. Wreszcie ciśnienie w części izolowanej równoważy się z ciśnieniem zewnętrznym, a w okresach zwyczajki i zniżki barometrycznej następuje poza tamami chwilowa depresja lub kompresja. W okresie takiej chwilowej kompresji w przestrzeni otamowanej gazy wychodzą z niej przez szczeliny na zewnątrz, w okresie natomiast depresji — przeciwnie — świeże powietrze przenika za tamy.

Niezależnie od tego nawet przy zrównoważeniu ciśnienia ruch gazów w szczelinach nie ustaje. Każda szczelina tym się tylko różni od innych bocznie systemu wentylacyjnego, że opór jej jest bardzo duży. Jeżeli więc istnieje przepływ powietrza w kopalni, musi on istnieć w szczelinach, a zatem i w otamowanej przestrzeni, a wielkość prądu w niej zależy od szczelności otamowania. W takich warunkach pomiar ciśnienia za tamą wlotową (dolną) wykazuje istnienie depresji, za tamą zaś wylotową (górną) — kompresje.

Powoduje to, że i po otamowaniu pola pożarowego gazy wydzielają się z niego przez szczeliny, dołączają się do prądu powietrza płynącego w są-

siednich wyrobiskach i często uniemożliwiają w nich pracę. Przy tamowaniu pożaru w szczelinowatej partii pokładu walka z wydzielającymi się gazami pożarowymi może być nawet bardziej uciążliwa aniżeli otamowanie pożaru.

Walkę z gazami prowadzi się przez izolowanie szczelin oraz przez zmniejszenie różnicy depresji między ich wylotem i wlotem, a więc stosuje się tu takie same sposoby i środki, jak i przy zapobieganiu pożarom w całości. *Utrzymywanie możliwie małej różnicy ciśnienia za tamami w stosunku do ciśnienia powietrza zewnętrznego i zmniejszenie w ten sposób ilości przepływającego powietrza przez pole otamowane jest jednym z głównych warunków możliwości szybkiego ugaszenia pożaru.*

Każda zmiana ciśnienia barometrycznego odbija się nie tylko na wskazaniach manometrów umieszczonych przy tamach ogniowych, lecz i na składzie gazów w przestrzeni otamowanej. W czasie zwyżki barometrycznej zawartość tlenu za tamami wzrasta, ogień zostaje podsycany, w czasie zaś niżki gazy pożarowe ukazują się nie tylko przy tamach wylotowych, lecz i wlotowych, ogień zaś w tym czasie przygasa.

Jak z tego wynika, skuteczność otamowania zależna jest w dużej mierze od stopnia jego szczelności. Decyduje tu nie tylko wybór odpowiednio zdrowych miejsc dla tam, lecz i sam ich stan, co pociąga za sobą konieczność codziennego i starannego nadzoru nad tamami.

Nadzór nad tamami ma na celu przede wszystkim badanie szczelności tam. W związku z tym konieczne jest częste bielenie tam, gdyż wtedy łatwo jest zauważyć wszelkie nieszczelności. Pokrycie powierzchni wapnem powinno obejmować również i przyległe boki wyrobiska. Przesączanie się powietrza lub gazów przez tamę daje się zauważyć również wskutek ich syczenia. Każda zauważona nieszczelność powinna być niezwłocznie usunięta za pomocą gliny lub zaprawy wapiennej. W tamach murowanych konieczne jest przeprowadzanie co pewien czas ich fugowania.

Oprócz szczelności tam należy jednocześnie badać skład gazów pożarowych, ich temperaturę oraz ciśnienie za tamami.

Skład gazów w przestrzeni otamowanej zależny jest od miejsca pobrania próbki, od stanu barometrycznego oraz od wielkości pożaru i objętości pola pożarowego. Próbki wzięte spoza tam dolnych wykazują większą zawartość gazów ciężkich (CO_2), próbki natomiast pobrane spoza tam górnych — większą zawartość gazów lekkich (H_2 , CH_4).

Najbardziej miarodajnymi próbkami odzwierciedlającymi średni skład gazów są próbki pobrane spoza tam w okresach, gdy panuje za nimi kompresja.

Tamy ogniowe, zarówno wlotowe jak i wylotowe, powinny być dobrze przewietrzane na zewnątrz. Zbliżanie się do nich i badanie jest dopuszczalne tylko przy użyciu lamp elektrycznych lub z płomieniem zabezpieczonym. Nieprzestrzeganie tego przepisu było wielokrotnie przyczyną wybuchów.

e. Oznaczanie stanu pożaru w przestrzeni otamowanej

W czasie wygasania pożaru w polu izolowanym zachodzi zarówno zmiana składu chemicznego gazów za tamami, jak i zmiana ich temperatury, prężności oraz wielkości depresji naturalnej w otamowanej części kopalni. Na podstawie zaobserwowanych zmian można wnioskować o stanie pożaru w przestrzeni otamowanej.

1. Oznaczanie stanu pożaru na podstawie analizy gazów. Skład gazów w otamowanym polu pożarowym charakteryzuje się stosunkowo niską zazwyczaj zawartością O_2 oraz obecnością CO_2 , CO , H_2 , CH_4 i innych węglowodorów. Na podstawie licznych analiz stwierdzono następujące zawartości poszczególnych składników w próbkach wziętych spoza tam:

- O_2 — od setnych części % do $19 \div 20\%$;
- CO_2 — od setnych części % do $15 \div 20\%$;
- CO — od śladów do $5 \div 10\%$, najczęściej poniżej $1 \div 2\%$;
- H_2 — od śladów do $8 \div 10\%$, najczęściej $1 \div 2\%$;
- CH_4 razem z innymi węglowodorami:
 - w pokładach niegazowych od $1 \div 2\%$ do $5 \div 10\%$;
 - w pokładach gazowych nawet do 96% .

Jeżeli chodzi o niebezpieczeństwo wybuchów poza tamami, to jak wykazały badania przy zawartości O_2 poniżej 12% możliwość wybuchu metanu jest mało prawdopodobna. Ze względu jednak na obecność innych gazów palnych (H_2 , węglowodorów, CO) należy przyjąć znacznie niższą granicę zawartości O_2 (około 4%), przy której mieszanina gazów pożarowych już nie wybucha. Mieszanina ta nie wybucha również i przy zawartości CH_4 powyżej 15% .

Na podstawie nowszych badań przyjść można do wniosku, że dla podtrzymywania pożaru wystarcza zawartość 5% O_2 , a w poszczególnych przypadkach nawet przy 3% O_2 , obserwuje się oznaki ożywienia pożaru. Jeżeli w warunkach takich zostanie doprowadzone świeże powietrze (np. przez otworzenie tamy) zagrany węgiel może ponownie się rozpaść. Rozpali się on pod wpływem świeżego powietrza również i wówczas, gdy proces palenia już się zakończył, ale temperatura pozostaje jeszcze wysoka.

W miarę wygasania pożaru zwiększa się zawartość CO_2 , a jednocześnie z tym maleje zawartość CO . Obecność nawet małej ilości CO w próbce gazów spoza tam wskazuje na to, że pożar jeszcze nie został ugaszony.

Oznaką stłumienia pożaru jest stopniowe zmniejszanie się, a następnie brak przez dłuższy czas zawartości H_2 i CO we wszystkich próbkach wziętych spoza tam. Znane są jednak przykłady z praktyki, kiedy pomimo stwierdzonego za pomocą analiz braku CO pożar w rzeczywistości nie został stłumiony. Bardziej pewnym dowodem stłumienia pożaru jest brak w otamowanej przestrzeni nie tylko H_2 i CO , lecz i tlenu. Jeżeli obok braku CO zawartość O_2 nie przekracza $2 \div 3\%$ przez pewien okres czasu (np. w ciągu tygodnia), co jest możliwe tylko przy dużej szczelności izolacji pola, można z dużym prawdopodobieństwem liczyć się z ugaszeniem pożaru.

Dalszymi oznakami ugaszenia pożaru są: *obniżenie temperatury gazów za tamami przynajmniej do $+ 30^\circ C$ oraz obniżenie do $+ 25^\circ C$ temperatury wody wypływającej z izolowanego pola.*

Zawartość CH_4 w kopalniach gazowych może dominować nad zawartością innych gazów; w kopalniach niegazowych nie przekracza ona zwykle kilka procentów.

2. Oznaczanie stanu pożaru na podstawie wielkości jego depresji. Zasada tego sposobu (W. Budryk, 1936) oparta jest na pomiarze wielkości depresji naturalnej zamkniętej kopalni lub otamowanego pola pożarowego.

Najprostszym przypadkiem zastosowania tego sposobu jest zamknięcie całości kopalni za pomocą tam w szybach wdechowym i wydechowym (rysunek 132).

Dla zrozumienia istoty tego sposobu należy mieć na uwadze że pomimo zatamowania wlotu i wylotu do kopalni ruch powietrza odbywa się w niej w dalszym ciągu pod wpływem depresji naturalnej. Czynnikiem ten wywołuje w przestrzeni otamowanej nie tylko prądy lokalne, lecz i ruch powietrza przez otamowaną przestrzeń jako całość wskutek praktycznej niemożliwości idealnie szczelnego jej otamowania. Powietrze to, w bardzo małej wprowadzie ilości, wchodzi przez tamy wlotowe T_1 i wychodzi przez wylotowe T_2 . W warunkach takich pomiary ciśnienia gazów za tamami wskazują, że przy ustalonym stanie barometrycznym prężność gazów za tamą wlotową T_1 jest mniejsza od prężności powietrza zewnętrznego, prężność zaś gazów za tamą wylotową T_2 jest większa od powietrza zewnętrznego.

Jeżeli wielkość depresji naturalnej otamowanej kopalni wynosi h mm słupa wody i pod wpływem tej depresji przepływa ta znikoma ilość powietrza, jaka przesącza się przez tamy, wówczas zostaje ona zużyta na spadek naporu w_1 przy przejściu powietrza przez tamę wlotową T_1 , w_0 — przy przejściu tegoż powietrza przez wyrobiska kopalni i wreszcie w_2 — spadek naporu przy przesączaniu się powietrza przez tamę wylotową T_2 . Tak więc

$$h = w_1 + w_0 + w_2 \quad (40)$$

W najprostszym przypadku, gdy istnieje jeden tylko szyb wdechowy i jeden wydechowy, przez wszystkie te trzy elementy płynie jednakowa ilość powietrza, a wskutek tego spadki naporu w_1 , w_0 i w_2 są proporcjonalne do oporów tych elementów m_1 , m_0 i m_2 (pomijamy dla uproszczenia zwiększenie ilości gazów)

$$w_1 : w_0 : w_2 = m_1 : m_0 : m_2 \quad (41)$$

Opory tam m_1 i m_2 wynoszą kilka, kilkadziesiąt lub kilkaset tysięcy miургów, a przy starannym wykonywaniu tam nawet miliony miургów. Jeżeli zaś chodzi o sumaryczny opór systemu wyrobisk w kopalni, to wynosi on zwykle kilkadziesiąt lub paręset miургów.

Tak więc m_0 jest zwykle bardzo małe w porównaniu z m_1 i m_2 , a wobec tego w_0 jest również bardzo małe w porównaniu z w_1 i w_2 . Bez popelniania więc bardziej widocznego błędu można w_0 opuścić, a wówczas

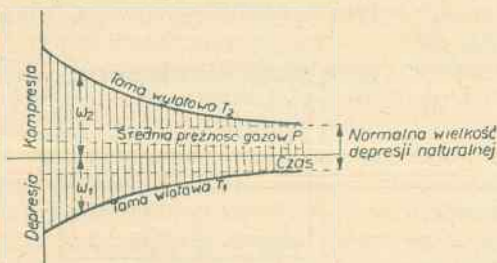
$$h = w_1 + w_2 \quad (42)$$

Te dwie wielkości w_1 i w_2 można zmierzyć za pomocą manometrów wodnych lub mikromanometrów. Mianowicie w_1 wyraża wielkość depresji $w_1 = -h_1$ panującej za tamą wlotową, zaś w_2 — wielkość kompresji $w_2 = +h_2$ za tamą wylotową. Wystarczy więc dodać do siebie depresję za tamą wlotową i kompresję za wylotową, by otrzymać depresję naturalną zamkniętej kopalni. Przeprowadzając w różnym czasie pomiary ciśnienia za obu tamami i nanosząc wyniki pomiarów na wykresie, otrzymuje się obraz przedstawiony na rys. 133. Odcinki rzędnych między obu tymi krzywymi dają nam wielkość naturalnej depresji zamkniętej kopalni. Wielkość ta w miarę wygasania pożaru asymptotycznie zbliża się do normalnej depresji naturalnej kopalni. W rzeczywistości jednak ustalony stan barometryczny trwa zwykle przez mniej lub więcej ograniczony czas.

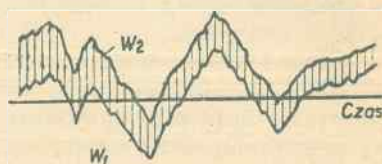


Rys. 132. Izolowanie pożaru przez zamknięcie całej kopalni

Na ogół biorąc zachodzą zawsze zmiany ciśnienia barometrycznego, co zniekształca taki regularny przebieg krzywych kompresji i depresji. Mianowicie w okresie zwwyżki barometrycznej więcej powietrza wchodzi przez tamę wlotową, aniżeli wychodzi przez wylotową, a w czasie szybko przebiegającej zwwyżki barometrycznej powietrze zewnętrzne wchodzi do przestrzeni zamkniętej nie tylko przez tamy wlotowe, lecz i wylotowe. W przypadku takim pomiary za pomocą manometru wykażą nam depresję za wszystkimi tamami.

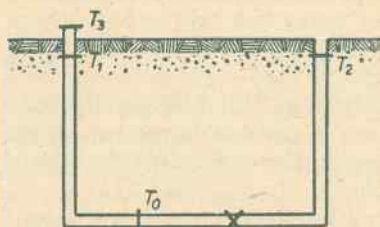


Rys. 133. Wykres depresji za tamą wlotową i kompresji za wylotową przy ustalonym stanie barometrycznym



Rys. 134. Wykres depresji naturalnej zamkniętej kopalni podczas zmian ciśnienia barometrycznego

W okresie zniżki barometrycznej obserwuje się zjawisko przeciwnie, a gdy zniżka ta ma przebieg bardzo szybki, powietrze z przestrzeni zamkniętej wychodzi na zewnątrz przez wszystkie tamy. W okresach takich nawet gazy za tamą wejściową wykazują większą prężność aniżeli powietrze zewnętrzne. Stąd też pochodzą te ustawiczne wahania ciśnienia gazów, jakie konstatuje się przy pomiarach. Jeżeli jednak wyniki tych pomiarów naniesie się na wspólny wykres, to i tu — podobnie jak poprzednio — odcinki rzędnych zawarte między obu liniami dadzą wielkość depresji naturalnej w przestrzeni otamowanej (rys. 134).



Rys. 135. Obecność dużego oporu w przestrzeni otamowanej

Tak więc dla oznaczenia wielkości depresji naturalnej w przestrzeni otamowanej należy zsumować wielkość depresji za tamą wlotową i kompresji — za wylotową. Innymi słowami, należy sumować ze sobą wyniki pomiarów, jeżeli mają one różne znaki, lub też odejmować od siebie te wyniki, jeżeli mają one znaki jednakowe, tzn. jeżeli za obu tamami występuje bądź to kompresja bądź też depresja.

Sposób ten umożliwia zmierzenie depresji naturalnej panującej w otamowanej przestrzeni tylko wtedy, gdy opór tej przestrzeni (m_0) jest bardzo mały w porównaniu z oporami tam.

Jeżeli wewnątrz otamowanej przestrzeni znajduje się bardzo duży dodatkowy opór, np. tama T_0 (rys. 135) lub poważny zawał, wówczas w_0 , obejmując sobą również i ten opór, może być bardzo duże i nie będzie mogło być pominięte we wzorze (40), a wobec tego

$$h = w_1 + w_0 + w_2 > w_1 + w_2 \quad (43)$$

W tym przypadku dająca się zmierzyć wielkość $w_1 + w_2$ będzie mniejsza od rzeczywistej wartości depresji naturalnej h .

W wielu przypadkach może zależeć nie tyle na bezwzględnej wartości depresji naturalnej otamowanej przestrzeni, ile na wartościach względnych, które umożliwiłyby porównanie stanu pożaru w różnym czasie. W takim przypadku można operować wielkością $w_1 + w_2$, która przy stałej wielkości oporu m_0 będzie proporcjonalna do h .

Jeżeli jednak oznaczenie depresji naturalnej h ma być dokładniejsze, wówczas należy zastosować metodę bardziej skomplikowaną.

W przypadku istnienia dodatkowego oporu T_0 (rys. 135) w otamowanej przestrzeni równanie spadków naporu ma postać

$$h = w_1 + w_0 + w_2$$

Jeżeli wielkość oporu T_0 wynosi m_0 miургów, przy czym

$$\frac{m_0}{m_1 + m_2} = k = \text{const}$$

wówczas stosunek

$$\frac{w_0}{w_1 + w_2} = k \quad (44)$$

pozostanie stały niezależnie od ilości przepływającego powietrza, a więc niezależnie od wielkości spadków naporu w_0 , w_1 i w_2 .

Jeżeli zbuduje się dodatkową tamę T_3 i zmierzy za pomocą manometru spadki naporu przy otwartej (w'_1 i w'_2) i przy zamkniętej tamie (w''_1 , w''_2 i w''_3) otrzymuje się dwa równania

$$h = w'_1 + w'_0 + w'_2$$

$$h = w''_3 + w''_1 + w''_0 + w''_2$$

Wstawiając za w'_0 i w''_0 wartości z równania (44) otrzymuje się

$$h = (1 + k)(w'_1 + w'_2)$$

$$h = w''_3 + (1 + k)(w''_1 + w''_2)$$

Po rozwiązaniu tych równań otrzymuje się rzeczywistą wielkość depresji naturalnej

$$h = \frac{w''_3}{1 - \frac{w''_1 + w''_2}{w'_1 + w'_2}} \quad (45)$$

gdzie

w'_1 i w'_2 — spadki naporu zmierzone równocześnie na tamach T_1 i T_2 przy otwartej tamie T_3 ;

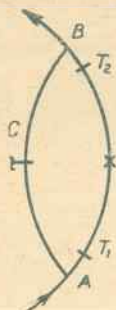
w''_1 , w''_2 , w''_3 — spadki naporu zmierzone równocześnie na tamach T_1 , T_2 i T_3 przy zamkniętej tamie T_3 .

Bezpośrednio po izolowaniu pożaru depresja naturalna w otamowanej kopalni może wynosić kilkaset mm słupa wody. Po upływie kilku dni lub tygodni w miarę wygasania ogniska depresja spada do kilkudziesięciu mm słupa wody, a po paru miesiącach do kilku milimetrów.

Jeżeli mierzy się depresję naturalną pola pożarowego zajmującego tylko część kopalni (rys. 136), trzeba mieć na uwadze, że przy tamie T_1 mierzy się wielkość depresji względem ciśnienia panującego w A , przy tamie zaś T_2 — wielkość kompresji względem ciśnienia w punkcie B . Jeżeli opór bocznic ACB jest bardzo mały, depresja między punktami A i B będzie nieduża i nie wywiera istotnego wpływu na wyniki pomiaru. Jeżeli jednak opór tej bocznicy jest duży, otrzymuje się przez sumowanie depresji i kompresji za tamami T_1 i T_2 wynik znacznie większy, aniżeli wynosi depresja naturalna w otamowanym polu.

Ażeby obliczyć rzeczywistą wartość interesującej nas depresji naturalnej, trzeba od wartości zmierzonej $w_1 + w_2$ odjąć wielkość spadku

naporu między punktami A i B. Wielkość ta może być oznaczona znanyymi metodami (p. „przewietrzanie wyrobisk”), np. za pomocą statoskopu, deprymometru lub bezpośrednio za pomocą manometru połączonego z rurkami statycznymi umieszczonymi w początkowym A i końcowym punkcie B.



Rys. 136. Otamowanie pola pożarowego zajmującego część kopalni

W przypadku, gdy otamowane pole jest przewietrzane prądem schodzącym, otrzymuje się ujemną wartość depresji naturalnej (prąd AB jest odwrócony).

Obecność dodatkowych oporów między tamami T_1 i T_2 , a więc np. zawalów lub tam, będzie i w tym przypadku zniekształcała wyniki obniżając pomierzoną wielkość depresji naturalnej.

Dla obliczenia rzeczywistej jej wartości należy również i w danym przypadku przeprowadzić przynajmniej dwa pomiary przy różnej wielkości oporu bocznic ACB, co można zrobić np. przez umieszczenie w tej bocznicie tamy regulacyjnej.

W przypadku takim otrzymuje się dwa równania:

$$h = w'_1 + w'_0 + w'_2 - w'_{ACB}$$

$$h = w''_1 + w''_0 + w''_2 - w''_{ACB}$$

Wstawiając za w_0 wartość z równania (44) uzyskuje się

$$h = (1 + k)(w'_1 + w'_2) - w'_{ACB}$$

$$h = (1 + k)(w''_1 + w''_2) - w''_{ACB}$$

skąd

$$h = \frac{w'_{ACB}(w''_1 + w''_2) - w''_{ACB}(w'_1 + w'_2)}{(w'_1 + w'_2) - (w''_1 + w''_2)} \quad (46)$$

gdzie

w'_1, w'_2, w'_{ACB} — spadki naporu zmierzone równocześnie na tamach T_1 i T_2 (za pomocą manometru) oraz między punktami A i B (za pomocą statoskopu lub deprymometru);

w''_1, w''_2, w''_{ACB} — jak wyżej, ale przy innej wielkości oporu bocznic ABC.

Wykres zmiany depresji naturalnej h w miarę wygasania pożaru przedstawia się w postaci krzywej. W przypadku szczelnej izolacji krzywa ta asymptotycznie zbliża się do wielkości depresji naturalnej w warunkach normalnych (rys. 137 a). Jeżeli izolacja nie jest szczelna i do ogniska dopływa znaczna ilość powietrza, które podtrzymuje pewien stan zaognienia pola, wykres depresji przedstawia się jak na rys. 137 b.

Jeżeli mierzona jest suma depresji i kompresji przy tamach wlotowej i wylotowej ($w_1 + w_2$), przy czym wykres krzywej wykazuje nagły spadek w pewnym jej miejscu (rys. 137 c), jest to dowodem powstania w otamowanej przestrzeni zawalu zwiększającego jej opór m_0 .

Zwykle przebieg krzywych depresji nie jest tak regularny, jak to przedstawiono na poprzednich wykresach. Wielkość depresji wykazuje zwykle większe lub mniejsze wahania (rys. 137 d) zależnie od stanu barometrycz-

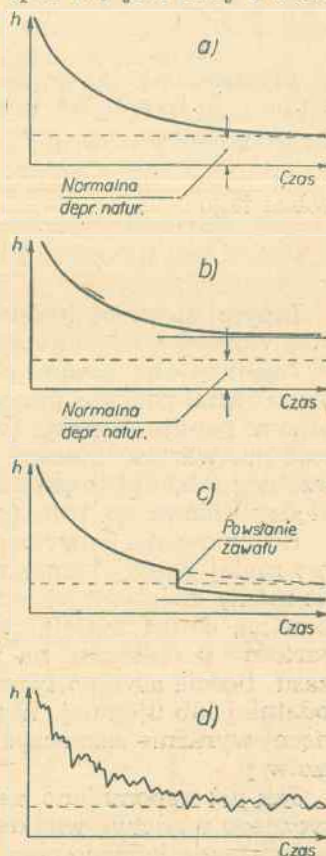
nego (podczas zwyżki większa ilość O_2 dostaje się za tamę), temperatury powietrza zewnętrznego (przy niższej temperaturze na zewnątrz tam depresja naturalna wzrasta).

