

Jan ZYCH

Piotr STRZAŁKOWSKI

Andrzej KARCHNIWY

Politechnika Śląska, Gliwice

MOŻLIWOŚCI ZWIĘKSZENIA DOKŁADNOŚCI PROGNOZOWANIA
WPŁYWÓW EKSPLOATACJI I ICH OCENA NA PRZYKŁADZIE
WYBRANYCH LINII OBSERWACYJNYCH

Streszczenie. W artykule przedstawiono kierunki badań prowadzące do zwiększenia dokładności prognozowania wpływów eksploatacji. Rozważono cztery różne propozycje. Opracowano programy na komputer dla umożliwiania wzajemnego porównania proponowanych rozwiązań. Obliczeń dokonano dla czterech wybranych linii obserwacyjnych.

1. WSTĘP

Z istniejących wielu teorii służących do prognozowania wpływów eksploatacji górniczej najszersze praktyczne zastosowanie w polskich warunkach znalazły teorie geometryczno-całkowe. Są one ciągle doskonałe i porównywane z wynikami pomiarów geodezyjnych. Szczegółowe badania wykazują, że mimo najlepszej ich zgodności w praktyce posiadają one pewne systematyczne rozbieżności z wynikami pomiarów geodezyjnych. Do tych najważniejszych rozbieżności należy zaliczyć następujące stwierdzenia:

- niecki osiadania otrzymane z wyników pomiarów geodezyjnych dla eksploatacji w kształcie nieskończonej półpłaszczyzny nie są symetryczne względem punktu przegięcia, co jest niezgodne z teorią,
- nie potwierdza się w praktyce przyjęty w teorii W. Budryka-S. Knothego związek S.G. Awierczyzna [1] o proporcjonalności przemieszczeń poziomych do nachyleń,
- dla zgodności obliczonych wskaźników deformacji z uzyskanymi z pomiarów konieczne jest stosowanie obrzeża.

Z tych względów prowadzone są prace mające na celu zwiększenie dokładności prognozy, które obejmują w zasadzie dwa kierunki badań:

- doskonalenie istniejących teorii przez zwiększenie dokładności przyjmowanych do obliczeń parametrów teorii. Stosuje się przy tym pewne zabie-

gi, jak wprowadzenie tzw. obrzeża, uziemiennienie parametrów w płaszczyźnie poziomej itp.,

- opracowanie nowych metod prognozowania wpływów eksploatacji opartych na wynikach analiz pomiarów geodezyjnych uwzględniających przede wszystkim asymetryczny charakter wpływów.

Zasadnicze prace prowadzone są dotychczas w kierunku pierwszym. Z ostatnich badań [9, 10, 13, 15] wynika jednak, że doskonaląc wzory na parametry teorii geometryczno-całkowych, można uzyskać pewien określony stopień ich dokładności, którego nie da się dalej zwiększyć.

Proponowana przez niektórych autorów zmiana parametrów teorii w płaszczyźnie poziomej [6] podważa założenie o stałości parametrów i bardzo komplikuje sposób obliczeń. Z tych względów nie może znaleźć praktycznego zastosowania. Rozwiązaniem prowadzącym do pewnego zwiększenia dokładności prognozowania przesunięć i odkształceń poziomych jest zmiana współczynnika B z wartości $0,4r$ przyjętej przez W. Budryka do wartości $0,32r$ proponowanej przez E. Popiołka [7, 8].

Z badań prowadzonych przez J. Zycha [13, 14, 15] wynika, że nie jest możliwe dokładne opisanie przemieszczeń poziomych za pomocą pochodnej z funkcji osiadania, a więc przy przyjęciu związku S.G. Awierszyna. Można to udowodnić wyznaczając parametry zasięgu wpływów głównych z osiadań i niezależnie z przesunięć poziomych. Parametry te mają inną wartość dla osiadań, a inną dla przesunięć poziomych. Również wyznaczony współczynnik B jest znacznie mniejszy od wartości $0,4r$.

Wynika stąd, że można znacznie zwiększyć dokładność prognozy według teorii S. Knothego-W. Budryka, przyjmując, tak jak w metodzie J. Zycha [13, 14], dwie wartości parametrów zasięgu wpływów głównych. Parametr r_w wyznaczony z osiadań dla obliczenia osiadań nachyleń i krzywizn oraz parametr r_u i współczynnika B wyznaczone z przesunięć poziomych dla obliczenia przesunięć i odkształceń poziomych.

Słuszność takiego rozwiązania potwierdzają wyniki analiz pomiarów geodezyjnych.

Możliwość znacznego zwiększenia dokładności prognozowania daje drugi kierunek badań [2, 3, 13, 14]. Przykładem takiego rozwiązania jest metoda uwzględniająca asymetryczny rozkład deformacji opracowana przez J. Zycha [13, 14].

Do opisu przemieszczeń pionowych i poziomych zostały zastosowane dwie niezależne nieliniowe funkcje.

Przy tych założeniach w metodzie tej:

- niecka osiadania dla eksploatacji w kształcie nieskończonej półpłaszczyzny jest niesymetryczna względem punktu jej przegięcia,
- nie ma potrzeby stosowania obrzeża,
- przemieszczenia poziome opisane są za pomocą funkcji przemieszczeń poziomych niezależnej od funkcji przemieszczeń pionowych.

