

Sebastian CZYPIONKA, Jan MUSIALIK

WYBIERANIE POKŁADU 510 PRZEZ KOP. "DYMITROW" W OBSZARZE
O WZMOŻONEJ KONCENTRACJI NAPRĘŻEŃ

Streszczenie. W artykule dokonano w oparciu o metody analityczne wyznaczenia stref o wzmożonej koncentracji naprężeń, zgodnie z rozważaniami mającymi na celu wymiarowanie obszarów niebezpiecznych, wywołanych krawędziami eksploatacji zatrzymanej, podanymi w pracach [1], [2], [3].

Na bazie tych rozważań opracowane były zalecenia profilaktyczne przy prowadzeniu eksploatacji ścian w pokładzie 510.

Ponadto przeanalizowano otrzymane wyniki badań geofizycznych wykonywanych w trakcie wybierania ściany 605.

W zakończeniu pracy podano wstępne wytyczne dla prowadzenia prawidłowej eksploatacji w tak zagrożonych strefach.

1. Wstęp

Jednym z najbardziej niebezpiecznych obszarów przy prowadzeniu eksploatacji w pokładach tąpniących są rejony, w których występują wzmożone przyrosty naprężeń w górotworze, wywołane krawędziami eksploatacji zatrzymanej w pokładach lub warstwach wyżej względnie niżej leżących.

Z tych obszarów największa koncentracja naprężeń występuje w filarach oporowych lub ochronnych pozostawionych dla ochrony podstawowych poziomych wyrobisk udostępniających, na granicach których z określoną ustępliwością lub bez zachowania tej ustępliwości zatrzymuje się eksploatację w kolejnych pokładach w obawie przed uszkodzeniem chronionego obiektu górotworu.

Przy zatrzymaniu eksploatacji w kilku pokładach może wystąpić tak duża koncentracja naprężeń, że w każdym z punktów tego obszaru przekroczona jest wytrzymałość na ściskanie węgla kolejnego pokładu, który zamierzamy wybrać w tym pasie.

Zbliżone cechy do ww. posiada filar ochronny dla przekopu środkowego KWK "Dymitrow". Eksploatacja prowadzona w pokładach 501, 503, 504, 506 i 507 została zatrzymana na granicy tego filara.

Dalsze zamierzenia kopalni obejmowały wybieranie zawałowymi ścianami podłużnymi o numeracji 605, 603, 601 pierwszej warstwy pokładu 510. Podjęcie decyzji odnośnie do takiej eksploatacji uwarunkowane jest szczegóło-

wą analizą stanu naprężeń górotworu w tym obszarze oraz opracowaniem optymalnej dla tych warunków profilaktyki.

Przesłankom tym wychodzą na przeciw rozważania prowadzone w niniejszym artykule.

2. Charakterystyka warunków geologicznych

Pole ściany 605, 603 i 601 położone jest w północnym skrzydle niecki bytomskiej. W przedmiotowej partii pokład 510 zalega na głębokości od 710 m do 780 m poniżej powierzchni terenu powierzchnia terenu + 286 m do + 292 m. Miąższość pokładu 510 wynosi 9,6 - 10,0 m.

Pokład nachylony jest 8 - 10° w kierunku południowo-zachodnim.

Strop bezpośredni pokładu stanowi łupek ilasty bardzo słabo spoiisty, opadający o grubości 0,11 - 0,3 m.

W stropie pokładu 510 zalegają: łupek ilasty słabo spoiisty, opadający - 0,4 m. łupek ilasty zapiaszczony, twardy, spękany ciosowo, o grubości 4,0 m z wkładką 0,8 m łupku piaszczystego, piaskowiec - 1,0 m, łupek ilasty twardy i średnio twardy grubości 3,2 m z dwoma cienkimi wkładkami piaskowca grubości do ok. 0,6 m i pokład 507 o miąższości 4,0 m.

Odległość między pokładami 510 i 507 w rejonie przekopu środkowego poz. 774 m wynosi ok. 14,3 m i zmniejsza się w kierunku wschodnim do ok. 8,6 m w końcowym wybiegu ścian.