Przy omawianym sposobie oznaczania stanu pożaru stan tam nie odgrywa poważniejszej roli, gdyż niezależnie od tego, czy opór ich wynosi miliony, czy też tylko tysiące miургów, opór kopalni m_0 będzie stanowił w większości przypadków tylko znikomą ułamek oporu tam, a więc będzie mógł być opuszczony. W przypadkach zaś, gdy opór m_0 jest duży i stosowana jest jedna z podanych metod wyeliminowania jego wpływu, stan tam tym bardziej nie odgrywa poważniejszej roli. Jeżeli jedna z tam zostanie otworzona, to różnica ciśnienia przy tamie drugiej wzrośnie i będzie wynosiła mniej więcej tyle, ile poprzednio suma różnic ciśnień przy obu tamach (pod warunkiem, że m_0 jest bardzo małe).

3. Oznaczanie stanu pożaru na podstawie prężności gazów za tamami. (W. Budryk, 1945). W przypadku, gdy w otamowanej przestrzeni nie ma ogniska pożaru, prężność powietrza za tamami w stosunku do prężności powietrza zewnętrznego zależy od przebiegu ciśnienia barometrycznego. Przy długotrwałym ustalonym stanie barometrycznym następuje wyrównanie prężności powietrza zewnętrznego oraz średniej jego prężności poza tamami, a wskutek tego średnia prężność względna równa się zeru. W okresie zwyżki barometrycznej średnia prężność za tamami jest niższa, w okresie zaś zniżki — wyższa od prężności powietrza zewnętrznego. Jeżeli jednak obliczy się przeciętną prężność na podstawie pomiarów przeprowadzonych przez dłuższy okres czasu, wówczas wpływy zwyżek i zniżek barometrycznych muszą się znosić, a wskutek tego przeciętna prężność względna musi się równać zeru.

Inaczej ma się sprawa w przypadku otamowania objętej pożarem części kopalni. Bezpośrednio po otamowaniu pożaru obserwuje się za tamami wzrost prężności gazów. Wprawdzie w okresach poważnej zwyżki barometrycznej można obserwować również i w przypadku pożaru niższe ciśnienie gazów za tamami w porównaniu z powietrzem zewnętrznym, to jednak biorąc przeciętną prężność z obserwacji przez dłuższy czas można się przekonać, że jest ona wyższa od prężności powietrza zewnętrznego, wysokość zaś jej zależy z jednej strony od intensywności ognia, a więc ilości wydzielających się gazów, z drugiej zaś — od szczelności tam.

Przy jednym i tym samym stanie szczelności tam przeciętna prężność gazów musi maleć w miarę wygasania pożaru, a po jego kompletnym stłumieniu, jeżeli nie ma innych źródeł wydzielania się gazów, przeciętna prężność względna musi asymptotycznie zbliżać się do zera.



Rys. 137. Wykresy zmiany depresji naturalnej w miarę wygasania pożaru

Mając powyższe na uwadze, należy wyciągnąć wniosek, że stan pożaru w przestrzeni otamowanej da się oznaczyć nie tylko na podstawie wielkości depresji cieplnej, lecz i na podstawie średniej prężności gazów za tamami.

Jako średnią prężność względną powietrza za tamami (p mm słupa wody) można przyjąć średnią arytmetyczną prężności za tamą wlotową p_1 i wylotową p_2

$$p = \frac{p_1 + p_2}{2}$$

Prężność mierzy się za pomocą zwykłego manometru wodnego, a więc w taki sam sposób, jak mierzy się depresję za tamą wlotową w_1 i kompresję za wylotową w_2 , przy czym

$$p_1 = -w_1 \qquad p_2 = +w_2$$

wobec tego

$$p = \frac{-w_1 + w_2}{2} = \frac{w_2 - w_1}{2} \quad (47)$$

Innymi słowami *średnia prężność względna gazów za tamami jest połową różnicy kompresji za tamą wylotową w_2 i depresji za wlotową w_1 .*

Jeżeli za obu tamami panuje kompresja, wówczas średnia prężność będzie równa połowie sumy tych kompresji. W przypadku, gdy za obu tamami panuje depresja (w okresie zwyżki barometrycznej), średnia prężność ma wartość ujemną równą połowie sumy tych depresji. Graficznie przebieg średniej prężności gazów p przedstawia się jako linia środkowa między liniami w_2 i w_1 (zob. rys. 133).

Rozumowania powyższe odnoszą się do przypadku, gdy opór obu tam jest mniej więcej jednakowy i gdy między tamami wlotową i wylotową nie mamy dodatkowych oporów. Jeżeli opory tam są różne (jedna bardziej szczelna, druga mniej), wówczas w miarę wygasania pożaru przeciętna wartość p obliczona na podstawie pomiarów trwających dłuższy okres czasu będzie asymptotycznie zdążała nie do zera, lecz do pewnej wartości dodatniej lub ujemnej. W przypadku powstania zawału musi on mniej lub więcej wyraźnie zaznaczyć się w przebiegu pomierzonej średniej prężności gazów p .

Jak już wspomniano, ze względu na ustawiczne wahania stanu barometrycznego właściwą wielkość prężności gazów za tamami otrzymuje się nie na podstawie jednego pomiaru w_1 i w_2 , lecz większej ilości tych pomiarów w przeciągu dłuższego czasu, np. w ciągu 10 lub nawet 20 dni.

4. Porównanie metody depresji z metodą prężności. Jeżeli otamowany jest duży obszar kopalni o znacznej różnicy poziomów rozmieszczenia tamy wylotowej T_2 oraz ogniska pożaru, wówczas przy stosunkowo niewysokiej nawet temperaturze pożaru otrzymuje się dostatecznie dużą wartość depresji cieplnej. W warunkach takich natomiast średnia prężność gazów ze względu na dużą objętość wyrobisk pola pożarowego może być bardzo mała, nawet przy dużej ilości wydzielających się gazów. W przypadku takim odpowiedniejsza będzie metoda depresji.

Przeciwnie, w przypadku, gdy cała otamowana przestrzeń znajduje się na jednym mniej więcej poziomie, wielkość naturalnej depresji, nawet przy wysokiej temperaturze ogniska, staje się bardzo mała. W warunkach takich odpowiedniejszą będzie metoda prężności gazów.

Jak z powyższego wynika, obie omawiane metody raczej wzajemnie uzupełniają się, a że wymagają one pomiarów jednych i tych samych wiel-

kości w_1 oraz w_2 i różnią się tylko sposobem obliczenia, przeto w każdym przypadku wskazane jest operowanie obu wielkościami, tj. depresją naturalną h i prężnością gazów p . Metoda depresji pozwala określić stan pożaru na podstawie jednego równoczesnego odczytu w_1 i w_2 , metoda prężności wymaga dłuższego czasu i dużej ilości odczytów.

5. Przykład oznaczania stanu pożaru w kopalni zamkniętej. W związku z pożarem w kopalni Reden (Dąbrowa Górnicza) w czerwcu i lipcu 1935 r. przystąpiono do zamykania wylotów wszystkich szybów, co zakończono 10 lipca 1935. Po zamknięciu szybów brano codziennie próbki gazów oraz mierzono ich ciśnienie za tamami.

Jak się okazało, ani analizy gazów, ani też pomiary ich temperatur nie dawały mniej lub więcej pewnych podstaw dla określenia stanu pożaru w otamowanej kopalni, przekonano się natomiast, że oznaczanie stanu pożaru na podstawie depresji i kompresji panującej poza tamami może być z powodzeniem stosowane w praktyce górniczej.

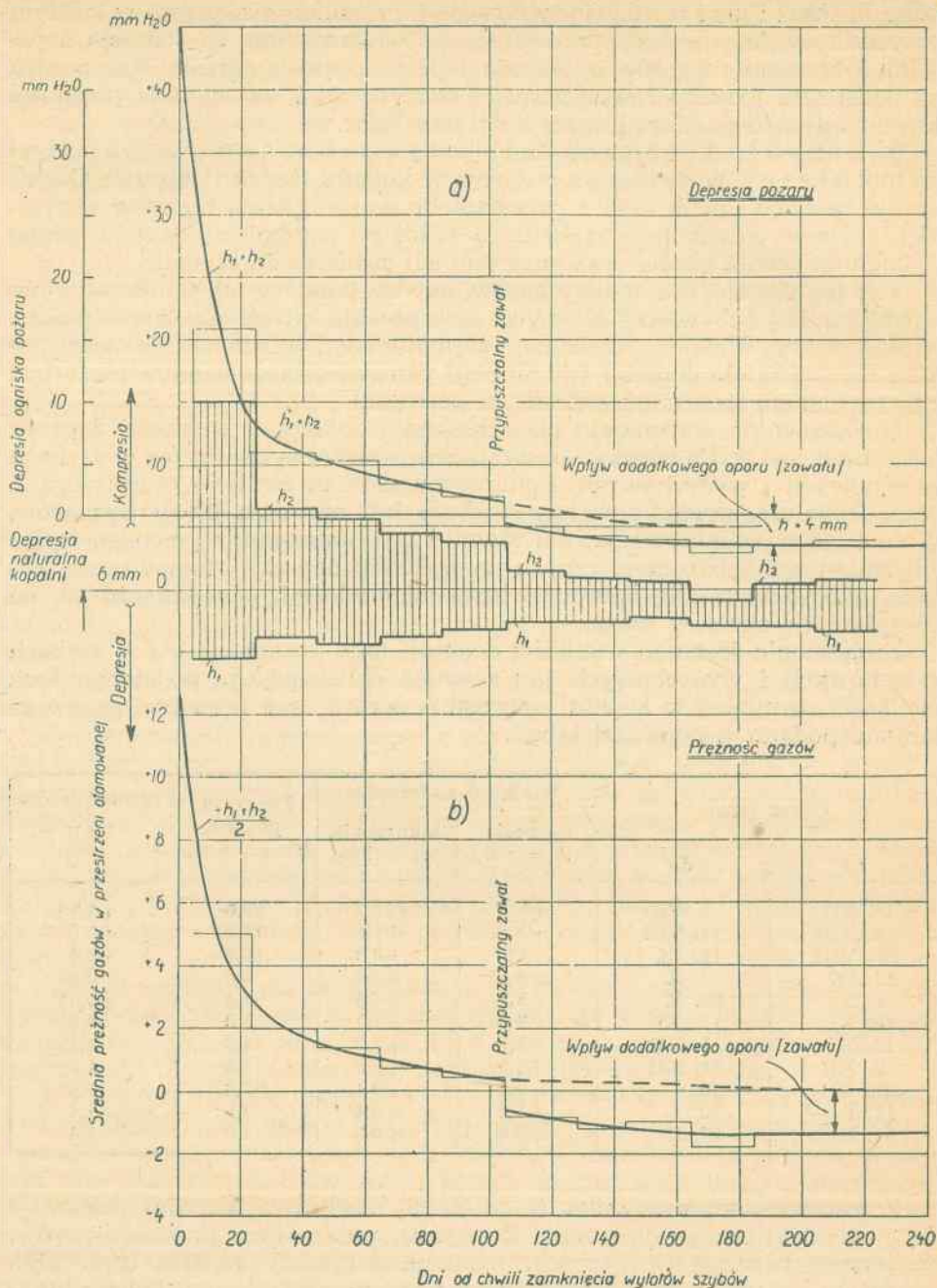
Nieodzownym warunkiem dla oznaczenia dokładnej wielkości depresji naturalnej jest ścisła równoczesność przeprowadzania pomiarów w szybach wdechowych i wydechowych. Ponieważ zasada ta nie była przestrzegana przez kopalnię, przeto powstały większe lub mniejsze błędy pomiarów. W celu ich wyeliminowania, jak również wyeliminowania pewnego wpływu zmian stanu barometrycznego na wielkość depresji otamowanego pożaru, zdecydowano się operować liczbami średnimi, odnoszącymi się do 20-dniowych okresów czasu.

Zestawienie średnich wielkości depresji w_1 i kompresji w_2 w szybach wdechowych i wydechowych jak również obliczenie na podstawie tych wielkości panującej w kopalni depresji pożaru h oraz prężności gazów za tamami podano w poniższej tabeli.

Okres czasu		Wielkość zmierzona		Depresja pożaru $h = w_1 + w_2$	Prężność gazów $p = \frac{w_2 - w_1}{2}$
		depresja $w_1 = -h_1$	kompresja $w_2 = +h_2$		
od	do				
15. VII	3. VIII	+5,7	+15,2	20,9	+4,75
4. VIII	23. VIII	+3,6	+7,6	11,2	+2,0
24. VIII	12. IX	+4,0	+9,8	10,8	+1,4
13. IX	2. X	+3,6	+4,9	8,5	+0,65
3. X	22. X	+3,2	+4,3	7,4	+0,55
23. X	11. XI	+3,3	+1,7	5,0	-0,8
12. XI	1. XII	+3,3	+1,0	4,3	-1,15
2. XII	21. XII	+2,9	+0,9	3,8	-1,0
22. XII	10. I	+3,2	-0,4	2,8	-1,8
11. I	30. I	+3,2	+0,4	3,6	-1,4
31. I	26. II	+3,4	+0,6	4,0	-1,4

Z zestawienia tego wynika że od chwili zamknięcia kopalni obserwuje się ciągle i to bardzo duży spadek depresji pożaru oraz prężności gazów, co jeszcze bardziej przejrzyste ilustruje załączony wykres (rys. 138), w którym schodkowy przebieg depresji i prężności gazów zastąpiono liniami krzywymi.

Jeżeli chodzi o wielkość depresji pożaru (rys. 138 a), to w piątym dniu po zamknięciu kopalni wynosiła ona $h = 35$ mm H_2O , w końcu lipca 15 mm, w końcu sierpnia 10 mm, a następnie asymptotycznie zbliżała się do 6 mm (linia przerywana). Tak więc 6 mm można tu przyjąć jako depresję naturalną w warunkach normalnych.



VII. 1935	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	I. 1936	II.	
-----------	-------	-----	----	-----	------	---------	-----	--

Rys. 138. Przebieg depresji pożaru i prężności gazów w otamowanej kopalni Reden

W końcu października (dokładnie 23. X.) nastąpił nagły spadek depresji z $h = 7$ mm do $h = 5$ mm. Ten nagły, w ciągu jednego dnia, spadek depresji może być wytłumaczony tym, że w dniu 23. X. na drodze między szybem wdechowym i wydechowym powstał zawał, który dla ruchu powietrza stanowił mniej więcej taki sam opór, jak każda z obu tam w szybach. Wskutek obecności tego dodatkowego oporu wewnątrz kopalni krzywa depresji w dalszym swym przebiegu zbliżała się już nie do normalnej wielkości depresji naturalnej ($h = 6$ mm) lecz do wartości mniejszej, a mianowicie $h = 4$ mm.

Co się tyczy *prężności gazów za tamami* (rys. 138 b), to i tu — podobnie jak na wykresie depresji pożaru — obserwuje się mniej lub więcej regularny przebieg. W piątym dniu po zamknięciu kopalni prężność ta wynosiła 10,4 mm słupa wody, w końcu lipca 3,8 mm, a w końcu sierpnia 1,3 mm; w dalszym ciągu asymptotycznie zbliżała się do zera (linia przerywana). W dniu 23. X. następuje i w danym przypadku przerwa ciągłości krzywej, a więc krzywa prężności gazów zarejestrowała również moment przypuszczalnego zawału. Porównując z sobą wyniki pomiarów depresji i średniej prężności gazów trzeba stwierdzić, że wprowadzić w danym przypadku obie te wielkości mniej więcej jednakowo rejestrują stan pożaru w kopalni, pierwszeństwo jednak należy tu oddać pomiarom depresji. Wielkość jej w miarę wygasania ognia obniża się o kilkadziesiąt mm słupa wody, gdy tymczasem prężność gazów zaledwie o około 10 mm. Popętnienie więc stosunkowo niedużego błędu przy pomiarze musiałoby odbić się wyraźniej na krzywej prężności aniżeli na krzywej depresji.

6. Przykład oznaczania stanu pożaru w otamowanym polu. Na rys. 139 przedstawiono wykresy depresji i prężności gazów w otamowanym polu pożarowym w kopalni *Donnersmarck*. Pożar powstał tu w dniu 24. XII. 1937 w poziomej przecznicy, którą otamowano 7. I. 1938. Od tej chwili rozpoczęto systematyczne obserwacje przebiegu pożaru posługując się metodą pomiarów depresji naturalnej. Metoda ta jest mało odpowiednia, jeżeli tama wylotowa i ognisko pożaru znajduje się na jednym poziomie, jak właśnie było w danym przypadku. Ze względu natomiast na stosunkowo nieduży otamowany obszar kopalni oraz duże nasilenie pożaru znacznie odpowiedniejsza jest tu metoda prężności gazów. W 28 dniu pożaru prężność gazów wynosiła 64 mm słupa wody, a w 126 dniu tylko 20 mm pomimo zamknięcia tam wentylacyjnych w bocznicy równoległej *ACB* (zob. rys. 136). Po otworzeniu tych tam, a więc zmniejszeniu różnicy depresji między tamami wylotową i wlotową, co sprzyjało ugaszeniu pożaru, średnia prężność gazów spadła bardzo szybko i w 160 dniu wynosiła już tylko 1 mm.

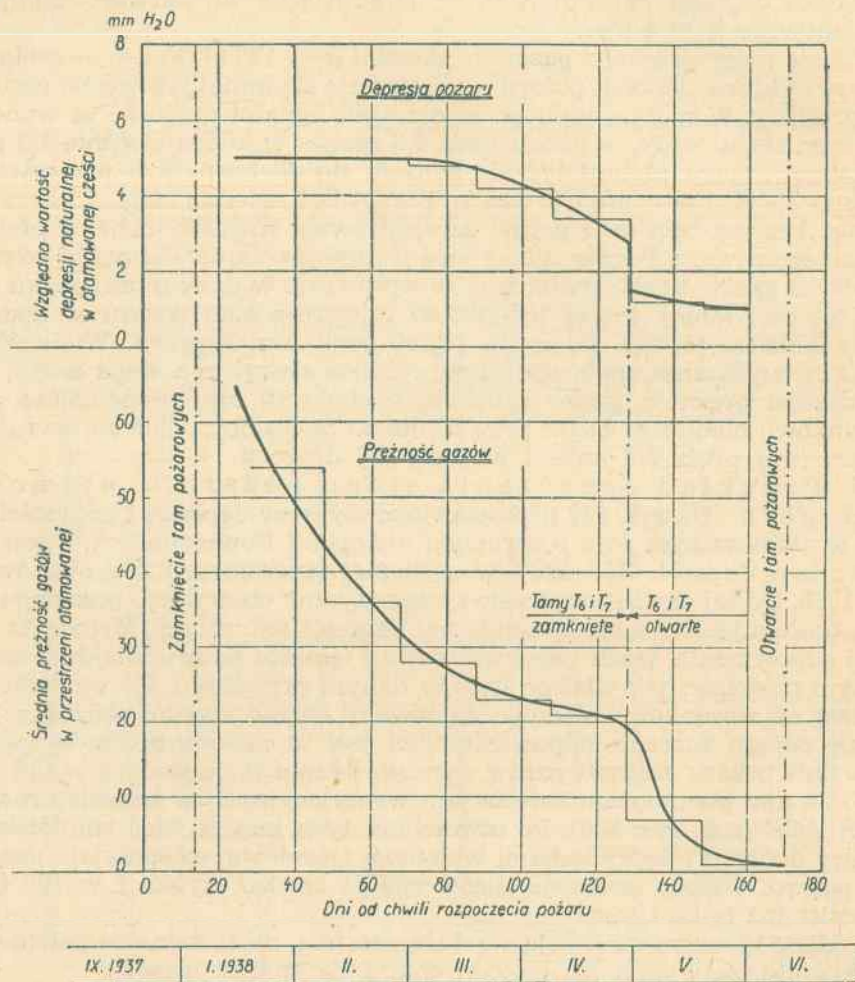
Podane metody odznaczają się dużą prostotą, dając zarazem pewniejsze i dokładniejsze wyniki niż metoda oparta na analizie gazów.

f. Przyspieszenie gaszenia otamowanych pól

Dla szybkiego ugaszenia pożaru w polu otamowanym konieczne jest stworzenie takich warunków, przy których do ognia dopływa możliwie najmniejsza ilość powietrza. Cel ten osiąga się przez wyjątkowo szczelną izolację pola oraz przez zmniejszenie do minimum różnicy depresji między tamami wlotowymi i wylotowymi. W praktyce kopalnianej idzie się zwykle pierwszą drogą i zwykle nie docenia się wpływu wielkości depresji. Powoduje to, że w wielu przypadkach po bardzo dokładnym nawet otamowaniu pola pożar trwa w nim całymi latami i co pewien czas ogień

wychodzi przed tamy lub też powstają ogniska pożaru w otaczającym pole filarze ogniowym od strony dopływu do pola świeżego powietrza. Zmusza to kopalnię do ciągłego odstępowania na rzecz pola pożarowego coraz to nowych obszarów pokładu i prowadzi do ustawicznego zwiększania powierzchni tego pola, które z biegiem czasu może liczyć setki hektarów.

Im bliżej szybu wdechowego znajdują się tamy wlotowe do pola pożarowego, im bliżej szybu wydechowego znajdują się tamy wylotowe i im



Rys. 139. Przebieg depresji pożaru i prężności gazów w otamowanym polu pożarowym kopalni Donnersmarck

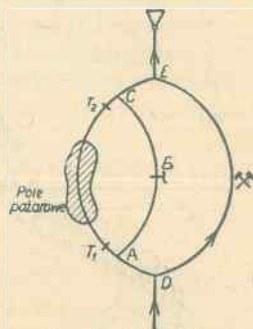
większa jest depresja wentylatora przewietrzającego kopalnię, tym bardziej uporczywy jest pożar i tym trudniej go zlikwidować. Badania przeprowadzone w kopalniach wykazały, że pola znajdujące się pod wpływem różnicy depresji wynoszącej kilka lub kilkanaście mm słupa wody są na ogół ugaszone, te zaś, w których różnica depresji między tamami wylotowymi i wlotowymi wynosi 30, 50 lub więcej mm słupa wody, nie wygasły, pomimo że pożary trwają w nich od 20, 30, a nawet i z górą 50 lat.

Jak z tego wynika, do ugaszenia pożaru w polu otamowanym nie wystarczy samo, nawet bardzo staranne, jego otamowanie, gdyż przy tym musi być zachowany i drugi podstawowy warunek, ażeby różnica depresji między tamami była dostatecznie mała. Osiągnąć to można różnymi sposobami:

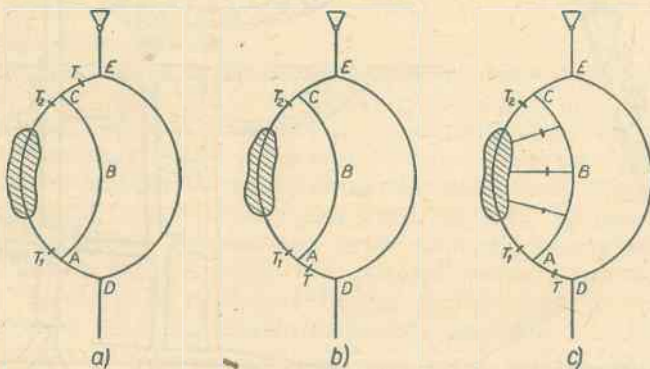
1. Jeżeli opór bocznic ABC (rys. 140) między tamami wlotową T_1 i wylotową T_2 jest duży lub jeżeli w bocznic tej znajduje się tama B , to różnica depresji między punktami C i A , a więc i między tamami T_1 i T_2 , będzie również duża i tym większa, im większy jest opór bocznic ABC . W celu zmniejszenia różnicy depresji między tamami należy dążyć do zmniejszenia oporu wyrobisk łączących ze sobą te tamy.