W artykule na przykładzie kilku linii obserwacyjnych dokonano porównania pomierzonych wskaźników deformacji z teoretycznymi wskaźnikami dla czterech opisanych rozwiązań, a mianowicie:

- teorii S. Knothego-W. Budryka,
- teorii S. Knothego-W. Budryka przy przyjęciu współczynnika $B = 0,32 r$ proponowanego przez E. Popiołka,
- teorii S. Knothego-W. Budryka przy przyjęciu do obliczenia przesunięć i odkształceń poziomych parametrów r_u i B wyznaczonych z przesunięć poziomych,
- metody J. Zycha.

Przedstawione wyniki porównań pozwalają na ocenę i poznanie możliwości tkwiących w poszczególnych rozwiązaniach pod kątem zwiększenia dokładności prognozowania wpływów eksploatacji górniczej na powierzchnię terenu.

2. PRZYJĘTY SPOSÓB WYZNACZANIA PARAMETRÓW ROZPATRYWANYCH TEORII

Do wyznaczania parametrów zastosowano programy komputerowe napisane w języku Fortran na mikrokomputery typu IBM. Pierwszy z nich pozwala na wyznaczanie parametrów teorii Knothego-Budryka, a drugi metody J. Zycha, dla eksploatacji o kształcie prostokątnym i linii dowolnie usytuowanej względem niej.

W pierwszej kolejności obliczane są na podstawie wczytanych osiadań i przesunięć poziomych oraz współrzędnych punktów pomiarowych i danych o eksploatacji pozostałe podstawowe wskaźniki deformacji: nachylenia, krzyżowy pionowe i odkształcenia poziome.

Następnie zadaje się wartości parametrów rozpatrywanej teorii, które mogą być optymalizowane bądź przyjmowane do obliczeń wskaźników deformacji. Kryterium minimalizacji stanowi metoda najaniejszych kwadratów, wobec czego funkcja celu w przypadku osiadań przyjmuje postać:

$$F_1 = \sum_{i=1}^n (w_{rzi} - w'_{t1})^2.$$

gdzie:

w_{rzi} - osiadanie zmierzone w i-tym punkcie,

w'_{t1} - osiadanie obliczone teoretycznie w i-tym punkcie.

Do znajdowania minimum funkcji F_1 zastosowano algorytm Powella. W wyniku optymalizacji wyznaczane są parametry teorii Knothego-Budryka:

a - współczynnik eksploatacji,

r - promień zasięgu wpływów głównych [m].

d - obszar eksploatacyjny, które nie przez wszystkich uważane jest za parametr teorii [m]

oraz metody J. Zycha (w przypadku programu drugiego):

a - współczynnik eksploatacji,

r_w - promień zasięgu wpływów głównych dla ruchów pionowych [m],

A - współczynnik ujmujący stopień asymetrii wpływów.

W przypadku przesunięć poziomych funkcja celu przyjmuje postać:

$$F_2 = \sum_{i=1}^n (U_{rzi} - U_{ti})^2,$$

gdzie:

U_{rzi} - przesunięcie uzyskane z pomiarów w i -tym punkcie,

U_{ti} - przesunięcie obliczone teoretycznie w i -tym punkcie.

W metodzie J. Zycha optymalizując funkcję F_2 wyznacza się następujące parametry:

B_1 - współczynnik decydujący o wartościach przesunięć i odkształceń poziomych,

B_2 - współczynnik ujmujący asymetrię wpływów,

r_u - promień zasięgu wpływów dla ruchów poziomych [m].

Teoria Knothego-Budryka zakładająca związek Awierszyna nie wymaga wyznaczenia parametrów z przesunięć poziomych, gdyż do opisu wszystkich wskaźników deformacji przyjmuje parametry wyznaczone z osiadań. Dla potrzeb niniejszej pracy, w istniejącym już programie dopisano procedury umożliwiające wyznaczenie parametrów występujących w teorii Knothego-Budryka również z przesunięć poziomych. W ten sposób stało się więc możliwe wykazanie, że nie spełnia się w praktyce związek Awierszyna.

Program pozwala wyznaczać następujące parametry:

B - współczynnik proporcjonalności przesunięć poziomych do nachyleń, przyjęty przez W. Budryka jako stały $B = 0,4r$,

d_u - obszar eksploatacyjny [m],

r_u - promień zasięgu wpływów wyznaczany z przesunięć poziomych [m].

We wszystkich rozpatrywanych w pracy przypadkach przy zastosowaniu omówionych wyżej programów obliczano wartości podetawowych wskaźników deformacji, a następnie porównywano je z uzyskanymi z pomiarów. Obliczano przy tym błędy średnie, odchylenia standardowe i błędy procentowe rozumiane jako wyrażony w procentach stosunek odchylenia standardowego do maksymalnej wartości wskaźnika deformacji.

3. ANALIZA OTRZYMANYCH WYNIKÓW OBLICZEŃ

Przy zastosowaniu opisanych wyżej programów dokonano obliczeń teoretycznych wskaźników deformacji i porównano je z uzyskanymi z pomiarów dla następujących przyjętych rozwiązań:

1) według wzorów teorii Knotheho-Budryka przy parametrach wyznaczonych wyłącznie z osiadań i wartości współczynnika $B = 0,4 r$,

2) według teorii Knotheho-Budryka przy parametrach wyznaczonych jak wyżej i wartości współczynnika $B = 0,32 r$ zgodnie z propozycją E. Pospiołka,

3) według wzorów jak w teorii Knotheho-Budryka, lecz przy parametrach wyznaczonych oddzielnie z osiadań i przesunięć poziomych, zgodnie z tym co podano w opisie programu,

4) według wzorów metody J. Zycha.

