

Bernard DRZEŹLA, Jan BIAŁEK, Piotr BAŃKA

## PROGRAMY OPTIMALIZACJI WYMIARÓW FILARÓW OCHRONNYCH DLA OBIEKTÓW POWIERZCHNIOWYCH I SZYBÓW W ŚWIETLE NOWYCH WYTYCZNYCH WYZNACZANIA FILARÓW OCHRONNYCH

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono opracowane programy optymalizacji wymiarów filarów ochronnych dla obiektów powierzchniowych i szybów. Podano przykład wyznaczania filara ochronnego dla obiektu punktowego. Wyznaczony filar ochronny porównano z filarem zaprojektowanym zgodnie z nowymi wytycznymi wyznaczania filarów ochronnych.

## OPTIMIZATION PROGRAMS OF PROTECTING PILLAR DIMENSIONS FOR SURFACE BUILDINGS AND SHAFTS IN VIEW OF THE PROJECT OF GUIDELINES FOR THE DETERMINATION OF PROTECTING PILLARS

**Summary.** The paper presents elaborated optimization programs of protective pillar dimensions for surface buildings and shafts. An exemplary determination of protective pillar for a point object has been presented. The determined protective pillar was compared with the pillar designed according to the project of new guidelines for the determination of protective pillars.

## PROGRAMAS DE OPTIMIZACION DE LAS DIMENSIONES DE LOS MACIZOS DE PROTECCION PARA LOS POZOS Y LAS INSTALACIONES EN LA SUPERFICIE DE LA MINAS A LA LUZ DE LAS NUEVAS DIRECTIVAS CONCERNIENTES AL DIMENSIONAMIENTO DE LOS MACIZOS DE PROTECCION

**Resumen.** En el presente artículo se han elaborado programas de optimización de las dimensiones de los macizos de protección para los pozos y las instalaciones en la superficie. Se ha presentado un ejemplo de dimensionamiento del macizo de protección para una construcción cuya superficie es muy pequeña y se ha comparado este macizo con el diseñado de acuerdo con las nuevas directivas concernientes al dimensionamiento de los macizos de protección.

## 1. WSTĘP

Opracowane w GIG "Wytyczne wyznaczania filarów ochronnych dla obiektów na powierzchni, szybów i szybków w granicach obszarów górniczych kopalń węgla kamiennego" (Jędrzejec i in. [4]) przewidują dwa sposoby wyznaczania filarów ochronnych.

Sposób pierwszy, zbliżony do Instrukcji z 1961r. [6], polega na wyznaczeniu granic filara w poszczególnych pokładach w oparciu o kąty zasięgu dopuszczalnych wpływów eksploatacji. Wielkość kąta zależy od kategorii odporności obiektu (obiektów). W stosunku do Instrukcji z 1961 r. istotnym novum jest wprowadzenie 0 kategorii odporności, z przyjęciem odpowiadającego jej kąta zasięgu  $50^\circ$ . Sposób ten, bardzo prosty w stosowaniu, „odziedziczył” jednakże wady tej Instrukcji, szeroko poruszane w literaturze. Za najważniejszą z nich należy uznać możliwość wystąpienia, w przypadku intensywnej, wielopokładowej eksploatacji pozafilarowej, deformacji przekraczających wartości dopuszczalne dla chronionych obiektów.

Sposób drugi wykorzystuje uproszczoną metodę analityczną, która zapewnia w pełni skuteczne zabezpieczenie obiektu (obiektów) przed wystąpieniem deformacji przekraczających wartości dopuszczalne. Sposób ten polega na wyznaczeniu promieni filara na podstawie danych geologiczno-górnich, podstawowych parametrów teorii oraz określonych kryterialnych wskaźników deformacji charakteryzujących odporność chronionego obiektu.

W wytycznych dopuszczono również wyznaczanie filara ochronnego na podstawie ekspertyzy opartej na innych uzasadnionych założeniach.

W artykule przedstawiono opracowane programy optymalizacji wymiarów filarów ochronnych dla obiektów powierzchniowych i szybów (Drzęźła, Bańka [3]), pozwalające projektować filary ochronne w taki sposób, by zapewniając realizację podstawowej funkcji filara, to jest nieprzekroczenie dopuszczalnych deformacji powierzchni, spełnić jednocześnie przyjęte kryterium optymalizacji wymiarów filara ochronnego (np. wielkość zasobów uwięzionych w filarze).