2. Jeżeli stworzenie krótkiego połączenia ABC między szybami wdechowym i wydechowym jest niedopuszczalne ze względu na pogorszenie przewietrzania czynnych pól DE w kopalni, lub jeżeli opór bocznic ABC jest duży nawet po otworzeniu w niej tamy B , należy zmniejszyć ilość płynącego powietrza w bocznic ABC przez umieszczenie tamy regulacyjnej T za lub przed tą bocznicą (rys. 141 a i b). Jeśli po usunięciu oporów w bocznic ABC będzie w niej płynęła tylko mała ilość powietrza, spadek naporu w tej bocznic będzie wynosił zaledwie kilka milimetrów słupa wody, a gdy tama T będzie dostatecznie szczelna, wówczas okaże się, że wlot i wylot do pola pożarowego pozostają praktycznie pod taką samą depresją. Tama ta została nazwana przez H. Bystronia (1951) tamą gaszącą, bocznic zaś ABC — bocznicą gaszącą.

Tak więc drugim sposobem przyspieszenia likwidacji pożaru w polu otamowanym jest wykonanie lub wykorzystanie istniejącego połączenia między tamami izolującymi dane pole pożarowe i zatrzymanie na tym po-



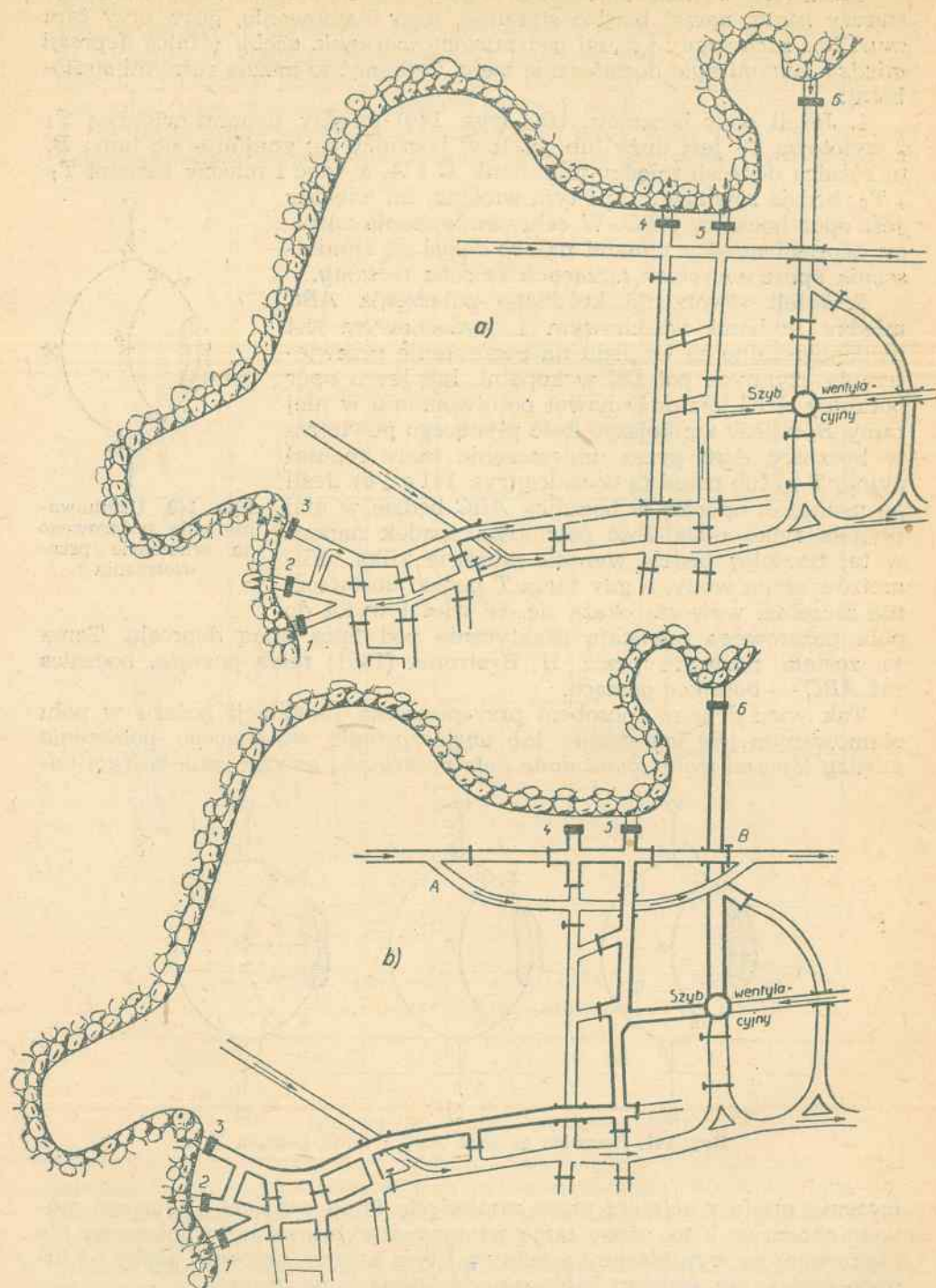
Rys. 140. Usytuowanie pola pożarowego na schemacie przewietrzania



Rys. 141. Bocznic gasząca ABC i tama gasząca T

łączeniu prądu powietrza przez zamknięcie tamy gaszącej T . Inaczej mówiąc chodzi tu o to, ażeby tama wlotowa i wylotowa były połączone nie otamowanymi wyrobiskami z jednym i tym samym szybem i ażeby od innego szybu (lub szybów) były one oddzielone tamą gaszącą.

Jeżeli pole pożarowe jest otamowane większą ilością tam, celowe jest wszystkie te tamy objąć wspólną bocznicą gaszącą ABC (rys. 141 c).



Rys. 142. Przykład otamowania pola pożarowego: nie wygaszony pożar (a), akcja ugaszenia pożaru (b)

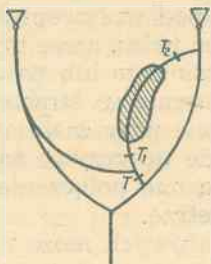
Tama gasząca T niekoniecznie musi być szczelna. Gdy nieduża ilość powietrza będzie płynęła boczną ABC , powstanie tylko nieznaczny spadek naporu, a więc i nieznaczna różnica depresji między tamami ogniowymi T_1 i T_2 . Na rys. 142 podano przykład sposobu zastosowanego, przez H. Bystronia w jednej z kopalń dla ugaszenia pożaru w polu otamowanym.

Pole pożarowe (rys. 142 a) zostało otamowane tamami 1, 2, 3, 4, 5 od strony wlotu powietrza oraz tamą 6 od strony wylotu. Ze względu na dużą różnicę depresji między tamą wylotową i wlotowymi pożar nie został ugaszony w ciągu wielu lat. Dla zmniejszenia tej różnicy depresji i ugaszenia pożaru wykonano objazd $A-B$ (rys. 142 b), przestrzeń zaś przy tamach 4 i 5 połączono z szybem wentylacyjnym. Z tymże szybem połączono również tamy 1, 2, 3 oraz tamę wylotową 6. W ten sposób wszystkie te tamy znalazły się pod wpływem jednego szybu (wentylacyjnego).

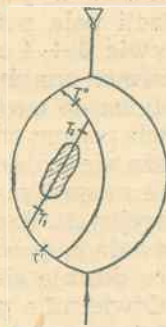
3. Jeżeli w kopalni istnieją dwa szyby wentylacyjne, można jedną z tam ogniowych połączyć z jednym z tych szybów, drugą z drugim (rys. 143). Przy różnej depresji wentylatorów w tych szybach pewna ilość powietrza będzie przepływała przez pole pożarowe w tę lub inną stronę, w wielu jednak przypadkach ilość ta będzie znacznie mniejsza od tej, jaka przenika do pola, gdy jedna z tam połączona jest z szybem wdechowym, druga zaś z wylotowym. Sposób ten został po raz pierwszy wypróbowany w kopalni z pomyślnym i natychmiastowym skutkiem w r. 1946 (zob. rys. 32).

4. Gdy różnica poziomów tam wlotowej i wylotowej jest duża, a więc jeżeli w polu pożarowym musi występować duża depresja cieplna, samo tylko zmniejszenie różnicy depresji przy tamach może nie doprowadzić do celu. Wskazane wówczas może być odwrócenie kierunku prądu w polu pożarowym, przez połączenie tamy wlotowej T_1 z szybem wydechowym, tamy zaś wylotowej — z szybem wdechowym (rys. 144). W danym przypadku należy zbudować dwie tamy gaszące T' i T'' . Prąd powietrza będzie tu skierowany przeciwko depresji naturalnej pożaru, a więc depresja ta będzie niwelowana przez depresję wentylatora, pożar zaś wygaśnie. Jak z tego wynika, dla przyspieszenia ugaszenia pożaru korzystne jest, jeżeli pole pożarowe będzie usytuowane w schodzącym prądzie powietrza, a więc istnieje tu całkowita analogia z zapobieganiem pożarom w szczelinach węglowych (zob. rys. 26 b). Opierając się na tej analogii można dla przyspieszenia gaszenia pożarów stosować również kombinacje tam i wentylatorów, jak to podano w rozdziale o zapobieganiu pożarom.

5. Najkorzystniejsze warunki dla ugaszenia pożaru występują i wtedy, gdy powietrze w ogóle nie przenika do otamowanego pola, tzn. gdy poza żadną z tam nie występuje depresja, którą można stwierdzić za pomocą manometrów wodnych połączonych z rurkami w tamach. Stworzenie takich optymalnych warunków jest możliwe za pomocą kombinacji tamy regulacyjnej i wentylatora, jak to pokazano na rys. 31 b.



Rys. 143. Zastosowanie dwóch wentylatorów dla przyspieszenia gaszenia pożaru



Rys. 144. Usytuowanie pola pożarowego w prądzie schodzącym

Sposób ten można stosować również i przy tamach wylotowych, gdy chodzi nam o niedopuszczenie do wydzielania się gazów przez nieszczelności tam. W przypadku tym trzeba wytworzyć na zewnątrz tamy ogniowej pewną kompresję, a więc musi tu być wentylator tłoczący. W miarę wygasania pożaru kompresja w polu pożarowym maleje, a wobec tego trzeba coraz więcej otwierać okienko przy tamie regulacyjnej. Regulacja zasuwy może być stosowana również i w okresach zmian ciśnienia barometrycznego.

Podane sposoby przyspieszenia gaszenia pól są sposobami niezawodnymi, a skutki ich przejawiają się w bardzo krótkim czasie.

g. Otwieranie pól pożarowych

Czas potrzebny do ugaszenia pożarów przez izolację zależy od wielu przyczyn. Jest on krótszy ($1 \div 3$ tygodni) w przypadku pożarów obudowy i dłuższy w przypadku endogenicznych pożarów w węglu. Przy dobrej izolacji pola pożar w pokładzie węglowym zostaje stłumiony zwykle po upływie $3 \div 4$ miesięcy. Jeżeli jednak izolacja nie jest dokładna, a pole pożarowe znajduje się pod wpływem znacznej różnicy depresji, powietrze dopływa do ognia przez różne szczeliny i stale go podsyca. W warunkach takich pożary trwają całe lata lub nawet dziesiątki lat, a otamowane pola uważa się często niesłusznie za stracone. Stwierdzono bowiem, że pożary takie mogą być ugaszone przy zastosowaniu odpowiednich środków wentylacyjnych. Szczególnie upórczywe są pożary w polach eksploatowanych z zawałem, jeżeli mają one połączenie z powierzchnią szczelinami, przez które dostaje się powietrze.

Otwieranie pól pożarowych może nastąpić tylko wtedy, gdy ogień jest dostatecznie stłumiony, a temperatura ogniska o tyle obniżona, że nie zachodzi obawa ponownego jego rozpalenia przed ostatecznym zlikwidowaniem pożaru. W każdym bądź razie lepiej jest przewlec moment otwierania pola, aniżeli otworzyć je przedwcześnie i ponownie zamykać. Znane są przypadki, kiedy przedwczesne otwarcie pola przyczyniło się do rozpalenia groźniejszego pożaru aniżeli istniejący przed izolacją pola.

Otwieranie pól pożarowych stanowi dość niebezpieczną czynność niezależnie od tego, czy kopalnia jest gazowa, czy też niegazowa. Przed przystąpieniem do otwierania należy zawsze liczyć się z ewentualnością potrzeby ponownego jego zamknięcia i dlatego też z góry muszą być przewidziane wszystkie środki mające na celu łatwe i szybkie ponowne otamowanie pola, jeżeli zajdzie tego konieczność.

Górnictwo węglowe zna cały szereg wybuchów, które nastąpiły podczas otwierania pól nawet w kopalniach niegazowych. Niebezpieczeństwo wybuchów przy otwieraniu pól w kopalniach gazowych jest nawet większe aniżeli przy zamykaniu. Dlatego też otwieranie musi być prowadzone z zachowaniem wszystkich środków ostrożności, a więc zabronione jest tu również używanie lamp z otwartym płomieniem. Przed przystąpieniem do otwierania musi być wyłączony prąd elektryczny w wyrobiskach sąsiadujących z polem pożarowym, jak również w tych, którymi mogą płynąć gazy wychodzące z pola. Do oświetlenia należy używać lamp akumulatorem.

Zależnie od stopnia niebezpieczeństwa wybuchów, stopnia pewności, że pożar został już ostatecznie stłumiony, jak również od stanu wyrobisk w polu pożarowym, stosowane są trzy sposoby wejścia do otamowanego pola w celu ostatecznego zlikwidowania pożaru, a mianowicie:

1. zwykły sposób otwierania pól, przy którym dojście do ogniska i ostateczną likwidację pożaru przeprowadza się po uprzednim przewietrzeniu pola pożarowego;
2. otwieranie pola bez uprzedniego przewietrzenia;
3. wykonanie nowych wyrobisk.

1. Zwykły sposób otwierania pól. Po należytych przewietrzeniach tam od strony zewnętrznej (za pomocą lutni lub przegród) i doprowadzeniu odpowiedniej ilości powietrza usuwa się ludzi z prądu wychodzącego, z sąsiednich pól, a niekiedy nawet z całej kopalni, po czym przystępuje się do otwierania jednej tamy wylotowej, a następnie jednej wlotowej. W celu wyrównania ciśnienia w polu pożarowym przebijają się mniejszy otwór w tamie wylotowej, a następnie przystępuje się do całkowitego lub częściowego jej zburzenia. Tamy kłocowe rozbiera się zwykle w ten sposób, że za pomocą stojaka wybija się w środku kilka kłoczków, a następnie wyjmuje się ręcznie dalsze kłocki.

Przy otwieraniu tam należy liczyć się z możliwością wypływu przez tamę wylotową (górną) gazów lekkich, które łatwo porywa z sobą wznoszący się prąd powietrza, przez tamę zaś wlotową (dolną) — gazów ciężkich (CO_2), które mogą płynąć nawet w kierunku przeciwnym ruchowi powietrza. Tak np. J. Urban podaje, że przy otwieraniu tam w kopalni Modrzejów dwutlenek węgla spiął po pochylni długości 140 m i po chodniku poziomym na długość 100 m. Prędkość ruchu gazu pochylnią o nachyleniu 15° wynosiła $0,3 \div 0,5$ m/sek, co umożliwiło załodze wycofanie się bez wypadków. Po dwugodzinnym wzmożonym przewietrzaniu gaz został usunięty. Jak z tego wynika, otwieranie tam należy wykonywać w aparatach oddechowych lub — w najlepszym przypadku — załoga ratownicza powinna znajdować się w pobliżu.

Po otworzeniu obu tam należy przewietrzyć otamowaną przestrzeń silnym prądem powietrza, a ponieważ w czasie otwierania pól możliwe są wybuchy, przeto w czasie przewietrzania ludzie muszą być usunięci w bezpieczne miejsce.

Po upływie pewnego czasu (najmniej godziny), gdy otamowana przestrzeń będzie już należycie oczyszczona z gazów, wchodzi się najkrótszą lub najlepiej zachowaną drogą do miejsca pożaru, mając w pogotowiu środki do aktywnego jego ugaszenia (waż do zlewania wodą, rurociąg podszkawkowy itp.), gdyby zaszła tego potrzeba.

Miejsce pożaru na całej dostępnej przestrzeni obficie zlewa się wodą i przystępuje się do możliwie szybkiego wybierania zagrzanego węgla. Jeśli napotkany rozżarzony węgiel nie daje się ugasić wodą, wówczas w kopalniach posiadających urządzenia podsadzki płynnej podsadza się zaognione wyrobisko, a następnie wybiera się węgiel razem z piaskiem. Po wybraniu zagrzanego węgla uruchamia się normalną eksploatację pola.

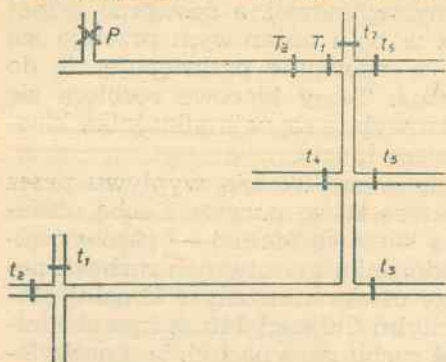
Jeżeli pole pożarowe jest duże lub stan wyrobisk nie pozwala na szybkie dojście do miejsca pożaru, wskutek czego zachodzi niebezpieczeństwo ponownego jego rozpalenia się przed ostatecznym zlikwidowaniem, pole otwiera się częściami przy równoczesnym zawężaniu izolowanej przestrzeni.

Przed przystąpieniem do otwierania tam należy przygotować materiał w razie konieczności ponownego ich zamknięcia.

2. Otwieranie pól bez uprzedniego ich przewietrzania. Za bezpieczny uważa się w myśl przepisów czeskich taki skład gazów, w którym zawartość tlenu nie przekracza 8% lub gdy zawartość gazów palnych jest mniejsza od 2%.

Jeśli kopalnia jest wybitnie gazowa i analiza gazów wziętych spoza tam wykazuje dużą zawartość gazów palnych, zachodzi niebezpieczeństwo wybuchów wskutek doprowadzenia do gazów powietrza i zetknięcia się ich mieszaniny z rozżarzoną węglą. W przypadkach takich zwykły sposób otwierania pól uważa się za niebezpieczny i przy wejściu do nich w celu zlikwidowania pożaru należy unikać doprowadzania do nich powietrza.

Stosowanie tego sposobu wskazane jest również i w tym przypadku, gdy pożar nie jest stłumiony przez otamowanie i gdy zdecydowano zbliżyć się do ogniska w celu ugaszenia go innymi sposobami, np. podsadzką płynną, albo w celu zmniejszenia izolowanej przestrzeni.

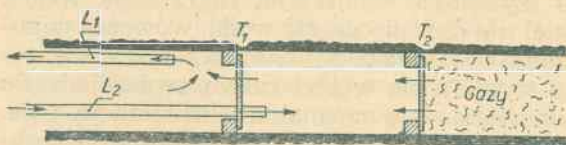


Rys. 145. Zbliżanie się do ogniska pożaru bez doprowadzenia do niego powietrza

Przy zbliżaniu się do ogniska bez doprowadzenia do niego powietrza należy mieć stale przed sobą podwójną tamę $T_1 - T_2$ (rys. 145) z drzwiami, tworzącą śluzę, oraz równocześnie tamować szczelnie wszystkie napotkane prądy boczne ($t_1, t_2, \dots, t_7$) odgałęzione od głównej drogi wiodącej do miejsca pożaru.

Przestrzeń między podwójnymi tamami $T_1 - T_2$ odgrywa rolę komory przejściowej (śluzu) i ma na celu niedopuszczenie powietrza do pola pożarowego w czasie przejścia ludzi. Dla zmniejszenia do minimum ilości powietrza, jaka w czasie przechodzenia przez tamę dostaje się do otwieranego pola, odległość między obu drewnianymi tamami musi być możliwie mała, taka jednak, ażeby w tej przestrzeni zmieściły się narzędzia i materiały (drewno, cegły, wapno itp.), niezbędne do pracy na przeciąg 3 ÷ 4 godzin. Odległość między tamami wynosi zwykle od 4 do 10 m.

W celu niedopuszczenia powietrza przez nie szczelności tam powinna istnieć poza nimi pewna kompresja, możliwie jednak mała, by uniknąć nadmiernego wydzielania się gazów i zbyt szybkiego spadku kompresji. Jak z tego wynika, przy prowadzeniu akcji od strony tamy wlotowej przewietrzanie (za pomocą lutni) powinno być w zasadzie ssące. Jeżeli za tamą T_2



Rys. 146. Przewietrzanie w przypadku stosowania śluzu przejściowej

(rys. 146) występuje zbyt duża kompresja, np. w czasie zniżki barometrycznej, to oprócz lutni L_1 z wentylatorem ssącym doprowadza się między obie tamy lutnię L_2 z wentylatorem tłoczącym, w tamie zaś T_1 daje się okienko regulacyjne.

Przez zmianę wielkości otworu okienka można w szerokich granicach regulować różnicę ciśnień za i przed tamą T_2 . Różnicę tę mierzy się za pomocą manometru umieszczonego przy tamie T_2 . Jeśli za tamą T_2 panuje zbyt duża kompresja, należy zmniejszyć otwór okienka; jeśli natomiast ciśnienie w przestrzeni między tamami jest zbyt wysokie i zachodzi obawa przeciskania się powietrza poza tamą T_2 otwiera się okienko lub nawet zatrzymuje wentylator tłoczący.

Pierwszą służę przejściową buduje się przed tamą ogniową, którą ma się zamiar otworzyć, po czym 5 ludzi w aparatach oddechowych przystępuje do rozbiórki tamy, a drugi taki sam rezerwowo zespół znajduje się w służy.

Po otworzeniu tamy ratownicy badają stan wyrobisk aż do miejsca, gdzie zamierza się zbudować następną służę, a więc w odległości 100 do 150 m (niekiedy do 300 m) od pierwszej służy. Po zbudowaniu drugiej służy i otamowaniu wyrobisk bocznych przewietrza się wyrobisko między tą nową służą a pierwszą i przystępuje do budowy trzeciej. W ten sposób otwiera się stopniowo jeden odcinek po drugim.

Drzwi w służy mogą być otworzone tylko wtedy, gdy zbudowana jest dalsza para nowych tam (nowa służa). W ten sposób można dojść do miejsca pożaru i zlikwidować go ostatecznie.

W ciągu całego czasu trwania robót należy brać próbki gazów oraz przeprowadzać pomiary temperatury. Zwiększenie zawartości O_2 powyżej 8% i zaobserwowane podnoszenie się temperatury są objawami niebezpiecznymi. W przypadkach takich należy przerwać roboty i jak najszybciej otamować zaognione pole.

Sposób ten jest bardzo uciążliwy i kosztowny, a skutek tego stosuje się tylko w warunkach wyjątkowych, kiedy zwykły sposób otwierania pól jest zbyt ryzykowny. Tak np. przy zwalczaniu pożaru w kopalni Gabriela (Karwina) w r. 1924 zużyto 16 796 sztuk samych tylko pochłaniaczy do aparatów tlenowych; koszt ich wynosił z górą 1 milion koron. Tlenu zużyto 5 milionów litrów, a koszty jego wyniosły 300 000 koron.

