

Tadeusz DZIURA, Antoni KOT,
Krzysztof OPALKA

PROJEKTOWANIE GEODEZYJNYCH OBSERWACJI RUCHÓW POWIERZCHNI
WYWOŁANYCH EKSPLOATACJĄ GÓRNICZĄ
PROWADZONĄ NA DUŻYCH GŁĘBOKOŚCIACH

Streszczenie. W artykule, w oparciu o przesłanki wynikające z dotychczasowych badań deformacji powierzchni wywołanych eksploatacją górnictwem prowadzoną na dużych głębokościach, podano uwagi o projektowaniu linii (sieci) obserwacyjnych. Zwrócono uwagę na możliwości szerszego zastosowania nowoczesnej techniki pomiarowej.

1. Wprowadzenie

Każda podziemna eksploatacja górnictwem powoduje naruszenie stanu równowagi górotworu, co w konsekwencji prowadzi do deformacji powierzchni. Stałe doskonalenie technologii wybierania złóż węgla, charakteryzujące się między innymi wzrostem koncentracji produkcji i postępu przodków, jak również zmiany warunków geologiczno-górnictwowych (głównie schodzenie z eksploatacją na coraz większe głębokości) powodują, że dotychczasowy materiał obserwacyjny nie jest wystarczający dla opracowania metod prognozowania optymalnych deformacji górotworu i powierzchni w tych warunkach.

Istnieje więc potrzeba dalszego prowadzenia obserwacji geodezyjnych górotworu i powierzchni, uzupełnionych innymi metodami obserwacji. Metodami geodezyjnymi mierzy się w zasadzie dwa spośród szeregu wskaźników deformacji powierzchni, a mianowicie przemieszczenia pionowe i poziome punktów obserwacyjnych. Zwykle osnowę geodezyjną obserwacji ruchów powierzchni stanowi sieć linii obserwacyjnych, uzupełniona siecią punktów rozproszonych.

Konieczność wzrostu dokładności pomiarów, wynikająca z coraz częstszego wykorzystywania obserwacji do celów naukowych, zmusza do weryfikacji dotychczasowych metod prowadzenia obserwacji, jak również szerszego wykorzystania nowoczesnej techniki pomiarowej. W ostatnich latach zaznaczył się duży postęp w produkcji precyzyjnej aparatury geodezyjnej, takiej jak: dalmierze elektroniczne i nowe typy niwelatorów samopoziomujących, które stwarzają realne szanse osiągnięcia wyników obserwacji o bardzo wysokiej dokładności. Również optymalne wykorzystanie metod prognozowania wpływów przy projektowaniu sieci obserwacyjnych podniesie ich wartość naukową.

Zagadnienie projektowania geodezyjnych obserwacji ruchów powierzchni, wywołanych eksploatacją górnictwem prowadzoną na dużych głębokościach, jest przedmiotem zainteresowań Zespołu Miernictwa Górniczego i Gospodarki Ziemi Instytutu Techniki Eksploatacji Ziół i było realizowane w latach 1976-77 w ramach problemu 115 Ministerstwa Górniczego.

2. Prognozowanie wpływów eksploatacji górniczej prowadzonej na dużych głębokościach

Z dotychczasowych i prowadzonych aktualnie analiz wyników obserwacji deformacji powierzchni, wywołanych eksploatacją na dużych głębokościach, wynika, że stosowane metody prognozowania wymagają weryfikacji, co jest zrozumiałe, gdyż zostały one opracowane w oparciu o materiał obserwacyjny z wpływów eksploatacji na płytkich lub na średnich głębokościach (do 500 m).

Potrzeba weryfikacji metod prognozowania wpływów eksploatacji prowadzonej na dużych głębokościach wynika również z bogatych materiałów obserwacyjnych uzyskanych w ZSRR [1]. Stwierdzono, że wraz ze wzrostem głębokości rośnie wartość tzw. kątów wpływów, jak również wzrasta udział i rola tzw. deformacji dyskretnej. H. Kratsch [3] zwraca uwagę na wzrost kątów wpływów wraz ze wzrostem głębokości eksploatacji, co tłumaczy zwiększającym się udziałem warstw sztywnych w górotworze.

