Bernard DRZĘŹLA, Tomasz CISEK

### NIEKTÓRE ASPEKTY ZAGADNIENIA LOKALIZACJI OGNISK WSTRZĄSÓW GÓROTWORU W OBSZARACH PRZYGRANICZNYCH KOPALŃ

Streszczenie. W artykule przedstawiono możliwości redukcji błędu lokalizacji ognisk wstrząsów gencrowanych w obszarach przygranicznych kopalń sąsiadujących. Przedstawiona metoda polega na wykorzystaniu w procesie lokalizacji sejsmometrów pochodzących z istniejących już na sąsiednich kopalniach sieci sejsmicznych. W wyniku tego uzyskujemy zmianę konfiguracji sieci, co powoduje, że wstrząs zewnętrzny w stosunku do sieci z pojedynczej kopalni jest wstrząsem wewnętrznym dla nowo skonfigurowanej sieci. Ma to podstawowe znaczenie w przypadku lokalizacji w oparciu o czasy pierwszych wstąpień fali P na poszczególnych stanowiskach (tzw. metoda P lokalizacji powszechnie stosowana w polskich kopalniach). Rozważania przeprowadzono na przykładzie sieci teoretycznych, jak również rzeczywistych, pochodzących z trzech sąsiadujących ze sobą kopalń.

## SOME ASPECTS OF SUBJECT OF HYPOCENTER LOCATION IN MINES BORDERLINE AREAS

Summary. The paper presents possibility of hypocenter location error reduction in case of events generated in borderline areas of adjoining mines. The presented way consists in using seismometers from already existing seismic networks in adjoining mines. Subsequently to this we obtain a change of network configuration, what makes external event for a single mine network, an internal for new configurated network. It is most significant in case of a P wave arrival times location. The survey was carried on example of theoretical network as well as real, existing in three adjoining mines, networks.

#### 1. Wprowadzenie

Lokalizacja ognisk wstrząsów, jako zagadnienie o kluczowym znaczeniu dla sejsmologii, w szczególności górniczej, wymaga osiągania odpowiednich dokładności. Istnieje wiele czynników mających wpływ na występowanie i wielkość błędów lokalizacji. Jednym z nich jest niewłaściwe rozmieszczenie sejsmometrów względem obszaru, w którym należy się spodziewać wystąpienia wstrząsów. Daje się to szczególnie we znaki w przypadku stosowania metody P lokalizacji, najpowszechniej stosowanej w Polsce. Metoda ta lokalizuje z bardzo dużym błędem wstrząsy powstałe na zewnątrz sieci (tzn. poza polem największej z figur powstałych w wyniku połączenia ze sobą punktów odpowiadających stanowiskom sejsmometrów, a w przypadku przestrzennym poza objętością odpowiedniej bryły). Obszary przygraniczne kopalń sąsiadujących leżą właśnie na zewnątrz obszarów obejmowanych przez kopalniane sieci sejsmometrów, a przebieganie granic obszarów górniczych kopalń wzdłuż linii zaburzeń tektonicznych powoduje, że może powstawać tam znaczna liczba wstrząsów.

#### 2. Zagadnienie uwarunkowania układu równań stacyjnych

Współczynniki w układach równań stacyjnych rozwiązywanych w procesie lokalizacji ognisk wstrząsów są obarczone pewnymi błędami, takimi jak: błędy czasów wejść, błędy współrzędnych stanowisk, błąd predkości fali. Układy równań, w których małe błędy w danych powodują duże błędy w wynikach, to układy źle uwarunkowane. Układ może być do tego stopnia źle uwarunkowany, że rozwiazywanie go mija się z celem.

W przypadku układu równań stacyjnych uwarunkowanie to zależy wprost od geometrii przestrzennego (bądź płaskiego - w zagadnieniu dwuwymiarowym) rozmieszczenia stanowisk sejsmometrów względem obszaru aktywnego sejsmicznie.

#### 3. Krótka informacja o programach optymalizacji sieci sejsmometrów

Istnieją dwie zasadnicze grupy programów komputerowych opracowanych w Instytucie Eksploatacji Złóż Politechniki Śląskiej, które mogą być przydatne przy optymalizacji sieci sejsmometrów. Grupa pierwsza utworzona została na bazie podstawowego programu o nazwie PL28, a grupa druga - na bazie programu PL29. Obie grupy zawierają różne odmiany programów podstawowych.

