ZESZYTY
NAUKOWE
POLITECHNIKI
ŚLĄSKIEJ

ALFONS KRAWIEC

ZWALCZANIE TĄPAŃ METODAMI STRZELAŃ WSTRZĄSOWYCH

GÓRNICTWO

Z. 207
GLIWICE
1993

POLITECHNIKA ŚLĄSKA

ZESZYTY NAUKOWE

Nr 1188

ALFONS KRAWIEC

ZWALCZANIE TĄPAŃ METODAMI STRZELAŃ WSTRZĄSOWYCH

GLIWICE 1993

OPINIODAWCY

Prof. zw. dr hab. inż. Henryk Filcek
Prof. zw. dr hab. inż. Stanisław Małoszewski

KOLEGIUM REDAKCYJNE

REDAKTOR NACZELNY — Prof. dr hab. inż. Jan Bandrowski
REDAKTOR DZIAŁU — Prof. dr hab. inż. Walery Szuścik
SEKRETARZ REDAKCJI — Mgr Elżbieta Leśko

REDAKCJA
Mgr Kazimiera Rymarz

REDAKCJA TECHNICZNA
Alicja Nowacka

Wydano za zgodą
Rektora Politechniki Śląskiej

PL ISSN 0372-9508

Wydawnictwo Politechniki Śląskiej
ul. Kujawska 3, 44-100 Gliwice

Nakł. 150+83 Ark. wyd. 9 Ark. druk. 7 Papier offset. kl. III 70x100, 80 g
Oddano do druku 20.01.93 Podpis. do druku 20.01.93 Druk ukończ. w lutym 1993
Zam. 44/93 Cena zł 12.600,—

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

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP 11
2. KIERUNKI ZWALCZANIA ZAGROŻENIA TĄPANIAMI 13
   2.1. Tematyka badawcza 13
   2.2. Profilaktyka górnicza 13
   2.3. Ocena i prognozowanie stanu górotworu 14
   2.4. Metody aktywne 15
3. SPOSOBY ZWALCZANIA ZAGROŻENIA TĄPANIAMI METODAMI AKTYWNYMI 17
   3.1. Zasady i kryteria doboru oraz stosowania metod aktywnych 18
   3.2. Znaczenie i zadania wierceń dołowych w aktywnym zwalczaniu tąpań 22
4. ZWALCZANIE ZAGROŻENIA TĄPANIAMI ZA POMOCĄ STRZELAŃ WSTRZĄSOWYCH 25
   4.1. Geneza i przydatność oraz zakres stosowania 26
   4.2. Systematyka 27
      4.2.1. Strzelania wstrząsowo-odprężające 28
      4.2.2. Strzelania wstrząsowo-urabiające 35
      4.2.3. Strzelania wstrząsowo-odprężająco-urabiające 41
      4.2.4. Torpedowanie stropów i spągów 47
   4.3. Próba ilościowego określenia efektywności strzelań wstrząsowych w aspekcie zwalczania zagrożenia tąpaniami 51
   4.4. Istota i mechanizm strzelań wstrząsowych w aspekcie zwalczania zagrożenia tąpaniami 53
      4.4.1. Nowe zasady i kryteria doboru optymalnych parametrów strzelań wstrząsowych w aspekcie zwalczania tąpań według autora 55
5. SZCZELINOWATOŚĆ GÓROTWORU 62
   5.1. Szczelinowatość naturalna (pierwotna) 63
   5.2. Szczelinowatość wtórna 63

6. AKTUALNY STAN I MOŻLIWOŚCI TECHNICZNE SZCZELINOWANIA GÓROTWORU W ASPEKCIE ZWALCZANIA ZAGROŻENIA TĄPANIAMI ORAZ POTRZEBY RUCHOWE KOPALŃ W TYM ZAKRESIE 66
7. POGLĄDY AUTORA NA ZAGADNIENIE SZCZELINOWANIA GÓROTWORU ROBOTAMI STRZELNICZYMI 68
7.1. Problematyka badań podstawowych i stosowanych w aspekcie zwalczania naturalnych zagrożeń górniczych 71
7.2. Problematyka badań w aspekcie zwalczania zagrożenia metanowego 73
7.2.1. Metoda i metodyka 73
7.2.2. Tematyka badawcza 76
7.3. Problematyka badań w aspekcie zwalczania zagrożenia pyłowego, poprawy urabialności i wypadu grubych sortymentów węgla 78
7.3.1. Metoda i metodyka 79
7.3.2. Tematyka badawcza 83
7.4. Problematyka badań w aspekcie zwalczania zagrożenia tąpaniami 84
7.4.1. Metoda i metodyka 85
7.4.2. Tematyka badawcza 86
8. WNIOSKI 88
LITERATURA 93
STRESZCZENIA 104

CONTENTS

1. INTRODUCTION 11
2. WAYS OF COMBATING ROCK BURSTS HAZARD 13
   2.1. Research subject 13
   2.2. Mining preventive measures 13
   2.3. Evaluation and prediction of the state of the rock body 14
   2.4. Active methods 15
3. WAYS OF COMBATING ROCK BURSTS HAZARDS BY ACTIVE METHODS 17
   3.1. Principles and criteria for selection and application of active methods 18
   3.2. Importance and purpose of underground drillings in active combating of rock bursts 22
4. COMBATING THE ROCK BURSTS HAZARD MAKING USE OF CONCUSSION SHOTFIRING 25
   4.1. Origin and suitability and also range of application 26
   4.2. Systematic ordering 27
      4.2.1. Concussion-destressing shotfiring 28
      4.2.2. Concussion-winning shotfiring 35
      4.2.3. Concussion-destressing-winning shotfiring .. 41
      4.2.4. Torpedo shooting of roofs and floors 47
   4.3. Attempt at quantitative determination of effectiveness of concussion shotfiring from the aspect of combating rock bursts hazards 51
   4.4. Mode and mechanism of concussion shotfiring from the aspect of combating rock bursts according to the author's concept 53
      4.4.1. New principles and criteria for selection of optimum concussion shotfiring parameters from the aspect of combating rock bursts, according to the author 55

5. STATE OF FISSURING OF THE ROCK BODY 62
5.1. Primary fissuring 63
5.2. Secondary fissuring 63
6. CURRENT STATE AND TECHNICAL FEASIBILITY OF FISSURING THE ROCK BODY FROM THE ASPECT OF COMBATING THE ROCK BURSTS HAZARD AND THE PRODUCTION NEEDS OF THE MINES IN THIS AREA 66
7. THE AUTHOR'S VIEWS ON THE SUBJECT OF FISSURING THE ROCK BODY BY SHOTFIRING 68
7.1. Problem matter dealt with in basic and applied research from the aspect of combating natural mining hazards 71
7.2. Research problems in the combating of the methane hazard 73
7.2.1. Method and method procedure 73
7.2.2. Research subject 76
7.3. Research problems in the matter of combating dust hazards, improving workability and yield of larger coal grades 78
7.3.1. Method and method procedure 79
7.3.2. Research subject 83
7.4. Research problems in the matter of combating rock bursts hazards 84
7.4.1. Method and method procedure 85
7.4.2. Research subject 86
8. CONCLUSIONS 88
BIBLIOGRAPHY 93
SUMMARY 107

СОДЕРЖАНИЕ

1. ВСТУПЛЕНИЕ.....11
2. ПУТИ БОРЬБЫ С ГОРНЫМИ УДАРАМИ 13
2.1. Тематика исследований 13
2.2. Горная профилактика 13
2.3. Оценка и прогнозирование состояния горного массива..14
2.4. Активные методы 15
3. АКТИВНЫЕ МЕТОДЫ БОРЬБЫ С ГОРНЫМИ УДАРАМИ 17
3.1. Принципы, критерии выбора и использование активных методов 18
3.2. Значение и предназначение подземного бурения при использовании активных методов борьбы с горными ударами 22
4. БОРЬБА С ГОРНЫМИ УДАРАМИ ПРИ ПОМОЩИ СОТРЯСАТЕЛЬНОГО ВЗРЫВАНИЯ 25
4.1. Происхождение, пригодность и область использования..26
4.2. Систематика 27
4.2.1. Сотрясательно-разгрузочное взрывание 28
4.2.2. Сотрясательно-отбойное взрывание 35
4.2.3. Сотрясательно-разгрузочно-отбойное взрывание 41
4.2.4. Торпедирование кровли и почвы 47

4.3. Попытка количественного анализа эффективности использования сотрясательного взрывания в борьбе с горными ударами.....51

4.4. Суждение автора относительно сущности и физики действия сотрясательных взрывов в аспекте борьбы с горными ударами 53

4.4.1. Новые принципы и критерии оптимизации сотрясательных взрывов в борьбе с горными ударами 55

5. ТРЕЩИНОВАТОСТЬ ГОРНОГО МАССИВА 62

5.1. Первичная трещиноватость 63

5.2. Вторичная трещиноватость 63

6. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОТЖИМА ГОРНОГО МАССИВА В АСПЕКТЕ ПРЕОДОЛЕВАНИЯ УДАРООПАСНОСТИ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПОТРЕБНОСТИ ШАХТ В ЭТОЙ ОБЛАСТИ 66

7. СУЖДЕНИЕ АВТОРА ОТНОСИТЕЛЬНО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ РАЗГРУЗКИ ГОРНОГО МАССИВА С ПОМОЩЬЮ ВЗРЫВАНИЯ 68

7.1. Проблематика основных и прикладных исследований в аспекте борьбы с природными опасностями 71

7.2. Проблематика исследований в аспекте борьбы со взрывом метана.....73

7.2.1. Метод и методика 73

7.2.2. Тематика исследований 76

7.3. Проблематика исследований в аспекте борьбы с запыленностью, повышения разрушаемости и выхода крупных сортов угля 78

7.3.1. Метод и методика 79

7.3.2. Тематика исследований 83

7.4. Проблематика исследований в области борьбы с горными ударами 84

7.4.1. Метод и методика.....85

7.4.2. Тематика исследований 86

8. ВЫВОДЫ 88

ЛИТЕРАТУРА 93

РЕЗЮМЕ.....110

WSTĘP

Zagrożenie tąpaniami jest jednym z najpoważniejszych naturalnych zagrożeń górniczych występujących w kopalniach. W połączeniu z zagrożeniem wybuchu metanu i pyłu węglowego należy do szczególnie groźnych zjawisk górniczych [81,145].

Mimo niewątpliwych i poważnych osiągnięć nauki, techniki i praktyki górniczej zagrożenie to, jak dotychczas, nie zostało jeszcze należycie rozeznane i opanowane. W latach powojennych w polskim górnictwie węglowym, dzięki wytężonej i wielokierunkowej działalności, zanotowano poważny spadek liczby tąpań i ich skutków, zwłaszcza w stosunku do lat 50. i 60. oraz w przeliczeniu na tony dobowego wydobycia [65, 66, 67]. W liczbach względnych natomiast odnotować trzeba zwłaszcza w ostatnich latach duży spadek liczby tąpań w ścianach (ok. 10%,ogólnej liczby zaistniałych tąpnięć),przy jednoczesnym ogromnym wzroście ich występowania w chodnikach (ok. 90%) [98].

Spadku tego jednak nie należy utożsamiać z obniżeniem stanu zagrożenia tąpaniami. Przeciwnie, trzeba z całym naciskiem podkreślić, że potencjalne zagrożenie tąpaniami w naszych kopalniach węgla istnieje nadal i ma tendencję wzrastającą.

Wynika to głównie z własności mechanicznych górotworu naszego zagłębia węglowego oraz jego złożonej budowy geologiczno-tektonicznej, bogato wykształconej, jak również zaszłości eksploatacyjnych ubiegłych okresów działalności górniczej.

Ponadto wzrost zagrożenia tąpaniami spowodowany jest również, a może przede wszystkim, schodzeniem z eksploatacją na coraz większe głębokości i w trudniejsze warunki geologiczno-górnicze oraz sięganiem po złoże uwięzione w różnego rodzaju filarach i innych resztkach pokładów otoczonych zrobami. Tąpania przede wszystkim występują tam, gdzie powstałe wskutek prowadzenia eksploatacji nadmierna koncentracja naprężeń i stan krytycznego wytężenia górotworu w sąsiedztwie wyrobisk górniczych powodują gwałtowny, dyna-

miczny rozpad skał, a także załamania lub pękania grubych, niejednokrotnie mocnych i sztywnych warstw zalegających nad (częściej) lub pod (rzadziej) wybieranymi pokładami. Następstwem tąpań jest wzrost wypadków w górnictwie i znaczne straty materialne w postaci zniszczonych maszyn i urządzeń, wyrobisk górniczych i obudowy oraz wynikłe z zaburzeń w ruchu kopalnianym.

Czasem zdarzają się też przypadki zaniechania wybierania części zagrożonego złoża, co pociąga za sobą straty w wydobyciu i konieczność przygotowania frontu zastępczego. Częstokroć utrudnia to lub uniemożliwia prowadzenie eksploatacji w kolejnych warstwach lub pokładach.

W latach powojennych, a zwłaszcza w ostatnich latach w naszym przemyśle węglowym coraz częstsze niestety są przypadki równoczesnego potencjalnego występowania i wzajemnego nakładania się trzech podstawowych naturalnych zagrożeń górniczych, tj. zagrożenia tąpaniami, metanowego i pyłowego.

Przykładem tego może być Kopalnia "Anna", gdzie 7.11.1974 r. po zaistniałym tąpnięciu w pokładzie 630 wystąpiło wtórne zjawisko wybuchu metanu połączone z wybuchem pyłu węglowego, który objął swym zasięgiem większą część obszaru oddziału produkcyjnego. Tylko szczęśliwemu zbiegowi okoliczności należy zawdzięczać, że przy praktycznym nałożeniu się w tej kopalni trzech ww. zagrożeń nie doszło do katastrofy górniczej o dużych rozmiarach. Dlatego też zagadnienie opanowania występujących, zwłaszcza równocześnie, zagrożeń górniczych tak, aby można było zapobiec występowaniu i nakładaniu się ich, jest kapitalnym problemem do rozwiązania od zaraz [81, 145]. Stąd też zachodzi pilna potrzeba pełnej mobilizacji nauki i praktyki górniczej w celu intensyfikacji prac i działań mających sprostać wymogom i potrzebom ruchu kopalń w tym zakresie.

W problematyce zwalczania tąpań można zaobserwować - mówiąc z pewnym uproszczeniem - dwa przeciwstawne trendy, idące w parze ze sobą. Są to: trend potencjalnego narastania zagrożenia tąpaniami oraz trend wzrastającego kompleksowego jego zwalczania. Chodzi jednak o to, aby trend ostatni, pozytywny, wyprzedzał trend pierwszy, negatywny.

Postęp w problematyce zwalczania tąpań powinien następować szybciej niż potencjalne narastanie omawianego zagrożenia [75].

2. KIERUNKI ZWALCZANIA ZAGROŻENIA TĄPANIAMI

Dotychczasowe prace naukowo-badawcze, techniczno-organizacyjne i obserwacje praktyczne prowadzone w zakresie zwalczania tąpań doprowadziły - można by umownie powiedzieć - do wypracowania czterech zasadniczych kierunków działalności w zakresie zwalczania tąpań, a mianowicie [65, 66, 67, 75, 78]:

- prowadzenie i rozwiązywanie właściwej tematyki badawczej,
- stosowanie profilaktyki górniczej,
- ocena i prognozowanie stanu górotworu oraz
- stosowanie metod aktywnych.

2.1. TEMATYKA BADAWCZA

Należy rozwijać prowadzenie dalszych badań naukowych w zakresie poznania istoty i mechanizmu oraz przyczyn i przebiegu tąpań w oparciu o badania nauk podstawowych, jak i stosowanych, teoretycznych, jak i laboratoryjnych, techniczno-organizacyjnych,a także na podstawie praktycznych obserwacji ruchowych prowadzonych bezpośrednio w kopalniach. Dalsze zbliżanie się do prawdy o istocie i mechaniźmie tąpań pozwoli na skuteczniejszy dobór środków profilaktyki przeciwtąpaniowej, poprawi ocenę stanu górotworu, a co za tym idzie, ocenę skuteczności i kontroli zastosowanych metod prewencyjnych i aktywnych zwalczania tąpań.

2.2. PROFILAKTYKA GÓRNICZA

Stosowanie właściwej profilaktyki górniczej w najszerszym tego słowa znaczeniu, sprawdzonej i wypróbowanej w danych warunkach oraz jej ciągłe udoskonalanie i pogłębianie jest podstawowym wymogiem opanowania tąpań. Chodzi tu głównie o prawidłowe projektowanie kopalń, poziomów i pięter oraz wszelkich robót górniczych i technologii ich prowadzenia tak, aby czasoprzestrzenny układ

frontów eksploatacyjnych i wyrobisk górniczych nie wytwarzał stref koncentracji naprężeń i krytycznego wytężenia górotworu, a odwrotnie - rozładował je, tam gdzie zostały już wytworzone z naturalnych lub górniczych względnie razem wziętych przyczyn powstawania tąpań [65, 91, 92].

W szczególności przy projektowaniu i prowadzeniu eksploatacji pokładów powinny być stosowane najbardziej skuteczne i wypróbowane górnicze sposoby zwalczania tąpań i ich skutków, jak np.: zasada odprężania górotworu, kolejność wybierania pokładów i warstw w pokładach, właściwego kierunku i porządku wybierania pokładów, pięter i poziomów, czyste wybieranie i prawidłowe rozcięcie złoża, wprowadzenie do ścian obudów zmechanizowanych wszędzie tam, gdzie to jest konieczne, zaś do wyrobisk korytarzowych właściwie dobranych obudów "V" odpowiednio zagęszczonych i w razie potrzeby odpowiednio wzmocnionych [74, 90, 91, 100] itp.

Idzie w gruncie rzeczy o stosowanie metody kompleksowego zwalczania tąpań, w tym o wprowadzenie w sytuacjach górniczych trudnych i złożonych, a technicznie możliwych i uzasadnionych, dalszej częściowej, a następnie kompleksowej mechanizacji i automatyzacji procesu wybierania pokładów tąpiących ograniczających, a nawet eliminujących ludzi z zagrożonych przodków i rejonów górniczych. W tym przypadku czynności człowieka ograniczają się do transportu i zabudowania lub wybudowania maszyn i urządzeń, ich konserwacji oraz zdalnego sterowania nimi. Zdalne sterowanie zaś oraz obserwacja pracy maszyn i urządzeń, jak również poszczególnych faz procesu produkcyjnego odbywać się będzie spoza strefy zagrożenia tąpaniami [100, 133].

2.3. OCENA I PROGNOZOWANIE STANU GÓROTWORU

W tym kierunku działalności chodzi o prognozowanie stanu zagrożenia tąpaniami oraz ocenę stanu górotworu w sensie określania stref koncentracji naprężeń i największego wytężenia górotworu, bieżącą ocenę i kontrolę stanu górotworu w tych strefach szczególnego zagrożenia tąpaniami, narastania lub zmniejszania się zagrożenia w nich, jak również ocenę i kontrolę skuteczności zastosowanych środków profilaktyki przeciwtąpaniowej w szerokim tego

słowa znaczeniu. Jednak należy tu wyraźnie podkreślić, że niezawodna prognoza stanu zagrożenia tąpaniami, a tym bardziej prognoza tąpań w sensie miejsca i czasu do dziś nigdzie na świecie nie jest rozwiązana [65, 67, 75].

Stąd też badania te wymagać będą nie tylko dalszego rozwoju i doskonalenia już istniejących, ale również opracowania nowych metodologii i aparatur kontrolno-pomiarowych w zakresie określania stanu górotworu, tj. jego wytrzymałości w warunkach in situ, stanu przemieszczania i odkształcania, naprężenia, wytężenia, szczelinowatości, zruszenia i spękania i innych nieciągłości, energii właściwej, już zakumulowanej i całkowitej zdolności zakumulowania właściwej krytycznej energii sprężystej i innych danych charakteryzujących górotwór.

Wymagać to będzie między innymi rozszerzenia badań geofizycznych, geomechanicznych i górniczych oraz wykorzystania elektronicznej techniki obliczeniowej do automatycznego przetwarzania danych, zwłaszcza z obserwacji geofizycznych. Badania te powinny doprowadzić do wypracowania zasad interpretacji i bieżącego wykorzystywania otrzymywanych wyników pomiarowych w odniesieniu do lokalnych warunków kopalni. Brak tych zasad i trudności ich opracowania na obecnym etapie rozwoju nauki górniczej powodują, że nie zawsze uzyskuje się właściwy pogląd i ocenę stanu zagrożenia, zwłaszcza przy tąpaniach stropowych.

Postęp w tej dziedzinie jest niezmiernie ważny, gdyż limituje on dalszy postęp we wszystkich innych kierunkach działalności w zakresie zwalczania tąpań, o których mowa w przedmiotowym opracowaniu.

2.4. METODY AKTYWNE

Zwalczanie tąpań metodami aktywnymi, tj. metodami techniki strzelniczej, nawadniania górotworu oraz rozwiercania pokładów otworami wiertniczymi stosujemy w cstateczności w sytuacjach geologiczno-górniczych i techniczno-ruchowych, w których nie ma żadnych możliwości zastosowania metod górniczych rozładowania krytycznego stanu naprężeń i wytężenia górotworu, tj. jego odprężenia poprzez wybranie warstwy lub pokładu odprężającego nie

zagrożonego lub mniej zagrożonego tąpaniami [68, 69, 70, 71, 72, 133, 134, 135].

Te cztery zasadnicze i umowne kierunki działania w zakresie opanowania tąpań nie posiadają wyraźnej granicy podziału.Wprost przeciwnie - wzajemnie się zazębiają i uzupełniają oraz razem wzięte stanowią zamkniętą całość kompleksowego programu opanowania tąpań. W tym sensie wszystkie wymienione kierunki działania są ważne i aktualne i jako takie powinny być stale i konsekwentnie rozwijane i doskonalone w oparciu o najnowsze osiągnięcia nauki i techniki górniczej w tym zakresie.

W szczególności dotyczy to kierunku zwalczania tąpań metodami aktywnymi (strzelanie wstrząsowe, nawadnianie górotworu, rozwiercanie pokładów otworami wiertniczymi, torpedowanie stropów i spągów) stosowanymi w sytuacjach, w których zagrożenie z takich czy innych przyczyn zostało już stworzone i nie ma innego sposobu likwidacji względnie zmniejszenia tego zagrożenia, tj. odprężenia górotworu metodami górniczymi (prewencyjnymi).

3. SPOSOBY ZWALCZANIA ZAGROŻENIA TĄPANIAMI METODAMI AKTYWNYMI

Metody aktywne zwalczania tąpań stosowane są w naszych kopalniach - jak już wyżej powiedziano - w ostateczności w sytuacjach górniczych trudnych i złożonych, w których zagrożenie z takich czy innych przyczyn zostało już stworzone i nie ma innego sposobu likwidacji względnie zmniejszenia tego zagrożenia najbardziej skutecznymi metodami górniczymi (wcześniejsze wybranie pokładu warstwy odprężającej), gdyż jest to w praktyce niewykonalne.

Stosowanie omawianych metod polega na wykonywaniu strzelań wstrząsowych różnego rodzaju [68, 133, 134], wtłaczaniu wody w pokład różnymi sposobami [69, 70, 71], torpedowaniu stropów i spągów robotami strzelniczymi lub szczelinowaniu ich płynnym medium za pomocą pomp wysokociśnieniowym [9, 71, 130]względnie rozwiercaniu pokładu (złoża)otworami wiertniczymi o różnej średnicy i zasięgu [72]. Polegają one - mówiąc w dużym uproszczeniu - na lokalnym odprężeniu górotworu, tj. zmianie pola naprężeń i prowokowaniu tąpnięć lub odprężeń podczas nieobecności załogi w zagrożonym przodku (strzelanie wstrząsowe na urabianie), na zmianie pola naprężeń i własności geo-mechanicznych górotworu w określonym jego obszarze w sensie pozbawienia lub zmniejszenia jego skłonności do tąpań oraz w mniejszym stopniu prowokowaniu tąpnięć lub odprężeń (nawadnianie i wtłaczanie wody w górotwór, rozwiercanie pokładu otworami wiertniczymi, strzelanie wstrząsowo-odprężające) względnie wywołaniu tych zjawisk równocześnie (np. strzelanie wstrząsowo-odprężająco-urabiające, nawadnianie lub wtłaczanie wody w górotwór i strzelanie wstrząsowe, torpedowanie i szczelinowanie stropów lub spągów płynnym medium, itp.).

W naszych kopalniach praktyczne zastosowanie znalazło strzelanie wstrząsowe i wtłaczanie wody w górotwór. Torpedowanie MW lub szczelinowanie płynnym medium mocnych i grubych warstw skalnych zalegających w stropach i spągach w znacznych z reguły odległościach od eksploatowanych pokładów nie wyszło, jak dotychczas , w zasadzie z fazy prób i eksperymentu.

Metoda zaś otworów wiertniczych szerokodymensyjnych,stosowana powszechnie np. w ZSRR i RFN, a ostatnio w Czechosłowacji,może okazać się przydatna do zwalczania tąpań również w naszych warunkach, jako cenne uzupełnienie już stosowanych na skalę przemysłową aktywnych metod zwalczania tąpań. Należy ją zatem opracować i adoptować do naszych warunków geologiczno-górniczych i techniczno-ruchowych, a następnie wypróbować i zweryfikować w tych warunkach. W tym przypadku konieczne jest posiadanie specjalnych urządzeń wiertniczych wraz z osprzętem i, o ile to możliwe, ze zdalnym sterowaniem i automatyczną wymianą żerdzi.

Z przedstawionego krótkiego przeglądu metod aktywnych można z dużym uproszczeniem ogólnie powiedzieć, że wszystkie one wywołują w górotworze podobny, chociaż nie taki sam skutek, którego istota polega na większym lub mniejszym stopniu prowokowania tąpań i odprężeń górotworu oraz zmianie jego własności fizyko-mechanicznych i pola naprężeń. Wyniki te są uzyskiwane przy zastosowaniu zdecydowanie różnych metod i środków technicznych oddziaływania na górotwór. Dotyczy to między innymi technologii wykonywania, jak również stosowanego w poszczególnych metodach medium jako podstawowego środka oddziaływania na górotwór.

Z tego punktu widzenia omawiane metody możemy podzielić na dwie grupy lub dwa sposoby oddziaływania na górotwór, tj. sposób suchy i mokry. Przy sposobie suchym, obejmującym metody techniki strzelniczej, medium jest gazowe i jako takie suche. Natomiast przy sposobie mokrym, obejmującym metody nawadniania górotworu, medium tym jest woda.

Z powyższego wynika, że do sposobu suchego zwalczania tąpań metodami aktywnymi należy również metoda rozwiercania górotworu otworami wiertniczymi.

3.1. ZASADY I KRYTERIA DOBORU ORAZ STOSOWANIA METOD AKTYWNYCH

Doboru jednej z metod aktywnych dokonujemy po szczegółowej analizie warunków geologiczno-górniczych i techniczno-ruchowych oraz stanu napięcia górotworu.

I tak np. w przypadkach, gdy stan napięcia górotworu znajduje się w pobliżu granicy krytycznego wytężenia, należy stosować

raczej strzelania wstrząsowe, w tym bardzo często jako strzelania wstrząsowe na urabianie, gdyż są jedynie możliwe do wykonania w tych warunkach.

Strzelania wstrząsowe różnego rodzaju stosuje się również w pierwszej kolejności przed innymi metodami w przypadku nadmiernego rozcięcia złoża wyrobiskami korytarzowymi. Prawdopodobnie w sytuacjach krytycznego wytężenia górotworu może mieć zastosowanie również metoda rozwiercenia pokładów otworami wiertniczymi, w tym jednak przypadku - o czym już wspomniano - konieczne jest posiadanie odpowiednich wiertnic wraz z osprzętem.

W sytuacjach, w których górotwór dopiero w przyszłości może zbliżyć się do stanu krytycznego wytężenia, z chwilą np. przesunięcia się frontu eksploatacyjnego na odpowiednią odległość, oddajemy pierwszeństwo nawadnianiu i szczelinowaniu górotworu za pomocą wtłaczania wody pod wysokim ciśnieniem lub strzelań mokrych wstrząsowo-odprężających i torpedujących (strop lub spąg pokładu).

Reasumując dotychczasowe rozważania należy podkreślić, że dobór jednego ze sposobów aktywnych metod zwalczania tąpań powinien być dopasowany do istniejących w danym konkretnym przypadku warunków geologiczno-górniczych i techniczno-ruchowych oraz stopnia i rozmiarów zagrożenia. Po dokonaniu wyboru danej metody zwalczania zagrożenia należy przystąpić do ustalenia optymalnych parametrów technicznych i technologicznych jej stosowania na podstawie indywidualnych badań laboratoryjnych i eksperymentalnych oraz lokalnych doświadczeń górniczych danej kopalni. Prawidłowe ustalenia mogą być warunkiem podstawowym skuteczności wybranej metody zwalczania zagrożenia. Tam,gdzie nie ma warunków do stosowania strzelań wstrząsowych, należy zastosować wtłaczanie wody lub wiercenia odprężające czy torpedowanie stropów oraz spągów (po ich opracowaniu) i na odwrót. Wymienione aktywne metody zwalczania tąpań uzupełniają się wzajemnie [68, 133, 134, 135].

Należy tutaj mocno podkreślić, że doświadczenia i obserwacje górnicze dowodzą, iż przy strzelaniach wstrząsowych zasadniczym zagadnieniem jest ustalenie optymalnych parametrów technicznych i technologicznych jego wykonania, tj. między innymi określenie częstotliwości wykonywania strzelania oraz optymalnego rodzaju

i ładunku MW w serii,a także głębokości, liczby i sposobu rozmieszczenia otworów strzałowych itp. Wielkości te powinny być dobrane i określone indywidualnie za pomocą strzelań wzorcowych stosownie do konkretnych warunków geologiczno-górniczych i techniczno-ruchowych oraz na podstawie obserwacji i doświadczeń górniczych danej kopalni. Następnie wielkości te powinny być sprecyzowane przez kierownictwo kopalni w opracowanej metryce strzałowej dla danego przodka. Ustalone w metryce strzałowej parametry strzelania wstrząsowego należy na bieżąco kontrolować i ewentualnie korygować w przypadku zmiany warunków powodujących, że dane strzelanie wstrząsowe nie spełnia stawianego mu wymogu. Tu należy podkreślić, że niewłaściwie określone parametry strzelania wstrząsowego (np. za rzadko zakładane otwory strzałowe, mała ilość MW itp.) mogą spowodować utworzenie się w przyczołowym pasie calizny węglowej pojedyńczych sklepień ciśnień, a niejednokrotnie całego ciągu sklepień ciśnień, szczególnie niebezpiecznych z punktu widzenia tąpań i odprężeń pokładowych (rys. 5)[68]. W ten sposób źle wykonane strzelanie wstrząsowe nie tylko nie zabezpiecza przed tąpaniami i odprężeniami, ale nawet je wzmaga i potęguje. Dlatego też strzelanie wstrząsowe należy na bieżąco kontrolować i korygować szczególnie pod kątem niedopuszczenia do tworzenia się omawianych sklepień ciśnień.

