

MOŻLIWOŚĆ TLUMIENIA REFLEKSÓW WIELOKROTNYCH W METODZIE POKRYĆ WIELOKROTNYCH (CZ. I)

UKD 550.834

Informacje zarówno użyteczne — sygnały¹, jak i zakłócenia², rejestrowane w metodzie sejsmicznej, mają charakter przestrzenno-czasowy. Jeżeli weźmiemy pod uwagę rejestrację zapisaną przez pojedynczy kanał sejsmiczny, to przy stałych współrzędnych przestrzennych będzie ona funkcją zmienną w czasie, charakteryzującą się pewnym widmem częstotliwościowym. Pierwsze operacje zmierzające do oddzielenia sygnału od zakłóceń polegają na selekcji częstotliwościowej bądź podczas samej rejestracji (filtracja elektryczna lub elektroniczna) bądź w operacjach prowadzonych na centrali (filtracja analogowa lub cyfrowa).

Jeśli natomiast rozważymy szereg rejestracji wykonanych jednocześnie na profilu, to amplituda dźwięka będzie funkcją dwu wielkości zmiennych i będzie miała postać $A = f(x, t)$, gdzie x jest rzędnią określającą pozycję punktu pomiarowego na profilu, a t będzie odciętą reprezentującą czas przebiegu. Dla jednej przyjętej wartości czasu można rozważyć jednocześnie amplitudy szeregu różnych punktów pomiarowych. Amplitudy te mogą stanowić przedmiot operacji, które przez analogię do filtracji częstotliwościowej można nazwać filtracją przestrzenną.

Podstawową operacją w filtracji przestrzennej jest dodawanie rejestracji mierzonych w różnych punktach na powierzchni ziemi. Operacje te mogą być realizowane tak w terenie, jak i centrali na materiałach już zarejestrowanych. W terenie filtrację przestrzenną spełnia grupowanie geofonów i punktów strzałowych.

¹ Sygnałem nazywa się fale odbite (w metodzie refleksyjnej) od warstw geologicznych lub fale załamane (w metodzie refrakcyjnej), które są wykorzystywane do sporządzania przekrojów.

² Zakłóceniem przy rejestracji nazywa się wszystko co nie jest sygnałem — zarówno fale regularne, jak i nieregularne, które utrudniają interpretatorowi odtworzenie rzeczywistego obrazu geologicznego.

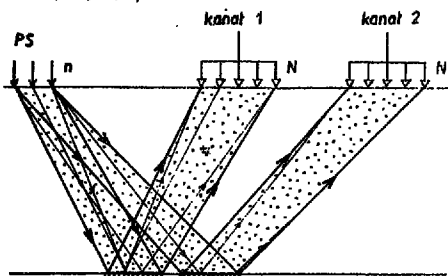
Operacje dodawania prowadzone na centrali noszą nazwę kompozycji. Metoda ta znalazła zastosowanie w warunkach spokojnej tektoniki, gdyż w przypadku istnienia upadów (zwłaszcza upadów zmieniających się wraz z czasem rejestracji) nie jest możliwe poprawianie rejestracji wszystkich horyzontów.

Dalszym ulepszeniem kompozycji jest filtracja przestrzenno-czasowa, zwana inaczej filtracją wachlarzową. Filtracja ta pozwala na wydajne polepszenie rezultatów w przypadku zakłóceń koherentnych (regularnych), jest jednak bezużyteczna przy zakłóceniach przypadkowych — niezorganizowanych.

Celem tych wszystkich operacji jest otrzymanie jak najbardziej realnych geologicznych horyzontów odbijających, czyli jak przyjęto określać w sejsmice — otrzymanie najkorzystniejszego stosunku sygnału do zakłóceń. Opisaną wyżej ideą pomnażania bądź to punktów wzbudzenia, bądź punktów rejestracji dźwięka, lub jednych i drugich łącznie posiada jednak pewne ograniczenia w zastosowaniu.

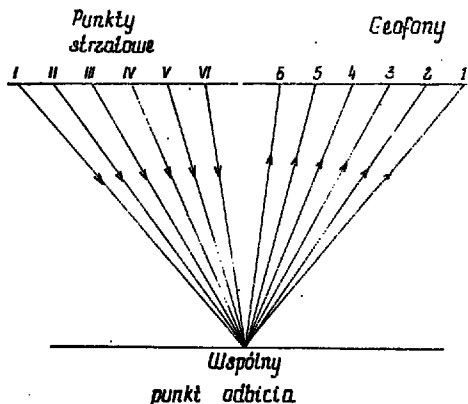
Na przykład niech będzie dana grupa (ryc. 1) N geofonów i n punktów strzałowych i w konsekwencji nN promieni sejsmicznych pochodzących od odrębnych punktów odbicia. Dodawanie proste w terenie tych promieni prowadzi do dodawania nN punktów odbicia obejmujących pewien przedział na granicy odbijającej. Przy kompozycji i filtracji wachlarzowej dodawane są ponadto kanały sąsiadujące ze sobą, w liczbie od 2 do 12 kanałów. Prowadzi to więc do „rozmywania” punktów odbicia, a tym samym do sprzeczności z celem badań, zmierzającym do podniesienia precyzji pomiarów zarówno w czasie, jak i przestrzeni.

