

Serie: GÓRNICTWO z. 149

Nr kol. 900

Miroslaw CHUDEK

Politechnika Śląska

Lucjan STEFAŃSKI

Ministerstwo Górnictwa i Energetyki

NOWE ZASADY WYZNACZANIA FILARÓW OCHRONNYCH
I EFEKTY ZWIĄZANE Z ICH STOSOWANIEM
W KOPALNIACH WĘGLA KAMIENNEGO

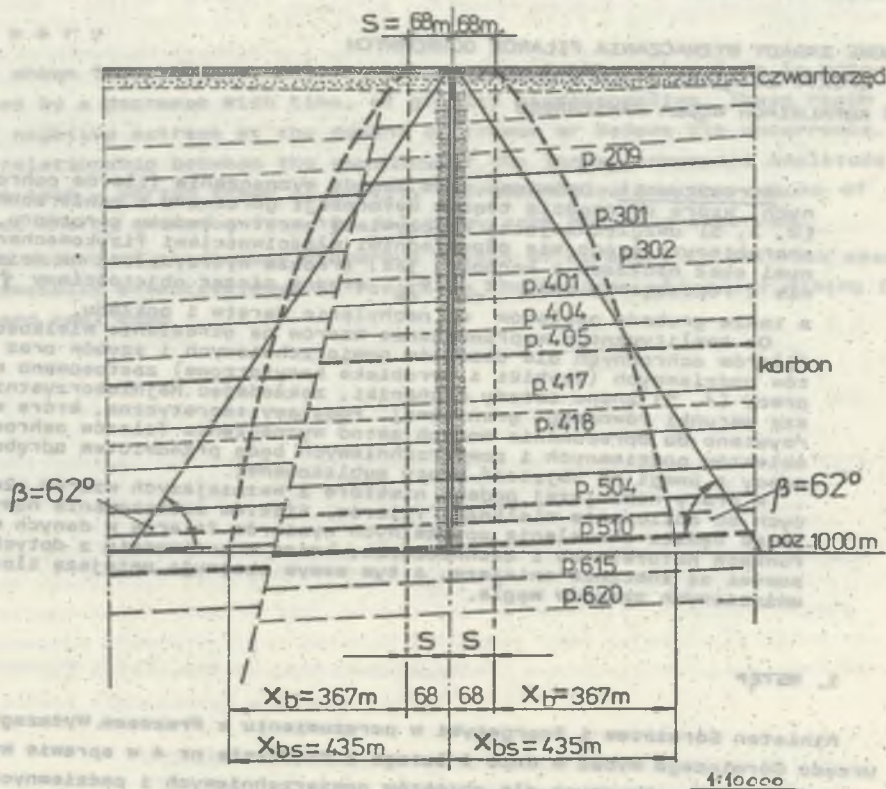
Streszczenie. Omówiono nowe zasady wyznaczania filarów ochronnych, które są częścią teorii deformacji górotworu i powierzchni [2, 3, 5] uwzględniającej rzeczywistą warstwę budowy górotworu, charakteryzującego się odpowiednimi właściwościami fizykomechanicznymi skał nekładu i karbonu, jak: średnia wytrzymałość na ściskanie i rozciąganie skał R_{cs} , R_{rs} , średni ciężar objętościowy γ_{gr} a także grubość pokładów m , nachylenie warstw i pokładu.

Do analitycznego wyprowadzenia wzorów na określenie wielkości filarów ochronnych dla obiektów powierzchniowych i szybów oraz obiektów podziemnych (szybiki i wyrobiska korytarzowe) zastosowano w pracy [4, 5] znane zasady mechaniki, zakładając najniekorzystniejsze warunki równowagi granicznej. Podstawy teoretyczne, które wykorzystano do opracowania nowych metod wyznaczania filarów ochronnych obiektów podziemnych i powierzchniowych będą przedmiotem odrębnej pracy z uwagą na objętość pracy publikowanej.

W pracy niniejszej podano niektóre z ważniejszych wzorów służących do obliczenia wielkości filarów. Efektem zastosowania nowych zasad będzie określenie optymalnych wymiarów filarów w danych warunkach naturalnych i technicznych, które w porównaniu z dotychczasowymi są znacznie mniejsze, a tym samym obejmują mniejszą ilość uwięzionych zasobów węgla.

