ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1999
Seria: GÓRNICTWO z. 244 Nr kol. 1441

Ryszard MIELIMĄKA

ZASTOSOWANIE NOWOCZESNYCH TECHNOLOGII OBSERWACYJNYCH I OBLICZENIOWYCH W GEODEZYJNYCH POMIARACH DEFORMACJI NA TERENACH GÓRNICZYCH

Streszczenie. W artykule przedstawiono możliwości zastosowania współczesnych geodezyjnych technologii obserwacyjnych i obliczeniowych w pomiarach deformacji terenu podlegającego wpływom eksploatacji górniczej. Podano ogólne zasady projektowania takich obserwacji, omówiono współczesne techniki ich realizacji oparte na najnowocześniejszym sprzęcie geodezyjnym, a także zaprezentowano technologie opracowania ich wyników przy pomocy aktualnie stosowanych programów komputerowych.

APPLICATION OF MODERN OBSERVATION AND CALCULATION TECHNOLOGIES IN GEODESIC MEASUREMENTS OF DEFORMATIONS IN MINING AREAS

Summary. The paper presents the application potentials offered by modern geodesic observation and calculation technologies for the deformation measurements for areas subject to mining influence. General principles involving the organization of such observations were provided, currently applied techniques for the realization of such projects based on the best available geodesic equipment were presented, together with technologies used for data processing using currently applied computer programmes.

1. Wstęp

Podziemna eksploatacja górnicza powoduje wiele z reguły niekorzystnych zmian w środowisku naturalnym. Najważniejszym elementem tych zmian, z punktu widzenia działalności gospodarczej człowieka, są deformacje powierzchni terenu, o których podstawowym źródłem informacji, określającym ich wielkość i zasięg, są cyklicznie wykonywane pomiary geodezyjne. Aktualnie pomiary te są prowadzone przez wszystkie kopalnie, przy czym stopień ich roz-

budowania zależy od gęstości i rodzaju zabudowy powierzchni terenu, pod którym prowadzą one eksploatację górniczą oraz od stopnia intensywności i koncentracji tej eksploatacji. Konieczność wykonywania takich pomiarów wynika z wymagań prawa górniczego, zaś ich realizacja niejednokrotnie poprzedzona jest uzgodnieniami między przedsiębiorstwem górniczym, użytkownikiem powierzchni, a także warunkami prowadzenia eksploatacji nałożonymi przez organ nadzoru górniczego.

Biorąc pod uwagę duże znaczenie geodezyjnych pomiarów deformacji dla kopalń przedstawiono w artykule krótki przegląd współczesnych technik pomiarowych i informatycznych możliwych do zastosowania w realizacji tego typu pomiarów i w opracowaniu ich wyników.

2. Projektowanie geodezyjnych pomiarów deformacji

Przed przystąpieniem do geodezyjnych pomiarów deformacji terenu musi zostać opracowany projekt takich obserwacji, który ogólnie powinien zawierać następujące elementy:

- zdefiniowanie celu, przedmiotu i zakresu obserwacji,
- ustalenie kształtu sieci pomiarowej i odległości między punktami,
- określenie częstości i metod obserwacji,
- ustalenie sposobu opracowania wyników obserwacji.

Przy opracowywaniu takiego projektu należy wykorzystać wszystkie doświadczenia, jakie ma kopalnia odnośnie do ujawniania się wpływów eksploatacji na powierzchnię terenu, co pozwala uzyskać optymalny kształt osnowy obserwacyjnej, na którą obecnie najczęściej składają się sieci punktów rozproszonych i zespoły linii pomiarowych. Punkty rozproszone powinny być zakładane przede wszystkim na obiektach budowlanych i być objęte pomiarem wysokościowym. Do obserwacji obniżeń budynków wystarczy przy tym jeden reper zastabilizowany na każdym budynku lub jego segmencie, natomiast gdy chcemy na podstawie pomierzonych obniżeń określać nachylenia obiektów lub inne wskaźniki deformacji (krzywizny, skręcenie, deformacje torsyjne), ilość punktów pomiarowych na każdym segmencie budynku lub na kontrolowanym obiekcie musi być większa i dostosowana do celu, jakiemu te pomiary mają służyć.