Obliczeń dokonano dla wybranych linii obserwacyjnych z kopalni "Komuna Paryska". Charakterystyczne dane o liniach: głębokość eksploatacji, grubość pokładu, maksymalne wartości wskaźników deformacji stwierdzonych pomiarami podano w tabeli 1.

Wyniki obliczeń zestawiono w tabelach według następującego porządku:

- Tabela 2 - rozwiązanie pierwsze i drugie. Parametry teorii Knotheho-Budryka: a , d , r - wyznaczone z pomiarów niwelacyjnych oraz błędy procentowe i odchylenia standardowe dla poszczególnych wskaźników deformacji. Przyjęto następujące oznaczenia: M_{pw} , δ_w - błąd procentowy i odchylenie standardowe dla osiadań, M_{pT} , δ_T - błąd procentowy i odchylenie standardowe dla nachyleń, M_{pk} , δ_k - błąd procentowy i odchylenie standardowe dla krzywizn, M_{pu} , δ_u - błąd procentowy i odchylenie standardowe dla przesunięć poziomych, M_{pE} , δ_E - błąd procentowy i odchylenie standardowe dla odkształceń poziomych. Podano również błędy procentowe i odchylenia standardowe dla przesunięć i odkształceń poziomych przy wartości współczynnika $B = 0,32r$.
- Tabela 3 - rozwiązanie trzecie. Parametry wyznaczone z osiadań i przesunięć poziomych oraz błędy procentowe i odchylenia standardowe dla podstawowych wskaźników deformacji.
- Tabela 4 - rozwiązanie czwarte. Parametry metody J. Zycha oraz błędy procentowe i odchylenia standardowe dla podstawowych wskaźników deformacji.

W celu lepszego zilustrowania wyników obliczeń przykładowo sporządzono wykresy: osiadań, nachyleń, krzywizn pionowych oraz przesunięć i odkształceń poziomych z linii 3/1. Wyniki obliczeń potwierdzają spostrzeżenia zawarte w pracach [14, 15]. Stosując teorię Knotheho-Budryka, uzyskuje się stosunkowo dobre dopasowanie niekiedy teoretycznej do wyników pomiarów w części nad wyeksploatowaną przestrzenią, natomiast gorsze nad calizną.

Tabela 1

Zbiórce zestawienie charakterystycznych danych o liniach pomiarowych

Linie nr	H [m]	g [m]	w_{max} [mm]	T_{max} [mm/m]	K_{max} [1/km]	U_{max} [mm]	ϵ_{max} [mm/m]
3/1	64	1,6	-1198	37,0	-3,108	-350	13,7
4/1	64	1,6	-1266	40,1	4,302	-421	-15,7
4/2	84	1,6	-1319	31,4	1,809	-417	15,5
5/2	84	1,6	-1255	36,0	1,993	-408	13,2

Tabela 2

Wartości wyznaczonych parametrów teorii Knothego-Budryka, odchyień standardowych i błędów procentowych podstawowych wskaźników deformacji przy współczynniku $B = 0,4$ r oraz $B = 0,32$ r

linia nr	Wartości parametrów		B = 0,4 r						B = 0,32 r	
	a	r [m]	d [m]	σ_w	σ_T	σ_K	σ_u	σ_ϵ	σ_u	σ_ϵ
				M _{pw}	M _{PT}	M _{pK}	M _{pu}	M _{pε}	M _{pu}	M _{pε}
3/1	0,766	33,5	7,3	12,6	1,3	0,510	54,7	4,9	33,7	3,0
				1,1	3,4	16,4	15,6	35,9	9,6	22,0
4/1	0,827	37,1	7,9	15,5	1,6	0,835	44,8	4,6	35,1	2,7
				1,2	4,0	19,4	10,6	29,3	8,4	17,5
4/2	0,853	46,8	9,3	24,2	2,2	0,357	58,5	3,4	27,3	1,8
				1,8	6,8	19,7	14,0	22,2	6,6	11,3
5/2	0,784	43,8	6,7	23,1	2,7	0,728	54,2	3,9	47,2	2,4
				1,8	7,4	36,5	13,3	29,9	11,6	18,5

σ - jednostka taka jak dla danego wskaźnika deformacji.

M_p - wartości podane w [%].

