

Seria: GÓRNICtwo z. 99

Nr kol. 601

Sebastian CZYPIONKA, Stanisław SZEWCZYK, Antoni WALUS

EKSPLOATACJA POKŁADU 209 W FILARZE OCHRONNYM  
ZAKŁADU PRZEMYSŁOWEGO

Streszczenie. W artykule przeanalizowano eksploatację pokładu 209 w filarze ochronnym dla zakładu przemysłowego. Dokonano porównania wielkości wskaźników deformacji prognozowanych i rzeczywistych pomierzonych w punktach zastabilizowanych w obiektach chronionych. Na podstawie pomierzonych wielkości przemieszczeń wyznaczono parametry charakteryzujące teorię Budryka-Knothe'go. Oceniono również prowadzoną eksploatację z uwagi na istniejące zaburzenia tektoniczne oraz ze względu na obiekty chronione powierzchni.

### 1. Charakterystyka obiektów powierzchni

Zabudowa powierzchni składa się głównie z obiektów budownictwa przemysłowego. Można w niej wydzielić następujące grupy obiektów:

- budynki murowane zwykłe,
- budynki z ramami żelbetowymi i wypełnieniem murowanym,
- hale o konstrukcji stalowej,
- hale o konstrukcji żelbetowej,
- obiekty wieżowe,
- zbiorniki stalowe i żelbetowe,
- fundamenty pod maszyny i aparaturę,
- rurociągi naziemne i podziemne,
- kanały i ścieki,
- sieć energetyczna naziemna i podziemna,
- drogi komunikacji wewnętrznej.

Produkcja zakładu przemysłowego bazuje na surowcach chemicznych o dużej toksyczności, zagrożeniu pożarowym i wybuchowym. Ciągłość i bezpieczeństwo produkcji zależy od sprawnego funkcjonowania urządzeń i aparatury chemicznej, zbiorników surowców i produktów rurociągów technologicznych. Te ostatnie stanowią szczególnie rozległą i gęstą sieć rurociągów medium chemicznego, wód przemysłowych, pary wodnej, sprężonego powietrza, rozprzestrzoną między obiektami.

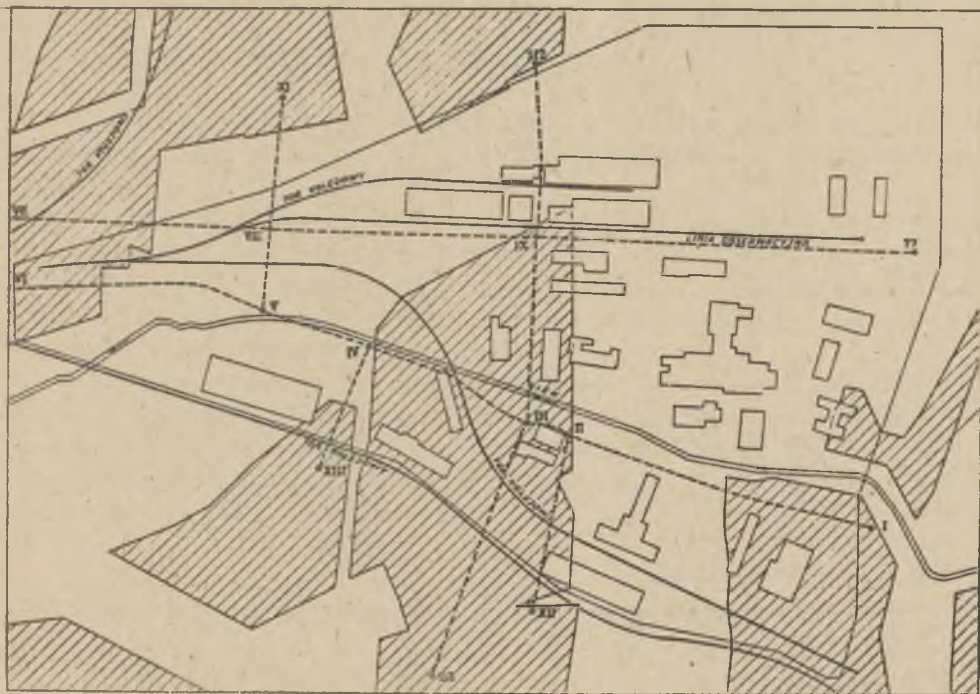


pie karbonu zarówno głównych jak i lokalnych nie są jednoznacznie określone geofizycznie a jedynie na podstawie ekstrapolacji.

