

Някои резултати от ултразвуково моделно изследване на нарушени сеизмични граници

М. А. Илиева, И. Н. Петков, Д. Д. Денева

Софийски университет „Климент Охридски“, 1000 София

M. Ilieva, I. Petkov, D. Deneva — Some Results of Supersonic Model Studies of Disturbed Seismic Boundaries. Supersonic modelling of the wave seismic field was carried out in order to study the possibilities for seismic prospecting of small-amplitude disturbances (steps) of seismic boundaries in the area of Dobrugea coal basin. The models are based on the theory of similarity of elastic wave phenomena.

A two-layered medium with amplitude of disturbance of seismic boundaries 3.5 cm, 0.9 cm and 0.3 cm respectively is analyzed. The velocity in the first medium (plexiglas) is 2 300 m/s and in the second (duralluminium) — 5 300 m/s. The source of elastic oscillations has a frequency of 144 kHz.

Subject of studies were the seismic waves of the uplifted and subsided limb of the disturbances and the defracted seismic waves from their edges, in parts also the frontal seismic waves. Some kinematic and dynamic characteristics of these waves are studied. Disturbances of 3.5 cm amplitude may be well determined by the kinematic characteristics of the seismic waves. Disturbances of seismic boundaries with amplitudes of 0.9 and particularly of 0.3 cm may be defined only on the basis of the dynamic characteristics of the seismic waves.

Изследването на нарушения на сеизмични граници с малки амплитуди представлява интерес при решаване на структурни задачи във връзка с проучване на нефт, газ, въглища и други полезни изкопаеми. Понастоящем не са известни еднозначни критерии за тяхното откриване и проследяване.

Вълновата картина при нарушени сеизмични граници в естествени условия е твърде сложна за интерпретация, поради което изучаването ѝ е обект на моделно изследване, както математическо, така и физическо.

В настоящата работа се разглеждат резултатите от ултразвуково моделиране на нарушени сеизмични граници във вид на правоъгълно стъпало. Изследвано е вълновото поле в зависимост от амплитудата на стъпалото, като основно внимание е отделено на отразените и дифрактирални еластични вълни.

По литературни данни е известно ултразвуково моделно изследване на стъпаловидно нарушение (Дъячкова, 1961; Рогоза и Гаранин, 1962; Агюпа, 1960; Ковалевский и Аверко, 1967). В първите три работи се разглеждат стъпаловидни нарушения с голяма амплитуда в сравнение с дължината на вълната, като при първите две изследвания са извършени на тримерни твърдо-течни модели, а при третата — на двумерни модели. В работата на Ковалевский и Аверко (1967) се разглеждат малоамплитудни нарушения, като са използвани тримерни твърдо-

течни модели. Както е известно, при този вид модели не са спазени някои от критериите за подобие на натура и модел.

Нашите изследвания са извършени на модели, имитиращи конкретна геоложка среда в Добруджанския въглищен басейн. При конструирането на модели е спазена теорията на подобие на еластични вълнови явления (И в а к и н, 1969).

Разглеждаме двуслойна среда със скорости на еластичните вълни 2300 m/s в първия слой (плексиглас) и 5400 m/s във втория слой (дуралуминий). Изследвани са три модела с амплитуди на нарушенията 3,5 cm ($\Delta h/\lambda > 0,625$), 0,9 cm ($\Delta h/\lambda \approx 0,625$) и 0,3 cm ($\Delta h/\lambda < 0,625$). Дълбочината на издигнатото крило на стъпалото и при трите модела е 20,6 cm. Приема се, че при първия случай стъпалото се изявява добре по кинематични признаци, при втория случай неговата изява само по кинематични признаци е затруднена, а при третия случай то се изявява само по динамични признаци (К л е м-М у с а т о в и др., 1976).

Експериментите са извършени с ултразвуков сеизмоскоп ИПА, като за излъчвател и приемник на еластични вълни са използвани пиезоелектрически преобразователи със собствена честота 144 kHz. Моделите се закрепват на специална установка във вертикално положение. Излъчвателят и приемникът се поставят на реброто на модела. В процеса на наблюдение източникът е неподвижен, а приемникът се премества през 1 cm. Началното разстояние между източника и приемника е 4 cm. Изследваните характеристики на вълновото поле са получени чрез усредняване на резултатите от неколkokратно повторение на експериментите.

