

Jan BIAŁEK, Ryszard MIELIMAŁA

MOŻLIWOŚCI ZWIĘKSZENIA DOKŁADNOŚCI PROGNOZ DEFORMACJI TERENU GÓRNICZEGO WYKONANYCH PRZY UŻYCIU POWSZECHNIE STOSOWANYCH PROGRAMÓW KOMPUTEROWYCH

Streszczenie. W artykule w oparciu o analizę bogatego materiału obserwacyjnego pokazano możliwości zwiększenia dokładności prognoz deformacji terenu górniczego przez wyeliminowanie pewnych systematycznych błędów tych prognoz. W tym celu, gdy analiza pomiarów geodezyjnych nie wskazuje inaczej, zaproponowano wykonywanie obliczeń w oparciu o nieco inne niż dotychczas przyjmowane wartości parametrów teorii W. Budryka - S. Knothego oraz uwzględnienie w obliczeniach tzw. obrzeża. Zaproponowano również do opisu wpływów dalekich zastosowanie superpozycji dwóch niecek, zgodnie z opisaną w artykule metodyką.

INCREASING PRECISION OF MINING AREA DEFORMATION FORECASTS WITH THE ASSISTANCE OF COMMONLY USED COMPUTER PROGRAMS

Summary. Basing on the analysis of an abundant observation material, the paper shows possibilities of increasing the precision of mining area deformation forecasts by eliminating certain regular forecast errors. To serve this aim, unless the surveying analysis does not show differently, it was proposed that the calculations should be made on the basis of bit different W. Budryk and S. Knothy's parameter values than those ones assumed so far, including in calculations so-called peripheries. It was also suggested that a superposition of two troughs should be used in the description of distant influences, in accordance with the methodology described in the work.

1. Wprowadzenie

Prognozy deformacji wykonywane są najczęściej za pomocą wzorów klasycznej teorii W. Budryka - S. Knothego, które są zaimplementowane w system programów EDN-OPN wraz z rozszerzeniami opracowanymi przez J. Białka.

Dokładność prognozy jest zawsze zależna od następujących czynników:

- dokładności modelu matematycznego ruchów górotworu,
- właściwego doboru parametrów występujących w modelu (parametry \mathbf{a} , $\text{tg}\beta$, i \mathbf{B}/r , obrzeże eksploatacyjne \mathbf{d}),
- znajomości warunków geologicznych (grubość pokładu, przebieg uskoków, występowanie lokalnych zmian miąższości pokładu),
- znajomości planu eksploatacji.

Trzeba wyraźnie podkreślić rolę tego ostatniego czynnika, który w aktualnej sytuacji ekonomicznej górnictwa węglowego odgrywa decydującą rolę. Nieokreślone bliżej perspektywy górnictwa sprawiają, że plany eksploatacji na okres dłuższy niż 2-5 lat są bardzo mało wiarygodne.

Biorąc pod uwagę wymienione uwarunkowania, wpływ dokładności modelu matematycznego (tutaj teorii W. Budryka - S. Knothego) na finalną dokładność prognozy w większości zastosowań praktycznych należy uznać za wystarczający. Trzeba jednak pamiętać o pewnych systematycznych błędach charakteryzujących tę teorię. Warto o tym mówić, gdyż można bardzo łatwo wyeliminować te błędy.

2. Aktualne poglądy na temat rozkładu deformacji terenu górniczego

E. Popiołek, J. Ostrowski [19] w oparciu o analizę bogatego materiału obserwacyjnego stwierdzają, że stosując we wzorach W. Budryka - S. Knothego najczęściej przyjmowane wartości parametrów $\text{tg}\beta=2$, i $\mathbf{B}/r=0.4$; popełniamy systematyczne błędy maksymalnych wartości końcowych wskaźników deformacji:

- błąd nachyleń $\Delta T_{\max} = -13\%$
- błąd krzywizn $\Delta K_{\max} = -34\%$

