

## NOWE SPOSOBY OPRACOWANIA DANYCH SEJSMICZNYCH W METODZIE WSPÓLNEGO PUNKTU ODBICIA

UKD 550.834.5.05:681.3

Nieustanny wzrost wymagań w stosunku do dokładności badań sejsmicznych i zakresu ich możliwości zmusza do szukania coraz lepszego sposobu opracowywania danych sejsmicznych, najczęściej bardziej złożonego w porównaniu z istniejącym. W sejsmice refleksyjnej główną rolę odgrywa sposób wspólnego punktu odbicia (WPO), realizowany przez zastosowanie wielokrotnego pokrycia na profilu. Najważniejsze problemy opracowania materiałów metodą WPO wiążą się z określaniem, wprowadzaniem oraz korektą poprawek statycznych i dynamicznych. Nie zatrzymując się nad sposobami wyznaczania i korekty poprawek dynamicznych (są one wystarczająco opisane w literaturze), przede wszystkim zajmijmy się sposobem ich wprowadzania do maszyn cyfrowych i analogowych.

Z danych W. I. Mieszbieja i Z. M. Waksa (2) wiadomo, że przy wprowadzaniu poprawki dynamicznej powstaje zniekształcenie impulsu sejsmicznego, polegające na przesunięciu widna zapisu w stronę niskich częstotliwości. Prowadzi to do obniżenia jakości sumowania w metodzie WPO, a w określonych warunkach (duże bazy sumowania, niewielkie prędkości albo refleksy na małych czasach) może spowodować do zera wszystkie zalety metody. Tego rodzaju zniekształcenia cechują zarówno maszyny analogowe (PSZ-2, PSZ-4, ŁUCZ itp.), jak i cyfrowe, ponieważ zasadą ich działania jest konieczność praktycznie ciągłego wprowadzania poprawki dynamicznej.

Rozpatrzmy wielkość zniekształcenia amplitudy fali sumarycznej związanego z wprowadzaniem poprawek dynamicznych. Przyjmijmy prędkość wprowadzenia poprawki dynamicznej jako stałą w granicach czasu rejestracji impulsu sejsmicznego i równą  $\frac{\delta\tau_1}{\Delta t_0}$  dla pewnego kanału, gdzie  $\delta\tau_1$  jest różnicą poprawek dynamicznych w interwale czasów  $t_{02} - t_{01} = \Delta t_0$

Przy okresie zapisu sygnału wejściowego  $T$ , sygnał wyjściowy po wprowadzeniu poprawki dynamicznej będzie miał okres

$$T' = \frac{T}{1 - \frac{\delta\tau_1}{\Delta t_0}}$$

Odpowiednio, każda dyskretna wartość impulsu początkowego rozpoczynającego się w momencie  $t_0$ , po wprowadzeniu poprawki dynamicznej w czasie  $t_i$  po przejściu czoła fali znajdzie się na czasie.

$$t_{01} + \frac{t_i}{1 - \frac{\delta\tau_1}{\Delta t_0}}$$

W tym czasie na drugim kanale, mającym prędkość wprowadzenia poprawki dynamicznej  $\frac{\delta\tau_2}{\Delta t_0}$ , zostanie zarejestrowana dyskretna wartość impulsu, odpowiadającego czasowi  $t'_i$  od jego początku, tj.

$$t_{01} + \frac{t_i}{1 - \frac{\delta\tau_1}{\Delta t_0}} = t_{01} + \frac{t'_i}{1 - \frac{\delta\tau_2}{\Delta t_0}}; \text{ stąd } t'_i = t_i \frac{1 - \frac{\delta\tau_2}{\Delta t_0}}{1 - \frac{\delta\tau_1}{\Delta t_0}}$$

Wielkość amplitudy impulsu każdego składnika wchodzącego do sumy, będzie określona wartościami  $t_i$  i  $t'_i$ .