1. WSTĘP

Minister Górnictwa i Energetyki w porozumieniu z Prezesem Wyższego Urzędu Górniczego wydał w dniu 1 lutego Zarządzenie nr 4 w sprawie wyznaczenia filarów ochronnych dla obiektów powierzchniowych i podziemnych w obszarach górniczych kopalń węgla kamiennego. Zarządzenie to postanawia m.in. w § 3 p. 3: "Okręgowy Urząd Górniczy w okresie jednego roku od wejścia w życie niniejszego zarządzenia może orzec na wniosek przedsiębiorstwa górniczego lub z urzędu, że dotychczasowe filary ochronne nie odpowiadają wymaganiom zawartym w zasadach wyznaczania filarów ochronnych. Orzeczenie Okręgowego Urzędu Górniczego stanowi podstawę do wyznaczania nowych granic filarów ochronnych w oparciu o nowe zasady".



Rys. 1. Filar ochronny dla szybu; wg instrukcji z 1961 r., wg nowych zasad z 1986 r.

Fig. 1. Safety pillar for shaft; acc. to instruction of 1961, acc. to new principles of 1986

Prace związane z opracowaniem nowej metody wyznaczenia filarów ochronnych prowadzone były w resorcie górnictwa i energetyki od 1976 r.; w wyniku kolejnej oceny programów rozwojowych kopalń stwierdzono znaczne zmniejszenie udostępnionych zasobów objętych filarami wyznaczonymi wg instrukcji z 1961 r., w oparciu o kąty zasięgu dopuszczalnych wpływów β (rys. 1).

Kopalnie takie jak: "Halemba", "Śląsk", "Szczygłowice", "XXX-lecie PRL", "Kaczyce", "Staszic", "Budryk", "Knurów", "Anna" i inne posiadają poziomy eksploatacyjne na głębokości 800-1000 m, na których powierzchnie filarów ochronnych dla zakładu głównego kopalni, szybów peryferyjnych i innych zajmują znaczną część obszaru górniczego, a tym samym obejmują znaczne ilości zasobów węgla. Powoduje to ograniczenie frontu górniczego, jak również skrócenie żywotności tych poziomów. W filarach ochronnych ogółem zalega 8,6 mld ton zasobów, z czego w filarach zakładów górniczych i szybów peryferyjnych uwięzionych jest 2,6 mld ton zasobów bilansowych rozpoznanych w większości w kategorii A + B oraz około 700 mln ton zasobów w filarach dla obiektów podziemnych (szybiki, przekopy, komory). Ilość ta stanowi około 38,5% ogólnych zasobów objętych filarami ochronnymi.

Prowadzone od szeregu lat prace teoretyczne i modelowe uwzględniające również pomiary "in situ" na dole kopalń dotyczące zagadnienia wpływu górotworu naruszonego na powierzchnię określiły mechanizm deformacji [1, 2, 3, 5, 6], który został wykorzystany w metodzie wyznaczenia filarów ochronnych obiektów powierzchniowych i podziemnych.

Stwierdzono, że przebieg wpływu eksploatacji nie jest liniowy, lecz zależy od warstwowej budowy górotworu, jego fizycznych własności i ciśnienia panującego na danej głębokości. Stwierdzono również, że wytrzymałość warstw niewęglowych, których łączna grubość w GZW wynosi $0,9 \cdot H_1$ w stosunku do maksymalnej ilości warstw węglowych $0,1 \cdot H_1$ decyduje o zasięgu wpływu eksploatacji na powierzchnię.

Uzyskane wyniki prac modelowych wskazują na to, że kąty zasięgu maleją w przypadku eksploatacji pokładu w otoczeniu mocnego górotworu, natomiast rosną w przypadku górotworu słabego, tj. o niskiej wytrzymałości na rozciąganie. Zjawisko to potwierdzają pomiary dołowe dokonane w otoczeniu przestrzeni zawałowej, które zostały wykorzystane do wyprowadzenia odpowiednich wzorów.

W wyniku prowadzonej współpracy specjalistów MGİE z Instytutem Projektowania, Budowy Kopalń i Ochrony Powierzchni Politechniki Śląskiej w Gliwicach opracowana została metoda analityczna optymalizująca w danych warunkach górniczo-geologicznych i naprężeniowych wielkość filarów ochronnych dla obiektów powierzchniowych i podziemnych, która stanowiła podstawę do opracowania nowych zasad wyznaczenia filarów ochronnych.