Tabela 3

Wartości parametrów teorii Knothego-Budryka wyznaczone z osiadań i przesunięć poziomych oraz wartości odchyień standardowych i błędów procentowych przy wyznaczonych parametrach

Linia nr	Parametry z osiadań			δ_w M_{pw}	δ_T M_{pT}	δ_K M_{pK}	δ_u M_{pu}	δ_ϵ $M_{p\epsilon}$	Parametry z przesunięć poz.			δ_u M_{pu}	δ_ϵ $M_{p\epsilon}$
	B	r [m]	d [m]						B	r [m]	d [m]		
3/1	0,766	33,5	7,3	12,6	1,3	0,510	54,7	4,9	0,285	44,5	8,7	13,7	1,5
				1,1	3,4	16,4	15,6	35,9				3,9	10,8
4/1	0,827	37,1	7,9	15,5	1,6	0,835	44,8	4,6	0,298	48,1	10,1	14,8	2,0
				1,2	4,0	19,4	10,6	29,3				3,5	12,8
4/2	0,853	46,8	9,3	24,2	2,2	0,357	58,5	3,4	0,295	54,8	10,3	18,0	1,7
				1,8	6,8	19,7	14,0	22,2				4,3	10,8
5/2	0,784	43,8	6,7	23,1	2,7	0,728	54,2	3,9	0,303	55,6	11,1	28,0	2,2
				1,8	7,4	36,5	13,3	29,9				6,8	17,2

δ - jednostka taka jak dla danego wskaźnika deformacji,

M_p - wartości podane w [%].

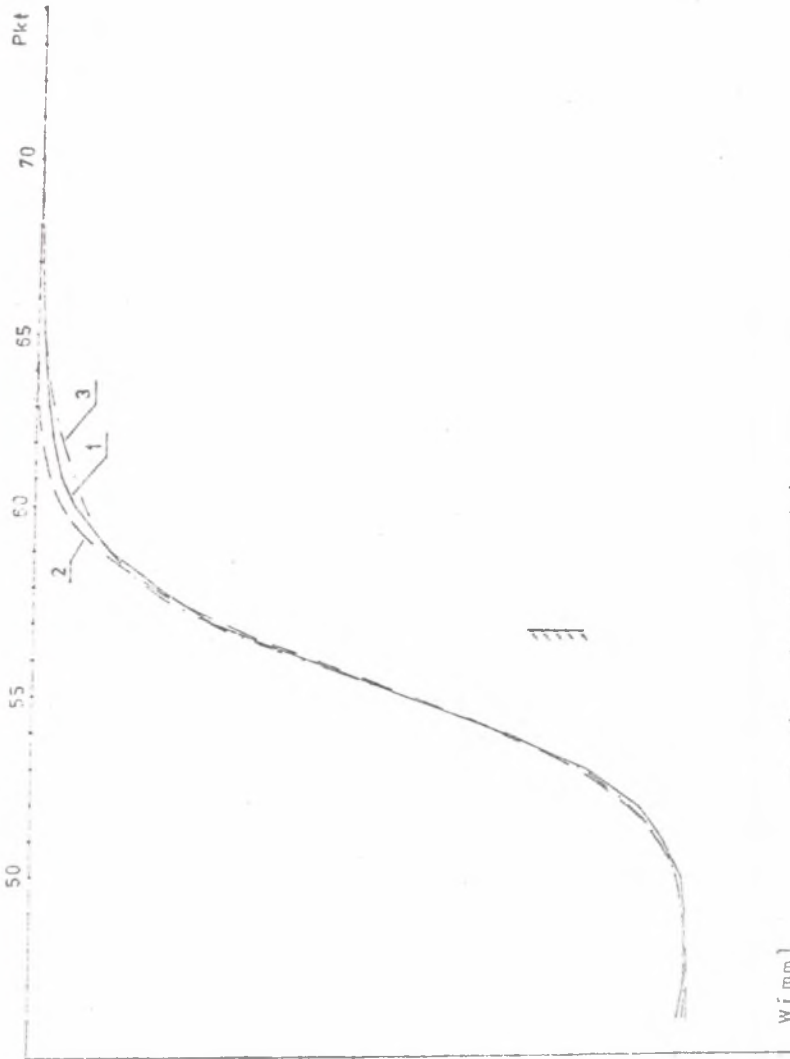
Tabela 4

Wartości wyznaczonych parametrów metody J. Zycha, odchyleń standardowych i błędów procentowych podstawowych wskaźników deformacji dla wybranych linii z KWK "Komuna Paryska"

Linia nr	Parametry z osiadań				Parametry z przesunięć poz.			δ_w M_{pw}	δ_T M_{pT}	δ_K M_{pK}	δ_u M_{pu}	δ_ϵ $M_{p\epsilon}$
	a	A	r_w [m]	B ₁	B ₂	r_u [m]						
3/1	0,762	0,227	40,1	0,247	0,168	53,8		9,4	1,6	0,542	7,5	1,1
								0,8	4,2	17,4	2,1	7,7
4/1	0,811	0,219	42,8	0,259	0,172	58,6		9,8	1,6	0,838	13,5	2,0
								0,8	3,9	19,5	3,2	12,7
4/2	0,844	0,209	54,0	0,260	0,156	65,2		11,3	1,5	0,327	9,5	1,0
								0,9	4,7	18,1	2,3	6,7
5/2	0,779	0,183	47,7	0,261	0,167	67,2		10,4	1,4	0,647	27,8	2,1
								0,8	3,8	32,4	6,8	16,2

δ - jednostka taka jak dla danego wskaźnika deformacji.

M_p - wartości podane w [%].