3. Otwieranie pól przez przeprowadzenie nowych wyrobisk. Wejście do otamowanych pól przez specjalnie wykonane nowe wyrobiska jest korzystne ze względu na zmniejszenie niebezpieczeństwa zatrucia ludzi gazami, jak również ze względu na mniejszą możliwość rozpalenia ognia i wywołania wybuchów.

Sposób ten polega na tym, że w pobliżu chodników, które mają być przebudowane, drąży się chodniki nowe, od których w niedużych od siebie odstępach prowadzi się przecinki do chodników starych. Każda przecinka obsługuje w ten sposób nieduży odcinek, który albo się przebudowuje, albo też podsadza. Poza tym z nowo wykonanych wyrobisk można również podsadzać ogniska pożarowe.

5. Gaszenie pożarów piritowych

W kopalniach węgla jednym z głównych sposobów gaszenia pożarów jest otamowanie pola pożarowego. Sposób ten w kopalniach piritu jest mało odpowiedni chociażby ze względu na strome zaleganie złóż i istnienie połączenia z powierzchnią przez stare zawałone zroby, co w większości przypadków uniemożliwia szczelne izolowanie pola pożarowego za pomocą samych tylko tam.

W kopalniach piritu przy zwalczaniu pożarów w ogóle, a więc zarówno przy zapobieganiu jak i gaszeniu, mogą być użyte substancje gazowe, ciekłe lub stałe.

Spośród substancji gazowych mogą być brane pod uwagę gazy obojętne (azot, dwutlenek węgla, para wodna) lub powietrze jako środek chłodzący zwłaszcza w porze zimowej.

Do substancji ciekłych zaliczyć należy wodę, której używa się bądź do zraszania złożeń z powierzchni przez zawałiska lub przez otwory wiertnicze, bądź też do zatopienia kopalni. Wody można używać albo bez specjal-

nych dodatków, albo też może zawierać substancje chemiczne rozpuszczone lub w postaci emulsji (substancje pianotwórcze lub antypirogeny).

W postaci stałej używa się skały płonnej jako podsadzki, gliny — jako materiału do zamulania (załawiania) oraz materiałów do podsadzki płynnej (piasek, rozdrobiona skała płonna, żużel granulowany).

W praktyce gaszenia pożarów w kopalniach piritów najbardziej rozpowszechnione jest użycie wody i zamulanie gliną. Poza tym w kopalniach hiszpańskich do gaszenia pożarów piritowych używa się prądu powietrza.

We wszystkich tych przypadkach, gdy możliwe jest doprowadzenie wody do bezpośredniego kontaktu z ogniskiem, użycie jej jako środka gaśniczego przyczynia się do natychmiastowego zatrzymania wydzielania się dymu i dwutlenku siarki. Lepiej jest użyć dużej ilości wody przez krótki czas aniżeli odwrotnie.

Przy gaszeniu otwartego ognia wodą należy polewać ognisko pożaru aż do czasu, gdy temperatura calizny obniży się do $20 \div 25^{\circ}\text{C}$. Przedwczesne przerwanie doprowadzenia wody pociągnąć musi za sobą wznowienie pożaru w ciągu krótkiego czasu.

Wodą można ugasić otwarty ogień, ochłodzić caliznę i zahamować na pewien czas procesy utleniania, niemniej jednak sama tylko woda bez innych skutecznych środków zapobiegawczych może doprowadzić do jeszcze bardziej burzliwego rozwoju procesów utleniających i do samozapalenia, z którym walka stanie się z biegiem czasu niezmiernie trudną. Dlatego też po ugaszeniu pożaru wodą należy dodatkowo zastosować środek, który zapobiegałby wznowieniu pożaru. Środkiem takim jest *zamulanie*, które znalazło powszechne zastosowanie przy gaszeniu pożarów w uralskich kopalniach piritowych. Środek ten powinien być stosowany dopiero po ochłodzeniu wodą ogniska pożaru do temperatury poniżej 25°C .

Gaszenie pożarów piritowych przez zatopienie kopalni nie doprowadza do pożądanego rezultatu, gdyż ognisko pożaru znajduje się zwykle powyżej eksploatowanego poziomu, a wskutek tego podczas późniejszego wypompowywania wody pożar wybucha na nowo zanim jeszcze poziom wydobywczy nie zostanie uruchomiony.

Doświadczenia hiszpańskich kopalń piritu wskazują na to, że pożar piritowy, jeżeli w wyrobisku nie ma drewna, można ugasić silnym *prądem powietrza*. Tylko w tych przypadkach, gdy niemożliwe jest doprowadzenie dostatecznej ilości powietrza, użycie jego może przyczynić się do zwiększenia ognia.

Przy zwalczaniu pożaru buduje się tamy murowane i wprowadza się poza nie możliwie daleko lutnie wentylacyjne. Po odepchnięciu dymów buduje się tamę następną i przedłuża się poza nią lutnię. Doprowadzenie powietrza może w pierwszej chwili spowodować zwiększenie ognia, jednak — jeżeli tylko nie ma drewna — efekt jego będzie ograniczony, a dalsze chłodzenie powietrzem odniesie pożądaný skutek.

Tak więc intensywne przewietrzanie pola pożarowego, które w warunkach kopalń węgla tylko pogorszyłoby sprawę, w kopalniach piritu może przyczynić się do ugaszenia pożaru.

6. Pożary zwałów

Bardzo często kopalnie zmuszone są składać wydobyty węgiel na zwały na dłuższy lub krótszy okres czasu. Węgiel magazynowany na zwałach podlega w dalszym ciągu procesom zapoczątkowanym w kopalni, które

w sprzyjających warunkach mogą doprowadzić do samozapalenia. Samozapaleniu ulegają również zwały odpadów z sortowni i płuczek, dlatego że zawierają one zarówno przerosty węglowe, jak i łupki palne.

Na proces samozagrzewania i samozapalenia zwałów wywiera wpływ — oprócz własności samego węgla — zawartość w nim miazły, wysokość zwałów, dopływ do nich powietrza, zawartość wilgoci oraz cały szereg czynników zewnętrznych.

Samozapaleniu ulega przede wszystkim miazł węglowy, dlatego też nie jest wskazane łączne magazynowanie węgla różnej wielkości. Kawałki duże ułatwiają cyrkulację powietrza, a równocześnie drobny węgiel aktywnie pochłania tlen.

Najbardziej luźno układa się miazł wtedy, gdy kierowany jest na zwał w stanie wilgotnym. W tym przypadku ma on najwięcej wolnych przestrzeni, a więc jest najbardziej przenikliwy dla powietrza i najłatwiej ulega samozapaleniu. Przeciwnie, przy składowaniu miazły zupełnie suchej lub przy osadzaniu go przez polewanie wodą uzyskuje się największą szczelność i mniejsze wskutek tego prawdopodobieństwo samozapalenia węgla. Dlatego zaleca się również układanie węgla warstwami $1,5 \div 2$ m grubości i walcowanie każdej warstwy ciężkimi walcami. Przechowywanie węgla w postaci brykietów zapobiega praktycznie jego samozapaleniu.

Zwały węglowe zawierające miazł i narażone na działanie wiatrów łatwiej ulegają samozapaleniu aniżeli także zwały osłonięte przed wiatrami, gdyż — jak wykazują obserwacje — powietrze zewnętrzne przenika głównie przez skarpe zwału, przy czym ognisko pożaru koncentruje się zwykle w dolnej jego części.

Dla zmniejszenia wpływu wiatrów, oprócz zasłonięcia zwałów płotem, należy sytuować je w miarę możliwości tak, ażeby długa ich oś była położona w kierunku panujących wiatrów.

Pokrycie powierzchni zwałów materiałami niedopuszczającymi lub utrudniającymi dopływ powietrza (np. warstwą gliny grubości 5 cm) może również zapobiec samozapaleniu węgla.

Wysokość zwałów odgrywa poważną, jednak nie decydującą rolę, która przypada głównie na własności samego węgla oraz warunki jego składowania. Niektóry węgiel ulega samozapaleniu już przy wysokości zwałów 1,5 m, inny nie zapala się nawet przy 15 metrach.

Na podstawie obserwacji w praktyce zauważono, że najczęściej przypadków samozapalenia węgla na zwałach przypada na okres wiosenny topnienia śniegu oraz na okresy deszczów i śniegów, czyli pożary te niewątpliwie zawdzięcza się działaniu wilgoci. Z tego również względu teren przeznaczony do magazynowania węgla powinien być suchy i umożliwiać odpływ wody opadowej, a więc mieć spadek przynajmniej 3 mm na metr.

Dla zmniejszenia możliwości pożarów zwałów należy przede wszystkim magazynować węgiel już sortowany, a przynajmniej osobno sortymenty grubsze, osobno zaś miazł. Przerosty, a zwłaszcza pirytowe, należy ze składowanego węgla usunąć, a więc magazynować węgiel już wzbogacony. Dla węgla ulegającego łatwo samozapaleniu zaleca się ograniczyć wysokość zwałów do $3 \div 4$ m przy sortymentach grubszych i do 1 m przy miale. Przed sypaniem na zwał może być wskazane pewne osuszenie i ochłodzenie węgla, jeżeli on jest ciepły. Przy magazynowaniu miazły zaleca się obfite polewanie jego wodą lub walcowanie warstw o grubości $1,5 \div 2$ m, w celu uzyskania możliwie dużej szczelności. Obok zwałów węgla, a tym bardziej pod nimi, nie powinny przebiegać rurociągi parowe oraz przewody gorących gazów lub wody. Należy unikać konstrukcji drewnianych i w ogóle

drewna wewnątrz zwałów, gdyż w ich sąsiedztwie najczęściej powstają pożary.

Spośród *środków zapobiegawczych* należy wymienić zasłonięcie zwałów od strony wiatrów płotem oraz nakrycie ich dla ochrony przed działaniem słońca, deszczu i śniegu. Dla obniżenia temperatury wewnątrz zwałów może być korzystne ułożenie w nich rur ochładzających. Mogą to być albo rury otwarte na obu końcach, albo też z krążącą w nich chłodną wodą. Wskazane jest pokryć powierzchnię zwałów warstwą materiału ochronnego (np. 5 cm gliny lub 20 cm popiołu albo nawet miazgi węglowej).

Do zupełnie pewnych *sposobów ochronnych*, które gwarantują zachowanie węgla w ciągu całych lat należą: przechowywanie węgla pod wodą, przechowywanie w atmosferze pozbawionej tlenu oraz przechowywanie węgla w postaci brykietów. Sposób przechowywania pod wodą stosowany jest czasami w gazowniach oraz na kolejach, przy czym pojemność odpowiednich zbiorników dochodzi do 100 000 ton.

Objawem zaczynającego się procesu *samozagrzewania węgla* na zwałach jest wydzielanie się z nich pary wodnej, co daje się łatwo zauważyć w zimniejszych porach roku lub podczas chłodnych nocy. Po pewnym czasie zaczynają się wydzielać gazy o charakterystycznym zapachu, wreszcie pojawia się dym i płomień.

W celu *wykrycia* we właściwym czasie *rozpoczynającego się pożaru* zwały węgla powinny być poddane stałej obserwacji, a przede wszystkim powinny mieć urządzenia umożliwiające mierzenie temperatury wewnątrz zwałów. Najprościej przeprowadza się to przez opuszczanie termometrów do umieszczonych w zwale pionowych rur żelaznych, rozmieszczonych w odstępach $5 \div 10$ m i doprowadzonych do głębokości $0,2 \div 0,5$ m licząc od podstawy zwału. Termometr musi się znajdować w rurze przynajmniej $10 \div 15$ minut. Jeżeli pomiar wykaże temperaturę $50 \div 60^\circ$ należy niezwłocznie zastosować *środki zaradcze*.

Jeżeli niebezpieczeństwo samozapalenia zostanie we właściwym czasie zauważone, należy zwał rozkopać, zagrzany węgiel wybrać, przewieźć go w inne miejsce i rozrzucić warstwami do 50 cm. Polewanie zwału wodą nie doprowadza na ogół do zlikwidowania pożaru, a w wielu przypadkach może pogorszyć sytuację. Użycie wody jest wskazane tylko wtedy, gdy można zalać nią bezpośrednio ognisko pożaru.

Gaszenie pożaru przez tłoczenie wody do ogniska wewnątrz zwału jest bardziej skuteczne, powinno jednak być uważane tylko za środek ułatwiający zastosowanie innych sposobów prowadzących do likwidacji pożaru.

Bardziej celowa jest izolacja ogniska przez zasypanie zwału piaskiem, ziemią lub drobnym popiołem albo przez ubicie warstwy gliny w celu odcięcia dostępu powietrza. Środek ten skuteczny jest tylko wtedy, gdy grubość izolującej pokrywy jest dostatecznie duża (przynajmniej 0,5 m, a czasami $1 \div 1,5$ m).

Najbardziej skutecznym sposobem likwidacji ognisk pożaru wewnątrz zwałów jest ich zamulanie mieszaniną drobno zmielonego wapienia i wody. Mąka wapienna nie tylko wypełnia puste przestrzenie, lecz również pod działaniem wysokiej temperatury przechodzi w wapno, które powleka palące się ziarna węgla, twardnieje, przerywa proces palenia i utrudnia wznowienie pożaru. Jeszcze bardziej skuteczne jest zamulanie ogniska zawiesiną $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 + \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$, którą otrzymuje się przepuszczając CO_2 przez mieszaninę mielonego wapienia i wody. Roztwór $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ przenika do najmniejszych porów i szczelin, do których mielony wapień nie dostaje się.

Zwały pirytów o znacznej nawet wysokości ($3 \div 6$ m) i po upływie kilku lat nie wykazują na ogół oznak samozagrzewania. W najbardziej nawet niekorzystnych warunkach (np. umieszczenia zwału na mokrym torfowisku razem z rudą utlenioną) proces rozkładu przebiega bardzo powoli. Na ogół więc biorąc zwały pirytowe są znacznie odporniejsze na samozapalenie w porównaniu ze zwałami węgla. Zdarzają się natomiast pożary zwałów wskutek przyczyn zewnętrznych (np. iskry z lokomotywy). Pożary takie są bardzo trudne do zwalczania, a jedynym sposobem ich zlikwidowania jest usunięcie zagrzonej lub palącej się rudy.

Rozdział VI

PLANOWANIE I ORGANIZACJA AKCJI GASZENIA POŻARU

Z chwilą powstania pożaru na dole kopalni przed kierownictwem kopalni stają następujące podstawowe zadania:

1. zapewnienie bezpieczeństwa dla ludzi,
2. opanowanie pożaru,
3. możliwie szybka likwidacja pożaru.

Bezpieczeństwo ludzi jest ściśle związane z panowaniem nad wentylacją kopalni w czasie pożaru i zapewnieniem dróg ucieczkowych dla ludzi zaskoczonych dymami. Opanowanie pożaru ma na celu jak najszybsze jego zlokalizowanie i niedopuszczenie do jego rozszerzenia się na inne rejony kopalni. Szybka likwidacja pożaru podyktowana jest koniecznością uniknięcia zarówno spadku produkcji kopalni, jak i wysokich kosztów związanych z długotrwałym gaszeniem pożaru.

Dla ułatwienia wykonania tych zadań kopalnia powinna być utrzymywana w odpowiednim pogotowiu i dysponować środkami, które pozwoliłyby w najkrótszym czasie zwalczyć niebezpieczeństwo niezależnie od tego, w jakim miejscu pożar powstanie.

We współczesnych kopalniach pracują równocześnie setki, a nawet tysiące ludzi, i to w miejscach znacznie oddalonych od wyjść na powierzchnię. Dlatego też względy bezpieczeństwa wymagają, ażeby w każdej kopalni był z góry opracowany *wstępny plan zabezpieczenia ludzi i opanowania pożaru*, który powinien obowiązywać wszystkich ludzi zatrudnionych w kopalni. Według obowiązujących w ZSRR przepisów plan taki sporządza kopalnia co kwartał, z tym jednak zastrzeżeniem, że wszystkie większe zmiany w planie robót lub schemacie wentylacji powinny być niezwłocznie uwzględnione w planie przeciwpożarowym.

Zależnie od miejsca powstania pożaru i jego rozwoju należy powziąć decyzję co do takiego lub innego sposobu jego gaszenia, a w związku z tym przed przystąpieniem do akcji należy opracować bardziej szczegółowy *plan operacyjny*, który następnie koryguje się w miarę bliższego poznania warunków rozwoju pożaru i możliwości jego gaszenia. Warunki te decydują o takiej lub innej *taktyce prowadzenia akcji*.

1. Przygotowanie kopalni na wypadek pożaru

Dla bezpiecznego, szybkiego i skutecznego prowadzenia akcji gaszenia pożaru konieczne jest, ażeby system przewietrzania kopalni był możliwie najlepiej dostosowany do tego celu i ażeby w odpowiednich miejscach były już z góry przygotowane zapasowe tamy z otwartymi w warunkach nor-

malnych drzwiami. To znaczy przewietrzanie kopalni powinno odbywać się prądami niezależnymi, w miarę możliwości wznoszącymi się. Na początku i na końcu każdego z tych prądów muszą się znajdować zapasowe tamy rejonowe, a we wszystkich rozgałęzieniach świeżego powietrza zapasowe tamy grupowe. Żadne inne prądy oprócz niezależnych nie powinny być tolerowane, tzn. muszą być bądź zlikwidowane (szczelnie podsadzone lub otamowane), bądź też zamknięte z obu stron szczelnymi tamami z drzwiami. Nie powinny być tolerowane nie otamowane bocznicę łączące dwa prądy powietrza świeżego, jak również bocznicę łączące z sobą prądy powietrza zużytego. Nie powinno się tolerować w kopalni również grupowych tam bezpieczeństwa na drogach powietrznych prowadzących do szybu wydechowego.

Przestrzeganie tych zasad konieczne jest zarówno do panowania nad systemem wentylacyjnym, jak i do łatwego zlokalizowania pożaru oraz późniejszego jego zlikwidowania, jeżeli ma on być ugaszony sposobem izolacji.

Niezależnie od przytoczonych tu warunków wentylacyjnych należy zwrócić dużą uwagę na dobre utrzymywanie dróg powietrznych. Szyby, upadowe i sztolnie wdechowe muszą być zaopatrzone w szczelne klapy lub drzwi, które w razie potrzeby mogłyby być zamknięte w każdej chwili. Wentylacja powinna być ssąca z zastosowaniem głównych wentylatorów na powierzchni. Unikać należy wentylatorów podziemnych nie tylko głównych, lecz również i pomocniczych. Zastrzeżenie to nie dotyczy przewietrzania ślepych wyrobisk za pomocą lutni z wentylatorkami. Wentylatory główne powinny być zaopatrzone w urządzenia umożliwiające odwrócenie kierunku prądu w całej kopalni w ciągu możliwie krótkiego czasu.

Duże znaczenie dla uratowania ludzi zaskoczonych dymami mogą mieć podziemne schrony oraz zaopatrzenie załogi w aparaty oddechowe lekkiego typu.

Schrony mogą być bądź to wcześniej wykonane i zaopatrzone w odpowiednie środki techniczne, bądź też improwizowane, zbudowane przez robotników w chwili awarii. Schron powinien znajdować się w wyrobisku, które może być łatwo wyłączone z obiegu powietrza. Najkorzystniejsze są pod tym względem wyrobiska ślepe, gdyż wymagają zamknięcia tylko z jednej strony, niemniej jednak mogą być wykorzystane również i otamowane z obu stron odcinki chodników, jak to przedstawiono np. na rys. 147. W przypadku projektowania schronów należy zwrócić uwagę poza tym na możliwość wykorzystania dobrze otamowanych połączeń między sąsiednimi prądami niezależnymi. Schrony tego rodzaju obsługiwałyby przynajmniej dwa rejonu i umożliwiałyby przejście z jednego do drugiego, gdyby zadymieniu uległ tylko jeden rejon. W przypadku przeznaczenia na schron chodnika z dwoma wejściami, dążyć należy, ażeby różnica depresji między końcowymi punktami schronu była jak najmniejsza.

W schronie należy przewidzieć możliwość stworzenia pewnego nadciśnienia powietrza, które uniemożliwiłoby dostanie się szkodliwych gazów przez nieszczelności. Nadciśnienie takie może być stworzone bądź to przez otworzenie zaworu w przewodzie sprężonego powietrza doprowadzonym do schronu, bądź też za pomocą tłoczącego wentylatora z lutnią łączącą schron z miejscem czystego powietrza, np. przez otwór wiertniczy z powierzchnią ziemi. Przy projektowaniu schronów muszą być wzięte pod uwagę poza tym tego rodzaju zagadnienia, jak urządzenie komory przejściowej (śluzu), wyposażenie schronu (woda do picia, miejsca do siedzenia i leżenia, ustęp, apteczka) oraz ewentualne wyposażenie robotników w półgodzinne aparaty

oddechowe. W przypadku zaopatrzenia robotników w takie aparaty odległość schronu od miejsca pracy może wynosić do 600 m.

Zauważony pożar należy starać się zlikwidować w zarodku sposobem aktywnym. Do przechowywania materiałów i narzędzi stosowanych w czasie akcji gaszenia pożarów powinny być urządzone *składy przeciwpożarowe*, które mogą być podzielone na *powierzchniowe*, położone nie dalej jak 100 metrów od szybu wydobywczego i połączone z nim torem kolejowym, *podziemne główne* na każdym poziomie wydobywczym oraz *podziemne polowe*. Składy polowe urządza się tylko w kopalniach eksploatających pokłady węgla skłonne do samozapalenia.

Spis materiałów i sprzętu przeciwpożarowego, jakie powinny się znajdować w składzie, podano w tablicy 9.

Tablica 9

Spis materiałów i sprzętu dla składów przeciwpożarowych

(według A. A. Skoczyńskiego i W. M. Ogijewskiego)

Nazwa sprzętu i materiału	Skład powierzchniowy	Główny skład podziemny	Skład polowy
Pompa odśrodkowa z silnikiem elektrycznym, szt	1	1	—
Pompa ręczna, szt	1	—	—
Weże pożarowe, m	60	60	—
Gaśnice, szt	—	—	4
Łomy stalowe, szt	5	5	—
Kilofy, szt	5	3	1
Łopaty, szt	10	5	1
Piły, szt	2	2	—
Siekiery, szt	5	5	1
Rozcinacze rur do 125 mm, szt	2	2	—
Młoty, szt	—	2	—
Młotki kamieniarskie, szt	2	2	—
Wiadra, szt	5	5	1
Gwoździe 100 — 150 mm, kg	30	20	5
Linka stalowa 8 — 12 mm. m	100	—	—
Nosze, szt	4	2	—
Gлина, t	10	3	0,5
Cegła, tys. szt	10	2	—
Piasek, t	10	3	0,5
Pył kamienny, t	—	1	0,5
Cement, t	1	0,5	—
Kopalniaki, m ³	—	0,5	0,5
Deski, m ³	—	1	0,5

Oprócz tego we wszystkich komorach podziemnych powinny znajdować się gaśnice pianowe i suche zawieszane na ścianie oraz najważniejszy sprzęt i materiały (łopaty, wiadra, piasek). We wszystkich wyrobiskach, w których są przewody elektryczne, powinny znajdować się gaśnice pianowe umieszczone w specjalnych wnękach po dwie lub trzy gaśnice co 400 metrów w wyrobiskach poziomych i co 100 metrów w pochyłych. Wskazane jest również posiadanie gaśnic w pobliżu przodków wybierkowych i przygotowawczych.