W górotworze występują wody głębinowe w utworach karbonu oraz wody przypowierzchniowe w górnych piaskach czwartorzędowych.

W utworach czwartorzędowych występuje jeden poziom wodonośny o zwierciadle swobodnym, związany z ciągłą warstwą piasków zalegającą nad glinami zwałowymi i ilami zastciśkowymi.

Złożona budowa tektoniczna była przyczyną prowadzenia robót górniczych w różnym okresie w poszczególnych blokach geologicznych (rys. 2).



Rys. 2

Nie obejmowała ona eksploatacji pokładu w całym obszarze filara ochronnego a jedynie w jego częściach w poszczególnych blokach geologicznych. Pod analizowanym zakładem przemysłowym w latach poprzednich fragmentarycznie wybrano cztery pokłady na głębokościach od 40 m do 150 m.

Stosowany był system zabierkowy z zawalaniem stropu i ścianowy z pod-





sadzką hydrauliczną. Wysokości eksploatacyjne wahały się od 1,6 m do 3,0 m. Lata eksploatacji przypadają na okres od około 1920 r. do 1972 r.

Przedmiotem analizy są wpływy robót górniczych eksploatacji pokładu, prowadzonej systemem ścianowym poprzecznym z podsadzką hydrauliczną w latach 1975 - 77 (rys. 3). Głębokość eksploatacji w miejscu rozpoczęcia wybiegu ścian wynosiła 275 m, w miejscu zakończenia wybiegu ścian wynosiła 230 m. wysokości eksploatacyjne w ścianach utrzymywane były w wielkościach 2,4 m - 2,8 m, średnio 2,65 m. wybrano pole o powierzchni 150 tys. m<sup>3</sup>. Podczas prowadzenia eksploatacji stosowana była ścisła kontrola wysokości eksploatacyjnych, wielkości dopuszczalnego odsłonięcia stropu, wykonanie podsadzki. Prowadzone były okresowe badania laboratoryjne stosowanego materiału podsadzkowego, który zaliczony został do I lub II klasy.

### 3. Lokalizacja punktów i linii obserwacyjnych

W celu uzyskania wielkości deformacji wywołanych eksploatacją górniczą założono w sąsiedztwie i w obszarze terenu przemysłowego sieć punktów geodezyjnych.

Punkty wysokościowe ziemne w ilości 210 sztuk zastabilizowano w podłożu, tworząc sieć punktów rozproszonych oraz pięć linii obserwacyjnych.

Linie obserwacyjne usytuowano przede wszystkim wzdłuż głównych ciągów technologicznych i dróg komunikacyjnych oraz w kierunkach prostopadłych do linii biegu wychodni głównych uskoków.

Punkty wysokościowe ściennie w ilości 150 sztuk zastabilizowano w ścianach nośnych obiektów przemysłowych. W obiektach głównych stabilizowano 4 punkty w pobliżu naroży poszczególnych elementów konstrukcji nośnej. Średnia gęstość punktów geodezyjnych zmiennych i ściennych wynosiła 1 punkt na 0,1 ha.

### 4. Charakterystyka dokonanych obserwacji geodezyjnych

Pomiarami geodezyjnymi wyznaczono wielkości osiadania punktów ziemnych i ściennych oraz zmiany długości między sąsiednimi punktami linii obserwacyjnych.

Osiadanie punktów geodezyjnych wyznaczono w odniesieniu do stałych znaków wysokościowych sieci państwowej, zlokalizowanych poza zasięgiem wpływów bezpośrednich robót górniczych kopalni.