Наблюденията са извършени при три различни положения на източника на еластични вълни спрямо проекцията на ръба на стъпалото върху линията на наблюдение: в т. O_1 на разстояние $l=6$ cm (над издигнатото крило), в т. O_2 на проекцията на ръба на стъпалото и в т. O_3 на разстояние $l'=6$ cm (над пропадналото крило). Измерванията са извършени по прави (т. O_1 и т. O_2) и обратни (т. O_2 и т. O_3) системи на наблюдение. Освен това извършени са наблюдения над издигнатото крило извън зоната на стъпалото с цел да се изследва отразена вълна от ненарушена сеизмична граница за съпоставяне на резултатите.

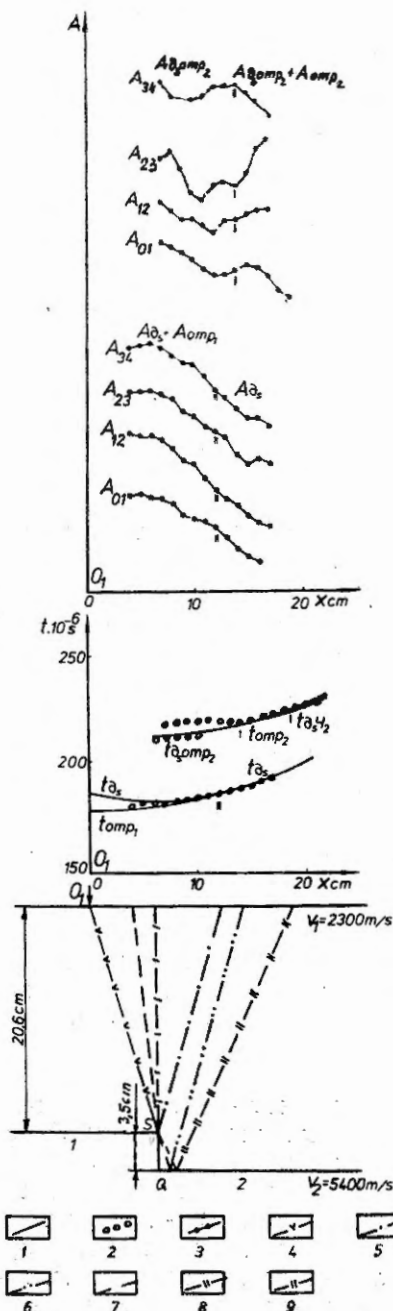
Ще разгледаме интервала на наблюдение в областта на мъртвата зона на челните вълни до разстояние от източника около $x=20$ cm, като сравняваме вълновото поле при едно и също положение на източника за трите модела.

1. Източникът е в т. O_1 .

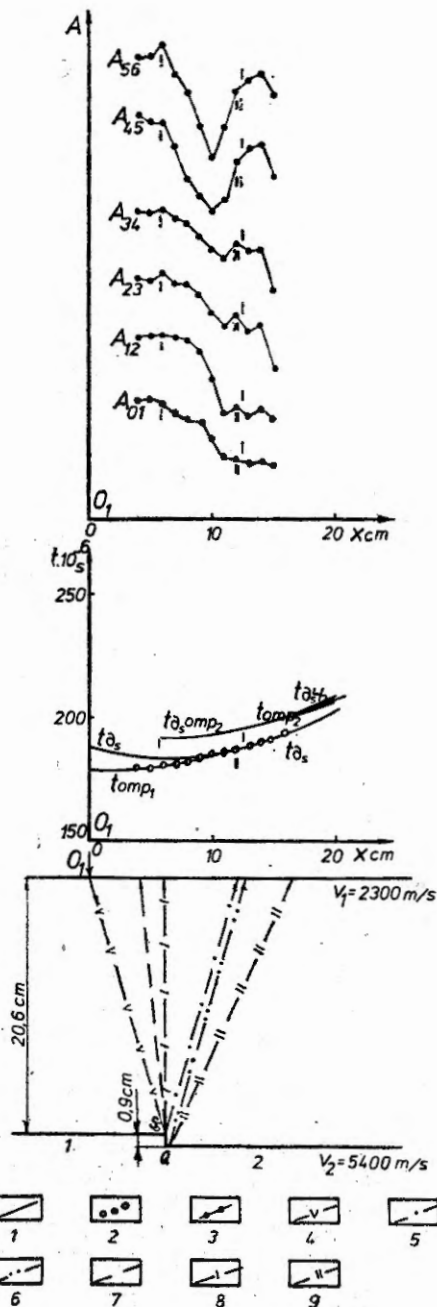
При това положение на източника основните вълни, които формират вълновото поле, са следните: отразена вълна от издигнатото крило $Pomr_1$, отразена вълна от пропадналото крило $Pomr_2$, дифрактирала вълна от горния ръб на стъпалото Pd_s и дифрактирало-отразена вълна от пропадналото крило Pd_somr_2 . Освен тях към края на изследвания интервал започва да се проследява и дифрактирало-челна вълна от пропадналото крило Pd_su_2 .