Dla ułatwienia gaszenia pożarów powinna być przewidziana sieć wodociągowa lub należy wykorzystać w tym celu rurociąg podsadzkowy lub powietrzny.

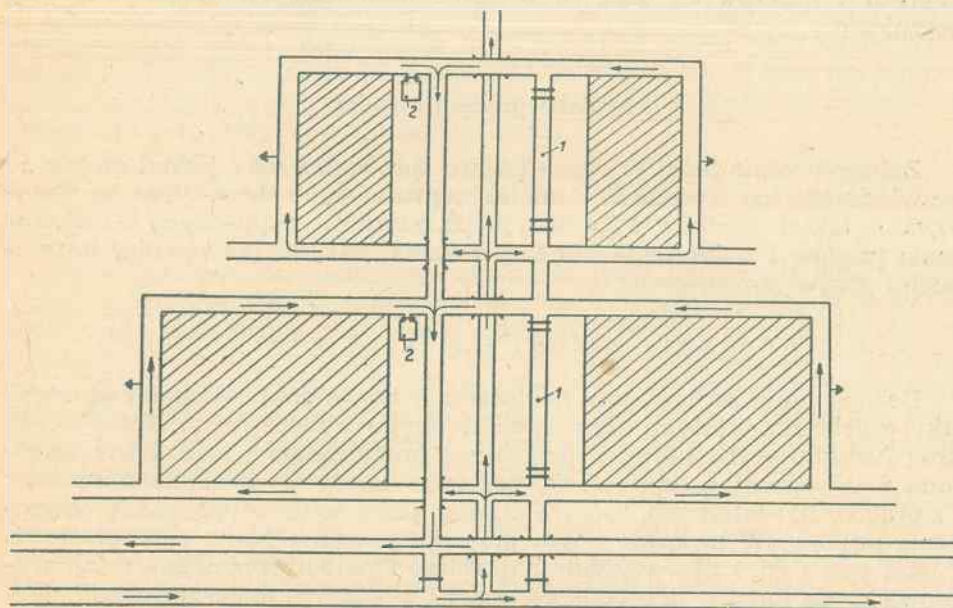
W celu szybkiej dostawy do miejsca pożaru drużyn ratowniczych i środków gaśniczych urządza się specjalne *pociągi przeciwpożarowe*, znajdujące

się w odpowiedniej zajezdni na czynnym poziomie, zajezdnia ta jest równocześnie głównym pożarowym składem podziemnym.

W ZSRR pociąg przeciwpożarowy składa się z 15 wozów jednotonowych, a mianowicie dziewięciu z wodą, jednego z ręczną pompą, dwóch ze sprzętem przeciwpożarowym, jednego z piaskiem, jednego z dużą gaśnicą oraz jednego dla jazdy drużyny ratowniczej.

W celu ułatwienia racjonalnego planowania akcji gaszenia pożaru konieczne jest posiadanie przez kopalnię planów i przejrzystych schematów wentylacyjnych przedstawiających aktualny stan przewietrzania oraz specjalnych schematów pożarowych.

Schematy wentylacyjne powinny być tak wykonane, ażeby nawet osoby nie znające kopalni mogły w ciągu krótkiego czasu zorientować się



Rys. 147. Przykład rozmieszczenia schronów

1 — izolowane odcinki pochylni schodowych, 2 — ślepe komory

w sposobie jej przewietrzania. Szczególne usługi oddają w takich przypadkach przejrzyste sporządzone schematy przestrzenne. Przy bardziej skomplikowanej sieci wentylacyjnej zorientowanie się w sposobie przewietrzania kopalni na podstawie samego tylko schematu przestrzennego może być utrudnione. W takich przypadkach bardzo ułatwia zadanie schemat orientacyjny, na którym przedstawia się nie wszystkie drogi powietrzne, lecz tylko szyby, poziomy, pola eksploatacyjne oraz inne charakterystyczne miejsca przewietrzania (np. komory maszynowe, komory materiałów wybuchowych itp.). Ze schematu takiego można łatwo zorientować się którymi poziomami i do jakich rejonów doprowadza powietrze każdy z szybów wdechowych oraz którymi poziomami i do jakich szybów wentylacyjnych płynie z tych rejonów powietrze zużyte.

W przypadku skomplikowanych sieci wentylacyjnych może być wskazane sporządzenie oddzielnych schematów przestrzennych części kopalni lub nawet poszczególnych jej rejonów.

Na planach i schematach wentylacyjnych należy nanieść rozmieszczenie wszystkich urządzeń wentylacyjnych (tam, drzwi, wentylatorów, mostów powietrznych, przegród i innych), jak również urządzeń przeciwpożarowych (tam zapasowych, składów przeciwpożarowych, schronów itp.); powinny być pokazane zamknięte drzwiami połączenia między poszczególnymi prądami. Ponadto na planach przewietrzania muszą być uwidocznione wyeksploatowane części pokładów, dawne pola pożarowe, rozmieszczenie tam izolacyjnych i ogniowych jak również odpowiednio zaznaczone niedostępne chodniki podsadzone lub zawalone.

Schematy pożarowe są to wentylacyjne schematy kanoniczne z oznaczonymi na nich wzniosami i upadami (jak np. na rys. 47), długościami dróg, ilościami płynącego powietrza, rozmieszczeniem urządzeń wentylacyjnych i pożarowych oraz istniejących otamowanych połączeń między bocznikami.

2. Zabezpieczenie ludzi

Zabezpieczenie ludzi w czasie pożaru sprowadza się z jednej strony do bezwłocznego ich wycofania z miejsc zagrożonych, z drugiej zaś do zastosowania takich środków wentylacyjnych, które nie dopuściłyby do odwrócenia prądów i zadymienia lub zagazowania kopalni, jak również do wybuchu gazów pożarowych.

a. Wycofanie załogi z miejsc zagrożonych

Bezpośrednio zagrożonymi miejscami w czasie pożaru kopalni są wszystkie wyrobiska, którymi płynie dym do szybu wydechowego. Toteż z tych dróg i znajdujących się przy nich miejsc pracy załoga powinna być wycofana w pierwszej kolejności. Oprócz tego należy wycofać ludzi również i z prądów powietrznych, którym zagraża zadymienie w przypadku odwrócenia prądów. W związku z tym przy opracowaniu planu zabezpieczenia muszą być z góry przewidziane najkrótsze i najbezpieczniejsze drogi wyprowadzenia ludzi w przypadkach pożaru w każdym miejscu kopalni, sposoby alarmowania załogi oraz środki przetransportowania ludzi do bezpiecznych miejsc.

Drogi ucieczkowe powinny być utrzymywane w dobrym stanie, odpowiednio oświetlone i zaopatrzone w tablice z oznaczeniem nazwy wyrobiska i kierunku drogi do wyjścia lub do schronu. Z drogami tymi powinni być dobrze obeznani wszyscy pracujący na dole. Muszą oni być poza tym co pewien czas informowani o możliwych sposobach wycofania się zależnie od miejsca powstania pożaru.

Do zawiadomienia załogi o grożącym niebezpieczeństwie i konieczności natychmiastowego opuszczenia miejsca pracy stosuje się sygnalizację świetlną, aromatyczną oraz za pomocą telefonów, których miejsca zainstalowania powinny być znane wszystkim robotnikom. Sygnalizacja świetlna polega zwykle na wielokrotnym wyłączaniu i włączaniu elektrycznej sieci oświetleniowej. Oprócz tego zaleca się stosować sygnalizację aromatyczną we wszystkich kopalniach posiadających przewody sprężonego powietrza. Polega ona na wprowadzeniu za pomocą specjalnych urządzeń silnie aromatycznej cieczy do przewodu sprężonego powietrza. Zastosowana ciecz powinna być zupełnie nieszkodliwa dla człowieka i nie wywierać ujemnego wpływu na układ nerwowy. Spośród zbadanych substancji odpo-

wiednią okazał się teoaceton. Średnia prędkość rozprzestrzeniania się zapachu teoacetonu wynosi 8 m/sek, a jego zużycie $30 \div 40 \text{ cm}^3$ na 1 m^3 powietrza sprężonego (według doświadczeń w Zagłębiu Donieckim).

Dla łatwiejszego wycofania załogi należy wziąć pod uwagę ewentualne wykorzystanie podziemnych urządzeń transportowych.

Przy ratowaniu się ludzi zaskoczonych dymami od strony świeżego powietrza można wykorzystać istniejące tamy zapasowe, których zamknięcie — przy dostatecznej ich szczelności — wybitnie zmniejszy dopływ gazów do odpowiednich rejonów. Pamiętać przy tym należy, że zamknięcie wlotowej tamy rejonowej nie może w żadnym przypadku zaszkodzić sytuacji, podobnie jak i zamknięcie tamy grupowej, gdy płynie przez nią dym w kierunku do rejonu wentylacyjnego. Nie należy natomiast zamykać tam grupowych w prądach nie zadymionych.

W przypadku znajdowania się ludzi w zadymionej części kopalni należy zawsze liczyć się z możliwością wykorzystania przez nich istniejących schronów lub zbudowania schronów improwizowanych. Z tego też powodu nie należy nigdy przerywać dopływu powietrza sprężonego do rejonów zadymionych, w których znajdują się ludzie.

b. Stabilizacja żądanego kierunku prądów powietrznych

Przy opracowaniu planu zabezpieczenia ludzi należy dla przypadków pożarów we wszystkich możliwych punktach kopalni ustalić sposoby zapewnienia w kopalni pożądanego kierunku prądów powietrznych, jak również przewidzieć przypadki — kiedy zajdzie potrzeba zatrzymania lub zmiany kierunku działania wentylatorów. Pod tym względem plan zabezpieczenia powinien opierać się na zestawionych dalej wnioskach z teorii ruchu powietrza w czasie pożarów, a wprowadzenie w czyn tego planu powinno nastąpić niezwłocznie po stwierdzeniu pożaru.

1. Pożar w prądzie wznoszącym się. Najważniejszą czynnością dla ustabilizowania żądanego kierunku prądów i niedopuszczenia do ich odwrócenia w czasie pożaru w prądzie wznoszącym się jest postawienie lub zamknięcie istniejącej tamy zasadniczej w prądzie doprowadzającym powietrze do ognia oraz przewidzenie drogi, w miarę możliwości wznoszącej się, dla swobodnego i łatwego odprowadzenia dymów do szybu wydechowego.

Tama zasadnicza powinna znajdować się w takim miejscu, by między nią a ogniem nie było prądów bocznych, które mogą się odwrócić. Jeżeli tama musi być postawiona przed prądami bocznymi, prądy te muszą być również otamowane dla uniknięcia możliwości wybuchu gazów pożarowych poza tamą.

Jeżeli powietrze dopływa do ognia kilku drogami, tamy zasadnicze należy postawić we wszystkich tych drogach.

Na drodze przewidzianej dla dopływu dymów powinny być otworzone wszystkie istniejące tamy oraz usunięte wszystkie przeszkody utrudniające ruch powietrza i gazów.

Jeżeli zasuwą przy wentylatorze jest częściowo zamknięta, wskazane jest również jej otwarcie przy zachowaniu jednak środków ostrożności, by nie dopuścić do spalania silnika. Środkiem takim jest zmniejszenie ilości powietrza płynącego do wentylatora a to przez częściowe przynajmniej otamowanie prądów bocznych, którymi normalnie płynie duża ilość powietrza do drogi odprowadzającej dymy.

Postawienie możliwie szczelnych tam w prądach bocznych konieczne jest wtedy, gdy prądy te łączą się z dymem o bardzo wysokiej temperaturze (dla uniknięcia wtórnych ognisk pożaru) lub doprowadzają powietrze do miejsc występowania depresji pożaru (dla uniknięcia odwracania się dalszych prądów).

Podczas akcji przeciwpożarowej nie należy zatrzymywać wentylatora, do którego płynie dym, z wyjątkiem pożaru w szybie wdechowym lub na głównej drodze powietrza świeżego. Zatrzymanie innych wentylatorów, do których nie płynie dym, może być w wielu przypadkach bardzo korzystne. Jeżeli pożar powstanie na głównej drodze powietrza świeżego i dym skieruje się do obłożonych miejsc pracy, odcinając drogę ucieczki dla ludzi, należy niezwłocznie zarządzić zmianę kierunku prądu powietrza w całej kopalni lub — przy braku odpowiednich urządzeń — zamknąć i uszczelnić tamy grupowe i rejonowe, przez które dym kieruje się do miejsc pracy.

W trakcie prowadzenia akcji przeciwpożarowej powinna być zwiększona czujność nad prawidłową pracą wentylatora, do którego płynie dym. Jeżeli depresja wentylatora wykazuje znaczne obniżenie, należy zarządzić zmniejszenie dopływu do niego powietrza przez otamowanie prądów bocznych.

2. Pożar w prądzie schodzącym. Stabilizacja żadanego kierunku prądów w czasie pożaru w prądzie wznoszącym się jest łatwiejsza niż przy pożarze w prądzie schodzącym. Dlatego też w przypadku pożaru w prądzie schodzącym jest bardzo wskazana zmiana kierunku niektórych prądów, by — jeżeli to jest możliwe — pożar okazał się w prądzie wznoszącym się.

W przypadku konieczności prowadzenia akcji przeciwpożarowej w warunkach, gdy ogień znajduje się w prądzie schodzącym, tamę w prądzie głównym należy stawiać w możliwie silnym prądzie powietrza, a więc po otamowaniu przynajmniej niektórych prądów bocznych.

Po zamknięciu tej tamy należy liczyć się z możliwością wypływu przez jej nieszczelności gazów pożarowych w kierunku przeciwnym ruchowi powietrza.

Dla niedopuszczenia do zagazowania większego obszaru kopalni wskazane jest tolerowanie pewnego mniejszego obszaru zadymionego (zagazowanego). W tym celu wskazane jest otworzenie tamy w jednym z najbliższych do pożaru prądów bocznych i skierowanie do niego większej ilości powietrza (zob. rys. 99). Do tego prądu dołączać się będą gazy wydzielające się z tamy zasadniczej, a wskutek tego tylko przestrzeń między tym prądem bocznym i tamą zasadniczą będzie zagazowana.

Szczególnie niebezpieczny jest pożar w prądzie schodzącym, do którego wlot powietrza świeżego znajduje się niedaleko od szybu wdechowego (zob. rys. 100), gdyż w przypadku odwrócenia się takiego prądu duży obszar kopalni zostanie zadymiony. Dlatego też w przypadku odprowadzenia powietrza drogami schodzącymi kopalnia powinna w swym planie przewidzieć dodatkowe zabezpieczenie, jak to pokazano na przykład na rys. 101.

Jeżeli między tamą zasadniczą a ogniem istnieją nie otamowane prądy boczne, należy się liczyć, podobnie jak w przypadku pożaru w prądzie wznoszącym się z możliwością wybuchu gazów pożarowych za tamą.

Wszystkie uwagi podane wyżej a odnoszące się do pracy wentylatora w czasie pożaru w prądzie wznoszącym się powinny być przestrzegane również przy pożarach w prądzie schodzącym.

c. Zabezpieczenie ludzi zatrudnionych przy gaszeniu pożaru

Opisane warunki zapewnienia żadanego kierunku prądów powietrznych mogą zostać naruszone wskutek bądź to dużego rozwoju pożaru, bądź też wskutek otwierania niektórych tam w związku z obranym sposobem walki z pożarem, jak również wskutek powstania wybuchów. Dlatego też aż do czasu całkowitego opanowania pożaru należy zwrócić jak największą uwagę na bezpieczeństwo ludzi zatrudnionych przy gaszeniu; należy uwzględnić to zarówno w planie zabezpieczenia, jak i w późniejszym planie operacyjnym.

W bocznicach narażonych na odwrócenie prądu prędkość jego stopniowo maleje, po czym zostaje on zatrzymany, a następnie odwrócony. W większości przypadków od chwili zatrzymania prądu do chwili jego odwrócenia istnieje pewien przejściowy okres czasu, w ciągu którego może wystąpić zjawisko prądów wstecznych lub kłębień się dymów. Obserwacje zmian prędkości ruchu powietrza w bocznicach zagrożonych odwróceniem, jak również zjawisk zachodzących w tych bocznicach, mogą w porę uprzedzić o zbliżającym się niebezpieczeństwie. Obserwacje te powinny być starannie prowadzone przez kierownika wentylacji, który jest odpowiedzialny za stan przewietrzania oraz bezpieczeństwo ludzi i dlatego też do czasu opanowania pożaru nie może on być zatrudniony przy żadnej innej czynności, nawet przy czynności związanej z gaszeniem pożaru.

Największe niebezpieczeństwo wybuchu gazów pożarowych zachodzi w czasie budowy tamy zasadniczej. Dla uniknięcia skutków tego wybuchu wskazane jest wykonanie tamy zasadniczej w postaci drzwi, po zamknięciu których należy jak najprędzej od nich się oddalić. Jeżeli po upływie pewnego czasu (np. 1 godziny) wybuch nie nastąpi, można wrócić do tamy i przystąpić do ewentualnego jej uszczelnienia.

Po zbudowaniu tamy zasadniczej i ustabilizowaniu żadanych kierunków prądów powietrznych można uważać, że pożar został opanowany i przystąpić do budowy definitywnych i możliwie szczelnych tam ogniowych, jeżeli w planie jest przewidziane ugaszenie pożaru sposobem izolacji. Nie należy zalecać zbyt pośpiesznego definitywnego zamykania ostatniej tamy od strony wylotu gazów z pola pożarowego. Po zamknięciu tej tamy zaleca się umieścić w niej jedną lub dwie rury średnicy $300 \div 400$ mm, które zamyka się dopiero po pewnym czasie, gdy ilość wydzielających się gazów pożarowych wybitnie się zmniejszy i nie będzie zagrażało zjawisko kompresji w polu pożarowym, przy którym gazy pożarowe są wyciskane nawet przez tamy wlotowe i zatrzymują powietrze w kopalni.

Wyrobiska, którymi płynie dym, jak również wyrobiska, do których dostają się gazy pożarowe wyciskane spoza tam lub wypływające z nich w czasie otwierania pól, zalicza się do tzw. *strefy zagrożenia pożarowego*. Pod nazwą strefy zagrożenia pożarowego należy więc rozumieć część kopalni, w której na skutek pożaru występują gazy trujące (np. CO, H₂S, SO₂), duszące (CO₂) lub palne w ilości niebezpiecznej. W trakcie prowadzenia akcji gaszenia pożaru zasięg strefy zagrożenia zmienia się nieraz z godziny na godzinę zależnie od takich lub innych czynności, przeobrażeń natury wentylacyjnej. Tam gdzie przed chwilą jeszcze była bardzo niebezpieczna strefa zagrożenia, często przez samo tylko zamknięcie jakiejś tamy lub otworzenie innej, oraz krótkotrwałe przewietrzanie dotychczas zagazowanej części kopalni powietrze kompletnie oczyszcza się i można do

tej części kopalni wchodzić bez aparatu oddechowego, a nawet ze światłem otwartym, jeżeli nie zagraża tu ponowne zagazowanie.

Wszystkie dojścia do strefy zagrożenia należy zaopatrzyć w znaki ostrzegawcze. W strefie tej nie wolno prowadzić żadnych robót poza planową akcją przeciwpożarową; poza tym obowiązują tu przepisy dla kopalń gazowych a w szczególności zakaz używania otwartego światła i palenia.

Przy oszacowywaniu stopnia czystości powietrza doświadczeni górnicy do dnia dzisiejszego jeszcze posługują się powonieniem oraz obserwacją zachowania się płomienia lamp. Nie jest to oczywiście wystarczające, toteż dziś stosuje się odpowiednie indykatory pozwalające na natychmiastowe stwierdzenie zawartości szkodliwych gazów.

Stałe badanie składu powietrza w strefie zagrożenia i w jej sąsiedztwie ma duże znaczenie w czasie prowadzenia akcji przeciwpożarowej, zarówno dla obserwacji przebiegu awarii, jak i kontroli granic tej strefy oraz miejsc, gdzie praca może odbywać się bez aparatów oddechowych. Szczególne znaczenie ma badanie składu powietrza w przypadku pożarów w kopalniach gazowych, gdyż najmniejsze nawet zmiany stanu przewietrzania mogą doprowadzić do nagromadzenia niebezpiecznych koncentracji metanu i jego wybuchu.

Oprócz badania składu powietrza na miejscu należy dążyć, zwłaszcza w kopalniach gazowych, do zorganizowania systematycznego pobierania próbek powietrza w możliwie krótkich odstępach czasu i natychmiastowego poddawania ich w kopalni analizie chemicznej na O_2 , CO_2 , CH_4 i CO . Jeżeli węgiel zawiera dużo siarki, analiza powinna uwzględnić również i zawartość H_2S oraz SO_2 . Analizę przeprowadzać należy szybko i z dostateczną dokładnością.

Dla osiągnięcia szybkości i dokładności analizy pracę organizuje się jak następuje (G. G. Sobolew): pobraną próbkę bada się na obecność CO za pomocą chlorku palladu, a następnie (przy dodatniej reakcji) dla dokładnego oznaczenia zawartości CO bada się w aparacie do analizy gazu. Analizę powietrza na zawartość O_2 , CO_2 i CH_4 należy przeprowadzać na początku za pomocą indykatorów, a następnie w aparacie do analizy gazu.

Próbki powietrza w atmosferze duszącej pobierają ratownicy, w wyrobiskach zaś w prądzie świeżego powietrza pracownicy działu wentylacji.

3. Wstępny plan zabezpieczenia ludzi i opanowania pożaru

W planie zabezpieczenia ludzi i opanowania pożaru należy, biorąc pod uwagę możliwość pożaru w każdym miejscu kopalni uwzględnić następujące zagadnienia:

1. drogi wyprowadzenia ludzi z miejsc zagrożonych i wyjazd ich na powierzchnię;
2. sposoby zawiadomienia osób zagrożonych;
3. ustalenie osób odpowiedzialnych za wyprowadzenie ludzi z miejsc zagrożonych;
4. wykorzystanie urządzeń transportowych do zawiadomienia o niebezpieczeństwie ludzi zatrudnionych w odległych miejscach, jak również do ich wyprowadzenia oraz szybkiego przerzucenia drużyny ratowniczej;
5. ustalenie sposobu przewietrzania kopalni w czasie pożaru;
6. wyposażenie zatrudnionych pod ziemią w aparaty oddechowe i określenie miejsca grupowego przechowywania tych aparatów;

7. wykorzystanie niektórych wyrobisk na schrony;
8. wykorzystanie rurociągów sprężonego powietrza dla dostarczenia zagrożonym czystego powietrza ewentualnie dostarczenia im wody i pożywienia;
9. sposoby aktywnej walki z pożarami podziemnymi i zastosowanie doraźnych środków przeciwpożarowych (gaśnic, wody, piasku, pyłu kamiennego i innych) do czasu przybycia drużyny ratowniczej;
10. stan przygotowania tam zapasowych lub przynajmniej gotowych odrzwi oraz obecność w pobliżu nich drzwi do zawieszenia;
11. sposoby izolacji pól pożarowych i kolejność budowy tam tymczasowych i ostatecznych ogniowych (kłocowych, murowanych, a w szczególnie trudnych przypadkach tam z worków wypełnionych piaskiem lub pyłem kamiennym), jak również użycia podszadzki płynnej;
12. wykorzystanie sieci wodociągowej lub zaopatrzenie rurociągów podszadzkowych lub rurociągów powietrza sprężonego w urządzenia umożliwiające wykorzystanie ich do doprowadzenia wody;
13. wykorzystanie specjalnych urządzeń przeciwpożarowych w budynkach nadszybowych, przy wylotach szybów, w podszybiach komorach maszynowych i elektrycznych, w składach materiałów wybuchowych oraz w głównych wyrobiskach;
14. wykorzystanie pociągów przeciwpożarowych;
15. umieszczenie gaśnic i innych środków gaśniczych w komorach maszynowych, przy urządzeniach elektrycznych oraz w pobliżu przodków wybierkowych i przygotowawczych;
16. wykorzystanie nietykalnego zapasu sprzętu i materiałów przechowywanych w składach przeciwpożarowych.