W ostatecznym rezultacie powinno to doprowadzić do tzw. wstrzelania się w górotwór w przypadku strzelań niezbędnych, podnosząc ich skuteczność lub do ograniczenia, a nawet do całkowitego ich zaniechania w przypadku strzelań niepotrzebnych.

Podobną analizę i tok rozumowania należy przeprowadzić w stosunku do nawadniania i wtłaczania wody w górotwór.

Zjawisko zmniejszenia wytrzymałości górotworu w miarę jego nawilgocenia było znane w praktyce górniczej i mechanice skał od dość dawna [126]. Również dotychczasowe badania laboratoryjne przeprowadzone w ostatnim czasie wykazują w znakomitej większości przypadków znaczne obniżenie naturalnej skłonności węgla do tąpań w miarę jego nawadniania, a ściślej mówiąc przyrostu wilgotności [69, 70, 71]. Z badań tych wynika również, że skłonność pokładów do tąpań oraz ich obniżka będzie różna dla różnych pokładów i ich partii oraz różnych warunków geologicznych i petrograficznych (przy warunkach nawadniania constans). Jednak iloś-

ciowe ujęcie tych różnic i ich związków funkcyjnych zachodzących między nimi nie jest jeszcze jednoznacznie określone. Stąd też zachodzi potrzeba prowadzenia dalszych badań i dokumentowania ich wyników w zakresie pełniejszego wyjaśnienia i ustalenia istoty i mechanizmu nawadniania górotworu oraz wpływu tej operacji na jego skłonność do tąpań i zagrożenie tąpaniami dla robót prowadzonych w tym górotworze.

Warto podkreślić, niezależnie od powyższego, że już dotychczasowe wyniki badań, głównie laboratoryjnych i dołowych, zjawiska obniżenia naturalnej skłonności węgla do tąpań [69, 70]w pełni uzasadniają w określonych warunkach celowość nawadniania pokładów. Konieczna jest jednak znajomość prawidłowych parametrów technicznych operacji nawadniania pokładów oraz technologii jej wykonania, aby wyniki były zadowalające. Nieprawidłowo przeprowadzone nawodnienie (podobnie jak strzelania wstrząsowe) może nie tylko nie dać pozytywnych rezltatów, ale nawet spowodować pogorszenie się sytuacji, jeśli idzie o tąpania. Dlatego też parametry techniczne i technologia nawadniania powinny być opracowane indywidualnie za pomocą badań laboratoryjnych, prób i eksperymentu stosownie do konkretnych warunków geologiczno-górniczych i techniczno-ruchowych oraz na podstawie obserwacji i doświadczeń górniczych danej kopalni.

Parametry techniczne i technologiczne nawadniania, tj. głębokość, liczbę i sposób rozmieszczenia otworów nawadniających, odległości między otworami, głębokość posadowienia głowicy nawadniającej, czas i promień nawadniania, wielkość przyrostu wilgotności ΔW, przy której węgiel traci zupełnie lub dość znacznie skłonności do tąpań itp., powinny być dokładnie sprecyzowane w opracowanej dokumentacji nawadniania dla danego przodka i zatwierdzonej w obowiązującym trybie. Ustalone w dokumentacji parametry techniczne i technologiczne nawadniania powinny być na bieżąco kontrolowane i ewentualnie korygowane w przypadku zmiany warunków głównie geologiczno-petrograficznych, powodujących, że dane nawodnienie nie spełnia podstawionego mu zadania, czyli jest nieskuteczne lub nawet niepotrzebne.

W dalszych rozdziałach pracy autor stawia sobie za cel podanie genezy, przeprowadzenie szczegółowej i pogłębionej analizy dotychczasowego rozwoju i zakresu oraz celowości i efektywności

stosowania strzelań wstrząsowych w aspekcie zwalczania tąpań, jak również wskazanie nowych oryginalnych sposobów ich wykonywania oraz kierunków badań i perspektyw dalszego ich rozwoju w tym zakresie.

3.2. ZNACZENIE I ZADANIA WIERCEŃ DOŁOWYCH W AKTYWNYM ZWALCZANIU TĄPAŃ

Zwalczanie tąpań, szczególnie metodami aktywnymi, ściśle związane jest z wierceniami dołowymi. Strzelania wstrząsowe, ich efekt i skuteczność uzależnione są między innymi od uprzedniego i prawidłowego wykonania sieci otworów wiertniczych.

Wtłaczanie płynnego medium w górotwór może odbywać się tylko w przypadku odpowiednio wykonanych otworów. Duże zapotrzebowanie wierceń w sensie ilościowym, a przede wszystkim jakościowym przewidujemy w razie potrzeby wykonania wierceń odprężających górotwór w pokładach węgla oraz twardych skałach stropowych i spągowych otaczających go.Również ocenę rozkładu naprężeń i wytężenia górotworu w strefie przyociosowej można(z większą lub mniejszą dokładnością) uzyskać za pomocą sondażu wierceniowego.

Każda kategoria wymienionych wierceń stawia odpowiednie wymogi dla sprzętu, narzędzi i urządzeń. Ich wspólnym mianownikiem jest jednak to, że sprzęt ten musi być niezawodny, o niewielkich gabarytach, lekki, sprawny i szybki w obsłudze i montażu. Wymogi te spowodowane są szczególnymi warunkami dołowymi, w których jest on stosowany, a mianowicie: ruchomymi stanowiskami pracy, ograniczonymi wymiarami wyrobisk górniczych, limitowanym czasem na wiercenia w związku z krótkimi przerwami w wydobyciu, w związku z czym należy w tym czasie wykonać maksymalną ilość wierceń itp. Te i inne wymagania może tylko zapewnić wydajny, niezawodny, małogabarytowy i lekki sprzęt wiertniczy.

Wiercenia otworów strzałowych, krótkich otworów nawadniających, otworów sondażowych nie nastręczają obecnie zbyt wielu kłopotów. Posiadane przez przemysł węglowy wiertarki ręczne FWRO z żerdziami spiralnymi i raczkami do węgla zdają dobrze egzamin, a ich obsługa i eksploatacja jest należycie opanowana przez załogi górnicze.

Nie sprawiają również większych kłopotów wiercenia długich otworów nawadniających w węglu. Stosowane do tego celu wiertnice MDR-03, MDR-06, WD-02 i inne zdają na ogół egzamin w trudnych warunkach. Jedynym mankamentem jest mała produkcja i chroniczny brak części zamiennych, zwłaszcza żerdzi. Gorzej natomiast przedstawia się sytuacja w przypadku konieczności wiercenia długich otworów w twardych warstwach górotworu. Brak odpowiedniej jakości narzędzi sprawia, że prędkość mechaniczna dla tych wierceń jest niewielka. W związku z czym ich wykonawstwo przedłuża się lub angażują one dużą liczbę sprzętu i urządzeń posiadanych przez kopalnie.

W tej kategorii wierceń konieczne jest opanowanie produkcji względnie zakup za granicą wysoko wydajnych urządzeń wiertniczych, przede wszystkim wysoko jakościowych żerdzi wiertniczych i narzędzi wiercących o średnicy od 42 - 100 i więcej milimetrów oraz zasięgu do 150 mb, jak również pozwalających osiągnąć dużą wydajność wiercenia, wynoszącą co najmniej 30 mb na zmianę w skałach twardych. Chodzi o urządzenia wiertnicze proste w konstrukcji, łatwe w obsłudze i transporcie, o małych gabarytach i małym ciężarze, umożliwiające manipulację i wejście z nimi do ścian, chodników nad-i podścianowych itp. W urządzenia te należy wyposażyć wszystkie kopalnie wybierające pokłady zagrożone tąpaniami.

Najgorzej przedstawia się sytuacja w zakresie wierceń odprężających szeroko stosowanych w ZSRR, RFN, a ostatnio w Czechosłowacji. Wiercenia te stawiają specyficzne wymogi sprzętowi i urządzeniom wiertniczym głównie w zakresie bhp, a w szczególności sterowania procesem wiercenia z dalszej odległości spoza strefy zagrożenia. Należy stwierdzić, że do stosowania wierceń odprężających nie posiadamy w ogóle sprzętu i urządzeń wiertniczych. Urządzenia te powinny zapewnić wykonywanie otworów o średnicy 100 - 300 i więcej m/m i zasięgu 10 - 100 mb. W przodkach szczególnie zagrożonych tąpaniami urządzenia te powinny posiadać możliwość sterowania procesem wiercenia z dalszych odległości, spoza strefy zagrożenia (100 mb) oraz automatyczną wymianę żerdzi. W urządzenia tego typu należy wyposażyć od zaraz kopalnie pilotujące, zgłaszające chęć wypróbowania i sprawdzenia przydatności tej metody do zwalczania tąpań pokładowych w naszych warunkach. Z chwilą, gdy metoda otworów odprężających zostanie opracowana

i przystosowana do naszych warunków, a jej przydatność do zwalczania tąpań będzie potwierdzona przez praktykę górniczą, wówczas zajdzie również potrzeba wyposażenia w te urządzenia pozostałe kopalnie eksploatujące pokłady tąpiące [100].

Zagadnieniem wymagającym odrębnego omówienia i przedyskutowania jest organizacja służb wiertniczych i ich zaplecza naukowo-technicznego w jednostkach strukturalnych naszego górnictwa. Jest to temat wykraczający poza ramy niniejszego opracowania.

4. ZWALCZANIE ZAGROŻENIA TĄPANIAMI ZA POMOCĄ STRZELAŃ WSTRZĄSOWYCH

Najbardziej właściwymi i pewnymi sposobami zwalczania tąpań są, jak wiemy, metody polegające na zapobieganiu tym groźnym zjawiskom poprzez stosowanie profilaktyki górniczej. Należy do niej przede wszystkim zasada odprężania pokładów zagrożonych tąpaniami. Polega ona na wyszukaniu i wybraniu w pierwszej kolejności pokładu nieskłonnego do tąpań lub mniej skłonnego, w którym tąpania mogą wystąpić tylko w bardzo trudnych i niesprzyjających warunkach geologiczno-górniczych. Jeżeli w sąsiedztwie grubego pokładu tąpiącego nie zalega żaden pokład nietąpiący lub mało tąpiący, to można w celu odprężenia tego pokładu wybrać w pierwszej kolejności jego górną warstwę o grubości ok.2,0-3,0 m najlepiej z zawałem stropu. Rozwiązanie to zastosowano w praktyce górniczej po raz pierwszy w pokładzie 510 KWK "Miechowice", co opisano w pracy [92].

W praktyce górniczej mogą niestety wystąpić takie złożone i skomplikowane sytuacje zagrożeniowe, w których opisana metoda odprężania górotworu - chociaż najbardziej skuteczna i celowa - nie może być zastosowana, gdyż jest technicznie niewykonalna. W takich przypadkach wybieranie pokładów lub ich części zagrożonych tąpaniami może być prowadzone jednak tylko w warunkach specjalnych, z zastosowaniem między innymi metod aktywnych zwalczania tąpań, np. strzelań wstrząsowych lub wtłaczania wody w górotwór. Są to sytuacje przymusowe, w których nie mamy innego wyboru, mimo że jesteśmy świadomi, że metody aktywne jako pracochłonne i ciągle jeszcze niedopracowane nie zawsze są skuteczne i najlepiej byłoby, żeby nie zachodziła potrzeba ich stosowania [136].

4.1. GENEZA I PRZYDATNOŚĆ ORAZ ZAKRES STOSOWANIA

Potrzebę szukania nowych sposobów i metod zwalczania zagrożenia tąpaniami oraz dalszego doskonalenia istniejących podyktowało samo życie. Było nim potencjalne i rzeczywiste narastanie zagrożenia tąpaniami w naszych kopalniach GZW, o których mowa w rozdziale 1 przedmiotowej pracy.

Pomysł zastosowania i wypróbowania strzelań wstrząsowych do zwalczania tąpań podał W.Budryk [1]. Natomiast pierwszą kopalnią, która wprowadziła strzelania wstrząsowe do praktyki górniczej w aspekcie zwalczania tąpań z pozytywnym skutkiem była Kopalnia "Miechowice". Działo się to na przełomie lat 50. i 60. tego stulecia. W tym czasie Kopalnia "Miechowice" należała do najbardziej zagrożonych kopalń w naszym przemyśle węglowym [84, 85, 90, 91]. Dość wspomnieć, że zdecydowana większość wszystkich zanotowanych w tym czasie tąpnięć w przemyśle węglowym zaistniała w Kopalni "Miechowice". Dlatego też w tej kopalni jako pierwszej w przemyśle węglowym powołano specjalną służbę ds. zwalczania tąpań oraz oddzielną komórkę organizacyjną pod nazwą Stacja Badań Ruchów Górotworu, w której autor pracował w charakterze kierownika. Komórka ta, zatrudniająca specjalistów górników, geofizyków i elektroników o wysokich kwalifikacjach,podlegała bezpośrednio naczelnemu inżynierowi i dyrektorowi kopalni.

Przydatność i celowość zastosowania strzelań wstrząsowych do zwalczania tąpań oraz dowód na to podała jako pierwsza do publicznej wiadomości Kopalnia "Miechowice" w pracach [84, 85, 86, 89]. Następnie potwierdzone to zostało przez inne kopalnie w wyniku obserwacji praktycznych i badań prowadzonych na przestrzeni ostatnich lat. W szczególności przyczyniły się do tego obserwacje geofizyczne, a głównie mikrosejsmologiczne po raz pierwszy zastosowane na dole Kopalni "Miechowice" w końcu lat 50. i obecnie stale rozwijane i doskonalone w naszych kopalniach. Istnieje na ten temat bogata literatura fachowa [20, 21, 62, 63, 80, 86, 89, 97, 144].

Obecnie z całą odpowiedzialnością można stwierdzić, że strzelania wstrząsowe obok wtłaczania wody w górotwór są w naszych kopalniach powszechnie stosowane tam, gdzie jest to konieczne, jako jedne z bardziej skutecznych metod aktywnego zwalczania

tąpań. Trzeba tu podkreślić, że skuteczność strzelań wstrząsowych w zwalczaniu tąpań w poważnym stopniu zależy między innymi od charakteru i rodzaju tąpań, z jakimi w danej konkretnej sytuacji górniczej mamy do czynienia, tj. czy to są tąpania pokładowe, czy stropowe. W pierwszym przypadku skuteczność strzelań może być znaczna, w drugim mniejsza, a nawet znikoma lub żadna.

Ponadto przydatność strzelań wstrząsowych do opanowania tąpań zależy również w dużym stopniu od parametrów technicznych i technologicznych ich wykonywania, które z kolei będą różne dla różnych stanów wytężenia górotworu, warunków geologiczno-górniczych i techniczno-ruchowych, jak również różnych stopni i skali zagrożenia oraz różnych rodzajów strzelań wstrząsowych.

Te i inne podobne zagadnienia będą tematem naszych dalszych rozważań.

4.2. SYSTEMATYKA

Przystępując do bardziej szczegółowego omówienia chociażby w największym skrócie strzelań wstrząsowych należy najpierw odpowiedzieć na proste i praktyczne pytanie - co to są strzelania wstrząsowe, w jakim celu i jak są stosowane. Odpowiadając na to pytanie w dużym uproszczeniu można by powiedzieć: strzelanie wstrząsowe jest to jednoczesne odpalenie w danym wyrobisku górniczym dużej ilości materiału wybuchowego, zwykle od kilkunastu do kilkuset kg, a nawet kilku ton materiału wybuchowego, załadowanego w dużej liczbie otworów wiertniczych, zwykle od kilkunastu do kilkudziesięciu, a nawet kilkuset otworów. Operacja ta wykonywana jest zgodnie z metryką strzałową oraz opracowaną i zatwierdzoną w obowiązującym trybie dokumentacją, pod stałym nadzorem odpowiednich osób dozoru ruchu górniczego dla rozładowania nagromadzonej w górotworze potencjalnej energii sprężystej i zmian fizyko-mechanicznych własności,w celu poprawy przede wszystkim bezpieczeństwa pracy załóg górniczych i rzadziej niektórych wskaźników techniczno-ekonomicznych, np. poprawy urabialności i wypadu grubych sortymentów węgla.

W praktyce górniczej kopalń mamy do czynienia z różnego rodzaju strzelaniami wstrząsowymi, a mianowicie:

- strzelania wstrząsowo-kamufletowe lub strzelania wstrząsowo-odprężające [68, 133, 134, 135],
- strzelania wstrząsowo-urabiające lub strzelania wstrząsowe na urabianie [68, 133, 134, 135],
- strzelania wstrząsowo-kamufletowo-urabiające lub strzelania wstrząsowo-odprężająco-urabiające [68, 133, 134, 135],
- torpedowanie stropów i spągów [9, 46, 116, 130].

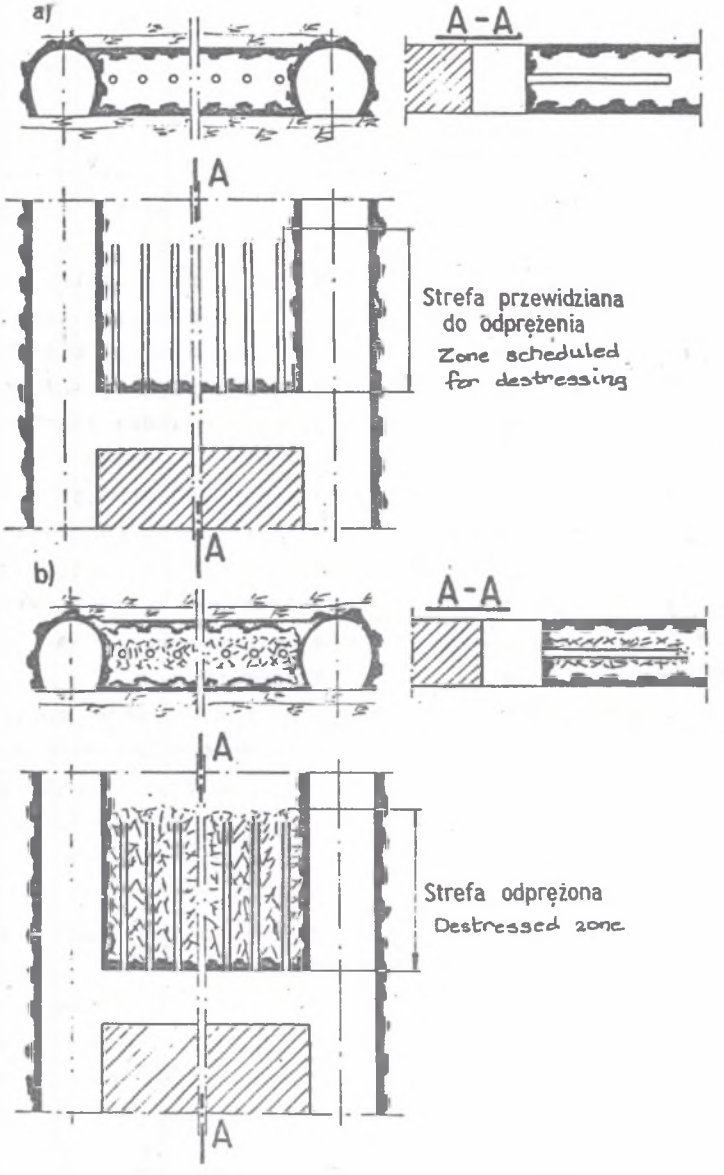
Zastosowanie każdego z nich do zwalczania tąpań może mieć swoje uzasadnienie w zależności od warunków geologiczno-górniczych i techniczno-ruchowych oraz stopnia i rozmiarów zagrożenia. Ponadto każde z wymienionych strzelań wstrząsowych, aby mogło spełniać postawione mu zadanie w aspekcie likwidacji lub zmniejszenia zagrożenia tąpaniami, powinno być wykonywane ściśle według ustalonych dla każdego z nich kryteriów i zasad, omówionych poniżej.

4.2.1. Strzelania wstrząsowo-odprężające

Należy nadmienić, że tego typu strzelania wstrząsowe stosujemy w sytuacjach zagrożeniowych, w których możliwe jest odwiercenie otworów strzałowych o długościach nie mniejszych niż 2 m. Gdy jest to technicznie niemożliwe ze względu na zakleszczanie wiertła, wówczas nie może być ono praktycznie stosowane w takich warunkach. W tym przypadku powinny być zastosowane inne sposoby i metody aktywne, np. strzelanie wstrząsowo-urabiające, opisane w następnym punkcie.

Po tej dygresji, dotyczącej możliwości technicznych stosowania tego strzelania, przejdźmy do zdefiniowania istoty oraz zasad i kryteriów jego wykonywania.

Przy strzelaniach wstrząsowo-odprężających (rys.1) chodzi o możliwie równoczesne spełnienie dwóch warunków: prowokowanie wstrząsów, tąpnięć lub odprężeń górotworu i w ich wyniku zmniejszenie zagrożenia tąpaniami w otoczeniu zagrożonego przodka oraz zniszczenie struktury węgla (ale nie jego urobienie) w przyczołowym pasie calizny węglowej określonej głębokości (szerokości) w taki sposób, aby nie był on zdolny do tąpań, tj. do akumulowania potencjalnej energii sprężystej w ilościach niebezpiecznych, tzn. takich, które mogłyby sprowokować tąpnięcie. Należy jednak w tym miejscu podkreślić, że głównym zadaniem strzelań



Rys. 1. Schemat strzelania wstrząsowo-odprężającego
a) sytuacja przed strzelaniem
b) po strzelaniu

Fig. 1. Scheme for concussion-destressing shotfiring
a) state prior to shotfiring
b) after shotfiring

odprężających jest systematyczne niszczenie struktury przyczołowego pasa calizny węglowej na bezpieczną głębokość (o czym dalej) i pozbawienie jej tym samym na bieżąco skłonności do tąpań. Zaś prowokowanie tąpań i odprężeń lub wstrząsów górotworu jest zadaniem niejako dodatkowym.

Równoczesne spełnienie tych dwóch zadań, jakkolwiek bardzo wskazanych z punktu zwalczania zagrożenia, to jednak w praktyce górniczej może być zjawiskiem stosunkowo rzadkim i nie zawsze osiągalnym przy wykonywaniu tego rodzaju strzelań wstrząsowych. Stąd też każde prawidłowo wykonane strzelanie wstrząsowo-odprężające powinno w ostatecznym wyniku dać co najmniej spełnienie warunku przesunięcia strefy podwyższonych naprężeń w głąb calizny węglowej na tzw. bezpieczną odległość od czoła zagrożonego przodka.

Wielkość ta, tj. bezpieczna szerokość przyczołowego pasa calizny węglowej o zniszczonej strukturze i pozbawionej skłonności do tąpań, określona jest warunkami lokalnymi. Na podstawie wieloletnich obserwacji autora i doświadczeń praktycznych wielu kopalń wynosi ona zwykle 2 - 8 m dla warunków GZW. Pas calizny węglowej o podanej szerokości i spreparowany w sposób jak podano wyżej stanowi niejako pas izolujący strefę podwyższonych naprężeń, zalegającą głębiej w górotworze od przestrzeni roboczej. Ponadto omawiane strzelanie, jak również strzelania wstrząsowe w ogóle należy wykonywać przy możliwie pełnej optymalizacji wszystkich jego parametrów technicznych i technologicznych dobranych do warunków i doświadczeń lokalnych tak, aby uzyskanie i spełnienie wszystkich stawianych mu zadań i wymogów technicznych, a przede wszystkim bhp było osiągnięte przy możliwie jednoczesnym zachowaniu zasady minimalizacji nakładów pracy ludzkiej i uprzedmiotowionej. Chodzi tu między innymi o optymalny ładunek materiału wybuchowego i rodzaj zapalników w serii, liczbę i sposób rozmieszczenia otworów, ich długość i kąt nachylenia, jak również inne parametry techniczne i technologiczne. Ustalone one powinny być każdorazowo indywidualnie w metryce strzałowej przez kierownictwo kopalni, stosownie do warunków lokalnych oraz wyników obserwacji i doświadczeń górniczych danej kopalni, rejonu lub przodka. W razie potrzeby parametry te należy określić na podstawie prób i eksperymentu. Dla przykładu można podać, że dla

naszych kopalń węgla kamiennego zwykle optymalny ładunek w serii waha się w granicach 50 - 200 kg MW, a liczba otworów od 10-100. Otwory wiercone są na głębokości od 3 - 10 m, w odległości wzajemnej od siebie 1 - 3 m, na wysokości ok. 1 m od spągu pokładu, mniej więcej w jednej linii z niewielkim kilkustropniowym nachyleniem do pokładu. Stosowane są zwykle zapalniki momentalne,gdyż dają one największe prawdopodobieństwo sprowokowania wstrząsu górotworu, a co za tym idzie - możliwość tąpnięcia lub odprężenia calizny węglowej.

Szerszego omówienia wymaga tu pojęcie optymalnego ładunku. Otóż przez optymalny ładunek materiału wybuchowego przy danym konkretnym strzelaniu wstrząsowo-kamufletowym powinniśmy uważać taką ilość MW w serii, która zniszczy strukturę węgla w przyczołowym pasie określonej szerokości calizny węglowej (w takim stopniu, aby nie mógł on akumulować potencjalnej energii sprężystej w ilościach zagrażających zdrowiu i życiu ludzkiemu, tj. nie spowodował tąpnięcia),a równocześnie nie spowoduje w nim urobienia węgla [133]. Z punktu widzenia profilaktyki przeciwtąpaniowej wskazane jest, aby strzelanie wstrząsowo-odprężające - jak zresztą każde strzelanie wstrząsowe - przeprowadzać maksymalną ilością MW, a przyczołowy pas calizny węglowej o zniszczonej strukturze posiadał możliwie jak największą szerokość. Zwiększanie tych dwóch wielkości, jakkolwiek korzystne z punktu widzenia zapobiegania tąpaniom, nie można i nie należy prowadzić w nieskończoność.

Z jednej strony napotykamy na trudności natury technicznej, nie pozwalające na dowolne zwiększenie ładunku MW, a przede wszystkim szerokości przyczołowego pasa calizny węglowej o zniszczonej strukturze. Z drugiej jednak strony postulat ich dalszego powiększania ponad pewną określoną wielkość uwarunkowaną wymogami bhp i lokalnymi warunkami oraz możliwościami technicznymi nie miałby żadnego uzasadnienia, a nawet byłby nierealny.

Na podstawie wieloletnich obserwacji i praktyki górniczej naszych kopalń wydaje się (co już podano wcześniej), że kilkumetrowa szerokość pasa calizny węglowej o zniszczonej strukturze, zwykle 2 - 8 m, utrzymana stale i na bieżąco w zagrożonym przodku, wydaje się być wystarczająca. Wielkość ta i związana z tym ilość materiału wybuchowego w każdym otworze i całej serii będzie

jednak różna w różnych warunkach i powinna być określona dla każdego przodka indywidualnie, w razie potrzeby na podstawie prób i doświadczeń.

Na zakończenie rozważań nad problematyką wykonywania strzelań wstrząsowych w ogóle, a strzelań wstrząsowo-odprężających w szczególności należy poruszyć jako ważne zagadnienie częstotliwości i regularności ich wykonywania oraz problem tzw. zakładki. Ogólnie można powiedzieć, że im większa częstość i regularność wykonywania strzelań (przy stanie zagrożenia constans oraz regularnym i ustalonym cyklu robót górniczych), tym większa jest ich efektywność [97]. Naturalną rzeczą jest regularny i cykliczny rozwój wydarzeń i zachodzących zjawisk w przyrodzie. Również regularny i cykliczny charakter powinien mieć przebieg i postęp robót górniczych w procesie przygotowania i eksploatacji złoża węgla. W rzeczywistości taki też jest on w znakomitej większości, nie licząc awarii technicznych lub losowych przerw w ciągłości ruchu zakładu. Częstość wykonywania strzelań jest jednym z ważnych parametrów technologicznych optymalizacji. Powinna i musi ona być dobrana do stanu zagrożenia, warunków geologiczno-górniczych i techniczno-ruchowych, jak również charakteru postępu i cykliczności robót górniczych oraz całego szeregu czynności i operacji w ciągu technologicznym procesu produkcji. Im częstość strzelań jest większa, tym ich skuteczność większa i na odwrót [97]. Dotyczy to w szczególności strzelań wstrząsowo-urabiających (o których mowa niżej). Zwykle częstość strzelań wstrząsowych w warunkach naszych kopalń węgla jest jednodobowa, a w sytuacjach dużego zagrożenia nawet jednozmianowa. Chociaż,w tym przypadku mogą wystąpić trudności z wywierceniem otworów strzałowych w ociosie węglowym o zniszczonej strukturze, mimo ich przesunięcia w stosunku do poprzednich otworów. Zdecydowanie rzadziej częstość strzelań wstrząsowo-odprężających jest dwu- lub wielodobowa. Ma to i może mieć miejsce tylko w warunkach mniejszego zagrożenia, mniejszego postępu frontu robót górniczych lub nawet okresowego ich zatrzymania. W takich sytuacjach konieczne są ustalenia dotyczące warunków ponownego uruchomienia zatrzymanego zagrożonego frontu górniczego oraz tzw. minimalnej zakładki strzałowej, tj. minimalnej (ale bezpiecznej) szerokości pasa calizny węglowej o zniszczonej strukturze pozostałej jeszcze po ostatnim strze-

laniu i uwzględnieniu postępu przodków górniczych w tym czasie. Warunki ponownego uruchomienia zatrzymanych przodków górniczych zagrożonych tąpaniami powinny zawsze obejmować wykonanie strzelania wstrząsowo-odprężającego, powtarzanego zwykle systematycznie przez okres co najmniej kilku dni, niezależnie od prognozy stanu zagrożenia tąpaniami oraz takie inne ustalenia techniczne, które dotyczą uruchomienia i prowadzenia robót w zagrożonych rejonach w fazie rozruchu.

Jeżeli chodzi o minimalną zakładkę strzałową, to nie może ona być mniejsza od szerokości pasa calizny o zniszczonej strukturze, gwarantującej jednak w pełni bezpieczeństwo pracy załóg górniczych. Waha się ona - jak podano wyżej - dla warunków naszych kopalń węgla kamiennego w dość szerokich granicach i wynosi od 2 do 8 m. Taka też musi być minimalna zakładka omawianych strzelań wstrząsowych (rys. 2).

Oznaczając przez:

$Z_{min.}$ - szerokość minimalnej zakładki strzałowej,

S_b - szerokość pasa calizny węglowej o zniszczonej strukturze gwarantująca bezpieczeństwo pracy załogi,

możemy napisać zależność:

$$Z_{min.} = S_b, \tag{4.1}$$

czyli minimalna zakładka strzałowa powinna być co najmniej równa szerokości pasa węgla o zniszczonej strukturze gwarantującej bezpieczeństwo pracy.

