ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2002
Seria: GÓRNICTWO z. 254 Nr kol. 1563

Piotr CHMIEL, Mieczysław LUBRYKA, Jerzy ŚLIWIŃSKI
Kopalnia Węgla Kamiennego „JAS-MOS", Jastrzębie Zdrój

OCENA MOŻLIWOŚCI ODZYSKANIA CZĘŚCI ZASOBÓW WĘGLA UWIĘZIONYCH W FILARZE OCHRONNYM SZYBU

Streszczenie. W referacie przedstawiono wyniki analizy wpływu eksploatacji prowadzonej w trzech kopalniach Jastrzębskiej Spółki Węglowej SA w pobliżu filarów oraz eksploatacji naruszającej filary ochronne 4 szybów na deformacje i uszkodzenia rur szybowych - analizie poddano okres w przypadku niektórych kopalń aż od roku 1965. Wykorzystując wyniki pomiarów i obserwacji uzyskanych w warunkach naturalnych oraz symulację numeryczną metodą elementów skończonych z wykorzystaniem programu COSMOS/M udowodniono tezę, że w warunkach kopalń węgla kamiennego, w miarę wzrostu głębokości eksploatacji istnieje możliwość częściowego naruszenia wyznaczonych granic filarów szybowych bez powodowania uszkodzeń i deformacji tych szybów.

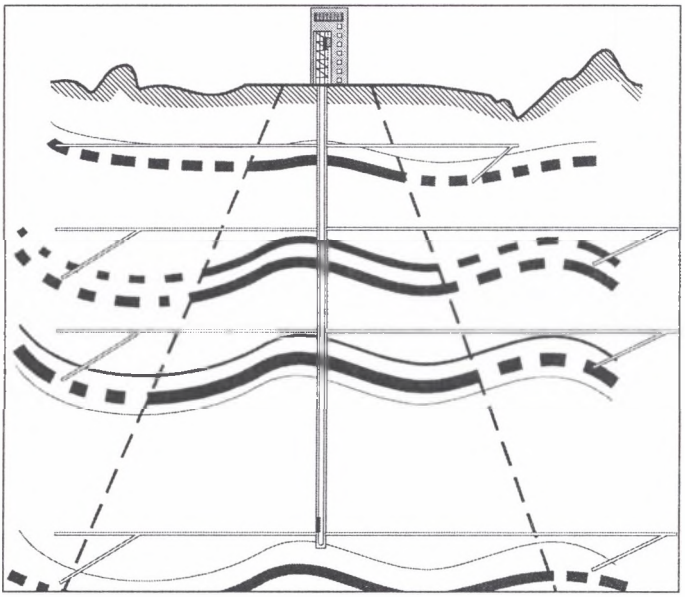
POSSIBLE TO WIN BACK A PART OF COAL RESOURCES CONFINED TO THE SAFETY PILLAR OF A PIT SHAFT

Summary. Results of the analysis of the impact of exploitation carried out in three mines of Jastrzębie Mining Joint Stock Company close to pillars and exploitation encroaching upon safety pillars of 4 pitshafts on deformation of and damage to pit shaft pipes have been described in this paper, in case of some mines a period has been analysed even since 1965. Making use of measurements and observations gained in natural conditions and numeric simulation in a method of finite elements with the use of COSMOS/M programme a thesis has been proved that in the conditions of stone coal mines with the increase of the depth of exploitation there is a possibility of partial disturbance of defined boundaries of pillars of pit shafts without damaging and deforming these pit shafts.

1. Wstęp

Podczas eksploatacji węgla, w celu ochrony szybu i obiektów związanych z szybem, a znajdujących się na powierzchni, pozostawia się nie wybraną część złoża, nazywaną filarem

ochronnym. Filar ochronny wyznacza się korzystając z odpowiednich instrukcji i przepisów, a jego wielkość zależy od warunków górniczo-geologicznych i górniczo-technicznych.