Nowe zasady były przedmiotem szeregu konferencji zespołu opracowującego nowe zasady pod przewodnictwem Podsekretarza Stanu Mgr. inż. Mariana Gustka. W pracach zespołu brali udział wybitni specjaliści w dziedzinie ochrony powierzchni przed szkodami górniczymi mechaniki górotworu oraz

budownictwa podziemnego z Politechniki Śląskiej, Akademii Górniczo-Hutniczej, Politechniki Częstochowskiej, Głównego Instytutu Górnictwa, Ministerstwa Górnictwa i Energetyki, Wyższego Urzędu Górniczego.

2. ZASADY WYZNACZANIA FILARÓW OCHRONNYCH DLA OBIEKTÓW POWIERZCHNIOWYCH I SZYBÓW

Zasady wyznaczania filarów ochronnych obejmują sposób określenia granic filarów ochronnych dla obiektów powierzchniowych zlokalizowanych na terenie obszarów górniczych.

Filar ochronny jest to część obszaru górniczego kopalni wyznaczonego dla ochrony obiektów powierzchniowych lub podziemnych, w których eksploatacja może być dozwolona pod szczególnymi warunkami zapewniającymi ochronę obiektu. Zgodnie z postanowieniem § 2 Rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 18.04.1963 r. (Dz.U Nr 18 poz. 98) filar ochronny ustanawia się w przypadkach, gdy przewidywane wielkości odkształceń spowodowanych robotami górniczymi przekraczają wielkości odkształceń dopuszczalnych dla chronionych obiektów (tablica 1).

Tablica 1

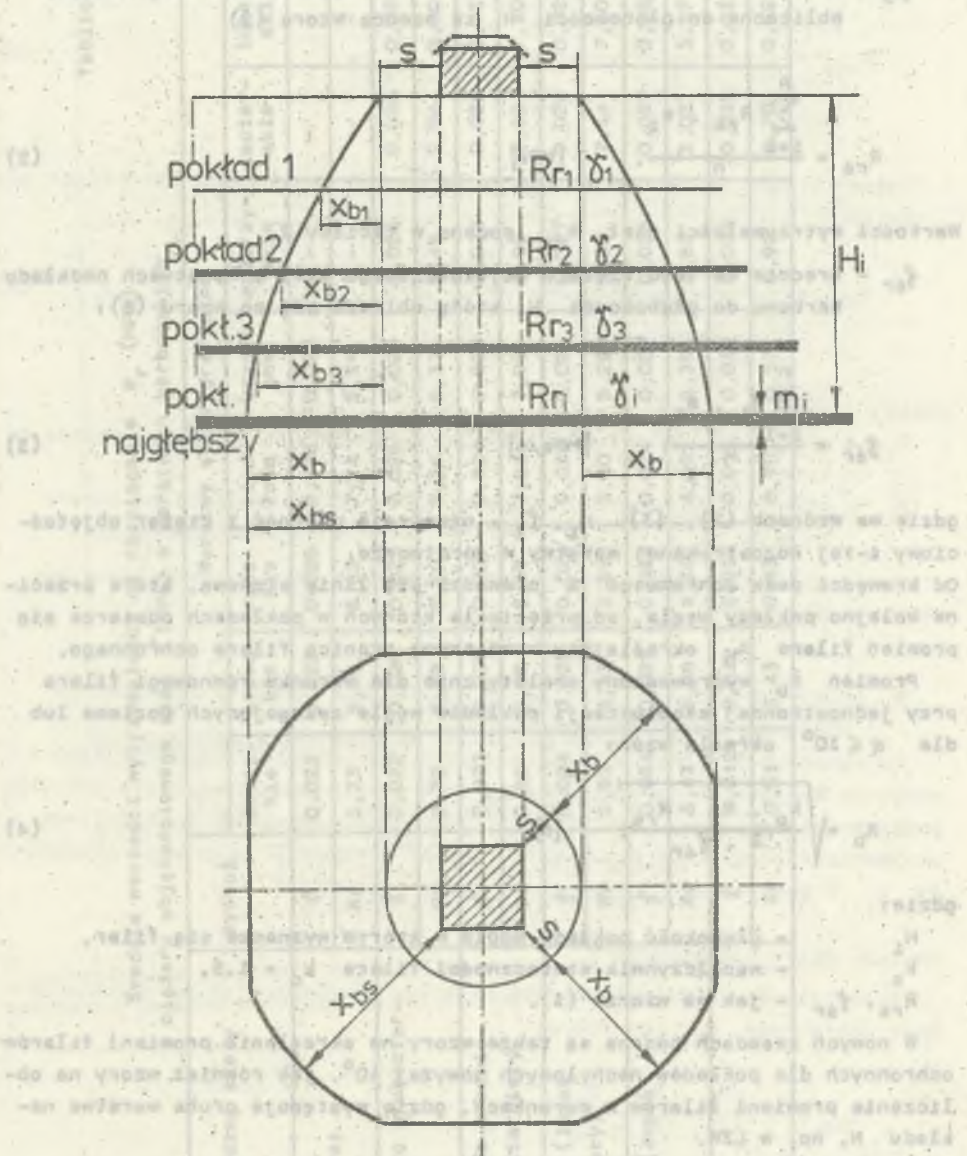
Dopuszczalne wskaźniki deformacji terenu
ze względu na zabudowę powierzchni