Od tych ograniczeń jest wolna metoda wspólnego punktu odbicia (w języku angielskim Common Depth Point — CDP; MAYNE 1962, ZAGSST 1967) lub inaczej — metoda wielokrotnego pokrycia (w języku francuskim — Couverture multiple; GAIRROTA 1965, GENESLAY 1966). Sumowaniu w tej metodzie



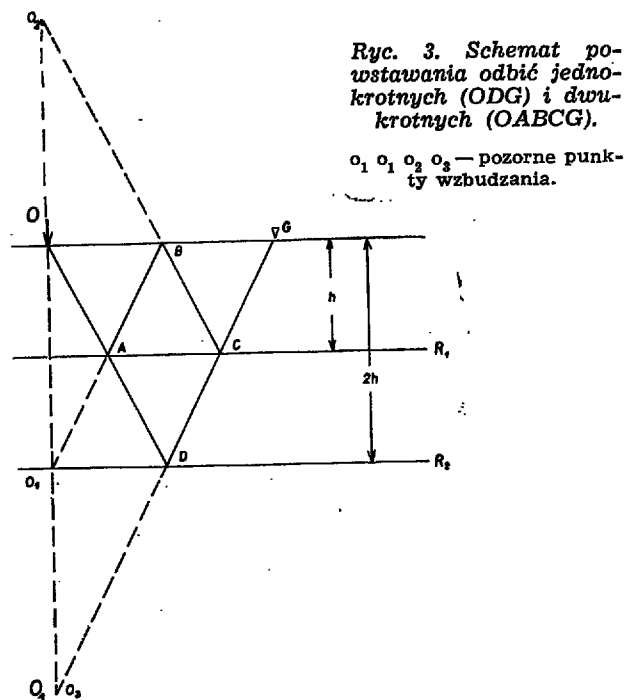
Ryc. 1. Schemat rozłożenia punktów odbicia przy grupowaniu otworów i geofonów.

Fig. 1. Scheme of reflection point distribution during grouping of drill holes and geophones.



Ryc. 2. Schemat rozmieszczenia punktów strzałowych i geofonów dla uzyskania wspólnego punktu odbicia.

Fig. 2. Scheme of shot point and geophone distribution to obtain common reflection point.



Ryc. 3. Schemat powstawania odbić jednokrotnych (ODG) i dwukrotnych (OABCG).

$o_1 o_2 o_3 o_4$ — pozorne punkty wzbudzenia.

Fig. 3. Scheme of appearance of single (ODG) and twofold (OABCG) reflections.

$o_1 o_2 o_3 o_4$ — apparent points of induction.

są poddane punkty obserwacji, po uprzednim wprowadzeniu poprawek statycznych³ i dynamicznych⁴, które w kombinacji z punktami wzbudzenia dają szereg promieni odbitych od wspólnego punktu na granicy refleksyjnej (ryc. 2).

Trzeba w tym miejscu podkreślić, że proces takiego dodawania dopiero mógł stać się stosowalny po wprowadzeniu rejestracji na taśmie magnetycznej i udoskonaleniach centrali, pozwalającej na składowanie i sumowanie różnych kanałów z różnych taśm magnetycznych.

ZAGADNIENIE REFLEKSÓW WIELOKROTNYCH

Od dawna w sejsmice znano występowanie refleksów wielokrotnych⁵. Energia refleksów wielokrotnych jest często porównywalna, a niekiedy przewyższa energię refleksów rzeczywistych i w ten sposób sukcesywnie zaciemnia obraz na sejsmogramie lub sekcji⁶. Z tej też racji refleksy wielokrotne są objęte określeniem — zakłócenia. W przypadku szczególnym, gdy znana jest granica odbijająca (będąca źródłem refleksów wielokrotnych) można zidentyfikować w sposób mniej lub bardziej łatwy te odbicia przez porównanie z czasami refleksów prostych. W takim przypadku można na centrali dokonać pewnych operacji dla ich wyeliminowania.