W przypadku

$$\frac{\delta\tau_1}{\Delta t_0} = 0 \quad t'_i = t_i \left(1 - \frac{\delta\tau_2}{\Delta t_0}\right)$$

W wyniku sumowania według metody wspólnego punktu odbicia sygnał sumaryczny  $A(t_i)$  przy wykorzystaniu impulsu o postaci:

$$f(t) = e^{-Kt^2} \sin 2\Pi \left( \frac{t}{T} + \frac{\varphi}{T} \right) \quad (1)$$

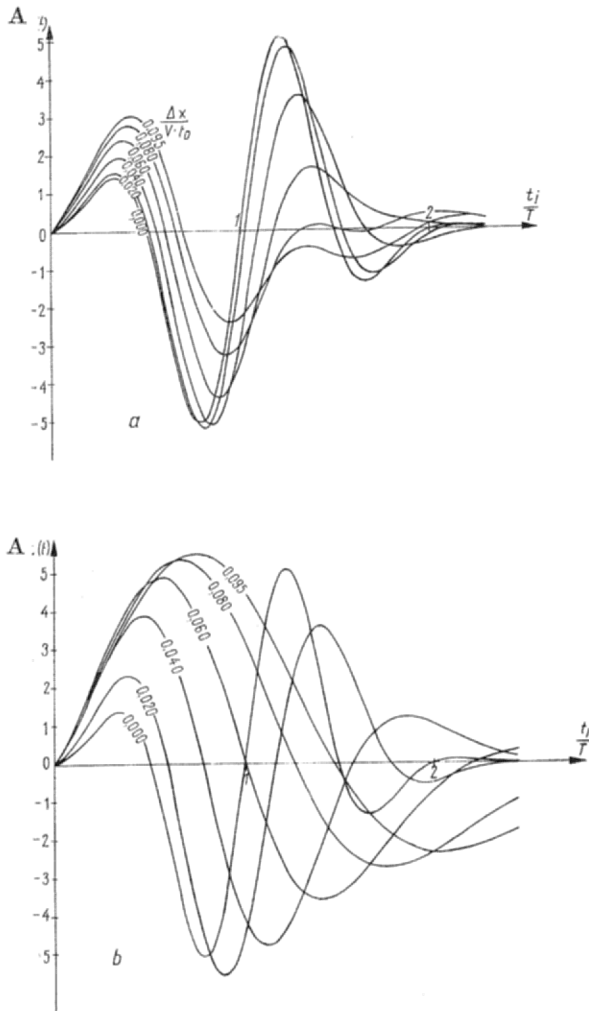
będzie wyrażony wzorem:

$$\begin{aligned} A(t_i) &= \sum_{m=1}^n e^{-(KT)^2 \left(\frac{t'_{im}}{T}\right)^2} \sin 2\Pi \left( \frac{t'_{im}}{T} + \frac{\varphi}{T} \right) = \\ &= \sum_{m=1}^n e^{-(KT)^2 \left(\frac{t_i}{T}\right)^2 \left(1 - \frac{\delta\tau_m}{\Delta t_0}\right)^2} \times \\ &\quad \times \sin 2\Pi \left[ \frac{t_i}{T} \left(1 - \frac{\delta\tau_m}{\Delta t_0}\right) + \frac{\varphi}{T} \right], \end{aligned} \quad [1]$$

gdzie  $n$  odpowiada krotności sumowania.

Wielkość  $\frac{\delta\tau_m}{\Delta t_0}$  określimy z równania hodografu fali odbitej dla ośrodka dwuwarstwowego, różniczkując wyrażenie dla poprawki dynamicznej, zakładając że prędkość ( $V$ ) jest stała w czasie przebiegu impulsu:

$$\begin{aligned} \frac{\delta\tau_m}{\Delta t_0} &= - \left( \frac{d\tau_m}{\Delta t_0} \right)_{\Delta t_0 \rightarrow 0} = - \left[ \sqrt{t_0^2 + \left( \frac{X_m}{V} \right)^2} - t_0 \right]' = \\ &= 1 - \frac{t_0}{\sqrt{t_0^2 + \left( \frac{X_m}{V} \right)^2}} = 1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \left( \frac{X_m}{V t_0} \right)^2}} \end{aligned} \quad [2]$$



Ryc. 1. Zniekształcenie impulsu poprawkami dynamicznymi.

a)  $r = 0$ , b)  $r = 20 \Delta x$  (odsunięcie od PS).  $\Delta x$  — odległość między kanałami,  $V$  — prędkość efektywna,  $t_0$  — czas refleksu,  $T$  — okres.