Główne części niwelacyjne nawiązania oraz obwodnice w obszarze przemysłowym zakładu pomierzono niwelacją precyzyjną II klasy.

Ciągi niwelacyjne wewnątrz obszaru przemysłowego pomierzono niwelacją techniczną III klasy. Całość wyrównano metodą ścisłą i obliczano według

programu szacowanego dla maszyny cyfrowej typu Odra 1204. Uzyskany średni błąd po wyrównaniu 1 km ciągu niwelacyjnego II klasy wynosi rzędu  $+ 0,8$  mm. Średni błąd po wyrównaniu 1 km ciągu niwelacyjnego III klasy wynosi rzędu  $\pm 2$  mm. Ocenia się średni błąd określenia wielkości osiadań punktu geodezyjnego:

$$M_{\Delta h} = \pm 4 \sqrt{2} \text{ [mm]} = \pm 5,7 \text{ [mm]}$$

Pomiary niwelacyjne wykonywano okresowo, w czasie realizacji eksploatacji górniczej w odstępach dwóch miesięcy po zakończeniu eksploatacji górniczej w odstępach półrocznych, ostatnio w odstępach rocznych.

Pomiary długości między punktami geodezyjnymi linii obserwacyjnej wykonywano taśmą stalową metodą przęsłową. Średnia odległość między punktami wynosi 24 m. Średni błąd określenia różnicy odległości między kolejnymi pomiarami ocenia się:

$$M_{\Delta d} = \pm \sqrt{1,5} \cdot 2 \text{ mm} = \pm 2 \text{ mm}$$

Częstotliwość pomiarów długości linii obserwacyjnych wynosiła w okresie prowadzenia robót górniczych co cztery miesiące, a po zakończeniu eksploatacji w odstępach półrocznych i rocznych.

Pomiary geodezyjne wykonywane były w normalnych warunkach ruchu zakładu przemysłowego. W czasie dokonywania rejestracji elementów wielkości deformacji powierzchni stwierdzono uszkodzenie lub zniszczenie niektórych punktów geodezyjnych.

Wyniknęło to między innymi na skutek przebudowy obiektów i dróg komunikacyjnych, rozbiórki obiektów, wykonywanych robót ziemnych.

Spowodowało to stratę w uzyskaniu pełnego materiału założonego programem badań.

##### 5. Analiza wielkości wskaźników deformacji prognozowanych i rzeczywistych uzyskanych z pomiarów geodezyjnych

W celu określenia prognozowanych wielkości deformacji terenu wywołanych wybraniem pokładu 209 wykorzystano wariant przestrzenny pewnego zadania teorii sprężystości po przyjęciu równania przemieszczeń pionowych górotworu, wg J. Litwiniszyna - St. Knothege, podanego w pracy [1].

Wzory na przemieszczenia dla eksploatacji o dowolnym kształcie posiadają postać:



$$\begin{aligned}
 \frac{U_{x,y,z}}{\omega_{\max}} &= 2(1-\nu) \frac{d}{dz} \frac{1}{r^3} \iint_P (s-x) e^{-\pi[(s-x)^2 + (t-y)^2]/r^2} dsdt + \\
 &+ \frac{(1-\nu)(1-2\nu)}{\nu} \frac{k}{HC^2} \iint_P (s-x) e^{-\pi[(s-x)^2 + (t-y)^2]/c^2} dsdt + \\
 &- \frac{(1-2\nu)2\pi \cdot H}{kc^{1/k}} \iint_P \left[ \frac{s-x}{(\sqrt{(s-x)^2 + (t-y)^2})^{4-1/k}} \right. \\
 &\quad \left. \frac{1}{r} \sqrt{(s-x)^2 + (t-y)^2} \right. \\
 &\quad \left. \int \mu^{3-1/kc} e^{-\pi \ln^2 \mu} d\mu \right] dsdt \\
 &\quad \frac{1}{c} \sqrt{(s-x)^2 + (t-y)^2} \tag{1}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{v(x,y,z)}{\omega_{\max}} &= 2(1-\nu) \frac{d}{dz} \frac{1}{r^3} \iint_P (t-y) e^{-\pi[(s-x)^2 + (t-y)^2]/r^2} dsdt + \\
 &+ \frac{(1-\nu)(1-2\nu)}{\nu} \frac{k}{HC^2} \iint_P (t-y) e^{-\pi[(s-x)^2 + (t-y)^2]/c^2} dsdt + \\
 &\quad \frac{1}{r} \sqrt{(s-x)^2 + (t-y)^2} \\
 &- \frac{(1-2\nu)2\pi \cdot H}{kc^{1/k}} \iint_P \frac{t-y}{(\sqrt{(s-x)^2 + (t-y)^2})^{4-1/k}} \int \mu^{3-1/kc} e^{-\pi \ln^2 \mu} d\mu dsdt \\
 &\quad \frac{1}{c} \sqrt{(s-x)^2 + (t-y)^2} \tag{2}
 \end{aligned}$$