Należy tu jednak wyjaśnić, iż znajomość pozycji granicy odbijającej i współczynników odbicia jest na ogół zadaniem stawianym metodzie sejsmicznej. Problem leży więc w tym, żeby znaleźć środek na eliminację refleksów wielokrotnych, niezależnie od znajomości granicy odbijającej.

Rozpatrzmy przypadek przedstawiony na ryc. 3. Mamy tu dwie granice odbijające R_1 i R_2 zalegające na głębokości h i $2h$. Założmy, że: w punkcie G (geofon) obserwujemy przyście fali odbitej od granicy R_2 wychodzącej z punktu O . Przez prostą konstrukcję geometryczną otrzymamy, że tę drogę można porównać z drogą od punktu O_1 (zwanego pozornym punktem wzbudzenia) do punktu G .

W tym samym punkcie G obserwujemy również refleks podwójny od granicy R_1 . Jeżeli odłożymy na rydlinie drogę tego refleksu, najpierw w stosunku do powierzchni ziemi (o_1), następnie do granicy odbijającej (o_2), to otrzymamy w efekcie, iż punkt pozornego wzbudzenia dla refleksu dwukrotnego o_2 pokryje się z punktem O_1 dla refleksu rzeczywistego.

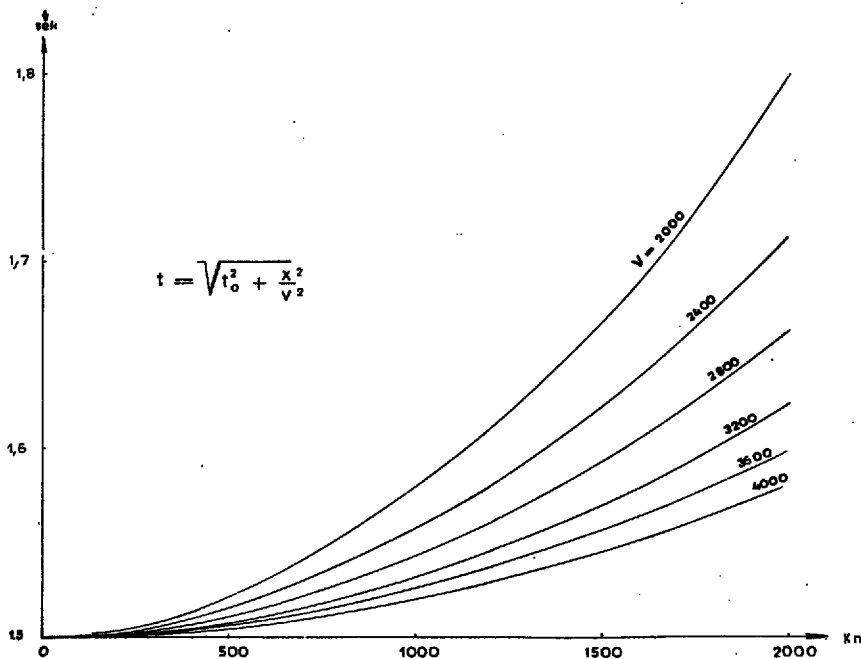
Jeżeli prędkość rozchodzenia się fali od powierzchni ziemi aż do granicy R_2 będzie ciągle ta sama, to nie będzie absolutnie możliwe rozdzielenie refleksu dwukrotnego od refleksu pojedynczego (z wyjątkiem być może różnic amplitudy). Ogólnie, prędkość rozchodzenia się fal sejsmicznych rośnie wraz z głębokością i w konsekwencji czas przejścia promienia po drodze $O A B C G$ będzie większy niż czas promienia $O D G$. W rezultacie te dwa refleksy nie będą zbiegać się nazem, ale dadzą pewną różnicę krzywizn zależną od prędkości, czasu rejestracji i odległości rejestracji.

³ Poprawkami statycznymi nazywamy poprawki uwzględniające różnice w morfologii terenu w stosunku do poziomu odniesienia oraz niejednorodności w prędkościach strefy przy powierzchniowej. Poprawki te obliczone są oddzielnie dla każdego kanału.

⁴ Poprawkami dynamicznymi nazywamy poprawki uwzględniające skośne rozchodzenie się promieni sejsmicznych w stosunku do pionu, zarejestrowane na geofonach odsuniętych od punktu strzałowego. Poprawki dynamiczne mają na celu wyprostowanie krzywizny refleksów i wprowadzenie czasów na wszystkich kanałach do czasu rejestrowanego na punkcie strzałowym.