Fig. 1. Deformation of impulse by normal move-out corrections. a)  $r = 0$ ,  $r = 20 \Delta x$  (offset from shooting point),  $\Delta x$  — distance between channels,  $V$  — effective velocity,  $t_0$  — reflex time,  $T$  — interval.

Odległość  $X_m$  od punktu strzałowego przyjmuje tu wielkości odpowiadające rejestracjom metodą WPO.

Przy 6-krotnym sumowaniu i odsunięciu rozstawu  $R = V \cdot \Delta X$

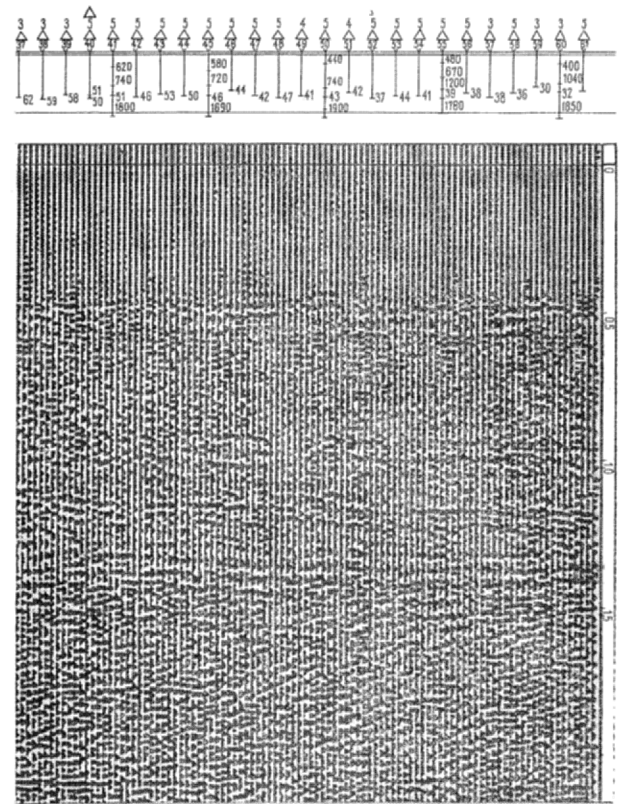
(gdzie  $\Delta X$  — odległość między kanałami,  $r$  — liczba dodatnia)  $X_m$  przyjmuje następujące wartości:  $r \cdot \Delta X$ ,  $(r + 4)\Delta X$ ,  $(r + 8)\Delta X$ ,  $(r + 12)\Delta X$ ,  $(r + 16)\Delta X$  i  $(r + 20)\Delta X$ .

albo  $X_m = [r + b(m-1)]\Delta X$ , [3]

gdzie  $b = 4$ ,  $m = 1, 2, 3 \dots 6$

Przyjmując  $\frac{\varphi}{T} = 0$ ,  $(KT)^2 = 3$ ,  $n = 6$  i zamieniając przy wykładniku  $\frac{t_i}{T}$  na  $\left(\frac{t_i}{T} - 1\right)$  (ponieważ w

takiej postaci impuls teoretyczny będzie w większym stopniu odpowiadać rzeczywistemu sejsmicznemu impulsowi refleksu od grubej warstwy) po podstawieniu wyrażeń [2] i [3] w równanie [1] ostatecznie otrzymamy:



Ryc. 2. Profil 20-XII-72, WPO, krotność 6, odległość między kanałami 50 m, odległość między punktami strzałowymi 100 m, odsunięcie 1100 m, centrala PSZ-4. Ciągła zmiana poprawek dynamicznych.

Fig. 2. Profile 20-XII-72, WPO, fold coverage 6,; distance between channels equal 50 m; distance between shooting points — 100 m; distance from shooting point — 1100 m; station PSZ-4. Continuous change of normal move-out corrections.