На фиг. 1, 2 и 3 могат да се видят теоретично изчислените времена на пристигане и интервали на проследяване на изброените вълни (ходографи).

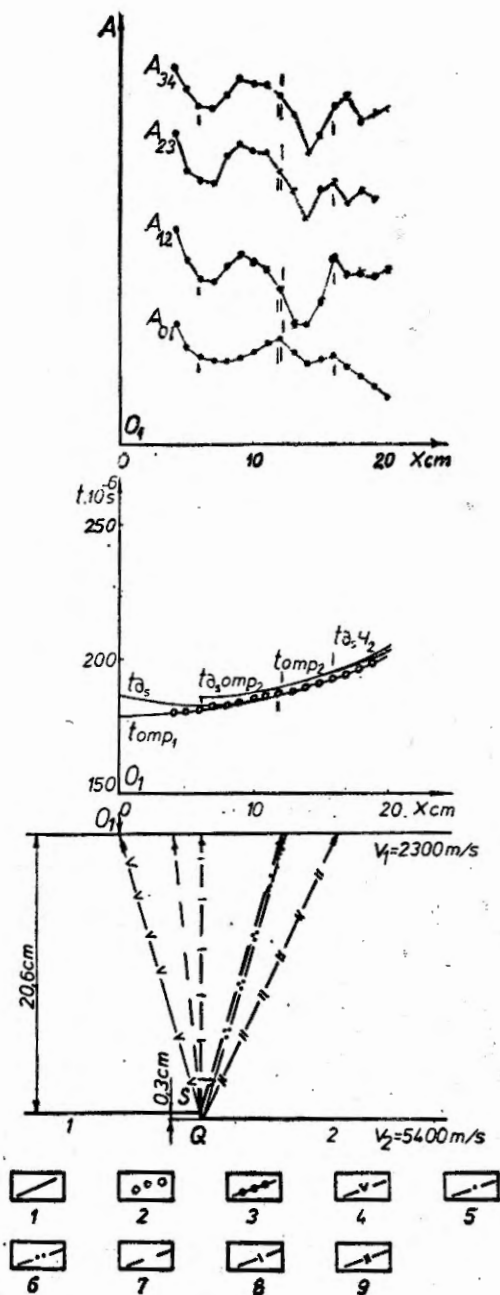
При разглеждане на теоретичните ходографи се вижда, че за нарушението с най-голяма амплитуда времената на регистриране на вълните Pd_s и $Pomr_1$ са близки в интервала на съвместна регистрация до разстояние от източника $x=12$ cm. Вълната Pd_somr_2 отначало се следи самостоятелно до $x=14$ cm, след това се регистрира съвместно с вълната $Pomr_2$ на почти еднакви времена. На експериментално получените осцилограми са регистрирани две вълни. Първата вълна отначало е сумарна, получена от насла-



Фиг. 1. Модел на стъпаловидно нарушение на сеизмична граница с амплитуда $\Delta h = 3,5$ см. Източникът е в точка O_1 . 1 — теоретични ходографи; 2 — експериментални ходографи; 3 — експериментални амплитудни графици; 4, 5, 6, 7, 8, 9 — лъчи на вълните: P (падаща), P_{01P_1} , P_{01P_2} , $P_{01P_2} - P_{01P_1}$, P_{01P_2} , P_{01P_2} .



Фиг. 2. Модел на стъпаловидно нарушение на сеизмична граница с амплитуда $\Delta h = 0,9$ см. Източникът е в точка O_1 . 1 — теоретични ходографи; 2 — експериментални ходографи; 3 — експериментални амплитудни графици; 4, 5, 6, 7, 8, 9 — лъчи на вълните: P (падаща), P_{01P_1} , P_{01P_2} , $P_{01P_2} - P_{01P_1}$, P_{01P_2} , P_{01P_2} .