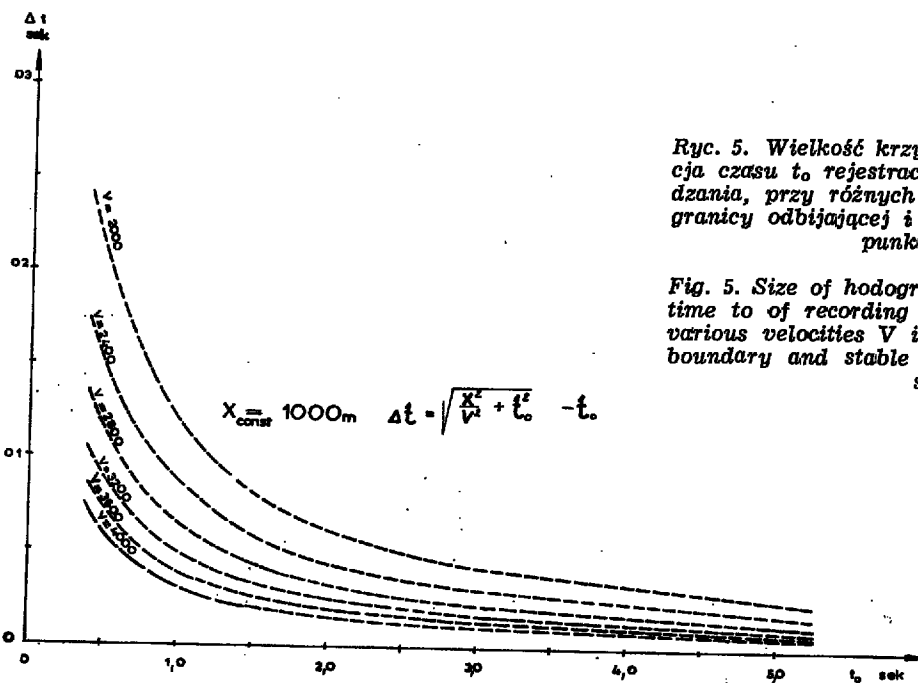
⁵ Refleks wielokrotny powstaje zawsze, gdy promień sejsmiczny zawiera więcej niż jedno odbicie na granicy nieciągłości.

⁶ Sekcją nazywa się zbiorcze zestawienie szeregu rejestracji dla odcinka profilu, wykonane przez centralę magnetyczną i spełniające rolę przekroju czasowego.



Ryc. 4. Kształt hodografu fali odbitej przy różnych prędkościach V w nadkładzie granicy odbijającej.

Fig. 4. Shape of reflected wave hodograph at various velocities V in the overburden of reflecting boundaries.



Ryc. 5. Wielkość krzywizny hodografu Δt jako funkcja czasu t_0 rejestracji refleksów na punkcie wzbudzenia, przy różnych prędkościach V w nadkładzie granicy odbijającej i stałej odległości X geofonu od punktu strzałowego.

Fig. 5. Size of hodograph curve Δt as a function of time t_0 of recording reflexes at induction point, at various velocities V in the overburden of reflecting boundary and stable distance X of geophone from shot point.

Przypuśćmy, że taki będzie układ głębokości i prędkości do warstw R_1 i R_2 , że czas promienia refleksu dwukrotnego będzie pokrywał się z czasem refleksu pojedynczego w punkcie O . Zbadamy jak będzie się zachowywać krzywizna refleksu zależnie od różnicy prędkości rozchodzenia się fali.

Na ryc. 4 przedstawiono kształt hodografu dla szeregu refleksów o prędkościach rozchodzenia się: 2000, 2400, 2800, 3200, 3600, 4000 m/sec. i czasie rejestracji $t_0 = 1,5$ sek. Z ryciny tej widzimy, że krzywizna refleksu maleje wraz ze wzrostem prędkości rozchodzenia się fali. Dla uwydatnienia różnicy krzywizn refleksu wielokrotnego w stosunku do refleksu rzeczywistego w przypadku niedużych różnic w prędkościach rozchodzenia się należy więc prowadzić obserwacje daleko od punktu strzałowego.

Zobaczmy następnie jak zachowuje się kształt hodografu refleksów, jeśli czas rejestracji się zmienia. Na ryc. 5 przedstawiono zależność krzywizny

hodografu pomierzonej w odległości $x = 1000$ m w odniesieniu do czasu rejestracji refleksów przy zmiennych prędkościach. Łatwo tu zauważyć, iż wraz z czasem rejestracji refleksów krzywizna refleksu wyraźnie maleje. Jeśli różnica w prędkościach refleksu rzeczywistego i wielokrotnego jest niezbyt duża, to dla otrzymania odpowiedniej wartości różnicy krzywizn między dwoma refleksami (w miarę wzrostu czasu obserwacji) trzeba zwiększyć odległość rejestracji (ryc. 6).