Plan zabezpieczenia ludzi i opanowania pożaru powinien być opracowany w oparciu o istniejące w kopalni warunki. Nie można przewidywać w nim środków, których nie da się urzeczywistnić w pierwszej fazie walki z pożarem.

4. Plan operacyjny

Każdy przypadek pożaru ma swoje szczególne cechy, które muszą być uwzględnione przy prawidłowej organizacji robót zdążających do likwidacji pożaru. Dlatego też po otrzymaniu możliwie wyczerpujących informacji o przebiegu pożaru powinien być opracowany plan operacyjny pierwszej kolejności, który w dalszym ciągu może być skorygowany w związku z rozwojem sytuacji.

Plan operacyjny powinien uwzględniać następujące zasadnicze zagadnienia:

1. sposób ratowania ludzi,
2. zapewnienie żadanego kierunku prądów powietrznych w całej kopalni i w polu pożarowym,
3. sposób likwidacji pożaru,
4. zapewnienie dostawy niezbędnych materiałów i sprzętu,
5. zorganizowanie podziemnej i naziemnej bazy ratowniczej oraz służby lekarskiej,
6. kontrola stanu powietrza zarówno w polu pożarowym, jak i w kopalni jako całości,

7. zapewnienie normalnej i bezpiecznej pracy w polach poza strefą zagrożenia pożarowego.

Dla ścisłego wypełnienia poszczególnych zadań przewidzianych w planie wyznacza się osobiście odpowiedzialne osoby.

5. Organizacja akcji przeciwpożarowej

Po otrzymaniu wiadomości o pożarze należy natychmiast wezwać miejscową drużynę ratowniczą oraz zawiadomić kierownika akcji przeciwpożarowej.

Kierownik akcji powinien osobiście przekonać się, czy wezwana została drużyna ratownicza, zaznajomić się z miejscem i stanem pożaru, ilością ludzi w kopalni i miejscem ich znajdowania się, dopilnować wycofania się ludzi z miejsc zagrożonych i niezwłocznie przystąpić do likwidacji pożaru, wykorzystując do tego celu wszystkie będące do dyspozycji środki. Kierownik akcji powinien zorganizować przy pomocy podległego mu dozoru technicznego kopalni kontrolę ludzi wychodzących lub wyprowadzanych zarówno z miejsc zagrożonych, jak i z całości kopalni, zabraniając równocześnie zjazdu ludzi do kopalni bez jego pozwolenia. Powinien również zdecydować, czy konieczne jest wezwanie innych drużyn ratowniczych i w jakiej sile, przy czym jeżeli pożar zagraża życiu ludzi, to drużyny te powinny być wezwane natychmiast.

Dla dokładniejszego zbadania stanu pożaru i okoliczności jemu towarzyszących (stan wyrobisk i przewietrzania), jak również dla odszukania ludzi zaskoczonych dymami organizuje się *akcję wywiadowczą* oraz *służbę łączności*.

Poza tym we wszystkich przypadkach, gdy praca prowadzona jest w dymach lub gązie, urządza się w prądzie powietrza świeżego *podziemną bazę ratowniczą*, a w przypadku przewlekłej akcji, jeżeli nie ma kopalnianej stacji ratownictwa, również i *bazę naziemną* dla zaopatrywania ratowników w sprzęt i materiały oraz dla przeprowadzenia napraw sprzętu ratowniczego i ewentualnie ładowania lamp elektrycznych.

Niezależnie od powyższego powinna być zorganizowana kontrola składu powietrza w czasie prowadzenia akcji.

Z przebiegu akcji pożarowej sporządza się i przechowuje w kopalni dokładny opis zaopatrzonej niezbędny planami.

a. Akcja wywiadowcza

Przy akcji wywiadowczej wykorzystuje się informacje uzyskane od naocznych świadków, a więc od robotników i nadzoru pola. Dla zbadania stanu pożaru i wyrobisk wysyła się ratowników dobrze obeznanych z kopalnią, przy czym w przypadku zadymienia lub zagazowania wyrobisk wysyła się grupy składające się co najmniej z 5 ludzi, w przypadku zaś badania w powietrzu świeżym — co najmniej 2 ludzi. Jeżeli zadaniem ratowników jest zbadanie ogniska pożaru, powinni oni być zaopatrzeni w środki gaśnicze (gaśnice lub wąż — w przypadku, gdy w pobliżu pożaru jest woda), jeżeli zaś zadaniem jest odszukanie ludzi, powinni wziąć z sobą możliwie dużą ilość aparatów oddechowych lekkiego typu (ucieczkowych).

Ratownikami należy posługiwać się zasadniczo tylko w atmosferze zadymionej lub zagazowanej. W prądzie świeżego powietrza pracę powinni wykonywać nie ratownicy, lecz robotnicy kopalniani.

Na dół wysyła się przynajmniej dwa zastępy składające się z 5 ludzi każdy. Jeden z tych zastępów idzie do akcji, drugi zaś zostaje w bazie jako rezerwa. Przy dużych pożarach wyrusza do akcji kilka zastępów, przy czym zaleca się, aby przynajmniej jeden członek każdego zastępu był obeznany z planem wyrobisk podziemnych kopalni.

Zastęp, który wyruszył do akcji, powinien przez cały czas utrzymywać łączność z bazą podziemną. W tym celu wykorzystuje się specjalną aparaturę telefoniczną lub sygnalizację dźwiękową za pomocą dzwonka, trąbki lub przez uderzenia w rurociągi.

Wszelkie wiadomości, a zwłaszcza o stanie ludzi zaskoczonych przez awarię, powinien zastęp przekazywać natychmiast przez telefon, gońca (łącznika) lub nawet przy pomocy specjalnego zastępu.

Jeżeli zastęp napotka na swej drodze poszkodowanego, powinien natychmiast udzielić mu pomocy lub wyprowadzić do prądu świeżego powietrza, po czym dopiero może kontynuować wykonanie zleconego zadania. Przy wykonywaniu zadań wywiadowczych niezwiązanych z ratowaniem ludzi mogą być powierzone zastępowi niektóre prace, jak np. otworzenie drzwi tamy, zawieszenie płócien lub wykonanie dodatkowej obudowy.

b. Baza ratownicza

Podziemną bazę ratowniczą zakłada się w prądzie świeżego powietrza, możliwie najbliżej miejsca akcji. Czasem urządza się kilka baz ratowniczych.

W przypadku niedużych robót ratowniczych, w bazie przebywa zastęp rezerwowy oraz dyżurny telefonista. W czasie dużych pożarów oprócz zastępów rezerwowych, telefonistów i łączników powinien stale znajdować się w bazie kierownik akcji dołowej.

Baza podziemna powinna mieć łączność telefoniczną z kierownictwem akcji przeciwpożarowej oraz z kopalnianą stacją ratownictwa lub z bazą naziemną. W bazie podziemnej muszą znajdować się odpowiednio do liczby ratowników butle z tlenem i zapasowe pochłaniacze, zapasowe lampy akumulatorowe w ilości 25% liczby pracujących ratowników, aparaty cucące (do sztucznego oddychania), apteczka, odpowiedni zapas przegotowanej wody, roztwór dezynfekcyjny dla przemywania ustników, nosze, ciepła odzież dla ratowników, gaśnice, pompy oraz inny sprzęt niezbędny do likwidacji pożaru.

Jeżeli baza zorganizowana jest tylko dla celów ratowniczych, to zwykle mieści się w niej personel lekarski. W miarę odgazowania wyrobisk bazę przenosi się bliżej do miejsca robót ratowniczych. Jeżeli istnieje chociażby najmniejsza możliwość przenikania do bazy szkodliwych gazów, konieczna jest stała kontrola składu powietrza za pomocą indykatorów oraz przez pobieranie próbek i analizę powietrza.

6. Taktyka prowadzenia akcji gaszenia pożaru

Sposób prowadzenia akcji gaszenia pożarów oraz jej powodzenie zależą od szeregu czynników, spośród których w pierwszym rzędzie należy wymienić miejsce powstania pożaru i czas, jaki upłynął do chwili rozpoczęcia akcji. Poza tym decydującą rolę odgrywa tu obecność w pobliżu miejsca pożaru dostatecznej ilości środków gaśniczych oraz doświadczenie załogi zatrudnionej przy gaszeniu i sprawność drużyny ratowniczej.

Z reguły należy dążyć do ugaszenia pożaru sposobami aktywnymi, a więc przez bezpośrednie oddziaływanie na ogień środkami gaśniczymi, wymaga to jednak dużego doświadczenia załogi i sprężystej organizacji akcji. W ZSRR zawdzięczając szeroko rozwiniętej i dobrze wyposażonej sieci oddziałów ratowniczych większość pożarów jest likwidowana sposobami aktywnymi.

Sposoby te mniej nadają się do gaszenia pożarów powstałych w pokładach grubych wskutek samozapalenia, jak również mogą się nie udać przy spóźnionej akcji przeciwpożarowej, przy braku środków gaśniczych oraz w warunkach, gdy ognisko pożaru jest niedostępne lub gdy bezpośrednie gaszenie stanowi poważne niebezpieczeństwo.

W przypadkach takich stosuje się izolację pola pożarowego lub kombinowane sposoby gaszenia.

W Górno-śląskim Zagłębiu Węglowym, gdzie przeważają endogeniczne pożary w pokładach grubych, najbardziej rozpowszechnionym sposobem gaszenia jest otamowanie pól. Pod tym względem widoczna jest jednak przesada, gdyż w wielu przypadkach pożary mogłyby być zlikwidowane znacznie skuteczniej sposobami aktywnymi. Niedomaganie to jest pozostałością jeszcze z dawnych czasów, kiedy to kopalnie górno-śląskie, posiadające ogromne udostępnione zasoby węgla, nie liczyły się ani z jego stratami, ani też z ubytkiem frontu eksploatacyjnego. Poza tym w wielu przypadkach akcji gaszenia nie doprowadzano do końca, ograniczając się tylko do otamowania ognia, a nie do jego zlikwidowania. W konsekwencji istnieją jeszcze do dziś dnia ogromne pola, w których pożary grożące stałe wznowieniem trwają od kilkunastu lub nawet kilkudziesięciu lat i w których uwięzione są wielomilionowe zasoby węgla. Dla przykładu przytoczyć można, że w jednej z kopalń jest 46 pól pożarowych, których powierzchnia wynosi około 600 hektarów. W polach tych znajdują się nie wybrane partie pokładów o powierzchni około 200 ha i zasobach około 11 milionów m³ węgla. Nie ulega wątpliwości, że wiele z tych pożarów można jeszcze i teraz zlikwidować odzyskując dla eksploatacji około 75% uwięzionych zasobów węgla.

Charakterystyczne jest, że w północno-wschodnich kopalniach Zagłębia Górno-śląskiego w okręgu dąbrowskim, gdzie zasoby węgla były znacznie skromniejsze i gdzie wskutek tego nie można było pozwolić na poważniejsze ich straty, znacznie częściej stosowano w dawniejszych latach aktywną walkę z pożarami, pola zaś otamowane starano się w krótkim czasie otworzyć, pożary zlikwidować i kontynuować normalną eksploatację.

W dalszym ciągu będzie mowa wyłącznie o sposobach prowadzenia aktywnej walki z pożarami.

Likwidacja pożaru środkami gaśniczymi tylko od strony świeżego powietrza doprowadza często do znacznego rozwoju pożaru zwłaszcza w wyrobiskach wznoszących się, gdyż w warunkach takich, przy dużym dopływie powietrza, pożar zwykle posuwa się szybciej niż ludzie likwidujący ogniska i usuwający powstałe zawały.

Dla zmniejszenia prędkości rozszerzania się pożaru należy dążyć, by akcja była prowadzona przy możliwie najmniejszym dopływie powietrza do ognia. Poza tym należy starać się okrążyć pożar i prowadzić jego gaszenie równocześnie z dwóch stron, tzn. od strony wlotu i wylotu powietrza, by w ten sposób nie dopuścić do rozszerzania się pożaru. Dla ułatwienia akcji okrążającej, prowadzonej z reguły w aparatach oddechowych, może być w wielu przypadkach wskazana zmiana wznoszącego się kierunku powietrza w polu na kierunek schodzący, przy którym pożar rozszerza się

znacznie wolniej. Przy tego rodzaju akcji należy usunąć ludzi z wyrobisk zadymionych, samą zaś akcję powinna prowadzić drużyna ratownicza.

W przypadku, gdy akcję gaszenia prowadzi się tylko z jednej strony, należy dla niedopuszczenia do rozszerzania się ognia umieścić zasłony wodne od strony wylotu dymów. Na czas instalowania tych zasłon może być również wskazane odwrócenie prądu. Zasłona wodna powstrzymuje na ogół rozprzestrzenienie się pożaru, jeżeli obejmuje ona wyrobisko na długości przynajmniej 10 — 15 metrów.

Prowadzenie robót w wyrobisku wznoszącym się od strony świeżego powietrza dopływającego z dołu, bez stosowania środków zdążających do okrążenia pożaru lub przynajmniej do powstrzymania jego rozprzestrzenienia się do góry, skazuje całą akcję gaszenia na niepowodzenie, gdyż pożar z każdą godziną będzie się zwiększał i cały wysiłek okaże się bezowocnym. Sposób walki przez okrążenie pożaru i zachodzenie od strony wylotu dymów — zaleca się stosować również i w chodnikach poziomych. Nie oznacza to, że we wszystkich przypadkach konieczne jest odwracanie prądu.

Należy pamiętać, że najlepszy plan działania traci swą wartość w przypadku akcji spóźnionej. Dlatego też do likwidacji pożaru należy w miarę możliwości przystąpić równocześnie z akcją ratowania ludzi.

Jeżeli pożar powstanie w *budynku nadszybowym* szybu wdechowego należy wezwać zarówno straż pożarną, jak i drużynę ratowniczą. W celu niedopuszczenia dymów do kopalni konieczne jest wykorzystanie wszystkich możliwych środków, jak zamknięcie klap w szybie, odwrócenie prądu powietrza w całej kopalni, zamknięcie drzwi w tamach zapasowych na podszybiu, zbudowanie tam tymczasowych, skrócenie drogi do szybu wentylacyjnego itp.

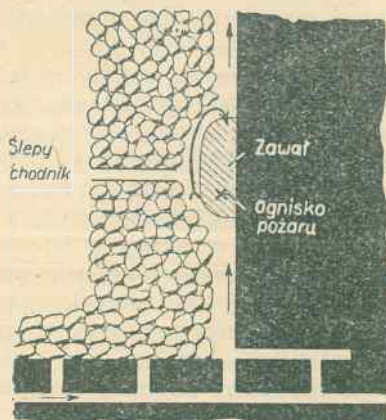
Przy *pożarach w szybie wdechowym lub w podszybiu* należy natychmiast zmienić kierunek wentylacji lub przynajmniej zatrzymać wentylator. Spośród innych środków można wymienić: otworzenie drzwi na krótkim połączeniu między szybami, zamknięcie tam zapasowych w pobliżu podszybia, lub przynajmniej zawieszenie płócien w wyrobiskach prowadzących do miejsc pracy. Drużyna ratownicza powinna przystąpić natychmiast zarówno do ratowania ludzi, jak i do likwidacji ognia.

Jeżeli *pożar powstanie w komorze* należy natychmiast zamknąć w niej drzwi, a następnie po wyprowadzeniu lub zabezpieczeniu ludzi otworzyć komorę i zlikwidować pożar. Przy braku w komorze drzwi zastęp ratowniczy, którego zadaniem jest zlikwidowanie pożaru, powinien zabrać ze sobą oprócz gaśnic również i płótno (lub tamy pneumatyczne) dla zawieszenia w wejściach do komory. Sam już nawet ten środek znacznie zmniejsza ilość gazów pożarowych, a dzięki temu ludzie mogą zdążyć wyjść z miejsc zagrożonych. Równocześnie z zawieszeniem płótna należy przystąpić do gaszenia pożaru i później kontynuować to gaszenie w komorze zamkniętej. Jeżeli jest to niemożliwe z uwagi na wysoką temperaturę, należy po wyprowadzeniu ludzi otworzyć jedną lub obie tamy i dopiero wtedy likwidować pożar. Wszystkie czynności w związku z gaszeniem pożaru w komorze wykonać może jeden zastęp, gdyż dwóch ludzi może wykonywać jedną tamę płócienną, dwóch drugą, a jeden lub dwóch ratowników może gasić ogień.

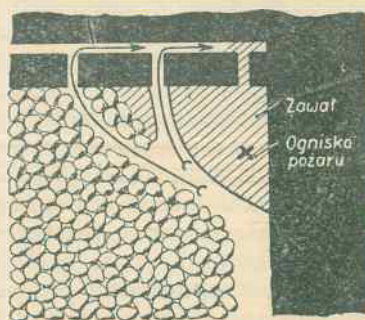
Jeżeli za miejscem pożaru powietrze rozgałęzia się, należy starać się skierować dymy do tego odgałęzienia, w którym nie ma ludzi.

Gaszenie pożaru w *przodkach ścianowych* może być często bardzo utrudnione. Przy małej grubości pokładu trudno jest przejść w aparatach oddechowych i dostarczać do miejsca ogniska środki gaśnicze. Obecność w wyrobisku dużej ilości materiałów palnych (węgla, obudowy, prze-

wodów gumowych) przyczynia się do wytworzenia wysokiej temperatury, zwłaszcza w prądzie wychodzącym. Zawały stropu wskutek wypalenia obudowy i pęcznienie spagu, zwłaszcza przy likwidacji pożaru wodą, zagradzają dostęp do ogniska. Poza tym pożar może rozszerzać się do wybranej przestrzeni. Wszystko to powoduje, że pożary w ścianach przyjmują często duże rozmiary, zmuszają do otamowania pola i przyczyniają się do zatrzymania w nim robót na dłu-



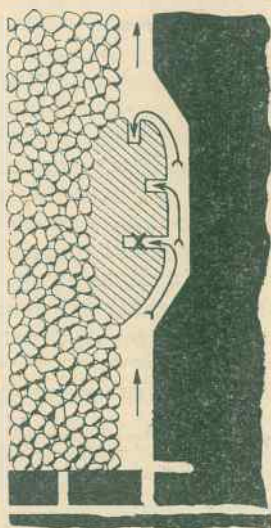
Rys. 148. Okrażenie pożaru w ścianie przez rozebranie podsadzki przy chodniku ślepyin



Rys. 149. Okrażenie pożaru w górnej części ściany

gi okres czasu. Niemniej jednak często można zlikwidować pożar w przodku ścianowym sposobem aktywnym bez jej otamowania.

Przede wszystkim należy starać się nie dopuścić do powstania zawału. Jeżeli zawał nastąpi, trzeba liczyć się z tym, że prace przy przejściu zawału będą prowadzone wolniej, niż rozprzestrzenianie się ognia w górę ściany. Dla zapobieżenia wyjściu pożaru do chodnika nadścianowego należy stosować wszystkie możliwe środki aż do odwrócenia prądu. Przez umiejętne manewrowanie prądem wentylacyjnym udało się niejednokrotnie zlikwidować duże nawet pożary bez konieczności otamowania.



Rys. 150. Likwidacja ogniska pożaru w ścianie przez wykonanie wyrobiska w węglu wzdłuż zawału

Przy każdym pożarze w ścianie należy dążyć do jego okrażenia i zlokalizowania na możliwie małej powierzchni, a następnie likwidować ognisko częściami.

Przy akcji okrażania często stosuje się odwrócenie kierunku prądu, zachodzą jednak przypadki, kiedy zlokalizowanie ogniska udaje się przeprowadzić bez zmiany kierunku prądu, na dowód czego może służyć następujący przykład (rys. 148). Pożar powstał w ścianie z powodu zapalenia się gumowego przewodu elektrycznego, przy czym wskutek wypalenia obudowy powstał w obrębie ogniska pożaru zawał, który uniemożliwił dostęp do ognia. Udało się dojść do ogniska przez chodnik ślepy w podsadce, a stąd — po rozebraniu części podsadz-

ki — dostać się do ściany poza ognisko pożaru i za pomocą gaśnic zatrzymać rozszerzanie się ognia do góry wzdłuż ściany.

Na rys. 149 pokazano ognisko pożaru w górnej części ściany. Do czasu przybycia ratowników obudowa w sąsiedztwie ogniska wypaliła się i nastąpił zawal stropu, który uniemożliwił dojście do ognia. Poza tym zawalem pożar rozwijał się dość intensywnie. Ratownicy przystąpili natychmiast do rozbiegania zawalu koło przecinki wentylacyjnej, przez którą dostali się do chodnika wentylacyjnego i za pomocą gaśnic ugasili palące się tu odrzwia obudowy. Następnie zorganizowano rozbiórkę zawalu i gaszenie poszczególnych ognisk rozżarzonego węgla i skały.

Przy słabym stropie przejście wyrobiskiem przez zawal w celu ugaszenia znajdujących się w nim ognisk jest połączone zwykle z dużymi trudnościami. W takim przypadku wskazane jest raczej wykonywać wyrobisko w węglu wzdłuż zawalu (rys. 150) i w pewnych odstępach wcinąć się od niego do zawalu zalewając wodą ognisko.

Zlikwidowanie pożaru w ścianie sposobem aktywnym jest możliwe tylko wtedy, gdy do gaszenia przystępuje się dostatecznie wcześniej i gdy drużyna ratownicza jest odpowiednio wyćwiczona do pracy w warunkach wysokiej temperatury.

7. Przykłady aktywnego prowadzenia akcji przeciwpożarowej

Dla należytego zrozumienia taktyki prowadzenia aktywnej walki z pożarami konieczne jest zaznajomienie się przynajmniej z kilkoma najbardziej typowymi przykładami wziętymi z praktyki. Szereg takich bardzo ciekawych przykładów przytacza G. G. Sobolew w swej pracy pt. Organizacja robót ratowniczych w kopalniach. Praca ta została w dużej mierze wykorzystana przy opracowaniu niniejszego rozdziału; z pracy tej zaczerpnięto również trzy niżej przytoczone przykłady, które starano się przeanalizować w oparciu o naukowe zasady prowadzenia akcji przeciwpożarowych.

a. Przykład 1

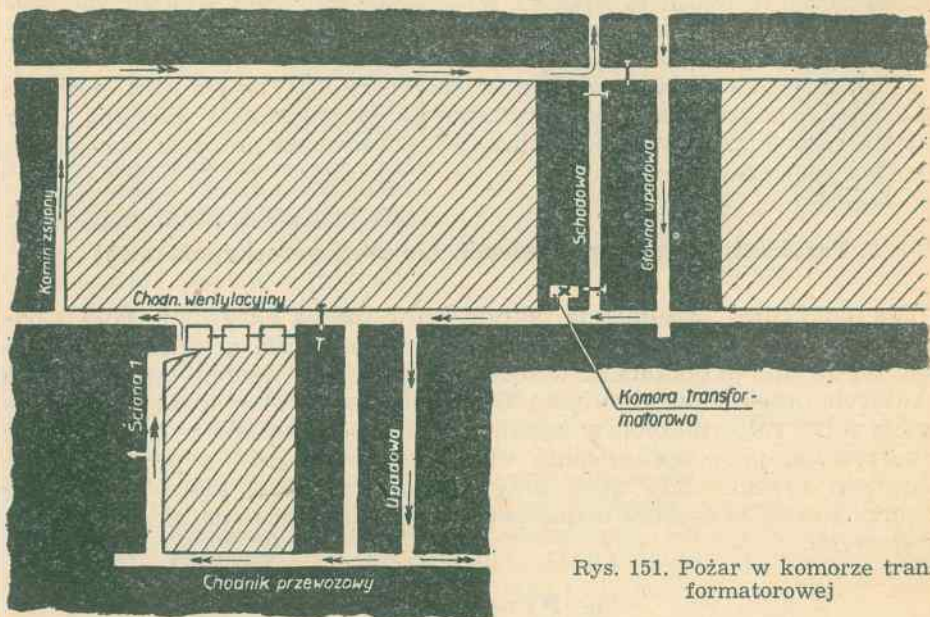
Pożar powstał w komorze transformatorowej (rys. 151). Dym skierował się przez upadową połowę i chodnik przewoźowy na obłożoną ścianę I. Posłano dwa zastępy ratownicze do ratowania ludzi, przy czym jeden z tych zastępów miał posuwać się do ściany I przez upadową połowę i chodnik transportowy, drugi zaś wzdłuż chodnika wentylacyjnego. Oba wymienione zastępy po zaopatrzeniu się w potrzebną ilość aparatów ucieczkowych zeszyły główną upadową, przeszły obok pożaru i skierowały się wzdłuż wskazanych dróg. Zarządzono przy tym otworzenie tamy T w celu skierowania większości dymów wprost do komina zsypnego z pominięciem ściany.