Rys. 1. Kształt filara ochronnego szybu z pokładami uwięzionymi wewnątrz filara
Fig. 1. The shape of a safety pillar of a pit shaft with deposits trapped inside the pillar

Konieczność pozostawiania w otoczeniu szybów nienaruszonego filara ochronnego określonego jedną z metod przez wiele lat zdawała egzamin, jednak z czasem na skutek prowadzenia coraz głębszej eksploatacji, ilość węgla uwięzionego w filarze stawała się ogromna, dlatego też kapitalnego znaczenia nabierają sposoby sięgnięcia do tych uwięzionych rezerw.

2. Analiza wpływu eksploatacji prowadzonej w okolicy filarów ochronnych na uszkodzenia w szybach

Wpływ eksploatacji górniczej na górotwór i powierzchnię określa się przez umowne wielkości zwane wskaźnikami deformacji. W przypadku ochrony szybów za podstawowe wskaźniki uważa się przemieszczenia pionowe i poziome oraz pochodne tych przemieszczeń, takie jak: odkształcenia pionowe, wychylenie osi szybu z pionu, krzywiznę osi szybu, odkształcenia pionowe i skręcenie szybu. Przemieszczenia pionowe uważa się za

najistotniejszy wskaźnik deformacji, który decyduje o wielkości ewentualnych uszkodzeń i zachowaniu się szybu w czasie eksploatacji. Przy opracowywaniu prognoz wielkości deformacji właśnie odkształcenia pionowe decydują o wybieraniu nowego pola eksploatacyjnego lub rezygnacji z niego albo zmiany postępu wybierania pokładu, czy zmiany kierowania stropem. Jak wykazują doświadczenia ruchowe, parametr ten ma istotne znaczenie przy prognozowaniu deformacji powierzchni, natomiast w szybach mogą zachodzić znaczne dyslokacje rury szybowej, pomimo niskich mierzonych wartości osiadań. Obserwacje te sugerują, że o wielkości i zakresie uszkodzeń w szybach nie zawsze decydują odkształcenia pionowe, lecz istotne są tutaj również przemieszczenia poziome.

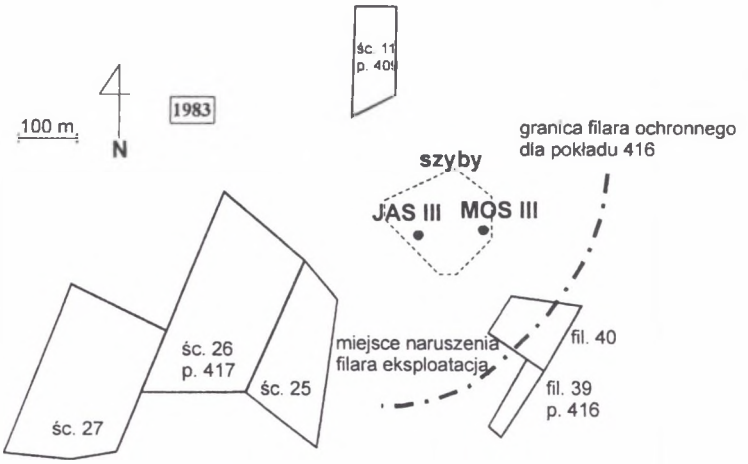
Szyby zaliczone są do obiektów II kategorii ochrony, dla której wartości graniczne wskaźników deformacji wynoszą: nachylenie terenu T=5,0 mm/m, promień krzywizny terenu R=12 km, odkształcenia poziome ε=3 mm/m. Dodatkowo określana intensywność osiadań wynosi dla obiektów II kategorii ochrony i_w=6 mm/dobę.

Stosowanie stałego kąta β pobocznicy filara ochronnego powoduje, że w każdym pokładzie wybieranym poza granicą filara nie doprowadza się frontu robót do strefy zwiększonych naprężeń górotworu, wywołanych przez wybranie wyżej leżącego pokładu.