- błąd przesunięć poziomych $\Delta U_{\max} = +32\%$
- błąd odkształceń poziomych $\Delta \epsilon_{\max} = +34\%$

Zgodnie z badaniami angielskimi opisanymi w podręczniku pt.: *Subsidence Engineers Handbook (SEH)* wydanym przez National Coal Board (NCB) pełną nieckę obniżeniową charakteryzują następujące parametry [7]:

- obniżenia według SEH kończą się definitywnie w odległości 0.7h od krawędzi eksploatacji,
- pełna niecka obniżeniowa występuje wtedy, gdy szerokość eksploatacji wynosi minimum 1.4h. Wówczas obniżenia maksymalne S osiągają wartość 90% grubości wyeksploatowanego pokładu. ($a=0.9$),
- obniżenia nad krawędzią eksploatacji osiągają wartość 20% obniżeń maksymalnych, zaś 50% obniżeń maksymalnych występuje nad zrobami w odległości ok. 0.14h od krawędzi eksploatacji,
- maksymalne nachylenie profilu pełnej niecki osiąga wartość 2.5W_{max}/h, co w oznacza, że stosując do opisu profilu SEH wzór S. Knothego należałoby przyjąć wartość $\text{tg}\beta=2.5$
- maksymalne odkształcenie poziome rozciągające występuje nad krawędzią eksploatacji osiągając wartość $\epsilon_{\max}=0.65w_{\max}/h$, co oznacza, że stosując do obliczeń teorię W. Budryka - S. Knothego należałoby przyjąć:
 - dla $\text{tg}\beta=2.5$, $a=0.9$, $B=0,171r$,
 - dla $\text{tg}\beta=2.0$, $a=0.8$ (wartości najczęściej przyjmowane w Polsce) $B=0,24r$.

W pracy [20] S. Szpetkowski zamieszcza dane o obniżeniach 9 linii obserwacyjnych. Autorzy niniejszego artykułu wprowadzili te dane do arkusza kalkulacyjnego i uzyskali uśredniony profil obniżeniowy charakteryzujący się następującymi parametrami:

- w odległości 0.65h od krawędzi eksploatacyjnej obniżenia praktycznie zanikają osiągając wartość $0.005w_{\max}$,
- maksymalne nachylenie osiąga wartość 2.1W_{max}/h, co oznacza, że stosując do opisu tego profilu wzór S. Knothego należałoby przyjąć wartość $\text{tg}\beta=2.1$,
- obniżenia nad krawędzią eksploatacji osiągają wartość 38% obniżeń maksymalnych, zaś 50% obniżeń maksymalnych występuje nad zrobami w odległości ok. 0.06h od krawędzi eksploatacji.

J. Białek w swojej pracy habilitacyjnej [2] analizował 9 linii obserwacyjnych. Uśredniając rezultaty tych badań można stwierdzić:

- maksymalne nachylenie osiąga wartość $2.29W_{max}/h$, co w oznacza, że stosując do opisu tego profilu wzór S. Knothe'go należałoby przyjąć wartość $tg\beta=2.29$,
- obniżenia nad krawędzią eksploatacji osiągają wartość 32% obniżeń maksymalnych, zaś 50% obniżeń maksymalnych występuje w nad zrobami w odległości ok. 0.08h od krawędzi eksploatacji.