Program PL28 sporządza mapy potencjalnych (tj. teoretycznie oszacowanych) błędów lokalizacji z możliwością uwzględnienia następujących opcji:

- metoda lokalizacji P lub S-P,
- lokalizacja płaska lub przestrzenna (w przypadku lokalizacji przestrzennej zadaje się poziomy w górotworze, dla których mają być sporządzone mapy),
- można sporządzać mapy błędów lokalizacji spowodowanych błędami czasów wystąpienia, błędami prędkości lub błędami współrzędnych stanowisk,
- uwzględniono (do wyboru) dwa modele rozchodzenia się fal sejsmicznych w górotworze: model ośrodka jednorodnego i izotropowego i model ośrodka jednorodnego z anizotropią elipsoidalną,
- rozpatruje się trzy postacie równań stacyjnych: równania stacyjne oryginalne, równania stacyjne bez pierwiastków (odpowiednio podniesione do kwadratu) oraz równania stacyjne algebraicznie zlinearyzowane.

Program PL29 działa w ten sposób, że zadaje mu się m. in. następujące dane:

- obszary występowania wstrząsów (z odpowiednimi wagami), względem których należy sieć zoptymalizować,
- zestawienie wszystkich potencjalnych (tj. technicznie możliwych) położeń stanowisk sejsmometrów (w postaci współrzędnych konkretnych punktów lub końców odcinków, na których mogą leżeć stanowiska),
- liczbę stanowisk projektowanej sieci,
- ewentualne położenie stanowisk ustalonych z góry (np. w przypadku sieci już istniejącej, która ma podlegać tylko częściowej rekonstrukcji).

Na podstawie powyższych danych program PL29 wybierze optymalną konfigurację sieci.

#### 4. Inżynierskie zasady optymalizacji sieci sejsmometrów

Wyniki dotychczasowych badań nad optymalizacją sieci sejsmometrów pozwoliły na zestawienie stosunkowo nieskomplikowanych reguł, stosowanic których pozwala na konstrukcję wystarczająco poprawnych sieci. Przytoczenie wszystkich prawidłowości uczyniłoby tę pracę zbyt obszerną, dlatego autorzy zdecydowali się przypomnieć tylko dwie podstawowe (Drzęźla 1992).

Pierwsza podstawowa zasada stosowana w przypadku projektowania sieci sejsmometrów mówi, że sejsmometry powinny być równomiernie rozmieszczone (tj. w jednakowych odległościach kątowych) wokół rozpatrywanego rejonu. Oznacza to, że stanowiska powinny leżeć na liniach łączących ognisko z wierzchołkami lub środkami boków wielokąta foremnego (w przypadku przestrzennym odpowiednio wierzchołkami lub środkami ścian wielościanu foremnego), w środku którego leży ognisko.

Jeżeli dysponujemy odpowiednią liczbą sejsmometrów, a skorzystanie z powyższej zasady jest utrudnione lub wręcz niemożliwe, to możemy wydzielić podsieci zawierające nie mniej niż 3 stanowiska w przypadku płaskim i 4 w przypadku przestrzennym i każdą z nich zoptymalizować niezależnie zgodnie z powyższą zasadą. Poszczególne podsieci mogą być względem siebie rozmieszczone dowolnie.

#### 5. Specyfika lokalizacji w obszarach przygranicznych kopalń

Lokalizacja ognisk wstrząsów powstających w obszarach przygranicznych kopalń napotyka na trudności wynikające z niespełnienia powyższych zasad. Błędy odczytu czasu pierwszych wejść poszczególnych grup falowych na dane stanowiska przenosżą się na wyniki, tj. współrzędne ogniska i czas wystąpienia zdarzenia, w takim stopniu, że lokalizowanie ognisk może być pozbawione sensu.

Rozpatrzmy taki teoretyczny przykład sieci sześciu sejsmometrów rozmieszczonych, w którym ich stanowiska znajdują się w wierzchołkach sześciokąta foremnego - rys. 1. W przypadku gdy lokalizujemy wstrząsy powstałe w obszarze I z rys. 1, błąd lokalizacji jest stosunkowo niewielki (rys 2.a), ponieważ obszar ten leży wewnątrz sieci, co zapewnia przybliżone spełnienie powyższych zasad.