Obserwacje punktów rozproszonych mogą dać wprawdzie wiele informacji odnośnie do zachowania się terenu i obiektów pozwalających na podejmowanie decyzji dotyczących profilaktyki górniczej lub budowlanej, to jednak znacznie większy zakres informacji o kształto-

waniu się deformacji terenu będących wynikiem eksploatacji górniczej można uzyskać z obserwacji na liniach pomiarowych, pod warunkiem że pomiary te są właściwie zaprojektowane i prawidłowo wykonywane. Podstawowe zasady, jakie muszą być w takim przypadku respektowane, są przy tym następujące:

- linie pomiarowe powinny być w miarę możliwości prostopadłe lub/i równoległe do biegu ścian i przechodzić nad rejonem, w którym wystąpią największe obniżenia,
- punkty powinny być stabilizowane w odpowiedni sposób, w miejscach zapewniających ochronę tych punktów przed zniszczeniem i być równo odległe,
- początkowe punkty linii powinny znajdować się poza obszarem objętym wpływami eksploatacji,
- technologie pomiarowe powinny być nowoczesne,
- częstość wykonywania obserwacji należy określać w zależności od prędkości narastania wskaźników deformacji, a także z uwagi na cel i zakres obserwacji,
- należy zapewnić kontrolę stałości punktów nawiązania sytuacyjnego i wysokościowego,
- należy pamiętać o kontynuowaniu obserwacji po wystąpieniu głównej fazy ruchów górotworu celem ustalenia końcowych wielkości deformacji

3. Współczesne techniki obserwacyjne w pomiarach deformacji terenu i obektów

Najczęściej obecnie stosowaną techniką obserwacyjną w pomiarach deformacji jest techniczna lub precyzyjna niwelacja geometryczna. Pozwala ona na wyznaczenie wysokości punktów, a przy powtarzalnych pomiarach na określenie ich ruchu pionowego okresowego i całkowitego. Aby można było uzyskać bezwzględny rzeczywisty ruch punktów pomiary te muszą każdorazowo zostać dowiązywane do tych samych w zasadzie punktów stałych zlokalizowanych poza zasięgiem wpływów eksploatacji. Ich stałość powinna być systematycznie sprawdzana poprzez pomiary kontrolnego ciągu niwelacyjnego złożonego z co najmniej trzech punktów, zastabilizowanych w kilkusetmetrowych odległościach.

Pomiary niwelacyjne wykonuje się różnego typu niwelatorami samopoziomującymi technicznymi i precyzyjnymi. Obecnie najczęściej stosowane są niwelatory optyczne, ale coraz powszechniejsze zastosowanie w pomiarach deformacji znajdują niwelatory kodowe z wewnętrzną rejestracją wyników pomiarów, które w stosunku do pomiaru niwelatorami optycz-

nymi pozwalają na znaczne skrócenie czasu obserwacji, zmniejszenie składu osobowego zespołu pomiarowego oraz zwiększenie pewności uzyskanych wyników.

Elementem często mierzonym na liniach obserwacyjnych są długości odcinków tych linii, których zmiany umożliwiają wyznaczenie odkształceń poziomych całkowitych lub okresowych na poszczególnych bokach linii. Odkształcenia te są przy tym wielkościami względnymi i nie wymagają nawiązania do punktów stałych. Obecnie pomiary długości wykonuje się za pomocą dalmierzy elektronicznych, z zastosowaniem pionowników optycznych lub laserowych do centrowania instrumentu i luster. Pozwala to uzyskać przy wykorzystaniu obecnie produkowanych instrumentów dokładność wyznaczenia długości boków linii pomiarowych równą od ±1 mm do ±5 mm, a zatem określić odkształcenia poziome z dokładnością wynoszącą dla boków 20-metrowych od ±0,07 mm/m do ±0,35 mm/m.

Rzadko do tej pory wyznaczaną wielkością charakteryzującą deformacje terenu i obiektów są przemieszczenia poziome punktów. Wynika to z faktu, że określenie wielkości tych przemieszczeń metodami klasycznymi jest stosunkowo mało dokładne i wymaga znacznego nakładu pracy. Zupełnie nowe możliwości stwarza w tym zakresie zastosowanie technologii GPS. Technologia ta umożliwia bowiem uzyskanie współrzędnych przestrzennych punktów z wysoką dokładnością. Jak wykazuje analiza rezultatów badawczych, błędy średnie wyznaczenia tych współrzędnych nie przekraczają z reguły ±10 mm wzdłuż każdej osi. Bardziej dokładne badania polskie, niemieckie, japońskie i rosyjskie określają wielkość tego błędu na ±2 - 5 mm [5]. Są to dokładności o rząd większe od uzyskiwanych pomiarami klasycznymi w przypadku współrzędnych sytuacyjnych, a w przypadku współrzędnej wysokościowej dokładność ta odpowiada dokładności kilkukilometrowego dowiązania niwelacją precyzyjną.

Zastosowanie techniki GPS do badania deformacji znajduje uzasadnienie przede wszystkim do wyznaczania współrzędnych przestrzennych punktów dowiązania (najczęściej, o ile jest to możliwe, są to punkty końcowe i inne główne punkty linii pomiarowych). W oparciu o te punkty wyznacza się współrzędne płaskie pozostałych punktów linii obserwacyjnej pomiarami liniowo - kątowymi przy użyciu precyzyjnych tachimetrów elektronicznych, zaś wysokości tych punktów - metodą niwelacji precyzyjnej lub technicznej, która może zostać zastąpiona niwelacją trygonometryczną wykonywaną łącznie z pomiarem poligonowym [4].