Autor referatu dokonał analizy deformacji i uszkodzeń powstałych w 4 szybach, w trzech kopalniach węgla kamiennego – „Morcinek", „Zofiówka" i „JAS-MOS", a powstałych na skutek naruszania filara ochronnego eksploatacją prowadzoną na różnych głębokościach od 1965 r. W poddanym analizie okresie:

- w obecnej kopalni „JAS-MOS" w pobliżu filara ochronnego szybu JAS III eksploatację prowadzono w **19 pokładach 185 ścianami. Maksymalna sumaryczna miąższość wybranych pokładów wyniosła 24,5 m,**
- w kopalni „Zofiówka" w pobliżu filara ochronnego szybu W/4 eksploatację prowadzono w **22 pokładach 126 ścianami. Maksymalna sumaryczna miąższość wybranych pokładów wyniosła 34,5 m,**
- w kopalni „Morcinek" w pobliżu filarów ochronnych szybów 1 i 2, eksploatację prowadzono w **8 pokładach 34 ścianami,** a od strony czeskiej kopalni „ČSM" w **11 pokładach 97 ścianami. Maksymalna sumaryczna miąższość wybranych pokładów wyniosła 22 m.**

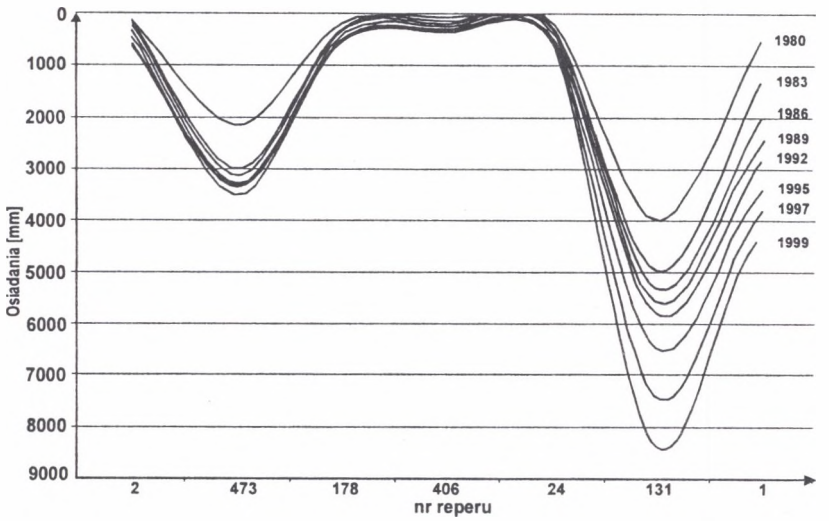
Analizowano szczególnie te przypadki, w których eksploatacją w poszczególnych latach naruszano wyznaczone filary ochronne, badając jednocześnie ich wpływ na stan chronionych filarami szybów.



Rys. 2. Badanie jednego z wielu przypadków naruszenia granic filara ochronnego szybu JAS III w pokładzie 416 w 1983 r.