- Rys.1. Rozmieszczenie stanowisk sejsmometrów względem rozpatrywanych obszarów aktywności sejsmicznej. Przpadek teoretyczny
- Fig. 1. Distribution of seismic station to considerated areas of seismic activity. Theoretical case



Rys. 2.a. Mapy izolinii błędów lokalizacji ognisk wstrząsów. Metoda P lokalizacji, dla równań nieliniowych z pierwiastkiem, źródło błędów - błąd czasów wejścia równy 0.01 s. Z obszaru I rys. 1

Fig. 2.a. Contours of expected errors of hypocenter location.Location by P wave arrival times. Nonlinear equation with root, cause of errors - the accuracy of arrival times 0.01 s. From area 1 fig 1

Jeżeli jednak zajdzie konieczność lokalizacji wstrząsów powstałych poza obszarem obejmującym pole sześciokąta, to wraz ze wzrostem odległości będzie znacznie wzrastał błąd tejże lokalizacji (ws 2 b);



Rys. 2.b. Mapy izolinii błędów lokalizacji ognisk wstrząsów. Metoda P lokalizacji, dla równań nieliniowych z pierwiastkiem, źródło błędów - błąd czasów wejścia równy 0.01 s. Z obszaru II rys. 1

Fig. 2.b. Contours of expected errors of hypocenter location.Location by P wave arrival times. Nonlinear equation with root, cause of errors - the accuracy of arrival times 0.01 s. From area II fig 1

Podobne obserwacje zanotujemy w przypadku zastosowania metody S-P lokalizacji (rys. 3.a i 3.b), chociaż w tym przypadku różnica jest znacznie mniejsza.

Średnie błędy całkowe lokalizacji w rozważanych obszarach, przy założonych błędach w danych, wynoszą odpowiednio: 26.7 m i 219.9 m - dla metody P oraz 72.2 m i 109.8 m dla metody S-P. Skądinąd wiadomo, że w niektórych przypadkach metoda S-P może lokalizować wstrząsy zewnętrzne równie dokładnie co wewnętrzne. Nie możemy jednak zapominać, że metoda ta jest zawsze obarczona stosunkowo dużym błędem odczytu pierwszego wejścia fali S.

Rozważania te można przenieść i przetestować na przykładzie rzeczywiście istniejących sieci kopalnianych. Na rysunku 4 widzimy rejon przygraniczny kopalń "Halemba", "Nowy Wirek" oraz "Śląsk". Nie zaznaczono na nim granic obszarów górniczych tych kopalń, a jedynie ich sieci sejsmometryczne.



- Rys. 3. Mapy izolinii błędów lokalizacji ognisk wstrząsów. Metoda S-P lokalizacji, dla równań nieliniowych z pierwiastkiem, źródło błędów - błąd czasów wejścia równy 0.01 s. a - z obszaru I rys. 1, b - z obszaru II rys. 1
- Fig. 3. Contours of expected errors of hypocenter location. Location by S-P method. Nonlinear equation with root, cause of errors the accuracy of arrival times 0.01 s. a-from area I fig 1, b from area II fig 1



- Rys. 4. Rozmieszczenie stanowisk sejsmometrów pochodzących z sieci z kopalń "Hałemba", "Nowy Wirek" i "Śląsk". Linią przerywaną zaznaczono rozpatrywany obszar przygraniczny
- Fig. 4. Fig. 1. Distribution of seismic station from three seismic networks located on "Halemba", "Nowy Wirek" and "Sląsk" coal mines. Considerated frontier area are marked by dashed line



- Rys. 5.a. Mapy izołinii błędów lokalizacji ognisk wstrząsów z obszaru zaznaczonego na rys. 4 przy użyciu sieci z poszczególnych kopalń. Metoda P lokalizacji, dla równań nieliniowych z pierwiastkiem, źródło błędów błąd czasów wejścia równy 0.01 s. Sieć KWK "Halemba"
- Fig. 5.a. Contours of expected errors of hypocenter location from area marked on fig. 4.Location by P wave arrival times. Nonlinear equation with root, cause of errors the accuracy of arrival times 0.01 s. "Halemba" coal mine seismic network



- Rys. 3. Mapy izolinii błędów lokalizacji ognisk wstrząsów. Metoda S-P lokalizacji, dla równań nieliniowych z pierwiastkiem, źródło błędów - błąd czasów wejścia równy 0.01 s. a - z obszaru I rys. 1, b - z obszaru II rys. 1
- Fig. 3. Contours of expected errors of hypocenter location. Location by S-P method. Nonlinear equation with root, cause of errors the accuracy of arrival times 0.01 s. a-from area 1 fig 1, b from area 11 fig 1