Rzeczywistą zaś zakładką strzałową Z_{rz} powstałą po ostatnim strzelaniu a przed planowanym strzelaniem następnym i uwzględnieniu faktycznego postępu robót górniczych obliczamy ze wzoru:

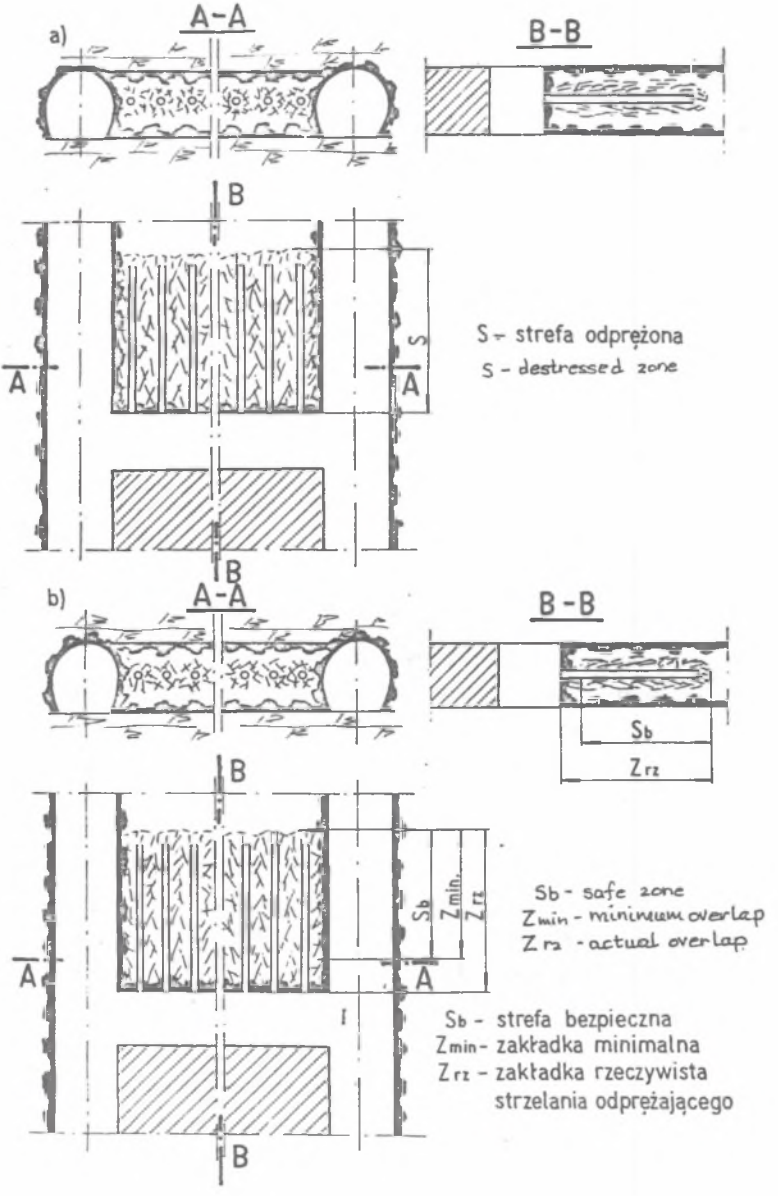
$$Z_{rz} = l - \sum_{i=1}^{n} P_i - 0{,}5 \text{ m}, \tag{4.2}$$

gdzie: l - długość otworów strzałowych w m,

P_i - postęp dobowy robót górniczych w m w poszczególnych dniach między strzelaniami,

n - liczba dób, jaka upłynęła od ostatniego strzelania,

0,5 m - wielkość stała umowna uwzględniająca nierówności osiosu węglowego, niedokładności pomiaru długości otworów i postępu robót górniczych itp.



Rys. 2. Schemat strzelania wstrząsowo-odprężającego
a) sytuacja po strzelaniu
b) sytuacja przed następnym strzelaniem

Fig. 2. Scheme for concussion- destressing shotfiring
a) state prior to shotfiring
b) after shotfiring

Oczywiste jest, że zakładka rzeczywista powinna i musi być większa od zakładki minimalnej, aby poprawić stopień bezpieczeństwa pracy. A zatem

$$Z_{rz} > Z_{min.} = S_b, \qquad (4.3)$$

czyli

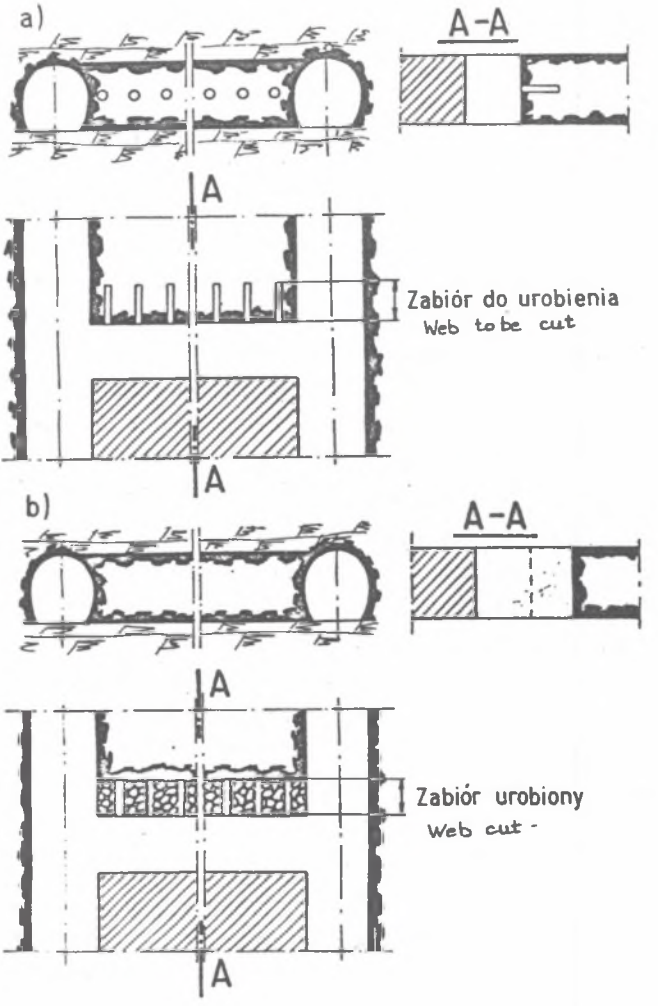
$$Z_{rz} > S_b \qquad (4.4)$$

Zależności określone wzorami (4.1), (4.2), (4.3) i (4.4) są jednymi, chociaż niestety nie jedynymi z podstawowych warunków i kryteriów skuteczności strzelań wstrząsowo-odprężających.

Trzeba dodać, co już we wstępie do omawiania tego strzelania zauważono, że naczelnym jego zadaniem jest systematyczne niszczenie struktury przyczołowego pasa calizny węglowej w taki sposób, aby pozbawić ją skłonności do tąpań i zapewnić tym samym bezpieczeństwo pracy załogi w przestrzeni roboczej. Zaś w rozdziale 3 p. 3.1 zwrócono uwagę na źle wykonane strzelania wstrząsowe jako powodujące dalszy wzrost zagrożenia. Wynika to z tego, że niewłaściwie określone parametry techniczne i technologiczne strzelań wstrząsowych (np. za rzadko zakładane otwory strzałowe, mała ilość MW itp.)mogą spowodować utworzenie się w przyczołowym pasie calizny węglowej pojedyńczych, a co gorsze, niejednokrotnie całego ciągu sklepień ciśnień,szczególnie niebezpiecznych z punktu widzenia tąpań i odprężeń pokładowych. Dotyczy to zwłaszcza strzelań wstrząsowo-odprężających (rys.5), [68, 133, 134]. Dlatego też strzelania te powinny być przedmiotem stałej codziennej troski i kontroli zainteresowanych osób dozoru ruchu i kierownictwa kopalni w aspekcie optymalnego doboru parametrów i niedopuszczenia do tworzenia się sklepień ciśnień.

4.2.2. Strzelania wstrząsowo-urabiające

Strzelanie wstrząsowo-urabiające lub tzw. strzelanie wstrząsowe na urabianie ma za zadanie spełnienie dwóch warunków: prowokowanie wstrząsów, a co za tym idzie możliwość wystąpienia tąpnięć lub odprężeń i wywoływanie w ich wyniku zmniejszenia wytężenia górotworu w zagrożonym przodku oraz zupełne, tj. całkowite urobienie węgla na głębokość danego zabioru na całej długości górniczego przodka lub jego określonej części w przypadku przodka eksploatacyjnego (rys. 3), [68, 133, 134].



Rys. 3. Schemat strzelania wstrząsowo-urabiającego
a) sytuacja przed strzelaniem
b) po strzelaniu

Fig. 3. Scheme for concussion-winning shotfiring
a) state prior to shotfiring
b) after shotfiring

Z definicji tej wynika, że głównym jego zadaniem jest - odwrotnie niż przy strzelaniach wstrząsowo-odprężających - prowokowanie wstrząsów oraz tąpnięć i odprężeń podczas nieobecności załogi w zagrożonym przodku. Urabianie zaś calizny węglowej zgodnie z podanymi wymogami jest zadaniem drugorzędnym i produktem ubocznym (jeśli tak można powiedzieć). A zatem mechanizm otrzymywania pożądanych efektów z omawianych strzelań wstrząsowych w odróżnieniu od strzelań wstrząsowo-odprężających jest inny i odwrócony, chociaż istota i zadania obydwu są te same, tzn.zmniejszenie zagrożenia tąpaniami. Jednak przy stosowaniu strzelań wstrząsowych na urabianie cel ten osiąga się głównie poprzez prowokowanie wstrząsów oraz tąpań i odprężeń, natomiast przy stosowaniu strzelań wstrząsowo-odprężających przez pozbawianie pasa calizny węglowej przylegającej do przestrzeni roboczej skłonności do tąpań lub odprężeń. Przy strzelaniu wstrząsowo-urabiającym niszczenie struktury węgla ma za zadanie jego zupełne i całkowite urobienie na głębokość danego zabioru (zwykle ok. 1 m), a przy strzelaniu odprężającym pozbawienie skłonności do tąpań i odprężeń pasa calizny węglowej o szerokości bezpiecznej przylegającej do wyrobisk górniczych, ale nie jego urabianie. Również warunki i zakres stosowania omawianego strzelania są zupełnie inne. To strzelanie stosujemy przede wszystkim tam, gdzie nie ma warunków lub niewskazane jest stosowanie strzelania odprężającego, tj. wszędzie tam, gdzie mamy do czynienia z zakleszczeniem wiertła i dłuższych otworów (zwykle ponad 2 m) nie da się odwiercić,oraz dużym zagrożeniem pożarowym.

Przedmiotowe strzelanie ma pierwszeństwo przed innymi strzelaniami w sytuacjach, w których górotwór jest lub zbliża się do krytycznego stanu wytężenia i pozostaje w tzw. równowadze chwiejnej. Polega ono w warunkach naszych kopalń węgla na jednoczesnym odpaleniu przy użyciu zapalników momentalnych odpowiedniej liczby otworów o długości ok. 1 m (zwykle od kilkudziesięciu do kilkuset w serii), załadowanych odpowiednią ilością i rodzajem materiału wybuchowego (zwykle od kilkudziesięciu do kilkuset kg MW w serii), stosownie do warunków i potrzeb lokalnych. Ten sposób wykonywania strzelania wstrząsowego, jak wykazuje praktyka górnicza, jest najskuteczniejszą odmianą strzelania wstrząsowego w krytycznych sytuacjach górniczych, bowiem najbardziej zmniejsza ono zagrożenie tąpaniami, chociaż w każdej sytuacji i w każdym przypadku w 100% go nie likwiduje [84, 87].

Prawidłowo wykonywane strzelanie wstrząsowo-urabiające musi - jak wiemy - z jednej strony zapewnić całkowite (zupełne) urobienie pasa calizny węglowej o danym zabiorze, z drugiej zaś strony powinno spowodować wstrząs, a przede wszystkim tąpnięcie lub odprężenie górotworu w czasie nieobecności załogi w zagrożonym przodku. Możliwość sprowokowania tąpnięcia lub odprężenia jest większa, im większy jest ładunek materiału wybuchowego w serii ale tylko do pewnej wielkości granicznej, o czym będzie mowa później. Większy bowiem ładunek w serii daje większe naprężenia dynamiczne (obciążenia dynamiczne) [128]. Większe zaś naprężenia dynamiczne dają większe szanse - po sumowaniu ich z naprężeniami statycznymi istniejącymi w górotworze przed strzelaniem - przekroczenia wartości naprężeń krytycznych i co za tym idzie - sprowokowania wstrząsu, szczególnie zaś tąpnięcia lub odprężenia w danym przodku. Z drugiej jednak strony ładunek ten jest ograniczony wymogami ruchowymi, jak również względami ekonomicznymi. Wynika stąd, że ładunek ten nie może być ani za duży ani za mały, a zatem powinien być optymalny, który zapewniłby w miarę możliwości równoczesne spełnienie dwóch warunków stawianych strzelaniu wstrząsowo-urabiającemu, a mianowicie: optymalne urabianie przyczołowego pasa calizny węglowej na głębokość ustalonego zabioru zgodnie z zasadami nauki i techniki górniczej oraz wymogami ekonomii, jak również sprowokowanie tąpnięcia lub odprężenia górotworu względnie wstrząsu. Ten drugi wymóg, chociaż najważniejszy, nie zawsze jest spełniony.

Podobnie jak nie każdemu strzelaniu wstrząsowo-odprężającemu, tak również nie każdemu strzelaniu wstrząsowo-urabiającemu towarzyszy sprowokowanie tąpnięcia lub odprężenia, aczkolwiek tu następuje ono zdecydowanie częściej. Jednak każdemu strzelaniu wstrząsowo-urabiającemu powinno towarzyszyć prawidłowe - z punktu widzenia zasad ekonomiki i techniki górniczej - urabianie pasa calizny węglowej na głębokość określonego zabioru. Tę właśnie ilość MW potrzebną do optymalnego urabiania w podany sposób pasa calizny węglowej strzelaniem wstrząsowym nazywamy ładunkiem optymalnym (w danych konkretnych warunkach), którego wielkość może i powinna być ustalona oddzielnie dla każdego przodka w wyniku przeprowadzonych prób i eksperymentu [133].

Również przy wykonywaniu tego rodzaju strzelań należy podkreślić, że parametry techniczne i technologiczne jego wykonywania, tj. określenie rodzaju i optymalnego ładunku MW w serii, liczbę i rozmieszczenie otworów strzałowych itp. podobnie jak w przypadku strzelania wstrząsowo-odprężającego jest zagadnieniem pierwszorzędnej wagi. Wielkości te, podobnie jak w przypadku strzelania wstrząsowo-odprężającego, powinny być dobrane i określone indywidualnie dla każdego przodka górniczego stosownie do warunków geologiczno-górniczych i techniczno-ruchowych oraz w wyniku obserwacji i doświadczeń górniczych kopalni.

Parametry strzelania wstrząsowo-urabiającego, podobnie jak strzelania w ogóle, powinny być opracowane i ustalone w metryce strzałowej dla każdego przodka przez kierownictwo kopalni na wniosek inżyniera strzelniczego i inżyniera ds. tąpań. Ustalenia te powinny być na bieżąco kontrolowane i korygowane stosownie do zachodzących zmian w warunkach geologiczno-górniczych i techniczno-ruchowych oraz stanu górotworu.

Tu jeszcze raz z naciskiem należy podkreślić , że strzelania wstrząsowo-urabiające w każdej sytuacji i w każdym przypadku zagrożenia tego w całości nie likwidują. Stąd wyprowadza się i uzasadnia postulat wprowadzania również po wykonaniu tego rodzaju strzelania wstrząsowego kombajnów i strugów (oraz mechanizacji i automatyzacji innych elementów procesu technologicznego wybierania węgla) do zagrożonych tąpaniami przodków, które wówczas pracowałyby jako ładowarki [100, 133]. Bowiem w tym przypadku - wobec niewykluczenia w zupełności w wyniku stosowania tego strzelania zagrożenia tąpaniami - wprowadzenie omawianych urządzeń mechanicznych pracujących przede wszystkim jako ładowarki zdalnie sterowane spoza strefy zagrożenia, jak również mechanizacji i automatyzacji innych czynności wybierania węgla jest z punktu widzenia bezpieczeństwa pracy oraz względów ekonomicznych celowe i w pełni uzasadnione [100]. Zmniejszamy w tych przypadkach liczbę zatrudnionych pracowników w zagrożonych przodkach poprzez ograniczenie do niezbędnych zespołów pracowniczych względnie ich zupełnie eliminujemy. Jednak strzelanie wstrząsowo-urabiające - chociaż najbardziej korzystne - nie może być wszędzie stosowane, tzn. w każdych warunkach geologiczno-górniczych. I tak np. nie może być stosowane podczas wybierania przyspągowej warstwy pokła-

du grubego w przypadku braku wyraźnego uławicenia. Odstrzelanie i otwarcie całej ściany lub jej dłuższego, a nawet stosunkowo krótkiego odcinka w takich warunkach nawet przy ograniczonym zabiorze poniżej 1 m może powodować tzw. "kominowanie" stropu, rozciągające się niejednokrotnie poprzez całą grubość eksploatowanego pokładu i sięgające aż do jego stropu i dalej. Strzelanie wstrząsowo-urabiające nie może być również stosowane w przypadku zalegania w stropie pokładu słabego lub, co gorsza, fałszywego stropu, który powoduje jego opadanie, pogarszając warunki bezpieczeństwa pracy i z reguły wskaźniki techniczno-ekonomiczne, stawiając niejednokrotnie pod znakiem zapytania celowość eksploatacji pokładu w takich warunkach.

Do trudności w stosowaniu strzelania wstrząsowo-urabiającego, wynikających z warunków geologiczno-górniczych opisanych wyżej, dochodzić mogą jeszcze trudności techniczno-ruchowe. Te ostatnie sprowadzają się w zasadzie do częściowego wybijania i deformowania obudowy, uszkadzania względnie czasowego unieruchamiania przenośnika zgrzebłowego itp.

Nie wydaje się, aby trudności techniczno-ruchowe były nie do pokonania przy odpowiednim ustawieniu i zorganizowaniu pracy oraz fachowym wykonaniu robót w przodku zarówno na odcisku obudowy, podsadzki, rabunku, techniki strzelniczej, przekładki przenośnika zgrzebłowego i nakrywaniu go blachami, jak i sposobu połączenia i zamocowania z obudową itp.

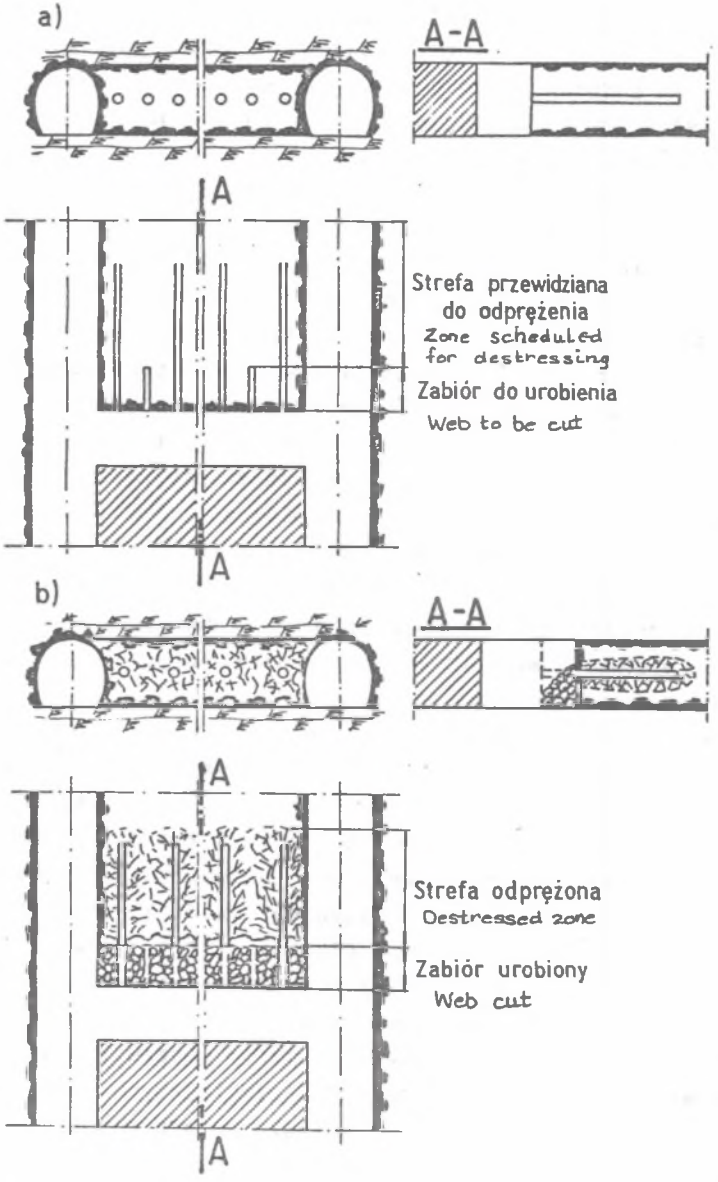
Na zakończenie rozważań na temat strzelań wstrząsowych na urabianie należy pokrótce omówić częstość ich wykonywania, która w aktywnym zwalczaniu tąpań metodami techniki strzelniczej ma istotne znaczenie dla zmniejszenia zagrożenia.

Z dyskusji strzelań wstrząsowo-odprężających przeprowadzonej w p. 4.2.1 stwierdzono między innymi, że im większe są częstotliwości i regularność wykonywania strzelań przy ustalonych innych parametrach oraz niezmiennym stanie zagrożenia, jak również regularnym i ustalonym cyklu robót górniczych, tym większa jest ich skuteczność. Omawiane tu strzelania wstrząsowe dają największe możliwości techniczne w tym zakresie. W razie potrzeby i w określonych warunkach można je wykonywać z częstotliwością jednodobową, jednozmianową a nawet większą. Możliwości takich nie dają lub dają je ze znacznie większymi problemami technicznymi i ruchowymi omówione strzelania odprężające.

4.2.3. Strzelania wstrząsowo-odprężająco-urabiające

Strzelania wstrząsowo-odprężająco-urabiające polegają - mówiąc z dużym uproszczeniem - na równoczesnym wykonaniu w danym zagrożonym przodku górniczym dwóch rodzajów strzelań wstrząsowych, tj. strzelań wstrząsowo-odprężających i wstrząsowo-urabiających (rys.4) [68, 133, 134]. Zadaniem tego typu strzelań wstrząsowych jest możliwie jednoczesne spełnienie trzech warunków, a mianowicie: sprowokowanie tąpań i odprężeń lub wstrząsów w przodku,całkowite urobienie na całej długości przodka górniczego lub określonej jego części przyczołowego pasa calizny węglowej na głębokość danego zabioru oraz zniszczenie struktury węgla (ale nie jego urobienia) określonej szerokości i długości pasa calizny węglowej,zalegającego za pasem urobionym w taki sposób, aby nie był on skłonny do tąpań. Wynika stąd, że ten rodzaj strzelania wstrząsowego wykorzystuje i łączy w jedną całość zalety zarówno strzelania wstrząsowo-odprężającego, jak również strzelania wstrząsowo-urabiającego, przy jednoczesnym ograniczeniu ich wad. Zwiększamy w tym przypadku ładunek MW w stosunku do oddzielnie wykonywanych strzelań odprężających i urabiających oraz powiększamy szerokość pasa węgla o zniszczonej strukturze w stosunku do strzelań urabiających.

Uzyskane tym sposobem dodatkowe możliwości oddziaływania technicznego na górotwór wywierają pozytywny wpływ na zmniejszenie zagrożenia tąpaniami. Z powyższego rozumowania wynika, że prawie wszystkie parametry techniczne i technologiczne omawianego strzelania z wyjątkiem częstości będą sumą połączeniową strzelań odprężających i urabiających wykonywanych samodzielnie. W szczególności optymalny ładunek i liczba otworów w serii będzie sumą algebraiczną tych parametrów składowych strzelań wstrząsowych (tzn. urabiających i odprężających wykonywanych odrębnie). Ponadto mają odpowiednie zastosowanie zasady i kryteria doboru i wykonywania strzelań wstrząsowych odprężających i urabiających. W szczególności parametry techniczne i technologiczne strzelania wstrząsowo-urabiającego powinny być - w świetle podanych zasad i kryteriów - ustalone każdorazowo indywidualnie w metryce strzałowej przez kompetentne osoby dozoru ruchu i zatwierdzone następnie przez kierownictwo kopalni stosownie do warunków oraz doświadczeń górniczych danej kopalni. W razie potrzeby parametry te należy dobierać na podstawie prób i eksperymentu oraz aktualizować stosownie do zachodzących zmian w sytuacji zagrożeniowej.



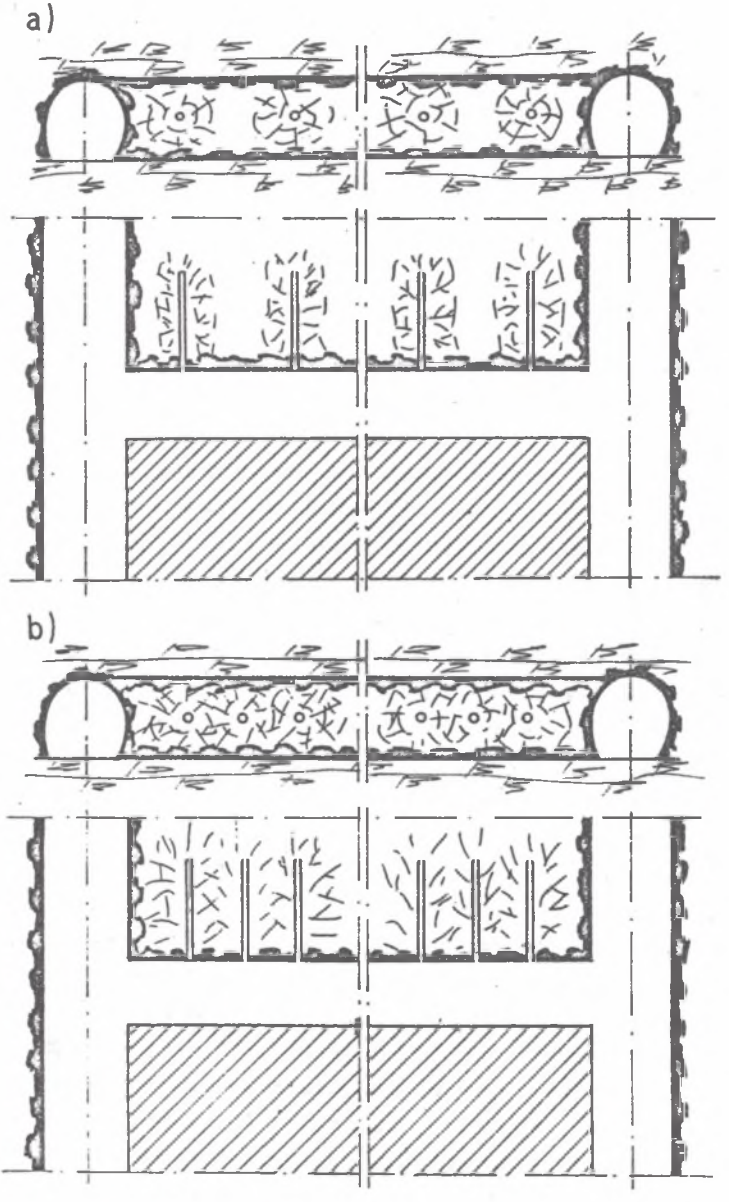
Rys. 4. Schemat strzelania wstrząsowo-odprężająco-urabiającego
a) sytuacja przed strzelaniem
b) po strzelaniu

Fig. 4. Scheme for concussion-destressing-winning shotfiring
a) state prior to shotfiring
b) after shotfiring

Jeśli chodzi o częstość wykonywania rozważanego tutaj strzelania wstrząsowego, to będzie ona taka sama jak częstotliwość mniejsza jednego ze strzelań składowych. W praktyce w naszych warunkach częstością mniejszą charakteryzują się strzelania odprężające i ona będzie częstością poszukiwaną. Zakres i warunki, w których będzie można stosować to strzelanie, pokrywać się będą z zakresem i warunkami, w których stosowane jest strzelanie wstrząsowo-urabiające. Innymi słowy, tam gdzie są warunki geologiczno-górnicze i techniczno-ruchowe do wykonywania strzelania wstrząsowo-urabiającego, tam będzie można zastosować również w razie potrzeby strzelanie wstrząsowo-odprężająco-urabiające i na odwrót.

Należy podkreślić, że w warunkach naszych kopalń węgla stosowanie omawianego strzelania na dłuższych odcinkach postępu robót górniczych ma miejsce stosunkowo rzadko. W większości przypadków w praktyce z różnych zresztą powodów mamy do czynienia z oddzielnym stosowaniem strzelań wstrząsowo-odprężających i wstrząsowo-urabiających. Wynika to z reguły z większych trudności techniczno-ruchowych wykonywania i stosowania strzelań wstrząsowo-odprężająco-urabiających oraz większych trudności merytorycznych w określaniu i doborze ich optymalnych parametrów. Jest bowiem prawdą bezsporną, że dobór optymalnych parametrów strzelań wstrząsowych najłatwiej i najpewniej można określić przy strzelaniach urabiających, trudniej przy odprężających, a najtrudniej i najmniej pewnie przy odprężająco-urabiających. Chodzi tu przede wszystkm o niewytwarzanie omówionych już sklepień ciśnień przy strzelaniach odprężających i odprężająco-urabiających (rys.5) oraz określenie optymalnej zwłoki (o czym za chwilę) przy wykonywaniu strzelań odprężająco-urabiających. Bowiem omawiane w tym ustępie strzelania powinny być tak wykonywane, aby otwory odprężające odpalane były z optymalną zwłoką w stosunku do otworów urabiających. Ma to na celu ułatwienie wykonania zadania otworom odprężającym, których głównym celem jest, jak wiemy, zniszczenie struktury pasa calizny węglowej zalegającej za zabiorem urobionym otworami urabiającymi.

Ułatwienie to wynika z osłabienia wytrzymałości tego pasa calizny węglowej przez obnażenie jego czoła wcześniej odpalonymi otworami urabiającymi. Jeżeli odpalenie otworów urabiających i



Rys. 5. Efekty strzelania wstrząsowego
a) nieprawidłowe
b) prawidłowe

Fig. 5. Effects of concussion shotfiring
a) incorrect
b) correct

odprężających nastąpi w podanym porządku,przy jednoczesnym wystąpieniu superpozycji fal sejsmicznych od odpalanych względem siebie z pewną zwłoką obydwu systemów otworów, wówczas będziemy mieli również największe prawdopodobieństwo sprowokowania wstrząsów, tąpań i odprężeń. W ten sposób ustaloną zwłokę nazywać będziemy zwłoką optymalną w tego rodzaju strzelaniach wstrząsowych. Zwłoka ta,określona na podstawie wyników obserwacji praktycznych,wynosi dla warunków naszych kopalń węgla parę milisekund, najczęściej w granicach 1 -2 milisekund.