gdzie:

P - obszar eksploatacji,

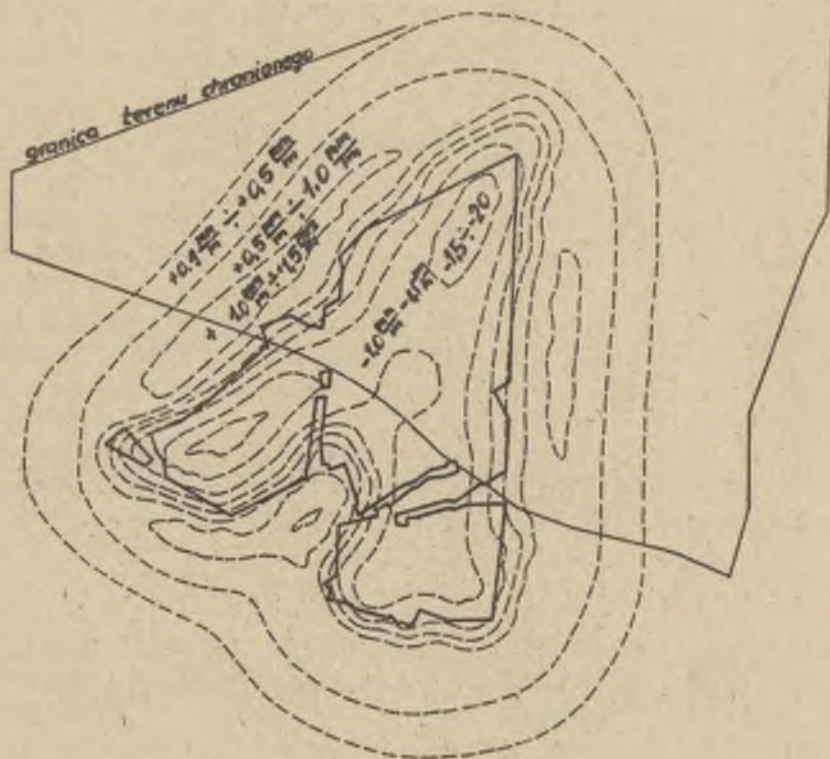
k - parametr,

r - tzw. promień zasięgów wpływów głównych,

c - wielkość promienia zasięgu wpływów głównych na powierzchni terenu.

Równania składowej pionowej przemieszczenia nie przytoczono z uwagi na znaną jej postać cytowaną w pracach [2][3].

Z uwagi na skomplikowaną postać wzorów uzyskanych na drodze różniczkowania wyżej przytoczonych wzorów inne wskaźniki deformacji obliczono na maszynie cyfrowej wg programów podanych kompleksowo w pracy [1].