Фиг. 3. Модел на стъпаловидно нарушение на сеизмична граница с амплитуда $\Delta h = 0,3$ ст. Източникът е в точка O_1
 1 — теоретични ходографи; 2 — експериментални ходографи; 3 — експериментални амплитудни графици; 4, 5, 6, 7, 8, 9 — лъчи на вълните: P (падаща), $P_{отр_1}$, $P_{отр_2}$, P_{δ_5} , $P_{\delta_{отр_2}}$, $P_{\delta_4_2}$

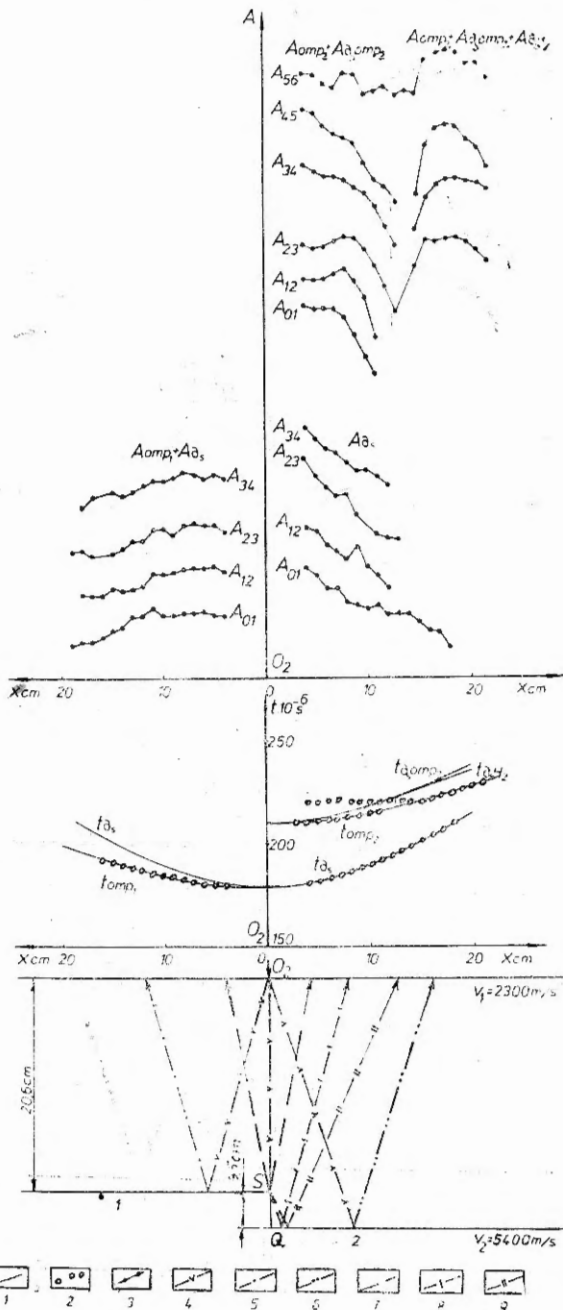
ването на вълните Pd_5 и $Pomp_1$ в областта на съвместната им регистрация, след това от самостоятелното проследяване на вълна Pd_5 . Формата на запис на тази вълна по целия интервал е трифазна с най-интензивна първа фаза. Не се наблюдават резки изменения във формата на запис в точката, в която престава да се регистрира вълната $Pomp_1$. На фиг. 1 са показани амплитудните графици A_{01} , A_{12} , A_{23} и A_{34} за разглежданата вълна. Амплитудите сравнително бързо затихват с отдалечаване на източника. Не се наблюдават никакви особености на мястото, където престава да се проследява вълната $Pomp_1$.

Втората регистрирана вълна е получена отначало от самостоятелното проследяване на вълната $Pd_{5отр_2}$ до $x=14$ см, след това от наслагването на тази вълна с вълната $Pomp_2$. Отначало тя се регистрира с две преобладаващи фази, като първата е по-интензивна. В областта на началната точка на вълната $Pomp_2$ формата на запис се изменя — фазите стават три, като съотношението на амплитудите е променливо. На фиг. 1 са показани амплитудните графици A_{01} , A_{12} , A_{23} и A_{34} за тази вълна. Те се различават твърде много от амплитудните графици на първата експериментално регистрирана вълна. Всеки от четирите графика има различна форма, с минимум и максимум на различни места. Началото на проследяване на вълната $Pomp_2$ се проявява с минимум или максимум, но не може да се установи закономерност.