Przytoczone wyżej przykłady pokazują, iż przy odpowiednio wydłużonych rozstawach istnieje możliwość rozdzielania refleksów wielokrotnych od refleksów rzeczywistych. Ta okoliczność jest wykorzystywana w metodzie pokryw wielokrotnych do tłumienia refleksów wielokrotnych. Zdolność tej metody na tłumienie refleksów krótkich zależy od stopnia wzrostu prędkości z głębokością, czasu rejestracji refleksów oraz odległości punktów rejestracji od

Ryc. 6. Wielkość krzywizny hodografu Δt jako funkcja czasu t_0 rejestracji refleksów na punkcie wzbudzenia przy stałej prędkości V w nadkładzie granicy odbijającej i zmiennej odległości X geofonu od punktu strzałowego.

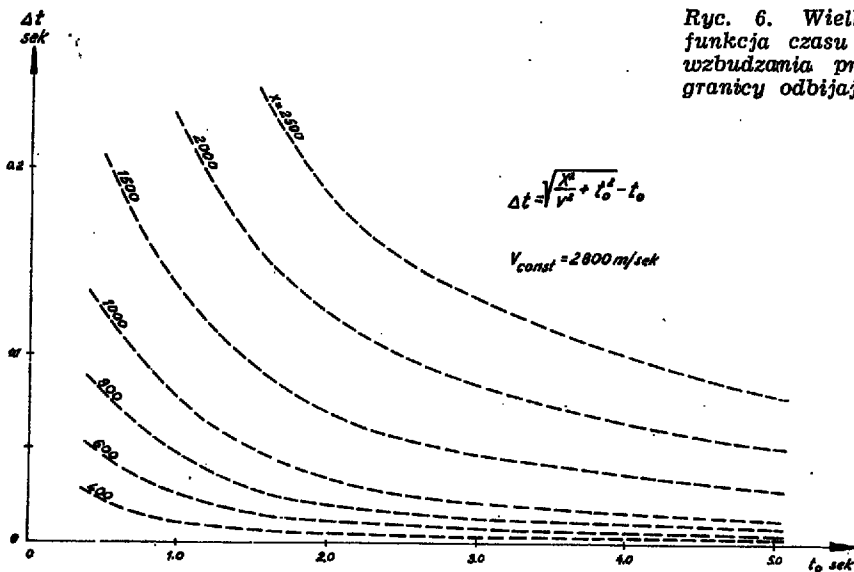
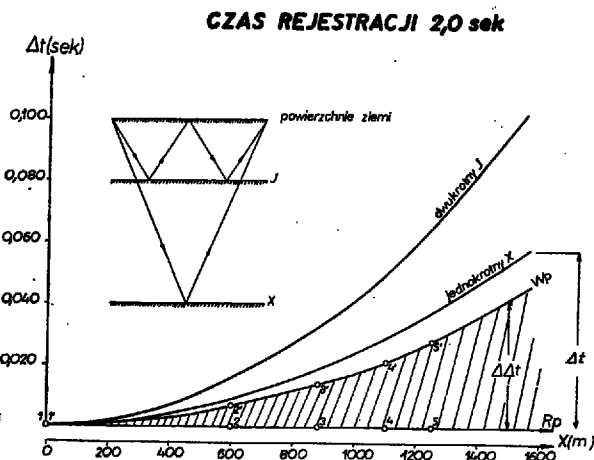


Fig. 6. Size of hodograph curve Δt as a function of time to of recording reflexes at induction point, at stable velocity V in the overburden of reflecting boundary and variable distance X of geophone from shot point.



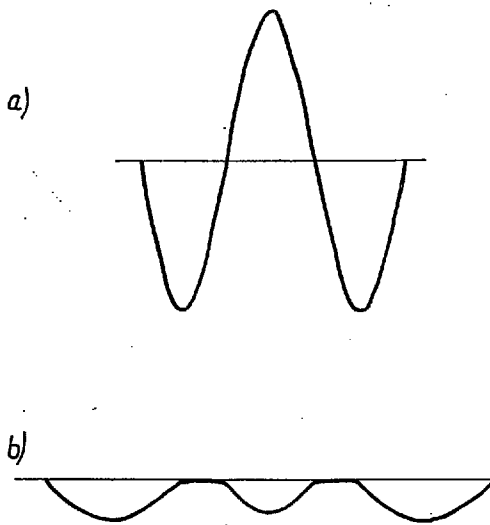
Ryc. 7. Porównanie kształtu refleksów rzeczywistego i wielokrotnego o tym samym czasie rejestracji Δt . Δt — wielkość poprawki dynamicznej. R_p i W_p — kształt refleksu rzeczywistego i wielokrotnego po wprowadzeniu poprawki dynamicznej. $\Delta\Delta t$ — pozostałość krzywizny poprawionego refleksu wielokrotnego.