3. Możliwości poprawy opisu deformacji terenu górniczego

Analiza przykładów obserwacji zamieszczonych w pracach J. Białka i S. Szpetkowskiego skłania do wniosku, że wyniki podane przez E. Popiołka i J. Ostrowskiego są w pełni miarodajne w zakresie oceny maksymalnych wartości wskaźników deformacji i mogą stanowić podstawę do zaproponowania nowych wartości parametrów, które eliminowałyby błąd systematyczny prognozowanych wielkości maksymalnych. Proponuje się zatem:

1. w celu zredukowania systematycznego błędu maksymalnych nachyleń i krzywizn należy zwiększyć o ok.13% wartość parametru $tg\beta$, tj. zamiast wartości $tg\beta=2$ przyjmować wartość $tg\beta=2.3$,
2. stosując $tg\beta=2.3$ do zredukowania systematycznego błędu przesunięć i odkształceń poziomych należy przyjąć wartość współczynnika Awierszyna $B=0.26r$. Dodajmy, że identyczną wartość tego współczynnika uzyskujemy ze wzoru B. Drzęzli [10] dla wartości liczby Poissona $\nu=0.15$ proponowanej przez tego autora. Jest to o tyle istotne, że wzór ten jest zaimplementowany w powszechnie stosowanych programach komputerowych ED8J i E15J opracowanych przez B. Drzęzłę [10, 11].

Omawiane wartości parametrów odnoszą się do eksploatacji prowadzonej z zawałem stropu. Stosując podszatkę hydrauliczną można zmniejszyć wartość $tg\beta$ o 0.4. Należy jednak wtedy zwiększyć wielkość parametru B/r do wielkości 0.32 proponowanej przez E. Popiołka.

W celu poprawienia kształtu całego profilu musimy skorzystać ze wszystkich przedstawionych tu wyników obserwacji. Wskazują one, że konieczne jest uwzględnienie w obliczeniach tzw. obrzeża. Wielkość ta mieści się w przedziale od wartości zerowej (najczęściej stosowanej w obliczeniach) do wartości 0.14h (SEH). Proponuje się przyjmować wartość średnią z wyżej wymienionych, tj. $d=0.05h$ do $d=0.08h$.

Stosując programy EDN1 i EDN2 celem uzyskania efektu obrzeża należy w danych sterujących wprowadzić $A_{obr}=0,15$, co sprawi, że zamiast klasycznego wzoru S. Knothego programy będą stosować jego rozszerzenia opracowane przez J. Białka [2].

W tabelicy 1 przytoczono przykład danych sterujących do programu EDN1, w których uwzględniono powyższe uwagi.

Tabela 1

'Przykład danych sterujących do programu EDN1 (TGβ=2.3, B/r=0.26 A_{obr}=0.15)'

1 - Liczba czytanych plików z parcelami

'PRZYKŁAD' 1 - Nazwa pliku z parcelami. Liczba wyodrębnionych grup parcel (tu wyodrębniono 1 grupę)

1 4 2.3 0.0 0.26 1.0 Czytaj_od_Parc, Do_Parceli tgβ0 dtgβ/dz B/r

Aneks - opis pierwszej grupy parcel

1 - Liczba plików z punktami obliczeniowymi

'PUNKTYOB' 1 100 'Nazwa pliku z punktami obliczeniowymi' wczytać z pliku punkty od do

0 - Liczba plików opisujących nadkład (tu nie opisano nadkładu)

280 0 0.7 0.15 0 0 2.0 0.4 Kota_pow., grubość_nadkładu, współczynnik_K, Aobr, C1*r, C2, Trel, Arel

3 - Liczba czasokresów obliczeniowych

79.0701 81.0401 t_p t_k - daty początku i końca kolejnych czasokresów obliczeniowych

79.0701 82 = // = LEGENDA C1*r =0, C2=0 - wpływy natychmiast. B/r=0.4 (W. Budryk), B/r=0.32 (E. Popiołek)

81.0401 82 = // = Aobr=0.15 -> obrzeże =0.15*r tgβ= tgβ0+h*dtgβ/dz dla v=0.15 B/r=0.6/ tgβ (B. Drzęzła)

Stosując dane sterujące zestawione w tabelicy 1 wykonano programem EDN1 obliczenia, uzyskując rozkłady obniżeń i odkształceń poziomych pokazane na rys. 1 i 2 (linia gruba). Na rysunki te naniesiono dla porównania profil S. Knothego dla tgβ=2 bez stosowania obrzeża (d=0), profil SEH i wyniki uśrednienia obserwacji 9 linii obserwacyjnych zamieszczonych w pracy S. Szpetkowskiego. Widać wyraźnie, że obliczone programem EDN1 (tgβ=2,3 A_{obr}=0,15, B/r=0,26) profile odkształceń i obniżeń można traktować jako uśrednione względem profili SEH i S. Knothego (tgβ=2, d=0).