Trzeba jednak zaznaczyć, że w celu uzyskania wysokich dokładności wyznaczenia przemieszczeń punktów w nawiązaniu do punktów GPS, w stosunku do dokładności uzyskiwanych pomiarami klasycznymi, należy w procesie opracowania wyników obserwacji uwzględnić poprawki i redukcje związane z sytuacyjnym układem odniesienia (jeśli jest to układ lo-

kalny, parametry jego często nie są znane) oraz określić funkcję undulacji quasi-elipsoidy niwelacyjnej (co oznacza, że wysokości punktów są wyznaczane w stosunku do określonego reperu lub kilku reperów).

Znacznym ułatwieniem przy stosowaniu techniki GPS dla pomiarów geodezyjnych, w tym geodezyjnych pomiarów deformacji, stanowiłaby sieć kilku punktów referencyjnych utworzonych przez permanentne stacje GPS pokrywające zasięgiem swoich modemów radiowych cały obszar ROW [7]. Położenie tych stacji musiałoby być cyklicznie wyznaczane w stosunku do stałych punktów nawiązania leżących poza obrzeżem regionu. Dane z tych stacji podlegałyby systematycznej analizie, której częścią musiałyby być badania obejmujące:

a) wpływ warunków atmosferycznych na dokładność pomiarów satelitarnych,

b) ukształtowanie i zmiany undulacji geoidy,

c) kształtowanie się czynników stochastycznych.

Badania w przedstawionych zagadnieniach prowadziłyby z jednej strony do zwiększenia dokładności pomiarów wykonywanych techniką GPS, z drugiej zaś ich efektem byłoby znaczne uproszczenie samych pomiarów oraz opracowania ich wyników.

Należy podkreślić, że dotychczasowe doświadczenia ze stosowania technologii GPS do pomiarów deformacji na terenach górniczych wykazały znaczne zalety ekonomiczne tego sposobu obserwacji, do których należy zaliczyć szybkość tego typu pomiarów i ich niewielki koszt (w przypadku posiadania sprzętu).

4. Opracowanie wyników obserwacji deformacji

Współczesne technologie pomiarowe oraz systemy informatyczne pozwalają na znaczną automatyzację procesu opracowania danych obserwacyjnych. Rozpoczyna się ona już na etapie wykonywania pomiarów, których wyniki, jeśli dysponujemy odpowiednim sprzętem pomiarowym, mogą być zapamiętywane w pamięci wewnętrznej instrumentu. Są one następnie przesyłane do komputera, gdzie przy pomocy programów dostarczonych przez producenta sprzętu albo programów zawartych w różnych geodezyjnych programach obliczeniowych (np. GEONET, C-GEO) można z wyników pomiarów stworzyć zbiór o formacie akceptowanym przez te programy i wykonać przy ich pomocy odpowiednie obliczenia (wyrównanie sieci sytuacyjnej, wysokościowej, obliczenie współrzędnych poziomych i wysokości punktów itd.). Wyniki tych obliczeń mogą być następnie kopiowane do dowolnego arkusza kalkulacyjnego

(np. EXCEL firmy Microsoft), który umożliwia właściwą archiwizację tych danych oraz pozwala na wykonanie obliczeń dowolnych wskaźników deformacji w oparciu o zgromadzone dane tabelaryczne.

Dane z pomiarów geodezyjnych oraz wyniki obliczeń zgromadzone w arkuszu kalkulacyjnym mogą służyć do wykonania wykresów zmian wielkości danego wskaźnika deformacji wzdłuż linii obserwacyjnej, a także być przesyłane do specjalistycznych programów graficznych (np. Surfer, Grapher firmy GOLDEN SOFTWARE Inc., AutoCAD firmy Autodesk, itp.), które umożliwiają dalszą obróbkę tych danych Przy ich pomocy możliwe jest w pełni profesjonalne tworzenie dowolnych wykresów, czy też map warstwicowych.

Oddzielnym zagadnieniem z zakresu opracowania i interpretacji wyników pomiarów deformacji jest tworzenie ich teoretycznego modelu w oparciu o wielkości wyznaczone z pomiarów. Najistotniejszym elementem tego procesu jest określenie parametrów teorii W.Budryka - S.Knothego na podstawie zmian wysokości punktów. Do tego celu stosuje się przede wszystkim programy TGB i TGBD umożliwiające metodą najmniejszych kwadratów odchyleń niecki teoretycznej do niecki stwierdzonej pomiarami uzyskać wielkości parametrów, które najlepiej opisują proces obniżania się punktów pod wpływem eksploatacji górniczej. Programem TGB wyznacza się wielkości parametrów dla pojedynczej niecki obniżeniowej, zaś programem TGBD określa się je dla superpozycji do trzech niecek obniżeniowych o różnych promieniach zasięgu wpływów, co pozwala na uwzględnienie tzw. „dalekich wpływów".