Fig. 7. Comparison of shapes of actual and multiple reflexes with the same recording time Δt .

Δt — size of dynamical correction. R_p and W_p — shape of actual and multiple reflections after introduction of dynamical correction $\Delta\Delta t$ — remainder of a curve of the corrected multiple reflection.

punktu strzałowego. Ta ostatnia wielkość może być uzależniona z jednej strony od odległości między kanałami, a z drugiej — od odsumienia punktu strzałowego od rozstawu.

Rozważmy obecnie przykład wyliczony dla typowych warunków dla jednego z rejonów Niziny Polskiego. Horyzont J rejestrowany na czasie $t = 1,0$ sek. jest silnym horyzontem odbijającym dającym refleksy wielokrotne. Refleks dwukrotny od tego horyzontu jest obserwowany na czasie 2,0 sek. Prędkość średnia między powierzchnią ziemi a horyzontem J wynosi 2400 m/sek. Jednocześnie na czasie 2,0 sek. rejestrowany jest refleks od horyzontu X . Prędkość średnia w nadkładzie tego horyzontu wynosi 3200 m/sek. Ponieważ czasy refleksu dwukrotnego od J i rzeczywistego od X są sobie równe, oddzielenie tych dwu refleksów w pobliżu punktu strzałowego jest praktycznie niemożliwe.



Ryc. 8. Porównanie amplitud sumowanych pięciu sygnałów w fazie (a) oraz przesuniętych równomiernie o $1/4$ okresu fali (b).

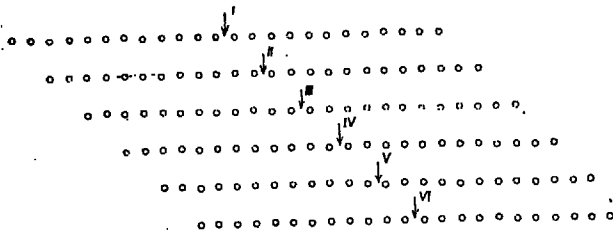
Fig. 8. Comparison of amplitudes of five summarized signals in phase (a) and of those displaced uniformly by $1/4$ wave length (b).

Na ryc. 7 pokazano schematycznie drogę przebyta przez refleks dwukrotny i refleks rzeczywisty oraz wykres ich hodografów na dalszych odległościach od punktu strzałowego. Jeżeli wprowadzimy poprawkę dynamiczną obliczoną dla refleksu rzeczywistego, to przybierze on postać linii poziomej pokrywającej się z osią odciętych. Jednocześnie refleks wielokrotny zostanie poprawiony o tę samą wartość i sprowadzony do linii W_p , jak to pokazano na ryc. 7. Pozostałość krzywizny refleksu wielokrotnego $\Delta\Delta t$ może być wykorzystana do jego tłumienia.

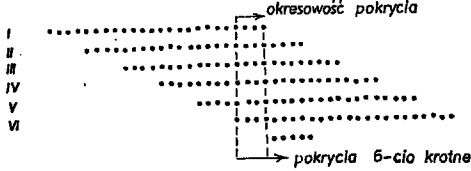
Przypuśćmy, że chcemy sumować impulsy rejestrowane w pięciu różnych punktach na hodografie W_p , między którymi przesunięcia fazowe będą stałe i równe $1/4$ okresu fali refleksu wielokrotnego. Od pierwszego do piątego punktu sumowania przesunięcie to będzie wynosiło pełny okres (na założonym przykładzie $T = 28$ m/sek.).

Przez proste arytmetyczne dodawanie otrzymamy pięciokrotne powiększenie amplitudy refleksu rzeczywistego R_p , dodawanego bez przesunięć fazowych

Rozstaw



Punkty odbicia

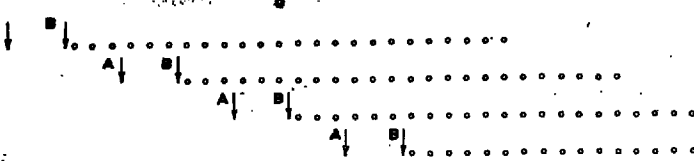


Nr strzału	Numery kanałów pokrycia 6-cio krotnego																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
I	21	22	23	24																				
II	17	18	19	20	21	22	23	24																
III	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24												
IV	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24								
V	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24				
VI	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24

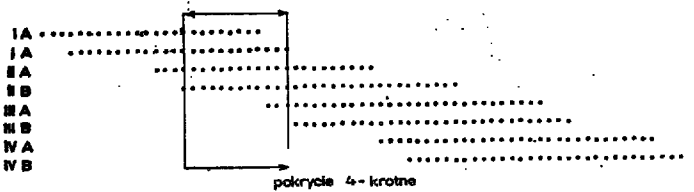
Ryc. 9. Schemat rozmieszczenia geofonów i punktów odbicia przy pokryciu szóstego rzędu i centralnym punkcie strzałowym.