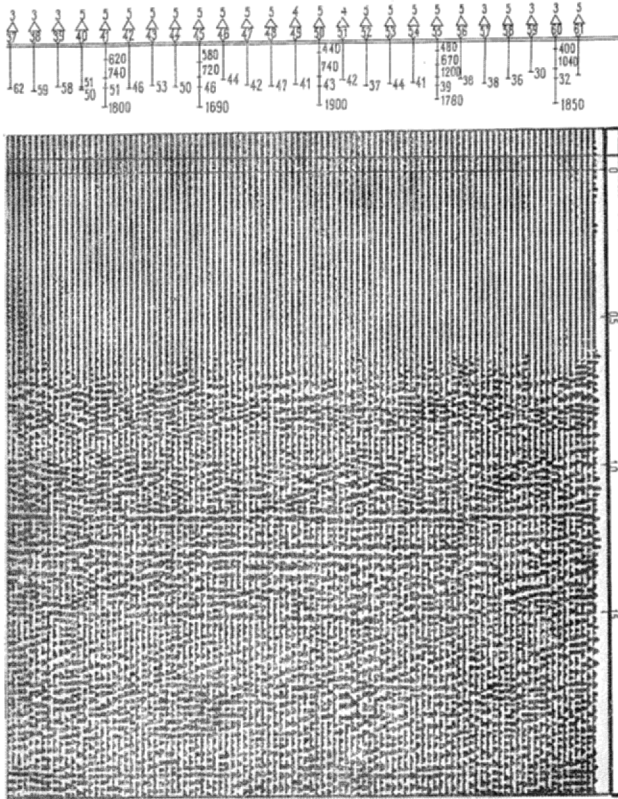
$$A(t_i) = \sum_{m=1}^6 e^{-3\left(\frac{t_i}{T} - 1\right)^2} \frac{1}{1 + [r + 4(m-1)]^2 \left(\frac{\Delta X}{Vt_0}\right)^2} \sin 2\pi \frac{t_i}{T} \times \frac{1}{\sqrt{1 + [r + 4(m-1)]^2 \left(\frac{\Delta X}{Vt_0}\right)^2}} \quad [4]$$

Według wzoru [4] sporządziliśmy nomogramy

$$A(t_i) = f\left(\frac{t_i}{T}, \frac{\Delta X}{Vt_0}\right)$$

przy  $r = 0, 20$  (ryc. 1a, 1b).

Z nomogramu wynika, że zniekształcenia sygnału początkowego osiągają znaczne wielkości w dużym stopniu zależne od parametru  $\frac{\Delta X}{Vt_0}$ . Tak np. dla  $\frac{\Delta X}{Vt_0} = 0,095$  i  $r = 20$  częstotliwość sygnału jest 3 razy mniejsza. Z tego można wnioskować, iż analizie prędkości należy koniecznie wykonywać bez filtracji, a szczególnie ostrożnie dokonywać ograniczenia niskich częstotliwości.



Ryc. 3. Profil 20-XII-72, WPO, krotność 6, odległość między kanałami 50 m, odległość między punktami strzałowymi 100 m, odsunięcie 1100 m, centrala PSZ-4. Nieciągła zmiana poprawek dynamicznych.

Fig. 3. Profile 20-XII-72; WPO, 6-fold coverage; distance between channels equal 50 m; distance between shooting points — 100 m; offset from shooting point — 1100 m; station PSZ-4.

Discontinuous change of normal move-out corrections.

Przy  $r = 0$  amplituda sygnału, pomimo 6-krotne-go sumowania nie może dla  $\frac{\Delta x}{Vt_0} = 0,095$  przewyższyć 3-krotnej amplitudy pierwotnego sygnału.

W przypadku zwiększenia prędkości ( $V$ ) z głębokością prędkość wprowadzenia poprawki dynamicznej  $\frac{\delta\tau_m}{\Delta t_0}$  powiększa się, co będzie sprzyjać większemu zniekształceniu sygnału sumarycznego względem wejściowego. Oczywiście maksymalne zniekształcenia będą zachodziły w impulsach refleksów od warstw o dużej miąższości.

Zniekształcenia refleksów od paczek warstw z powodu mniejszych  $t_1$  będą słabnąć ze zmniejszeniem „czasowej” miąższości warstw.

Podczas opracowania rejestracji sejsmicznych w maszynie analogowej typu PSZ-4 do zniekształceń związanych z rozciąganiem impulsu z powodu poprawki dynamicznej dodają się zniekształcenia amplitud, wywołane gwałtownymi przesunięciami główek dynamicznej w momencie przyjscia impulsu programu poprawek dynamicznych. Z powodu takiego rodzaju zniekształceń nie udawało się dostatecznie pewnie śledzić na przekrojach WPO refleksów wyodrębnianych na polowych sejsmogramach otrzymanych (ryc. 2) przy parametrach  $R = 1100$  m,  $\Delta X = 50$  m,  $V = 2300$  m/s,  $t_0 = 1,1$  s. W związku z tym wypróbowaliśmy sposób przetwarzania materiałów WPO, pozwalający uniknąć zniekształcenia związanego z wprowadzaniem poprawek dynamicznych.