Szczegółowy profil litologiczny przedstawia rysunek nr 1.

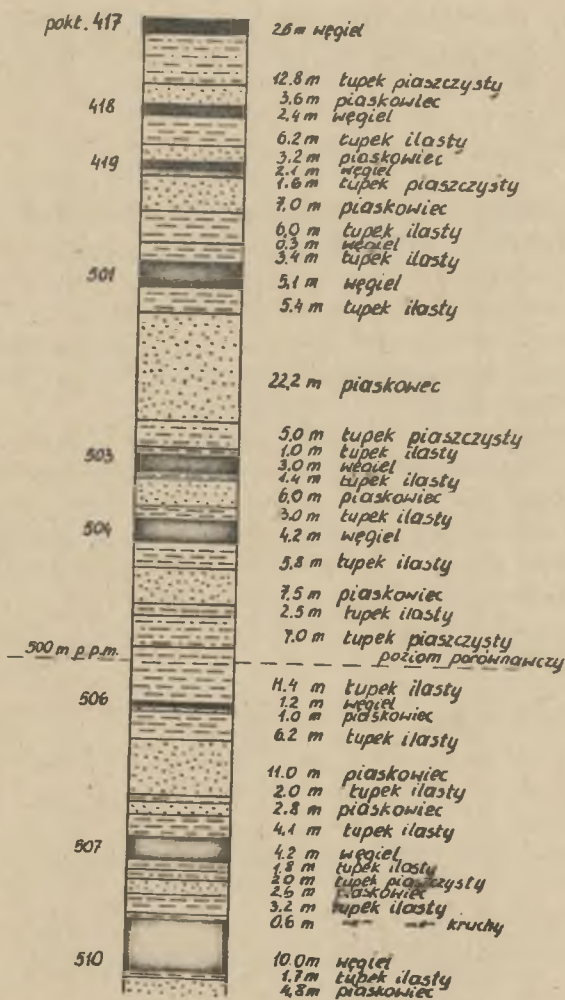
W spągu warstwy I występuje węgiel warstwy II i III o grubości około 7,2 m. W spągu pokładu 510 w rejonie przecinki ściany zalega łupek ilasty o grubości do 23 m. W końcowym wybiegu ściany w spągu pokładu 510 występują: łupek ilasty - 0,6 m, piaskowiec 0,45 m, łupek ilasty - 0,9 m, piaskowiec i łupek piaszczysty - 6,0 m oraz łupek ilasty w stropie zapiaszczony - 2,7 m.

Skały stropowe pokładu 510 są spękane ciosowo w odstępach co 0,1 - 0,8 m. Średni odstęp płaszczyzn naturalnej łupliwości skał stropowych wynosi około 45 cm.

Warstwy stropowe pokładu 510 zaliczone są do IV i V klasy stropu według klasyfikacji GIG.

W przedmiotowej partii występują trzy kierunki naturalnej łupliwości skał stropowych a to:

- kierunek I o azymucie biegu 10 - 60° z upadem 85 - 89° w kierunku SE lub NW,
- kierunek II o azymucie biegu 250 - 280° z upadem ok. 86° w kierunku N lub rzadziej S,



Rys. 1

- kierunek III o azymucie rozciągłości 160 - 180 ° z upadem ok. 85° w kierunku W lub rzadziej E.

Naturalna łupliwość węgla odchylna jest ok. 10 - 30° od głównych kierunków łupliwości skał stropowych i wyraża się azymutem 185 - 200° oraz 90 - 105° z upadami w granicach 85 - 90°.

Pod względem charakteru petrograficznego pokład 510 zbudowany jest z węgla twardego, matowego, który stanowi ok. 60% grubości pokładu oraz z

węgla pasemkowego, kruchego.

W warstwie I i II ma przewagę węgiel matowy, twardy, o wskaźniku f do 2,1. Warstwa III zbudowana jest z węgla kruchego o urabialności $f = 1,4$.