Część ludzi pracujących w dolnej części ściany zdążyła wyjść w aparatach ucieczkowych i dojść do głównej upadowej. Pracujący w górnej części ściany, do których dym doszedł później, byli wyprowadzeni przez ratowników na chodnik wentylacyjny, nie mogli już jednak dojść do upadowej głównej, gdyż pożar wyszedł z komory i odciął im drogę. Wówczas górnicy razem z dwoma ratującymi ich zastępami skierowali się do komina zsypnego, ale z powodu małego jego przekroju nie mogli również uratować się tą drogą.

Na pomoc pozostałym w dymach ludziom posłano inne zastępy zarówno przez upadową główną, jak i komin zsypny. Nie dało to jednak pożądanych wyników, gdyż komin nie nadawał się do przejścia, w chodniku zaś w obrębie pożaru powstał zawal wskutek wypalenia obudowy. Sytuację pogorszyła okoliczność, że ogień przeniósł się również na schodową.

Zdecydowano zbudować tamę w górnej części schodowej, zacząć gaszenie pożaru od strony upadowej głównej i natychmiast podjąć prace nad rozszerzaniem komina.

Za pomocą doprowadzonej wody udało się zatrzymać rozszerzanie się pożaru do upadowej, ale pożar i zawal w chodniku wymagały dłuższego czasu na likwidację i przebudowę. Prace nad rozszerzaniem komina były związane również z dużymi trudnościami, gdyż musiały być prowadzone



Rys. 151. Pożar w komorze transformatorowej

w aparatach. Ponieważ nie było jednak innych dróg, którymi można byłoby dotrzeć do pozostałych w dymie ludzi, cały wysiłek skierowano na te roboty.

W piątym dniu, gdy komin został rozszerzony na tyle, że można było zejść nim w aparatach, nie znaleziono ofiar w chodniku. Zorganizowano wówczas poszukiwania, w wyniku których okazało się, że ludzie skorzystali ze starego zawalonego chodnika, dostali się do starych zrobów innego pokładu, dokąd nie przenikały gazy spalinowe i tam czekali na ratunek. Wszyscy oni zostali wyprowadzeni.

Wypadek ten jest doskonałym przykładem, jak ludzie nie tracąc nadziei wykorzystali nieprawdopodobnie małe możliwości uratowania się. Równocześnie przypadek ten jest jaskrawym przykładem konieczności utrzymywania dróg powietrznych w dobrym stanie i nie tolerowania na tych drogach tak ciasnych miejsc, jakim okazał się komin zsypny. Z drugiej strony błędem kierownictwa było to, że równocześnie z ratowaniem ludzi, nie zorganizowano akcji gaszenia pożaru. Błędem poza tym był brak drzwi do komory, których zamknięcie przyczyniłoby się do zmniejszenia prędkości rozwoju pożaru.

b. Przykład 2

W jednej z kopalń Zagłębia Donieckiego powstał pożar w schodowej wskutek zwarcia w kablu w komorze transformatorowej (rys. 152). Pożar ten mógł być łatwo zlikwidowany w chwili jego powstania za pomocą gaśnic i piasku, które znajdowały się w komorze, nie były jednak wykorzystane przez dozór i załogę wskutek dezorientacji wynikającej ze zderzenia. Przyczyniło się to do rozszerzenia się pożaru na schodową. Wezwane zastępy ratownicze zajęte były przez blisko godzinę ratowaniem ludzi, a w związku z tym przystąpiono do gaszenia pożaru z opóźnieniem. W rezultacie pożar rozprzestrzenił się na schodową i zaczął szybko posuwać się do góry wskutek palenia się obudowy i nie tamowania dopływu powietrza do ognia. Równocześnie z obudową zapalił się węgiel rozgniecionego filaru, co wytworzyło bardzo wysoką temperaturę. Po wyprowadzeniu ludzi z miejsc zagrożonych ratownicy przystąpili do gaszenia pożaru od dołu schodowej (punkt A) i od góry z chodnika pośredniego (punkt B). Do tego czasu wskutek wypalenia się obudowy w dolnej części schodowej wytworzyły się zawały, które uniemożliwiły dojście do szybko posuwającego się ognia, w chodniku zaś pośrednim temperatura była tak wysoka, że wykluczała dostanie się z tej strony do schodowej. Zdecydowano ograniczyć się do zlewania schodowej wodą z węża, by nie dopuścić do wyjścia pożaru na chodnik pośredni, a równocześnie prowadzić gaszenie z dołu schodowej, rozbierając zawał i zalewając wodą znajdujące się pod nim ognisko, jak również palące się rozgniecione ściany filaru.

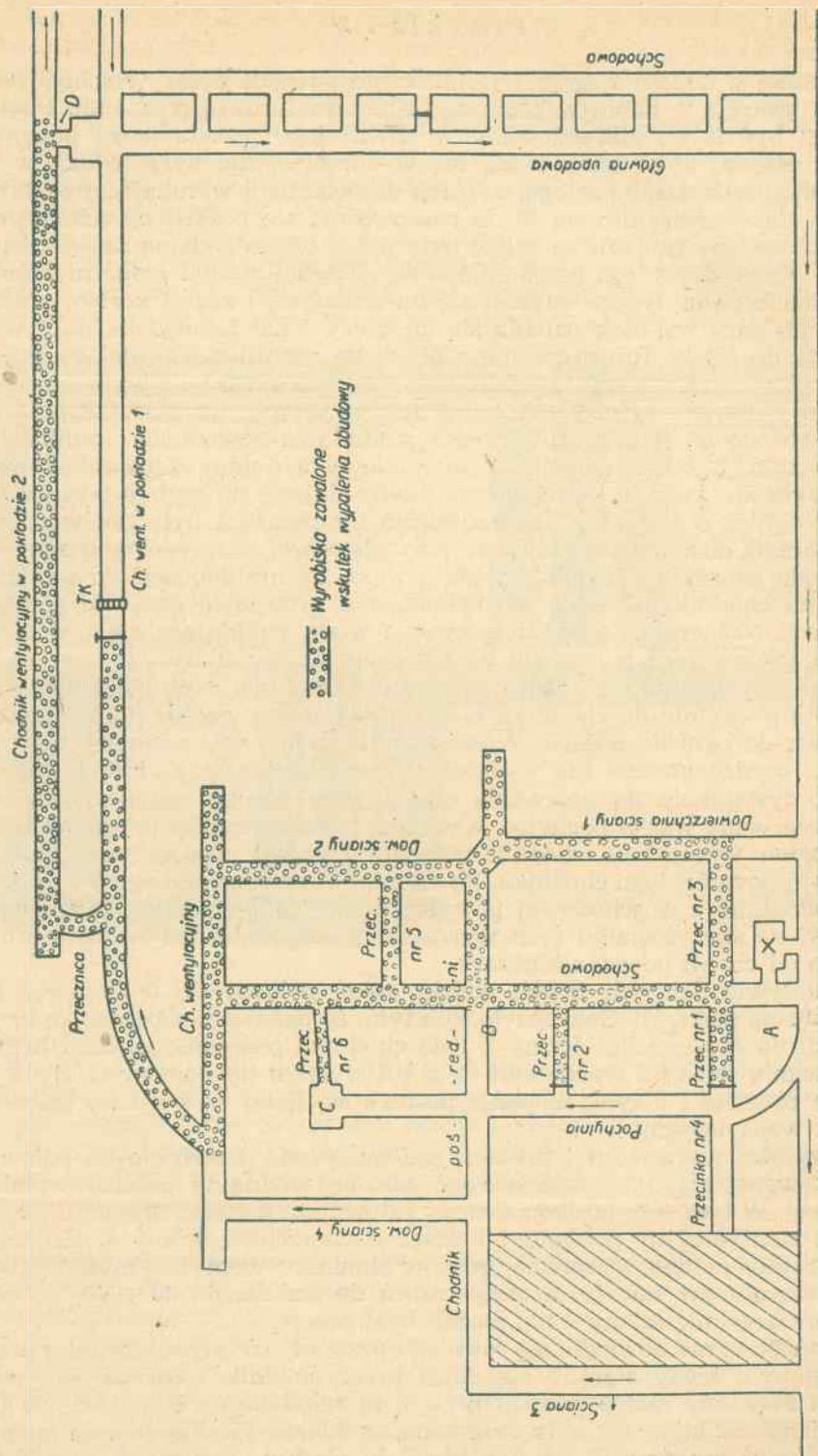
W celu wykonania tego planu przeprowadzono dwa węże płocienne: jeden przez pochylnię do chodnika pośredniego, drugi wzdłuż dolnej części schodowej do ogniska pożaru. W czasie układania węży rozmiary pożaru były już bardzo groźne, nie wyszedł on jednak jeszcze ze schodowej.

Po przystąpieniu do polewania obudowy w górnej części schodowej został rozerwany wąż w pochylni. Wymiana trwała około 30 minut. W tym czasie ogień wyszedł na chodnik pośredni i zaczął posuwać się wzdłuż schodowej powyżej tego chodnika. Po wymianie węża zalano ogień w chodniku pośrednim i w schodowej powyżej niego, co jednak nie zapobiegło zawałowi na skrzyżowaniu tych wyrobisk. Nastąpiło to po upływie 5 do 6 godzin od chwili powstania pożaru.

Po upływie dalszych trzech godzin ogień pojawił się w komorze C kołowrotu na pochylni. Świadczyło to o tym, że ogień przez przecinę nr 3 przeszedł do dowerzchni ściany 1 i do chodnika pośredniego, skąd przez dowerzchnię ściany 2 i przecinki nr 5 i 6 wyszedł do komory C. Świadczyło to również i o tym, że pożar posuwa się dalej do góry na połowy chodnik wentylacyjny.

W wyniku wytworzonej sytuacji zdecydowano dostać się na połowy chodnik wentylacyjny i zainstalować zasłonę wodną w pobliżu wylotu schodowej. W tym celu posłano zastępy ratownicze dwiema drogami: przez chodnik wentylacyjny pokładu 1 i przez dowerzchnię ściany 4. Zadania te nie zostały jednak wykonane, gdyż w chodniku wentylacyjnym pokładu 1 powstały już zawały, a temperatura dochodziła do $80 \div 90^{\circ}\text{C}$, zaś przez dowerzchnię ściany 4 nie można było przejść.

Czynność ta nie powiodła się również i przy odwróconym kierunku prądu powietrza, kiedy starano się dojść przez chodnik wentylacyjny pokładu 2. Pierwszy zastęp potrafił przejść tu zaledwie na odległość 300 m, gdyż ściany chodnika tak były rozgrzane, że świeży prąd powietrza (około $5000 \text{ m}^3/\text{min}$) nie potrafił ich ochłodzić. W ślad za pierwszym zastępem



Rys. 152. Przykład akcji aktywnego gaszenia pożaru w Zagłębiu Donieckim

posłano następne zastępy z węzami i rozpylaczami wody, ale i one też nie mogły dotrzeć dalej, jak 500 m wzdłuż chodnika wentylacyjnego pokładu 2. Po upływie 2 godzin od chwili odwrócenia prądu ponowiono po raz trzeci próbę dojścia do chodnika wentylacyjnego, ale próba ta również się nie udała, ratownicy zaś doszli tylko do przecznicy i wrócili z oparzonymi twarzami.

Po trzygodzinnym odwróceniu prądu, obawiając się nagromadzenia i wybuchu metanu w sąsiedztwie chodnika przewozowego, gdzie istniał większy jego wypływ, zdecydowano przywrócić pierwotny kierunek prądu i ponownie przystąpić do gaszenia pożaru od dołu. Dla przyspieszenia pracy zdecydowano również dostać się do górnej części schodowej przez komorę kołowrotu C i przecinkę nr 6.

Pożar w komorze i w przecince ugaszono, nie udało się jednak wejść do schodowej ze względu na wysoką temperaturę. Polewanie wodą ognisk pożaru znajdujących się poniżej przecinki nr 6 nie dało pożądanych wyników, gdyż ogniska te znajdowały się poza zawałami i woda do nich prawie nie docierała, ściekając po bryłach zawału.

W ciągu następnej doby (drugiej po wybuchu pożaru) usuwano zawały i likwidowano ogniska palącego się węgla w schodowej idąc od dołu oraz przebudowywano dowierzchnię ściany 4 dla umożliwienia wejścia na połowy chodnik wentylacyjny i zatrzymania tu rozszerzającego się pożaru. Temperatura w chodnikach wentylacyjnych pokładów 1 i 2 wahała się od 80 do 110 °C, a w trzecim dniu doszła do 140 ÷ 160 °C, co świadczyło o tym, że pożar posuwa się w kierunku obu chodników wentylacyjnych.

Zadecydowano zainstalowanie przez okno w komorze kołowrotu D zasłony wodnej w chodniku wentylacyjnym pokładu 2 oraz zbudowanie tamy kłocowej TK w chodniku wentylacyjnym pokładu 1 przed znajdującymi się tam drzwiami wentylacyjnymi. Roboty te trwały 10 godzin.

W ciągu tego czasu kontynuowano bez przerwy gaszenie pożaru od dołu w prądzie świeżego powietrza. Ukończono również prace na dowierzchni ściany 4, wysoka temperatura jednak i zawały nie pozwoliły wejść do chodnika wentylacyjnego dalej, niż 10 m od dowierzchni. Ustalono przy tym, że obudowa tego chodnika i przecznicy wypaliła się.

W połowie czwartej doby stwierdzono, że pożar posunął się już chodnikiem wentylacyjnym pokładu 2 i doszedł do komory D. Sytuacja stała się już bardzo poważna, kierownictwo akcji zadecydowało zmianę kierunku prądu w kopalni i przystąpiono do aktywnego gaszenia pożaru w chodniku wentylacyjnym pokładu 2. Wejść do tego chodnika udało się dopiero po upływie 6 godzin od chwili odwrócenia prądu, przy czym stwierdzono, że pożar przeszedł już przez zainstalowaną tam zasłonę wodną.

Doprowadzono dodatkowo wąż płócienny i przystąpiono do energicznego gaszenia pożaru w chodniku wentylacyjnym pokładu 2. W ciągu kilku godzin zalano ogniska na długości około 300 m tego chodnika. W przecznicy między obu chodnikami wentylacyjnymi napotkano ogromny zawał i tak duże ognisko pożarowe, że nie udało się go zlikwidować w ciągu dwóch następnych dni. Postanowiono wówczas ustawić potężne zasłony wodne w wypalonym chodniku i akcję gaszenia pożaru prowadzić od dołu. W tym celu ułożono w chodniku wentylacyjnym pokładu 2 dwa rurociągi cztero-calowe i zaopatrzone je w 22 natryski. W ten sposób utworzono ciągłą zasłonę wodną na długości 48 m.

W ciągu trzech dni, kiedy przewietrzanie odbywało się z góry na dół, pożar prawie się nie posunął w dół po schodowej i pochylni. W ciągu tego

czasu starannie badano zawartość metanu w chodniku przewozowym i w jego sąsiedztwie. W pobliżu miejsca wypływu CH_4 zawartość jego dochodziła do 4%, ale w wyrobiskach, którymi płynęły gazy pożarowe, nie stwierdzono metanu.

W dalszym ciągu gaszenie prowadzono równocześnie w kilku punktach, a mianowicie: w górnej i dolnej części schodowej oraz w przecinkach nr 3 i 1. Następnie ratownicy posuwali się stopniowo wzdłuż powierzchni ścian 1 i 2 wzdłuż połowego chodnika wentylacyjnego i przecznicy, aż do zupełnego ugaszenia pożaru. Przy rozbieraniu ognisk okazało się, że w niektórych miejscach filary węglowe skoksowały się na głębokość $0,5 \div 0,8$ m. Wskutek pracy natrysków w chodniku wentylacyjnym pokładu 2 woda ogrzana do $50 \div 60^\circ\text{C}$ spływała w wyrobiskach całym strumieniem.

Jak z powyższego wynika, mały pożar, który łatwo dałoby się zlikwidować na miejscu w pierwszej chwili, objął bardzo dużą przestrzeń w kopalni przede wszystkim dlatego, że do jego gaszenia przystąpiono z godzinnym opóźnieniem.

Poza tym w całej akcji dają się stwierdzić poważne niedociągnięcia, spośród których podkreślić należy prowadzenie akcji gaszenia przy niczym nie tamowanym dopływie powietrza do ognia oraz do wyrobisk, którymi płynęły gorące gazy pożarowe, co nie tylko przyczyniło się do szybkiego rozwoju pożaru, lecz nie jest wykluczone, że spowodowało również wtórne ogniska pożaru w chodniku pośrednim, w przecince nr 6 oraz w połowym chodniku wentylacyjnym. Nie zwrócono poza tym uwagi na możliwość rozprzestrzenienia się pożaru w kierunku i wzdłuż powierzchni ścian 1 i 2.

Przykład ten jest bardzo pouczający i dowodzi, że przy prowadzeniu aktywnej walki z pożarem konieczne jest zastosowanie wszelkich możliwych środków zdążających do okrażenia pożaru i niedopuszczenia do rozszerzania się jego w kierunku ruchu powietrza. Czynność ta ma szczególne znaczenie w przypadku pożarów w prądzie wznoszącym się, zaleca się stosować ją również i w wyrobiskach poziomych. Jeżeli natomiast chodzi o pożary nawet w silnym prądzie schodzącym, to nie mają one tendencji rozszerzania się w kierunku ruchu powietrza. Stąd właśnie wynika dodatkowa rola zmiany kierunku prądu przy bezpośrednim gaszeniu pożaru, który powstał w prądzie wznoszącym się.

Omówiony przykład jest doskonałym dowodem tego, że nawet bardzo duży pożar da się ugasić sposobem aktywnym, jeżeli kopalnia potrafi zlokalizować pożar, nie dopuścić do jego rozszerzenia się i jeżeli dysponuje dostateczną ilością środków gaśniczych. Sprawa jest znacznie ułatwiona, jeżeli do gaszenia przystępuje się niezwłocznie i jeżeli akcję gaszenia prowadzi się przy możliwie najmniejszym dopływie powietrza do ognia.

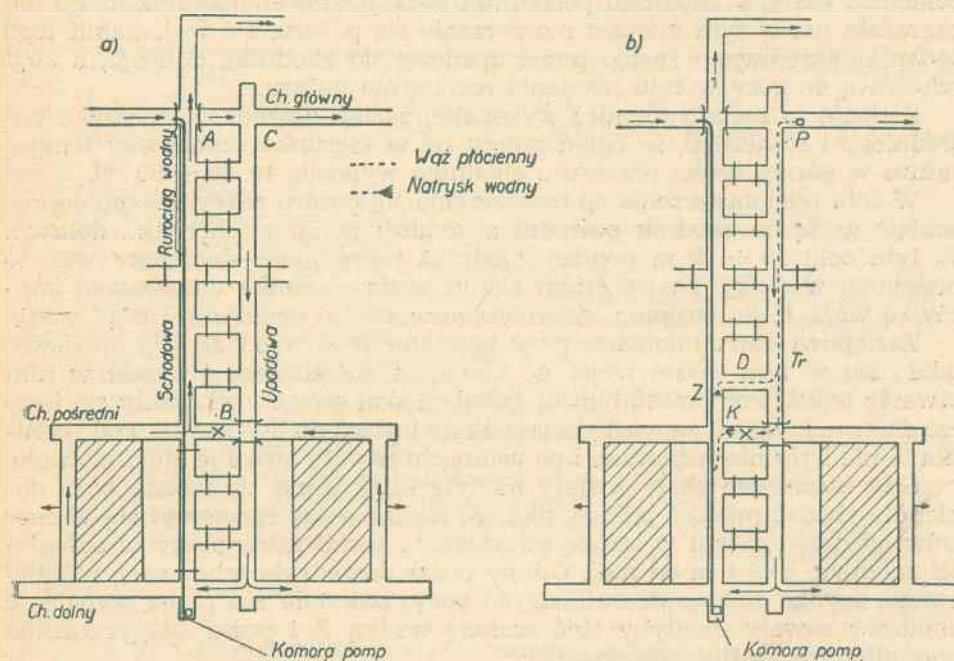
c. Przykład 3

W jednej z kopalń Zagłębia Donieckiego (rys. 153 a) zauważono w chodniku głównym wydzielanie się dymu przez drzwi mostu znajdującego się w schodowej w punkcie A. Ponieważ w warunkach normalnych raczej świeże powietrze powinno było płynąć przez nieszczelności tych drzwi z chodnika głównego do schodowej, przeto niezawodnie miało się tu do czynienia z odwróconym kierunkiem prądu przez drzwi, a więc i z depresją pożaru w schodowej poniżej chodnika głównego. Jeszcze przed przybyciem trzech zastępów ratowniczych wyprowadzono ludzi ze ścian, przy czym stwierdzono, że dym wydziela się również do upadowej w punkcie B spoza

drzwi mostu w chodniku pośrednim i że dojście do chodnika pośredniego bez aparatów nie jest możliwe.

Przybyłym zastępom ratowniczym zlecono następujące zadania:

- zastępowi I — wziąć 10 gaśnic, zejść upadową do chodnika pośredniego (punkt B), wejść za drzwi do chodnika pośredniego i schodowej, ustalić miejsce pożaru i przystąpić do jego gaszenia;
- zastępowi II — wejść z chodnika głównego do schodowej w punkcie A, zejść tą schodową do chodnika pośredniego i, jeżeli pożaru tu nie będzie, zbadać dolną część schodowej; przy napotkaniu pożaru przystąpić do gaszenia za pomocą gaśnic;
- zastępowi III — dostarczyć do upadowej (punkt C) ręczną pompę pożarową, urządzenia umożliwiające dołączenie się do sieci wodociągowej i 600 m węża płóciennego, po czym znajdować się w pogotowiu w chodniku głównym koło schodowej (punkt A).



Rys. 153. Przykład likwidacji pożaru sposobem okrążenia

Zastęp I zameldował, że stwierdził pożar w chodniku pośrednim między upadową i schodową, gdzie paliły się drzwi mostu, a dym wychodził na upadową i kierował się do góry w kierunku przeciwnym ruchowi powietrza. Palące się drzwi udało się ugasić za pomocą 10 gaśnic. W chodniku pośrednim słyszano trzask palącej się obudowy drewnianej; do ogniska pożaru poza drzwi nie udało się dojść z powodu wysokiej temperatury.