Po określeniu, z tymczasowych sekcji i polowych sejsmogramów odtworzonych, orientacyjnego czaso-

wego interwału rejestracji refleksu program poprawek dynamicznych został przerobiony w taki sposób, żeby w momencie przyjscia refleksu nie było żadnych impulsów, tj. w tym właśnie wybranym interwale czasu rejestracji refleksu główka dynamiczna pozostawała nieruchoma. Wszystkie impulsy konieczne do otrzymania odpowiedniej poprawki dynamicznej umieszczano się na odcinku taśmy programowej, przewyższającym w czasie interwał rejestracji refleksu użytecznego. Jakość refleksu wskutek tego uległa znacznej poprawie (ryc. 3).

Praktycznie takim sposobem można posługiwać się w wielu przypadkach, dzieląc długie profile na odcinki z mniej więcej jednakowymi czasowymi interwałami rejestracji zasadniczych fal refleksyjnych określonych z góry na podstawie przekrojów tymczasowych.

Przetwarzanie podobnym sposobem jest jeszcze bardziej celowe przy wykorzystaniu elektronicznych maszyn cyfrowych, ponieważ umożliwiają one dużą elastyczność sterowania.

Zajmiemy się teraz sposobem korekty poprawek statycznych. Niezależnie od sposobów określenia poprawek statycznych konieczna jest korekta tych poprawek. Przyczynami tego są niedokładności prac sejsmicznych spowodowane m.in. pomyłkami w określaniu głębokości strzelania, opóźnieniami wybuchu w stosunku do znaku momentu wybuchu, przesunięciami geofonów na profilu względem położenia przyjmowanego do obliczeń, niedokładną znajomością parametrów strefy małych prędkości itd.

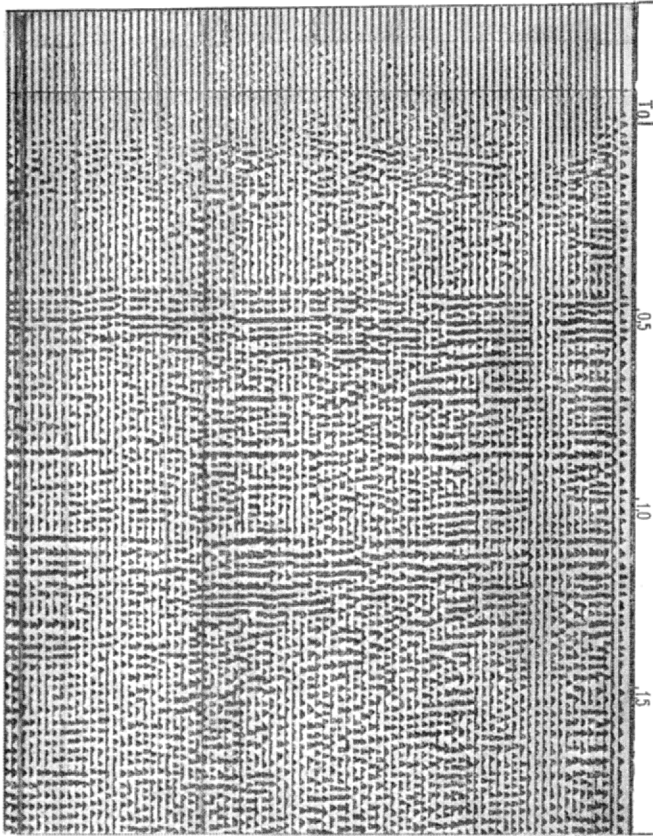
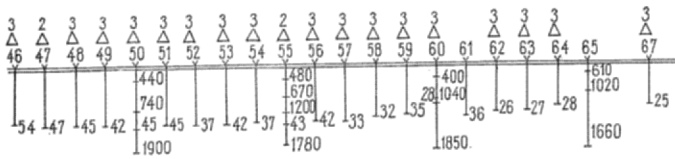
Najbardziej rozpowszechniony przy opracowaniu materiałów WPO sposób korekty, oparty na wykorzystaniu sekcji zsumowanych refleksów według wspólnego punktu odbicia i odbioru, posiada tę wadę, że zawsze istnieje możliwość wypaczenia kształtu granic refleksyjnych na ostatecznych przekrojach czasowych.