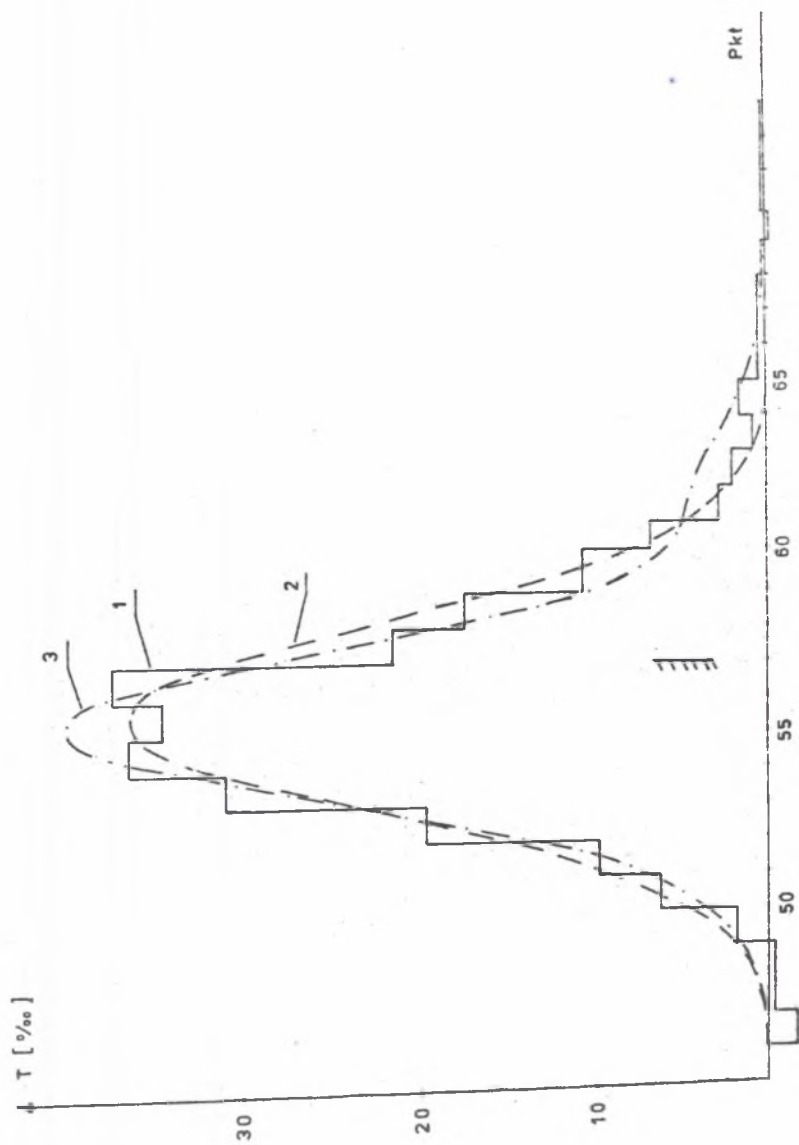
W [mm]

Rys. 1. Wykresy osiadań z linii 3/1

1 - uzyskanych z pomiarów, 2 - obliczonych wg teorii Knothe-Budryka, 3 - obliczonych wg metody J. Zycha

Fig. 1. Diagrams of mining subsidence along observing line 3/1

1 - mining subsidence on the basis of the geodesic measurements, 2 - mining subsidence calculated by means of the formulae of the Knothe-Budryk theory, 3 - mining subsidence calculated by means of the formulae of the J. Zych method

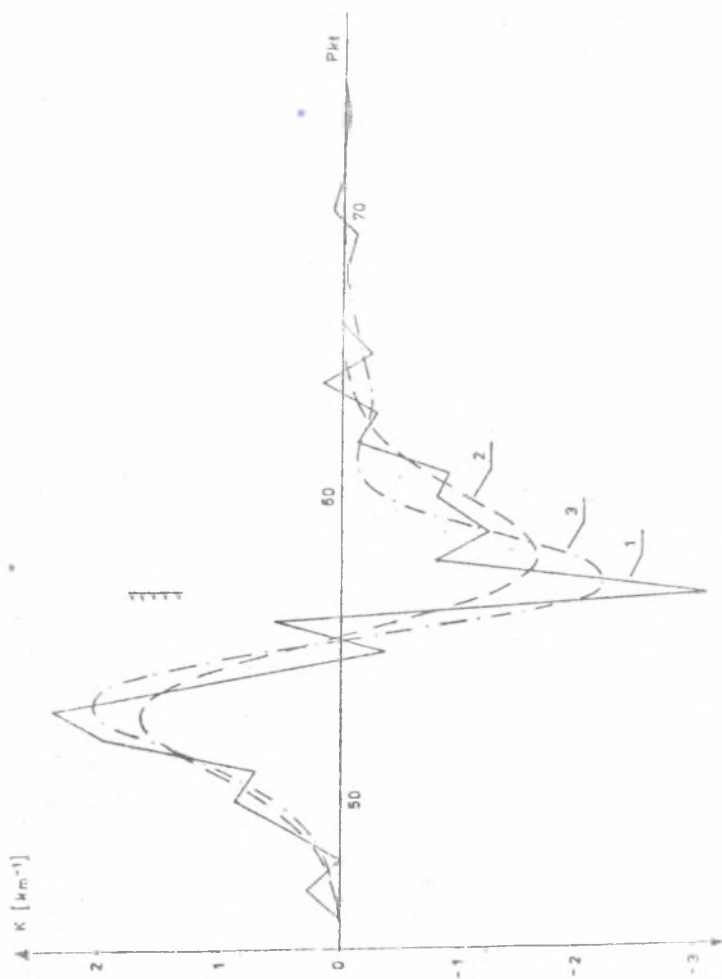


Rys. 2. Wykresy nachyleń z linii 3/1

1 - uzyskanych z pomiarów, 2 - obliczonych wg teorii Knothego-Budryka, 3 - obliczonych wg metody J. Zycha