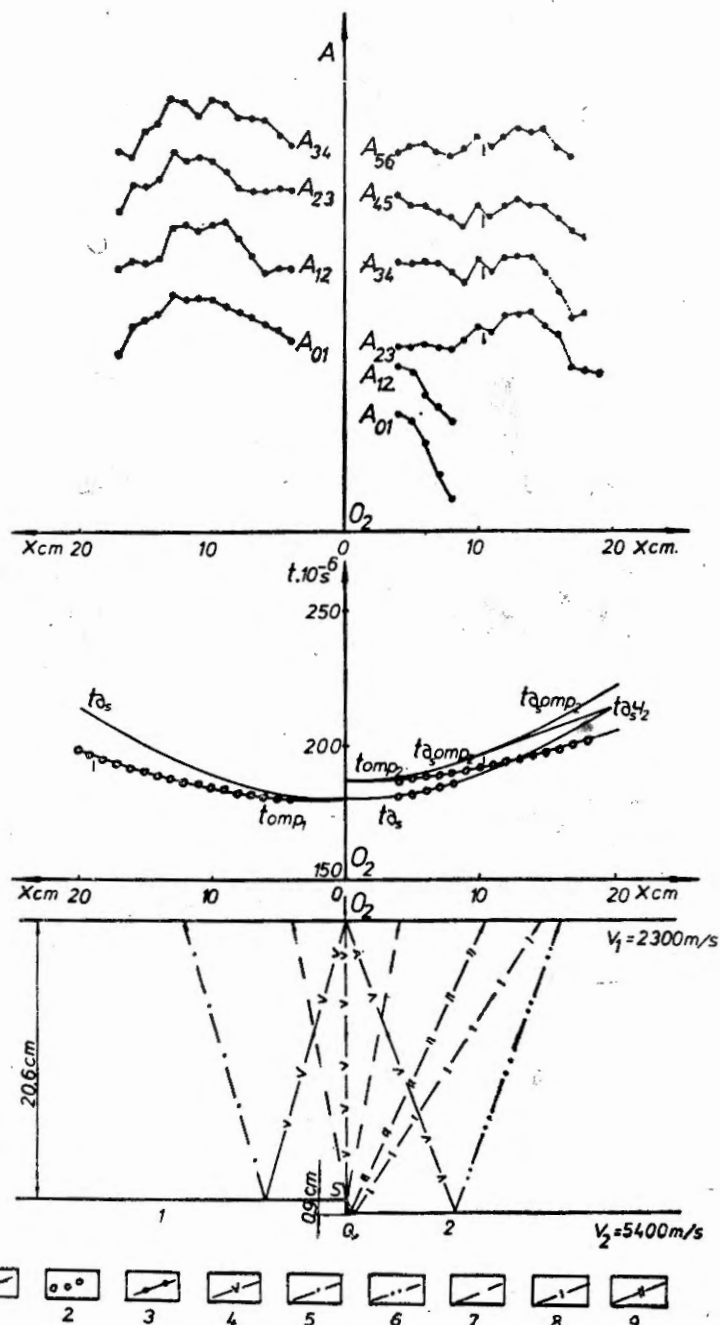
При останалите два модела всички разглеждани вълни се явяват на много близки времена. На осцилограмите е регистрирана само една сумарна вълна, получена от наслагването на всички разглеждани при този случай вълни. Разделното им проследяване не е възможно.

При модела с амплитуда на нарушението $\Delta h=0,9$ см формата на записа на експериментално регистрираната вълна е променлива. Изменя се броят на фазите и съотношението на амплитудите на отделните фази. Само в началната част до $x=7$ см тя е подобна във всички точки на наблюдение — с най-интензивни първа и трета фаза. На фиг. 2 могат да се видят амплитудните графици A_{01} , A_{12} , A_{23} , A_{34} , A_{45} и A_{56} . Първите четири имат приблизително еднаква форма. Последните два графика също имат подобна форма — с ясно изразен минимум при $x=10$ см и максимум при $x=13-14$ см. Този максимум може да се свърже с встъпването на вълна $Pomp_2$.

На осцилограмата при модела с амплитуда на нарушението $\Delta h=0,3$ см регистрираната вълна е с двуфазна форма на запис, като от $x=6$ см до края на изследвания интервал по-интензивна е втората фаза. Тук картината е подобна на тази, получена при ненарушена сеизмична граница, и в такъв случай трудно биха могли да се открият признаци за наличие на нарушение по изследваната граница. Явно това положение на източника спрямо нарушението е неблагоприятно за откриването му, а и самото нарушение е с твърде малка амплитуда, за да окаже ясно изразено влияние върху вълновото поле. Все пак разлика има в съотношението на интензивността на фазите при регистрираната и при двата случая двуфазна вълна. Амплитудните графици A_{01} , A_{12} , A_{23} и A_{34} , показани на фиг. 3, са доста начупени, като последните три имат подобна форма — с минимума при $x=7$ см и $x=14$ см и максимуми при $x=9$ см и $x=16$ см. Последният максимум може да се свърже с встъпването на вълната Pd_{5_2} . Пс-сложната форма на амплитудните графици, различна от тази на амплитудните графици на отразената вълна от ненарушена сеизмична граница, е признак, че разглежданата вълна е сложна, получена от наслагването на две или повече вълни, откъдето следва, че границата е нарушена.