Rys. 4



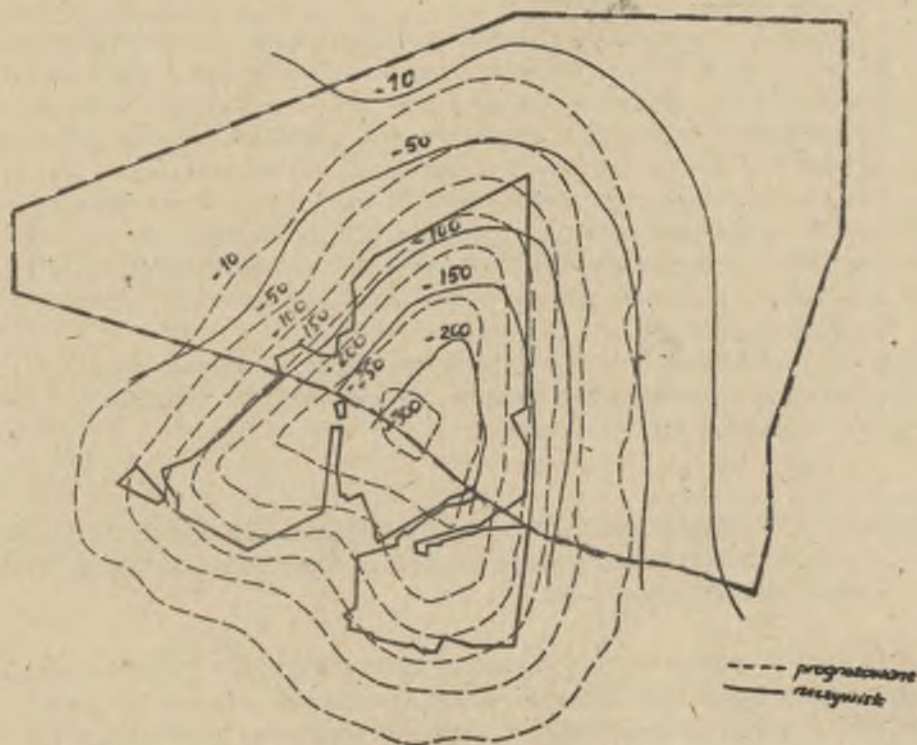
Na podstawie pomierzonych wielkości przemieszczeń pionowych w rejonie sąsiednim do analizowanego a poddanego wpływom pokładu 210, określono parametry teorii J. Litwiniszyna - St. Knothego w postaci:

$$\operatorname{tg} \beta = 1,6$$

$$a = 0,12$$

Przykładowy rozkład wielkości prognozowanych przemieszczeń pionowych i odkształceń poziomych właściwych podają rysunki 4 i 5.

Z przeprowadzonych obliczeń prognostycznych wynika, że eksploatacja pokładu 209 wywoła niekę nie w pełni wykształconą. Z obserwacji sieci punktów geodezyjnych ziemnych oraz ściennych określono rzeczywisty kształt powstałej niecki osiadań powierzchni.



Rys. 5

Przebieg linii osiadań potwierdził dużą dokładność i zgodność wartości prognozowych i pomierzonych. Zaobserwowano jednak jej przestrzenne przemieszczenie w kierunku upadu o wielkości około 30 m (rys. 5). Na kształt niecki osiadania niewątpliwym wpływ miały również inne eksploatacje zewnętrzne, a szczególnie w strefie brzeżnej.

Nie zauważono powstania anomalii w rozkładzie deformacji w strefach wychodni uskoków. W strefach tych zgodnie z pracą [4] pozostawiono optymalną szerokość filara oporowego nie większą niż 0,1 głębokości zalegania wybranego pokładu. Eksploatacja pokładu 209 potwierdziła słuszność założeń dotyczących określenia tej szerokości oraz wskazała na praktyczną możliwość korystania z tych rozwiązań przy ocenie wymiarowania filarów oporowych przy szczelinach uskokowych z uwagi na minimalizację deformacji powierzchni.

Elementem charakteryzującym prognozę deformacji powierzchni, na który zwrócono szczególną uwagę, były poziome odkształcenia właściwe. Obliczenia wykazały, że największe odkształcenie o znaku ściskania będzie opisane izoliniami - 2,0 - 2,5 mm/m i będzie zlokalizowane poza południową granicą terenu chronionego.