W części przystropowej i przyspągowej pokładu występuje węgiel błyszczący, kruchy, w związku z czym pokład jest słabo spojony ze skałami otaczającymi.

3. Określenie obszaru o wzmózonej koncentracji naprężeń w pokładzie 510 w oparciu o analityczne metody prognozowania tapani

W przypadku zbliżania się frontem ścianowym do krawędzi eksploatacji zatrzymanej w tym samym pokładzie lub jak to ma miejsce w analizowanym obszarze do krawędzi eksploatacji zatrzymanej w pokładach wyżej leżących rosną w czole ściany naprężenia ściskające.

Koncentracja tych naprężeń może doprowadzić po przekroczeniu wytrzymałości węgla do niebezpiecznego w skutkach tąpnięcia pokładowego.

Ocenę szerokości strefy niebezpiecznej wyznaczmy opierając rozważania na znajomości rozkładu naprężeń na styku pokładu ze stropem [1], [2].

Zgodnie z wyżej podanymi pracami otrzymamy dla frontu zatrzymanego następujące wzory na składowe naprężenia:

- składowa pozioma:

$$\begin{aligned} \sigma_x(x, z, t) - \sigma_x(x, z, 0) = \frac{2G W_0}{\pi} \left\{ e^{-\beta(t-T)} e^{-\beta t} \left[\frac{2xz^2}{(x^2+z^2)^2} + \right. \right. \\ \left. \left. - \frac{x}{x^2+z^2} \right] - \lambda e^{-\beta(t-T)} \frac{z^2}{z^2 + (vT-x)^2} + \lambda e^{-\beta t} \frac{x^2}{x^2+z^2} + \right. \\ \left. + \lambda e^{-\beta(t-T)} \operatorname{Re} (i - \lambda zi) f(x - vT, -z) - \lambda e^{-\beta t} \right. \\ \left. \operatorname{Re} (1 + zi) f(x, z) + (1 - e^{-\beta(t-T)}) \left[\frac{2z^2}{z^2 + (vT-x)^2} \right]^2 + \right. \\ \left. + \frac{2xz^2}{(x^2+z^2)^2} - \frac{x}{x^2+z^2} - \frac{T-x}{z^2 + (vT-x)^2} \right. \end{aligned}$$

$$t \geq T$$

(1)

- składowa pionowa:

$$\begin{aligned} \sigma_z(x, z, t) - \sigma_z(x, z, 0) &= \frac{2G w_0}{\pi} \left\{ \lambda e^{-\beta(t-T)} \frac{z^2}{z^2 + (vT-x)^2} + \right. \\ &- \lambda e^{-\beta t} \frac{z^2}{x^2 + z^2} - (e^{-\beta(t-T)} - e^{-\beta t}) \left[\frac{x}{x^2 + z^2} + \frac{2xz^2}{x^2 + z^2} \right] + \\ &+ \lambda e^{-\beta(t-T)} \operatorname{Re}(1 + zi) f(x - vT, -z) - \lambda e^{-\beta t} \operatorname{Re}(1 + zi) f(x, z) + \\ &\left. - (1 - e^{-\beta(t-T)}) \left[\frac{x}{x^2 + z^2} + \frac{vT-x}{z^2 + (vT-x)^2} + \frac{2xz^2}{(x^2 + z^2)^2} + \frac{2z^2(vT-x)}{[z^2 + (vT-x)^2]^2} \right] \right\} \\ &t \geq T \end{aligned} \quad (2)$$

- naprężenia styczne:

$$\begin{aligned} \tau_{xz}(x, z, t) - \tau_{xz}(x, z, 0) &= \frac{2G w_0 \lambda z}{\pi} \left\{ e^{-\beta(t-T)} \frac{vT-x}{z^2 + (vT-x)^2} + e^{-\beta t} \frac{x}{x^2 + z^2} + \right. \\ &- \frac{1}{\lambda} (e^{-\beta(t-T)} - e^{-\beta t}) \frac{x^2 + z^2}{(x^2 + z^2)^2} + \lambda e^{-\beta(t-T)} \\ &\operatorname{Re} f(x - vT, -z) - \lambda e^{-\beta t} \operatorname{Re} f(x, z) + \frac{1}{\lambda} (1 - e^{-\beta(t-T)}) \\ &\left. \left[\frac{z^2 - (vT-x)^2}{[z^2 + (vT-x)^2]^2} - \frac{z^2 - x^2}{(x^2 + z^2)^2} \right] \right\} \\ &t \geq T \end{aligned} \quad (3)$$

gdzie:

$w_0 = a \cdot g$ - wielkość osiadania stropu pokładu wybieranego,

$\sigma_x(x, z, 0)$, $\sigma_z(x, z, 0)$ - naprężenia pierwotne, jakie występują w górotworze przed rozpoczęciem eksploatacji,

- v - postępowanie frontu eksploatacji,
 β - odwrotność czasu opóźnienia sprężystego dla górotworu,

$$f(x, z) = e^{\lambda(x + iz)} E_1(\lambda x + i \lambda z)$$

$E_1(y)$ - funkcja specjalna wyrażająca się wzorem:

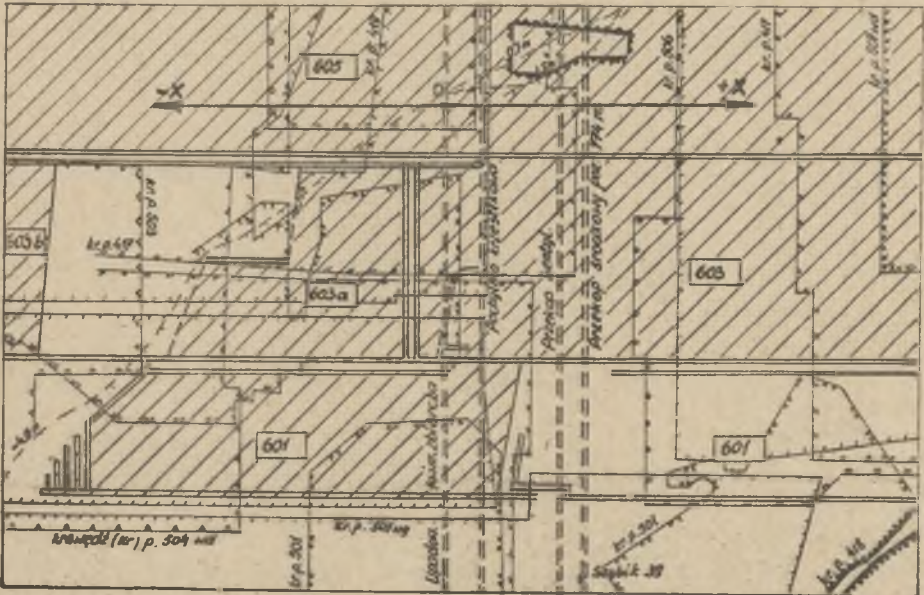
$$E_1(y) = \int_y^{\infty} \frac{e^{-s}}{s} ds$$

- y - liczba zespolona,
 G - średni ważony moduł sprężystości postaciowej warstw górotworu,

$$\lambda = \frac{\beta}{v}$$

Na podstawie przytoczonych wyżej wzorów obliczyć można naprężenia w górotworze dla dowolnych ilości eksploатовanych pokładów wykorzystując zasadę superpozycji.

Obliczenia dla przypadku analizowanego pokładu 510 wykonano na FMC przyjmując parametry fizyczne i geometryczne opisujące sytuację górnictw (rys. 2).