Фиг. 4. Модел на стъпаловидно нарушение на сеизмична граница с амплитуда $\Delta h = 3,5$ см. Източникът е в точка O_2 .
 1 — теоретични ходографи; 2 — експериментални ходографи; 3 — експериментални амплитудни графици; 4, 5, 6, 7, 8, 9 — лъчи на вълните: P (падаща), $P_{отр1}$, $P_{отр2}$, $P_{д3}$, $P_{д5отр2}$, $P_{д542}$



Фиг. 5. Модел на стъпаловидно нарушение на сеизмична граница с амплитуда $\Delta h = 0,9$ см. Източникът е в точка O_2
 1 — теоретични ходографи; 2 — експериментални ходографи; 3 — експериментални амплитудни графици; 4, 5, 6, 7, 8, 9 — лъчи на вълните: P (падаща), Pd_{s1} , Pd_{s2} , Pd_{s3} , Pd_{s4} , Pd_{s5}

2. Източникът е в т. O_2 .

а. Наблюдение над пропадналото крило.

Основните вълни, формиращи вълновото поле, тук са: отразена вълна от пропадналото крило $Pomr_2$, дифрактирала вълна от горния ръб s на стъпалото Pd_s , дифрактирало-отразена вълна Pd_somr_2 и дифрактирало-челна вълна Pd_su_2 .

Теоретично изчислените интервали на проследяване и времена на пристигане могат да се видят на фиг. 4, 5 и 6.

При модела с най-голяма амплитуда по-голямата разлика във времената на регистрация на вълната Pd_s и другите вълни позволява самостоятелното ѝ проследяване в изследвания интервал (фиг. 4). На осцилограмата са регистрирани две вълни — на по-малки времена вълната Pd_s и на по-големи времена сумарна вълна, получена отначало от наслагването на вълните $Pomr_2$ и Pd_somr_2 и след това на вълната Pd_su_2 .

Дифрактиралата вълна Pd_s отначало се явява с двуфазна форма на запис с по-интензивна първа фаза (до $x=12$ cm), след това тя се изменя.

Втората регистрирана вълна отначало е с преобладаваща трифазна форма на запис до около $x=10$ cm с изменящо се съотношение между интензивността на отделните фази. Това е признак, че вълната е сложна. В този интервал според теоретичните разчети, както вече казахме, се наслагват вълните $Pomr_2$ и Pd_somr_2 , като постепенно разликата във времената им се увеличава. При $x=11$ cm и $x=12$ cm доминират две фази. Около $x=13$ cm е теоретично изчислената начална точка на вълната Pd_su_2 . Това на осцилограмата е отбелязано с изменение на формата на записа. По-нататък в резултат на наслагването на три вълни — Pd_somr_2 , $Pomr_2$, Pd_su_2 , се регистрира сравнително интензивна вълна с преобладаваща трифазна форма на запис с най-интензивна първа фаза.