Fig. 9. Scheme of geophone and reflection point distribution under condition of six-order covering and of central shot point.

ROZSTAW



PUNKTY ODBICIA



Nr strzału	Numery kanałów pokrycia 4-krotnego																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
I A	16	17	18	19	20	21	22	23	24																
I B	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24													
II A	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24				
II B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
III A																									
III B																									
IV A																									
IV B																									

Ryc. 10. Schemat rozmieszczenia geofonów i punktów odbicia przy pokryciu 4-krotnym oraz jednostronnym usytuowaniu punktów strzałowych i zmiennej odległości PS w stosunku do rozstawu.

Fig. 10. Scheme of geophone and reflection point distribution under conditions of fourfold covering and of unilateral location of shot points and of a varying PS distance in relation to spacing.

(ryc. 8a) i prawie dwukrotne zmniejszenie amplitudy refleksu wielokrotnego (ryc. 8b). Porównanie amplitud otrzymanych po sumowaniu ma się jak 8:1 na korzyść refleksów rzeczywistych, gdy przed sumowaniem ich amplitudy i kształty sygnałów były identyczne.

Z ryc. 7 wynika, iż optymalne odległości dla punktów sumowania 1, 2, 3, 4, 5 nie są odległościami równymi na osi X. Spełnienie tego warunku w praktyce byłoby jednak bardzo niewygodne i w rezultacie rzeczywiste odległości między punktami rejestracji pozostają stałe, przez co nie uzyskujemy stałej wartości przesunięć fazowych między impulsami sumowanymi. W związku z tym dla optymalnego tłumienia zakłócających refleksów wielokrotnych należy starannie dobierać odległości między kanałami (odległości między punktem strzałowym a rozstawem), sytuację punktu strzałowego na rozstawie, bądź wreszcie rząd pokrycia⁷. Zagadnienie to wymaga głębszej analizy, która będzie przedmiotem dalszej części opracowania.

SCHEMAT WIELOKROTNEGO POKRYCIA

Na początku swojej kariery wielokrotne pokrycie było realizowane przez umieszczanie punktów strzałowych w centrum rozstawu aparatury składającego się z 24 kanałów. Taki schemat pokrycia pokazano na ryc. 9. Kółeczka oznaczają sytuację rozmieszczenia geofonów na powierzchni ziemi, a punkty poniżej — sytuację punktów odbicia na granicy refleksyjnej. Tabela pokazuje numery kanałów przygotowanych do sumowania. I tak dla otrzymania kanału 1 z pokryciem 6-krotnym należy zsumować kanał 21 otrzymany przy strzale na rozstawie pierwszym, kanał 17 otrzymany przy strzale na rozstawie drugim, kanał 12 z rozstawu trzeciego, kanał 9 z rozstawu piątego, kanał 5 z rozstawu szóstego i kanał 1 z rozstawu siódmego. Podobnie kanał 2 pokrycia 6-krotnego będzie wynikiem sumy kanałów 22, 18, 14, 10, 6, 2 kolejnych rozstawów kanałów pojedynczych.

Z tabeli wynika, że tylko jeszcze dwa następne kanały 3 i 4 wielokrotnego pokrycia będą sumą linnej kombinacji kanałów w stosunku do opisanych dwóch pierwszych. Już kanał 5 pokrycia 6-krotnego jest wynikiem identycznej kombinacji jak kanał 1 itd. Przedstawiony przykład charakteryzuje się więc okresem czterech kanałów pokrycia 6-krotnego.

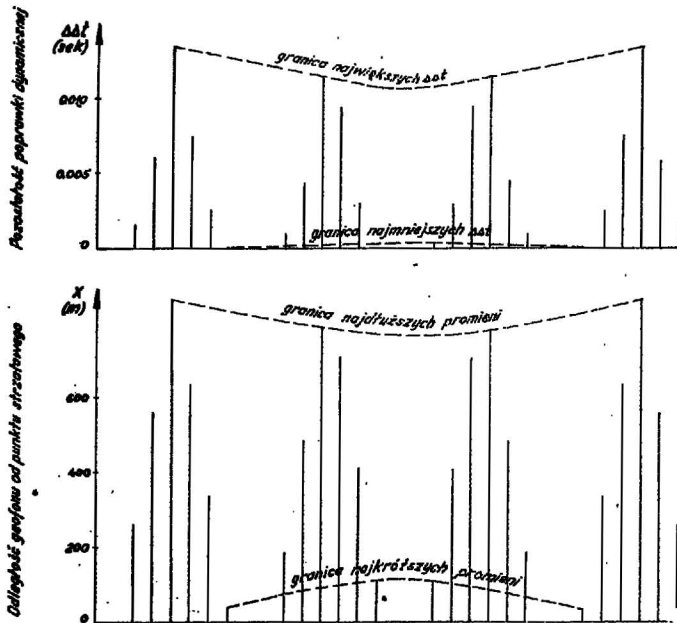
Na ryc. 10 przedstawiony został inny schemat pokrycia z jednostronnym rozmieszczeniem punktów wzbudzenia przy jednoczesnej zmianie odległości ich od rozstawu. Okresowość tego schematu wynosi 12 kanałów.