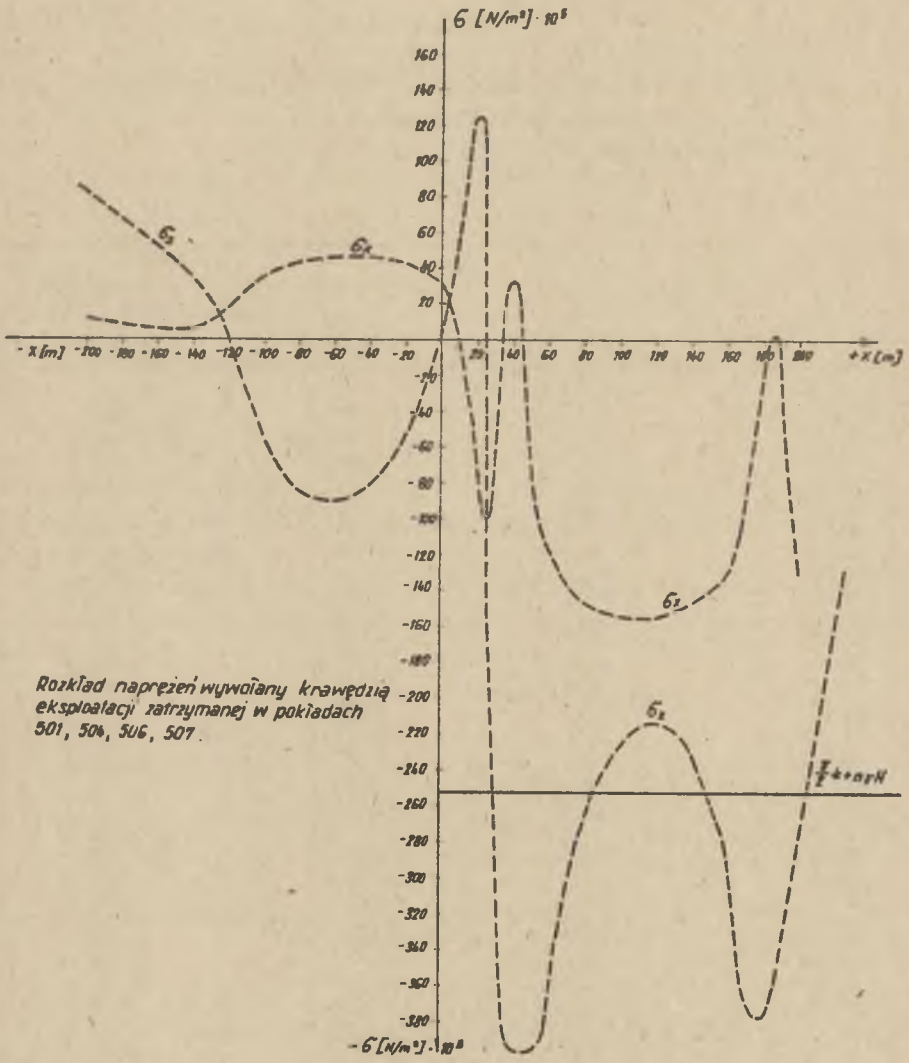
Rys. 2

Tablica 1

Naprężenia w stropie pokładu 510, pochodzące od krawędzi
w p.p. 501, 504, 506 i 507
Przekrój wzdłuż osi X2 $[N/m^2]$

z = 0 . 0

X	$\sigma_x \times 10^5$	$\sigma_z \times 10^5$	$\tau_{x,z} \times 10^5$
	11	12	13
- 200.0	11,4	34.2	55.8
- 190.0	10.5	76.1	59.7
- 180.0	9.8	67.5	63.3
- 170.0	9.3	58.8	66.3
- 160.0	8.2	51.5	69.2
- 150.0	6.4	45.4	73.2
- 140.0	5.9	37.3	32.4
- 130.0	10.2	21.7	92.8
- 120.0	19.6	- 2.6	99.1
- 110.0	30.6	- 30.3	97.5
- 100.0	39.2	- 55.1	88.6
- 90.0	43.7	- 73.2	75.7
- 80.0	44.8	- 84.2	62.0
- 70.0	44.2	- 89.5	49.5
- 60.0	43.2	- 90.3	38.4
- 50.0	42.7	- 87.7	28.4
- 40.0	42.8	- 81.7	19.0
- 30.0	43.3	- 71.5	9.7
- 20.0	43.3	- 55.9	0,8
- 10.0	41.5	- 32.6	- 7.4
0.0	33.9	3.0	- 13.6
20.0	- 71.3	124.3	68.8
40.0	31.7	- 496.9	126.4
30.0	- 65.5	- 96.9	274.5
50.0	- 59.9	- 466.6	- 37.9
60.0	- 116.7	- 376.4	- 70.0
70.0	- 138.0	- 314.9	- 70.5
80.0	- 146.7	- 273.8	- 64.6
90.0	- 150.6	245.7	- 56.2
100.0	- 152.2	- 227.1	- 48.5
110.0	- 152.5	- 216.4	- 40.1
120.0	- 151.7	- 212.7	- 32.1
130.0	- 150.1	- 215.8	- 25.1
140.0	- 147.3	- 226.1	- 19.5
150.0	- 142.7	- 245.0	- 16.0
160.0	- 131.9	- 276.7	- 16.1
170.0	- 98.9	- 330.4	- 31.4
180.0	- 19.1	- 378.0	- 131.1
190.0	- 53.1	- 94.4	- 335.1
200.0	- 134.1	280.5	- 158.3