Zniekształcenie granic refleksyjnych może powstawać wskutek niewłaściwej korelacji refleksów na pośrednich przekrojach w czasie korygowania poprawek, ponieważ w wyniku łącznego wpływu niedokładności poprawek statycznych i dynamicznych, a także z powodu zniekształceń związanych z wprowadzeniem poprawek dynamicznych, refleksy mają nie najlepszą jakość. W takich warunkach dosyć łatwo jest popełnić błąd w korelacji, szczególnie w przypadku nieładkich i skomplikowanych zalegających granic lub dużych gradientów prędkości. W rezultacie operację korekty powyższym sposobem wypada w wielu przypadkach niejednokrotnie powtórzyć. Pomimo to pozostaje brak przekonania co do dokładności przekrojów czasowych. Dlatego celowe jest stosowanie takiego sposobu korekty, który nie wnosiłby jakichkolwiek zniekształceń i miał taki charakter żeby na rezultat jej nie mógł mieć wpływ obiekt badań, a mianowicie kształt granicy i zmiana prędkości do niej.

W tym celu wypróbowaliśmy sposób korekty oparty na sporządzeniu i statystycznej analizie „map czasów” jednego z lepszych przewodnich refleksów, powstającego w stropie utworów cechsztyńskich.

„Mapy czasów” zestawiono analogicznie jak mapy N. A. Morgana (3), lecz zamiast impulsów na odpowiednie miejsca zależnie od odległości od punktu strzałowego (odsunięcia) i numeru (położenia) wspólnego punktu odbicia na profilu zapisano liczbowo czasy maksymów refleksu przewodniego, przekorelowanego według polowych sejsmogramów odtworzonych z wprowadzonymi wstępnymi poprawkami statycznymi i dynamicznymi.

Na podstawie odchyłek w punktach wzajemnych zbieżnego systemu pomiarów określono średnie poprawki  $\Delta\Delta t$  sprowadzające rejestracje do wspólnego punktu wzbudzenia i wykonano pierwszą korektę czasów refleksu przewodniego. Operując się na częściowo skorygowanych czasach refleksów określono średnie czasy  $t_0$ , odpowiadające wspólnym punktom odbicia. Następnie wykorzystując te częściowo



Ryc. 4. Profil 20-XII-72, WPO, krotność 6, odległość między kanałami 50 m, odległość między punktami strzałowymi 100 m, odsunięcie 0 m, centrala PSZ-4. Korekta poprawek z zastosowaniem sumowania wg wspólnego punktu wybuchowego i wspólnego punktu odbioru.

Fig. 4. Profile 20-XII-72; WPO, 6-fold coverage; distance between channels equal 50 m; distance between shooting points — 100 m; offset from shooting point — 0 m; station PSZ-4. Corrections adjusted with taking into account summation according to common shooting and recording points.