Odporność obiektów	Wskaźniki deformacji		
	ϵ_x mm/m	T_{max} mm/m	R_{min} km
1	$\leq 1,5$	$\leq 2,5$	$> 20,0$
2	$\leq 3,0$	≤ 5	$> 12,0$
3	$\leq 6,0$	≤ 10	$> 6,0$
4	$\leq 9,0$	≤ 15	$> 4,0$

Dla ilustracji zagadnienia na rys. 2 pokazano filar ochronny dla pojedynczego obiektu w górotworze o poziomym zaleganiu warstw. W odróżnieniu od zasad poprzedniej instrukcji z 1961 r. (rys. 1) dla wyznaczenia filara wg nowej metody należy określić pas ochronny wokół obiektów wymagających ochrony.

Szerokość pasa S określa się ze wzoru:

$$S = 0,16 \sqrt{\frac{H \cdot R_r \delta}{\gamma \delta_r}} \quad [m] \quad (1)$$



Rys. 2. Sposób wyznaczenia filara w pokładach o poziomym zaleganiu
 Fig. 2. Method of pillar determination in beds with horizontal deposition of strata

gdzie:

H - głębokość najniższej zalegającego pokładu węgla przewidzianego do eksploatacji, m,

R_{rs} - średnia wartość wytrzymałości na rozciąganie warstw górotworu obliczona do głębokości H za pomocą wzoru (2)

$$R_{rs} = \frac{\sum_{i=1}^n R_{r1} \cdot m_i}{H}, \quad [\text{MPa}] \quad (2)$$

Wartości wytrzymałości skał R_{r1} podano w tabelicy 2.

γ_{sr} - średnia wartość ciężaru objętościowego skał w warstwach nadkładu karbonu do głębokości H , którą oblicze się ze wzoru (3):

$$\gamma_{sr} = \frac{\sum_{i=1}^n \gamma_i \cdot m_i}{H}; \quad [\text{MPa/m}] \quad (3)$$

gdzie we wzorach (2), (3) m_i , γ_i - oznaczają grubość i ciężar objętościowy i -tej rozpatrywanej warstwy w górotworze.

Od krawędzi pasa ochronnego S prowadzi się linię pionową, która przecina kolejno pokłady węgla, od przecięcia których w pokładach odmierza się promień filara x_b określający zewnętrzną granicę filara ochronnego.

Promień x_b wyprowadzony analitycznie dla warunku równowagi filara przy jednostronnej eksploatacji pokładów węgla zalegających poziomo lub dla $\alpha \leq 10^\circ$ określa wzór:

$$x_b = \sqrt{\frac{k_o \cdot H_1 \cdot R_{rs}}{2 \cdot \gamma_{sr}}}, \quad [\text{m}] \quad (4)$$

gdzie:

H_1 - głębokość pokładu węgla w którym wyznacza się filar,

k_o - współczynnik stateczności filara $k_o = 1,5$,

R_{rs} , γ_{sr} - jak we wzorze (1).

W nowych zasadach podane są także wzory na określenie promieni filarów ochronnych dla pokładów nachylonych powyżej 10° , jak również wzory na obliczanie promieni filarów w warunkach, gdzie występuje gruba warstwa nadkładu N , np. w LZW.