## 2. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA OPRACOWANYCH PROGRAMÓW OPTYMALIZACJI WYMIARÓW FILARÓW OCHRONNYCH

Opracowane programy umożliwiają wyznaczanie wymiarów filarów ochronnych dla obiektów powierzchniowych (liniowych, punktowych, jak również dla zespołów obiektów) oraz szybów (szybików). Projektowanie filara ochronnego potraktowano jako zadanie programowania nieliniowego. W trakcie jego rozwiązywania poszukuje się minimum funkcji celu:

$$\sum_{i=1}^n w_i g_i P_i \quad (1)$$

przy ograniczeniach:

- dla obiektów powierzchniowych:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n \varepsilon_i(R_i) &\leq \varepsilon_{dop} \\ \sum_{i=1}^n T_i(R_i) &\leq T_{dop} \\ \sum_{i=1}^n K_i(R_i) &\leq K_{dop} \\ R_{igm} &\leq (R_i) \leq R_{maks} \end{aligned} \quad (2)$$

- dla szybów (szybików):

$$\begin{aligned} \max \left| \sum_{i=1}^n \varepsilon_{zi}(z, R_i) \right| &\leq \varepsilon_{zdop} \\ R_{i\min} &\leq R_i \leq R_{i\max} \end{aligned} \quad (3)$$

Ponadto, możliwe jest wprowadzenie dodatkowego ograniczenia w postaci:

$$R_{i+1} \geq R_i \quad \text{dla } i = 1, \dots, n-1 \quad (4)$$

Ograniczenie powyższe pozwala projektować filary o promieniach powiększających się regularnie w miarę wzrostu głębokości zalegania pokładów. Przeprowadzone obliczenia testowe wykazały, że filary wyznaczone bez przyjęcia powyższego ograniczenia mogłyby mieć kształt, który utrudniałby późniejszą eksploatację w filarze.

W powyższych wzorach przyjęto następujące oznaczenia:

$n$  - liczba pokładów,

$w_i$  - waga  $i$  - tego pokładu,

$g_i$  - grubość  $i$  - tego pokładu,

$P_i$  - pole powierzchni filara  $w$  - w  $i$  - tym pokładzie,

$R_i$  - promień filara  $w$  - w  $i$  - tym pokładzie,

$\epsilon_i$  - maksymalne odkształcenia poziome wywołane eksploatacją  $i$  - tego pokładu,

$T_i$  - maksymalne nachylenia wywołane eksploatacją  $i$  - tego pokładu,

$K_i$  - maksymalne krzywizny pionowe wywołane eksploatacją  $i$  - tego pokładu,

$\epsilon_{zi}$  - maksymalne odkształcenia pionowe na głębokości  $z$  wywołane eksploatacją  $i$  - tego pokładu,

$\epsilon_{dop}$ ,  $T_{dop}$ ,  $K_{dop}$ ,  $\epsilon_{zdop}$  - wartości dopuszczalnych deformacji,

$R_{igrn}$  - wartość najbardziej niekorzystnej długości promienia (boku) filara,

$R_{imin}$ ,  $R_{imaks}$  - dolna, górna granica zmienności promienia filara  $w$  - w  $i$  - tym pokładzie.

Opracowane programy optymalizacji wymiarów filarów ochronnych spełniają następujące, poruszane w literaturze (np. Drzęźła [2]), postulaty:

- Uwzględniony jest sposób kierowania stropem dla eksploatacji pozafilarowej.
- W trakcie obliczeń wartości wskaźników deformacji uwzględniane są tzw. efektywne wielkości deformacji, zależne od intensywności eksploatacji pozafilarowej (jej przebiegu w czasie) - Kwiatek [5].
- W celu zwiększenia dokładności prognozowania deformacji uwzględniono w obliczeniach tzw. dalekie wpływy eksploatacji górniczej (Białek [1]).
- Przewidziano możliwość wybierania niektórych pokładów w granicach filara ochronnego (pokładów, dla których maksymalne wielkości wskaźników deformacji przy eksploatacji w kształcie półpłaszczyzny są mniejsze od dopuszczalnych); pozwala to zmniejszyć negatywne skutki, wynikające z ustanowienia filara, takie jak względne wypiętrzenia terenu i wzrost naprężeń w górotworze.

- Programy pozwalają projektować filary ochronne kołowe oraz o kształcie dowolnego wielokąta (w szczególności kwadratu).