Profil obliczony programem EDN1 pomimo zwiększenia parametru $\text{tg}\beta$ z wartości 2 do 2.3 oraz opisu obrzeża o wielkość $0.15r$ wykazuje nie mniejszy zasięg wpływów dalekich jak profil S. Knothego. Widać jednak, że w odległości $x/h > 0.4$ empiryczne profile wykazują większe obniżenia niż omawiane wyżej profile teoretyczne. W przeważającej większości prognoz dokładność opisu wpływów w odległości większej od ok. $0.4h$ od krawędzi eksploatacji należy uznać za wystarczającą, zwłaszcza że chodzi tutaj o stosunkowo małe obniżenia oraz, co bardzo istotne, zasięg odkształceń obliczonych teoretycznie (rys.1) jest znacznie większy od zasięgu opisywanego przez SEH. Dokładniejsze badania tego problemu [3] oraz wyniki podane w pracy J. Zycha [21] świadczą jednak o tym, że ruchy poziome wykazują zasięg większy od opisywanego przez SEH.

Do opisu takich wpływów o zwiększonym zasięgu proponuje się zastosowanie metodologii zaproponowanej przez J. Białka [2, 3] polegającej na sumowaniu częściowych wpływów 2 (lub 3) niecek obniżeniowych, z których każda jest obliczona przy zastosowaniu innego promienia rozproszenia wpływów (inna wartość $\text{tg}\beta$).

Przykładowo na rys. 2 pokazano niemal idealną aproksymację odkształceń SEH uzyskaną przez sumowanie 60% wpływów obliczonych z zastosowaniem parametru $\text{tg}\beta=3.125$ $B/r=0.171$ i 40% wpływów obliczonych z zastosowaniem $\text{tg}\beta=1.56$ $B/r=0.171$. Celem uwzględnienia efektu obrzeża należy przesunąć krawędź eksploatacyjną w kierunku zrobów o wartość $0.14h$. Wypadkowy profil charakteryzuje się wówczas nachyleniem maksymalnym, takim jakie byłoby w przypadku pojedynczej niecki obniżeniowej obliczonej dla $\text{tg}\beta=2.5$.

W celu uzyskania znacznie dokładniejszego opisu polskich wyników deformacji z uwzględnieniem wpływów dalekich i z uwzględnieniem obrzeża ($A_{obr}=0,15$) proponuje się sumowanie wpływów z przyjęciem następujących parametrów:

60% wpływów obliczonych z zastosowaniem $\text{tg}\beta=2.9$, $B/r=0.26$, $A_{obr}=0.15$,

40% wpływów obliczonych z zastosowaniem $\text{tg}\beta=1.4$, $B/r=0,26$ $A_{obr}=0,15$.

Sumaryczną nieckę opisaną tymi parametrami będzie charakteryzował znacznie większy zasięg, bardziej zbliżony do obserwowanego, natomiast maksymalne nachylenie i odkształcenie będzie takie jak dla pojedynczej niecki obliczonej z zastosowaniem parametrów $\text{tg}\beta=2.3$, $B/r=0.26$ $A_{obr}=0.15$, które uznaliśmy za reprezentatywne dla polskich wyników deformacji. W tabelicy 2 zamieszczono przykład danych sterujących do programu EDN1, które można zastosować do uzyskania omówionego efektu sumowania wpływów z zastosowaniem

2 różnych wartości parametru $tg\beta$. Dane te nakazują dwukrotne uwzględnienie w obliczeniach częściowych wpływów tych samych parcel, lecz z różnymi wartościami parametru $tg\beta$.