Wyznaczenie wielkości parametrów teorii prognozowania umożliwia wykonanie prognozy wpływów na powierzchnię terenu dla eksploatacji projektowanej. Najlepiej do tego celu wykorzystać stosowany powszechnie w działach TMG kopalń pakiet programów EDN-OPN [1]. Prognoza taka powinna między innymi stanowić element interpretacji wyników systematycznych obserwacji geodezyjnych deformacji powierzchni, jeżeli powierzchnia ta będzie poddawana dalszym wpływom eksploatacji górniczej.

5. Przykład interpretacji wyników pomiarów deformacji

KWK „Morcinek" prowadziła eksploatację górniczą w partii B od momentu rozpoczęcia swojej działalności, czyli od 1987 r. Eksploatacja ta realizowana była w dość skomplikowanych warunkach geologicznych charakteryzujących się następującymi cechami wywierają-

cymi wpływ na przebieg procesu deformowania się powierzchni terenu:

- znaczną głębokością eksploatowanych pokładów (650 - 1050 m),
- skomplikowaną i bogatą tektoniką złoża związaną zarówno z występowaniem stref uskokowych tworzących naturalne granice tej partii złoża, jak i elementów mikrotektoniki w obrębie poszczególnych parcel ścianowych,
- nadkładem (głównie trzecio- i czwartorzędowym) o znacznej, bo dochodzącej do 550 m grubości,
- występowaniem w profilu litologicznym złoża kompleksów piaskowców o miąższościach przekraczających 20 m i wytrzymałości R_C dochodzącej do 70 - 80 MPa, zdolnych do kumulacji energii sprężystej.

Ta ostatnia cecha wywołała obawę, że sztywne warstwy skalne powstrzymują proces obniżania się górotworu, jaki powinien wystąpić pod wpływem prowadzonej eksploatacji górniczej, co groziło możliwością wystąpienia wstrząsów wysokoenergetycznych w następstwie gwałtownego przyrostu obniżenia. Rozwiązanie tego problemu przeprowadzono na drodze wyznaczenia aktualnych wielkości parametrów teorii W.Budryka-S.Knothego, jak i analizy zmian tych wielkości wraz z rozwojem eksploatacji górniczej. W tym celu oparto się na wynikach pomiarów geodezyjnych prowadzonych systematycznie na liniach pomiarowych założonych nad projektowaną eksploatacją oraz wykorzystano programy komputerowe z pakietu EDN-OPN.

Do analizy starano się włączyć wyniki pomiarów niwelacyjnych prowadzonych na wszystkich liniach obserwacyjnych zastabilizowanych na powierzchni terenu w rejonie eksploatacji górniczej prowadzonej w partii B złoża. Jednakże większość tych linii bądź nie przecina krawędzi parcel eksploatacyjnych, bądź też biegnie wzdłuż ich granic (rys.1). Położenie takie należy uznać za niekorzystne w przypadku, gdy na podstawie obniżeń zarejestrowanych pomiarami geodezyjnymi na tych liniach chce się wyznaczyć wielkości parametrów teorii prognozowania. Pod tym względem najbardziej odpowiednio położona jest linia nr 6 złożona z punktów 1 - 30, gdyż przechodzi przez środek obrysu eksploatacji w partii B. Dlatego też obniżenia punktów tej linii przedłużonej w kierunku szybu 1 punktami 136 - 149 linii nr 4 posłużyły do wyznaczenia wielkości parametrów teorii prognozowania.

Wyznaczenie wielkości parametrów teorii przeprowadzono programem TGBD dla trzech okresów:

- pierwszy, obejmujący lata 1.04.1987 - 15.10.1994, w którym to czasie zostały w rejonie omawianych linii wybrane ściany w pokładzie 406/1. Punkty części wschodniej linii 6 były w tym czasie dodatkowo poddane oddziaływaniu eksploatacji w pokładzie 406/2;
- drugi, obejmujący lata 1.04.1987 - 15.10.1996, w którym to czasie pod rozpatrywanymi punktami linii 4 i 6 zostały wybrane ściany w trzech pokładach, a mianowicie 406/1, 406/2 i 416/1;
- trzeci, obejmujący lata 1.04.1987 - 1.05.1997, w którym to czasie pod rozpatrywanymi punktami linii 4 i 6 wybrane zostały ściany w pokładach 406/1, 406/2, 407/3 i 416/1.

Położenie krawędzi eksploatacji dokonanej w stosunku do rozpatrywanych punktów linii 4 i 6 oraz granic terenu chronionego dla wydzielonych okresów czasowych przedstawiono na rys. 1, 3 i 5.