W przypadkach, w których mogą wystąpić trudności w merytorycznym ustaleniu milizwłoki lub uzyskania zapalników o pożądanej zwłoce, należy wykonywać przedmiotowe strzelanie z użyciem tylko zapalników momentalnych, podobnie jak przy strzelaniach wstrząsowo-odprężających czy wstrząsowo-urabiających.

Z przeprowadzonego w dużym skrócie omówienia strzelań wstrząsowo-odprężających, wstrząsowo-urabiających i wstrząsowo-odprężająco-urabiających wynika, że każde z nich może mieć uzasadnienienie do zastosowania w zależności od lokalnych warunków geologiczno-górniczych i techniczno-ruchowych. Wszędzie jednak, gdzie to jest możliwe, tj. w przypadkach mocnych stropów i ław węgla nie mających tendencji do opadu lub obwału względnie kominowania stropu oraz niezawodnej pracy urządzeń transportowych,zaleca się wykonywać strzelanie wstrząsowo-odprężająco-urabiające lub wstrząsowo-urabiające. W przypadkach natomiast trudnych warunków geologiczno-górniczych i techniczno-ruchowych, tj. przy słabych stropach,powodujących ich opad lub obwał oraz uniemożliwiających otwarcie przodka na całej lub jego znacznej długości, jak również przy braku wyraźnego uławicenia i słabych ławach węgla sprzyjających tak zwanemu kominowaniu stropu, tudzież niepewniej pracy urządzeń transportowych, należy wykonać strzelania wstrząsowo-odprężające [133, 134].

Dobrze dobrane i wykonane strzelanie wstrząsowe (np. rys.4) - w myśl podanych wyżej kryteriów i zasad - w caliźnie czoła przodków górniczych, w których węgiel znajduje się w stanie wysokiego wytężenia, zwiększa sumaryczną ilość energii wstrząsów sejsmicznych prowokowanych strzelaniem, przy równoczesnym spadku łącznej ilości energii wstrząsów sejsmicznych samoistnych - nieprowokowanych. Przy optymalnym doborze wszystkich parametrów technicznych i technologicznych strzelań do danych konkretnych warunków,

co ma miejsce w przypadku tzw. "wstrzelania się w górotwór", ilość energii wstrząsów wymuszonych nimi może zbliżyć się do łącznej ilości energii wstrząsów sejsmicznych samoistnych i sprowokowanych. W takich przypadkach każdemu prawie strzelaniu wstrząsowemu odpowiadać będzie prawie zawsze odzew górotworu w postaci sprowokowanego wstrząsu sejsmicznego, przy jednoczesnym prawie zaniku wstrząsów samoistnych. Innymi słowy, dobrze przeprowadzone i dobrane strzelanie wstrząsowe może skutecznie zapobiegać występowaniu tąpań. Niestety, ma to miejsce w granicach stosunkowo wąskiego pasma stanu górotworu,określonego potocznie mianem wysokiego wytężenia górotworu. Wniosek ten w pełni potwierdza praktyka górnicza kopalń i autora.

Jak już stwierdzono, otwory strzałowe powinny być zlokalizowane tak, aby zapewnić odstrzelenie materiałów wybuchowych w rejonie, gdzie występuje maksymalne wytężenie pokładu.

Z pewnym uproszczeniem warunek ten można wyrazić w postaci:

$$\sigma_{kr} - \sigma_z = \text{minimum} \qquad (4.5)$$

Według obserwacji praktycznych autora w większości sytuacji górniczych, przy wytrzymałości pokładów mieszczącej się w przedziale przeciętnych wartości oraz głębokości eksploatacji pokładów większej od 500 m, warunek ten równoważny jest postaci:

$$\sigma_{kr} = \sigma_z, \qquad (4.6)$$

gdzie:

σ_{kr} - wytrzymałość węgla pokładu na ściskanie wyznaczona w laboratorium,

σ_z - naprężenia pionowe w caliźnie pokładu wyliczone na podstawie teorii sprężystości i przyjęcia modelu sprężysto-plastycznego oraz jednorodnego i izotropowego górotworu.

W toku dalszych rozważań autor opracowania proponuje zdecydowane zwiększenie siły oddziaływania na górotwór, dzięki czemu aktywne metody zwalczania tąpań za pomocą techniki strzelniczej będą bardziej skuteczne i uzasadnione niż dotychczas.

Na zakończenie rozważań przedstawionych w przedmiotowym rozdziale należy ustosunkować się do klasycznej metody urabiania węgla za pomocą materiałów wybuchowych w pokładach zagrożonych

tąpaniami. Ten sposób urabiania węgla - jak wiemy - polega na odpalaniu otworów strzałowych w krótszych czy dłuższych seriach, stosownie do potrzeb ruchowych. Czas wyczekiwania załogi po strzałach nie przekracza zwykle 15 minut. Miejsce odpalania otworów strzałowych i miejsce wyczekiwania dla załogi określa się zwykle zgodnie z zasadą, aby leżało ono poza strefą przypuszczalnego rozrzutu urabianego robotami strzałowymi węgla.

Taki sposób urabiania calizny w pokładach tąpiących jest z punktu widzenia bezpieczeństwa pracy załóg górniczych niedopuszczalny.Klasyczny sposób urabiania węgla za pomocą materiałów wybuchowych w pokładach rzeczywiście zagrożonych tąpaniami może mieć miejsce nadal, ale tylko jako strzelanie wstrząsowo-urabiające. W tym jednak przypadku powinny obowiązywać w całej rozciągłości "Wytyczne bezpiecznego prowadzenia eksploatacji w pokładach zagrożonych tąpaniami".

W szczególności należy rygorystycznie przestrzegać zasady przedłużonego czasu wyczekiwania załogi po strzałach (min. 40 minut). Miejsce odpalania otworów strzałowych oraz miejsce wyczekiwania dla załogi powinno być wyznaczone w wyrobiskach niezagrożonych, w odległości większej niż 100 m od miejsca strzelania, gdy są one wyznaczone w caliźnie węglowej i w odległości większej niż 40 m, gdy zostały one wyznaczone w wyrobiskach znajdujących się w posadzce lub w otoczeniu zrobów zawałowych itp.

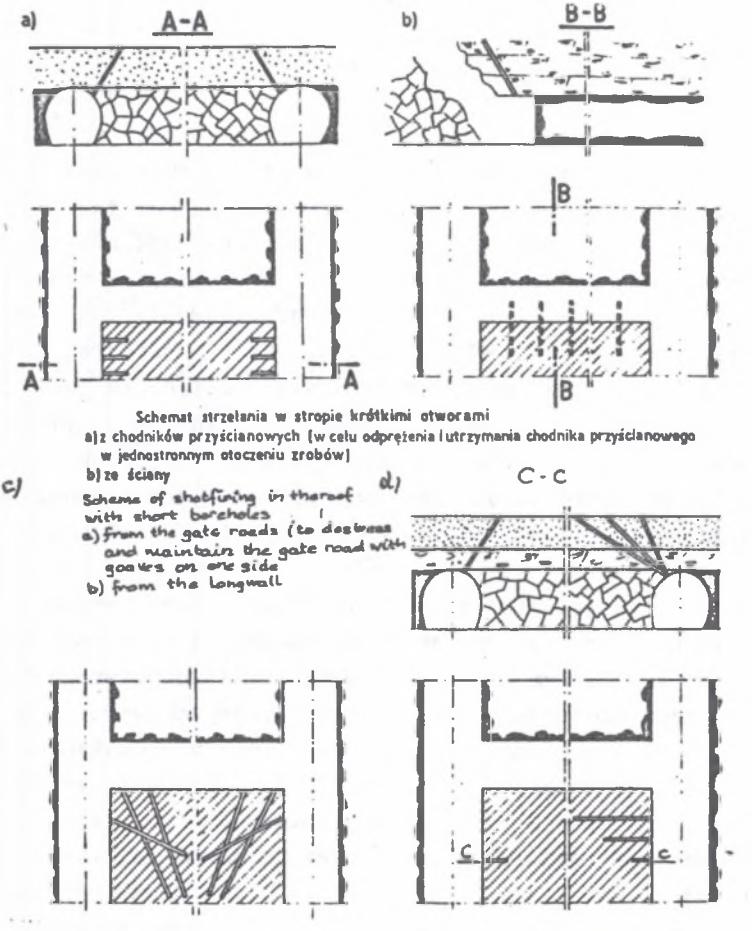
4.2.4. Torpedowanie stropów i spągów

Metoda torpedowania stropów i spągów polega na odwierceniu w skałach zwykle zwięzłych zalegających nad lub pod pokładem otworów strzałowych, z reguły długich, dochodzących do kilkudziesięciu metrów i odpalaniu w nich materiału wybuchowego (zwykle dynamitu) w ilościach do kilkuset kg, a nawet kilku ton. Średnice otworów wahają się w granicach od 42 do kilkudziesięciu milimetrów i rzadko w naszych warunkach przekraczają 100 m/m. Metoda ta ma na celu odprężenie górotworu w sąsiedztwie czynnych wyrobisk górniczych przez osłabienie (przez wywołanie tzw.karbu), zruszenie lub załamanie zawisającego nad zrobami wysięgnika mocnych skał stropowych oraz osłabienie lub zruszenie mocnych skał spągowych.

W naszym górnictwie węglowym metoda ta jest w dalszym ciągu w fazie prób i eksperymentu i może a nawet powinna być stosowana (chociaż nie tylko) do zwalczania tąpań stropowych i spągowych. Zasadniczą trudnością w stosowaniu omawianej metody w naszych kopalniach węgla jest brak odpowiedniej jakości sprzętu wiertniczego do szybkiego wykonania otworów strzałowych w twardych skałach. Ponadto stosowany dotychczas w górnictwie materiał wybuchowy,łącznie z dynamitem,do tego rodzaju skał zalegających w dużej odległości (zwykle od kilkunastu do kilkudziesięciu metrów) od wyrobisk górniczych jest zdecydowanie za słaby. Znacznie częściej w naszych kopalniach stosowane są strzelania w stropie zruszające lub osłabiające w celu wywołania pełnego i głębokiego zawału lub skrócenia zawisającego wspornika skalnego. Zruszenie lub osłabienie stropu skalnego możemy przeprowadzić stosując strzelania krótkimi otworami od 1,5 do 8 m, a nawet 10 m (średnio ok. 6 m) i nachylonych pod kątem ok. 60^{0} do pokładu lub stosując strzelania długimi otworami (ok. 30-60 m), wierconymi z chodników przyścianowych (chociaż nie tylko) z niewielkim odchyleniem od pionu lub poziomu (zwykle do ok. 30^{0}) w kierunku zrobów lub calizny (rys.6) [9, 116].

Roboty strzelnicze torpedujące strop lub spąg pokładu, w którym prowadzimy roboty górnicze, powinny być,podobnie jak strzelania wstrząsowe w węglu,wykonywane w strefach największego wytężenia górotworu dla zwiększenia ich efektywności, jak również na podstawie odrębnej dokumentacji opracowanej i zatwierdzonej w obowiązującym trybie.

W ostatnim czasie przystąpiono również do wypróbowania metody szczelinowania mocnych piaskowców i łupków piaszczystych zalegających w stropie i spągu pokładu za pomocą płynnego medium [71, 130]. Chodzi tutaj o osłabienie lub zniszczenie struktury mocnych skał za pomocą wtłaczania odpowiedniej ilości i pod odpowiednio wysokim ciśnieniem wody,z ewentualnymi dodatkami. Dotychczasowe wyniki uzyskane w zakresie zarówno torpedowania,jak i szczelinowania stropów i spągów są znikome. Z drugiej strony należy do tego dodać dużą pracochłonność i koszty finansowe, a także trudności techniczne w ich realizacji, szczególnie na odcinku wiercenia otworów w mocnych i twardych skałach (brak odpowiednich urządzeń wiertniczych).



Schemat strzelania w stropie krótkimi otworami
a) z chodników przyścianowych (w celu odprężenia i utrzymania chodnika przyścianowego w jednostronnym otoczeniu zrobów)
b) ze ściany

Scheme of shotfiring in the roof with short boreholes
a) from the gate roads (to destress and maintain the gate road with goaves on one side
b) from the longwall

Rys. 6. Torpedowanie i zruszanie stropów
Schemat strzelania w stropie krótkimi otworami: a) z chodników przyścianowych-w celu odprężenia i utrzymania chodnika przyściennego w jednostronnym otoczeniu zrobów, b) ze ściany
Schemat strzelania w stropie długimi otworami: c) otwory wykonywane ze ściany i chodników przyścianowych, d) otwory wykonywane z chodników przyścianowych

Fig. 6. Torpedo shooting and loosening of the roof
Scheme of shotfining in the roof with short boreholes: a) from the gate roads- to destress and maintain the gate road with goaves on one side, b) from the longwall
Scheme of shotfiring in the roof with long boreholes: c) holes drilled from the longwall and gate roads, d) holes drilled from the gate roads.

Wszystko to upoważnia do stwierdzenia, że w omawianej metodzie oddziaływanie na górotwór posiadanymi środkami technicznymi i technologicznymi jest ciągle za słabe w stosunku do atakowanych warstw górotworu, zalegających w podanych warunkach. Innymi słowy,górotwór jest zbyt mocny, a środki techniczne i technologiczne do oddziaływania w kierunku zmiany jego własności są zbyt słabe. Stąd wyniki metody są mało skuteczne. Tym niemniej,metoda ta,jako perspektywiczna i rokująca pewne nadzieje na przyszłość,powinna być przedmiotem stałej codziennej troski i obserwacji oraz badań naukowców i praktyków górnictwa w celu jej dopracowania tak, aby wyniki jej zastosowania były widoczne. Jest to tym bardziej konieczne, że metoda ta - jak dotychczas - jest praktycznie jedyną metodą aktywnego zwalczania tąpań w trudnych i złożonych sytuacjach zagrożeniowych, w których wykonanie otworów wiertniczych w węglu ze względu na krytyczny stan wytężenia pokładu jest kłopotliwe, a nawet wręcz niemożliwe (wciąganie, zaciskanie i zakleszczanie wiertła).

Podsumowując rozważania na temat zwalczania tąpań metodami strzelań wstrząsowych suchych należy zauważyć, że powinny one być stosowane w strefach największego wytężenia górotworu. Tylko w takich przypadkach rezultaty w wyniku ich zastosowania mogą być zadowalające oraz najbardziej efektywne, głównie w postacisprowokowanych wstrząsów , tąpań i odprężeń. Dotyczy to w szczególności strzelań odprężających i odprężająco-urabiających,e przede wszystkim torpedowania stropów i spągów. Autor jest zdania, że największe możliwości techniczne szczelinowania mocnych warstw skalnych powinny dać strzelania wstrząsowe mokre,tj. metoda udarowego hydraulicznego szczelinowania górotworu opisana w rozdziale 7 pracy.

Autor na podstawie osobistych praktycznych obserwacji górniczych w kopalniach, analizy warunków geologiczno-górniczych i techniczno-ruchwych, badań geofizycznych i sondażu wierceniowego, jak również rozważań analitycznych przeprowadzonych w pracy [64] doszedł do przekonania, że dla naszych kopalń zagrożonych tąpaniami strefa największego wytężenia w pokładach węgla zalega zwykle w odległości 2-8 m od ociosu i zależna jest między innymi od grubości i głębokości zalegania pokładu, od własności fizyko-mechanicznych górotworu i jego stratygrafii, parametrów techniczno-ruchowych eksploatacji itp.

Zależność pomiędzy odległością "y" punktu maksymalnego wytężenia pokładu od ociosu a własnościami fizyko-mechanicznymi górotworu i parametrami eksploatacji można by wyrazić za pomocą funkcji o postaci:

$$y = f(E, \nu, H, h, V, k, l, \ldots), \qquad (4.7)$$

gdzie:

E - moduł Younga,
ν - liczba Poissona,
H - głębokość zalegania ekspl. pokładu,
h - grubość pokładu lub warstwy,
V - szybkość postępu frontu eksploat.,
k - sposób kierowania stropem,
l - szerokość otwarcia ściany itd.

Z powyższego zapisu wynika, że wielkość "y" jest funkcją wielu zmiennych, przy czym nieznana jest sama funkcja "f". Rozwiązania przedstawionego równania można by dokonać metodą analityczną z wykorzystaniem techniki komputerowej, co dokonano w pracy [40]. Praktycznie odległość "y" punktu (strefy) maksymalnego wytężenia pokładu określamy w wyniku analizy warunków geologiczno-górniczych i techniczno-ruchowych, obserwacji geofizycznych i sondażu wierceniowego, jak również rozważań analitycznych.

4.3. PRÓBA ILOŚCIOWEGO OKREŚLENIA EFEKTYWNOŚCI STRZELAŃ WSTRZĄSOWYCH W ASPEKCIE ZWALCZANIA ZAGROŻENIA TĄPANIAMI

Z przeprowadzonych rozważań wynika, że zasadniczym problemem dla praktyki górniczej jest zagadnienie efektywności strzelań wstrząsowych. Obszernie była na ten temat mowa w sposób opisowy i jakościowy w poprzednich ustępach opracowania.

Autor podjął próbę określenia efektywności strzelań wstrząsowych w ujęciu ilościowym za pomocą następującego wzoru:

$$\eta_{sw} = \frac{\sum Es_{sw}}{\sum Es_{cał.}} \cdot 100\% , \qquad (4.8)$$

gdzie:

η_{sw} - efektywność strzelań wstrząsowych w % stosowanych w danym przodku górniczym,

$\sum Es_{sw}$ - suma energii sejsmicznej wyemitowanej z danego górotworu w postaci wstrząsów sejsmicznych oraz tąpań i odprężeń górotworu, sprowokowanych strzelaniami wstrząsowymi,

$\sum Es_{cał.}$ - suma energii sejsmicznej całkowitej wypromieniowanej z obserwowanego górotworu, w którym prowadzimy roboty górnicze z zastosowaniem strzelań wstrząsowych, w postaci wstrząsów sejsmicznych oraz tąpań i odprężeń górotworu, sprowokowanych i niesprowokowanych strzelaniami wstrząsowymi.

Wzór (4.8), zdaniem autora, może dobrze oddawać istotę oraz być miarą efektywności i określonego rodzaju strzelań wstrząsowych. Potwierdza to praktyka górnicza wielu naszych kopalń węgla kamiennego, stosujących strzelania wstrząsowe.

Dla przykładu można podać wyniki uzyskane w tym zakresie w ścianie XXI pokładu 501, poz. 680 m w oddziale KGVI KWK "Wujek". W okresie od maja do 11.11.1986 r. w omawianej ścianie efektywność strzelań wstrząsowo-odprężających wynosiła 30%. Natomiast w następnym okresie, tj. od 12.11 do 11.12.1986 r. po odpowiednim zwiększeniu ładunku MW i częstości strzelań wstrząsowych do 2 razy na dobę efektywność ta wzrosła do 96,5%. W tym przypadku możemy mówić o prawie idealnym doborze wszystkich parametrów technicznych i technologicznych strzelań wstrząsowych w danej ścianie i osiągnięciu tzw. wstrzelania się w górotwór. Wynik ten osiągnięto głównie przez wprowadzenie tzw. "międzystrzelań", wykonywanych zwykle na zm. B ładunkiem 80 kg + 30 kg MW po uzyskaniu co najmniej 0,6 m postępu ściany od wykonania - z reguły na zm. C - zasadniczego strzelania wstrząsowo-odprężająco-urabiającego ładunkiem 150 kg + 30 kg MW.

Przykład ten może być jeszcze jednym niezbitym dowodem na temat konieczności doboru - stosownie do warunków lokalnych - i optymalizacji parametrów technicznych i technologicznych strzelań wstrząsowych dla podniesienia ich efektywności.

Również pomocny w ocenie danych strzelań wstrząsowych głównie pod kątem nakładów pracy żywej i uprzedmiotowionej na ich wyko-

nanie może być, zdaniem autora, wskaźnik natężenia strzelań wstrząsowych w danym przodku górniczym i w określonym czasie, wyrażony za pomocą następującego wzoru:

$$\eta_{sw} = \frac{\sum MW}{l \times p}, \qquad (4.9)$$

gdzie:

η_{sw} - średni wskaźnik natężenia strzelań wstrząsowych w danym czasie w kg MW na 1 mb długości i postępu danego przodka,

$\sum MW$ - ilość przestrzelonego materiału wybuchowego w kg w danym przodku i czasie,

l - długość przodka górniczego w m,

p - sumaryczny postęp danego przodka górniczego w m w danym czasie.

W omawianej ścianie średni wskaźnik n_{sw} w okresie od 1.09. do 10.12.1986 r. wynosił 1,02 kg na 1 mb długości i postępu tej ściany. Przy tym wskaźniku natężenia strzelań w przedmiotowej ścianie uzyskano podany doskonały wynik efektywności, wynoszący 96,5% (wyniki analizy tąpnięć w ścianie XXI pokł. 501 KWK "Wujek").

Na zakończenie rozważań na temat efektywności strzelań należy podkreślić, że wzór (4.8) może być ilościową miarą skuteczności strzelań wstrząsowo-urabiających i wstrząsowo-odprężająco-urabiających wówczas, gdy górotwór jest w stanie dużej koncentracji naprężeń i dużego wytężenia. W sytuacjach mniejszego wytężenia górotworu i przypadkach strzelań wstrząsowo-odprężających określenie ich efektywności może napotkać na trudności i wymaga odrębnego potraktowania na gruncie teorii szczelin i mechaniki pękania, jak również pomiarów w kopalniach w warunkach in situ w zakresie zeszczelinowania górotworu danymi strzelaniami wstrząsowymi.

4.4. ISTOTA I MECHANIZM STRZELAŃ WSTRZĄSOWYCH W ASPEKCIE ZWALCZANIA TĄPAŃ WEDŁUG AUTORA

Z przedstawionych wyżej rozważań oraz obserwacji i doświadczeń górniczych wynika, że najbardziej efektywne i skuteczne są strzelania wstrząsowo-odprężająco-urabiające i wstrząsowo-

urabiające, które w gruncie rzeczy sprowadzają się do prowokowania tąpań i odprężeń górotworu lub jego wstrząsów w granicach - jak wiemy - stosunkowo wąskiego pasma stanu górotworu,będącego w stanie bliskim krytycznego wytężenia. Dzieje się tak głównie z dwóch powodów.

Po pierwsze, strzelania wstrząsowo-odprężająco-urabiające dają możliwość techniczną większego odpalania ładunku MW w serii. Większa zaś ilość materiału wybuchowego (według dotychczasowego poglądu) daje większy efekt sejsmiczny wynikający z superpozycji fal sejsmicznych pochodzących od ładunków MW,umieszczonych w poszczególnych otworach [128].

Po wtóre, strzelania wstrząsowo-odprężająco-urabiające, a w szczególności strzelania wstrząsowo-urabiające,zdaniem autora, powodują raptowne odsłonięcie stropu o wielkość wynikającą z iloczynu głębokości urobionego zabioru i długości odcinka odstrzelonego przodka górniczego, jak również powodują gwałtowne odsłonięcie i zbliżenie do ociosu strefy podwyższonych naprężeń o wielkość głębokości zabioru urobionego tymi strzelaniami. Taki przebieg zjawiska daje z jednej strony większe obciążenia dynamiczne calizny węglowej, z drugiej zaś strony poprzez zbliżenie strefy maksymalnych naprężeń do ociosu zmniejsza jego wytrzymałość, a zwiększa wytężenie. Stąd prawdopodobnie wynika większa efektywność strzelań wstrząsowo-odprężająco-urabiających i strzelań wstrząsowo-urabiających od strzelań wstrząsowo-odprężających w zakresie prowokowania tąpań i odprężeń górotworu.

Takie spojrzenie na omawiany problem stanowi zdaniem autora konieczne uzupełnienie i rozszerzenie dotychczasowego poglądu interpretacji istoty i mechanizmu strzelań wstrząsowych dla zwalczania zagrożenia tąpaniami. Ten zweryfikowany pogląd potwierdza praktyka górnicza. W szczególności wyjaśnia ona dotychczasową tajemnicę, dlaczego skuteczność strzelań wstrząsowych, a zwłaszcza strzelań wstrząsowo-urabiających wzrasta, ale tylko do pewnej granicy wielkości, ze wzrostem odpalonego MW w serii [97]. Po przekroczeniu tej granicznej wielkości ładunku MW, charakterystycznej dla lokalnych warunków geologiczno-górniczych i techniczno-ruchowych oraz stopnia i rozmiarów zagrożenia, skuteczność strzelań już nie wzrasta mimo wzrostu materiału wybuchowego. Tą wielkością graniczną ilości MW, powyżej której efektyw-

ność strzelań wstrząsowych już nie wzrasta, jest wielkość ładunku optymalnego dla danego strzelania wstrząsowego.

Przedstawiony pogląd na mechanizm i istotę strzelań wstrząsowych rzuca - zdaniem autora - nowe światło na przydatność i celowość stosowania strzelań do zwalczania tąpań. Wynika z niego, że efektywność strzelań wstrząsowych w zakresie prowokowania tąpań i odprężeń zależy głównie od wielkości odkrytego stropu tymi strzelaniami, tj. im większa powierzchnia odkrytego stropu, tym większa skuteczność i na odwrót. Ale wielkość odkrytego stropu robotami strzelniczymi, jak wiemy, nie powinna i nie może być dowolna. Dlatego też te i inne zagadnienia dotyczące omawianej problematyki,a zwłaszcza optymalnych parametrów strzelań w świetle nowych przedstawionych wyżej na ten temat rozważań i poglądów,wymagają oddzielnego potraktowania i dyskusji. Stąd całość tej niewątpliwie złożonej i pasjonującej problematyki będzie przedmiotem analizy w następnym punkcie pracy.

4.4.1. Nowe zasady i kryteria doboru optymalnych parametrów strzelań wstrząsowych w aspekcie zwalczania tąpań według autora

Analizując dotychczasowe poglądy i opinie na temat efektywności strzelań wstrząsowych w celu zwalczania tąpań,należy stwierdzić, że są one daleko niewystarczające, a nawet niejednokrotnie sprzeczne z praktyką górniczą.

Dano temu szczególny wyraz w punkcie 4.4 niniejszej pracy. Nowa interpretacja istoty i mechanizmu strzelań wstrząsowych dla zwalczania tąpań usuwa tę sprzeczność oraz rzuca nowe światło na tę problematykę.

Wyjaśnienie tajemnicy, dlaczego skuteczność strzelań wstrząsowych rośnie ze wzrostem ilości MW, ale tylko do pewnej wartości granicznej, jest dobrym wstępem do dalszych rozważań na ten temat oraz wprowadzenia nowych pojęć i wielkości,jak również określenia ich definicji.

Prowadząc rozważania po tej linii i oznaczając odpowiednio przez:

P_s - dopuszczalną wielkość odkrycia stropu robotami strzelniczymi w m^2, przy której jeszcze nie następuje obwał lub zawał stropu w danych konkretnych warunkach geologiczno-górniczych i techniczno-ruchowych.

Wielkość ta powinna być określona na podstawie badań i obliczeń wytrzymałościowych i wytężeniowych górotworu, o których jest mowa w pracy [52] oraz lokalnych doświadczeń górniczych danej kopalni;

P_t - minimalną wielkość powierzchni odkrytego stropu robotami strzelniczymi w m^2, potrzebną w danych warunkach do sprowokowania tąpnięcia lub odprężenia górotworu. Wielkość ta powinna być określona również na podstawie wymienionych badań oraz dotychczasowych lokalnych doświadczeń górniczych kopalni. W razie potrzeby wielkość ta powinna być określona na podstawie prób i eksperymentu;

P_{zs} - powierzchnię zabioru wywołaną robotami strzelniczymi w m^2. Wielkość ta równa się iloczynowi efektywnego zabioru robót strzelniczych przez długość całkowitą przodka;

P_{zk} - powierzchnię zabioru kombajnu wynikłą z cyklu produkcyjnego i procesu technologicznego eksploatacji w m^2. Wielkość ta równa się iloczynowi efektywnego zabioru kombbajnu (długość wrębnik w m - 0,2 m) przez całkowitą długość przodka;;

dochodzimy do ustalenia między wymienionymi wielkościami wzorów, mających kapitalne znaczenie dla praktyki górniczej, a mianowicie:

jeżeli

$$P_s > P_t , \qquad (4.10)$$

wówczas może być stosowane strzelanie wstrząsowo-urabiające lub wstrząsowo-odprężająco-urabiające. Wzór (4.10) zachodzi więc i może być stosowany w korzystnych warunkach stropowych i przy jednoczesnym występowaniu stosunkowo dużego wytężenia górotworu.

Jeżeli natomiast

$$P_s \leqslant P_t , \qquad (4.11)$$

wówczas może być stosowane tylko strzelanie wstrząsowo-odprężające lub inne metody aktywnego zwalczania tąpań. Wzór ten może zachodzić i mieć miejsce w dość trudnych warunkach stropowych lub przy stosunkowo małym wytężeniu górotworu.

Zatem wzory (4.10) i (4.11) pozwalają nam rozstrzygnąć w sposób jednoznaczny kwestię wyboru rodzaju strzelań wstrząsowych. Jeżeli mamy do czynienia z warunkami określonymi wzorem (4.10), tj. w przypadku występowania dobrych warunków stropowych i możliwościami wykonywania z tego tytułu strzelań wstrząsowo-urabiających lub wstrząsowo-odprężająco-urabiających, to dalszy sposób doboru parametrów strzelań powinien być dokonywany w następujący sposób:

Z przeprowadzonych rozważań oraz na podstawie pojęć i wielkości wynika również zależność:

$$P_s > P_{zs} \geqslant P_t \geqslant \eta \cdot P_{zk} , \qquad (4.12)$$

gdzie liczba $\eta = 1,2,3$ itd. oznacza liczbę pełnych zabiorów kombajnu.