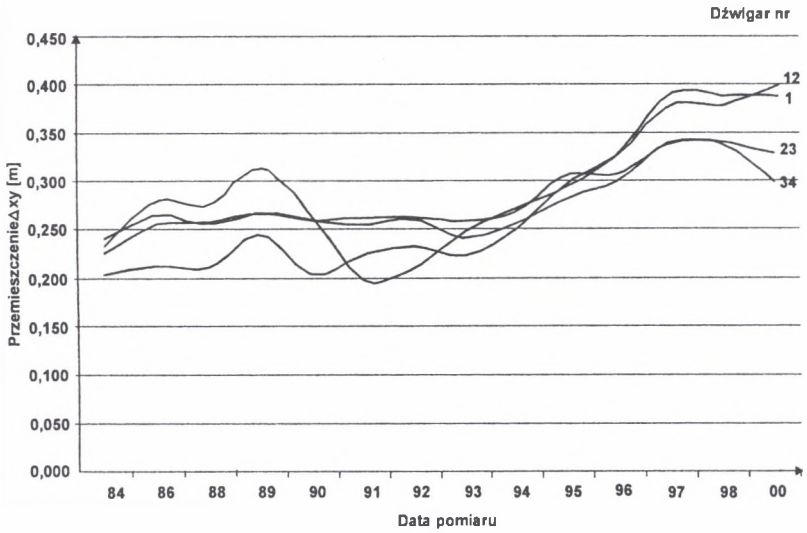
Fig. 2. Examination of one of many cases of encroachment upon the boundaries of safety pillar of the pit shaft JAS III in the seam 416 in the year 1983

Rozmieszczone w każdym szybie repery pomiarowe umożliwiły zdjęcie ich położenia w funkcji czasu. Zdjęto dziesiątki charakterystyk, które określały zachowanie się poszczególnych części szybu podczas całej eksploatacji okołofilarowej. Poniżej przedstawiono niewielki wycinek prowadzonych badań.

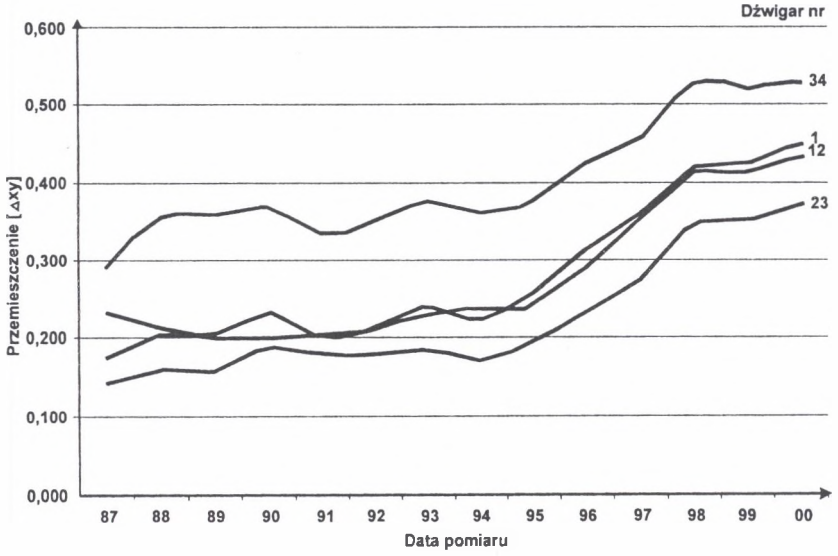


Rys. 3. Charakterystyka osiadania powierzchni terenu na skutek prowadzonej eksploatacji, zdjęta wzdłuż linii pomiarowej przechodzącej przez szyb

Fig. 3. Characteritsics of subsidence of ground surface due to conducted exploitation depicted along the measurement line crossing the pit shaft



Rys. 4. Przemieszczenia poziome odnotowane w poszczególnych latach w wybranych częściach szybu, będące podstawą badania wpływu eksploatacji na stan szybu
Fig. 4. Horizontal dislocations stated in particular years in chosen parts of the pit shaft being the base of the survey of the impact of exploitation on the state of pit shafts



Rys. 5. Przemieszczenia pionowe odnotowane w poszczególnych latach w wybranych częściach szybu, będące podstawą badania wpływu eksploatacji na stan szybu
Fig. 5. Effect of the twist of the pit shaft stated in particular years in chosen parts of the pit shaft being a base of the research of impact of exploitation on the state of the pit shaft

Tak bogaty materiał zebrany podczas badania wielu przypadków naruszenia filara ochronnego szybów w poszczególnych latach oraz na różnych głębokościach dał możliwość porównania ich z:

- faktami uszkodzeń obudowy szybów,
- deformacjami rur szybowych (na podstawie zmiany położenia punktów pomiarowych):
  - skręceniem,
  - przemieszczeniem poziomym,
  - przemieszczeniem pionowym,

i umożliwił wysunięcie wniosku, że naruszanie filara ochronnego wraz ze wzrostem prowadzonej eksploatacji ma coraz to mniejszy wpływ na uszkodzenia rur szybowych. Jest to praktyczne udowodnienie tezy postawionej we wstępie.