Rozkład naprężeń wywołany krawędzią eksploatacji zatrzymanej w pokładach 501, 506, 506, 507.

Rys. 3



Рис. 4. Кинетика энергии гóрового на м-е sierpiefi 1970, район долины 605p 510/1

Obliczenia te dla założonego przekroju $x - x$ przedstawia tablica 1. Na podstawie tych obliczeń określono rozkłady składowej pionowej i poziomej naprężenia. Rozkład ten ilustruje rys. 3.

Jak wynika z analizy rozkładu, największa koncentracja naprężeń wywołana głównie krawędziami pokładu 506 i 507 wystąpi na odcinku opisanym odciętymi + 20 - +260 m. W obszarze tym naprężenia przekraczają krytyczne.

4. Badania i obserwacje praktyczne prowadzone w trakcie eksploatacji ściany 605

Z rozważań przeprowadzonych w punkcie 3 artykułu wynika, że strefa analizowana jest silnie naprężona, jednak naprężenia w tym pasie nie rosła skokowo, ale powoli zwiększają się w czasie w miarę zbliżania do krawędzi pokładów wyżej leżących, a szczególnie 507.

W związku z powyższym eksploatacja pokładu 510 była możliwa do prowadzenia przy zastosowaniu odpowiedniej profilaktyki.

Zakres stosowania profilaktyki dla tego wyrobiska był bardzo szeroki. Stosowano więc:

- wiercenia małośrednicowe z czoła ściany,
- badania sejsmoakustyczne,
- odprężanie czoła ściany, ociosów chodnika i spągu ściany 605 przez strzelanie odprężająco urabiające oraz nawadnianie.

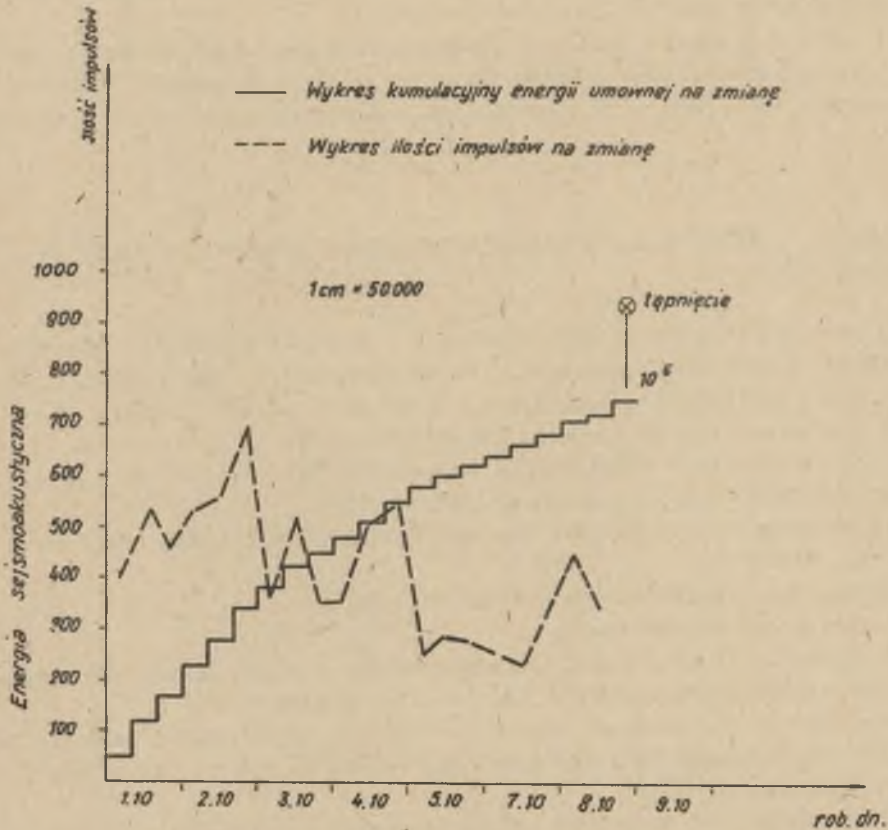
Jak wynika z prowadzonych wierceń małośrednicowych wychód zwiercin na zewnątrz obszaru analizowanego wahał się od 1,5 do 2,5 l, natomiast w strefie zagrożonej wzrósł od 3 - 4,5 l.