Fig. 2. Diagrame of inclination along observing line 3/1

1 - inclination on the basis of the geodesic measurements, 2 - inclination calculated by means of the formulae of the Knothe-Budryk theory, 3 - inclination calculated by means of the formulae of the J. Zych method

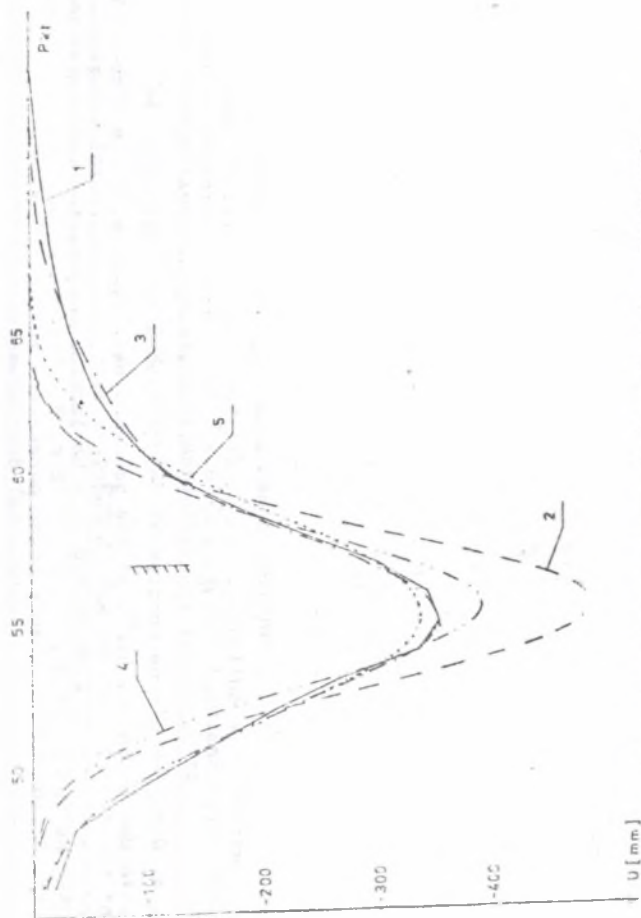


rys. 3. Wykreśy krzywizn z linii 3/1

1 - uzyskanych z pomiarów, 2 - obliczonych wg teorii Knothe-Budryka, 3 - obliczonych wg metody J. Zycha

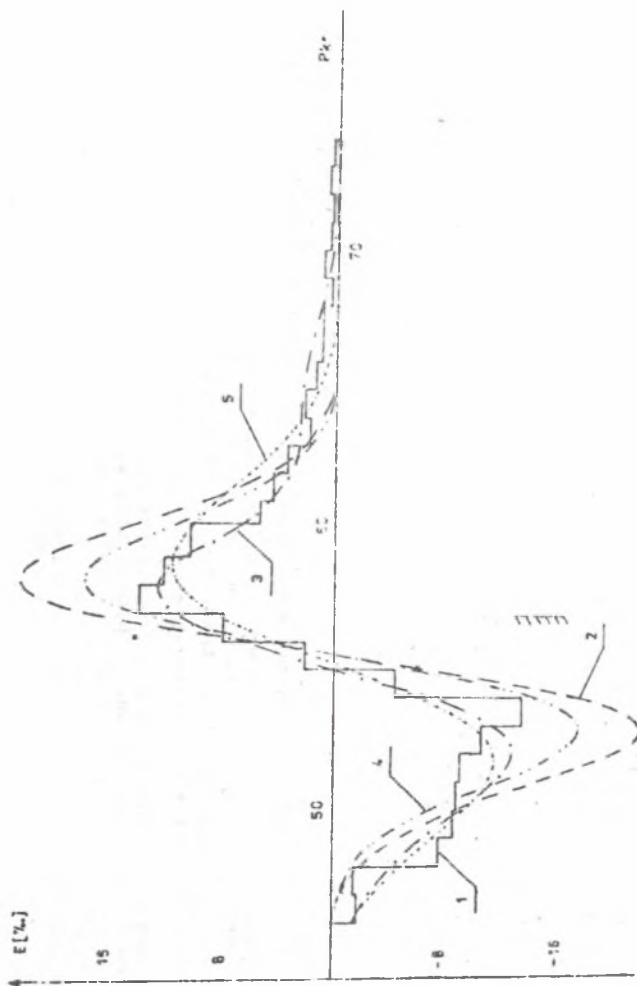
Fig. 3. Diagrams of curvature along observing line 3/1

1 - curvature on the basis of the geodesic measurements, 2 - curvature calculated by means of the formulae of the Knothe-Budryk theory, 3 - curvature calculated by means of the formulae of the J. Zych method



Rys. 4. Wykresy przesunięć poziomych z linii 3/1
 1 - uzyskanych z pomiarów, 2 - obliczonych wg teorii Knothe-Budryka, 3 - obliczonych wg metody J.Zycha,
 4 - obliczonych wg teorii Knothe-Budryka przy $B = 0,32$ r, 5 - obliczonych wg teorii Knothe-Budryka
 przy parametrach wyznaczonych z przesunięć poziomych