Z badań literaturowych, jak również w oparciu o badania własne przeprowadzone w ramach realizacji pracy [7], można, przy prognozowaniu wpływów eksploatacji prowadzonej na dużych głębokościach, kierować się następującymi uwagami:

- wielkość deformacji powierzchni zależy, przy zachowaniu innych warunków, od głębokości, ale nie w tak istotny sposób, jak wykazują na to dotychczasowe wzory. W zasadzie wskaźniki deformacji maleją, a rozmiary niecki osiadania rosną,
- współczynnik eksploatacyjny "a" nie zmienia w sposób istotny swych wartości,
- czas trwania ruchów powierzchni i ich prędkości są odwrotnie proporcjonalne do głębokości eksploatacji i zależą w sposób istotny od stanu wyeksploatowania złoża w górotworze.

Dokładność wykonywanych prognoz wpływów zależy nie tylko od stosowanej metody obliczeniowej, ale również od:

- dobrej znajomości charakterystyki górotworu i technologii wybierania,
- właściwego opracowania projektu eksploatacji i jego realizacji w praktyce.

3. Nowoczesna technika w pomiarach linii obserwacyjnych

Z szeregu nowoczesnych instrumentów geodezyjnych, które znalazły zastosowanie również w Polsce i są na wyposażeniu przedsiębiorstw geodezyjnych, należy wymienić:

1. W zakresie dalmierzy elektronicznych:

- Mekometr ME 3000 firmy Kern,
- IM 1000 firmy Kern,
- Geodimetr 700 firmy AGA,
- DJ-3 i DJ-10 firmy Wild.

2. W zakresie niwelatorów kompensacyjnych:

- Ni 002 firmy Zeiss Jena,
- Koni 007 firmy Zeiss Jena,
- Ni 025 firmy Zeiss Jena.

3. W zakresie automatycznej rejestracji wyników:

- dziurkarka Geodat 700, będąca przystawką do dalmierza Geodimetr 700.

Do pomiarów linii obserwacyjnych powinny zostać szerzej zastosowane dalmierze Mekometr ME 3000 i Geodimetr 700 oraz niwelator Ni 002. Mekometr 3000 łączy walory wysokiej dokładności ze stosunkowo prostą obsługą. Posiada automatyczną kompensację wpływu warunków termicznych i ciśnienia atmosferycznego na mierzoną odległość. Średni błąd mierzonej odległości Mekometrem ME 3000 nie przekracza

$$m_D = \pm (0,2 + 1 \cdot 10^{-6} D) \text{ w mm,}$$

gdzie D - mierzona odległość w mm.

Zasięg pomiaru 1 - 3000 m, maksymalne nachylenie celowej $\pm 40^\circ$. Wadą tego przyrządu jest brak możliwości pomiaru kątów poziomych i pionowych.

Geodimetr 700 jest połączeniem teodolitu kodowego z dalmierzem laserowym, przy czym wyniki pomiaru mogą być wyświetlane w postaci cyfrowej na pulpicie sterowanym lub perforowane na taśmie, jeżeli do instrumentu zostanie podłączona dziurkarka AGA Geodat 700.

Średni błąd mierzonej długości

$$m_D = \pm (5,0 \cdot 1 \cdot 10^{-6} D) \text{ w mm,}$$

gdzie D - mierzona odległość w mm.

Zasięg pomiaru 0,1 - 500 m.

Dokładność pomiaru kąta poziomego $\pm 5''$ a kąta pionowego $\pm 10''$.