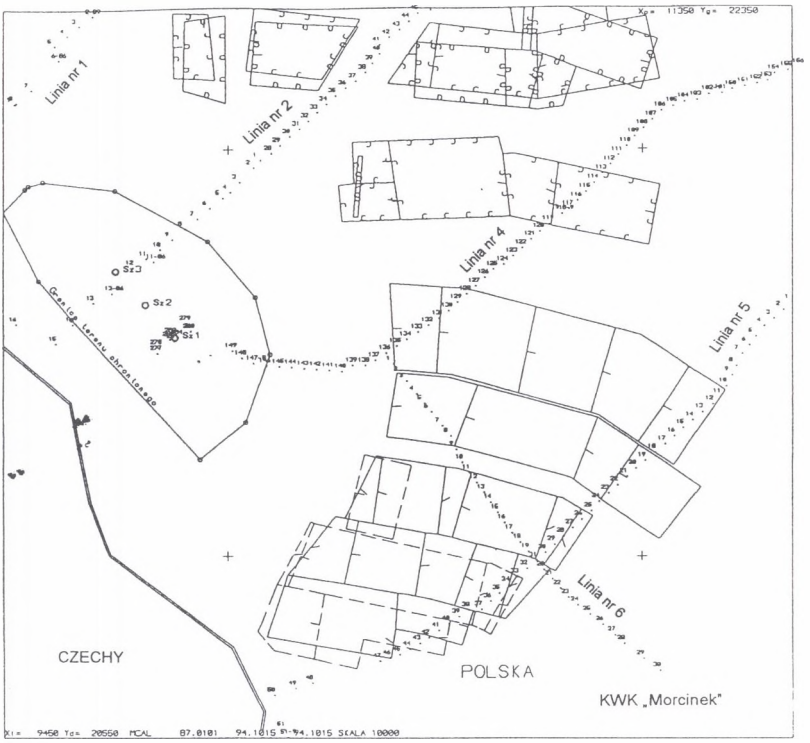
Dopasowanie niecek teoretycznych do rzeczywistych zostało przeprowadzone programem TGBD przy założeniu superpozycji dwóch niecek, jednej o dłuższym promieniu (25% wartości wpływów), drugiej o krótszym promieniu (75% wartości wpływów). Otrzymane w wyniku tych obliczeń wielkości parametrów teorii prognozowania dla wydzielonych okresów są następujące:

Okres	tg	a	Obrzeże
I	1,1	0,80	0,15 r
II	1,8	0,83	0,15 r
III	2,5	0,79	0,15 r

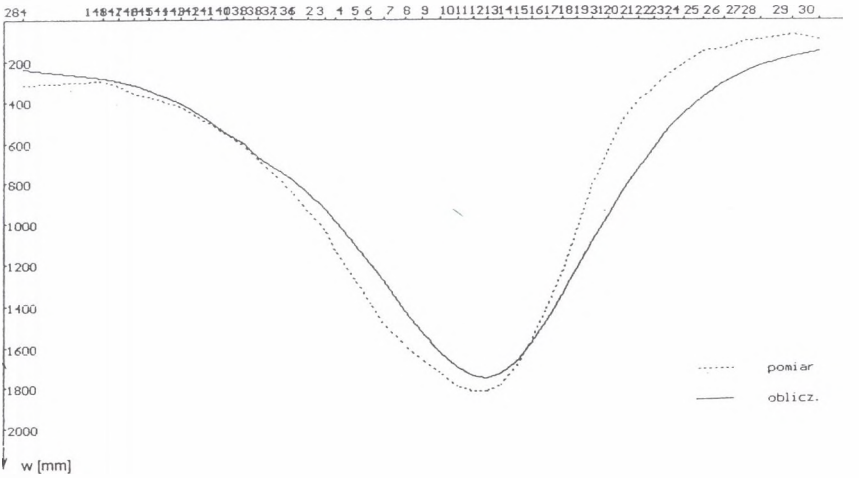
Wykresy przedstawiające dopasowanie niecek teoretycznych do rzeczywistych w poszczególnych okresach pokazano na rys. 2, 4 i 6.

Wykonane analizy wykazują, że wraz z rozwojem eksploatacji w partii B złoża i objęciem nią kolejnych pokładów zwiększa się wartość parametru tgβ, gdy jednocześnie współczynnik eksploatacji „a" pozostaje praktycznie stały i posiada wartość charakterystyczną dla GZW. Świadczy to o typowym przebiegu obniżania się górotworu nad eksploatacją prowadzoną w tej partii złoża.