Z nierówności (4.12) można wyprowadzić bardzo ważne dla praktyki górniczej zależności:

$$P_{zs} \geqslant P_t , \qquad (4.13)$$

$$P_{zs} \geqslant \eta \cdot P_{zk} \qquad (4.14)$$

oraz

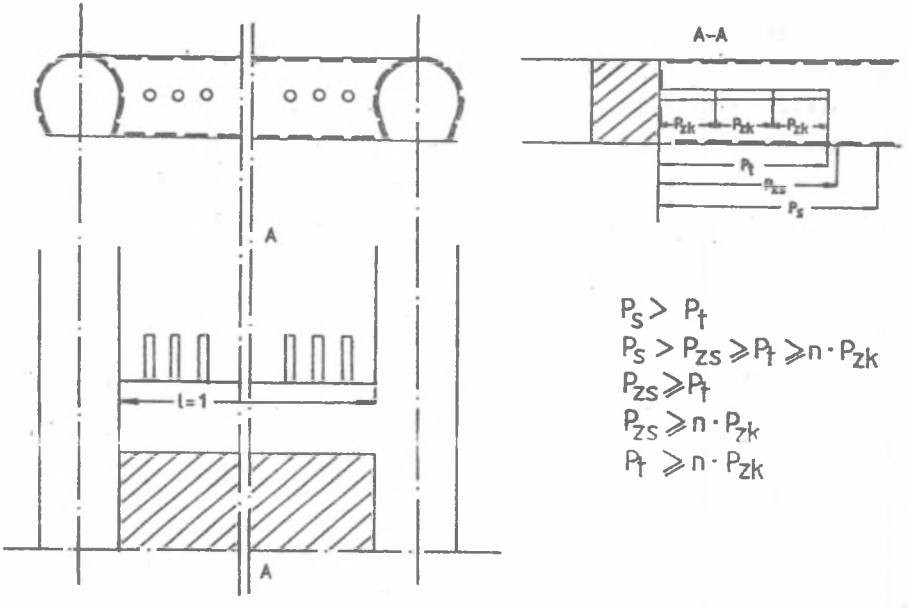
$$P_t \geqslant \eta \cdot P_{zk} . \qquad (4.15)$$

Nierówność określona wzorem (4.13) wyraża zasadę, że powierzchnia odkrytego stropu objęta strzelaniami wstrząsowymi musi być większa lub przynajmniej równa minimalnej powierzchni otwartego stropu potrzebnej do wywołania kontrolowanego tąpnięcia lub odprężenia.

Nierówność określona wzorem (4.14) wyraża zasadę (po przetłumaczeniu jej na język praktyki górniczej),że kombajn w warunkach zagrożenia nie powinien urabiać calizny węglowej, a tylko ładować urobiony węgiel robotami strzelniczymi, czyli pracować wyłącznie jako ładowarka.

Zaś nierówność (4.15) wyraża zasadę, że minimalna powierzchnia stropu odkrytego robotami,objęta strzelaniami wstrząsowymi,potrzebna do sprowokowania lub odprężenia górotworu, powinna być co najmniej równa jednemu zabiorowi kombajnu. Wówczas częstotliwość strzelań powinna być 1 raz na 1 zabiór kombajnu, czyli jednozabiorowa. Jeżeli natomiast ta powierzchnia P_t będzie mniejsza lub co najwyżej równa 2 zabiorom a mniejsza od 3 zabiorów kombaj-

nu, to częstość strzelań powinna być 1 raz na dwa zabiory kombajnu, czyli dwuzabiorowa itd. Wzory (4.14) i (4.15) zwracają uwagę, że cząstość strzelań należy ustalić na liczbę zabiorów kombajnu, a nie, jak to było dotychczas, na liczbę (przeprowadzonych) zmian czy dób, czyli na częstotliwość czasową. Ponadto wzory te należy również interpretować, że powierzchnie P_{zs} i P_t, jakkolwiek muszą być co najmniej równe jednemu pełnemu zabiorowi kombajnu lub jego wielokrotności, to jednocześnie powinny być niewiele większe od tego zabioru lub jego wielkości, aby nie stwarzać trudności technologicznych w odwiercaniu i załadowywaniu MW przy następnym strzelaniu (rys.7).



Rys. 7. Schemat przedstawiający nowe pojęcia i wielkości wprowadzone przez autora do problematyki zwalczania tąpań metodą strzelań wstrząsowo-urabiających i wstrząsowo-odprężająco-urabiających

Uwaga: Wielkości P_s, P_t, P_{zs} i P_{zk} zdefiniowane są w punkcie 4.4.1 pracy

Fig. 7. Scheme showing the new concepts and magnitudes introduced by the author in the problem matter of combating rock bursts using the method of concussion-winning and concussion-destressing-winning shotfiring

N.B. Magnitudes P_s, P_t, P_{zs} and P_{zk} are defined in pt. 4.4.1 of the text

W praktyce naszych kopalń w większości przypadków powierzchnia P_s zwykle nie przekracza powierzchni 1 zabioru kombajnu, rzadziej 2 zabiorów, a jeszcze rzadziej 3 lub więcej zabiorów. Przyjmując następnie, że w warunkach naszych kopalń średnio na jedną zmianę wykonywany jest zwykle 1 pełny zabiór kombajnu, rzadziej 2 lub 3 zabiory, wówczas częstość czasowa wykonywania strzelań powinna wynosić 1 raz na zmianę, 1 raz na dwie zmiany lub w najgorszym przypadku 1 raz na dobę,przy równoczesnym zachowaniu zależności określonych wymienionymi nierównościami. Warto również podkreślić, że zarówno częstość czasowa SW, jak również częstość postępowa ustalona na liczbę wykonywanych metrów postępu lub zabiorów kombajnowych są równie ważne.*)Pierwsza, szczególnie w zakresie równomierności i regularności oraz cykliczności prowadzonych robót i co za tym idzie, regularności i cykliczności wykonywanych strzelań. Druga zaś częstość głównie pod względem szybkości i postępu prowadzonych robót górniczych. Obie więc częstości strzelań wstrząsowych razem wzięte stanowią logiczną całość zazębiając się i uzupełniając wzajemnie.

Z nowej interpretacji istoty i mechanizmu strzelań wynika, jak wiemy, między innymi zasada, że prowokacja wstrząsów, tąpań lub odprężeń górotworu zależy głównie od wielkości odkrytej powierzchni stropu robotami strzałowymi, a nie od ilości odpalonego MW. Ze stwierdzenia tego wynika automatycznie dalsza zasada doboru parametrów, że zakres robót strzałowych powinien być wykonywany na całej długości przodka, a nie tylko na jego zagrożonej części, jak to dotychczas niejednokrotnie było.

Z powyższych analiz i rozważań wynikają też zupełnie inne wnioski i spojrzenia na pozostałe optymalne parametry strzelań, tj. głębokość i nachylenie oraz rozmieszczenie otworów strzałowych, jak również wielkość ładunków MW w poszczególnych otworach i w całej serii przodka itp. Parametry te przede wszystkim powinny być podporządkowane wymienionym zasadom, a w szczególności dopuszczalnemu i optymalnemu otwarciu stropu pokładu oraz optymalnemu

*) Autor wprowadził i rozróżnia dwa rodzaje częstości strzelań wstrząsowych. Częstość czasową, tj. liczbę SW przypadającą na jednostkę czasu, którą jest część lub wielokrotność doby oraz częstość postępową, tj. liczbę SW przypadającą na jednostkę postępu przodka, którą są metry lub zabiory kombajnu.

urabianiu calizny węglowej zgodnie z zasadami nauki i techniki, jak również ekonomiki. Zatem głębokość i nachylenie oraz rozmieszczenie otworów strzałowych, jak również wielkość ładunków MW w poszczególnych otworach i w całej serii powinny być takie, aby urabianie i rozdrobnienie calizny węglowej było optymalne, tj. zgodne z zapotrzebowaniami odbiorców i wymogami ekonomiki. Dobór pozostałych parametrów takich, jak: rodzaj MW i zapalników, sposób ich załadowania i odpalania, miejsce odpalania i obstawy oraz wyczekiwania załogi, zasady opracowywania i zatwierdzania dokumentacji, jak również dozoru i nadzoru przedmiotowych robót pozostają bez zmian i powinny być zgodne z dotychczasowymi wytycznymi i przepisami obowiązującymi w tym zakresie.

Na zakończenie dyskusji i analizy omawianego tematu warto ponownie podkreślić, że strzelanie wstrząsowe dobrane i przeprowadzone w myśl podanych zmodyfikowanych kryteriów i zasad powinno z reguły każdorazowo sprowokować wstrząs, tąpnięcie lub odprężenie górotworu,zwiększając radykalnie efektywność strzelań oraz bezpieczeństwo pracy załóg górniczych. W praktyce górniczej może to mieć miejsce w korzystnych warunkach stropowych, gdy dopuszczalna powierzchnia odkrytego stropu P_s, uwarunkowana górniczo-geologicznymi warunkami lokalnymi, jest większa od minimalnej wielkości powierzchni "P_t" odkrytego stropu robotami strzałowymi, potrzebnej do sprowokowania tąpnięcia lub odprężenia górotworu. W tym przypadku suma wielkości powierzchni zabiorów kombajnu powinna być większa lub co najmniej równa minimalnej wielkości powierzchni "P_t" odkrytego stropu. W tym kontekście bardzo wydaje się być korzystna uwaga, aby w czasie eksploatacji pokładów silnie zagrożonych tąpaniami obowiązywała również zasada mniejszego organu kombajnu przy większej częstości wykonywania cykli tych zabiorów. W tym sensie powierzchnia zabiorów kombajnów "P_{zk}" mniejsza od wielkości powierzchni "P_t" odkrytego stropu w praktyce górniczej jest zjawiskiem pożądanym. W ten sposób zwiększamy stosowanie mechanicznej metody wybierania zagrożonych tąpaniami pokładów i poprawiamy stan bhp.

Natomiast sytuacja odwrotna, tj. gdy minimalna powierzchnia odkrytego stropu "P_t" robotami strzałowymi jest większa od dopuszczalnej wielkości odkrytego stropu "P_s" i powierzchni zabioru kombajnu "P_{zk}" (ze względu na trudne warunki stropowe) jest

absolutnie niepożądana, chociaż w praktyce może występować dość często. W takiej sytuacji strzelanie powinno być wstrząsowo-odprężające, zwane często kamufletowym. W tym jednak przypadku powinny być wykonywane strzelania wstrząsowe mokre, których parametry na obecnym etapie wiedzy górniczej należy wyznaczyć doświadczalnie na podstawie dotychczasowej praktyki górniczej lub prób i eksperymentów.

W przyszłości, po zrealizowaniu problematyki badawczej podanej w dalszej części pracy, prawdopodobnie możliwe będzie ich określenie na gruncie teorii szczelin i mechaniki pękania. Oczywistą rzeczą jest, że strzelanie dobrane i wykonywane w podany sposób należy również w praktyce, tak jak to było dotychczas, ciągle weryfikować i aktualizować stosownie do zachodzących zmian w warunkach geologiczno-górniczych i techniczno-ruchowych oraz wynikających z nich sytuacji zagrożeniowych. W takich przypadkach mogą się zmieniać poszczególne wielkości, ale zależności między nimi, określone podanymi wzorami, pozostają aktualne i bez zmian, podobnie jak aktualna i bez zmian powinna pozostać przedstawiona metoda ich doboru i wyznaczania.

5. SZCZELINOWATOŚĆ GÓROTWORU

Przez szczelinowatość górotworu rozumieć będziemy wszelkie występujące w nim nieciągłości bez względu na ich charakter i przyczyny powstania. Górotwór z natury swojej jest mniej lub bardziej nieciągły (w praktyce górniczej częściej mówimy mniej lub bardziej szczelinowaty). Zależy to między innymi z jednej strony od rodzaju i własności fizyko-mechanicznych górotworu, jego stratygrafii i tektoniki, z drugiej strony, chociaż w stopniu znacznie mniejszym, od sposobu i stopnia zaawansowania prowadzonych w nim robót górniczych. Szczelinowatość górotworu jest najmniej zauważalna na etapie robót poszukiwawczych, bardziej na etapie robót przygotowawczych, a najbardziej zauważana jest na etapie rozwiniętych i zaawansowanych robót eksploatacyjnych.

Szczelinowatość górotworu można i należy - zdaniem autora - podzielić na dwie grupy, a mianowicie:

- szczelinowatość naturalną (pierwotną) oraz
- szczelinowatość sztuczną (wtórną).

Szczelinowatość ogólna górotworu, będąca sumą szczelinowatości pierwotnej i wtórnej, ma duży wpływ na przebieg procesu technologicznego produkcji węgla oraz na możliwość wystąpienia i przebieg naturalnych zagrożeń górniczych, tj. zagrożenia tąpaniami, metanowego, pyłowego, pożarowego, wodnego i zawałowego. Zatem pełna znajomość szczelinowatości górotworu i umiejętność oddziaływania na nią środkami technicznymi w przypadku szczelinowatości wtórnej w celu jej zwiększenia (tąpania) lub zmiejszenia (pożary i zwały) ma kapitalne znaczenie dla praktyki górniczej.

5.1. SZCZELINOWATOŚĆ NATURALNA (PIERWOTNA)

W pojęciu szczelinowatości naturalnej lub pierotnej górotworu mieszczą się wszelkiego rodzaju występujące w nim naturalne nieciągłości. Należeć tu będą różne deformacje nieciągłe, tj. uskoki, przesunięcia i pęknięcia warstw skalnych. W praktyce górniczej będą to powszechnie znane i wszędzie występujące uskoki, cios i kliważ, pory i mikroszczeliny oraz znacznie mniej znane fleksury i nasunięcia śródwarstwowe [82, 83].

Cechą charakterystyczną szczelinowatości naturalnej jest to, że została wytworzona przez naturę w wyniku procesów geologicznych zachodzących w skorupie ziemskiej i na jej powierzchni. Sieć przestrzenna tej szczelinowatości jest różnych rozmiarów i kształtów. Obserwować ją możemy w skali całej masy górotworu [83].

5.2. SZCZELINOWATOŚĆ SZTUCZNA (WTÓRNA)

W odróżnieniu do opisanej szczelinowatości naturalnej górotworu mamy jeszcze do czynienia w praktyce górniczej ze szczelinowatością sztuczną albo wtórną. Jest to szczelinowatość powstała w wyniku oddziaływania na górotwór środkami technicznymi w sposób zamierzony lub niezamierzony. Oddziaływaniem na górotwór środkami technicznymi przez człowieka w sposób niezamierzony, które wywołują między innymi sztuczną szczelinowatość, może być prowadzenie robót górniczych, a w szczególności robót eksploatacyjnych. W tym przypadku zamierzonym celem działalności górniczej człowieka jest produkcja węgla lub innej kopaliny użytecznej. Natomiast rezultatem ubocznym niezamierzonym może być szczelinowatość oraz inne, nieraz bardzo niekorzystne,zjawiska, jak np. degradacja środowiska naturalnego człowieka. Natomiast oddziaływanie na górotwór środkami technicznymi w sposób zamierzony dla wywołania sztucznej szczelinowatości może być osiągnięte tzw. środkami aktywnymi, tj. za pomocą różnego rodzaju strzelań w caliźnie pokładu lub w skałach otaczających pokład w sąsiedztwie wyrobisk górniczych oraz nawadniania górotworu przy zastosowaniu wysokiego ciśnienia wody różnymi metodami i sposobami.

Powiadamy, że w pierwszym przypadku wtórną szczelinowatość górotworu osiągamy górniczymi środkami prewencyjnymi, w drugim zaś przypadku górniczymi środkami aktywnymi.

Z przedstawionych rozważań na temat szczelinowatości wtórnej górotworu wynika, że mamy jak gdyby do czynienia z trzema rodzajami jej wywoływania, a mianowicie:

- szczelinowatość wywołana robotami górniczymi,
- szczelinowatość wywołana robotami nawadniającymi oraz
- szczelinowatość wywołana robotami strzałowymi.

Razem wzięte stanowią one, jak wiemy, tzw. grupę szczelinowatości sztucznej górotworu.

Należy jeszcze raz podkreślić, że szczelinowatość sztuczna wywołana robotami górniczymi jest jednym ze skutków wtórnych niezamierzonych normalnej górniczej działalności produkcyjnej człowieka. Natomiast szczelinowatość wywołana robotami nawadniającymi i strzałowymi wprawdzie wiąże się również z produkcją górniczą i w warunkach zagrożeniowych ją limituje, ale ma ona charakter zamierzony i wywołana jest dodatkowymi specjalnymi środkami technicznymi w tym celu wyłącznie i jedynie zastosowanymi.

Cechą charakterystyczną szczelinowatości sztucznej w odróżnieniu od szczelinowatości naturalnej jest jej stosunkowo niewielki zasięg, obejmujący określone wycinki górotworu w przypadku oddziaływania na niego górniczymi środkami prewencyjnymi i stosunkowo wąskie strefy górotworu, nie przekraczające zwykle kilka metrów w przypadku stosowania górniczych środków aktywnych.

Ponadto szczelinowatość sztuczna jest wynikiem działalności górniczej człowieka niezależnie od tego czy jest to działalność zamierzona, czy niezamierzona.

Na szczelinowatość wtórną duży wpływ wywierają wszelkie płaszczyzny lub powierzchnie o zmniejszonej wytrzymałości, spowodowanej takimi procesami naturalnymi, jak np.: uławicenie (sedymentacja) warstw, ich stratygrafia i tektonika (łupność) itd.

Reasumując powyższe rozważania należy stwierdzić, że znajomość całkowitej szczelinowatości górotworu w ogóle, a szczelinowatości cząstkowej sztucznej w szczególności jest niezmiernie ważna i interesująca w aspekcie zwalczania podstawowych naturalnych zagrożeń górniczych występujących w kopalniach, głównie zagrożeń: tąpaniami, metanowego i pyłowego oraz w aspekcie poprawy nie-

których wskaźników techniczno-ekonomicznych, głównie poprawy urabialności i wypadu grubych sortymentów w pokładach węgla.

Na zakończenie rozważań w tym rozdziale należy zauważyć, że z punktu widzenia profilaktyki przeciwtąpaniowej duże znaczenie mogą mieć również wszelkiego rodzaju płaszczyzny lub powierzchnie o pomniejszonej spoistości. Będą to więc np. wszelkiego rodzaju płaszczyzny lub powierzchnie uławicenia, wyklinienia i inne powierzchnie powstałe w wyniku zaburzenia procesu sedymentacyjnego [83]. Jest to temat sam dla siebie, wykraczający poza zakres niniejszego opracowania.

W dalszych rozważaniach zajmiemy się tylko i wyłącznie częścią szczelinowatości wtórnej górotworu, a mianowicie szczelinowatością wywołaną robotami strzałowymi.

6. AKTUALNY STAN I MOŻLIWOŚCI TECHNICZNE SZCZELINOWANIA GÓROTWORU W ASPEKCIE ZWALCZANIA ZAGROŻENIA TĄPANIAMI ORAZ POTRZEBY RUCHOWE KOPALŃ W TYM ZAKRESIE

W praktyce ruchowej kopalń często spotykamy się z zagadnieniem bezpiecznego przeprowadzenia frontów eksploatacyjnych i wyrobisk chodnikowych przez strefy krytycznego wytężenia górotworu.

Dotychczas w wielu przypadkach próby takie kończyły się niepowodzeniem mimo zastosowania wszystkich znanych i dostępnych oraz możliwych do wdrożenia w praktyce górniczej środków profilaktyki przeciwtąpaniowej, wypracowanych przez naukę i technikę oraz praktykę górniczą na obecnym etapie jej rozwoju. Dotyczy to trudnych i złożonych warunków geologiczno-górniczych i techniczno-ruchowych oraz wynikającego z nich krytycznego stanu naprężenia górotworu, którego likwidacja lub zmniejszenie najbardziej skutecznymi metodami górniczymi poprzez wcześniejsze wybranie pokładu lub warstwy odprężającej nie może być zastosowane, gdyż jest praktycznie niewykonalne.

W takich sytuacjach pozostaje jedynie możliwość przeprowadzenia robót górniczych przez strefy szczególnego zagrożenia tąpaniami metodami aktywnymi, niestety w dalszym ciągu niedopracowanymi i nie w pełni skutecznymi. Mankament ten dotyczy zarówno strzelań wstrząsowych, nawadniania i wtłaczania wody pod ciśnieniem, jak również rozwiercania pokładów otworami szerokodymensyjnymi oraz torpedowania stropów lub spągów. Dwie pierwsze z wymienionych metod są w naszych warunkach najczęściej stosowane, chociaż nie zawsze skuteczne, zaś dwie pozostałe praktycznie nie wyszły poza fazę prób i eksperymentu (brak odpowiednich urządzeń wiertniczych). Słabość i niedoskonałość strzelań wstrząsowych w tym zakresie polega głównie na ograniczonym i niewielkim zakresie niszczenia struktury pokładu wokół odstrzeliwanych otworów.

Zatem zwiększenie skuteczności i zasięgu niszczenia struktury pokładu wokół otworów w taki sposób, aby pozbawić węgiel skłonności do tąpań, jest zadaniem pilnym i dużej wagi. Innymi słowy chodzi o dokonanie istotnego postępu w rozwiązywaniu problemu rozładowywania w sposób bezpieczny i skuteczny stref niebezpiecznej koncentracji naprężeń i akumulacji potencjalnej energii sprężystej metodami aktywnymi.

Potrzeby ruchowe kopalń w tym zakresie są ogromne, a możliwości techniczne, jak dotychczas, niewielkie i mało efektywne. Stąd też rozwiązanie tego problemu stanowić powinno w chwili obecnej zadanie pierwszoplanowe dla nauki, techniki i praktyki górniczej.

7. POGLĄDY AUTORA NA ZAGADNIENIE SZCZELINOWANIA GÓROTWORU ROBOTAMI STRZELNICZYMI

Autor jest zdania, że kluczem do dalszego istotnego postępu w rozwiązaniu tego niewątpliwie trudnego i złożonego problemu (poprawy efektywności strzelań wstrząsowych w zwalczaniu tąpań) może się okazać połączenie w jedną całość wykonawczą istniejących dwóch metod aktywnego zwalczania tąpań realizowanych dotychczas oddzielnie, tj. strzelań wstrząsowych oraz nawadniania i wtłaczania wody pod ciśnieniem w pokład (górotwór).

Powstałą w ten sposób nową metodę aktywnego zwalczania tąpań proponuje się nazwać: "metodą udarowego hydraulicznego szczelinowania górotworu". Polega ona na wykonaniu w pokładzie (górotworze) otworów wiertniczych o odpowiedniej średnicy i długości. Następnie załadowaniu ich MW w postaci skupionej lub rozdzielonej i uzbrojeniu w lont detonujący. Z kolei następuje napełnianie otworu wodą. Ostatnie metry otworu, zwykle kilka mb, wypełnia się przybitką stałą (w razie potrzeby odpowiednio zabezpieczoną przed wyrzuceniem), z której wyprowadzony jest lont detonujący połączony z materiałem wybuchowym. Po wykonaniu i przygotowaniu w podany wyżej sposób otworu umieszczony w nim ładunek wybuchowy o odpowiedniej jakości i wielkości odpala się za pomocą lontu detonującego (rys. 8).

Naturalnie, woda w otworze jako ośrodek nieściśliwy podlega prawu Pascala, tj. ciśnienie w niej zadane w jakimkolwiek miejscu rozchodzi się z jednakową siłą we wszystkich kierunkach. Pomijając dokładny opis i fizykę zjawiska w otworze po wybuchu MW można przypuszczać, że ciśnienie to w momencie wybuchu MW jest teoretycznie rzecz biorąc nieskończenie wielkie, zaś praktycznie bardzo duże, nigdy przy wtłaczaniu wody pompą nieosiągalne. Następnie spada dość gwałtownie w miarę wtłaczania wody w górotwór. Oczywiste jest, że sama fizyka omawianego zjawiska w

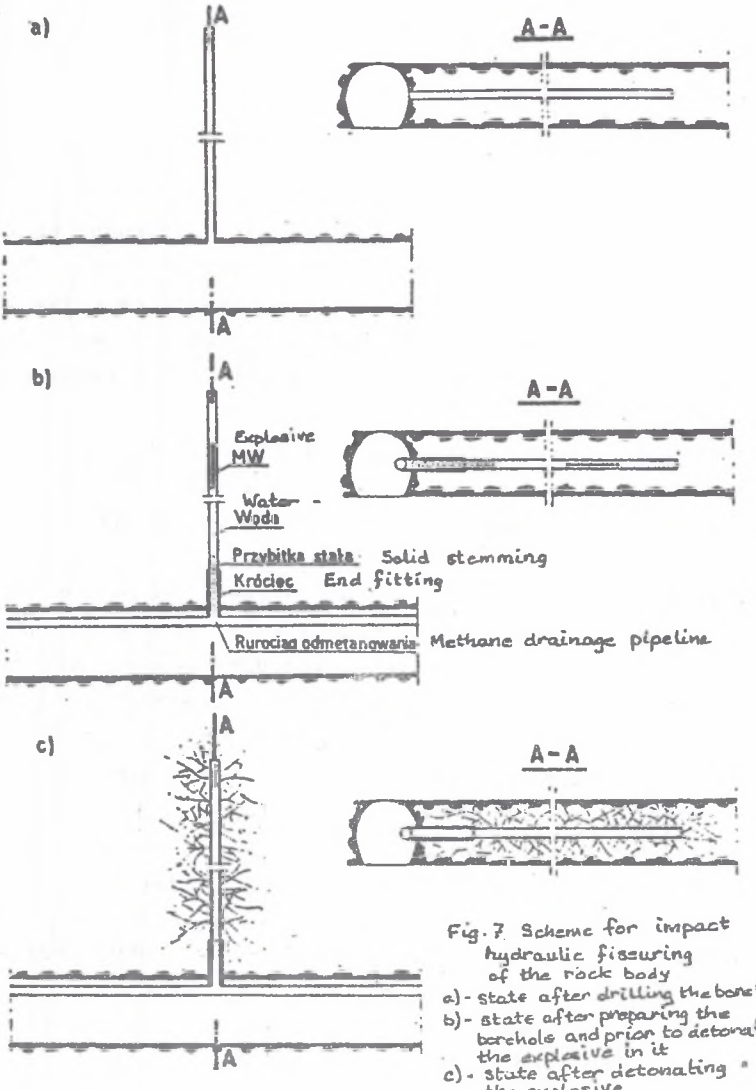


Fig. 7 Scheme for impact hydraulic fissuring of the rock body
a) - state after drilling the borehole
b) - state after preparing the borehole and prior to detonating the explosive in it
c) - state after detonating the explosive

Rys. 8. Schemat udarowego hydraulicznego szczelinowania górotworu : a) sytuacja po wykonaniu otworu wiertniczego, b) sytuacja po przygotowaniu otworu i przed zdetonowaniem w nim MW, c) sytuacja po zdetonowaniu materiału wybuchowego

Fig. 8. Scheme for impact hydraulic fissuring of the rock body: a) state after drilling the borehole, b) state after preparing the borehole and prior to detonating the explosive in it, c) state after detonating the explosive

układzie: górotwór - woda - gazy postrzałowe jako układu trójfazowego obejmującego stan skupienia stały, ciekły i gazowy jest niezmiernie interesująca dla dociekań naukowych i może stanowić temat odrębnej pracy badawczej.

Ponieważ omawiane zjawisko w otworze wiertniczym wypełnionym wodą po zdetonowaniu w nim MW zachodzi w bardzo krótkim czasie, zatem wciskanie wody w górotwór, a co za tym idzie,jego szczelinowanie,powinno zachodzić w sposób jednakowy i jednorodny na całym obwodzie i długości otworu. Przypuszczalnie, praktycznie równomierna i jednorodna propagacja szczelin górotworu na całym obwodzie i długości otworu, mimó że górotwór nie jest ośrodkiem jednorodnym i izotropowym, stanowi istotną zaletę i główny walor proponowanej metody.

Ponadto metoda ta łączy w jedną całość zalety dotychczasowych sposobów aktywnego zwalczania tąpań za pomocą strzelań wstrząsowych i wtłaczania wody w górotwór, przy równoczesnym eliminowaniu ich wad.

Opisana metoda jako oryginalna i dotychczas nigdzie nie stosowana w aspekcie zwalczania tąpań daje również szansę jednoczesnego i kompleksowego zwalczania niektórych podstawowych naturalnych zagrożeń górniczych występujących w kopalniach, tj. zagrożenia tąpaniami, metanowego i pyłowego. Ponadto, zaproponowana metoda kompleksowego zwalczania zagrożeń górniczych, mimo że pod względem merytorycznym jest pionierska, to pod względem techniczno-ruchwym jest w pełni bezpieczna oraz niezmiernie prosta i łatwa do stosowania w kopalniach. Należy tu podkreślić, że zastosowanie tzw. przybitki wodnej przy urabianiu węgla za pomocą MW dało wyraźny efekt urabiania oraz poprawę wypadu grubych sortymentów węgla,co podano w pracach [45, 46, 132]. Stąd opisana metoda daje również możliwość równoczesnego poprawienia niektórych wskaźników techniczno-ekonomicznych, tj. poprawy urabialności i wypadu grubych sortymentów węgla.

Dotychczasowe wyniki uzyskane w szczególności na odcinku odmetanowania pokładu 501/510 KWK "Wesoła" potwierdzają ten pogląd [99]. W warunkach tej kopalni udarowe hydrauliczne szczelinowanie górotworu opisaną metodą pozwoliło na około 10-krotne zwiększenie wypływu metanu z otworu odmetanowującego, przy jednoczesnym wzroście stężenia CH_4 o około 50%.

Tym sposobem przedmiotowa metoda powinna skrócić czas i poprawić odmetanowanie górotworu, czyli zwiększyć efektywność odmetanowania metodami dotychczasowymi. Tym samym metoda ta powinna się przyczynić do istotnego zmniejszenia zagrożenia metanowego. Sugeruje to również, że jednym ze sposobów pomiarów wielkości zeszczelinowania górotworu opisaną metodą może być pomiar stosunkowo łatwy - zwiększonej ilości wypływu metanu i jego stężenia z otworu odmetanowującego. Również zmniejszenie zapylenia wyrobisk górniczych, poprawa urabialności calizny węglowej i zwiększenie wypadu grubych sortymentów węgla może być miarą zeszczelinowania górotworu.

7.1. PROBLEMATYKA BADAŃ PODSTAWOWYCH I STOSOWANYCH W ASPEKCIE ZWALCZANIA NATURALNYCH ZAGROŻEŃ GÓRNICZYCH

W świetle przeprowadzonych rozważań wydaje się, że do rozwiązania tego niewątpliwie trudnego i złożonego problemu mogą okazać się przydatne badania wieloetapowe,dotyczące określenia optymalnych parametrów udarowego hydraulicznego szczelinowania górotworu za pomocą odpalania MW w otworach wiertniczych napełnionych wodą, w pierwszej kolejności (I etap) w aspekcie zwiększenia skuteczności odmetanowania złoża w pokładach zaliczonych - o ile to możliwe - do IV kat. zagrożenia metanowego. Następnie należy przeprowadzić analogiczne badania II etapu, ale w aspekcie zmniejszenia zapylenia wyrobisk górniczych, poprawy urabialności i wypadu grubych sortymentów węgla przeprowadzone w pokładach nie tąpiących lub zaliczanych do I stopnia zagrożenia tąpaniami. Dopiero po wykonaniu tychże, w następnej kolejności powinny być zrealizowane badania III etapu w aspekcie zagrożenia tąpaniami oczywiście w pokładach i górotworze tąpiącym.