Tradycja zrodzona w czasach, kiedy istniały zupełnie odmienne technologie i kiedy filary traktowano jako nienaruszalną część złoża, sugeruje, żeby w przypadku pokładów poziomych i obiektów punktowych lub szybów (szybików) wyznaczać filary kołowe. W przypadku pokładów nachylonych filar uzyskuje wtedy kształt owalny. W obecnych czasach, gdy zakładamy możliwość wybierania filara, w szczególności gdy zniknie konieczność ochrony danego obiektu i gdy powszechnie stosowanym systemem eksploatacji jest system ścianowy, kołowy (owalny) kształt filarów ochronnych wydaje się być anachronizmem. Filary kołowe sprawiają trudności zarówno na etapie "wykrawania" ich z połączy pokładu, jak i na etapie projektowania i realizacji wybierania.

Wydaje się, że należałoby, tam gdzie jest to możliwe, zastanowić się nad zmianą kształtu filara z kołowego (owalnego) na kwadratowy (prostokątny).

- Przewidziano możliwość "narzucenia" wielkości promienia filara w pokładzie, grupie pokładów - umożliwi to pozostawienie obowiązujących granic filara w części pokładów, przy przeprowadzeniu korekty wielkości filara w pozostałych pokładach.
- W przypadku wyznaczania filara ochronnego dla szybu (szybika) możliwe jest przyjęcie różnych wartości dopuszczalnych deformacji dla różnych głębokości szybu; z kolei, wyznaczając optymalny filar dla zespołu obiektów powierzchniowych - możliwe jest przyjęcie różnych deformacji dopuszczalnych dla poszczególnych obiektów.
- Programy umożliwiają określenie, odrębnie dla każdego pokładu, "stref bezzasobowych". Przez strefy takie należy rozumieć części pokładów, w których eksploatacja nie będzie prowadzona, niezależnie od wielkości filara ochronnego. Strefami powyższymi mogą być np. strefy zaburzeń tektonicznych, wymycia, wycienienia pokładu itp. W szczególności strefą bezzasobową mogą być zroby eksploatacji dokonanej, której wpływy ujawniły się przed wybudowaniem obiektu, dla którego wyznaczany jest filar ochronny, ewentualnie zostały uwzględnione w trakcie oceny odporności obiektu.

### 3. PRZYKŁAD WYZNACZANIA FILARA OCHRONNEGO DLA OBIEKTU PUNKTOWEGO

Ponizej przedstawiono wyniki przykładowych obliczeń wykonanych za pomocą opracowanych programów. Do obliczeń przyjęto następujące dane i założenia:

- kształt filara - okrągły,
- dopuszczalne deformacje powierzchni  $\epsilon_{dop} = 4 \text{ mm/m}$ ,
- sposób kierowania stropem dla eksploatacji pozafilarowej - zawał stropu,
- pokłady zalegają poziomo.

Przyjęte dane o pokładach podane zostały w tablicy 1.

Tablica 1

Nazwa pokładu	Głębokość zalegania [m]	Grubość pokładu [m]	Waga pokładu	Rok eksploatacji
1	73	1.6	1	1960
2	90	1.5	1	1964
3	200	1.6	1	1968
4	300	1.2	1	1972
5	350	3.0	1	1976
6	400	3.0	1	1980
7	450	1.6	1	1984
8	500	4.2	1	1988
9	550	1.7	1	1992
10	600	2.0	1	1996
11	650	2.8	1	2000
12	700	6.6	1	2004
13	740	3.5	1	2008
14	790	9.0	1	2012

Obliczenia optymalnych wymiarów filara ochronnego przeprowadzono w dwóch wariantach:

- bez uwzględnienia efektywnych wielkości wskaźników deformacji,
- z uwzględnieniem efektywnych wielkości deformacji (przyjęto, zgodnie z wynikami badań Kwiatka [4], że odkształcenia po upływie 2 lat maleją do połowy wartości początkowych).

Wyniki obliczeń przedstawiono w tablicy 2.

Tablica 2

Nazwa pokładu	Promień filara [m]	
	bez uwzgl.odkształ. efektywnych	z uwzgl.odkształ. efektywnych
1	76	74
2	91	89
3	181	174
4	253	241
5	286	272
6	317	301
7	347	328
8	376	354
9	404	378
10	430	401
11	455	422
12	479	443
13	497	465
14	519	520

Wyznaczone wymiary filara ochronnego porównano z wymiarami określonymi zgodnie z nowymi wytycznymi, według sposobu pierwszego i drugiego. Promień filara, zaprojektowanego w oparciu o nowe wytyczne, podano w tablicy 3.