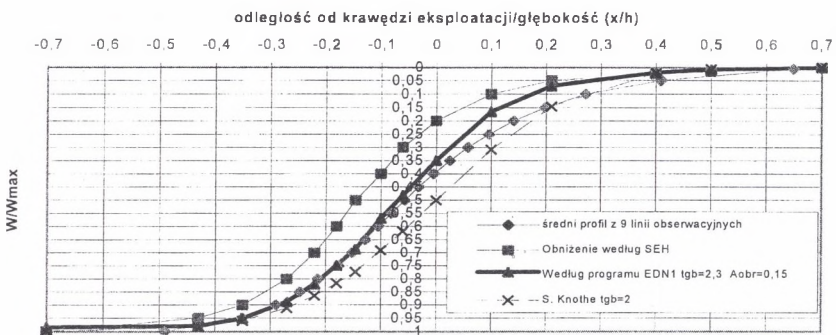
Tablica 2

'Dane sterujące do EDN1 obliczanie wpływów dalekich (wypadkowe $TG\beta=2.3$, $B/r=0.26$ $A_{obr}=0.15$)'	
2	- Liczba czytanych plików z parcelami (będzie dwukrotnie czytany ten sam plik)
'PRZYKŁAD' 1 - Nazwa pliku z parcelami. Liczba wyodrębnionych grup parcel (tu 1 grupa opisująca wszystkie parcele)	
1 4	<u>2.9</u> 0.0 <u>0.26</u> 0.6 Czytaj_od_Parc, Do_Parceli $tg\beta_0$ $dtg\beta/dz$ B/r
Aneks - opis pierwszej grupy parcel	
'PRZYKŁAD' 1 - Nazwa pliku z parcelami, liczba wyodrębnionych grup parcel (tu 1 grupa opisująca wszystkie parcele)	
1 4	<u>1.4</u> 0.0 <u>0.26</u> 0.4 Czytaj_od_Parc, Do_Parceli $tg\beta_0$ $dtg\beta/dz$ B/r
Aneks - opis pierwszej grupy parcel	
1	- liczba plików z punktami obliczeniowymi
'PUNKTYOB' 1 100 'Nazwa pliku z punktami obliczeniowymi' wczytać z pliku punkty od do	
0	- Liczba plików opisujących nadkład (tu nie opisano nadkładu)
280 0 0.7	<u>0.15</u> 0 0 2.0 0.4 Kota_pow., grubość_nadkładu, współczynnik_K, Aobr, C1*r, C2, Trel, Arel
3	- Liczba czasokresów obliczeniowych
79.0701 81.0401	t_p t_k - Daty początku i końca kolejnych czasokresów obliczeniowych
79.0701 82	= // = LEGENDA C1*r =0, C2=0 - wpływy natychmiast. B/r=0.4 (W.Budryk), B/r=0.32 (E.Popiołek)
81.0401 82	= // = Aobr=0.15 -> obrzeże =0.15*r $tg\beta = tg\beta_0 + h * dtg\beta/dz$ dla $v=0.15$ B/r=0.6/ $tg\beta$ (B. Drzężła)