Niwelator Ni 002 jest obecnie najnowocześniejszym przyrządem do pomiarów wysokościowych. Konstrukcja niwelatora umożliwia wykonywanie pomiarów wysokościowych z jednego stanowiska do wielu punktów różnie odległych, przy

ozym wyznaczone przewyższenia są obarczone jedynie błędami odczytów i ustawienia łańcuchów niwelacyjnych.

Średni błąd podwójnej niwelacji odcinka wynosi

$$m_h = \pm 0,2 \cdot D \text{ (mm)},$$

gdzie D - długość odcinka niwelacji, km.

4. Projektowanie obserwacji geodezyjnych

Przy projektowaniu sieci obserwacyjnych, szczególnie dla śledzenia przebiegu deformacji powierzchni wywołanych eksploatacją górnictwem, prowadzoną na dużych głębokościach, spotykamy się z problemami:

- wyboru terenów górniczych do obserwacji,
- opracowywania wstępnych prognoz deformacji powierzchni,
- wyboru kształtu geodezyjnej sieci obserwacyjnej, dostosowująco ją do celów obserwacji, potrzeb dokładnościowych, z uwzględnieniem nowoczesnej techniki pomiarowej i obliczeniowej,
- doboru stałych (i kontroli stałości) punktów nawiazania sieci obserwacyjnych (dla przemieszczeń pionowych i poziomych),
- doboru długości baz do pomiarów poziomych przesunięć powierzchni,
- częstotliwości pomiarów oraz synchronizacji pomiarów z eksploatacją górnictwem.

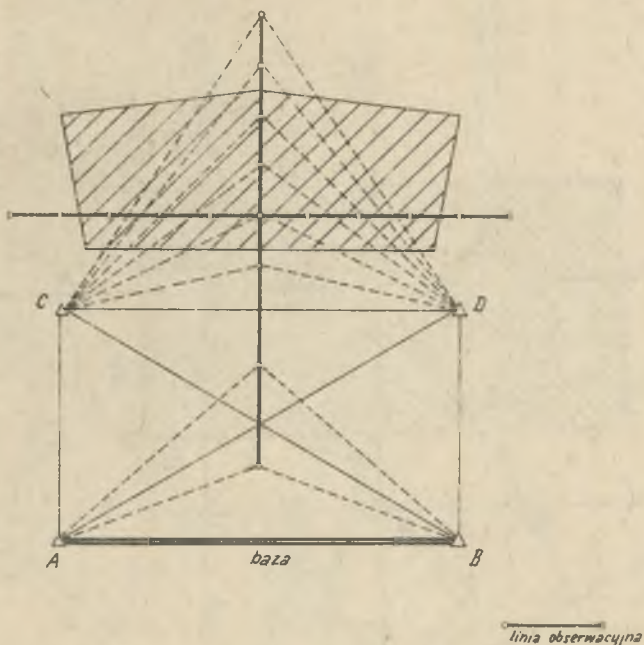
Ze względu na specyfikę terenów górniczych wskazane jest zakładanie sieci obserwacyjnych w obszarach górniczych kopalń położonych przy granicy zalegania złoża kopaliny, względnie w rejonach dotychczas nie objętych eksploatacją górnictwem.

Istnieje wtedy możliwość lokalizacji punktów nawiazania w dużej odległości od eksploatacji, dająca pewność co do stałości tych punktów. Znacznie wzrasta również wartość naukowa takich obserwacji. W aktualnym rozwoju eksploatacji w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym wyszukanie takiego rejonu jest niezmiernie trudne, ale jednocześnie bardzo ważne.

W warunkach głębokiej eksploatacji należy liczyć się z powolnym narastaniem obniżen powierzchni i łagodnym profilem niekiedy osiadań. Mająco to na uwadze oraz informacje podane w punkcie 3, powstaje potrzeba zakładania nowych typów sieci obserwacyjnych, a mianowicie zakładania osnów trilateracyjnych w formie trójkątów lub czworoboków uzupełnionych klasycznymi liniami obserwacyjnymi. Przykłady takiego rozwiązania podano na rysunkach 1, 2 i 3.