Tabelle 2

Średnie wartości wytrzymałości na rozciąganie R_r (MPa)
i ciężaru objętościowego skał γ (MPa) w warstwach karbońskich

Lp.	Rodzaj skały	Symbol	Warunki stratygraficzne									
			łazis- kie	orzee- kie	rudz- kie	siod- łowe	brzeż- ne	wałrzy- skie	zacier- skie	lubel- skie		
1	Konglomerat	δ	0,022	0,023	0,026	0,026	0,025	-	-	-	-	-
		Rr	1,73	5,49	3,53	7,74	5,24	-	-	-	-	-
2	Piaskowiec gruboziarnisty	δ	0,022	0,024	0,025	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026
		Rr	2,70	5,58	3,50	8,14	6,37	2,45	2,94	3,30	3,30	3,30
3	Piaskowiec średnio- i drobnoziarnisty	δ	0,023	0,025	0,025	0,024	0,026	0,027	0,026	0,026	0,026	0,025
		Rr	2,86	8,09	5,39	7,94	7,99	5,98	3,28	7,10	7,10	7,10
4	Mułowiec (łupek piaszczysty)	δ	0,024	0,025	0,024	0,026	0,025	0,027	0,028	0,028	0,025	0,025
		Rr	2,91	3,43	5,59	5,10	5,29	5,98	7,14	7,14	7,10	7,10
5	Iłowiec (łupek ilasty)	δ	0,024	0,025	0,024	0,024	0,027	0,026	0,027	0,027	0,026	0,026
		Rr	3,43	4,08	4,18	4,59	6,39	2,81	3,02	3,02	3,57	3,57
6	Węgiel	δ	0,012	0,012	0,013	0,015	0,012	0,014	0,015	0,015	0,015	0,017
		Rr	0,51	0,43	0,63	0,70	0,57	0,91	0,70	0,70	0,70	0,62

Promień filara dla pokładów o nachyleniu $10^{\circ} < \alpha < 60^{\circ}$ oblicza się:

- Promień filara ochronnego od strony upadu pokładu określa wzór:

$$x_{\text{bup}} = \frac{H_{1u}}{\sqrt{\frac{2H_{1u} \cdot \gamma_{\text{sr}}}{k_0 \cdot R_{\text{rs}}} \cdot \cos \alpha - \operatorname{tg} \alpha}}; \quad \text{m} \quad (5)$$

- Promień filara od strony wzniosu pokładu wyznaczyć można obliczając go wzorem:

$$x_{\text{dwp}} = \frac{H_{1w}}{\sqrt{\frac{2H_{1w} \cdot \gamma_{\text{sr}} \cdot \cos \alpha}{k_0 \cdot R_{\text{rs}}} + \operatorname{tg} \alpha}}; \quad \text{m} \quad (6)$$

gdzie:

H_{1u} - głębokość wyznaczona za pomocą wielkości S i linii pokładu od strony upadu, m,

H_{1w} - głębokość wyznaczona za pomocą S i linii pokładu od strony wzniosu, m.

Wzory (5) i (6) spełniają wartości graniczne kąta α nachylenia pokładu $0 < \alpha < 90^{\circ}$.

3. ZASADY WYZNACZANIA FILARÓW OCHRONNYCH DLA OBIEKTÓW PODZIEMNYCH

Zarządzenie Nr 4 Ministra Górnictwa i Energetyki z dnia 1.II.1986 r. obejmuje kompleksowo wyznaczanie filarów ochronnych również dla obiektów podziemnych, jak: szybiki, przekopy i chodniki. Wielkość tych filarów uzależniona została od wytrzymałości skał górotworu, ciśnienia pierwotnego p_z w górotworze panującego na danej głębokości H_1 .