Tablica 3

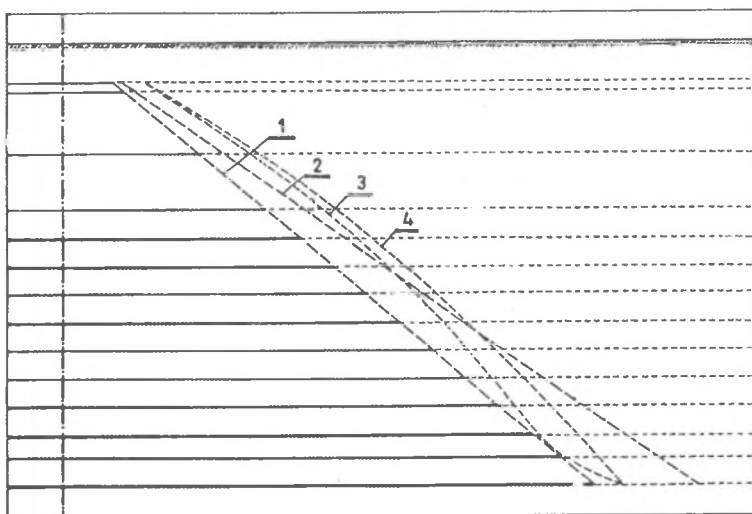
Nazwa pokładu	Promień filara [m]	
	sposób pierwszy	sposób drugi
1	46	54
2	56	67
3	125	149
4	187	224
5	219	261
6	250	298
7	281	335
8	312	373
9	344	410
10	375	447
11	406	484
12	437	522
13	462	551
14	494	589

Wielkość zasobów uwięzionych w poszczególnych filarach wynosi:

- dla filara wyznaczonego zgodnie ze sposobem pierwszym: 24,9 mln ton,
- dla filara wyznaczonego zgodnie ze sposobem drugim: 35,4 mln ton,
- dla filara zoptymalizowanego, bez uwzględnienia efektywnych wartości wskaźników deformacji: 30,7 mln ton,
- dla filara zoptymalizowanego, z uwzględnieniem efektywnych wartości wskaźników deformacji: 28,1 mln ton.

Schematyczny przekrój przez wyznaczony filar ochronny przedstawiono na rys.1.





Rys.1. Przekrój przez wyznaczony filar ochronny: 1 - filar wyznaczony według pierwszego sposobu z wytycznych, 2 - filar wyznaczony według drugiego sposobu z wytycznych, 3 - filar wyznaczony opracowanymi programami (z uwzględnieniem odkształceń efektywnych), 4 - filar wyznaczony opracowanymi programami (bez uwzględnienia odkształceń efektywnych)

Fig.1. Cross-section through the determined protective pillar: 1 - according to the first method from the project of guidelines, 2 - according to the second method from the project of guidelines, 3 - using elaborated programs (taking into consideration effective deformations), 4 - using elaborated programs (regardless of effective values of deformations)

Z przedstawionego porównania wynika, że najmniejsza ilość zasobów uwięziona jest w filarze wyznaczonym zgodnie z pierwszym sposobem, zawartym w nowych wytycznych. Jednakże, w przypadku przeprowadzenia we wszystkich pokładach eksploatacji pozafilarewej do granic filara, może dojść do przekroczenia dopuszczalnych deformacji powierzchni, przyjętych dla obiektu, dla którego filar był ustanawiany.

Przeprowadzone obliczenia wykazały, że w przypadku przeprowadzenia eksploatacji z zawałem stropu do granic filara, nawet w przypadku uwzględnienia efektywnych wpływów eksploatacji, prognozowane odkształcenia poziome mogą przekroczyć wartość 9 mm/m.

Filary ochronne wyznaczone uproszczoną metodą analityczną (sposób drugi według nowych wytycznych) oraz za pomocą opracowanych programów spełniają swoją rolę - wartości prognozowanych deformacji powierzchni terenu nie przekraczają wartości

dopuszczalnych dla chronionego obiektu. Filary "zoptymalizowane" charakteryzują się dodatkowo mniejszą ilością uwięzionych zasobów. W stosunku do filarów wyznaczonych metodą analityczną, mają one większe promienie w pokładach płycej leżących, natomiast mniejsze w przypadku pokładów zalegających głębiej.