Na terenie przemysłowym w części centralnej będą występowały odkształcenia od -1,5 do -2,0 mm/m. Odkształcenia o znaku rozciągania dla tych dwóch obszarów przyjmą wartości - 1,5 do + 2,0 mm/m i + 1,0 do + 1,5 mm/m.

Na podstawie pomierzonych zmian długości pomiędzy punktami geodezyjnymi stwierdzono zgodność obszarów z uwagi na znak odkształcenia.

Zanotowano jednak rzeczywiste wartości odkształcenia mniejsze od prognozowanych, nie przekraczające 1,1 mm/m. Dla porównania, na terenie przemysłowym prognozowane maksymalne wartości wyniosły odpowiednio -1,0 do 1,5 mm/m i + 1,0 do + 1,5 mm/m, natomiast pomierzone - 1,1 mm/m i + 0,8 mm/m.

Oznacza to, że podane w pracy [1] rozwiązanie daje wartości zbliżone do rzeczywistych z pewnym współczynnikiem bezpieczeństwa i nadaje się do pełnego stosowania w praktyce górniczej.

#### 6. Określenie rzeczywistych parametrów teorii J. Litwiniuszyna-St. Knothe-go na podstawie pomierzonych wielkości przemieszczeń w pionie wywołanych wybraniem pokładu 209

Zgodnie z podstawami teoretycznymi podanymi w pracy [1] jako kryterium wyznaczania parametrów przyjęto minimum wariancji reszkowej. Przy uwzględnianiu parametrów korygujących pomierzone ruchy górotworu i wag kryterium to polega na wyznaczeniu minimum niżej wymienionej funkcji:

$$B(a_z, d, P, \Delta W, V) = \sum_{i=1}^n P_i [a_z \bar{W}_i(d, P) + \Delta W + V s_i - W_i(P)]$$

gdzie:

- $n$  - liczba punktów pomiarowych,
- $W_i(P)$  - zmierzone wielkości przemieszczenia,
- $a_z$  - współczynnik eksploatacyjny,
- $W_i$  - teoretyczne wielkości przemieszczenia,
- $d$  - tzw. obrzeże eksploatacji,
- $\Delta W$  - błąd dowiązania,
- $V$  - parametr korygujący.

Wyznaczenie parametrów  $a$ ,  $d$ ,  $\text{tg } \beta$  najłatwiej określić wykorzystując opracowane przez tego samego autora [1] programy na EMC. Dla naszych celów przeanalizowano linię obserwacji I - II - III - IV.

Wykorzystano wyniki wpływów wybrania pokładu 209 i określono parametry, które wynoszą:

$$\text{tg } \beta = 1,4996,$$

$$a = 0,09986.$$

Oznacza to, że przyjęte do obliczeń wielkości były zawyżone.

Ponadto z analizy tej można wyciągnąć wniosek, że wielkości parametrów są jedynie adekwatne do warunków pokładów sąsiednich tego samego rejonu.

Wraz ze zmianą deformacji górotworu przy schodzeniu eksploatacji na duże głębokości parametry te będą się zmieniały i mogą być wyznaczone jedynie do prognoz dla pokładu następnego. Jak wykazała analiza wartości parametrów  $\text{tg } \beta$  i  $a$ , w jednej z kopalń GZW parametry te zmieniły się od:  $\text{tg } \beta = 1,56$ ,  $a = 0,64$ , przy wybieraniu jednego z pokładów do  $\text{tg } \beta = 2,32$ ,  $a = 0,89$  przy eksploatacji ostatniego z analizowanej wiązki. Widać stąd dużą rozpiętość tych wielkości.

## 7. Ocena eksploatacji górniczej

Podczas ujawnienia się wpływów głównych robót górniczych w szczególności podczas wybierania złoża prowadzono ciągłe obserwacje wizualne obiektów i urządzeń zakładu przemysłowego.

Jednocześnie wykonywano okresowe pomiary geodezyjne wybranych obiektów



i urządzeń, jak fundamentów kompresorów, generatorów, fundamentów zbiorników, suwnic itp.