3.1. Filar dla szybika

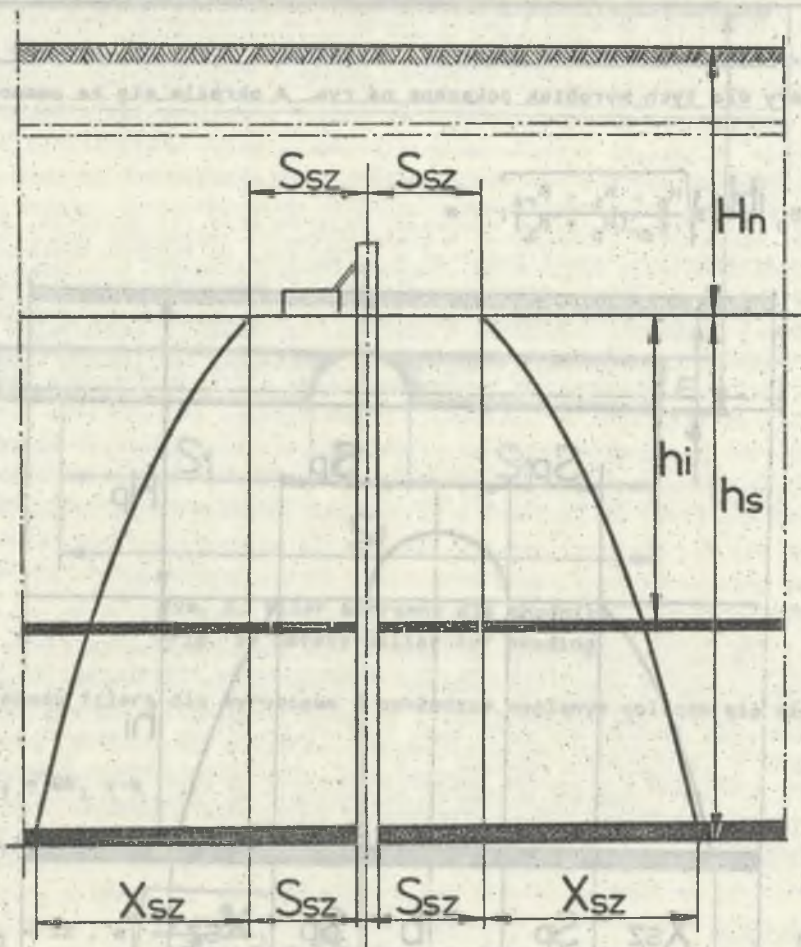
Filar dla szybika (rys. 3) wyznacza się rozpoczynając od określenia pasa ochronnego S_{sz} wg wzoru:

$$S_{\text{sz}} = 0.3 \sqrt{\frac{H_n \cdot h_s \cdot R_{\text{rs}}}{\gamma_{\text{sr}} (H_n + h_s)}}; \quad \text{m} \quad (7)$$

gdzie:

H_n - głębokość poziomu nadszybka szybika od powierzchni, m,

h_s - wysokość szybika, m.



Rys. 3. Filar ochronny dla szybika
 Fig. 3. Safety pillar for small shaft

Następnie w pokładzie węgla zalegającego na głębokości h_1 od poziomu nadezbybia szybika wyznacza się promień filara wg wzoru:

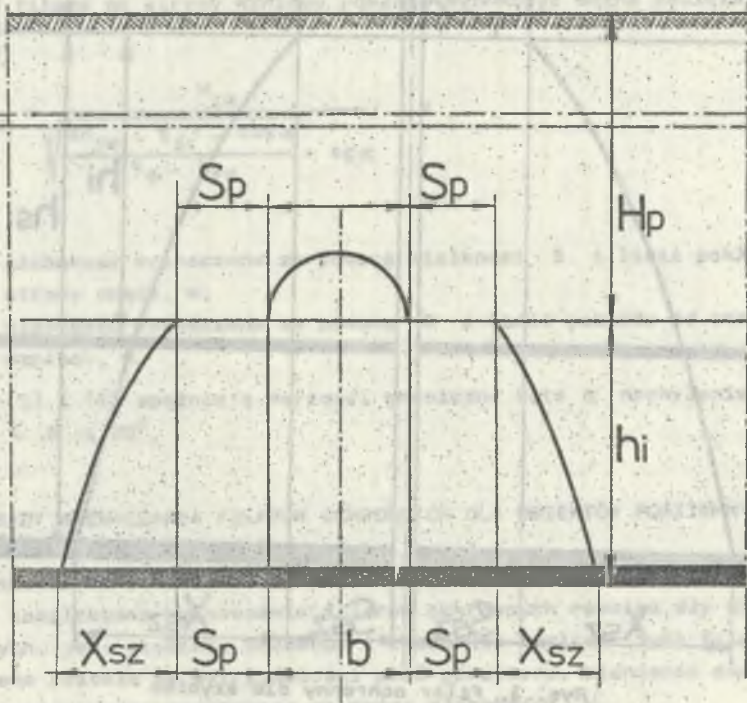
$$x_{sz} = 0,3 \sqrt{\frac{h_1 \cdot R_{rs}}{\gamma_{gr}}}; \quad (8)$$

Zasady podają również wzory na obliczenie wielkości S_{sz} i x_{sz} dla pokładów nachylonych $10^\circ < \alpha < 60^\circ$.