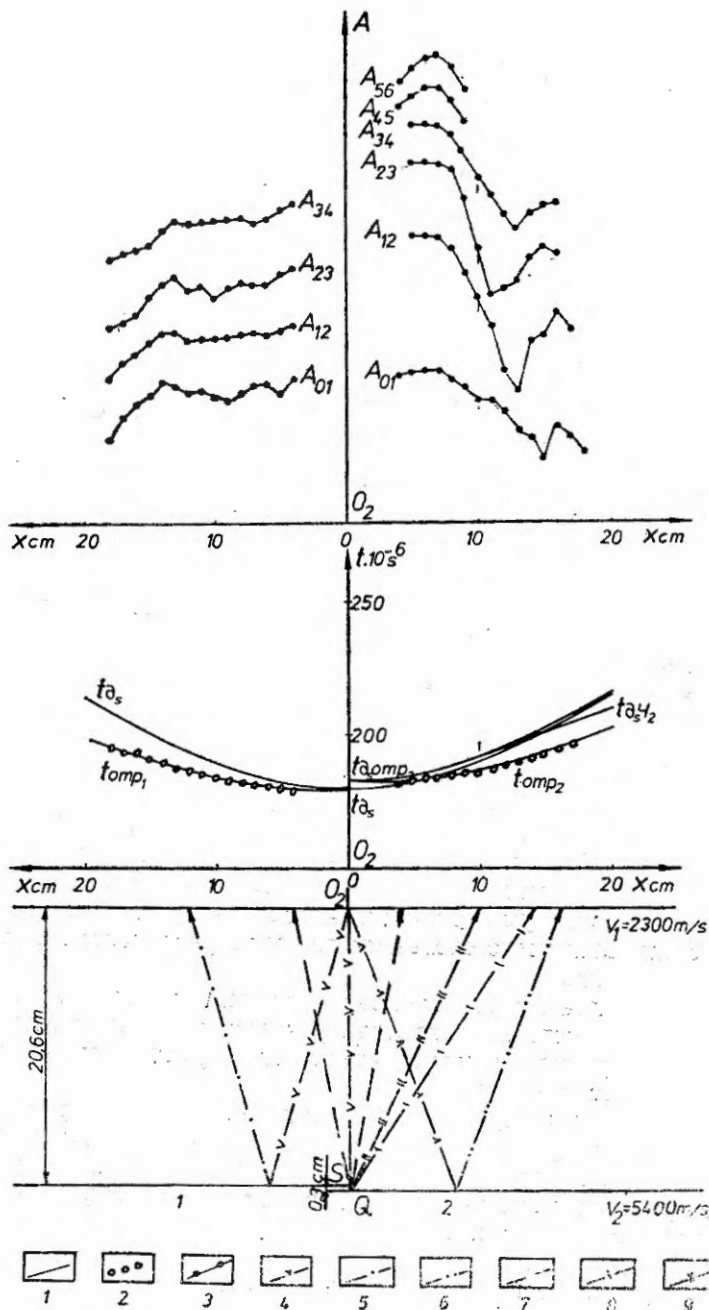
На фиг. 4 са показани амплитудните графици на двете регистрирани вълни. Амплитудите A_{01} , A_{12} , A_{23} и A_{34} на дифрактиралата вълна Pd_s бързо затихват с увеличаване на разстоянието от източника. Твърде изразителни са амплитудните графици A_{01} , A_{12} , A_{23} , A_{34} , A_{45} и A_{56} на втората вълна, която е сумарна. Те имат сложна форма. Най-интересната особеност тук е ясно изразеният минимум в областта на началната точка на вълната Pd_su_2 около $x=13$ cm, след което следва много бързо увеличаване на амплитудите до около $x=16$ cm.

При другите два модела времената на регистрация на разглежданите вълни са близки, което не позволява разделното им проследяване (фиг. 5 и 6). На осцилограмата е регистрирана една сумарна вълна, получена от наслагването на тези вълни.

При модела с амплитуда на нарушението $\Delta h=0,9$ cm формата на запис на регистрираната сумарна вълна е няколкофазна с две преобладаващи фази. Първата фаза е слабо интензивна и затихва при $x=8$ cm. Времената ѝ съответствуват на теоретично изчислените за вълна Pd_s . По-нататък формата на запис се запазва постоянна.

На фиг. 5 са показани амплитудните графици A_{01} , A_{12} , A_{23} , A_{34} , A_{45} и A_{56} . Вижда се, че амплитудите A_{01} и A_{12} затихват много бързо. Останалите имат приблизително еднаква форма. Както се вижда, началото на проследяване на вълната Pd_su_2 около $x=10,4$ cm оказва влияние върху вида им.

При модела с амплитуда на нарушението $\Delta h=0,3$ cm от $x=4$ cm до $x=9$ cm зарегистрираната вълна е интензивна и многофазна, с добре изразени фази. При $x=10$ cm формата на запис рязко се изменя. Теоретически тук е началната точка на вълната Pd_su_2 . До края на изследвания интервал формата на запис се изменя в различните точки на регистрация.



Фиг. 6. Модел на стъпаловидно нарушение на сейсмична граница с амплитуда $\Delta h = 0,3$ см. Източникът е в точка O_2
 1 — теоретични ходографи; 2 — експериментални ходографи; 3 — експериментални амплитудни графици; 4, 5, 6, 7, 8, 9 — лъчи на вълните: P (падаща), P_{omp1} , P_{omp2} , P_{0s} , $P_{0s/2}$, $P_{0s/2}$.

На фиг. 6 са показани амплитудните графици A_{01} , A_{12} , A_{23} , A_{34} , A_{45} и A_{56} . Първите четири имат приблизително еднакъв характер. Отначало амплитудите се запазват почти постоянни, след което бързо намаляват и отново нарастват. Амплитудите A_{45} и A_{56} отначало растат до $x=7$ cm, след това отново намаляват. Споменатото по-горе рязко изменение на формата на запис при $x=10$ cm, свързано с встъпването на вълната $Pd_s u_2$, не е така рязко изразено при първите четири графика. То се изразява в прекъсване на следващите два. Споменатите особености във формата на запис и амплитудните графици е възможно да се дължат и на други кинематични фактори.