- Rys. 4. Rozmieszczenie stanowisk sejsmometrów pochodzących z sieci z kopalń "Halemba", "Nowy Wirek" i "Śląsk". Linią przerywaną zaznaczono rozpatrywany obszar przygraniczny
- Fig. 4. Fig. 1. Distribution of seismic station from three seismic networks located on "Halemba", "Nowy Wirek" and "Sląsk" coal mines. Considerated frontier area are marked by dashed line



- Rys. 5.a. Mapy izolinii błędów lokalizacji ognisk wstrząsów z obszaru zaznaczonego na rys. 4 przy użyciu sieci z poszczególnych kopalń. Metoda P lokalizacji, dla równań nieliniowych z pierwiastkiem, źródło błędów błąd czasów wejścia równy 0.01 s. Sieć KWK "Halemba"
- Fig. 5.a. Contours of expected errors of hypocenter location from area marked on fig. 4.Location by P wave arrival times. Nonlinear equation with root, cause of errors the accuracy of arrival times 0.01 s. "Halemba" coal mine seismic network



- Rys. 5.b. Mapy izolinii błędów lokalizacji ognisk wstrząsów z obszaru zaznaczonego na rys. 4 przy użyciu sieci z poszczególnych kopalń. Metoda P lokalizacji, dla równań nieliniowych z pierwiastkiem, źródło błędów błąd czasów wejścia równy 0.01 s. Sieć KWK "Nowy Wirek"
- Fig. 5.b. Contours of expected errors of hypocenter location from area marked on fig. 4. Location by P wave arrival times. Nonlinear equation with root, cause of errors the accuracy of arrival times 0.01 s. "Nowy Wirck" coal mine seismic network



- Rys. 5.c. Mapy izolinii błędów lokalizacji ognisk wstrząsów z obszaru zaznaczonego na rys. 4 przy użyciu sieci z poszczegółnych kopalń. Metoda P lokalizacji, dla równań nieliniowych z pierwiastkiem, źródło błędów błąd czasów wejścia równy 0.01 s. Sieć KWK "Śląsk"
- Fig. 5.c. Contours of expected errors of hypocenter location from area marked on fig. 4.Location by P wave arrival times. Nonlinear equation with root, cause of errors the accuracy of arrival times 0.01 s. "Śląsk" coal mine seismic network



- Rys. 6.a. Mapy izolinii błędów lokalizacji ognisk wstrząsów z obszaru zaznaczonego na rys. 4 przy użyciu sieci z poszczególnych kopalń. Metoda S-P lokalizacji, dla równań nieliniowych z pierwiastkiem, źródło błędów błąd czasów wejścia równy 0.01 s.Sieć KWK "Halemba"
- Fig. 6.a. Contours of expected errors of hypocenter location from area marked on fig. 4.Location by S-P method. Nonlinear equation with root, cause of errors - the accuracy of arrival times 0.01 s. "Halemba" coal mine seismic network



- Rys. 6.b. Mapy izolinii błędów lokalizacji ognisk wstrząsów z obszaru zaznaczonego na rys. 4 przy użyciu sieci z poszczególnych kopalń. Metoda S-P lokalizacji, dla równań nieliniowych z pierwiastkiem, źródło błędów błąd czasów wejścia równy 0.01 s.Sieć KWK " Nowy Wirek"
- Fig. 6.b. Contours of expected errors of hypocenter location from area marked on fig. 4.Location by S-P method. Nonlinear equation with root, cause of errors - the accuracy of arrival times 0.01 s. "Nowy Wirek" coal mine seismic network



- Rys.6.c. Mapy izolinii błędów lokalizacji ognisk wstrząsów z obszaru zaznaczonego na rys. 4 przy użyciu sieci z poszczególnych kopalń. Metoda S-P lokalizacji, dla równań nieliniowych z pierwiastkiem, źródło błędów błąd czasów wejścia równy 0.01 s.Sieć KWK "Śląsk"
- Fig.6.c. Contours of expected errors of hypocenter location from area marked on fig. 4. Location by S-P method. Nonlinear equation with root, cause of errors - the accuracy of arrival times 0.01 s. "Śląsk" coal mine seismic network

Na rysunku 5 a, b i c widzimy mapy błędów lokalizacji ognisk wstrząsów pochodzących z zaznaczonego na rysunku 4 obszaru przy użyciu osobno sieci sejsmometrów pochodzących z poszczególnych kopalń.