Wyjście z punktami nawiazania sieci obserwacyjnej daleko poza rejon projektowanej eksploatacji (1 - 3 km), z uwagi na możliwość wykonywania dokładnych pomiarów liniowych i wysokościowych, nie stanowi obecnie problemu. O kształcie osnów trilateracyjnych decydują wymiary pól eksploatacyj-

nych i wzajemna widoczność między poszczególnymi punktami. Punkty nawiązania winny być punktami stałymi w dotychczasowym zrozumieniu.



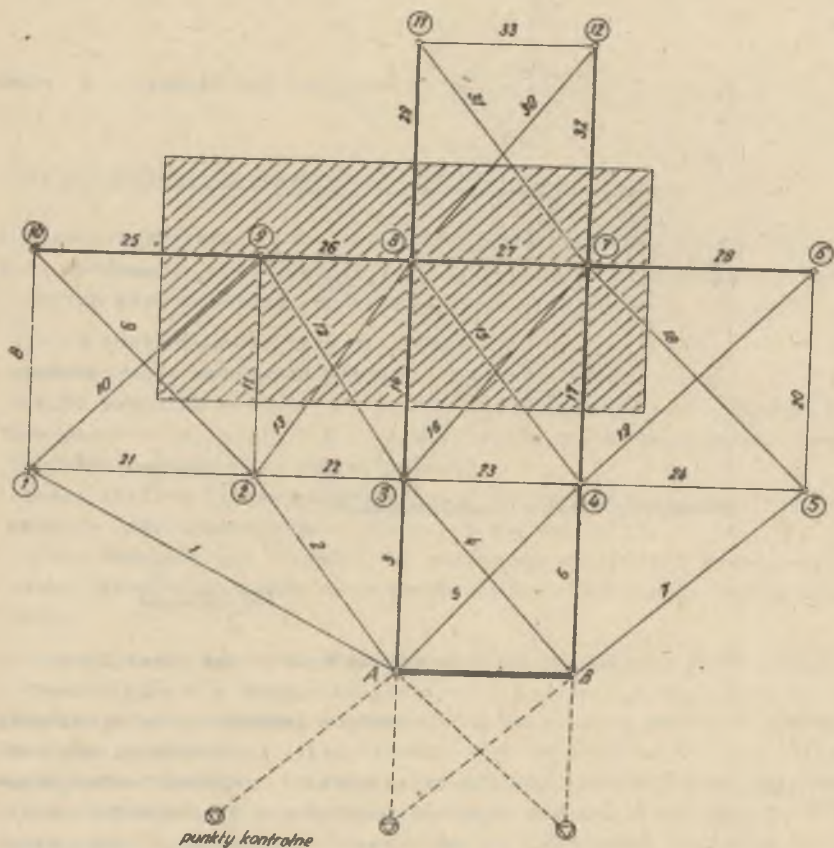
Rys. 1. Czworobok geodezyjny trilateracyjny oraz układ sieci liniowych

Wyjaśnienia wymagają pojęcia stałości punktów leżących poza granicami eksploatacji, czy też zasięgu wpływów eksploatacji. Teoretycznie nie można wyróżnić jakiegoś kresu zasięgu wpływów, gdyż na przykładzie tzw. "krzywej wpływów" widać, że muszą one rozprzestrzeniać się do nieskończoności. Można jednak wyróżnić taką odległość od krawędzi eksploatacji, poza którą wpływy eksploatacji na skutek ograniczonej dokładności pomiarów są już nieuchwytnie. Odległości te należy ustalać w oparciu o prognozy deformacji powierzchni oraz wstępną ocenę dokładności pomiarów.

Mając na uwadze potrzebę uzyskiwania maksymalnych dokładności pomiarów, technika pomiaru obniżen powinna polegać na obserwacji w pierwszej kolejności punktów głównych sieci w nawiązaniu do reperów bazowych, tworząc układy zamknięte.