3.2. Filar ochronny dla przekopu, przecznicy, pochylni upadowej itp.

Filary dla tych wyrobisk pokazane na rys. 4 określa się za pomocą wzoru:

$$S_p = 0,3 \sqrt{\frac{H_p \cdot h_1 \cdot R_{r\acute{s}}}{\gamma_{\acute{s}r} (H_p + h_1)}}$$



Rys. 4. Filar ochronny dla przekopu

Fig. 4. Safety pillar for cross cut

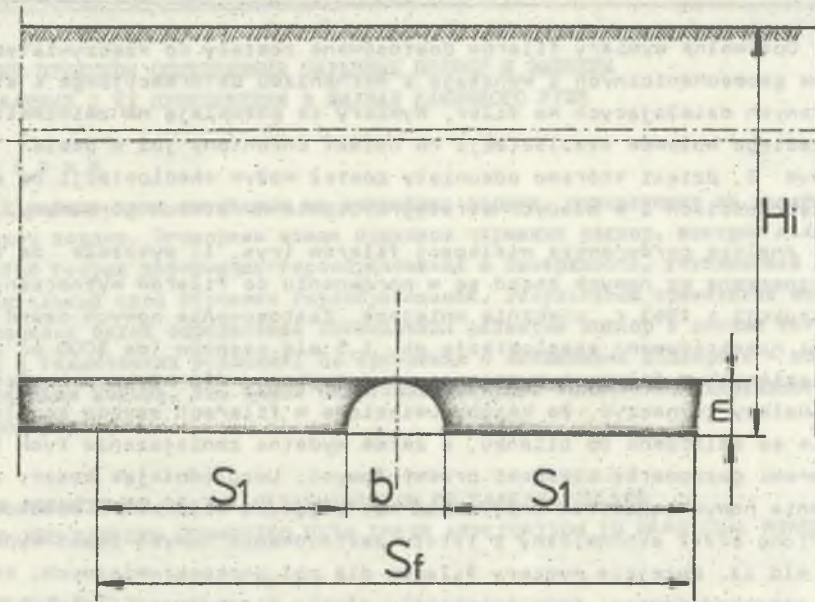
oraz wzoru (8):

gdzie:

- (8) H_p - głębokość położenia wyrobiska od powierzchni terenu,
 h_1 - odległość pionowa od przekopu do pokładu, m,
 $R_{r\acute{s}}, \gamma_{\acute{s}r}$ - średnia wytrzymałość na rozciąganie i średni ciężar objętościowy obliczone do głębokości H_p .

3.3. Filar oporowy dla wyrobisk korytarzowych w pokładzie (rys. 5)

Filar oporowy stanowi część pokładu w bezpośrednim sąsiedztwie chronionego wyrobiska górniczego, którego pozostawienie jest konieczne dla zabezpieczenia wyrobiska przed wpływami eksploatacji górniczej, a więc dla utrzymania jego stateczności w czasie użytkowania.



Rys. 5. Filar ochronny dla chodnika

Fig. 5. Safety pillar for heading

Szerokość filara dla wyrobiska w pokładzie węglowym oblicza się wzorem:

$$S_f = 2S_1 + b \quad (9)$$

przy czym:

$$S_1 = 12 \cdot m \sqrt{\frac{H_1 \cdot \sigma_{gr}}{R_{cw}}}; \quad [m] \quad (10)$$

gdzie:

- m - grubość pokładu, $[m^3]$,
- R_{cw} - wytrzymałość węgla na ściskanie $[MPa]$,
- b - szerokość wyrobiska.

Szerokość filara oporowego S_1 w warunkach tąpnięć należy wyznaczyć każdorazowo w porozumieniu z zespołem ds. tępnięć.

4. EFEKTY ZWIĄZANE Z ZASTOSOWANIEM NOWYCH ZASAD WYZNACZANIA FILARÓW OCHRONNYCH

Do najważniejszych efektów techniczno-ekonomicznych związanych z zastosowaniem nowych zasad wyznaczania filarów zaliczyć należy:

4.1. Optymalne wymiary filarów dostosowane zostały do rzeczywistych warunków geomechanicznych i wynikają z mechanizmu deformacyjnego i sił zewnętrznych działających na filar. Wymiary te pozwalają na zminimalizowanie zasięgu wpływów eksploatacji na obiekt chroniony już w pesie ochronnym S, dzięki któremu odsunięty został wpływ eksploatacji na płytach głębokościach i w młodych stratygraficznie warstwach górotworu.