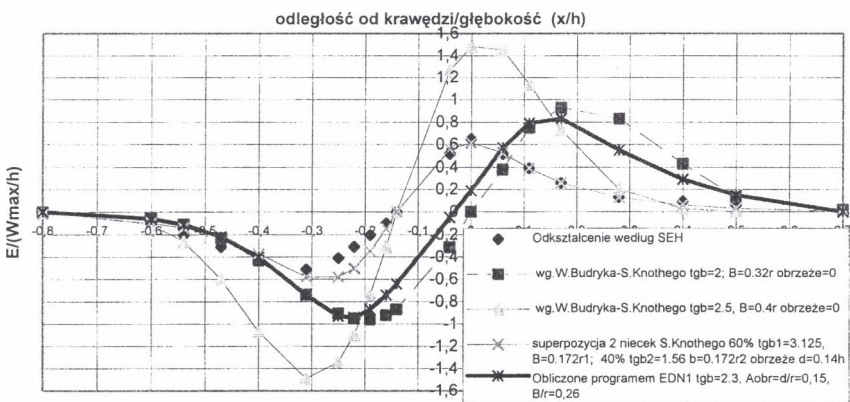
Dodać trzeba, że w warunkach górotworu południowej części GOP sporadycznie występują jeszcze dalsze wpływy, które można opisać stosując trzeci jeszcze dłuższy promień rozproszenia wpływów.

Podsumowanie

W artykule w oparciu o analizę bogatego materiału obserwacyjnego pokazano możliwości zwiększenia dokładności prognoz deformacji terenu górniczego przez wyeliminowanie pewnych systematycznych błędów tych prognoz. W tym celu, gdy analiza pomiarów geodezyjnych nie wskazuje inaczej, proponuje się przyjmowanie do obliczeń następujących parametrów:



Rys. 1. Porównanie profili teoretycznych obliczonych programem EDN1 z profilami empirycznymi
Fig. 1. Comparison of theoretical profiles calculated by the EDN1 program with the empirical profiles



Rys. 2. Porównanie rozkładów odkształceń poziomych
Fig. 2. Comparison of the distributions of horizontal deformations

$\text{tg}\beta=2.3$, $B/r=0.26$, $0.8 < A_{\text{obr}} < 0.15$. Proponowane wartości sprawią, że uzyskamy nieco ostrzejsze prognozy nachyleń i nieco łagodniejsze prognozy odkształceń poziomych. Celem uzyskania jeszcze dokładniejszego opisu tzw. wpływów dalekich proponuje się zastosować superpozycję dwóch niecek zgodnie z opisanym w artykule sposobem.

Aby ułatwić stosowanie wymienionych uwag, w tablicach 1 i 2 pokazano przykłady danych sterujących z wpisanymi proponowanymi wartościami parametrów.

LITERATURA

1. Białek J.: Opis systemu programów LDANE, EDN1, EDN2 do prognozowania deformacji powierzchni. Pol. Śl., Gliwice 1988-95 (niepublikowana dokumentacja rozpowszechniana wraz z programami).
2. Białek J.: Opis nieustalonej fazy obniżen terenu górniczego z uwzględnieniem asymetrii wpływów końcowych. Zeszyty Naukowe Pol. Śl., s. Górnictwo z. 194, 1991.
3. Białek J.: Sposób poprawy opisu wpływów dalekich. Przegląd Górniczy nr 3, 1993.
4. Białek J., Drzęzła B.: Prognozowanie deformacji powierzchni - przegląd oprogramowania i interpretacja niektórych wyników. Materiały Szkoły Eksploatacji Podziemnej - Jastrzębie, luty 1994.
5. Białek J.: Wpływ postępu frontu ścianowego na szkody w obiektach. Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie. Miesięcznik WUG nr 7/96.
6. Białek J., Jaworski A., Ai Pham Quang: Propozycja efektywnego opisu składowej pionowej ruchów górotworu pod eksploatowanymi pokładami. Zeszyty Naukowe Pol. Śl., s. Górnictwo z. 225, 1995.
7. Białek J.: Angielska metoda prognozowania deformacji terenu górniczego - porównanie z wynikami polskimi. Materiały konferencyjne: Ochrona środowiska na terenach górniczych, Krynica, maj 1996.
8. Białek J., Drzęzła B., Mielimaka R.: Metodologia prognozowania wpływów eksploatacji górniczej przy użyciu programów komputerowych. Konferencja naukowa „III Międzynarodowe Czesko-Słowacko-Polskie Dni Geodetów”. Hradec nad Moravici, 1997.
9. Budryk W.: Wyznaczanie wielkości poziomych odkształceń terenu. Archiwum Górnictwa i Hutnictwa t.I, z. 1, 1953.