Rysunki 6 a, b i c przedstawiają tę samą sytuację odpowiednio dla metody S-P.

Z przedstawionych map błędu jasno wynika, że tereny przygraniczne stwarzają w rzeczywistości problemy z lokalizacją ognisk w nich generowanych.

Powstaje zatem pytanie, jak przy wykorzystaniu istniejących sieci poprawić uwarunkowania układów równań stacyjnych, a co za tym idzie - znacznie ograniczyć błędy lokalizacji hipocentrów wstrząsów.

# 6. Możliwości poprawy dokładności lokalizacji w obszarach przygranicznych kopalń sąsiadujących

Poprawę dokładności lokalizacji ognisk wstrząsów w rozpatrywanych rejonach można osiągnąć w prosty sposób wykorzystując w tym procesie sejsmometry najbliżej leżące pochodzące z sieci dwóch lub więcej kopalń. Wróćmy do przypadku teoretycznego i wyobraźmy sobie dwie sieci sejsmometrów o identycznie skonfigurowanych stanowiskach (rys. 7).



- Rys. 7. Rozinieszczenie stanowisk sejsmometrów pochodzących z dwóch sieci względem rozpatrywanego obszaru aktywności sejsmicznej, zaznaczonego linią przerywaną, tożsamego z obszarem II z rys. 1. Rozwinięcie przypadku teoretycznego z rys. 1
- Fig. 7. Distribution of seismic station from two networks to considerated areas of seismic activity, marked by dashed line, identical to area II from fig. 1.Explicate of theoretical case from fig. 1



- Rys. 8. Mapy izolinii błędów lokalizacji ognisk wstrząsów z obszaru zaznaczonego na rys. 4 przy użyciu stanowisk 1, 5, 6, 8, 9, 10. Metoda P lokalizacji, dla równań nieliniowych z pierwiastkiem, żródło błędów - błąd czasów wejścia równy 0.01 s
- Fig. 8. Contours of expected errors of hypocenter location from area marked on fig. 7, seismic station number 1,5,6,8,9 and 10 were used. Location by P wave arrival times. Nonlinear equation with root, cause of errors the accuracy of arrival times 0.01 s



- Rys. 9. Mapy izolinii błędów lokalizacji ognisk wstrząsów z obszaru zaznaczonego na rys. 7 przy użyciu stanowisk 1, 5, 6, 8, 9, 10. Metoda S-P lokalizacji, dla równań nieliniowych z pierwiastkiem, źródło błędów - błąd czasów wejścia równy 0.01 s
- Fig. 9. Contours of expected errors of hypocenter location from area marked on fig. 7, seismic station number 1,5,6,8,9 and 10 were used. Location by S-Pmethod. Nonlinear equation with root, cause of errors the accuracy of arrival times 0.01 s



- Rys. 10. Mapy izolinii błędów lokalizacji ognisk wstrząsów z obszaru zaznaczonego na rys. 4 przy użyciu stanowisk 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 16, 17, 18, 19, 23, 25, 27, 28. Metoda P lokalizacji, dla równań nieliniowych z pierwiastkiem, źródło błędów - bład czasów wejścia równy 0.01 s
- Fig. 10. Contours of expected errors of hypocenter location from area marked on fig. 4, seismic station number 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 16, 17, 18, 19, 23, 25, 27 and 28 were used. Location by P wave arrival times. Nonlinear equation with root, cause of errors the accuracy of arrival times 0.01 s



- Rys. 11. Mapy izolinii błędów lokalizacji ognisk wstrząsów z obszaru zaznaczonego na rys. 4 przy użyciu stanowisk 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 16, 17, 18, 19, 23, 25, 27, 28. Metoda S-P lokalizacji, dla równań nieliniowych z pierwiastkiem, źródło błędów - błąd czasów wejścia równy 0.01 s
- Fig. 11. Contours of expected errors of hypocenter location from area marked on fig. 4, seismic station number 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 16, 17, 18, 19, 23, 25, 27 and 28were used. Location by S-Pmethod. Nonlinear equation with root, cause of errors the accuracy of arrival times 0.01 s

Na rysunkach 2 b i 3 b pokazano, jak przedstawia się mapa błędów w przypadku lokalizacji z użyciem każdej sieci z osobna (w przypadku sieci dolnej będzie to odwrócenie map z rys. 2 b i 3 b o 180°). W przypadku zastosowania w tym zagadnieniu sześciu sejsmometrów leżących najbliżej rozpatrywanego obszaru, a pochodzących z obu sieci, uzyskujemy wyniki jak na rys. 8 i 9. Widać więc wyraźnie, że zabieg ten znacznie poprawia dokładność lokalizacji ognisk wstrząsów.