Taka kolejność rozwiązania tematyki badawczej wynika przede wszystkim z bezpieczeństwa pracy załogi w czasie prowadzenia eksperymentu, jak również skali jego trudności. Pomiary efektów technicznych w aspekcie zwiększenia intensywności odmetanowania złoża oraz zmniejszenia zapylenia wyrobisk górniczych, poprawy urabialności i wypadu grubych sortymentów są stosunkowo łatwe do przeprowadzenia, jednoznaczne i bezpieczne nawet przy pewnych

niedoskonałościach eksperymentu, podczas gdy pomiary prowadzone w aspekcie zmniejszenia zagrożenia tąpaniami mogą być niejednoznaczne i trudniejsze w interpretacji, a nawet mogą się okazać wręcz niebezpieczne przy nieświadomie nieprawidłowo przeprowadzonym eksperymencie (sklepienia ciśnień w górotworze itp.).

Tymczasem wydaje się, że miernikiem udarowego hydraulicznego szczelinowania górotworu może być w pewnym sensie zwiększony wypływ i stężenie metanu z otworu odmetanowującego, łatwo zmierzone przepływo- i ciśnieniomierzem, zmniejszenie zapylenia wyrobisk górniczych pomierzonego konimetrem, poprawa urabialności węgla pomierzona poborem mocy czynnej przez maszyny urabiające i ładujące (kombajny) i wypad grubych sortymentów węgla mierzonych analizą sitową wychodzącego z danej ściany urobku surowego. W ten sposób prowadzone badania w warunkach in situ w kopalniach byłyby - zdaniem autora - najbardziej efektywne i bezpieczne.

Równolegle z badaniami stosowanymi i na ich bazie powinny być w dalszym ciągu prowadzone (i rozszerzone) badania podstawowe. Dobrze jest, gdy badania podstawowe wyprzedzają badania praktyczne i je warunkują. Stąd też istnieje pilna potrzeba pogłębienia i rozszerzenia badań teoretycznych w tym zakresie. Badania te powinny między innymi rozpoznać i wyjaśnić fizykę omawianego zjawiska, jego mechanizm i istotę w układzie jednoczesnego występowania trzech stanów skupienia, tj. stałego, ciekłego i gazowego (górotwór - woda - gazy postrzałowe) jako układu trójfazowego.

Oczywiste jest, że w tych niezmiernie trudnych i złożonych uwarunkowaniach należy przyjąć pewne uproszczone modele górotworu, cieczy i gazów postrzałowych. Należy przyjąć inne uproszczone założenia i warunki brzegowe, z tym, że ciśnienie wody na ścianki otworu w momencie detonacji materiału wybuchowego jest, teoretycznie rzecz biorąc, nieskończenie wielkie, które następnie w bardzo krótkim czasie gwałtownie maleje i spada do zera w miarę wtłaczania wody w górotwór. Czas ten chyba dałoby się pomierzyć, zresztą jak samo ciśnienie wody i jego przebieg, po zdetonowaniu materiału wybuchowego. Dane te posłużyłyby do sprecyzowania warunków brzegowych. Ponadto w świetle rozważań przeprowadzonych w rozdziale 5 pracy górotwór w większym lub mniejszym stopniu jest szczelinowaty. Stąd też może okazać się przydatny do rozwiązania problemu również model górotworu uwzględniający teorie szczelin i mechaniki pękania.

7.2. PROBLEMATYKA BADAŃ W ASPEKCIE ZWALCZANIA ZAGROŻENIA METANOWEGO

Zagrożenie wybuchu metanu obok zagrożenia tąpaniami i zagrożenia wybuchu pyłu węglowego jest jednym z najgroźniejszych naturalnych zagrożeń górniczych mogących wystąpić w kopalniach. Toteż kompleksowe zwalczanie tego zagrożenia jest podstawowym zadaniem nauki i praktyki górniczej.

Jednym ze sposobów zwalczania zagrożenia metanowego jest odmetanowanie projektowanego do eksploatacji złoża. W technice odmetanowania złóż węglowych stosuje się różne metody. Wybór najodpowiedniejszej zależy od warunków naturalnych i eksploatacyjnych oraz zadań, jakie wybrana metoda ma spełniać. Metan dopływa do wyrobisk górniczych z wybieranego pokładu, z warstw stropowych i spągowych oraz ze szczelin związanych z zaburzeniami występującymi w górotworze. Trzeba jednak wyraźnie podkreślić, że zdecydowana większość metanu wydziela się do wyrobisk górniczych z wybieranych pokładów węgla. Stąd też zaproponowana poniżej metoda i metodyka uintensywnienia i zwiększenia stopnia odmetanowania złoża dotyczy przede wszystkim pokładów węgla.

7.2.1. Metoda i metodyka

Metodyka udarowego hydraulicznego szczelinowania górotworu w aspekcie zwalczania zagrożenia metanowego, którą proponuje się zastosować w przedmiotowej tematyce badawczej (I etap), podobnie jak sama opisana wyżej metoda, jest pod względem techniczno-ruchowym prosta i łatwa do stosowania praktycznego w kopalniach. Badania należy prowadzić w tych kopalniach, które posiadają pokłady lub ich części o dużej metanowości, zaliczone do IV kat. zagrożenia metanowego, a jednocześnie nie zagrożone tąpaniami. Polegać one będą na systematycznym i ciągłym pomiarze ilości i stężenia metanu uzyskanego z otworu przed i po wywołaniu w nim spękań górotworu metodą podaną w niniejszym opracowaniu, która, jak wiemy, zwiększa powierzchnię czynną otworu odmetanowującego na skutek zwiększenia liczby szczelin, ich rozwarcia i zasięgu na całym obwodzie i długości otworu. Zakłada się przy tym, że miarą zwiększenia powierzchni czynnej otworu będzie różnica w ilości i stężeniu CH_4 uzyskanego z obserwowanego otworu odmeta-

nowującego przed i po zastosowaniu omawianego zabiegu wykonywanego przy utrzymaniu i zachowaniu tych samych parametrów technicznych i technologicznych otworu, jak również warunków geologiczno-górniczych i techniczno-ruchowych.

Przyjmuje się również, że zwiększenie powierzchni czynnej, czyli zeszczelinowanie górotworu w otoczeniu otworu będzie funkcją zwiększonego wypływu i stężenia metanu w ustalonych jednostkach pomiarowych (np. w litrach na minutę i w procentach, jeśli chodzi o stężenia) lub odwrotnie, co na to samo wychodzi, zwiększony wypływ i stężenie metanu będzie pewną funkcją zwiększonej powierzchni czynnej zeszczelinowanego górotworu w otoczeniu otworu odmetanowującego. Określenie tych funkcji będzie między innymi zadaniem omawianej tu pracy badawczej.

Badania odmetanowania górotworu zgodnie z proponowaną metodą i metodyką powinny być wykonywane przez stałe grupy pomiarowe z użyciem tych samych urządzeń i aparatury kontrolno-pomiarowej (przepływomierze, manometry, wodomierze itp.), aby otrzymane wyniki były miarodajne i porównywalne. Badania prowadzić należy jako odmetanowanie wyprzedzające przed uruchomieniem wybierania złoża lub konkretnej ściany z dostateczną rezerwą czasową dla możliwości wykonania pełnego cyklu pomiarowego, tj. od czasu wykonania otworu do czasu zaniku oddawania przez niego metanu, czyli jego likwidacji.

Otwory należy wykonywać w węglu o stałych parametrach technicznych i technologicznych (nachylenie, średnica, długość itp.), jak również w możliwie stałych warunkach geologiczno-górniczych i techniczno-ruchowych oraz gazonośnych. Stabilność tych warunków powinna być kontrolowana i określana regularnie, np. 1 raz na kwartał w czasie trwania cyklu pomiarowego, metodami geofizycznymi, laboratoryjnymi, górniczymi i analitycznymi. Każdy otwór po wykonaniu należy jednakowo przystosować do pomiarów. Przywylotowe odcinki otworów o długości kilku mb, zwykle ok. 4 - 5 m, należy odpowiednio poszerzyć w celu osadzenia przez cementowanie w nich króćców rur stalowych z kołnierzem służącym do połączenia otworu drenażowego do rurociągu odmetanowania. Następnie każdy otwór bezpośrednio po wykonaniu powinien być podłączony do rurociągu odmetanowania na czas stały, powiedzmy 10 dób, dla ustabilizowania się ilości wypływu i stężenia CH_4.

Przez ten okres należy prowadzić pomiar stężenia i wydajności metanu z otworu przy stałej depresji. Po tym okresie (10 dobach) trzeba otwór zalać do pełna wodą po uprzednim załadowaniu w nim i uzbrojeniu MW. Wielkość i rodzaj MW oraz jego sposób rozmieszczenia i uzbrojenia w otworze powinien być taki sam. Ładunki MW, np. barbarytu o wielkości kilkunastu kilogramów (np. 10 kg) uzbroić dwiema liniami lontu detonującego i dwoma zapalnikami momentalnymi, podłączonymi równolegle do przewodów strzałowych. Ładunki MW w formie skupionej lub rozdzielonej wciągać do otworów za pomocą kotwicy. Każdy otwór powinien być zalany wodą do końca rury obsadowej grawitacyjnie w przypadku otworu wykonanego na upad lub pod ciśnieniem w przypadku wykonania po wzniosie. Następnie rurę obsadową do samej wody wypełnić szczelnie mokrym piaskiem, a samo jej ujście twardoplastyczną gliną. Przybitkę w razie potrzeby odpowiednio zabezpieczyć przed wyrzuceniem za pomocą rozpory.

Po wykonaniu i przygotowaniu w podany sposób otworu umieszczony w nim ładunek MW należy bezzwłocznie odpalić. Roboty strzelnicze wykonywać na podstawie metryki strzelniczej oraz odpowiedniej dokumentacji opracowanej i zatwierdzonej w obowiązującym trybie. Miejsce odpalenia, obstawy i wyczekiwania załogi po strzałach powinien wyznaczyć inżynier strzelniczy kopalni w uzgodnieniu z inżynierem wentylacji i z inżynierem ds. tąpań.

Omawiane badania w I etapie prowadzić w pokładach niezagrożonych tąpaniami, ale zaliczonych do IV kat. zagrożenia metanowego. W przypadku braku tej kategorii omawiane badania można prowadzić w III, II, a nawet w ostateczności I kat. zagrożenia metanowego. Pomiary w zakresie wydajności i stężenia metanu prowadzić w sposób ciągły przed i po odpaleniu MW w otworze w jednakowych warunkach. Wyniki pomiarów zestawić w odpowiednich tablicach.

Całość prac eksperymentu prowadzić zgodnie z obowiązującymi przepisami oraz na podstawie szczegółowej instrukcji i odpowiedniej dokumentacji opracowanej i zatwierdzonej w obowiązującym trybie.

7.2.2. Tematyka badawcza

Wymienione metoda i metodyka powinny doprowadzić w ostatecznym rezultacie do ustalenia zależności funkcyjnych między poszczególnymi wielkościami zadanymi i pomierzonymi w procesie badawczym. W szczególności chodzi o ustalenie zależności i związków funkcyjnych ważnych w problematyce zwalczania zagrożenia metanowego, a mianowicie:

- zależności między ilością i stężeniem metanu z otworu a ilością odpalonego w nim MW. Chodzi o ustalenie optymalnego ładunku określonego rodzaju MW przy stałych parametrach technicznych otworu całkowicie wypełnionego wodą,
- ustalenie zależności między wydajnością i stężeniem metanu uzyskiwanego z otworu - o stałych parametrach technicznych (śr. i dł. otworu) i wykonanego na podstawie tej samej technologii - całkowicie wypełnionego wodą a rodzajem MW. W tym przypadku idzie o określenie optymalnego rodzaju MW,
- określenie zależności między wydajnością i stężeniem CH_4 odciąganego z otworu jako funkcji stosunku ilości MW do objętości wody w otworze wiertniczym o stałych parametrach technicznych i technologicznych, tj. określenie optymalnego stosunku MW/H_2O,
- ustalenie związku funkcyjnego pomiędzy ilością i stężeniem metanu z otworu a stopniem jego wypełnienia wodą przy stałych parametrach technicznych i technologicznych oraz rodzaju i ilości MW, tj. ustalenie optymalnego stosunku objętości H_2O w otworze do całkowitej objętości otworu

$$\frac{d^4 \cdot \pi}{4} \cdot l,$$

- określenie zależności ilości i stężenia metanu z otworu jako funkcji średnicy "d" otworu odmetanowującego wypełnionego całkowicie wodą przy ustalonej jakości i ilości MW. Chodzi tu o ustalenie bardzo ważnej wielkości, tj. efektywnego promienia zasięgu szczelinowania górotworu,
- podanie zależności ilości wydajności i stężenia metanu w otworze jako funkcji układu otworów wiertniczych o stałej średnicy "d" i długości "l" całkowicie wypełnionych wodą (lub innego optymalnego stosunku H_2O ($\frac{d^4 \cdot \pi}{4}$) a zmiennej odległości "b" między nimi, tj. ustalenie optymalnej odległości "b" między otworami w układzie,

- wpływu czasu i ciśnienia górotworu na zaciskanie spękań powstałych w wyniku przeprowadzenia operacji udarowego hydraulicznego szczelinowania górotworu, tj. określenia efektywnego i skutecznego czasu trwania omawianego szczelinowania górotworu w aspekcie odmetanowania górotworu i zwalczania zagrożenia metanowego.

Te i inne zależności i związki funkcyjne ustalone w czasie pomiarów na bazie zaproponowanej przez autora metody i metodyki badawczej powinny stać się podstawą do optymalizacji parametrów technicznych i technologicznych udarowego hydraulicznego szczelinowania górotworu jako istotnego i jakościowego postępu w problematyce zwalczania zagrożenia metanowego, występującego w kopalniach. Chodzi o to, aby przy minimalnych kosztach otrzymać maksymalny efekt zarówno co do jakości, jak i ilości odmetanowania górotworu. Chodzi w gruncie rzeczy o zwiększenie stopnia odmetanowania górotworu i obniżenie progu zagrożenia metanowego przy jednoczesnym zmniejszeniu czasu i kosztów tego przedsięwzięcia.

Kończąc rozważania należy założyć, że w trakcie realizacji tematyki badawczej I etapu mogą nasunąć się dodatkowe wnioski i pomysły uzupełniające zaproponowaną metodykę. W szczególności może się okazać, że przed przystąpieniem do omawianego eksperymentu należy odpowiednio nawodnić górotwór w celu zwiększenia siły oddziaływania na niego zaproponowanej metody. Może się również okazać celowe powtórzenie (nawet wielokrotne) eksperymentu w każdym z otworów do udarowego hydraulicznego szczelinowania górotworu według zaproponowanej metody i metodyki. Te i inne wnioski należy mieć na uwadze w trakcie oraz po zrealizowaniu prac tematyki badawczej I etapu w celu ich ewentualnego uwzględnienia w następnych etapach prac przedmiotowej problematyki badawczej.

7.3. PROBLEMATYKA BADAŃ W ASPEKCIE ZWALCZANIA ZAGROŻENIA PYŁOWEGO, POPRAWY URABIALNOŚCI I WYPADU GRUBYCH SORTYMENTÓW WĘGLA

Na podstawie dotychczasowych obserwacji i doświadczeń górniczych kopalń węgla można stwierdzić, że stosowanie strzelań wstrząsowych w celu zmniejszenia wytwarzania pyłu węglowego i zwalczania zagrożenia pyłowego oraz poprawy urabialności calizny węglowej i wypadu grubych sortymentów jest zasadne. Ich efekty będą jednak różne dla różnych warunków geologiczno-górniczych i techniczno-ruchowych oraz różnych rodzajów strzelań wstrząsowych, a także ich parametrów technicznych i technologicznych.

Na podstawie wyrywkowych obserwacji można przyjąć szacunkowo, że efektem prawidłowo wykonanych strzelań wstrząsowych jest zmniejszenie zapylenia wyrobisk górniczych, poprawa urabialności calizny i wypadu grubych sortymentów węgla w granicach od 2 - 10%, w zależności od lokalnych warunków. Wynik ten wzięto z praktyki górniczej wielu naszych kopalń. Bliższe jednak określenie ich skuteczności jest na obecnym etapie wiedzy i praktyki górniczej trudne do jednoznacznego określenia. Wynika to z tego, że dotychczasowe prace i obserwacje w tym zakresie mają charakter doraźny i wycinkowy oraz opisowy i jakościowy.

Podobnie ma się sytuacja w omawianej tematyce badawczej w przypadku oddziaływania na pokład węglowy wodą grawitacyjnie lub pod odpowiednim ciśnieniem. Prawie identyczne są również przyjęte szacunkowo wyniki posiadające ten sam charakter, jakie otrzymujemy w przypadku stosowania strzelań wstrząsowych. Stąd też konieczne są dalsze intensywne badania i obserwacje praktyczne w celu ilościowego określenia skuteczności strzelań wstrząsowych i wtłaczania wody w pokład oraz optymalizacji ich parametrów technicznych i technologicznych w aspekcie zwalczania zagrożenia pyłowego, poprawy urabialności calizny i wychodu grubych sortymentów węgla.

Zagrożenie wybuchami pyłu węglowego w warunkach polskiego przemysłu węglowego jest powszechne, ponieważ wszystkie kopalnie eksploatują pokłady zawierające ponad 12% części lotnych, co decyduje o wybuchowości pyłu węglowego. W związku z tym zwalczanie tego zagrożenia w naszych kopalniach ma również charakter powszechny.

Różne są metody zwalczania tego zagrożenia. Jedną z nich - ważną, o ile nie najważniejszą -jest ograniczenie do minimum wytwarzania pyłu węglowego w całym ciągu technologicznym produkcji węgla, a w szczególności podczas urabiania w przodku. I ta właśnie metoda oraz optymalizacja jej parametrów technicznych i technologicznych w danych konkretnych warunkach jest między innymi przedmiotem proponowanych badań wymienionych w następnym punkcie.

7.3.1. Metoda i metodyka

Zintegrowanie w metodzie udarowego hydraulicznego szczelinowania górotworu dwóch metod dotychczas stosowanych oddzielnie, tj. strzelań wstrząsowych i nawadniania pokładów, stwarza nową jakość w zakresie oddziaływania technicznego na górotwór i jego preperacji. Dlatego też promień skutecznego zeszczelinowania górotworu, a także zależność zmian fizykomechanicznych węgla od przyrostu wilgotności będą prawdopodobnie znacznie odbiegać od wielkości stwierdzonych w dotychczasowych pracach na ten temat. Ponadto promień ten i wynikająca zeń strefa pożądanego zeszczelinowania (preperacji) górotworu przed czynnym frontem eksploatacji może być inna dla każdego z założonych celów, tj. zwalczania zagrożenia metanowego, zwalczania zagrożenia pyłowego, poprawy urabialności i wypadu grubych sortymentów węgla oraz zwalczania zagrożenia tąpaniami. To samo może dotyczyć okresu powrotu własności górotworu do stanu wyjściowego sprzed zastosowania zabiegu, czy chociażby spadku osiągniętych zmian poniżej wartości granicznych dla każdego z omawianych celów, co jest szczególnie ważne w przypadku prowadzenia badań w aspekcie zwalczania zagrożenia tąpaniami.

Celem niniejszego zakresu badań tzw. II etapu jest określenie optymalnych parametrów technicznych i technologicznych proponowanej metody w aspekcie zmniejszenia zapylenia wyrobisk górniczych i zagrożenia wybuchu pyłu węglowego oraz poprawy urabialności i wypadu grubych sortymentów węgla. Sposobem służącym do osiągnięcia tego celu będzie opisana metoda udarowego hydraulicznego szczelinowania górotworu w aspekcie zwalczania zagrożenia metanowego. Zaproponowana tutaj metodyka - w zakresie przedmiotowej tematyki badawczej - jest równie prosta i łatwa jak sama metoda pod względem techniczno-ruchowym do stosowania praktycznego w kopalniach.

Badania te można prowadzić we wszystkich tych kopalniach, które wyrażą zainteresowanie tego typu obserwacjami oraz posiadają pokłady lub ich części nietąpiące, niemetanowe i zaliczone do klasy A lub B zagrożenia pyłowego. Taka lokalizacja tych badań podyktowana jest zasadą maksymalnego bezpieczeństwa załogi w rejonie prowadzonych pomiarów i obserwacji.

Na jakość i wielkość efektu zastosowania metody udarowego hydraulicznego szczelinowania górotworu będą miały wpływ zarówno istniejące w złożu, a szczególnie w wybieranym pokładzie,wyjściowe warunki naturalne, jak też parametry planowanych zabiegów techniczno-technologicznych. Między wszystkimi tymi czynnikami występują zależności o różnej skali natężenia i kierunku działania. Wykrycie tych zależności i ustalenie zasięgu ich działania umożliwi określenie optymalnego - dla konkretnych, istniejących w danym rejonie eksploatacji warunków wyjściowych - układu parametrów technicznych i technologicznych.

Spośród czynników naturalnych charakteryzujących stan wyjściowy górotworu przed zabiegiem wpływ na przebieg i wyniki szczelinowania przypuszczalnie mają między innymi:

- własności fizykomechaniczne,
- porowatość węgla i wynikająca zeń przepuszczalność,
- wilgotność naturalna bądź nabyta,
- skład petrograficzny,
- zawartość substancji mineralnych,
- szczelinowatość naturalna (pierwotna) i wtórna (sztuczna) wynikająca z prowadzonych robót górniczych.

Parametrami technicznymi i technologicznymi metody są:

- układ przestrzenny otworów, w tym ich wzajemne odległości,
- średnica otworów,
- rodzaj, wielkość i sposób rozmieszczenia ładunków materiału wybuchowego,
- metoda napełniania otworów wodą, itp.

Każdorazowo przed przystąpieniem do doświadczeń przeprowadzone będą badania określenia stanu górotworu metodami:

- laboratoryjnymi (cechy wytrzymałościowe, fizyczne, petrograficzne),
- sondażem wierceniowym (metoda otworów małośrednicowych dla określenia rozkładu naprężeń i wytężenia calizny węglowej),

- pomiarów geofizycznych szeroko rozumianych,
- obserwacji konwergencji w sąsiedztwie przodka wybierkowego,
- analitycznymi z użyciem techniki komputerowej.

Do określenia stanu górotworu przed zastosowaniem omawianego zabiegu stosowane będą również pomiary poboru mocy przez maszyny urabiające i ładujące, wypadu grubych sortymentów i zapylenia powietrza w czasie mechanicznego urabiania węgla przez okres co najmniej kilku dni.

Analogiczne pomiary należy przeprowadzić dla określenia stanu górotworu po zastosowaniu zabiegu.

Podstawową wielkością wynikową jest promień zasięgu zeszczelinowania (preparacji) górotworu przez jeden otwór. Od tej wielkości zależą: układ przestrzenny i wzajemne odległości otworów zapewniające zamierzone spreparowanie pokładu w przodku górniczym na całej lub określonej jego części.

Metodyka, którą proponuje się zastosować w omawianej tematyce badawczej II etapu, polegać będzie w szczególności na systematycznym i ciągłym pomiarze - przez stałą grupę pomiarową wyposażoną w te same urządzenia pomiarowe - np. 1 raz na dobę w ustalonym cyklu pomiarowym następujących wielkości:
- zapylenia wyrobisk górniczych za pomocą konimetru,
- poprawy urabialności i poboru mocy przez maszyny urabiające za pomocą watomierza,
- wypadu grubych sortymentów węgla za pomocą analizy sitowej.

Oczywiste jest, że badania te należy prowadzić przed i po zastosowaniu omawianego zabiegu preparacji, tj. szczelinowania, w pełnych cyklach pomiarowych, to znaczy takich, w których powinny być uchwycone wszelkie zmiany stanu górotworu w miarę postępu frontu eksploatacyjnego, w tym zmiany w zapyleniu, poborze mocy i wypadzie grubych sortymentów węgla. Badania powyższe należy prowadzić w ścianach o możliwie stałych warunkach geologiczno-górniczych i techniczno-ruchowych, a pojedyńczo zmiennymi wielkościami parametrów technicznych i technologicznych szczelinowania. W ten sposób powinno dojść do ustalenia optymalnych parametrów technicznych i technologicznych szczelinowania w konkretnym zestawie warunków wyjściowych. W tym celu kolejno na wybiegu wybranych do pomiarów ścian o zróżnicowanych warunkach naturalnych wykonywać się będzie z jednego z wyrobisk przyścianowych - w miarę postępu ściany -

serię równoległych do frontu ściany otworów o długości równej lub nieco mniejszej od połowy długości ściany. Otwory te będą służyły do dokonania zabiegów udarowego hydraulicznego szczelinowania kolejno pojedyńczo zmiennymi wielkościami parametrów technicznych i technologicznych.

Przed każdą serią prób określone zostaną i pomierzone parametry warunków wyjściowych oraz zapylenie, urabialność i wypad grubych sortymentów. Po wykonaniu zabiegu i po osiągnięciu czołem ściany linii otworów mierzone będą parametry przy pracy kombajnu na spreparowanym odcinku ściany i dla porównania na odcinku niespreparowanym. W celu zbadania zasięgu wody w pokładzie na odcinku spreparowanym w odległościach 10 - 20 m będzie określona również wilgotność węgla na trzech wysokościach ściany: pod stropem, w środku wysokości i przy spągu. Ustalone będzie również i notowane usytuowanie otworu nawadniającego w stosunku do wysokości ściany. Wszystkie pomiary zostaną powtórzone po przesunięciu się czoła ściany o 5, 10, 15 i 20 m. Odległości te będą korygowane w zależności od otrzymanych wyników.

Równolegle z badaniami wilgotności węgla przeprowadzone będą pomiary geofizyczne. Powinno to umożliwić weryfikację i korelację tych metod celem wykorzystania ich do kontroli zasięgu i skuteczności badanej metody szczelinowania.

Wyniki badań powinny być ujęte w tablicach i na wykresach przedstawiających wielkość promienia zasięgu otworu pojedyńczego w zależności od wielkości parametrów technicznych metody w określonym układzie warunków wyjściowych oraz odpowiednie kształtowanie się tych zależności w przypadku przyjęcia wielkości docelowych (tj. zapylenie, urabialność i wypad grubych sortymentów).

Analiza wyników umożliwi ostateczną optymalizację parametrów technicznych i technologicznych otworu pojedyńczego.

Przeprowadzone badania powinny umożliwić także wyeliminowanie - z kryteriów doboru optymalnych parametrów szczelinowania - czynników nieistotnych, mających znikomy wpływ na promień zasięgu działania otworu pojedyńczego. Nie jest również wykluczone, iż w toku badań zostanie wykryte znaczące oddziaływanie innych od wymienionych czynników. Obie te możliwości będą brane pod uwagę w każdej fazie badań i ustalenia w tym zakresie będą uwzględnione w toku dalszych prób i doświadczeń.

Całość prac eksperymentu należy prowadzić zgodnie z obowiązującymi przepisami i na podstawie szczegółowej instrukcji oraz odpowiedniej dokumentacji opracowanej i zatwierdzonej w obowiązującym trybie.

7.3.2. Tematyka badawcza

Omówione badania powinny doprowadzić do ustalenia zależności funkcyjnych między poszczególnymi wielkościami zadanymi i powierzonymi w procesie badawczym. W szczególności chodzi o ustalenie zależności i związków funkcyjnych ważnych w problematyce zwalczania zagrożenia pyłowego, poprawy urabialności i wypadu grubych sortymentów, a mianowicie:

- zależność zapylenia wyrobisk górniczych, poprawa urabialności i wypadu grubych sortymentów węgla jako funkcja ilości MW odpalonego w otworze wiertniczym o stałych parametrach technicznych (śr. i dł. otw.),całkowicie wypełnionym wodą, tj. ustalenie optymalnego ładunku MW,
- ustalenie zależności zapylenia wyrobisk górniczych, poprawy urabialności i wypadu grubych sortymentów jako funkcja stosunku wagowego ilości MW do wody w otworze wiertniczym całkowicie wypełnionym wodą, tj. określenie optymalnego stosunku MW/H_2O,
- ustalenie zależności zapylenia wyrobisk górniczych, poprawy urabialności i wypadu grubych sortymentów węgla jako funkcji jakości (rodzaju) MW odpalonego w otworze wiertniczym o stałych parametrach technicznych (śr. i dł. otw.),całkowicie wypełnionym wodą, tj. ustalenie optymalnego rodzaju MW,
- zależność zapylenia wyrobisk górniczych, poprawa urabialności i wypadu grubych sortymentów węgla jako funkcja stopnia wypełnienia wodą otworu wiertniczego, tj. jako funkcja stosunku objętości wody H_2O do całkowitej objętości otworu

$$\frac{d^4 \cdot \pi}{4} \cdot l,$$

- zależność zapylenia wyrobisk górniczych, poprawa urabialności i wypadu grubych sortymentów węgla jako funkcja średnicy "d" otworu wiertniczego wypełnionego całkowicie wodą przy ustalonej jakości i ilości MW, tj. ustalenie efektywnego promienia zasięgu szczelinowania górotworu,

- zależność zapylenia wyrobisk górniczych, poprawa urabialności i wypadu grubych sortymentów węgla jako funkcja układu otworów wiertniczych o stałej średnicy "d", długości "l" całkowicie wypełnionych wodą a zmiennej odległości "b" między nimi, tj. ustalenie optymalnej odległości "b" między otworami w układzie,
- ustalenie wpływu czasu i ciśnienia górotworu na zaciskanie szczelin i utratę efektu szczelinowania górotworu, tj. określenie efektywnego i skutecznego czasu szczelinowania górotworu w aspekcie zmniejszenia zapylenia wyrobisk górniczych, poprawy urabialności i wypadu grubych sortymentów węgla.

Przedstawiona wersja przedmiotowej metodyki badawczej w fazie wstępnej opiera się na badaniach przeprowadzonych na pojedyńczych otworach równoległych do czoła ściany. Walorem jej jest minimalizacja kosztów przy równoczesnym założeniu uzyskania oczekiwanych wyników. Może się jednak okazać, że konieczne będzie dokonanie serii prób na krótkich otworach wiertniczych z czoła ściany. Gdyby się okazało, że wyniki uzyskane są niewystarczające, wówczas przystąpi się do wersji opartej na badaniach na układach otworów. Wersja taka będzie bardziej pracochłonna i kosztowna, dlatego też powinna być zastosowana w ostateczności, w przypadku niepowodzenia badań na pojedyńczych otworach.

Wymienione oraz inne zależności i związki funkcyjne ustalone w czasie pomiarów na bazie zaproponowanej metody i metodyki badawczej powinny stać się podstawą do optymalizacji parametrów technicznych i technologicznych udarowego hydraulicznego szczelinowania górotworu jako jakościowego i ilościowego kroku naprzód w problematyce zwalczania zagrożenia pyłowego, poprawy urabialności i wypadu grubych sortymentów węgla.