Obecnie znanych jest wiele schematów wzajemnego rozmieszczenia punktów strzałowych i geofonów. Ogólnie można wydzielić jednak 4 rodzaje wielokrotnych pokryć:

- 1) centralne usytuowanie punktu strzałowego;
- 2) wykonywanie strzałów na jednym lub na obu końcach rozstawu (tzw. schemat jedno- lub dwukierunkowy);
- 3) odsuwanie punktów strzałowych na pewną odległość od rozstawu.
- 4) strzelanie kilkukrotne po jednej stronie rozstawu przy jednoczesnej zmianie odległości punktu strzałowego.

W każdym jednak przypadku, jeśli na całym profilu zachowamy stały schemat strzelania, wielokrotne pokrycie będzie wyróżniało się pewną okresowością, tzn. że punkt strzałowy i rozstaw będą przesuwane sukcesywnie o stałą wartość n odległości między kanałami. W tym przedziale będzie istniała

⁷ Rzędem pokrycia będziemy określać ilość promieni sejsmicznych łączących punkt strzałowy z geofonem posiadającym wspólny punkt odbicia na granicy refleksyjnej.



Ryc. 11. Schematyczne porównanie odległości geofonu od punktu strzałowego oraz resztkowej poprawki dynamicznej refleksu wielokrotnego sumowanych kanałów pokrycia 6-krotnego symetrycznego.

SUMMARY

The paper discusses the principle of using method of multiple coverings, called also the method of common reflection point, taking into account its ability of damping multiple reflections. Part I demonstrates that a possibility exists at distinguishing and damping multiple reflections if the velocity of the propagation of seismic waves increases with depth, provided that the recording is made with the aid of sufficiently long geophone spacing. The effectiveness of this method depends upon the time of recording of reflections and decreases with its increase.

określona ilość $2n$ punktów odbicia, z których każdy będzie posiadał ilość promieni odbitych równą rzędowi pokrycia.

Na ryc. 11 przedstawiono wykres obrazujący odległości od punktu wzbudzenia dla kanałów sumowanych w opisanym wyżej schemacie 6-krotnego pokrycia symetrycznego. Jednocześnie dla tych samych kanałów podano wartości przesunięć fazowych refleksu wielokrotnego po wprowadzeniu poprawki dynamicznej dla refleksu rzeczywistego. Dla sporządzenia tego rysunku przyjęto warunki seismogeologiczne, takie jak na ryc. 7, tzn. czas rejestracji refleksów $2t_0 = 2$ sek., prędkość średnią odpowiednio dla refleksu rzeczywistego 3200 m/sek., a dla wielokrotnego 2400 m/sek., oraz odległość między kanałami 75 m.

Łatwo przewidzieć, że efektywność tłumienia refleksów wielokrotnych w opisanym warunkach zmienia się w poszczególnych grupach kanałów tworzących dany okres, ze względu na różne przesunięcia fazowe. Odstwierdzeniem rzeczywistej efektywności wielokrotnego pokrycia na tłumienie refleksów wielokrotnych będzie więc średnia wartość tłumienia obliczona dla całego okresu, a w przedstawionym przykładzie okresu składającego się z 4 kanałów. Efektywność okresu będzie wartością stałą dla całego profilu przy przyjętych parametrach strzelania.

Fig. 11. Schematic comparison of the distance of geophone from shot point and of the remanent dynamical correction of multiple reflection of summarized channels of symmetric sixfold covering.

РЕЗЮМЕ

В работе рассматривается принцип применения метода многократных наложений, называемого также методом совмещенной точки отражения, с точки зрения ее пригодности для гашения многократных отражений. В первой части показано на примерах, что имеется возможность различать и гасить многократные отражение, когда скорость сейсмических волн возрастает с глубиной, при условии проведения регистрации с соответственно широким разномом геофонов. Эффективность метода зависит от времени регистрации отраженных волн и уменьшается по мере возрастания этого времени.