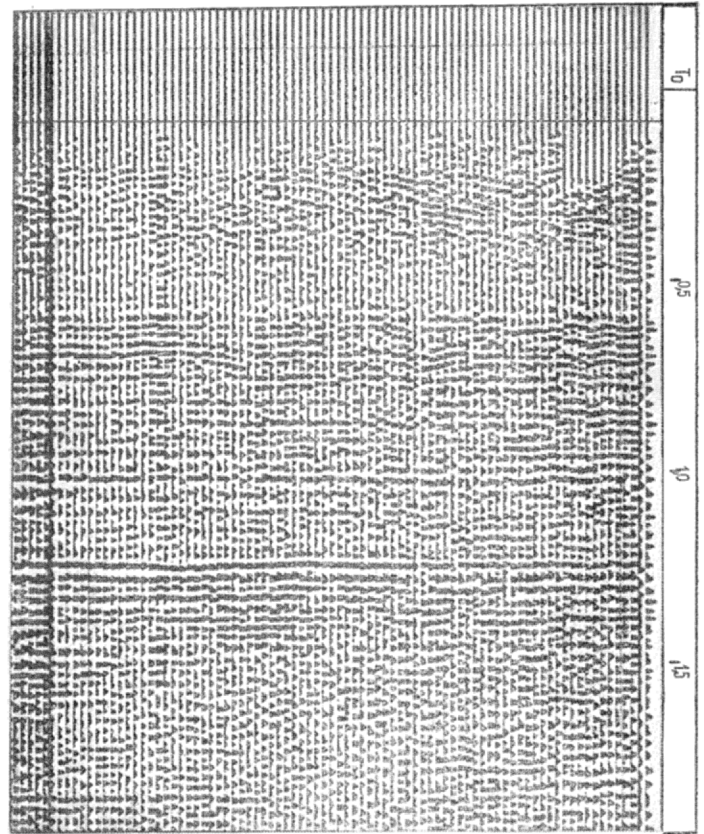
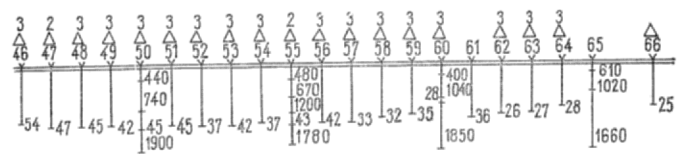
poprawione czasy określono odchyłki  $\bar{t}_0$  i przedstawiono je w postaci analogicznej „mapy odchyłek”.

Według tej ostatniej mapy mierząc średnie odchyłki w różnych kierunkach wyznaczono korygujące poprawki dynamiczne ( $\Delta\Delta T$ ) i poprawki korygujące wspólny punkt odbioru ( $\delta\delta t$ ).

Na ryc. 4 i 5 przedstawiono porównanie sposobu korekty poprawek drogą standardową, opartego na sumowaniu refleksów według wspólnych punktów wzbudzenia i odbioru z nowym sposobem omawianym powyżej.

Drugi sposób zapewnia wyższą dokładność wyznaczenia poprawek i dlatego impuls refleksu na przekroju czasowym WPO jest bardziej wyrazisty, czytelny i odpowiednio mniej zniekształcony, niż przy pierwszym sposobie.

Wadą drugiego sposobu jest konieczność istnienia minimum jednego refleksu przewodniego dobrej ja-



Ryc. 5. Profil 20-XII-72, WPO, krotność 6, odległość między kanałami 50 m, między punktami strzałowymi 100 m, odsunięcie 0 m, centrala PSZ-4. Korekta poprawek z zastosowaniem „mapy czasów” dla przewodniego refleksu od stropu cechsztynu.

Fig. 5. Profile 20-XII-72; WPO, 6-fold coverage; distance between channels equal 50 m; distance between shooting points — 100 m; offset from shooting point — 0 m; station PSZ-4. Corrections adjusted with the use of „time map” for guide reflex from the top of Zechstein.

kości, tj. mało skomplikowanego zakłóceniami albo „czystego” częściowokrotnego refleksu. Duża pracochłonność drugiego sposobu jest całkowicie usprawiedliwiona, szczególnie w sejsmicznych badaniach szczegółowych. Uproszczenie korekty wykonywanej drugim sposobem jest całkowicie możliwe przy wykorzystaniu elektronicznych maszyn cyfrowych.

#### LITERATURA

1. Biespiatow B. I. — Niektóre wprosy teorii grupowania w sejsmorazwiedkie. Prikl. Geofiz. 1960, wyp. 25.
2. Mieszbiej W. J., Waks Z. M. — Ob iskażenii sejsmicznych impulsow pri wwidienii kinematycznych poprawok. Ibidem, 1969, wyp. 55.
3. Morgan N. A. — Wavelet maps: a new analysis tool for reflection seismograms. Geophysics, 1970, nr 3.

## SUMMARY

The paper presents quantitative characteristics of seismic impulses deformations produced in the course of introduction of normal move-out corrections. Removal of the deformations is briefly discussed and illustrated. In addition, adjustment of static and normal move-out corrections by the method of common depth point using „time map” of guide reflex is discussed and its advantages in respect to other methods are shown.

## РЕЗЮМЕ

В статье приводится количественная характеристика искажений сейсмических импульсов при введении кинематических поправок и показывается на практическом примере способ их устранения.

Приводится также способ коррекции статических и кинематических поправок в методе ОГТ с использованием „карт времен” одного из опорных отражений и доказывается на примере его преимущество над другими способами.