Fig. 4. Diagrame of the horizontal displacement along observing line 3/1
 1 - horizontal displacement on the basis of the geodesic measurements, 2 - horizontal displacement calculated by means of the formulae of the Knothe-Budryk theory, 3 - horizontal displacement calculated by means of the formulae of the J. Zych method, 4 - horizontal displacement calculated by means of the formulae of the Knothe-Budryk theory for $B = 0,32$ r, 5 - horizontal displacement calculated by means of the formulae of the Knothe-Budryk theory using parameters obtained from the geodesic measurements of horizontal displacement



Rys. 5. Wykresy odkształceń poziomych z linii 3/1

1 - uzyskanych z pomiarów, 2 - obliczonych wg teorii Knothego-Budryka, 3 - obliczonych wg metody J. Zycha, 4 - obliczonych wg teorii Knothego-Budryka przy $B = 0,32 r$, 5 - obliczonych wg teorii Knothego-Budryka przy parametrach wyznaczonych z przesunięć poziomych

Fig. 5. Diagrame of the horizontal deformation along observing line 3/1

1 - horizontal deformation on the basis of the geodesic measurements, 2 - horizontal deformation calculated by means of the formulae of the Knothe-Budryk theory, 3 - horizontal deformation calculated by means of the formulae of the J. Zych method, 4 - horizontal deformation calculated by means of the formulae of the Knothe-Budryk theory for $B = 0,32 r$, 5 - horizontal deformation calculated by means of the formulae of the Knothe-Budryk theory using parameters obtained from the geodesic measurements of horizontal displacement

Wynika to z obserwowanej w praktyce asymetrii niecki osiadania względem jej punktu przegięcia oraz większych zasięgów wpływów niż przewiduje ta teoria.

Analizując wartości błędów procentowych dla osiadań, nachyleń i krzywizn pionowych, zauważyć należy, że dla teorii Knothego-Budryka i J. Zycha są one porównywalne.

Jeśli chodzi o dopasowanie teoretycznych przebiegów przesunięć i odkształceń poziomych do uzyskanych z pomiarów, zwracają uwagę duże wartości błędów procentowych przy stosowaniu teorii Knothego-Budryka. W przypadku przesunięć poziomych wahają się one w granicach od ok. 10% do ok. 16%. Odkształcenia poziome wykazują wartości błędów od ok. 22% do ok. 35%. Lepszą zgodność przesunięć i odkształceń poziomych uzyskano przy wartości współczynnika $B = 0,32$ r. Wartości błędów procentowych są prawie dwukrotnie mniejsze niż przy $B = 0,4$ r.

Przy parametrach wyznaczonych na podstawie przesunięć poziomych i zastosowanych do wzorów Knothego-Budryka na przesunięcia i odkształcenia poziome wartości błędów procentowych dla tych wskaźników deformacji uległy dalszemu istotnemu zmniejszeniu, zamykając się w przedziale od ok. 4% do ok. 17% dla przesunięć i od ok. 11% do ok. 17% dla odkształceń poziomych. Wyznaczone na podstawie przesunięć poziomych wartości współczynnika B (tabela 3) oscylowały wokół liczby 0,3.

Porównując wartości parametru r teorii Knothego-Budryka wyznaczone niezależnie na podstawie uzyskanych z pomiarów osiadań i przesunięć poziomych (tabela 2 i 3), zauważa się, że w żadnym z analizowanych przypadków nie były one sobie równe. Parametr r wyznaczony z przesunięć przekraczał zawsze wartość tego parametru wyznaczoną z osiadań. Świadczy to o nie potwierdzeniu się w praktyce związku Awierszyna.

Najlepszą zgodność prognozy dla przesunięć i odkształceń uzyskano przy zastosowaniu metody J. Zycha. Otrzymano błędy procentowe dla przesunięć w granicach od ok. 2% do ok. 7% oraz dla odkształceń od ok. 9% do ok. 16%.

WNIOSKI KOŃCOWE

Na podstawie przeprowadzonych rozważań teoretycznych oraz porównań wskaźników deformacji obliczonych teoretycznie z wynikami pomiarów geodezyjnych można sformułować następujące wnioski:

1. Teoria S. Knothego - W. Budryka znacznie dokładniej opisuje osiadanie, nachylenia i krzywizny aniżeli przemieszczenia i odkształcenia poziome. W opisie osiadań lepszą zgodność z wynikami pomiarów geodezyjnych uzyskuje się nad wybraną przestrzenią. Nad całą występują systematyczne rozbieżności, co jest spowodowane tym, że niecka rzeczywista jest niecką asymetryczną względem punktu przegięcia.