W drugiej kolejności należy określać wysokości pomiarów pośrednich w nawiązaniu do punktów głównych.

Pomiary liniowe osnów obserwacyjnych przy użyciu dalmierzy należy również wykonywać w dwu etapach. W pierwszym należy mierzyć odległości między punktami głównymi towarzyszącymi sieć trójkątów i czworoboków, a w drugim etapie długości odcinków linii obserwacyjnych, bezpośrednio lub pośrednio,

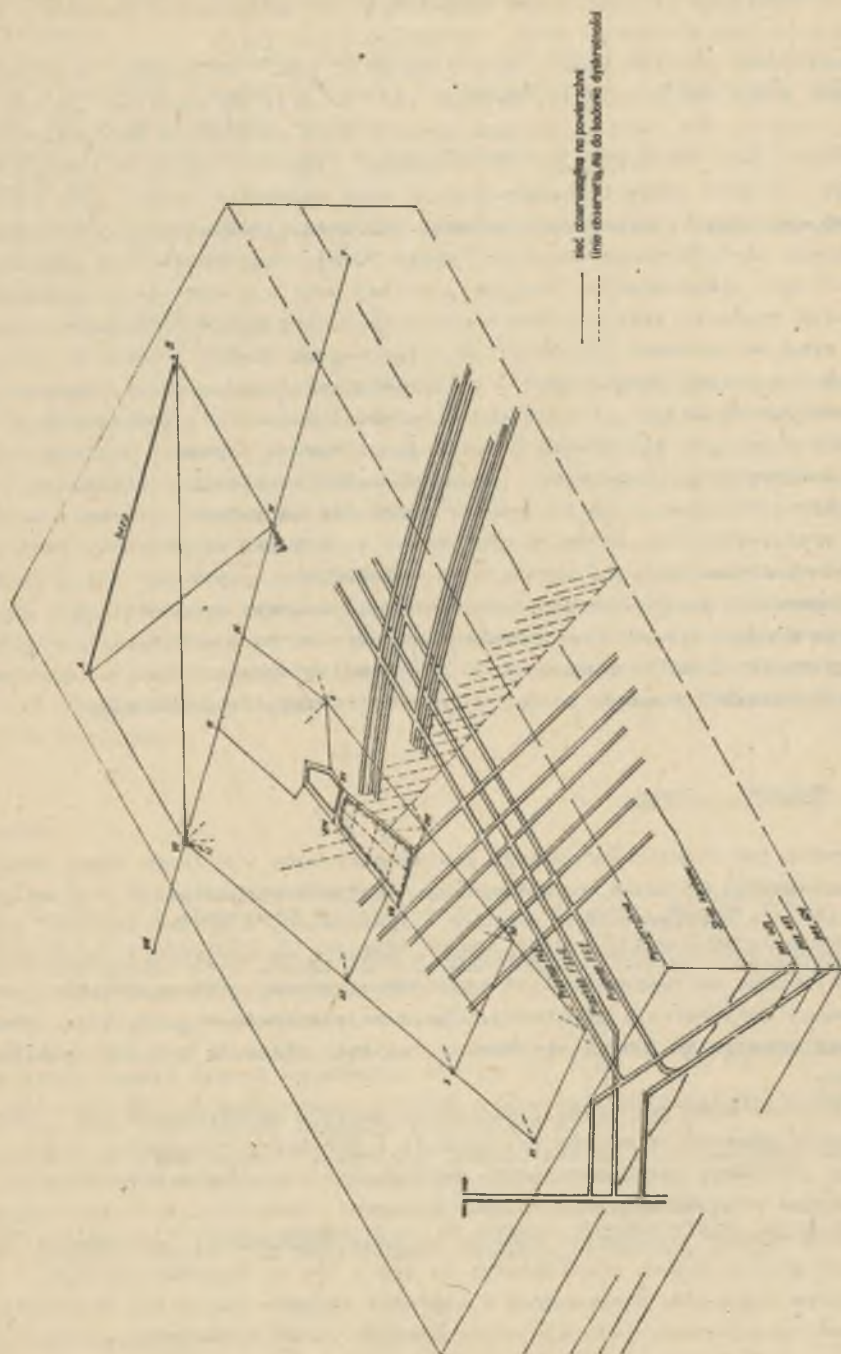


Pomiar liniowy w sieci
Geodimetr 700

Pomiar wzdłuż linii
Mekometr ME 3000

7 — 8
linia obserwacyjna

Rys. 2. Układ ozworoboków trilateracyjnych



Rys. 3. Mapa przestrzenna sieci obserwacyjnej wpływów eksploatacji górniczej

za pomocą wieńców liniowych. O zastosowaniu trilateracji wykonanej Mekometrem i triangulacji teodolitem sekundowym, do badań wpływu wyrobisk górniczych na powierzchnię terenu, informuje praca [2].

Analizując problem doboru bazy liniowej, tzn. odległości sąsiednich punktów linii obserwacyjnej, zauważa się, że wraz ze wzrostem głębokości eksploatacji, dla celów ustalenia przeciętnych wskaźników deformacji powierzchni, możliwe byłoby jej zwiększenie. Jednakże biorąc pod uwagę specyfikę pomiarów osnów trilateracyjnych oraz charakter budownictwa na terenach górniczych, wydaje się celowe, aby baza liniowa odpowiadała długości linii zdylatowanego segmentu (około 20 m), niezależnie od głębokości prowadzonej eksploatacji. Przyjęcie stałej bazy uzasadnione jest również wzrostem rozrzutu statystycznego mierzonych wskaźników deformacji powierzchni wraz ze wzrostem głębokości eksploatacji.