Stwierdzono powstanie szeregu uszkodzeń w charakterze szkód górniczych. Najczęściej występowały awarie w połączeniach kielichowych rurociągów wód przemysłowych (20 uszkodzeń), głównie w rejonie występowania największych ściskania.

Stwierdzono również występowanie szeregu pęknięć w obiektach budowlanych (17 uszkodzeń) i to zarówno w rejonie ściskania jak i w rejonie rozciągania. Uszkodzenia te nie spowodowały zagrożenia dla normalnego użytkowania obiektów. Ponadto stwierdzono inne uszkodzenia w sieci technologicznej w słupach, estakad itp.

Pozostałe szkody górnicze oceniono jako małe: nie spowodowały one zakłócenia w wielkości produkcji zakładu przemysłowego.

Z przedmiotowego filara ochronnego wydobyto aktualnie około 0,5 mln ton węgla.

## 8. Zakończenie

Z analizy przedstawionej w niniejszym artykule sformułowano następujące wnioski końcowe:

- eksploatacja pokładu 209 systemem ścianowym z podsadzką hydrauliczną w filarze ochronnym dla danego zakładu przemysłowego nie spowodowała zakłócenia w normalnym toku produkcji tego zakładu,
- zastosowanie do prognozowania deformacji górotworu rozwiązania przestrzennego zadania teorii sprężystości podanego w pracy [1] potwierdziło praktyczną możliwość stosowania tego rozwiązania w praktyce górniczej jako dającej wartości zbliżone do rzeczywistych wielkości deformacji,
- wielkości parametrów teorii prognozowania można jedynie przyjmować dla opracowania prognoz eksploatacji pokładów bezpośrednio zalegających przy pokładzie, na bazie wpływów którego określono te parametry,
- szerokości filarów oporowych przy uskokach z uwagi na minimalizację wpływów na powierzchnię określić można zgodnie z rozwiązaniami podanymi w pracy [4].  
Potwierdziły to wyniki obserwacji wykonanych przy eksploatacji pokładu 209.

## LITERATURA

- [1] DRZEŹLA B.: Rozwiązanie pewnego przestrzennego zadania liniowej teorii sprężystości w zastosowaniu do prognozowania deformacji górotworu pod wpływem eksploatacji górniczej wraz z oprogramowaniem. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej s. Górnictwo, z.91, 1978.
- [2] LITWINISZYN J.: Równanie różniczkowe przemieszcznej górotworu. Arch. Górn. i Hutn. t.I z.1, 1953.
- [3] KNOTHE S.: Równanie profilu ostatecznie wykształconej niecki osiadania. Arch. Górn. i Hutn. t.I z.1, 1953.
- [4] BORECKI M., CHUDEK M.: Mechanika górotworu. Wydawnictwo "Śląsk", Katowice 1972.

## РАЗРАБОТКА ПЛАСТА 209 В ОХРАННОМ ЦЕЛИКЕ ПОД ПРОМЫШЛЕННЫМ ОБЪЕКТОМ

## Резюме:

В статье приводится анализ разработки пласта 209 в охранном целике по промышленным объектам. Проведено сравнение величин показателей прогнозированной и действительной деформаций измеренных в стабилизированных точках охранных целиков. На основе замеренных величин сдвигов установлены параметры характеризующие теорию Будрыка-Кноте. Дана оценка очистных работ с точки зрения тектонических нарушений и охраняемых объектов на поверхности.

## EXPLOITATION OF SEAM NUMBER 209 IN THE PROTECTING PILLAR OF THE INDUSTRIAL PLANT

## S u m m a r y:

The paper analyses the exploitation of the deposit number 209 in the protecting pillar for the industrial plant.

The comparison of magnitudes of the forecasted and actual deformation indices was performed, in the stabilized points and in the protected objects. Basing on the measured magnitudes of dislocation, the parameters characterizing the theories of Budryk-Knothe were determined. The performed exploitation was estimated from the point of view of the existing tectonic perturbations, and from the point of view of the protected object on the surface.