10. Drzęźła B.: Rozwiązanie pewnego przestrzennego zadania liniowej teorii sprężystości w zastosowaniu do prognozowania deformacji górotworu pod wpływem eksploatacji górniczej wraz z oprogramowaniem. Zeszyty Naukowe Politechniki Śl., s. Górnictwo, z. 91, Gliwice 1978.
11. Drzęźła B.: Opis programów prognozowania deformacji górotworu pod wpływem eksploatacji górniczej - aktualny stan oprogramowania. Zeszyty Naukowe Politechniki Śl., s. Górnictwo, z. 165, Gliwice 1989.
12. Dziura T., Mielimąka R., Opałka K.: Przebieg deformacji powierzchni terenu powodowanych eksploatacją górniczą w warunkach górotworu nienaruszonego. Materiały z konferencji naukowo-technicznej „III Dni Miernictwa Górniczego i Ochrony Terenów Górniczych”, Ustroń Zawodzie 1995.
13. Dziura T., Mielimąka R., Opałka K.: Przebieg deformacji w rejonie filara ochronnego od eksploatacji pozafilarowej w warunkach górotworu silnie naruszonego. Konferencja naukowa, Jastrzębie 1997.
14. Knothe S.: Równanie profilu ostatecznie wykształconej niecki osiadania. Archiwum Górnictwa i Hutnictwa t.I, z.1, 1953.
15. Knothe S.: Wpływ czasu na kształtowanie się niecki osiadania. Archiwum Górnictwa i Hutnictwa t. I, z. 1, 1953.
16. Mielimąka R., Opałka K.: Wpływ działalności górniczej na deformacje powierzchni terenu chronionego filarem dla szybu. Konferencja naukowa „Ochrona Środowiska i Terenów Górniczych”, Krynica 1996.
17. Mielimąka R.: Wykorzystanie programów EDN-OPN do realizacji zadań z zakresu prognozowania szkód górniczych. Referat na Międzynarodowe Seminarium SGP, Gliwice 1998.
18. Pielok J.: Określenie zmienności współczynnika czasu dla opisu kształtowania się niecek obniżeniowych w górotworze nad eksploatowanym pokładem. Praca doktorska, AGH Kraków, 1974.
19. Popiołek E., Ostrowski J.: Próba ustalenia głównych przyczyn rozbieżności prognozowanych i obserwowanych poeksploatacyjnych wskaźników deformacji. Ochrona Terenów Górniczych nr 58, Katowice 1981.
20. Szpetkowski S.: Kształtowanie się deformacji na powierzchni pod wpływem wybierania poziomych złóż pokładowych w świetle badań profilu ostatecznej niecki osiadania. Prace Komisji Górniczo-Geodezyjnej PAN, Górnictwo 7, Kraków 1969.

21. Zych J.: Metoda prognozowania wpływów eksploatacji górniczej na powierzchnię terenu uwzględniająca asymetryczny przebieg procesu. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Górnictwo, z. 164, Gliwice 1987.

Recenzent: Prof.dr hab.inż. Jan Pielok

Abstract

Basing on the analysis of an abundant observation material, the paper presents the possibilities of increasing the precision of mining area deformation forecasts by eliminating certain regular forecast errors. To achieve that, unless the analysis of surveying shows differently, it is suggested that the following parameters should be used for the calculations: $\operatorname{tg}\beta = 2.3$, $B/r = 0.26$, $0.8 < A_{\text{obr}} < 0.15$. The values proposed will lead to a bit steeper inclination forecasts and a bit milder forecasts of horizontal deformations. To obtain even more precise description for so-called distant influences it is proposed that a superposition of two troughs should be used, in accordance with the method described in the work.