Istotną sprawą jest określenie częstotliwości wykonywania pomiarów. Jak wiadomo czas i okresy prowadzenia obserwacji ustala się indywidualnie dla każdego rejonu, w zależności od rodzaju górotworu, systemu wybierania, rozmiarów i postępu eksploatacji oraz głębokości zalegania pokładu. Z uwagi na zwiększenie dokładności pomiarów uważa się za celowe utrzymać dotychczas przyjmowane dla średnich głębokości czasokresy obserwacji.

Należy stwierdzić, że obowiązujące od 1960 roku wytyczne dla prowadzenia obserwacji ruchów terenu i obiektów pod wpływem eksploatacji górniczej są w wielu przypadkach nieaktualne. Wynika to z faktu, że wiele teorii opisujących wpływ eksploatacji górniczej na powierzchnię uległo ewolucji i nastąpił znaczny postęp w budowie przyrządów geodezyjnych.

5. Wnioski i uwagi

- a. Geodezyjne badania deformacji powierzchni będą w dalszym ciągu podstawową metodą badawczą w zagadnieniach wpływów eksploatacji górniczej. Właściwie zaprogramowane pomiary i opracowane, z wykorzystaniem metod statyki matematycznej, ich wyniki - pozwolą na uzyskanie najbardziej zbliżonego do rzeczywistości czasoprzestrzennego obrazu skutków prowadzonej eksploatacji górniczej. Obserwacje wpływów eksploatacji górniczej wykonywane innymi metodami w zasadzie stanowią badania uzupełniające.
- b. Aktualnie brak wytycznych, względnie założeń metodycznych dla prowadzenia obserwacji ruchów powierzchni i górotworu wywołanych eksploatacją górniczą, uwzględniających duży postęp w technologii wybierania, jak też w technice pomiarów geodezyjnych.
- c. Dotychczasowe geodezyjne badania wpływów eksploatacji wykonywane były przy głębokościach eksploatacji do 400 - 500 m. Przydatność tych pomiarów dla celów poznawczych w zakresie wpływów głębokiej eksploatacji jest ograniczona. Istnieje więc pilna potrzeba prowadzenia obserwacji