Takie same wyniki uzyskujemy w przypadku rzeczywistych sieci kopalnianych. Porównując rysunki 5 a, b i c z rysunkiem 10 oraz rysunki 6 a, b i c z rysunkiem 11 wyraźnie widać korzyści, jakie możemy odnieść stosując powyższą metodę.

Pozostaje jeszcze zagadnienie praktycznego wykonania powyższych zaleceń. Istnieją tutaj dwie możliwości, których szczegółowy opis znacznie wykracza poza zakres niniejszego artykułu, więc zostaną one tutaj tylko wzmiankowane.

Pierwszy sposób zakłada, że sieci te nie są zsynchronizowane czasowo i polega na zapisaniu równań stacyjnych pochodzących z sejsmometrów należących do poszczególnych sieci we wspólnym układzie, przy czym jedną z tych sieci (dowolną) traktujemy jako bazową, tzn. w stosunku do czasów wejść zarejestrowanych na jej sejsmometrach będziemy wprowadzać poprawki czasowe w równaniach pochodzących z innych sieci. Poszczególne grupy równań tego układu miałyby następującą postać:

$$t_i = t_0 + d_i / v$$
  $i = 1, 2, ..., n$  (1)

$$t_i = t_0 + t_{0*} + d_i / v$$
  $i = n + 1, ..., m$  (2)

gdzie:

ti - czas wystąpienia grupy falowej na poszczególnym stanowisku sejsmometru,

to - czas wystąpienia zdarzenia,

to\* - różnica czasu pomiędzy sieciami,

v - prędkość propagacji danej grupy falowej,

di - odległość stanowiska sejsmometru od hipocentrum wstrząsu dana wzorem:

$$d_{i} = \sqrt{(x_{i} - x_{0})^{2} + (y_{i} - y_{0})^{2} + (z_{i} - z_{0})^{2}}$$
(3)

gdzie z kolei:

x<sub>i</sub>, y<sub>i</sub>, z<sub>i</sub> - współrzędne i-tego stanowiska sejsmometru,

xo, yo, zo - współrzędne hipocentrum wstrząsu.

Efekty pozytywne takiego postępowania polegają na tym, że wzrasta odpowiednio liczba równań stacyjnych i że rozpatrywany obszar znajduje się wewnątrz przyjętej sieci, a efektem negatywnym jest wzrost liczby niewiadomych. Oddziaływanie efektu negatywnego jest jednak mniejsze niż oddziaływanie efektów pozytywnych.

Alternatywnym podejściem jest pełna synchronizacja czasowa rozpatrywanych sieci, co wyeliminuje z układu równań niewiadome związane z poprawkami czasowymi. Może ona być osiągnięta w wyniku synchronizacji czasowej poszczególnych niezależnych sieci z jakimś czasem odniesienia np. czasem lokalnym.

Pełną synchronizację czasową osiągamy również traktując poszczególne sieci kopalniane jako części ponadlokalnego systemu sejsmicznego, działającego jak komputerowy system przemysłowy o charakterze kontrolno-pomiarowym. W takim przypadku wydzielenie z niego jakiegokolwiek podsystemu nie nastręczałoby większych trudności, ponieważ byłoby wykonywane przez część algorytmu zarządzającego rozproszonym systemem komputerowym. Również nad tym rozwiązaniem trwają obecnie prace (Cisek 1996).

W przypadku braku możliwości wykorzystania sieci z sąsiednich kopalń pozostaje zastosowanie metody S-P łącznie z P, ponieważ uwarunkowanie układu równań stacyjnych dla metody S-P w przypadku wstrząsu zewnętrznego pogarsza się w stopniu znacznic mniejszym niż dla metody P.