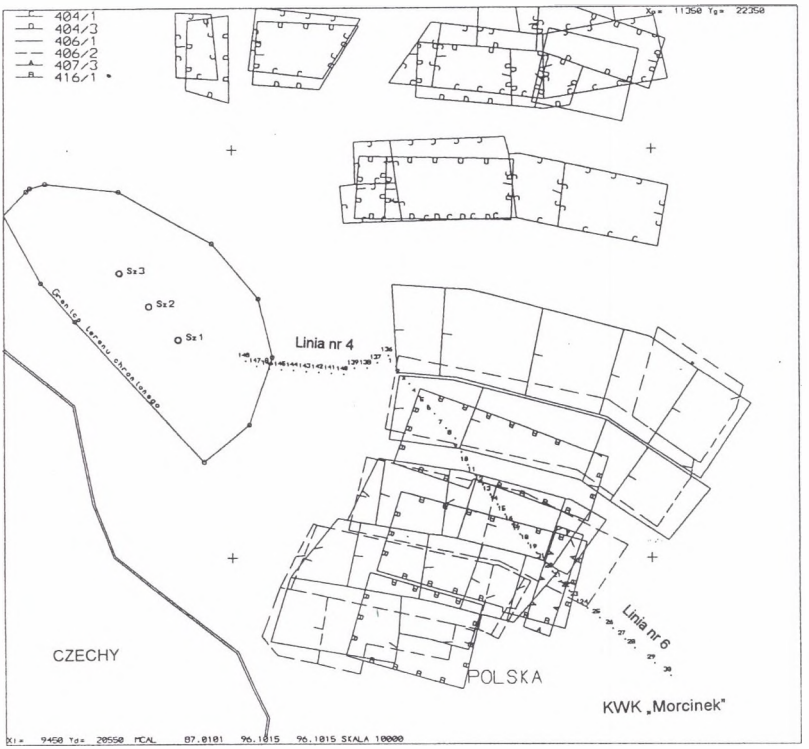
Przeprowadzona ocena wyników pomiarów geodezyjnych wskazuje ponadto, że w rejonie linii 6 uwidacznia się na powierzchni terenu wpływ strefy uskokowej, co wskazuje na typowy przebieg obniżania się górotworu również w tej strefie.



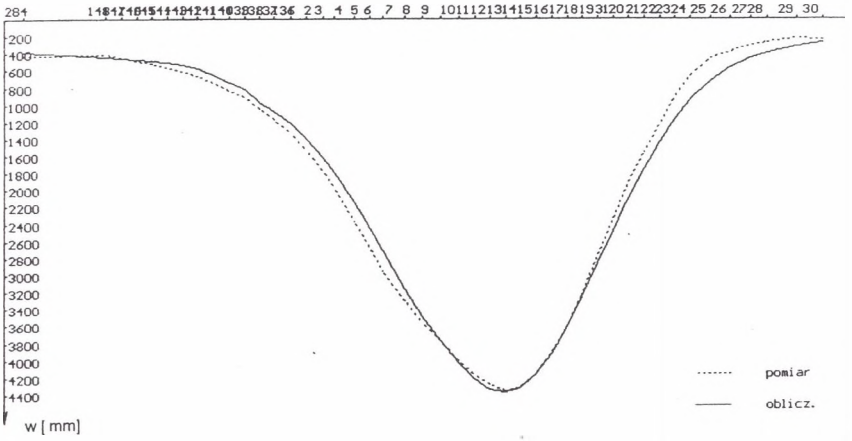
Rys.1. Mapa krawędzi eksploatacji dokonanej za okres 1.01.1987-15.10.1994
Fig.1. Map of completed mining edges for the period 1.01.1987-15.10.1994