3. Symulacja numeryczna

W ostatnich kilkunastu latach nastąpił burzliwy rozwój metod numerycznych i rozpoczęło się ich szerokie stosowanie do rozwiązywania zagadnień mechaniki górotworu. Większość rozwiązań dotyczy nadal zadań płaskich lub osiowosymetrycznych, ale jednocześnie z coraz większym powodzeniem wykonuje się rozwiązania zadań przestrzennych, przy wykorzystaniu takich parametrów fizycznych skał, które reprezentują własności termiczne, hydro-gazo-dynamiczne lub falowe.

W niniejszym artykule przedstawiono próbę określenia wpływu eksploatacji pokładu wyrobiskiem ścianowym na szyb, traktując to zagadnienie jako zadanie przestrzenne.

3.1. Charakterystyka wykorzystywanego programu obliczeniowego

Do wykonania obliczeń numerycznych wykorzystano program COSMOS/M. Program ten, opracowany przez firmę Structural Research and Analysis Corporation, jest uniwersalnym pakietem programów metody elementów skończonych, umożliwiającym rozwiązywanie złożonych, płaskich i przestrzennych problemów związanych z mechaniką ciała stałego.

Modelowanie MES z wykorzystaniem programu COSMOS/M daje projektantowi olbrzymie możliwości. Dotyczy to zarówno stopnia skomplikowania modelu pod względem geometrycznym, jak również możliwości stosowania różnych elementów skończonych - ich rodzaju, typu, liczebności węzłów itd. Możliwości programu to:

- maksymalna liczba węzłów - $n_w = 64000$,
- maksymalna liczba elementów - $n_e = 64000$,

- maksymalna liczba stopni swobody - $n_s = 200000$,
- maksymalna liczba różnych materiałów- $n_m = 500$.

Umożliwia to łatwą budowę modeli płaskich i przestrzennych o złożonych kształtach i funkcjach oraz uwzględnienie szeregu rzeczywistych cech górotworu, takich jak występowanie powierzchni nieciągłości, powierzchni kontaktu warstw, występowanie szczelin, nieliniowość materiału i wiele innych.

3.2. Parametry modelu numerycznego

Celem wykonania obliczeń numerycznych było zweryfikowanie poprzez analizę stanu naprężenia wyników pomiarów geodezyjnych, które przedstawiają stan odkształcenia w otoczeniu wyrobiska szybowego, powstały na skutek dokonanej eksploatacji górniczej.

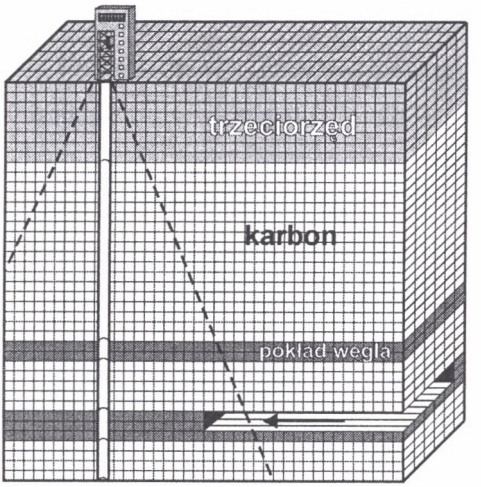
W rozpatrywanych modelach przyjęto następujące wspólne założenia:

- z górotworu wycięto prostopadłościan o wymiarach: długość - 800 m, szerokość - 800 m, wysokość - 1000 m, zawierający w sobie wyrobisko ścianowe oraz szyb,
- prostopadłościan ten podzielono na 49 180 elementów ośmiościennych typu SOLID, które są połączone węzłami w ilości 53 382,
- w węzłach zewnętrznych prostopadłościan jest obciążony siłami pochodzącymi od pierwotnego stanu naprężenia, który zmienia się wraz z głębokością, a pierwotne naprężenia poziome mają jednakowe wartości (zależne od liczby Poissona) niezależnie od kierunku i zmieniają się również wraz z głębokością,
- eksploatowane wyrobisko ścianowe ma długość 200 m, wysokość 5 m i wybierane jest w pokładzie węgla na zawał.

Na potrzeby niniejszej pracy szczegółowo rozpatrzono dwa zagadnienia:

- wpływ zbliżającego się frontu ścianowego na naprężenia występujące w najbliższym otoczeniu szybu,
- wpływ głębokości eksploatacji na naprężenia powstałe w górotworze w otoczeniu szybu i zbliżającego się do niego wyrobiska ścianowego.

Aby zróżnicować własności sprężyste górotworu obliczenia wykonano dla trzech wartości modułów Younga, E_1=5 GPa, E_2=10 GPa, E_3=20 GPa i 5 wariantów głębokości H=400 m, 500 m, 600 m, 700 m, 800 m dla 10 różnych przekrojów, które opisują odległość czoła eksploatowanej ściany od szybu. Przekroje te wykonano w odległościach od 50 m do 500 m, co 50 m.



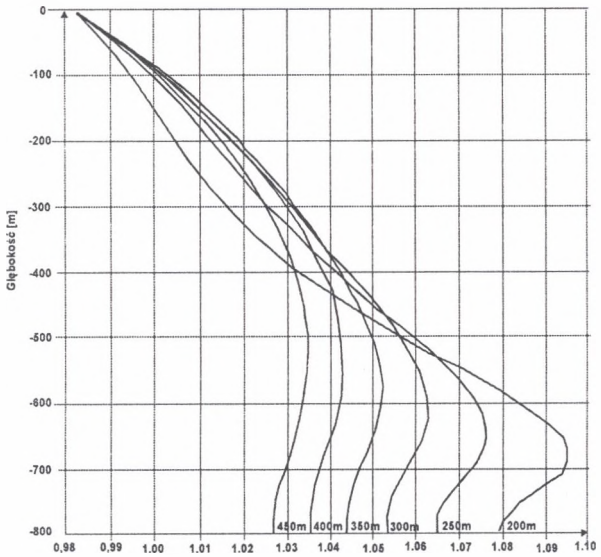
Rys. 6. Przestrzenny model numeryczny służący do obliczeń w programie COSMOS/M
Fig. 6. Numeric space model for calculations in the COSMOS/M - programme

Wyniki przeprowadzonych obliczeń i analiz otrzymano w postaci map rozkładu wartości wszystkich składowych tensora naprężenia oraz wartości składowych tensora naprężenia we wszystkich punktach węzłowych zamodelowanego prostopadłościanu.