7.4. PROBLEMATYKA BADAŃ W ASPEKCIE ZWALCZANIA ZAGROŻENIA TĄPANIAMI

Realizację III etapu przedstawionej w pracy problematyki badawczej należy prowadzić koniecznie z pełnym wykorzystaniem wyników i doświadczeń etapu I i II.

O ile to będzie możliwe,obserwacje i pomiary należy prowadzić w ujęciu kompleksowym, tj. w aspekcie wszystkich ww. zagrożeń i zagadnień. Należy jednak przyjąć, że realizacja omawianego tu

etapu pracy badawczej może okazać się najtrudniejszą z przyczyn podanych w pracy powyżej. W sytuacjach krańcowo złych może okazać się nawet nierealna. Może to mieć niestety miejsce w trudnych sytuacjach zagrożeniowych, w których górotwór będzie w krytycznym stanie wytężenia i nie będzie technicznych możliwości odwiercania otworów w węglu ze względu na ich zaciskanie i zakleszczanie wiertła. W takim przypadku należy się liczyć z potrzebą powielenia udarowego hydraulicznego szczelinowania górotworu w mocnych i zwięzłych skałach. Byłaby to wówczas naturalna konsekwencja kontynuacji dotychczasowych badań w węglu z uwzględnieniem ich wyników oraz warunków i stanowić powinna przedmiot badań oddzielnego IV etapu.

Przygotowania do możliwości i konieczności podjęcia tego rodzaju badań trzeba rozpocząć już dziś, przede wszystkim pod względem przygotowania urządzeń wiertniczych, których do mocnych i twardych warstw górotworu praktycznie nie posiadamy.

7.4.1. Metoda i metodyka

Metoda w tej tematyce badawczej będzie identyczna z opisaną w tematyce badawczej w aspekcie zwalczania zagrożenia metanowego i pyłowego oraz poprawy urabialności i wypadu grubych sortymentów w pokładach węgla. Również metodyka będzie w znacznej mierze taka sama jak stosowana w I i II etapie badań, z tym że może ona być uzupełniona i poprawiona (wykorzystanie wyników i doświadczeń uzyskanych na tych etapach badań). W szczególności wydaje się prawdopodobne, że w wyniku realizacji badań poprzedzających przedmiotowe badania dojdzie do określenia jakiegoś wskaźnika intensyfikacji odmetanowania pokładu węgla, wskaźnika poprawy jego urabialności i wypadu grubych sortymentów oraz zmniejszenia zapylenia wyrobisk górniczych, które w pewnym sensie i stopniu mogą być miernikami dezintegracji górotworu, a co za tym idzie, obniżenia jego skłonności do tąpań. W połączeniu z metodyką pomiarów geofizycznych szeroko rozumianych, tj. obserwacji mikrosejsmologicznych, sejsmicznych, sejsmoakustycznych, grawimetrycznych, elektrooporowych itp., jak również metodyką pomiarów i obserwacji górniczych, laboratoryjnych i analitycznych powinno dojść do wypracowania całościowej i skutecznej metodyki dla tego etapu badań. W gruncie rzeczy chodzi o taką metodykę, która pozwalałaby pomierzyć lub określić aktualny stan górotworu oraz zachodzące w nim zmiany po zastosowaniu metody udarowego hydraulicznego szczelinowania górotworu.

7.4.2. Tematyka badawcza

Skuteczność działania zaproponowanej metody zależeć będzie od warunków geologiczno-górniczych panujących w rejonie stosowania oraz od jej parametrów technicznych i technologicznych. Optymalizacja zaś parametrów technicznych i technologicznych metody polegać będzie między innymi na każdorazowym wyznaczeniu zasięgu stref koncentracji naprężeń i największego wytężenia górotworu, dezintegracji struktury skał i spękań górotworu oraz stref nasycenia wodą w stałych warunkach geologiczno-górniczych i techniczno-ruchowych, a pojedyńczo zmiennych parametrach technicznych i technologicznych zabiegu szczelinowania. Pomocne w osiągnięciu tego celu będą pomiary parametrów fizycznych górotworu takich, jak:

- prędkość fal sejsmicznych rozchodzenia się w ośrodku skalnym,
- wartość stałych sprężystych (moduł Younga E, moduł sztywności i stałej Poissona),
- wartości tłumienia fal sprężystych w ośrodku,
- wartości oporności elektrycznej pozornej ρ_k ośrodka itp.

Podstawowym założeniem metody mikrosejsmologicznej jest związek zagrożenia sejsmicznego z tymi fragmentami górotworu, które odznaczają się anomalnym stanem naprężeń, najczęściej ich wzrostem. W kopalniach GZW zagrożenie sejsmiczne indukowane przez roboty górnicze jest ściśle związane z zagrożeniem tąpaniami [63]. Stąd, wyprzedzające rozpoznanie stref, gdzie może wystąpić zagrożenie sejsmiczne, jest ważnym etapem działań profilaktyki przeciwtąpaniowej [27, 28].

Podstawą metody sejsmicznej jest zależność prędkości fali sejsmicznej od ciśnienia panującego w górotworze. Zależność ta jest pochodną relacji pierwotnej zależności prędkości fali sejsmicznej w górotworze od jego gęstości. W przypadku wzrostu ciśnienia proces zmiany gęstości górotworu następuje wskutek redukcji makro- i mikroszczelinowatości ośrodka skalnego oraz jego porowatości. Zatem zależność prędkość - ciśnienie stwarza możliwość śledzenia tych zjawisk geomechanicznych, które wpływają na zmianę stanu naprężeń w górotworze, a co za tym idzie, także na stan zagrożenia tąpaniami [27, 28, 143].

W zależności prędkość - ciśnienie w przedziale niekrytycznych przyrostów ciśnienia obserwuje się względne przyrosty prędkości fali sejsmicznej w pokładach węgla w granicach 20 - 30%, co znacznie przekracza dokładność pomiarów. Zaś w zakresie pozakryty-

cznych obciążeń, gdzie dominują procesy dezintegracyjne struktury ośrodka skalnego, obserwuje się również zmiany prędkości, ale o przeciwnym znaku, dochodzące do 30 - 40%. Na podstawie rozkładu prędkości rozchodzenia się fal sejsmicznych wyznaczone są geometryczne i dynamiczne parametry anomalii naprężeń w strefie zagrożenia sejsmicznego [27, 28]. Należą do nich:

- zasięg strefy podwyższonych naprężeń,
- położenie miejsca maksymalnej koncentracji naprężeń,
- intensywność wzrostu naprężeń.

W skład omawianej metodyki będzie wchodziła również metoda geofizycznego wskaźnika tąpliwości (GWT), która wprowadza klasę 0, klasę 1 i klasę 2 pokładu, przy czym ta ostatnia charakteryzuje się silną skłonnością do tąpań. Ponadto w skład metodyki będzie wchodziła metoda elektrooporowa, w której podstawową wielkością mierzoną jest oporność pozorna ośrodka ρ_k.

Zaproponowana metoda i metodyka pomiarów geofizycznych - chociaż nie tylko - w celu określenia wpływu parametrów technicznych i technologicznych udarowego hydraulicznego szczelinowania górotworu dla ograniczenia zagrożenia tąpaniami jest, jak widać, ukierunkowana na badania zmian parametrów fizycznych górotworu, wywołanych szczelinowaniem (zmiany prędkości fal sprężystych, wartości stałych sprężystości i oporności) i powiązania ich z wielkościami charakteryzującymi lokalne odprężenia pokładu (zasięg i wartości ujemnych anomalii prędkości, zasięg strefy nasycenia wodą pokładu węgla).

Jest oczywiste, że prowadzenie omawianych pomiarów i obserwacji należy dokonywać przez stałą grupę pomiarową za pomocą stałej aparatury kontrolno-pomiarowej, w stałych warunkach geologiczno-górniczych i pokładzie lub jego części o stałym zagrożeniu tąpaniami, aby otrzymane wyniki były porównywalne i dostatecznie wiarygodne.

Przedstawiona metoda i metodyka badań w powiązaniu i korelacji z metodyką i wynikami uzyskanymi w tematyce badawczej w aspekcie zmniejszenia zagrożenia metanowego, pyłowego oraz poprawy urabialności i wypadu grubych sortymentów węgla powinna w ostatecznym rezultacie dać właściwą ocenę skuteczności i efektywności zaproponowanej metody udarowego hydraulicznego szczelinowania górotworu dla zwalczania tąpań, jak również określić dla danych konkretnych warunków geologiczno-górniczych i techniczno-ruchowych optymalne parametry techniczne i technologiczne jej stosowania.

8. WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych rozważań oraz doświadczeń praktycznych naszych kopalń węgla, jak również osobistych autora można sformułować następujące wnioski:

- Potencjalny stan zagrożenia tąpaniami w naszych kopalniach wzrasta i będzie wzrastać w związku ze stale pogarszającymi się warunkami geologiczno-górniczymi. Stąd postęp w problematyce zwalczania tąpań powinien następować szybciej niż potencjalne narastanie omawianego zagrożenia. Realizacja tego postulatu wymaga między innymi szerokiego i pogłębionego współdziałania nauki i techniki górniczej na płaszczyźnie rzeczowej przynoszącej wzajemne korzyści współpracy, specjalizacji i kooperacji.
- Należy uczynić dalszy istotny postęp w zakresie sposobu bezpiecznego przeprowadzania frontów eksploatacyjnych i wyrobisk korytarzowych przez strefy krytycznego wytężenia górotworu metodami aktywnymi. Chodzi o uczynienie dalszego kroku w rozwiązywaniu problemu rozładowywania w sposób bezpieczny i skuteczny stref niebezpiecznej koncentracji naprężeń i akumulacji potencjalnej energii sprężystej oraz metod ich kontroli. Potrzeby ruchowe kopalń w tym zakresie są ogromne, a możliwości techniczne, jak dotychczas, niewielkie i mało efektywne. Stąd rozwiązanie tego problemu stanowi w chwili obecnej zadanie pierwszoplanowe nauki, techniki i praktyki górniczej.
- Strzelania wstrząsowe są jedną z najbardziej skutecznych i rozpowszechnionych aktywnych metod zwalczania tąpań w naszych kopalniach. Doświadczenia górnicze kopalń i autora wykazują, że prawidłowo dobrane i wykonane strzelanie wstrząsowe - w myśl podanych w pracy kryteriów i zasad - w caliźnie przodków górniczych, w których węgiel znajduje się w stanie wysokiego wytężenia, zwiększają sumaryczną ilość energii wstrząsów sejsmicznych prowokowanych tymi strzelaniami, przy jednoczesnym spadku łącznej ilości energii wstrząsów sejsmicznych samoistnych

(niesprowokowanych). Przy optymalnym doborze wszystkich parametrów technicznych i technologicznych strzelań do danych konkretnych warunków w kopalniach, co ma miejsce w przypadku tzw. "wstrzelania się w górotwór", ilość energii wstrząsów wymuszonych nimi może zbliżyć się do łącznej ilości energii wstrząsów sejsmicznych samoistnych i sprowokowanych. W takich przypadkach każdemu strzelaniu wstrząsowemu odpowiadać będzie "odzew" górotworu w postaci sprowokowanego wstrząsu sejsmicznego, przy jednoczesnym zaniku wstrząsów samoistnych. Innymi słowy, dobrze wykonane i dobrane strzelanie wstrząsowe może skutecznie zapobiegać występowaniu tąpań. Niestety, ma to miejsce w granicach stosunkowo wąskiego pasma stanu górotworu określonego potocznie mianem dużego wytężenia górotworu. Wniosek ten w całej pełni potwierdza praktyka górnicza (kopalń i autora) [84, 87, 97, 100, 114].

Autor opracowania proponuje zwiększenie efektywności zwalczania tąpań metodami techniki strzelniczej. Jest on zdania, że kluczem do dalszego istotnego postępu w tym zakresie może się okazać połączenie w jedną integralną całość (wykonawczą) dotychczas stosowanych w naszych warunkach dwóch metod aktywnego zwalczania tąpań realizowanych oddzielnie, tj. strzelań wstrząsowych oraz nawadniania i wtłaczania wody pod ciśnieniem w pokład (górotwór). Polega ona na wykonaniu w pokładzie (górotworze) otworów wiertniczych o odpowiedniej średnicy i długości. Następnie załadowaniu ich MW w postaci skupionej lub rozdzielonej i uzbrojeniu w lont detonujący. Z kolei następuje napełnienie otworu wodą. Ostatnie metry otworu, zwykle kilka mb, wypełnia się przybitką stałą - w razie potrzeby odpowiednio zabezpieczoną przed wyrzuceniem - z której wyprowadzony jest lont detonujący połączony z materiałem wybuchowym. Po wykonaniu i przygotowaniu w podany sposób otworu umieszczony w nim ładunek wybuchowy o odpowiedniej jakości i wielkości odpala się za pomocą lontu detonującego. W ten sposób powstałą nową metodę aktywnego zwalczania tąpań proponuje się nazwać "metodą udarowego hydraulicznego szczelinowania górotworu".

Jedną z istotnych zalet i walorów zaproponowanej metody jest, zdaniem autora, równomierna i jednorodna propagacja szczelin górotworu na całym obwodzie i długości otworu, mimo że górotwór nie jest ośrodkiem jednorodnym i izotropowym. Metoda udarowego

hydraulicznego szczelinowania górotworu łączy w jedną całość zalety dotychczasowych sposobów i metod aktywnego zwalczania tąpań, przy jednoczesnym eliminowaniu ich wad. W ten sposób możemy uzyskać nową metodę (narzędzie) zwiększonego oddziaływania technicznego na górotwór w sensie uintensywnienia metod aktywnych i poprawy ich skuteczności w złożonej problematyce zwalczania zagrożenia tąpaniami. Opisana metoda po jej opracowaniu i zoptymalizowaniu może dać również szanse jednoczesnego i kompleksowego zwalczania niektórych podstawowych naturalnych zagrożeń górniczych występujących w kopalniach, tj. zagrożenia tąpaniami, metanowego i pyłowego, jak również poprawy niektórych wskaźników techniczno-ekonomicznych, np. poprawę urabialności i wypadu grubych sortymentów w pokładach węgla. Należy ponadto podkreślić, że zaproponowana metoda, mimo że pod względem merytorycznym nowatorska, to pod względem techniczno-ruchowym i organizacyjnym jest w pełni bezpieczna oraz niezmiernie prosta i łatwa do stosowania w kopalniach. Dotychczasowe wyniki uzyskane w szczególności na odcinku odmetanowania pokładu 501/510 KWK "Wesoła" potwierdzają ten pogląd. W warunkach tej kopalni udarowe hydrauliczne szczelinowanie górotworu pozwoliło na ok. 10-krotne zwiększenie wydajności metanu z otworu odmetanowującego, przy jednoczesnym wzroście stężenia CH_4 o ok. 50% [99].

- Miarą skuteczności i efektywności udarowego hydraulicznego szczelinowania górotworu opisaną metodą może być również w pewnym sensie zwiększony wypływ i stężenie metanu z otworu, zmniejszenie zapylenia wyrobisk górniczych, poprawa urabialności węgla i wypad grubych sortymentów węgla. Wielkości te mogą być łatwo i jednoznacznie pomierzone znanymi w górnictwie urządzeniami pomiarowymi. Dlatego też przed ostatecznym zastosowaniem tej metody do zwalczania tąpań na skalę przemysłową należy ją (zgodnie z zaproponowaną tematyką badawczą) w pierwszej kolejności zastosować i wypróbować oraz zoptymalizować dla zwalczania zagrożenia metanowego, pyłowego i poprawy urabialności oraz zwiększenia wypadu grubych sortymentów węgla. Uzyskane tą drogą doświadczenia i wyniki należy następnie wykorzystać w optymalizacji parametrów technicznych i technologicznych metody i metodyki do zwalczania tąpań.
- W pracy przedstawiono nową wersję interpretacji istoty i mechanizmu strzelań wstrząsowych, która rzuca nowe światło na omawia-

ną problematykę. Wynika z niej, że efektywność strzelań wstrząsowych w zakresie prowokowania tąpań i odprężeń oraz wstrząsów górotworu zależy głównie od wielkości odkrytego stropu tymi strzelaniami, a nie, jak to było według dotychczasowych poglądów, tylko od wielkości ładunku MW. W oparciu o nią wprowadzono nowe pojęcia i wielkości oraz ich definicje pomocne dla sprecyzowania nowych doskonalszych zasad i kryteriów doboru optymalnych parametrów technicznych i technologicznych SW. Ponadto podano metodę ustalania tych wiekości wraz z zależnościami jakościowymi i ilościowymi zachodzącymi między nimi w formie odpowiednich wzorów.

- Autor jest zdania, że najbardziej efektywnego dalszego postępu w zakresie zwalczania zagrożenia tąpaniami metodami aktywnymi można dokonać na gruncie teorii szczelin i mechaniki pękania.
- Zwalczanie tąpań, a szczególnie metodami aktywnymi ściśle związane jest z wierceniami dołowymi. Stąd wydaje się zasadne przeanalizowanie i rozważenie celowości ewentualnego powołania w niektórych jednostkach organizacyjnych naszego górnictwa odpowiednich komórek lub stanowisk dla bieżącego określenia całokształtu problematyki wierceń dołowych, jak również koordynowania prac i działalności w celu pełnej i sprawnej realizacji potrzeb przemysłu węglowego w tym zakresie.
- Należy przystąpić możliwie od zaraz do produkcji względnie zakupić z importu wysokiej jakości urządzenia wiertnicze wraz z osprzętem takim, jak: żerdzie wiertnicze, narzędzia wiercące itp. dzięki którym będzie możliwe szybkie i sprawne wiercenie otworów w zwięzłych i twardych skałach o zasięgu do 150 m i średnicy od 42-100 i więcej mm. Chodzi o urządzenia wiertnicze proste w konstrukcji, łatwe w obsłudze, o małych gabarytach i małym ciężarze, umożliwiające manipulację i wejście z nimi do ścian, chodników nad-i podścianowych itp., jak również pozwalające osiągnąć duże postępy wiercenia, wynoszące w twardych skałach co najmniej 30 mb na zmianę. W urządzenia te należy wyposażyć wszystkie kopalnie zgłaszające potrzeby w tym zakresie.
- Wyprodukować lub zakupić z importu (kilka sztuk) wiertnice wraz z osprzętem, w miarę możliwości ze zdalnym sterowaniem spoza strefy zagrożenia dla wiercenia otworów odprężających w węglu o średnicy 100 - 300 i więcej mm i długości ok. 10 - 100 mm.

Po opracowaniu metody otworów odprężających i sprawdzeniu jej przydatności do zwalczania tąpań w naszych warunkach geologiczno-górniczych należy następnie ewentualnie wyposażyć kopalnie zgłaszające zapotrzebowanie na tego typu urządzenia wiertnicze.

- Dalszy postęp w zwalczaniu tąpań metodami aktywnymi limitowany jest coraz wyraźniej postępem w dziedzinie wiertnictwa podziemnego. Bez dalszego postępu w wiertnictwie dołowym, o którym mowa w pracy, nie będzie niestety dalszego postępu w zwalczaniu tąpań metodami aktywnymi. Dlatego też należy mieć nadzieję, że postęp i rozwój wiertnictwa dołowego powinien i musi iść w parze z postępem i potrzebami naszego górnictwa.

LITERATURA

[1] Budryk W.: Eksploatacja złóż. Część 2. Podziemna eksploatacja pokładów węgla. PWT, Katowice 1952

[2] Budryk W.: Sposoby zwalczania tąpań w górnośląskich kopalniach węgla. Archiwum GIG, Katowice 1950

[3] Budryk W.: Zjawisko tąpań i zapobieganie ich skutkom, Przegląd Górniczo-Hutniczy nr 12, 1938

[4] Borecki M., Chudek M.: Mechanika górotworu. "Śląsk", Katowice 1972

[5] Borecki M., Biliński A., Kidybiński A.: Wpływ prędkości wybierania na zachowanie się górotworu i obudowy. Przegląd Górniczy nr 6, 1962

[6] Bieniawski: Mechanism of Britte Fracture of Roeks. International Journal of Rock Machanics and Mining Sciences. Vol.4 Part to III No 4, 1967

[7] Biliński A.: Zagrożenie tąpaniami stropowymi w świetle rozeznania warunków naturalnych i górniczych. Zesz. Nauk. AGH. Górnictwo t.5, z.1. Kraków 1981

[8] Biliński A.: Tąpania w świetle mechaniki górotworu odprężonego. Górnictwo r.9, z.2. Kraków 1985

[9] Charewicz J., Domżał J., Dudek J., Krawiec A.: Poradnik Górnika t.2, Dział III - technika strzelnicza. "Śląsk", Katowice 1975

[10] Cianciara B., Grzybowski R., Kornowski J., Marcak H., Pilecki Z., Trombik M., Zuberek W.: Instrukcja stosowania metody sejsmoakustycznej do oceny zagrożenia tąpaniami. Wspólnota Węgla Kamiennego. Zespół Górniczy. Katowice 1988

[11] Cianciara B., Marcak H.: Stochastyczne modele w interpretacji danych pomiarowych z kopalń. Mat. II Krajowej Konferencji Nauk. Techn. t. II (11-23), Wisła 1988

[12] Cichy A., Lasocki S.: Możliwości statystycznego opracowania kopalnianych danych mikrosejsmologicznych pod kątem oceny stanu zagrożenia tąpaniami. Publ.Inst.Geophys. Pol. Acad.Sc. M-5/155 1982

[13] Cook N.G.W.: Seismicity associated with mining. Eng.Geol. 10.99-122, 1976

[14] Cook N.G.W., Klokow J.W., White A.J.A.: Practical rock mechanics for gold mining Achamber of Mines ofs. Africa Publ. Seria PRD. Nr 167, 1973

[15] Czerpanow G.P.: Mechanika chrupkoworozruszenia. "Nauka", Moskwa 1974

[16] Czypionka S.: Rozkład teoretyczny naprężeń w sąsiedztwie fałdów. Praca doktorska (niepublikowana) Pol.Śl., Gliwice 1972

[17] Davidson S., Hancock J.: Połączona technologia strzelania, wtłaczanie wody dla urabiania węgla. Mining Fquipment, 1957

[18] Drzewiecki K.: Tąpania spągu wyrobisk chodnikowych w kopalniach (badania laboratoryjne). Zeszyty Problemowe Górnictwa, PAN, t.2, zeszyt 1. PWN, Warszawa 1964

[19] Drzęźla B., Białek B., Jaworski J., Węklar A.: Podstawy analityczne metody numerycznego prognozowania obszarów koncentracji naprężeń w górotworze z uwzględnieniem dowolnie założonego przestrzennego usytuowania pól i krawędzi wybierkowych. Zeszyty Naukowe Pol. Śl. s. Górnictwo (w druku)

[20] Drzęźla B., Garus A., Mendecki A., Kaczmarczyk A., Major M., Gerlach Z.: Próba ujęcia ilościowego zależności pomiędzy stanem naprężeń a aktywnością sejsmiczną górotworu. Zeszyty Naukowe AGH s. Górnictwo, zeszyt 129, X Szkoła "Mechanika Górotworu". Zjawiska dynamiczne w górotworze. Kraków 1987

[21] Drzęźla B., Białek J., Jaworski A.: Prognozowanie stanów deformacyjno-energetycznych górotworu dla oceny sejsmiczności metodą porównawczą. Materiały Konferencyjne GIG, Katowice 1989

[22] Drzęźla B., Garus A., Ai Pham Quang, Zawadzki W.: Ocena przydatności statystycznych modeli analizy hazardu sejsmicznego w wybranych kopalniach GZW. Materiały Konferencyjne GIG, Katowice 1989

[23] Drzęźla B., Mendecki A.: Algorytmy poziomej lokalizacji ognisk wstrząsów górotworu i wyznaczenie prędkości fal sejsmicznych. Publ.Inst.Geophys. Pol.Akad.Sc. M-2/123, 1979

[24] Drzęźla B., Mendecki A.: Uogólniona metoda okręgów lokalizacji ognisk wstrząsów górotworu. Przegląd Górniczy nr 5, 1978

[25] Drzęźla B., Kołodziejczyk P.: Problemy niejednoznaczności lokalizacji ognisk wstrząsów górotworu. Zeszyt Naukowy Pol. ŚL. s. Górnictwo z. 188, Gliwice 1990

[26] Droste Z., Teisseyre R.: Oszacowanie sejsmiczności według danych jednej stacji i zastosowanie do badań reżimu energetycznego rejonu kopalni "Miechowice". Publ.Inst.Geophys. Pol. Acad.Sc. 47, 169-178, 1971

[27] Dubiński J.: Sejsmiczna metoda oceny stanu naprężeń w górotworze zagrożonym tąpaniami. Przegląd Górniczy nr 4, 1980

[28] Dubiński J.: sejsmiczna metoda wyprzedzającej oceny zagrożenia wstrząsami górniczymi w kopalniach węgla kamiennego. Prace GIG, Katowice 1989

[29] Fajklewicz Z.: Pierwsze próby prognozowania tąpań metodą grawimetryczną. Przegląd Górniczy nr 10, 1981

[30] Fajklewicz Z.: Mikrograwimetria górnicza. "Śląsk", Katowice 1980

[31] Filcek H.: Stan naprężenia i odkształcenia wokół wyrobiska chodnikowego jako funkcja czasu. Praca doktorska, AGH, Kraków 1960

[32] Filcek H.: Wpływ czasu na stan naprężenia i odkształcenia górotworu w sąsiedztwie wyrobisk korytarzowych. Kom.Gór.PAN, Zeszyty Problemowe Górnictwa, t.1, z.1, 1963

[33] Filcek H.: Zjawisko zawałów w świetle mechaniki górotworu. Zeszyty Naukowe AGH, s. Górnictwo z.27, Kraków 1971

[34] Filcek H., Kłeczek Z., Zorychta A.: Poglądy i rozwiązania dotyczące tąpań w kopalniach węgla kamiennego. Zeszyty Naukowe AGH, s.Górnictwo z.123, Kraków 1984

[35] Filipek M., Mitręga P., Syrek B.: Próba oceny efektywności strzelań wstrząsowych wykonywanych w ścianach zawałowych w warunkach dużego zagrożenia tąpaniami. Publ.Inst.Geophys. Pol.Acad.Sc. (w druku)

[36] Gerlach Z., Skrzypek Z., Muc A., Wyrobek E.: Geofizyczna ocena stanu zagrożenia tąpaniami wyrobisk oraz aktywne i technologiczne środki jego ograniczenia przy wybieraniu pokładu 510 w kopalni węgla kamiennego "Katowice". Zeszyty Naukowe Pol.Śl. s. Górnictwo z.191, Gliwice 1990

[37] Gerlach Z.: Empiryczne modele przewidywania stanu zwiększonego zagrożenia tąpaniami w oparciu o wyniki sejsmologii górniczej. Praca doktorska, AGH, Kraków 1991

[38] Gil H., Drzęźla B.: Metody oceny skłonności do tąpań. Przegląd Górniczy nr 12, 1973

[39] Gil H.: Próba teoretycznego ujęcia przyrostu energii potencjalnej w górotworze. Archiwum Górnictwa t.X, z.4, 1965

[40] Gil H.: Analityczna metoda prognozowania i zwalczania tąpań w kopalniach. Przegląd Górniczy nr 9, 1977

[41] Gil H.: Makroskopowy mechanizm tąpnięcia pokładowego. Zeszyty Naukowe Pol.Śl., s. Górnictwo z.70, Gliwice 1977

[42] Gibowicz S.: Mechanizm ognisk wstrząsów górniczych. Publ. Inst.Geophys.Pol.Acad.Sc. M-13/221, PWN, Warszawa-Łódź,1989

[43] Goszcz A.: Wybrane problemy geofizyki i geodynamiki w górotworze podziemnym. Przegląd Górniczy nr 3, 1989

[44] Goszcz A.: Tektonofizyczna przyczyna występowania wstrząsów i naturalnej skłonności węgla do tąpań. Publ.Inst.Geophys. Pol.Acad.Sc. M-5/155, 1982

[45] Hobler M.: Badania laboratoryjne i w chodniku węglowym nad efektywnością rozsadzania materiałem wybuchowym. Przegląd Górniczy nr 3, 1975

[46] Hobler M.: Projektowanie i wykonywanie robót strzałowych w górnictwie podziemnym. Wydawnictwo "Śląsk", Katowice 1982

[47] Jacobi C.: Auftreten, Urzachen und Bekämpung von Gebirgsschlägen im Ruhrgebiet, Glückauf Ed. 100, 1964, nr 13

[48] Jahns H.: Bestimmung und Vermeiden der Spannungen in den Wänden von Abbsustrecke am gebirgsschlagge fährdeten Flöze Sonnenschein. Glückauf, 1963, nr 3

[49] Janczewski E.: Zarys sejsmologii ogólnej i stosowanej. Wyd. Geolog., Warszawa 1955

[50] Jaeger J.C., Cook N.G.W.: Fundamentals of rock mechanics. Champan and Hall Ltd., London 1971

[51] Kidybiński A.: Podstawy Geotechniki Kopalnianej. Katowice 1982

[52] Kidybiński A.: Metoda prognostycznej oceny jakości stropów wyrobisk ścianowych. Prace GIG.Komunikat 459, Katowice 1969

[53] Kijko A., Drzęźla B., Mendecki B.: bimodalny charakter eksperymentalnych rozkładów zjawisk sejsmicznych w kopalniach. Publ.Inst.Geophys.Pol.Ac.Sc. M-8/191/1986

[54] Kłeczek Z.: Wytrzymałość skał karbońskich w świetle badań reologicznych. Zeszyty Problemowe Górnictwa PAN, tom 5, zeszyt 2, 1967

[55] Kłeczek Z.: Górotwór jako ośrodek reologiczny. Projekty - Problemy nr 4, Katowice, 1971

[56] Kłeczek Z.: Geomechanika górnicza. Skrypty uczelniane AGH nr 1000, Kraków 1985

[57] Kłeczek Z., Zorychta A.: Wpływ postępu eksploatacji na potencjalny stopień zagrożenia tąpaniami. Górnictwo r.9, z.2, Kraków 1989

[58] Knothe St.: Wpływ czasu na kształtowanie się niecki osiadania. Archiwum Górnictwa t.1, z.2, 1953

[59] Konopko W.: Stan i przyczyny zagrożenia tąpaniami w kopalniach węgla kamiennego PRL. Konferencja Nauk.Techn. GIG, Katowice 1984

[60] Konopko W.: Ukierunkowane hydroszczelinowanie skał (UHS). Przegląd Górniczy nr 6, 1991

[61] Kowalczuk J., Małoszewski St.: Wstępne wyniki badań geofizyki stosowanej w aspekcie zwalczania łąpań i zawałów na obszarze Górnośl.Zagł.Węglowego. Mat. i prace Inst.Geophys.PAN, Vol. 97, 1976