- w rejonach, gdzie projektuje się eksploatację górnictwem na większych głębokościach.
- d. Podstawę dla projektowania obserwacji geodezyjnych powinna stanowić prognoza w zakresie parametrów teorii ruchów górotworu i wskaźników deformacji sporządzona metodą analogii.
- e. Dalszymi istotnymi elementami w projektowaniu sieci obserwacji geodezyjnych są:
- wybór kształtu geodezyjnej sieci obserwacyjnej, dobór instrumentów, dokładność i metody pomiaru,
 - nawiązanie sieci,
 - dobór długości baz liniowych,
 - częstotliwość i okresy obserwacji.
- f. Przy eksploatacji pokładów zalegających na dużych głębokościach mogą wystąpić znaczne rozbieżności między przyjętymi w prognozach wpływów a stwierdzonymi w czasie pomiarów wskaźnikami deformacji powierzchni. Wówczas należy uaktualnić projekt obserwacji, wprowadzając odpowiednie zmiany w zakresie lokalizacji punktów obserwacyjnych, częstotliwości i metodyki wykonywania pomiarów.
- g. Wyniki badań wpływów na powierzchnię eksploatacji prowadzonej na większych głębokościach, uzyskane przy zastosowaniu nowoczesnej techniki pomiarowej, umożliwią prowadzenie racjonalnej profilaktyki górniczej i budowlanej w rejonach, gdzie prowadzi się - względnie zamierza się prowadzić - taką eksploatację, w tym szczególnie w rejonach Lubelskiego Zagłębia Węglowego.

LITERATURA

- [1] Akimow A.G. i inni: Sdwiżeniye gornych porod pri podziemnoy razrabotkie ugotnykh i slancevyykh miestoroždieniy. "Niedra", Moskwa 1970.
- [2] Farmen J.W., Attewel P.B.: A note on the similarities between ground movement around soft ground tunnels and longwall mining excavations. The Mining Eng. 1975, nr 5, s. 397-405.
- [3] Kratsch H.: Bergschadenkunde. Verlag Berlin, 1974.
- [4] Skinderowicz Br.: Metodyka pomiarów geodezyjnych dla określenia kształtu dynamicznych niecek osiadania. OTG nr 33, 1975.
- [5] Szpetowski St.: O opracowaniu wyników pomiarów deformacji prowadzonych na terenach górniczych. Przegląd Geodezyjny nr 9, 1973.
- [6] Wytyczne dla prowadzenia obserwacji ruchów terenu i odkształceń terenu pod wpływem eksploatacji górniczej. GIG - Katowice, 1960.
- [7] Opracowanie kompleksowych obserwacji zmian zachodzących pod wpływem eksploatacji górniczej prowadzonej na dużych głębokościach wytypowanej kopalni. Prace ITEZ Politechniki Śląskiej, Gliwice, 1975.

Wpłynęło do Redakcji 8.09.80 r. Recenzent:

Doc. dr hab. inż. Bronisław Skinderowicz

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ ДВИЖЕНИЙ ПОВЕРХНОСТИ,
ВЫЗВАННЫХ ГОРНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ, ПРОВОДИМОЙ НА БОЛЬШИХ ГЛУБИНАХ

Р е з ю м е

В статье на базе предпосылок, вытекающих из проводимых до сих пор исследований деформации поверхности, вызванных горной эксплуатацией, осуществляемой на больших глубинах, даны примечания о проектировании наблюдательных линий сетей. Обращено внимание на возможности более широкого применения современной измерительной техники.

THE DESIGN OF SURVEYING OBSERVATION OF SURFACE MOVEMENT CAUSED
BY MINING AT BIG DEPTHS

S u m m a r y

The article presents the comments on the design of the observation line network basing on the circumstances that arise from the surface deformation analysis caused by mining at big depths. Wider use of modern measuring technique has been considered.