3.3. Wyniki obliczeń numerycznych i ich analiza

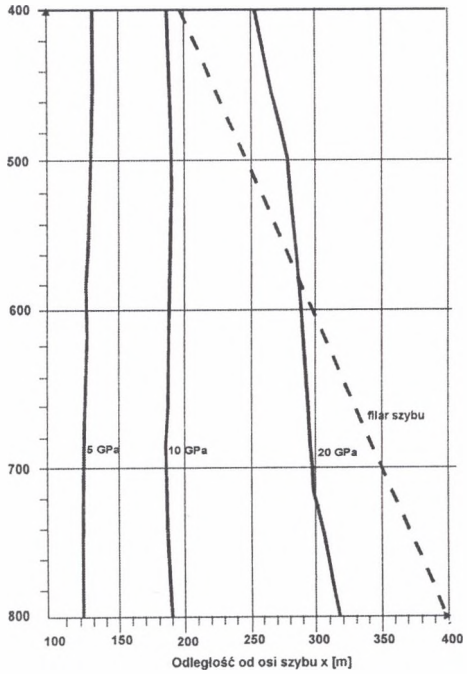
Po wykonaniu obliczeń otrzymano ogromną liczbę wyników dla każdego modelu i poszczególnych wariantów, których ze względu na charakter pracy i jej objętość nie można zamieścić w całości. Z tego względu zdecydowano się na zamieszczenie w pracy przykładowych map rozkładu naprężeń.

W przypadku naprężeń poziomych σ_x można stwierdzić, że największa koncentracja występuje w najbliższym otoczeniu ściany. W stropie i spągu naprężenia są dodatnie (rozciągania), a ich wartość w stropie wyrobiska ścianowego maksymalnie w obliczanych modelach zawarta jest pomiędzy σ_x =5,79 MPa, a σ_x =14,3 MPa. W warstwie węgla bezpośrednio w czole przodka występują duże ściskania o wartościach zawartych pomiędzy σ_x =-7,87 MPa, a σ_x =-28,5 MPa. Dalej w prawo, w kierunku calizny, w odległości ok. 65 m od czoła ściany naprężenia te zdecydowanie się zmniejszają w zakresie 1,74 MPa÷2,75 MPa, a więc 5÷10-krotnie. W jednym z modeli zmiany naprężenia σ_x praktycznie obejmują swym zasięgiem szyb znajdujący się w odległości 300 m od eksploatowanej ściany, natomiast w innym zmiany naprężenia σ_x obejmują swym zasięgiem szyb znajdujący się w odległości 500 m od eksploatowanej ściany.



Rys. 7. Zmiana współczynnika naprężeń pionowych dla eksploatacji na głębokości 800 m dla modułu Yunga E_3=20 Gpa

Fig. 7. Change of the coefficient of vertical stresses for exploitation at the depth of 800 m for the Young's module E3 = 20 GPa



Rys. 8. Izolinie współczynnika koncentracji naprężeń pionowych dla wartości α=1,05

Fig. 8. Isolines of the coefficient of concentration of vertical stresses for values α = 1.05

4. Zakończenie

Obserwacje wykonane w warunkach naturalnych oraz wyniki obliczeń numerycznych wskazują, że liniowy przyrost objętości wyznaczanych filarów nie odpowiada przyrostowi naprężeń w górotworze. Sugeruje to, że w indywidualnych przypadkach, przy dobrej znajomości parametrów odkształceniowych górotworu oraz warunków górniczo-geologicznych i technicznych, istniałaby możliwość zmiany zasięgu granic filara w odniesieniu do dużych głębokości (poniżej 600 m). Filar z kształtu stożkowego na małej głębokości przechodziłby łagodnie w kształt walca na dużej głębokości.

Korzystając z przedstawionych w referacie zależności w Kopalni Węgla Kamiennego „JAS-MOS" w Jastrzębiu Zdroju zaprojektowano wejście z eksploatacją w rejon filara ochronnego szybu JAS V. Zaprojektowane parcele wydobywcze w trakcie eksploatacji nie zagroziły funkcjonalności szybu. Bieg ścian wydłużono, co pozwoli w sposób beznakładowy uzyskać dodatkowe wydobycie w wysokości ok. 530 tys. ton odpowiednio:

- 126 tys. ton ze ściany 29 w pokładzie $417/_1$ poprzez wydłużenie biegu o 180 m,
- 143 tys. ton ze ściany 24 w pokładzie $502/_1$ poprzez wydłużenie biegu o 150 m,
- 262 tys. ton ze ściany 40 w pokładzie $505/_1$ poprzez wydłużenie biegu o 150 m.