Interesująca jest aktywność górotworu rejestrowana przez 2 geofony zainstalizowane w chodniku odstawczym oraz 1 w chodniku transportowym.

Zgodnie z rysunkiem nr 4 największa intensyfikacja wstrząsów przypadła na miesiąc sierpień (przejście wschodniej granicy krawędzi), przy czym maksimum tej intensyfikacji przypadło na okres od 1 do 9 sierpnia. Przykładowy wykres kumulacji energii sejsmoakustycznej w chodniku transportowym w okresie od 1 do 9 października przedstawia rys. 5.

Te dwa przykłady potwierdzają dużą zgodność wymiarowanych stref maksymalnych naprężeń metodami analitycznymi z obserwacjami prowadzonymi w trakcie eksploatacji ściany 605.

Jednym z najbardziej ważnych zabiegów profilaktycznych stwarzających możliwość prowadzenia bezpiecznej eksploatacji w tych strefach jest właściwe wykonywanie odprężeń lokalnych. I tak odprężenie lokalne z czoła ściany na całej jej długości wykonano otworami strzałowymi (o długości 10 m i wzajemnej odległości 4 m) ładowanymi pięcioma kilogramami materiału wybuchowego.



Rys. 5. Wykres kumulacji energii sejsmoakustycznej geofon 1-chodn. transportowy śc. 605 p. 510/I

Cykl taki powtarzano co 6 m postępu ściany. Tego samego typu odprężenia stosowano w ociosach chodników przyścianowych.

Z uwagi na wybieranie warstwy podstropowej grubego pokładu co 10 m wiercono otwory i nawadniano spąg tej warstwy. Zabieg ten jednak nie dał spodziewanych efektów. Było to wynikiem dużych zmian w strukturze węgla i skał (naprężenia przekraczają w tej strefie krytycznej). Tym samym mamy przypadek przepływu wody pod ciśnieniem minimalnym przez gęstą sieć szczelin, czyli brak było destruktywnego działania ciśnienia wody.

Jak wykazały obserwacje i badania prowadzone w trakcie eksploatacji ścian 605, 603 i 601 za najbardziej zagrożone uważa się wyrobiska koryta-

rzowe, szczególnie ich odcinki, zlokalizowane w strefach maksymalnych naprężeń. W związku z tym wyprzedzając w ociosach i spągu tych wyrobisk prowadzono odprężanie wstrząsowo-urabiając materiałem wybuchowym.