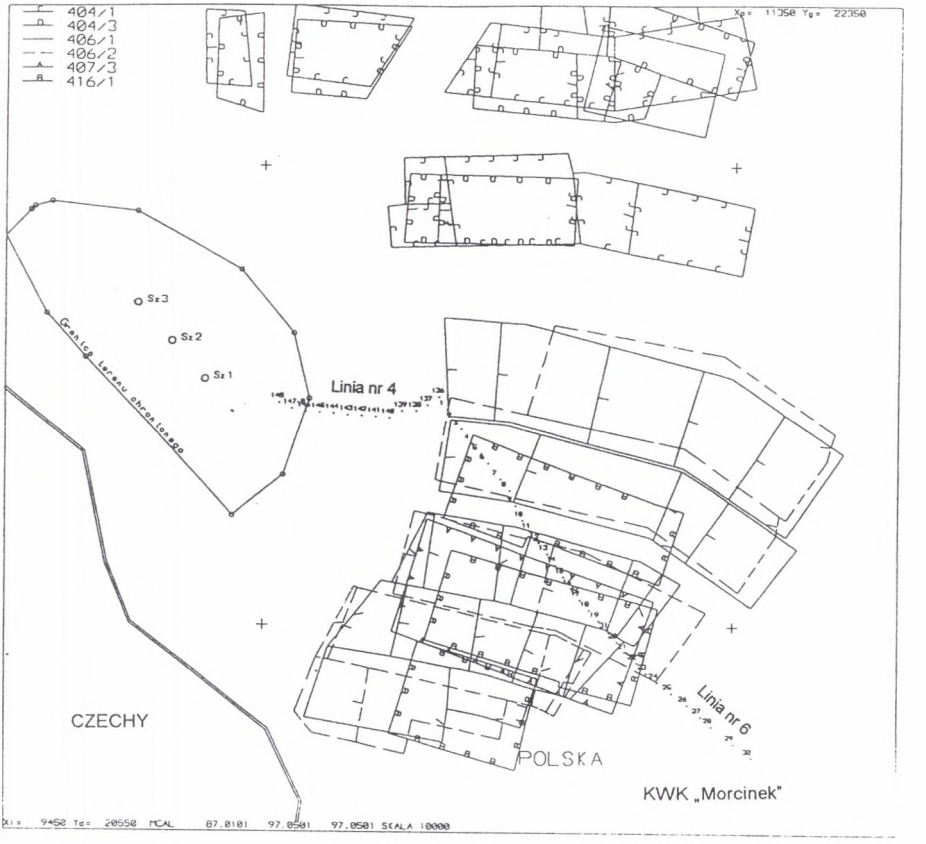
Rys.2. Wykresy niecek teoretycznej i rzeczywistej wzdłuż linii 6 i 4 wyznaczonych dla eksploatacji z okresu 1.01.1987-15.10.1994
Fig. 2 Diagrams of theoretical and real troughs along lines 6 and 4 determined for mining process involving the period 1.01.1987-15.10.1994



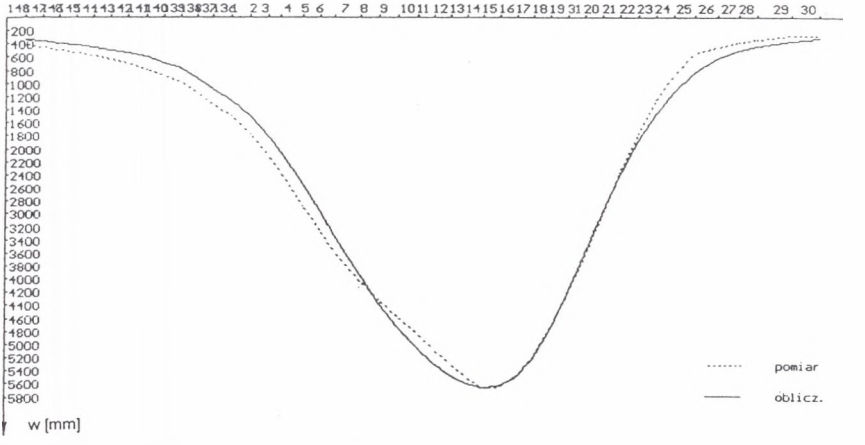
Rys.3. Mapa krawędzi eksploatacji dokonanej za okres 1.01.1987-15.10.1996
Fig.3. Map of completed mining edges for teh period 1.01.1987-15.10.1996



Rys.4. Wykresy niecek teoretycznej i rzeczywistej wzdłuż linii 6 i 4 wyznaczonych dla eksploatacji z okresu 1.01.1987-15.10.1996
Fig.4. Diagrams of theoretical and real troughs along lines 6 and 4 determined for mining process involving the period 1.01.1987-15.10.1996



Rys.5. Mapa krawędzi eksploatacji dokonanej za okres 1.01.1987-15.10.1997
Fig.5. Map of completed minig edges for the period 1.01.1987-15.10.1997



Rys.6. Wykresy niecek teoretycznej i rzeczywistej wzdłuż linii 6 i 4 wyznaczonych dla eksploatacji z okresu 1.01.1987-15.10.1997
Fig.6. Diagrams of theoretical and real troughs along lines 6 and 4 determined for mining process involving the period 1.01.1987-15.10.1997