LITERATURA

1. Borecki M., Zych J.: Wpływ eksploatacji zewnętrznej na obiekty chronione filarami. Filary ochronne szybowe. Podstawowe problemy pomiaroznawstwa wentylacji górniczej. Wydawnictwo SITPH, Katowice 1978.
2. Ćwiertnia K., Szczepaniak Z.: Wizualne określanie stateczności murowych obudów szybowych o kształcie kołowym. Materiały konferencyjne „Geomechanika '98", Ustroń-Gliwice 1998.
3. Filcek H., Walaszczyk J., Tajduś A.: Metody komputerowe w geomechanice górniczej. Śląskie Wydawnictwa Techniczne, Katowice 1994.
4. Majcherczyk T., Lubryka M.: Analiza stateczności szybu Sz/M-P3 Jas w KWK "Jas-Mos" oraz sposób naprawy zniszczonej obudowy szybowej. Materiały konferencyjne Zimowej Szkoły Mechaniki Górotworu, Zakopane – Kościelisko 1998.
5. Majcherczyk T., Lubryka M., Małkowski P., Witosiński J.: Makroskopowa oraz laboratoryjna ocena stanu obudowy wyrobiska szybowego. Materiały konferencyjne Zimowej Szkoły Mechaniki Górotworu, Bukowina Tatrzańska 2000.
6. Lubryka M., Ogiegło K., Śliwiński J., Małkowski P.: Is possible to win back a part coal resources confined to the safety pillar of pit shaft. The 9th International Energy Conference & Exhibition. Cracow 2002, Poland.

7. Lubryka M.: Wpływ eksploatacji górniczej w rejonie filara ochronnego na deformacje powierzchni terenu i zachowanie się rury szybowej. Praca doktorska (niepublikowana). Kraków 2000.

Recenzent: Dr hab. Inż. Henryk Przybyła, prof. Pol. Śl.

Abstract

The mining of stone coal strata causes tension and deformation stresses in the massif of orogen and in this connection some deformations of the area and of the shaft tube, too. To protect these objects from being damaged safety pillars are set up.

A safety pillar is a part of orogen under a protected object in the shape of a truncated cone (and with an angle of Ψ dependent on the category of resistance of the object) which is mined on a limited scale. The pillar contains some coal resources which are difficult to excavate. The term of safety pillar was established decades ago und it fulfilled its role in the so called "shallow mining".In case of deep mining of today already considerable resources are contained in the safety pillar which are very valuable because of their near situation and very high geological knowledge.

The authors of the paper present on the grounds of observations and geodetic measurements carried out in three mines working coal strata at the depth below 400 m, in which, in different degree, the bounds of safety pillars of the pit shafts have been disturbed and on the grounds of numeric calculations verifying the measurements a new shape of safety pillar for the pit shaft (having a bulgy shape and not that of a truncated cone) making it possible to win back a part of resources without dusturbing the stability of pit shaft tube. This doesn't require additional investment costs and assures an unmenaced functioning of the pit shaft.

New computer techniques and their turbulent development in the recent years have made it possible to build a theoretical model of the orogen possessing variable geomechanical parameters and a high degree of complication. Numerical calculations carried out on its basis make it possible, to "observe" any phenomena occurring in the orogen, their interpretation and comparison with geodetic measurements in a reality - near way.

The paper presents the process of modelling a lot of variants of the orogen being different in their properties and containing mining excavations; a pit shaft and an output wall in many configurations. It also presents maps of distribution of partial stresses in the whole volume of modelled orogen formed on the grounds of numerical calculations.

Making use of the above conditions in the Stone Coal Mine "JAS-MOS" in Jastrzębie Zdrój a way of mining the region of the safety pillar "JAS V" was designed, which allows, thanks to elongation of the course of the walls, to additionally win about 530 thousand tons, which makes 2,5 output of the mine a month.