4.2. Analiza porównawcza wielkości filarów (rys. 1) wykazała, że filary wyznaczone wg nowych zasad są w porównaniu do filarów wyznaczanych wg instrukcji z 1961 r. znacznie mniejsze. Zastosowanie nowych zasad umożliwi nieskrępowaną eksploatację ok. 1,5 mld zasobów (do 1000 m) obecnie uwięzionych w filarach wyznaczonych dotychczas dla większych głębokości. Należy zaznaczyć, że zasoby uwięzione w filarach szybów kopalnianych nie są zaliczane do bilansu, a zatem wydatne zmniejszenie tych filarów poprawi gospodarkę zasobami przemysłowymi. Uwzględniając koszty udostępnienia nowych obszarów z zasobami nie objętymi filarami w wysokości 300 zł/tone efekt ekonomiczny z tytułu zastosowania nowych zasad wynosiłby 450 mld zł. Mniejsze wymiary filarów dla pól perspektywicznych, które nie są zagospodarowane, będą zwiększały efekty ekonomiczne i poprawiały gospodarkę złożem.

4.3. Najważniejszym efektem technicznym dla kopalń wynikającym z zastosowania nowych zasad wyznaczania filarów będzie możliwość zwiększenia długości frontu eksploatacyjnego w czynnych pokładach przy zbliżaniu się do filarów wyznaczonych wg dotychczasowych zasad. Zwiększenie wybiegu ściany o ok. 300 m w jednym pokładzie pozwala na przedłużenie eksploatacji co najmniej o pół roku i wydłużenie żywotności głębszych poziomów wydobywczych.

LITERATURA

- [1] Chudek M.: Mechanika górotworu. Wyd. Politechnika Śląska, Gliwice 1981.
- [2] Chudek M., Stefański L.: Loads and stress occurring in the orogen in the vicinity of wall headings remains of coal seams and barrier pillars in und erground mines. Wyd. Ossolineum 1985 r. Prace Komisji Górniczej. Oddział PAN, Katowice.
- [3] Chudek M., Stefański L.: Wpływ eksploatacji złóż podkładowych na górotwór i powierzchnię. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej s. Górnictwo z. 142 1986. Praca w druku.
- [4] Stefański L.: Zasięg promienia filaru ochronnego funkcją parametrów górotworu i ochrony powierzchni. OTG WUG, 1983.
- [5] Chudek M., Stefański L.: Analityczna metoda wyznaczania filarów ochronnych dla obiektów powierzchniowych i podziemnych. Nie publikowana.
- [6] Chudek M.: Analiza przyczyn obrywania się skał w wyrobiskach wybierkowych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej s. Górnictwo, z. 9. 1964.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Bronisław Skinderowicz

НОВЫЕ ПРИНЦИПЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОХРАННЫХ ПОДПОР И ЭФФЕКТЫ
СВЯЗАННЫЕ С ИХ ПРИМЕНЕНИЕМ В ШАХТАХ КАМЕННОГО УГЛЯ

Резюме

В работе даны некоторые из важнейших формул, позволяющих на расчёт величины подпор. Оговорены новые принципы охранных подпор, которые являются частью теории деформации горообразования и поверхности, учитывающей действительный слой строения горообразования. Результатом применения новых принципов будет определение оптимальных размеров подпор в данных естественных и технических условиях. По сравнению с имеющимися подпорами - новые несколько меньше, тем самым охватывают меньшее количество связанности ресурса угля.

NEW PRINCIPLES OF THE DETERMINATION OF SAFETY PILLARS
AND THE EFFECTS CONNECTED WITH THEIR APPLICATION IN HARD COAL MINES

Summary

In the paper discussed the new principles of determining safety pillars which are a part of the theory of rock mass and surface distortion [2, 3, 5] taking into consideration with the actual stratum, the rock mass structure, characterized by corresponding physico-mechanical properties of overlay and Carboniferous rock, like the average compressive and tensile strength of rocks R_{cs} , R_{rs} , average bulk density γ aver, as well as bed thickness m , inclination of strata and bed.

The known principles of mechanics have been used in the paper [4, 5] for analytical derivation of formulae for the determination of the size of safety pillars for surface objects and shafts, as well as for underground objects (small shafts and dog headins), assuming the least favourable conditions of boundary equilibrium. The theoretical basis which were used for the elaboration of the new principles of determining safety pillars of underground and surface objects will be the subject of a separate paper on account of the volume of the paper published.

Some of the more important formulae for calculating the size of safety pillars are given.

The effect of application of the new principles will the determination of the optimum dimensions of pillars in the natural and technical conditions given, which in comparison with the ones so far are much smaller and thus enclose a much smaller quantity of the coal resources bound.