2. Znaczne rozbieżności występują w opisie przemieszczeń i odkształceń poziomych, co jest wynikiem niepotwierdzenia się w praktyce związku przyjętego przez S.G. Awierszyna. Rozbieżności te spowodowane są przez trzy czynniki:
 - wartość współczynnika $B = 0,4 r$ przyjęta przez W. Budryka jest mniejsza w rzeczywistości,
 - wartość promienia wpływów głównych wyznaczona z przemieszczeń poziomych - r_u nie jest równa wartości promienia wyznaczonej z osiadań r_w
 - dla eksploatacji w kształcie nieskończonej półpłaszczyzny występuje asymetria przemieszczeń poziomych względem maksymalnej wartości.
3. Uwzględnienie chociażby jednego z tych czynników poprawia dokładność prognozy. Rozwiązaniem takim jest proponowane przez E. Popiołka zmniejszenie współczynnika B do wartości $0,32 r$.
4. Rozwiązaniem znacznie poprawiającym dokładność prognozowania przemieszczeń i odkształceń poziomych jest zastosowanie do ich obliczenia parametrów r_u i B wyznaczonych z pomierzonych przemieszczeń poziomych.
5. Nie jest możliwe uwzględnienie w teorii S. Knothe'go-W. Budryka trzeciego wymienionego czynnika bez zmiany założeń teorii.
6. Rozwiązaniem, które uwzględnia wszystkie trzy czynniki, jest metoda opracowana przez J. Zycha.
7. W przedstawionych rozważaniach nie rozpatrywano rozproszenia losowego procesu deformacji, które stanowi naturalną granicę dokładności prognozowania i np. dla przesunięć poziomych wynosi około $\pm 13\%$.

LITERATURA

- [1] Awierszyn S.G.: Sdwiżeniye gornych porod pri podzemnykh razrabotkach. Ugletechizdat 1947.
- [2] Dżegniuk B.: Niektóre efekty nieliniowe w procesie osiadania nad eksploatacją górnictw. Zeszyty Naukowe AGH, Geodezja Z. 34. Kraków 1975.
- [3] Gręń K.: Próba ujęcia asymetrii wpływów eksploatacji górnictw przy poziomym zaleganiu pokładu. PAN Oddz. w Krakowie. Prace Komisji Górnictwo-Geodezyjnej. Geodezja 29, 1981.
- [4] Knothe St.: Prognozowanie wpływów eksploatacji górnictw. Wydawnictwo "Śląsk", Katowice 1984.
- [5] Kochmański T.: Obliczenie ruchów punktów górotworu pod wpływem eksploatacji górnictw. PAN, Warszawa 1956.
- [6] Niedojadło Z.: Model funkcjonalny przemieszczania punktów nad eksploatacją górnictw. Praca doktorska. AGH, Kraków 1984.

- [7] Popiołek E., Ostrowski J.: Probabilistyczna ocena dokładności prognozowania pogórnicznych deformacji terenu z zastosowaniem teorii T. Kochmańskiego. PAN Ocdz. w Krakowie. Prace Komisji Górniczo-Geodezyjnej. Geodezja 29, 1981.
- [8] Popiołek E., Ostrowski J.: Zależność między nachyleniami a przemieszczeniami poziomymi terenu w ostatecznie wykształconych nieckach obniżeniowych. Ochrona Terenów Górniczych 46, 1978.
- [9] Rogowska J.: Badania eksperymentalne tworzenia się niecek osiadania w ośrodku sypkim z uwzględnieniem zmiany gęstości ośrodka. Cz. I. Niecki szczelinowe. Archiwum Górnictwa. T. XXII, z. 3, 1977.
- [10] Rogowska J.: Badania eksperymentalne tworzenia się niecek osiadania w ośrodku sypkim z uwzględnieniem zmiany gęstości ośrodka. Cz. II. Niecki progowe. Archiwum Górnictwa. T. XXII, z. 1, 1978.
- [11] Strzałkowski P.: Wykorzystanie algorytmu Powella do wyznaczania parametrów metody nieliniowej prognozowania wpływów eksploatacji górniczej opracowanej przez J. Zycha (10). Ochrona Terenów Górniczych 87, 1989.
- [12] Strzałkowski P.: Program do wyznaczania parametrów teorii statystyczno-całkowych prognozowania wpływów eksploatacji górniczej. Ochrona Terenów Górniczych nr 86, 1988.
- [13] Zych J.: Metoda nieliniowa prognozowania deformacji powierzchni terenu pod wpływem eksploatacji górniczej. Ochrona Terenów Górniczych 85, 1988.
- [14] Zych J.: Metoda prognozowania wpływów eksploatacji górniczej na powierzchnię terenu uwzględniająca asymetryczny przebieg procesu deformacji. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Górnictwo z. 164, 1987.
- [15] Zych J.: Teorie geometryczno-całkowe w świetle wyników obserwacji geodezyjnych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Górnictwo z. 157, 1987.

Recenzent: Doc. dr hsb. inż. Edward Popiołek

ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
ВЛИЯНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ИХ ОЦЕНКА НА ПРИМЕРЕ
ИЗБРАННЫХ НАБЛЮДАЕМЫХ ЛИНИЙ

Р е з ю м е

В работе представлены направления исследований по повышению точности прогнозирования влияния эксплуатации. Рассматриваются четыре различных предложения. Разработаны компьютерные программы для взаимного сравнения предлагаемых решений. Расчеты произведены для четырех избранных наблюдаемых линий.

POSSIBILITIES OF INCREASING THE ACCURACY OF PREDICTION
OF THE MINING EXPLOITATION INFLUENCES AND THEIR ASSESSMENT
ON THE EXAMPLE OF SELECTED OBSERVATION LINES

S u m m a r y

Directions of research which lead to increasing the accuracy of prediction of the mining exploitation influences have been presented in the paper. There were considered four different suggestions. Computer programs which make it possible to compare the proposed solutions have been developed. Calculations for four selected observation lines have been done.