#### 4. UWAGI KOŃCOWE

Ustanawianie filarów ochronnych jest sposobem zabezpieczenia obiektów przed nadmiernymi wpływami eksploatacji górniczej, wzbudzającym wiele kontrowersji. Liczni badacze kwestionują celowość pozostawienia nie wybranych partii złoża (wewnątrz filarów), wskazując na szereg negatywnych konsekwencji takiego postępowania, do których można zaliczyć m.in. tworzenie na powierzchni względnego wypiętrzenia, jak również wzrost zagrożenia tapaniami i wysokoenergetycznymi wstrząsami. Z drugiej jednak strony nie ulega wątpliwości, że zaniechanie eksploatacji w dostatecznie dużej odległości od obiektu (czyli ustanowienie odpowiednio zaprojektowanego filara ochronnego) jest sposobem pozwalającym na pełną ochronę obiektu, nawet w przypadku zmian w zamierzeniach eksploatacyjnych kopalni, wywołanych np. katastrofami górniczymi, zaburzeniami w zaleganiu pokładu i in. W przypadku prowadzenia wybierania pod obiektem (wariant bez pozostawienia filara ochronnego) zatrzymanie frontu eksploatacyjnego, wymuszone przyczynami obiektywnymi, może być przyczyną wystąpienia uszkodzeń w obiekcie. Z kolei, zbyt mały filar ochronny nie tylko nie spełnia swojej roli - nie chroni obiektu, ale może w istotny sposób pogarszać warunki jego utrzymywania w stosunku do wariantu eksploatacji nieskrępowanej pod obiektem.

Ze względu na powyżej omówione uwarunkowania, decyzja o ustanowieniu filara ochronnego powinna być poprzedzona dokładną analizą konieczności jego wyznaczenia. W przypadku gdy filar jest niezbędny, bardzo istotne jest jego właściwe zaprojektowanie, tak by mógł on skutecznie chronić obiekt (obiekty), dla których został wyznaczony.

Filary ochronne wyznaczone za pomocą omawianych programów, oprócz skutecznej ochrony obiektu, zapewniają spełnienie kryterium minimalizacji zasobów (lub zasobów ważonych) uwięzionych w filarze.

## LITERATURA

1. Białek J.: Sposób poprawy opisu wpływów dalekich. Przegląd Górniczy nr 3 (834), Katowice 1993.
2. Drzęzła B.: Rozważania nad zagadnieniem wyznaczania filarów ochronnych. ZN AGH Sozologia i Sozotechnika z.33, Kraków 1991.
3. Drzęzła B., Bańka P.: Wyznaczanie filarów ochronnych dla obiektów powierzchniowych i szybów metodą programowania nieliniowego. BPiOŚwG 4/12, 1994.
4. Jędrzejec E. i in.: Wyznaczanie filarów ochronnych dla obiektów na powierzchni, szybów i szybków w granicach obszarów górniczych kopalń węgla kamiennego. Praca nie publikowana, Katowice 1995.
5. Kwiatek J.: O sumowaniu wskaźników wielokrotnych deformacji podłoża budowli na terenach górniczych. BPiOŚwG, 1/1992.
6. Instrukcja o wyznaczaniu filarów ochronnych dla obiektów, urządzeń i terenów w granicach obszarów górniczych kopalń węgla kamiennego Zagłębia Górnos Śląskiego i Dolnośląskiego. Zarządzenie Ministra Górnictwa i Energetyki nr 19 z dnia 23.03.1961.

Recenzent: Prof.dr hab.inż. Edward Popiołek

Wpłynęło do Redakcji 12 października 1995 r.

**Abstract**

The paper presents elaborated algorithms and programs for the determination of optimal dimensions of protective pillars for surface buildings and shafts. The problem of protecting pillar designing was treated as a task in non-linear programming. Coal tied up in a pillar is a target function (equation 1) while values of deformation resulting from mining the outside of the pillar constitute non-linear limitations (equations 2-4). The paper presents the results of exemplary calculations of radii of the safety pillar for point objects (Table 2). The determined protective pillar was compared with the pillar designed according to the project of new

guidelines for the determination of protective pillars (Fig. 1). Apart from efficient protection of the object, protective pillars determined by means of the discussed programs ensure the fulfillment of criteria for the minimization of coal tied up in the pillar.