6. Podsumowanie

Współczesne technologie pomiarowe i informatyczne znacznie ułatwiają wykonywanie obserwacji geodezyjnych i ich opracowanie. Zwiększają one nie tylko dokładność samych pomiarów i znacznie skracają czas ich realizacji, ale także umożliwiają uzyskanie stosunkowo małym nakładem pracy bezwzględnych przestrzennych przemieszczeń punktów pomiarowych, co pozwala w zasadzie na pełny opis powstających deformacji. Aby jednak można było wykorzystywać współczesne technologie pomiarowe, działy TMG kopalń muszą zostać wyposażone w odpowiedni sprzęt pomiarowy, przede wszystkim w precyzyjne tachimetry elektroniczne zapewniające uzyskanie błędów średnich mierzonych wielkości nie większych niż $\pm(1 \div 3)$ mm dla boków do 50 m i maksymalnie $\pm 15^{cc}$ dla kątów pionowych i poziomych, precyzyjne niwelatory, najlepiej kodowe oraz odbiorniki GPS. Wydaje się, że wyposażenie działów TMG kopalń w te odbiorniki stanie się w najbliższym czasie koniecznością i zostanie wymuszone ogólnym rozwojem metod geodezyjnych. W pełni efektywne wykorzystanie tych odbiorników nie tylko zresztą w badaniach deformacji na terenach górniczych, ale także w przypadku innych prac geodezyjnych (np. przy tworzeniu i aktualizacji baz SIP, czy też dla uzyskania punktów nawiązania lokalnych osnów realizacyjnych i inwentaryzacyjnych) wiąże się z utworzeniem kilku punktów referencyjnych ustanowionych przez permanentne stacje GPS pokrywające zasięgiem swoich modemów radiowych cały obszar GZW. Utworzenie takich punktów pozwoliłoby na prowadzenie całego szeregu prac utylitarnych i badawczych z zakresu szkód górniczych w obszarach nie tylko kopalń czynnych, ale również kopalń będących w likwidacji lub zlikwidowanych.

LITERATURA

1. Białek J.: EDN-OPN - programy do prognozowania deformacji terenu górniczego z uwzględnieniem czynnika czasu. Politechnika Śląska, Gliwice 1987 - 97 (nieopublikowana).
2. Czarnecki K.: Geodezja współczesna w zarysie. Wyd. „Wiedza i Życie". Warszawa.
3. Góral W., Szewczyk J.: Efektywność technologii GPS w wyznaczaniu deformacji powierzchni. Konferencja naukowo-techniczna „IV Dni Miernictwa Górniczego i Ochrony Terenów Górniczych". Rytro 1997.

4. Jóźwik M.: Kompleksowa metoda pomiarów deformacji terenu na liniach obserwacyjnych. Konferencja naukowo-techniczna „II Dni Miernictwa Górniczego i Ochrony Terenów Górniczych". Ustroń - Jaszowiec 1993.
5. Maciaszek J., Novak J., Schenk J., Smirnow S.P., Szewczyk J., Wiereszczagin S.G., Zemisew W.N.: Badania pogórniczych deformacji powierzchni terenu z zastosowaniem nowoczesnych technologii (omówienie doświadczeń polskich, czeskich i rosyjskich). „Geodezja", półrocznik AGH - tom 4, z. 2. Kraków 1998.
6. Mielimąka R.: Wykorzystanie programów EDN - OPN do realizacji zadań z zakresu prognozowania szkód górniczych. Referat na Międzynarodowe Seminarium SGP nt. „Geodezyjnej obsługi budowy i eksploatacji szybów górniczych i dźwigowych oraz wybranych zagadnień z zakresu wpływów eksploatacji górniczej na powierzchnię terenu". Gliwice, kwiecień 1998.
7. Pielok J.: Kompleksowe badania geokinematyki terenu górniczego w oparciu o sieć stacji referencyjnych GPS na terenie GOP i ROW. Konferencja naukowo-techniczna „Nowoczesne Technologie w Badaniach Deformacji na Terenach Eksploatacji Górniczej". Zakopane 1998.
8. Popiołek E., Hejmanowski R., Wójcik A.: Badania pogórniczych deformacji terenu przy wykorzystaniu nowoczesnych technik pomiarowych. Konferencja naukowo-techniczna „IV Dni Miernictwa Górniczego i Ochrony Terenów Górniczych". Rytro 1997.
9. Sroka A., Ballhaus N., Korittke N.: Dreidimensionale Messung von abbaubedingten Bodenbewegungen mit GPS. Konferencja naukowo-techniczna „IV Dni Miernictwa Górniczego i Ochrony Terenów Górniczych". Rytro 1997.

Recenzent: Dr inż. Piotr Trzcionka

Abstract

The process of underground mining causes a number of changes in natural environment, principally of negative character. In view of economic activity of Man, the most important and hazardous changes involve the deformations of surface ground, whereof basic information, defining their magnitude and range, can be obtained through regular geodesic measurements. Nowadays, such measurements are carried out in all working underground mines, since such an obligation is required by the regulations of mining law currently in force.

Taking into consideration the significance of geodesic measurements of deformations for coal mines, the paper presents application potentials of current observation and calculation technologies used for such measurements, which considerably reduces their duration and allows to obtain better accuracy of the obtained results. General principles involving the organization of such observations were provided, currently applied techniques for the realization of such projects based on the best available geodesic equipment were presented, together with technologies used for data processing, using currently applied computer programmes. In the paper, the results of geodesic observations carried out over the part B of the deposit of Coal Mine "Morcinek" were provided to serve as an example of interpretation. Due to correct interpretation of those results, high-energy tremors effected by rapid increase of subsidence could be avoided in that area.