#### 7. Podsumowanie

Dokładność lokalizacji ognisk wstrząsów sejsmicznych generowanych poza obszarami obejmowanymi przez sieci sejsmiczne napotyka na poważne trudności. Są one związane uwarunkowaniem układu równań stacyjnych, którego rozwiązanie prowadzi do uzyskania współrzędnych wstrząsu oraz czasu jego inicjacji. Na podstawie dotychczasowych badań [Drzęźla 1992] stwierdzono, że w przypadku stosowania metody P-lokalizacji uwarunkowanie nadokreślonego układu równań nieliniowych utworzonego dla lokalizacji wstrząsu wygenerowanego w takim obszarze jest na tyle złe, że w wielu przypadkach nie ma sensu go rozwiązywać.

Aby poprawić istniejący stan rzeczy, należy wykorzystać w procesie lokalizacji ognisk wstrząsów generowanych w obszarach przygranicznych kopalń wzajemnie ze sobą sąsiadujących stanowiska sejsmometrów należące do sieci każdej z tych kopalń. Działanie to ma na celu doprowadzenie do sytuacji, w której wstrząs powstały w obszarze przygranicznym będzie wstrząsem wewnętrznym dla nowo powstałej (rozszerzonej) sieci. W praktyce istnieją następujące możliwości wykorzystania sejsmometrów z odrębnych sieci w procesie lokalizacji w zależności od synchronizacji czasowej poszczególnych sieci bądź jej braku:

 W przypadku gdy nie ma możliwości zapewnienia synchronizacji czasowej pomiędzy poszczególnymi sieciami, konieczne staje się wprowadzenie do układu równań stacyjnych dodatkowych niewiadomych - różnic czasu pomiędzy sieciami. Wprowadzenie tych niewiadomych zostanie zrekompensowane przez dodatkową liczbę równań pochodzących od sejsmometrów z sąsiednich sieci.

2. Alternatywą dla tego sposobu jest synchronizacja czasowa rozpatrywanych sieci, która wyeliminuje konieczność wprowadzania dodatkowej niewiadomej. Można ją osiągnąć bądź to w wyniku zastosowania w poszczególnych sieciach niezależnego czasu odniesienia, bądź poprzez integrację sieci kopalnianych w sieć ponadkopalnianą np. na poziomie spółki.

#### LITERATURA

- Cisek T.: Konfiguracja sieci sejsmometrów jako komputerowej sieci przemysłowej nowoczesny system sejsmiczny. Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa nr 9, Katowice, 1996 s. 33-36.
- Drzęźla B.: Teoretyczne i praktyczne zasady oceny błędów lokalizacji ognisk wstrząsów oraz projektowania sieci sejsmometrów. Materiały III Szkoły Geofizyki Górniczej nt. "Emisja sejsmoakustyczna w skałach", Wadowice, 10-13 marca 1992, Śląskie Wydawnictwo Techniczne, Katowice, 1992, s. 126-141.
- Drzęźla B.: Zasady projektowania konfiguracji sieci sejsmometrów. Przegląd Górniczy nr 11, 1994, s. 1-6.

- 4. Drzęźla B.: Przyczyny błędów lokalizacji ognisk wstrząsów górotworu i możliwości ich ograniczenia. Przegląd Górniczy nr 12, 1995, s. 4-10.
- Poradnik Geofizyka Górniczego, t. II, praca zbiorowa. Aut. Drzęźla B., Dubiński J.: Rozdz. 7.4; Drzęźla B.: Rozdz. 7.6. Kraków, 1995, Wydawnictwo CPPGSMiE PAN.

Recenzent: Prof.dr hab.inż. Zbigniew Fajklewicz

#### Abstract

Hypocenter location, as one of the most important problem in seismology, reqires suitable accuracy. The spatial distribution of seismic stations is one of the factors which has a significant influence on location error size. Incorrect distribution of seismic station to the area where events can be generated makes the system of nonlinear equations bad behaved, which means that small data errors can become big errors in solution. In this paper the authors present possibility of hypocenter location error reduction in case of events generated in borderline areas of adjoining mines. The presented way consists in using seismometers from already existing seismic networks in adjoining mines. Subseqently to this we obtain a change of network configuration, what makes external event for a single mine network, an internal one for new configurated network. It is most significant in case of a P wave arrival times location. The presented way does not require any new seismic stations or other devices. In terms of mathematics we get as many new eqations as seismic stations we are using in location process (except for those which belong to base mine network) and as many unknowns as another networks we are using (when we have no time synchronisation between seismic networks). The survey was carried on the example of theoretical network as well as real, existing in three adjoining mines, networks.