5. Zakończenie

Rozważania prowadzone w niniejszym artykule pozwalają na sformułowanie praktycznych zaleceń i wskazówek dotyczących wybierania pokładu tąpiącego w podobnych warunkach:

- w strefach o dużej koncentracji naprężeń wywołanych krawędziami eksploatacji zatrzymanej w pokładach wyżej lub niżej leżących z uwagi na bezpieczeństwo możliwe jest jedynie prowadzenie eksploatacji ścianowej z zawążeniem stropu, przy czym wyrobisko wybierkowe winno być wyposażone w obudowę zmechanizowaną o dużej podporności,
- najlepsze efekty w odprężeniu lokalnym uzyskuje się przy strzelaniu wstrząsowo urabiającym.

Celowe byłoby prowadzenie dalszych badań nad możliwością zwiększenia długości otworów strzałowych poza granice 10 m, szczególnie w przypadku odprężania wyrobisk korytarzowych.

- w strefach o przekroczonej wytrzymałości notuje się duże zmiany w strukturze węgla i skał otaczających, w związku z tym odprężanie w tych strefach przez wtłaczanie wody pod wysokim ciśnieniem nie spełnia założonego zadania. Mamy jedynie do czynienia z bliżej nieokreślonym stopniem nawilżania węgla i skał.
- wybieranie filarów ochronnych wyrobisk udostępniających w pokładach tąpących wymaga takiego prowadzenia wyrobisk wybierkowych w układzie czaso-przestrzennym, aby nie wystąpił dodatkowy przyrost naprężenia krawędzi ściany wyżej leżącej.

W takich przypadkach, kiedy krawędź ściany wyżej wybieranej ulegnie pełnemu wykształceniu, pas calizny od strony tej krawędzi w przedmiotowym filarze jest praktycznie nie do wybrania; potwierdziły to doświadczenia ze ściany 606 oraz 601.

Idealnym wariantem wybierania w takich warunkach byłoby prowadzenie ścian równocześnie na całej szerokości pola wybierkowego z określoną ustępliwością, tak aby wzajemne oddziaływanie wykształcających się krawędzi tych ścian na siebie było minimalne.

LITERATURA

1

GIL H., KRAJ W.: The distribution of displacements and stresses around a longwall working. Archiwum Górnictwa 1972, t. XVII. z. 3.

- [2] GIL H.: Analityczna metoda prognozowania i zwalczania tupań w kopalniach. Przegląd Górniczy 9/77.
- [3] GIL H., CZYPIONKA S.: Wpływ krawędzi eksploatacji zatrzymanej na pokłady wyżej i niżej leżące. Przegląd Górniczy 5/72.

ВНЕШКА ПЛАСТА 510 КАМЕННОУГОЛЬНОЙ ШАХТЫ "ДИМИТРОВ"
 ВНЕШКА ПЛАСТА 510 КАМЕННОУГОЛЬНОЙ ШАХТЫ "ДИМИТРОВ" В РАЙОНЕ
 ПОВЫШЕННОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ НАПРЯЖЕНИИ

Резюме:

В статье проведено, по аналитическим методам, определение зон с повышенной концентрацией напряжений в соответствии с предпосылками представленными в работах 1, 2, 3, целью которых является оконтуривание опасных зон, ограниченных краями эксплуатационных районов. На основе данных предпосылок разработаны профилактические рекомендации при отработке лавами пласта 510. Кроме того выполнен анализ полученных результатов геофизических исследований проводимых совместно с очистными работами в лаве 605. В заключении статьи даются предварительные указания по дальнейшему ведению работ в напряженной зоне.

EXPLOITATION OF THE SEAM 510 IN THE COAL MINE "DYMITROW" IN THE
 ZONE OF INTENSIFIED CONCENTRATION OF STRESSES

S a m m a r y:

Basing on the analytical methods, the paper defines the areas of intensified concentration of stresses according to considerations aiming at dimensioning the dangerous areas caused by the halted exploitation edges, outlined earlier in the research works 1, 2, 3. Basing on these considerations, the preliminary precaution decisions have been worked out pertaining to the longwalls exploitation in the deposit number 510.

Furthermore, the achieved results of geophysical examination carried out during the exploitation of the longwall number 605, are analysed.

Finally, the paper presents the introductory decisions pertaining to carrying out proper exploitation in such endangered zones.