[62] Kijko A.: Model związku aktywności sejsmicznej górotworu z eksploatacją. Acta Geophys. Pol.Vol. XXXIII, nr 3, 1985

[63] Krawiec A., Dybeł T.: Wpływ warunków górniczo-technicznych na wielkość wypromieniowanej energii sejsmicznej podczas tąpań i wstrząsów. Przegląd Górniczy nr 9, 1968

[64] Krawiec A.: O pewnej możliwości ujęcia rozkładu przemieszczeń i naprężeń w górotworze pofałdowanym. Archiwum Górnictwa, Tom XIV, z.3, 1969

[65] Krawiec A.: Ważniejsze zagadnienia z zakresu profilaktyki i prognozowania tąpań. Bezpieczeństwo pracy w górnictwie. Wydanie WUG, nr 1, Katowice 1975

[66] Krawiec A.: Węzłowe zagadnienia profilaktyki tąpań w kopalniach węgla kamiennego. Bezpieczeństwo pracy w górnictwie. Wydanie WUG. nr 2, Katowice 1975

[67] Krawiec A.: Występowanie tąpań w kopalniach węgla w latach 1971-75. Bezpieczeństwo pracy w górnictwie. Wydanie WUG, Nr 1, Katowice 1977

[68] Krawiec A.: Zwalczanie tąpań metodami aktywnymi. Materiały szkoleniowe SITG. Katowice, luty 1975

[69] Krawiec A., Domżał J.: Nawadnianie pokładów a zagrożenie tąpaniami. Przegląd Górniczy nr 12, 1973

[70] Krawiec A., Domżał J.: Wtłaczanie wody w pokład węglowy w celu osłabienia i zniszczenia jego struktury. Bezpieczeństwo pracy w górnictwie. Wydanie WUG, nr 3, Katowice 1976

[71] Krawiec A., Domżał J., Ożana P.: Próby wtłaczania wody w strop pokładów węglowych w aspekcie zwalczania tąpań. Przegląd Górniczy, nr 4, 1975

[72] Krawiec A., Domżał J., Ożana P.: Odprężanie pokładów tąpiących przez rozwiercanie calizny węglowej. Przegląd Górniczy nr 2, 1977

[73] Krawiec A., Domżał J., Grabis Z.: Wyznaczenie naturalnej skłonności węgla do tąpań. Przegląd Górniczy nr 3, 1980

[74] Krawiec A., Merker R.: Obudowa a zagrożenie tąpaniami. Wiadomości Górnicze nr 1, 1976

[75] Krawiec A., Rudnicki B.: Aktualne problemy podniesienia skuteczności walki z tąpaniami. Bezpieczeństwo pracy w górnictwie. Wydanie WUG, nr 1, Katowice 1976

[76] Krawiec A., Merker R.: Wyznaczanie stref zagrożenia tąpaniami przy zbliżaniu się frontów eksploatacji do chodników i zrobów. Bezpieczeństwo pracy w górnictwie. Wydanie WUG, nr 1, Katowice 1978

[77] Krawiec A., Merker R., Podgórski B., Kowalski S.: Wybieranie tąpiącego pokładu 510 w partiach A i B w kopalni "Pstrowski". Przegląd Górniczy nr 4, 1974

[78] Krawiec A., Takuski St.: Rock bursting in Polish deep coal mines in light of research and practical observation. Transcations of The Society of Mining Engineers of Aime. Volume 262 nr 1, March 1977

[79] Krawiec A., Trombik M., Wiadrowski M.: Pomiary głównych parametrów strzelań wstrząsowych. Przegląd Górniczy nr 2, 1976

[80] Krawiec A., Wierzchowska Z.: Rozpowszechnianie i modernizacja metody mikrosejsmologicznej w zwalczaniu tąpań w kopalniach Górnośl.Zagł.Węgl. Przegląd Górniczy nr 2, 1974

[81] Krawiec A., Wierzchowska Z.: Crump in Anna mine and Methane and Goal Dust Explosion which it caused. Hornicky Ustav CSAV, Praha, Acta Montana 38/1976

[82] Krupiński B.: Linie najmniejszego oporu w złożu węglowym. Przegląd Górniczo-Hutniczy, 1932

[83] Książkiewicz M.: Geologia dynamiczna. Wydawnictwa Geolog., Warszawa 1968

[84] Kulpiński J., Klonowski Z., Krawiec A., Dybeł T.: Wybieranie silnie tąpiącego pokładu 503 na poz. 720 w Kopalni "Miechowice". Przegląd Górniczy nr 10, 1966

[85] Kulpiński J., Klonowski Z., Krawiec A., Dybeł T.: Obserwacje sejsmoakustyczne w pokładach zagrożonych tąpaniami w Kopalni "Miechowice". Przegląd Górniczy nr 5, 1967

[86] Kulpiński J., Klonowski Z., Krawiec A., Dybeł T.: Mikrorejonizacja tąpań i wstrząsów w Kopalni "Miechowice". Przegląd Górniczy nr 12, 1966

[87] Kulpiński J., Klonowski Z., Krawiec A., Dybeł T.: Wybieranie tąpiącego pokładu 510 pod krawędziami pokładu 509 w Kopalni "Miechowice". Przegląd Górniczy nr 11, 1966

[88] Kulpiński J., Klonowski Z., Krawiec A., Dybeł T.: Osadniki wygradzane w posadzce. Przegląd Górniczy nr 4, 1967

[89] Kulpiński J.: Strzelania wstrząsowe dla zmniejszenia zagrożenia tąpaniami. Przegląd Górniczy nr 3, 1967

[90] Kulpiński J., Krawiec A.: Przyczyny zagrożenia tąpaniami w Kopalni "Miechowice". Wiadomości Górnicze nr 10, 1967

[91] Kulpiński J., Krawiec A.: Kompleksowe sposoby zmniejszające zagrożenie tąpaniami w Kopalni "Miechowice". Wiadomości Górnicze nr 11, 1967

[92] Kulpiński J., Krawiec A.: Wpływ sposobu kierowania stropem na zagrożenie tąpaniami. Przegląd Górniczy nr 12, 1968

[93] Kuźniecow G.: Odpalanie otworów strzałowych z dodaniem wody jako ośrodka podwyższającego skuteczność i bezpieczeństwo robót strzałowych. Ugol, 1950

[94] Małoszewski St., Cianciara B., Gerlach Z., Lasocki S., Marcak H., Malaga M., Patuszyński S.: Dokumentacja końcowa tematu 01.2.2. Wykorzystanie ETO do automatyzacji pomiarów geofizycznych. Międzyresortowy Instytut Geofizyki Stosowanej i Geologii Naftowej - AGH, Kraków 1975

[95] Małoszewski St., Kowalczuk J., Marcak H.: Prognozowanie tąpań metodami geofizycznymi. Prace GIG, Sym.Nauk., Katowice 1976

[96] Marcak H.: Statystyczne modele interpretacji wyników pomiarów geofizycznych z kopalń dla prognozowania stanu zagrożenia tąpaniami. Archiwum Górnictwa t.22, z.1, 1977

[97] Mitręga P., Syrek B.: Zależność energii sejsmicznej wyzwolonej w trakcie strzelań wstrząsowo-odprężających od ilości zużytego materiału wybuchowego. Przegląd Górniczy nr 2, 1987

[98] Lisiecki B., Filipek M., Krawiec A.: Dobór obudów wyrobisk korytarzowych w warunkach zagrożenia tąpaniami w kopalniach Katowickiego Gwarectwa Węglowego. Prace Naukowe Instytutu Geomechaniki Politechniki Wrocławskiej 54. Seria: Konferencje 25, Wrocław 1988

[99] Lisiecki B., Demel T., Krawiec A., Batko St., Layer A., Domżał J.: Uderzeniowe szczelinowanie górotworu. Zeszyty Naukowe AGH, s.Górnictwo, z.129, X Szkoła Mechan.Górotworu. Zjawiska dynamiczne w górotworze. Kraków 1987

[100] Lisiecki B., Filipek M., Krawiec A.: Aktualne kierunki zwalczania tąpań w Katowickim Gwarectwie Węglowym. Zeszyt jubileuszowy 70-lecia AGH, Górnictwo nr 145, 1989

[101] Lisowski A.: Przemieszczenia górotworu w świetle teorii sprężystości. Archiwum Górnictwa. T.I, z.1, 1955

[102] Lisowski A.: Niszczenie próbek kostkowych skały w świetle teorii sprężystości. Archiwum Górnictwa, t.I, z.4, Warszawa 1956

[103] Litwiniszyn J.: Rozwój problematyki wpływu górniczej eksploatacji na ruchy skał skorupy ziemskiej. Przegląd Górniczy t.XVII, nr 4, 1961

[104] Litwiniszyn J.: Równanie różniczkowe przemieszczeń górotworu. Archiwum Górnictwa i Hutnictwa, t.3, z.4, 1955

[105] Litwiniszyn J.: Zjawisko tąpań i fale uderzeniowe. Zeszyty Naukowe AGH, Górnictwo z.3, Kraków 1985

[106] Neyman B.: Analiza tąpań w kopalniach Górnego Śląska 1948-1951. GIG, Komunikat nr 1, Katowice 1953

[107] Neyman B.: Tąpania w kopalniach węgla Górnego Śląska. Prace GIG. Seria A. Komunikat nr 342, Katowice 1964

[108] Neyman B., Grabis Z., Trombik M., Zuberek W.: Wyniki badań ciśnienia i tąpań metodami sejsmoakustycznymi w Kopalni "Bobrek". Prace GIG. Komunikat nr 464. Wyd. "Śląsk", Katowice 1969

[109] Parysiewicz W.: Tąpania w kopalniach. Wyd. "Śląsk", Katowice 1967

[110] Parysiewicz W.: Przyczyny tąpań. Zeszyty Naukowe Pol.Śl. s.Górnictwo z.12, Gliwice 1964

[111] Pawłowicz K.: Rozkład powierzchni osłabionej spoistości w skałach, metoda oznaczania trwałości i próba klasyfikacji stropów węgla w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym. GIG. Komunikat nr 429, Wydawnictwo "Śląsk", Katowice 1967

[112] Pawłowicz K.: Badania nad urabianiem węgla odstrzałem długich otworów i nad mechanizmem jego działania na caliznę pokładu. GIG. Komunikat nr 561, Katowice 1972

[113] Pawłowicz K.: Wpływ strzelań zruszająco-odprężających na ruch obwiedni strefy wzmożonych naprężeń w caliźnie czoła ścian w pokładach tąpiących. Przegląd Górniczy nr 7, 8, ss. 378-396, Katowice 1981

[114] Pawłowicz K. Major M.: Zapobieganie tąpaniom w kopalni węgla kamiennego "Staszic" metodami techniki strzelniczej. GIG. Katowice 1987

[115] Pawłowicz K., Husejko J.: Efektywność strzelania z przybitką wodną. SJTG, 1962

[116] Pawłowicz K. (red): Wyniki doświadczalnych strzelań w stropach przed frontem ścian wraz ze wstępną oceną metody. Dokumentacja GIG o symbolu 01.4.06.04., 1976 (praca niepublikowana)

[117] Pietuchow J.M., Smirnow W.A., Winokur B.S., Golnow A.S.: Geofiziczeskije issledodowanie gornych udarow. "Niedra", Moskwa 1975

[118] Pietuchow J.M.: Gornyje udary na ugolnych szachtach. Moskwa 1972

[119] Pietuchow J.M.: Opracowanie i wdrożenie zespołu środków walki z tąpaniami w kopalniach ZSRR. Problemy Geodynamiki i Tąpań. Tom II. 262. Kom.Gór. PAN, Kraków 1972

[120] Pietuchow J.M.: Rozwój metod walki z zagrożeniem tąpaniami w kopalniach ZSRR. Przegląd Górniczy nr 11, 1977

[121] Pietuchow J.M.: Tąpania w kopalniach węgla. "Niedra", Moskwa 1972. Tłumaczenie z jęz. rosyjskiego dokonane przez zesół w składzie: mgr inż. J.Bugiesz, mgr inż. F.Zięba, dr inż. B.Rudnicki - kwiecień- maj 1973, Katowice

[122] Ryncarz T.: Badania charakterystyki wstrząsów górotworu wywołanych eksploatacją górniczą. Jabłonna 1984

[123] Ryncarz T.: O systematycznej klasyfikacji zagrożeń występujących w górnictwie podziemnym. Kwartalnik AGH, Górnictwo z.3, Kraków 1983

[124] Ryncarz T.: Die Ergebnisse einiger Modeliresuchen uber den Finfluss der Oberfluchenbelastung auf die Form der Sekungemulde. Archiwum Górnictwa t.8, z.2, 1961

[125] Sałustowicz A.: Zarys mechaniki górotworu. Wyd. "Śląsk", Katowice 1965

[126] Sałustowicz A.: Mechanika górotworu, cz.1, t.III, Górnictwo, Katowice 1955

[127] Sałustowicz A., Golanka J.: Mechanika górotworu. AGH, Kraków 1968

[128] Sałustowicz A., Matuszewski J.: Istota i przyczyny występowania tąpań w Górnośl. Kopal. Węgla Kamiennego. Stowarz.Inż. i Tech.Górnictwa Zarząd Główny, Katowice 1963

[129] Sklenar J., Rudajew V.: Aplication of some seismic methode for the evoluation of the stress - strein condition in the rock mass. Acta Montana 32.211-230, 1975

[130] Sikora W. i inni: Opracowanie metody osłabienia i łamania piaskowców stropowych. Prace GIG, symbol 01.22.02.06.050. Katowice 1975

[131] Skudrzyk E.: Metody oceny skłonności złoża do tąpań. IV Zimowa Szkoła Mechaniki Górotworu, Wisła 1977

[132] Stranz B.: Badania nad możliwością zwiększenia wychodu grubych sortymentów węgla przy stosowaniu wtłaczania wody do pokładów oraz strzelania w otworach pod ciśnieniem wody. Praca doktorska. Politechnika Śląska, Gliwice 1967

[133] Stranz B., Krawiec A.: Sposoby urabiania a zagrożenie tąpaniami. Przegląd Górniczy nr 7-8, 1973

[134] Stranz B., Krawiec A.: Zwalczanie tąpań metodą strzelań wstrząsowych. Wiad.Górnicze nr 10, 1974

[135] Stranz B., Krawiec A.: Zwalczanie tąpań metodą wtłaczania wody pod ciśnieniem. Wiadomości Górnicze nr 11, 1974

[136] Stranz B., Krawiec A.: Boj protiv horských otresum aktivními metodami. Hornický Ústav CSAV, Praha, Acta Montana 32/1975

[137] Szuścik W.: Tąpania pokładowe w świetle hipotezy obszaru występowania zjawiska tąpań. Prace naukowe Inst.Geotechniki Politechniki Wrocławskiej. Seria Konferencje z.31, Wrocław 1980

[138] Szuścik W.: Tąpania eksplozyjne pokładów węglowych, zjawisko, rozpoznanie, zagrożenia, przeciwdziałanie. Referat na XVII Jugosłowiańsko-Polskie Sympozjum Naukowe. Jugosławia - Žernica, 1987

[139] Szuścik W., Zastawny E.: Zjawisko tąpania materiału węglowego. Przegląd Górniczy nr 11, 1980

[140] Szuścik W., Zastawny E.: Możliwości wystąpienia tąpnięcia w pokładzie. Prace PAN, z.7, Katowice 1983

[141] Teisseyre R.: Induktowana sejsmiczność i wstrząsy pochodzenia eksploatacyjnego. Monog. Fizyka i ewolucja wnętrza Ziemi. I. II, ss.254-260, PWN, Warszawa 1983

[142] Teisseyre R.: Badania sejsmologiczne w rejonach eksploatacji górniczej. Mat. do Symp. PAN n.t.: Problemy geodynamiki i tąpań. Wyd. GIG, t.1, Kraków 1972

[143] Wierzchowska Z.: Zastosowanie pomiarów prędkości fal sejsmicznych do badania względnych zmian wartości ciśnienia górotworu. Przegląd Górniczy nr 10, 1968

[144] Wierzchowska Z.: Zastosowanie metod sejsmologii górniczej do kontroli stanu zagrożenia tąpaniami w kopalniach. Kwartalnik WUG. Bezp.Pracy w Górnictwie nr 2, WUG, Katowice 1989

[145] Zięba F., Odrobina M.: Wybuch metanu i pyłu węglowego po tąpnięciu w kopalni "Anna". Bezpieczeństwo Pracy w Górnictwie. Wydanie WUG, nr 2, Katowice 1975

[146] Znański J.: Podziemna eksploatacja złóż. Wyd. "Śląsk", Katowice 1964

[147] Zorychta A.: Kryterium powstawania tąpań przy eksploatacji pokładu węgla kamiennego. Górnictwo, Kraków 1984

[148] Zuberek W.: Modele procesu tąpnięcia. Mat.Sym. p.t.: Geofizyka dla potrzeb rejonu górnośląskiego. Uniwersytet Śląski, Międzybrodzie Żywieckie, 1980

[149] Zuberek W.: Przemiana energii w procesie wzrostu pęknięcia w skałach. Acta Montana ÚGG ČSAV 71, ss. 17-32, 1985

[150] Zuberek W.: Geologiczne uwarunkowania sejsmiczności indukowanej eksploatacją górniczą. Mat.III.Konf. "Postęp naukowo-tech. w geologii górn. węgla kam." Szczyrk 1990, prace GIG, spec. dodatek, Katowice 1990

[151] Zuberek W.: Analiza przebiegu aktywności sejsmicznej w przypadku tąpnięcia spowodowanego strzelaniem. Komunikat GIG nr 533, Katowice 1971

ZWALCZANIE TĄPAŃ METODAMI STRZELAŃ WSTRZĄSOWYCH

S t r e s z c z e n i e

W pracy przedstawiono w ogromnym skrócie całokształt zagadnień związanych z zagrożeniem tąpaniami w naszych kopalniach węgla oraz aktualne kierunki ich zwalczania.

W sposób ogólny omówiono problematykę zwalczania tąpań metodami aktywnymi, ze szczególnym uwzględnieniem metod techniki strzelniczej. W sposób zaś szczególny przedstawiono zwalczanie zagrożenia tąpaniami metodą strzelań wstrząsowych, stosowaną w warunkach już zaistniałego zagrożenia.

Zdefiniowano i przeanalizowano poszczególne rodzaje strzelań wstrząsowych, tj. strzelania wstrząsowo-odprężające, wstrząsowo-urabiające, wstrząsowo-odprężająco-urabiające oraz torpedowanie stropów i spągów.

Wskazano na ich zalety i wady, podobieństwo i różnice. Podano istotę i mechanizm działania, kryteria i zasady doboru poszczególnych rodzajów strzelań oraz ich optymalnych parametrów technicznych i technologicznych, jak również warunki i zakres stosowania oraz uzyskane wyniki i doświadczenia górnicze z nimi.

Podkreślono palącą potrzebę ruchową kopalń dalszego doskonalenia metod aktywnych zwalczania tąpań, w tym metod techniki strzelniczej. W tym kontekście zaproponowano oryginalne poglądy i rozwiązania zmierzające do dokonania dalszego istotnego jakościowego i ilościowego postępu w tym zakresie.

W szczególności podano bardzo prostą i łatwą do zastosowania w praktyce metodę i metodykę zwiększenia skuteczności strzelań wstrząsowych przez zastosowanie zwiększonej siły oddziaływania na górotwór za pomocą odstrzeliwania materiału wybuchowego w otworach strzałowych całkowicie wypełnionych wodą. W ten sposób powstałą metodę nazwano "udarowym hydraulicznym szczelinowaniem górotworu". Zastosowanie omawianej metody do odmetanowania części pokładu 501/510 Kopalni "Wesoła" dało doskonałe wyniki. Wyrażają

się one ok. 10-krotnym zwiększeniem wydajności Ch_4 z otworu odmetanowującego, przy jednoczesnym wzroście o ok. 50% jego stężenia. Ponadto w pracy przedstawiono tematykę badawczą do wykonania w celu naukowego i technicznego dopracowania oraz optymalizacji parametrów technicznych i technologicznych metody udarowego hydraulicznego szczelinowania górotworu.

Podkreślono, że zaproponowana metoda może się stać przydatna do kompleksowego zwalczania niektórych naturalnych zagrożeń górniczych występujących w kopalniach, tj. zagrożenia tąpaniami, metanowego i pyłowego oraz poprawy urabialności i wypadu grubych sortymentów w pokładach węgla.

W pracy autor podjął próbę ilościowego określenia efektywności strzelań wstrząsowych w aspekcie zwalczania tąpań, jak również podjął nową definicję i interpretację istoty i mechanizmu tych strzelań (wzory: (4.8) - (4.15). Rozważania na ten temat stanowią konieczne rozszerzenie i uzupełnienie dotychczasowych poglądów w tym zakresie oraz rzucają nowe światło na przydatność i celowość stosowania strzelań do zwalczania tąpań.

Wynika z nich, że strzelania wstrząsowo-odprężająco-urabiające, a w szczególności strzelania wstrząsowo-urabiające powodują raptowne odsłonięcie stropu o wielkość wynikającą z iloczynu głębokości urobionego zabioru i długości odcinka odstrzelonego przodka górniczego. Powoduje to również gwałtowne zbliżenie do ociosu strefy podwyższonych naprężeń o wielkość głębokości zabioru urobionego tymi strzelaniami. Taki przebieg zjawiska daje z jednej strony zwiększone obciążenia dynamiczne calizny węglowej, z drugiej zaś strony poprzez zbliżenie strefy maksymalnych naprężeń do ociosu zmniejsza jego wytrzymałość, a zwiększa wytężenie. Stąd wynika większa efektywność strzelań wstrząsowo-urabiających od strzelań wstrząsowo-odprężających w zakresie prowokowania tąpań i odprężeń oraz wstrząsów górotworu. Innymi słowy efektywność strzelań wstrząsowych w zakresie prowokowania tąpań i odprężeń zależy głównie od wielkości odkrytego stropu tymi strzelaniami, tj. im większa powierzchnia odkrytego stropu, tym większa skuteczność i na odwrót. Ale wielkość odkrytego stropu robotami strzelniczymi, jak wiemy, nie powinna i nie może być dowolna, przekraczająca pewną graniczną wielkość uwarunkowaną lokalnymi warunkami geologiczno-górniczymi i techniczno-ruchowymi. Wielkość tę określamy na podstawie pracy [52]i lokalnych doświadczeń górniczych danej kopalni.

Taki zweryfikowany pogląd potwierdza praktyka górnicza. W szczególności wyjaśnia on między innymi dotychczasową "tajemnicę", dlaczego skuteczność strzelań wstrząsowych, a zwłaszcza strzelań wstrząsowo-urabiających wzrasta, ale tylko do pewnej granicznej wielkości ze wzrostem odpalonego MW w serii. Po przekroczeniu tej granicznej wielkości ładunku MW, charakterystycznej dla lokalnych warunków geologiczno-górniczych i techniczno-ruchowych oraz stopnia i rozmiarów zagrożenia, efektywność strzelań już praktycznie nie wzrasta mimo wzrostu materiału wybuchowego.

W świetle dotychczasowych doświadczeń i obserwacji praktycznych wskazano na duże znaczenie i zadania wierceń dołowych w zwalczaniu tąpań metodami aktywnymi.

Opracowanie zakończono podsumowaniem i konkretnymi wnioskami praktycznymi.

COMBATING ROCK BURSTS BY THE CONCUSSION SHOTFIRING METHOD

Summary

Reported here very briefly is the total problem matter associated with rock bursts hazard in the Polish coal mines together with methods currently applied to combat these hazards.

An overall review is given of active methods used to combat rock bursts with particular reference to methods employing shotfiring techniques.

Described in greater detail are the measures for combating rock bursts making use of concussion shotfiring applied in conditions of already existing hazards.

The different types of concussion shotfiring are defined and analysed, i.e. concussion- destressing, concussion-winning, concussion-destressing-winning shotfiring and also torpedo shooting of roofs and floors.

The advantages and drawbacks, similarities and differences of these methods are indicated, giving also the basic mode and mechanism of action, criteria and principles for selection of appropriate types of shotfiring and their optimum technical and technological parameters, together with conditions and scope of application, results achieved and practical expeeience gained in the mines when applying these methods.

The urgent need in everyday mining production practice for improvement in active methods of combating rock bursts is stressed, with special attention being paid to the methods employing shotfiring techniques.

In this context new approaches and solutions are proposed, designed to promote further significant qualitative and quantitative advances in this area.

In particular, presented here is a method and procedure, simple and straightforward in practical application, for increasing the effectiveness of concussion shotfiring by boosting the force acting on the rock body when firing the explosive in shotholes completely filled with water. On this basis a new method denoted as "impact hydraulic fissuring of the rock body" was developed.

The described method when employed for methane abstraction from part of seam 501/510 at the "Wesoła" mine gave excellent results. These included a tenfold increase in CH_4 output from the methane drainage borehole with simultaneous rise of about 50% in its concentration. Also given in this paper is a proposition for research investigations to achieve scientific and technical development of the impact hydraulic rock body fissuring method, together with optimation of the technical and technological parameters of this method.

It is stressed that the proposed method could be useful for complex combating of certain natural hazards occurring in the mines, that is rock bursts, methane and dust hazards and could also give improvement in coal workability and in quantity of larger coal grados brought down in the coal seam.

In this monograph the author has attempted a quantitative estimation of the effectiveness of concussion shotfiring from the aspect of combating rock bursts, giving also a new definition and interpretation of the mode and mechanism of this shotfiring (formulae: 4.8, 4.9, 4.10, 4.11, 4.12, 4.13, 4.14, 4.15). Studies conducted in this field represent an essential broadening and supplementing of opinions accepted up to now and also throw new light on the suitability and value of using shotfiring to combat rock bursts.

The results of these studies show that concussion-destressing-winning, and in particular concussion-winning shotfiring, causes a sudden exposure of an area of roof of a size equal to the product of depth of the web mined and length of the face sector mined. It also causes violent advance towards the side wall of the zone of increased stresses by a distance equal to the depth of the web brought down by this shotfiring. This course of the process gives rise, on the one side, to increased dynamic loading on the coal solid, and on the other side, due to the zone of maximum stresses coming nearer to the side wall, reduces the strength of

the coal while increasing effort. This is the reason for the higher effectiveness of concussion-winning shotfiring than that of concussion-destressing shotfiring, from the aspect of inducing rock bursts and destressings and also tremors in the rock body. In other words, the effectiveness of concussion shotfiring for inducing rock bursts and destressings depends principally on the area of roof exposed by these shotfirings, i.e. the greater the area of roof uncovered, the greater the effectiveness, and vice versa.

Nevertheless, as it is well known, the area of roof exposed due to shotfiring should not and may not exceed a certain limiting value governed by the local geological-mining and technical- production conditions. This value is determined as in reference [52] and basing on local mining experience in the mine in question.

This verified opinion has been confirmed in mining practice. It makes it possible to elucidate, inter alia, the hitherto unsolved question of why the effectiveness of concussion shotfiring, and especially concussion-winning shotfiring, rises with an increase in quantity of explosive fired in the series but only to a certain limiting value. After exceeding this limiting size of explosive charge, which is governed by the local geological-mining and technical-production conditions, shotfiring effectiveness no longer rises despite an increase in quantity of explosive.

Conclusions drawn from experience gained up to now, together with practical observations, highlight the signal importance and the role of underground drillings in active methods for combating rock bursts.

In the final part the results of studies and tests are summed up and specific practical conclusions are presented.

БОРЬА С ГОРНЫМИ УДАРАМИ МЕТОДАМИ СОТРЯСАТЕЛЬНОГО ВЗРИВАНИЯ.

Р е з ю м е

В работе в сокращении рассмотрены вопросы, связанные с опасностью горных ударов в наших угольных шахтах, а также актуальные пути их преодолевания. В общем виде представлены вопросы борьбы с горными ударами с помощью активных методов, в частности с использованием взрывных работ. Особое внимание уделено способу борьбы с горными ударами с помощью сотрясательного взрывания в условиях уже возникшей удароопасности.

Определены и проанализированы отдельные способы сотрясательного взрывания, такие как сотрясательно-разгрузочное взрывание, сотрясательно-отбойное взрывание, сотрясательно-разгрузочно отбойное взрывание, а также торпедирование кровли и почвы.

Выявлены их преимущества и недостатки, а также сходство и отличие. Представлено их сущность и механизм действия, опеделено критерии и принципы выбора конкретных способов взрывания, а также пути оптимизации их технических и технологических параметров. Определены также условия их применения, представлены результаты их практического использования в горном деле.

Отмечены насущные потребности угольных шахт в дальнейшем

совершенствовании активных способов преодолевания удароопасности и техники взрывных работ. В этом аспекте предложен оригинальный подход и решение, обеспечивающие дальнейший качественный и количественный прогресс в этой области.

В частности, предложен простой и удобный метод увеличения эффективности сотрясательных взрывов посредством увеличения воздействия на горный массив с помощью взрывоотбойки в шпурах заполненных водой. Возникший. таким образом метод был назван "ударно-гидравлическим раскалыванием горного массива"". Применение указанного метода при дегазации части пласта 501/510 в шахте "Весола" дало прекрасные результаты. Они заключаются в IO-кратном увеличении объема CH_4 изымаемого из одной дегазационной скважины при одновременном увеличении концентрации на 50%. Кроме того в работе представлена тематика исследований для дальнейшего научно-технического развития и оптимизации метода ударно-гидравлического раскалывания горного массива.

Подчеркивается, что предложенный метод может быть пригодным для борьбы с рядом природных опасностей, выступающих в шахтах, таких как удароопасность, опасность взрыва метана, пылевая опасность,а также для повышения разрушаемости и выхода крупных сортов угля.

В работе автор предпринял попытку количественной оценки эффективности сотрясательных взрываний для преодоления удароопасности, а также дал новую формулировку и толкование сущности и физики действия этих взрываний. Полученные результаты расширяют и дополняют уровень в этой области, а также пред-

ставляют в новом свете пригодность и целесообразность использования взрывных работ в борьбе с горными ударами. Из этих исследований следует, что эффективность сотрясательного взрывания для провоцирования горных ударов и отжима горного массива зависит в основном от размеров обнаженной кровли, а не от массы взрывчатого вещества, как это считалось до сих пор (формулы: 4.8, 4.9, 4.11, 4.12, 4.13, 4.14, 4.15).

Это уточнённое суждение подтвердила практика горного дела. Результаты работы убедительно выясняют также существующую до сих пор "тайну" – почему эффективность взрывных работ, особенно сотрясательных взрывов с увеличением массы заряда взрывчатого вещества возрастает только до определенной границы. Значение этой границы зависит от местных горно-геологических и эксплуатационных условий, а также от степени опасности. После превышения этой границы эффективность взрывных работ не возрастает с увеличением массы взрывчатого вещества.

В свете накопленного опыта, эксплуатационных наблюдений и проведенных исследований указывается большое значение шахтного бурения для преодолевания удароопасности активными методами.

В заключении работы даются практичесские предложения.