Zastęp II zakomunikował, że ze względu na wysoką temperaturę udało mu się przejść tylko około 100 m po schodowej, gdzie temperatura wynosiła już około 60 °C.

Na podstawie tych meldunków zarządzono, że zastęp I zejdzie z gaśnicami po upadowej do miejsca pożaru i nie dopuści do rozszerzania się jego na upadową, zastęp II zainstaluje pompę P (rys. 153 b) w ścieku chodnika głównego koło upadowej i doprowadzi wąż płócienny do miejsca pożaru, zastęp III będzie się znajdował w pogotowiu koło upadowej.

Zadania te wykonano i po upływie 30 min woda była doprowadzona do miejsca pożaru. Zalewanie wodą nie dało od razu dodatnich wyników, gdyż silne wydzielanie się pary zmusiło ratowników cofnąć się w upadowej na odległość $15 \div 20$ m powyżej chodnika pośredniego. W związku z tym wodę zaczęto doprowadzać z przerwami.

Zastęp III otrzymał polecenie zbadać przecinkę D (rys. 153 b) nad chodnikiem pośrednim łączącą upadową ze schodową. Jeżeli przecinką tą można dostać się do schodowej, należy przy przecince rozłączyć wąż, umieścić tu trójnik Tr, doprowadzić odnogę węża do schodowej i zainstalować tu zasłone wodną Z w celu niedopuszczenia do rozszerzania się ognia w górę schodowej.

Zadanie to wykonano, a równocześnie udało się stłumić ogień i nieco ochłodzić skały w chodniku pośrednim koło upadowej, wskutek czego nie zagrażało już w tym miejscu rozszerzanie się pożaru. Po wykonaniu tego zadania skierowano zastęp przez upadową do chodnika dolnego, a stąd schodową do góry w celu ustalenia rozmiarów pożaru.

Zadanie to zostało również wykonane: zastęp doszedł do chodnika pośredniego i stwierdził, że ogień szerzy się w kierunku schodowej; temperatura w górnej części przekroju chodnika wynosiła tu $80 \div 90^{\circ}\text{C}$.

W celu niedopuszczenia do rozszerzania się pożaru zdecydowano doprowadzić wodę na chodnik pośredni z komory pomp w chodniku dolnym. W tym celu $10 \div 15$ m poniżej chodnika pośredniego dołączono wąż do przewodu wodnego i po obfitym zlaniu wodą chodnika umocowano końcówkę węża K do stropnic, skierowując w stronę ognia silny prąd wody.

Zastępowi zatrudnionemu przy gaszeniu pożaru od strony upadowej udało się w tym czasie wejść do chodnika pośredniego i ugasić w nim otwarty ogień. Pod powstałym tu zawałem skał stropowych paliły się jeszcze drewno i węgiel, ze względu jednak na będącą do dyspozycji wodę ogniiska te nie były niebezpieczne i po usunięciu zawału łatwo je zlikwidowano.

Gdy otaczające skały zostały na tyle ochłodzone, że można było dokładnie zbadać miejsce pożaru, okazało się, że pożar rozszerzył się 12 metrów od drzwi mostu w stronę schodowej i został zatrzymany w odległości zaledwie $3 \div 4$ m od niej. Gdyby pożar doszedł do schodowej, mógłby bardzo szybko rozprzestrzenić się do góry, powstałe zaś przez wypalenie obudowy zawały mogłyby zbić zasłone wodną Z i pożar bez przeszkód szerzyłby się wzdłuż schodowej.

Jak z powyższego wynika, zawdzięczając sprawnej akcji poważny pożar został zlikwidowany w ciągu zaledwie 6 godzin przy zatrudnieniu stosunkowo małej liczby ratowników, niemniej jednak i w danym przypadku wskazane było prowadzenie akcji przy tamowaniu dopływu powietrza do ognia.

LITERATURA W JĘZYKU POLSKIM

Barczyk S.

- Odwracanie się głównego prądu powietrza przy pożarach we wznoszącym się prądzie, *Archiwum Górnictwa i Hutnictwa* nr 4, str. 489 (1954).
- Walka z pożarami taśm przenośnikowych, *Przegląd Górniczy* nr 5, str. 165 (1955).

Bogdanowicz K. i Granek E.

- Pożar w kopalni A, *Przegląd Górniczy* nr 12, str. 447 (1952).

Borecki M.

- Depresja pożaru w naświetleniu fizyko-chemicznym, *Przegląd Górniczy* nr 8, str. 265 (1953).
- O depresji pożaru, *Przegląd Górniczy* nr 9, str. 315 (1953).
- Termodynamika pożarów podziemnych, *Przegląd Górniczy* nr 12, str. 405 (1953).

Budryk W.

- Depresja cieplna, *Przegląd Górniczo-Hutniczy* nr 11—12 (1929).
- Naukowe zasady prowadzenia akcji przeciwpożarowej na kopalniach, *Przegląd Górniczo-Hutniczy* nr 1, 2, 3 (1930).
- Wybuchy w czasie pożarów w kopalniach, *Przegląd Górniczo-Hutniczy* (1930).
- Ruch gazów w szczelinach a pożary podziemne, *Przegląd Gór.-Hutn.* (1931).
- Nowe drogi określania stanu pożaru w przestrzeni otamowanej, *Przegląd Górniczy* nr 1—2, str. 29 (1945).
- Przewietrzanie kopalń, Katowice 1951.
- Skłonność węgla do samozapalenia w świetle najnowszych osiągnięć naukowych, *Przegląd Górniczy* nr 12, str. 443 (1952).
- Depresja pożaru i miejsca jej występowania, *Archiwum Górnictwa i Hutnictwa* nr 3—4, str. 239 (1953).
- Przepisy technicznej eksploatacji kopalń węgla w świetle niektórych wypadków pożarowych, *Przegląd Górniczy* nr 9, str. 297 (1954).
- Odwracanie się prądów powietrznych w czasie pożarów podziemnych i sposoby zapobiegania, *Archiwum Górnictwa i Hutnictwa* nr 2, str. 125 (1954).

Bystron H.

- Gaszenie podziemnych pól pożarowych, *Przegląd Górniczy* nr 6, str. 185 (1951).

Cabane

- Kilka słów o gaszeniu pożarów kopalnianych za pomocą szlamowania, *Przegląd Górniczo-Hutniczy* (1920).

Cihak K.

- *Ratownictwo górnicze*, Warszawa 1953.

Czczott H.

- Tamy, *Przegląd Górniczo-Hutniczy* (1909).
- Wyjątki z orzecznictwa w sprawie pożaru na kopalni Reden, *Przegląd Górniczo-Hutniczy* (1930).

Gibiński St.

- Wpływ kwasów huminowych na samozapalność węgla, *Prace GIG, Komunikat* 97 (1951).

Jabłocki W.

- Przyczynki do walki z zaognieniem kopalń w Polsce, *Przegląd Górniczy* nr 12, str. 893 (1947).
- Stan zaognienia eksploatowanych pokładów węgla Zagłębia Górnośląskiego w 1947 r., *Przegląd Górniczy* nr 3, str. 304 (1949).

- Juroff J.*
— Zamulanie w walce z ogniami węglowymi w kopalniach, *Przegląd Górniczo-Hutniczy* (1913).
- Kibler R. i Kowalczyk Z.*
— Odbudowa na zawał na kopalni Richter grubych pokładów skłonnych do samozapalenia, *Przegląd Górniczo-Hutniczy* nr 11, str. 575 (1935).
- Kondratowicz H.*
— *Górnictwo t. II.*, Warszawa 1919.
- Kornecki J.*
— Tłumienie trudnego pożaru kopalnianego, *Przegląd Górniczy* nr 5, str. 185 (1951).
- Krajewski B.*
— Pożar na kopalni Flora w grudniu r. 1923 i w styczniu r. 1924, *Przegląd Górniczo-Hutniczy* (1924).
- Krupiński B.*
— Pożar na kopalni Mortimer w czerwcu r. 1929, *Przegląd Górniczo-Hutniczy* (1930).
— Niektóre wytyczne projektowania kopalń z uwagi na zapobieganie pożarom podziemnym, *Przegląd Górniczy* nr 11, str. 390 (1955).
- Krzyżanowski J.*
— Tamy izolacyjne około-szybów i węzłowe. Tama przenośna Wagnera, *Przegląd Techniczny* (1897).
- Litwińszyn J.*
— Pomiary wydzielanego ciepła w kopalni węgla jako metoda oznaczania stanu samozagrzewania węgla, *Przegląd Górniczy* nr 7—8, str. 370 (1950).
— Prądy wsteczne w wyrobiskach, *Przegląd Górniczy* nr 6, str. 212 (1952).
- Mieczysławcy E. i A.*
— Zastosowanie termometrów alarmowych w górnictwie w walce z pożarami, *Technik* (1932).
- Olpiński W.*
— Analiza wyników masowych oznaczeń samozapalności węgla, *Prace GIG* nr 130 (1952).
— Zależność wzajemnego oddziaływania powietrza i węgla od temperatury, *Archiwum Górnictwa i Hutnictwa* nr 2, str. 191 (1954).
- Olpiński W., Gabryś P., Pawlikowski T. i Rozmus J.*
— Samozapalność węgla kamiennych, *Prace GIG* nr 139 (1953).
- Paulus S.*
— Zwalczanie pożarów w kopalniach węgla za pomocą zamulki szlaką kotłową, *Przegląd Górniczy* nr 3—4, str. 191 (1946).
- Pogoda W.*
— Budowa tam przeciwpożarowych, Katowice 1948.
- Praca zbiorowa*
— Pożary podziemne, Katowice 1947.
- Projekt instrukcji w sprawie dostarczania materiałów dotyczących pożarów podziemnych w kopalniach węgla, *Przegląd Górniczy* nr 5, str. 311 (1946).
- Schröetter T.*
— Pożar za obudową murową chodnika kopalnianego i jego analiza, *Przegląd Górniczo-Hutniczy* (1933).
- Sączyk K. i Juroff J.*
— *Ratownictwo górnicze*, Katowice 1931.
- Strusiewicz R.*
— Uwagi o przewietrzaniu pokładów węgla skłonnych do samozapalenia, *Przegląd Górniczo-Hutniczy* (1930).
- Świętosławski W. i Grochowski M.*
— O punktach zapłnienia miazgu węgla kamiennego ze złóż polskich, *Przegląd Górniczo-Hutniczy* (1931).
- Urban J.*
— Przykład zwalczania większego ognia kopalnianego wyłącznie za pomocą podsadki płynnej, *Przegląd Górniczo-Hutniczy* (1930).
— Organizacja robót ogniowych, *Technik* (1932).
— Ognie kopalniane spowodowane ciśnieniami, *Przegląd Górniczo-Hutniczy* (1933).

- Otwieranie zaognionych pól, Technik (1933).
- Zalewanie ogni kopalnianych wodą i podsadzką płynną, Technik (1933).
- O gazach ogniowych, Technik (1934).

Włodimirski W. W.

- Odwracanie prądu powietrza w kopalniach gazowych, Przegląd Górniczy nr 6, str. 232 (1953).

Zalewski F.

- Pożar w kopalni Koszelew Towarzystwa Francusko-Włoskiego Dąbrowskich Kopalń Węgla 12. VIII. 1914, Przegląd Górniczo-Hutniczy (1916—17).

Zalachowski W.

- Graficzna metoda oznaczania granic zapłonu gazów pożarowych, Przegląd Górniczo-Hutniczy nr 12, str. 889 (1947).
- Ciekawa przyczyna pożaru kopalnianego, Przegląd Górniczo-Hutniczy (1930).

J. Z.

- Radykalny sposób zwalczania pożarów pod ziemią, Przegląd Górniczo-Hutniczy (1927).

WAŻNIEJSZA LITERATURA W JĘZYKU ROSYJSKIM

- Benuni A. Ch.*
— Podziemne pożary na kółczedannych rudnikach i borba s nimi, ONTI 1936.
- Bykow L. N.*
— Rudniczne pożary, Ugletiechizdat 1953.
- Bykow L. N. i Winogradowa T.*
— K woprosu raspoznawania opasnoj zony okislitielnych processow w kółczedannych rudnikach, Izw. A. N. ZSRR, Otd. Tiechn. Nauk nr 6, str. 364 (1944).
- Chodot W. W.*
— Gornospasatielnoje dzieło, Ugletiechizdat 1951.
- Jeremienko M. P. i Szapowałow I. F.*
— Kamiery-ubieżyszczaja dla ugodnych szacht, Woprosy gornospasatielnogo dzieła, t. III, Ugletiechizdat 1950.
- Majewska W. M.*
— Klassifikacija ugodnych plastow po stiepeni skłonnosti ich k samowozgoraniu, Biul. Mak NII, nr 17, str. 20 (1948).
— Osnownyje pokazateli stiepeni skłonnosti ugla k samowozgoraniu, Biul. Mak NII nr 16, str. 66 (1947).
- Manukian P. A.*
— Podziemne pożary w ugodnych szachtach, Ugletiechizdat 1947.
- Michiejew G. F.*
— Obnarużenie samowozgorania ugla na ranniej stadii, Ugletiechizdat 1951.
- Ogijewski W. M.*
— Raspoznawanie priznakow naczynajuszczichsia požarow w miednokółczedannych rudnikach, Tiermometricheskie metody, GONTI 1939.
- Orleańska G. L.*
— Okislenie kak faktor samowozgorania uglej, Izw. A. N. ZSRR, Otd. Tiechn. Nauk nr 7, str. 1071 (1950).
— Obnarużenie oczagow samowozgorania ugla w szachtach, Izw. A. N. ZSRR, Otd. Tiechn. Nauk nr 6 (1952).
- Pieczuk I. M. i Majewska W. M.*
— Endogennyje pożary w donieckim bassiejnie, Ugletiechizdat 1954.
- Skoczyński A. A. i Makarow S. Z.*
— Issledowania w oblasti primienienia antipirogenów, A. N. ZSRR, 1947.
- Skoczyński A. A. i Ogijewski W. M.*
— Rudniczne pożary, Ugletiechizdat 1954.
- Sobolew G. G.*
— Organizacija gornospasatielnych rabot w szachtach, Ugletiechizdat 1952.
- Tierpigorew A. N. (pod red.)*
— Rudnicznaja aerologia, Ugletiechizdat 1949.
- Weselowski W. S. i Orleańska G. L.*
— Raspoznawanie naczalnoj stadii okislenia kamiennych uglej, Izw. A. N. ZSRR, Otd. Tiechn. Nauk nr 7 (1951).
— Obnarużenie požarnych oczagow, woznikajuszczich w szachtach, Ugol nr 2 (1953).
- Weselowski W. S. i Tierpogosowa E. A.*
— Tierpiertura wozgorania uglej kak pokazateli skłonnosti ich k samowozgoraniu, Izw. A. N. ZSRR, Otd. Tiechn. Nauk nr 8, str. 1204 (1950).

SKOROWIDZ NAZWISK

- | | |
|-------------------------|--------------------------------------|
| Aron 91, 107 | Makarow 23, 65 |
| Barczyk 100, 101 | Makgill 23 |
| Benuni 32 | Manukian 27 |
| Berzellius 16 | Mijagawa 32 |
| Briggs 25 | Ogijewski 31, 169, 196 |
| Budryk 73, 75, 172, 177 | Ohnesorge 22 |
| Bykow 32, 65 | Olpiński 18, 70 |
| Byrne 23 | Oreszko 17 |
| Bystron 183, 185 | Orleańska 20, 68 |
| Czeczott 7 | Parr 16, 17, 22, 23, 33 |
| Davis 23, 29 | Plott 16 |
| Demanet 168 | Potter 16 |
| Dering 17 | Richters 17, 22, 23 |
| Diemin 34, 65 | Schmidt 108 |
| Erdmann 17, 18 | Simkin 16, 22 |
| Fayol 107 | Sinkinson 17 |
| Fischer 17 | Skoczyński 7, 23, 31, 65, 169, 196 |
| Graham 22, 69 | Sobolew 202, 209 |
| Grochowski 19 | Spitzer 113, 114 |
| Haberman 17 | Stopes 22 |
| Haldane 23 | Storow 69 |
| Hill 33 | Strusiewicz 59 |
| Jermuzewicz 157 | Szysow 32 |
| Jones 69 | Świętosławski 19 |
| Kibler 62 | Tronow 17 |
| Kornecki 143 | Turner 17 |
| Kowalczyk 62 | Urban 19, 30, 36, 109, 111, 117, 187 |
| Kreulen 17 | Wagner 162 |
| Lampow 33 | Weselowski 20, 68 |
| Lange 22 | Wheeler 17, 22 |
| Lie 23, 33 | Wild 16, 22 |
| Litwiniszyn 104 | Winogradowa 65 |
| Maciejasz 22, 69 | |
| Macpherson 16, 22 | |
| Majewska 20 | |

SKOROWIDZ RZECZOWY

- Aktywne metody gaszenia 144, 206
 Antypirogeny 48, 64, 65, 152, 190
 Aparaty ucieczkowe 195
 Bakteryjna teoria samozapalenia 16
 Baza ratownicza 205
 Bocznica gasząca 183
 Cementowanie szczelin 47, 152
 Cofanie się dymów 100
 Cyrkulacja 104
 Depresja pożaru 73, 80, 172
 Depresji zmniejszenie 48, 181
 Dysocja pary 148
 Egzogeniczne pożary 11, 12, 39
 Eksploatacja pokładów skłonnych do samozapalenia 57
 Elektryczne urządzenia jako przyczyna pożarów 13, 40
 Endogeniczne pożary 11, 16, 31, 67
 Gaszenie pożarów 144
 Gaśnice 152
 Gaz wodny 148
 Gazy obojętne 155
 Grubość pokładu 24, 33
 Hamowanie procesów utleniania 48, 64
 Izolowanie pożaru 144, 158
 Kategorie pożarów podziemnych 83
 Kierunek depresji 82, 83
 Kierunek prądu prosty i odwrócony 81
 Kombinowane metody gaszenia 144
 Korki podsadzkowe 165
 Kwasowość wód 32
 Mechaniczne urządzenia jako przyczyna pożarów 14
 Miejsce pożaru 118
 Nadzór nad tamami 170
 Nieostrożne obchodzenie się z ogniem 13
 Niezależny prąd 135
 Obserwacyjna służba 118
 Obudowy drewnianej pożary 34
 Odszukanie miejsca pożaru 118
 Odwrócenie prądów 72, 81, 99, 108
 Ogień otwarty 68, 72
 Opyłanie pyłem kamiennym 170
 Organizacja akcji przeciwpożarowej 194, 204
 Otomowanie 158
 Otwieranie pól pożarowych 186
 Para wodna 148, 152, 156
 Petrograficzny skład węgla 22
 Piasek 150
 Piryty 22
 Pirytowa teoria samozapalenia 16
 Plan operacyjny 194, 203
 Plan wstępny 194, 202
 Planowanie akcji przeciwpożarowej 194
 Pociągi przeciwpożarowe 196
 Podebranie pokładu 28, 58
 Podpalenie 13
 Podsadzka plynna 150
 Powstawanie pożarów 11
 Pożary w caliznie węglowej 30, 44
 Pożary w kopalniach gazowych 146, 157, 168, 169, 188, 202
 Pożary w kopalniach parytu 31, 62, 189
 Pożary w miejscach nagromadzenia mialu 30, 43
 Pożary w prądzie schodzącym 92, 120, 124, 129, 132, 200
 Pożary w prądzie wznoszącym się 84, 119, 122, 128, 130, 199
 Pożary w starych zrobach 30, 40
 Pożary zwalów 190
 Prąd boczny 82
 Prąd główny 82
 Prędkość wybierania węgla 28, 61
 Prędkość wybierania złoża parytu 63
 Prężność gazów za tamami 177
 Przebieg pożarów 11
 Przewietrzanie — wpływ na powstawanie i zwalczanie pożarów 29, 135
 Przyśpieszenie gaszenia pól 181
 Pył kamienny 150, 170
 Racjonalny system przewietrzania 135
 Rejon wentylacyjny 139
 Respiracyjny współczynnik 70
 Rozpalanie się ogniska pożaru 68, 71
 Samozagrzewanie 68, 69, 118
 Samozapalenie rud siarczkowych 31
 Samozapalenie węgla 11, 17
 Schemat pożarowy 81, 198
 Schemat wentylacyjny 80, 135, 197
 Schrony 195, 199
 Składy przeciwpożarowe 196
 Skłonność węgla do samozapalenia 19
 Stabilizacja prądów 127, 199
 Stan pożaru w przestrzeni otamowanej 171
 Strefa zabezpieczona 131
 Strefa zagrożenia pożarowego 201
 Strzała pożarna 149
 Strzelnicze roboty jako przyczyna pożarów 15, 40
 Sygnalizacja 198
 System eksploatacji 25, 57

- System racjonalny przewietrzania 135
 Taktyka akcji gaszenia 194, 205
 Tamy bezpieczeństwa 121, 134, 139
 Tamy deskowe 162
 Tamy gaszące 183
 Tamy grupowe 139
 Tamy izolacyjne 121, 161
 Tamy kłocowe 165
 Tamy — kolejność zamykania 167
 Tamy murowane 164
 Tamy ogniowe (ostateczne) 164
 Tamy płóciennne 161
 Tamy polowe 139
 Tamy pomocnicze 122, 129
 Tamy przenośne Wagnera 162
 Tamy regulacyjne 142
 Tamy rejonowe 139
 Tamy stabilizacyjne 121, 128
 Tamy tymczasowe 161
 Tamy wlotowe 167
 Tamy — wybór miejsca 159
 Tamy wylotowe 167
 Tamy zapasowe 161
 Tamy zasadnicze 122, 124, 129
 Tamy z gliny 163, 165
 Tamy z płyt betonowych 162
 Tamy z podsadzki 165
 Tamy z waty szklanej 163
 Tamy z worków 162
 Temperatura gazów pożarowych 78
 Ucieczkowe drogi 198
 Usunięcie zadymienia 121, 143
 Utlenienie jako przyczyna samozapale-
 nia 16, 17, 31
 Wentylatora praca w czasie pożaru 115
 Wentylatora zatrzymanie 38, 40, 108,
 200
 Wilgoć 23
 Woda 147
 Woda — wtłaczanie do calizny 149
 Wodociągowa sieć 148, 196
 Wsteczne prądy 104
 Wtórne ogniska 35, 130
 Wybieranie ogniska 35, 130
 Wybuchy gazów pożarowych 37, 72, 106,
 169, 172, 186
 Wybuchy gazu lub pyłu jako przyczyna
 pożarów 14
 Wykrywanie ognisk pożarowych 68
 Wymiary pola 28
 Wywiadowcza akcja 204
 Zabezpieczenie ludzi 198
 Zabezpieczenie przed zadymieniem 127,
 199
 Zadymienie kopalni 72, 121, 123, 127
 Zagazowanie kopalni 72, 112, 171
 Zaiłowanie 41, 151, 190
 Zamulanie profilaktyczne 28, 41, 64, 65
 Zamulanie szczelin 47, 151
 Zapobieganie pożarom 39, 62
 Zastony wodne 149, 207
 Zatopienie kopalni 149
 Zgniecenie pokładu 24
 Zwałów pożary 190
 Zwęglenie obudowy jako przyczyna
 pożarów piritowych 32

CENA ZŁ 23,30

100

045011/133

35 00

[XI]

W. Budryk: POŻARY PODZIEMNE