б. Наблюдения над издигнатото крило.

Тук основните вълни, формиращи вълновото поле, са две — отразена вълна от издигнатото крило $Pomr_1$ и дифрактирала вълна от ръба $S Pd_s$. Кинематичните характеристики на вълните за трите модела са подобни (фиг. 4, 5 и 6). Времената на пристигане на двете вълни в т. O_1 са едни и същи, след това разликата им се увеличава. За трите случая е регистрирана една сложна многофазна вълна, получена от наслагването на разглежданите две вълни. Формата на запис обаче е различна за различните модели. На фиг. 4, 5 и 6 са показани амплитудните графици A_{01} , A_{12} , A_{23} и A_{34} . За един и същ модел те имат подобна форма, но различна за различните модели.

3. Източникът е в т. O_3 .

Основните вълни, формиращи вълновото поле, са четири: отразена вълна от издигнатото крило $Pomr_1$, отразена вълна от пропадналото крило $Pomr_2$, дифрактирала вълна от ръба $S Pd_s$ и отразено-дифрактирала вълна $Pomr_2 d_s$.

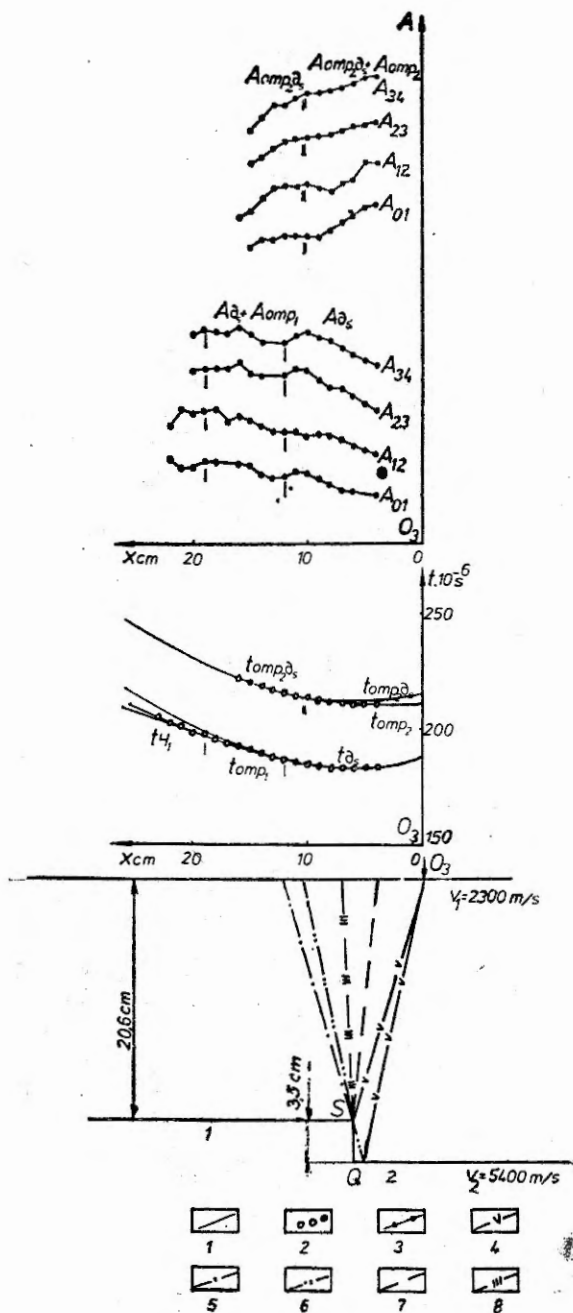
На фиг. 7, 8 и 9 могат да се видят теоретично изчислените интервали на проследяване и времената на пристигане на тези вълни.

При модела с най-голяма амплитуда на нарушението времената на вълните Pd_s и $Pomr_1$ са твърде близки, както и за вълните $Pomr_2$ и $Pomr_2 d_s$ (фиг. 7). Експериментално са регистрирани две вълни, получени от наслагването на горните две двойки вълни.

В интервала на самостоятелното си проследяване (до $x=12$ cm) дифрактиралата вълна Pd_s е регистрирана с трифазна форма на запис, като до $x=10$ cm най-интензивна е първата фаза. Както вече се каза, при разстояние на източника $x=12$ cm теоретически би трябвало да започне проследяването на вълна $Pomr_1$ на времена, близки до тези на вълна Pd_s . На осцилограмата в тази област ($x=10-12$ cm) се наблюдават малки изменения в съотношението на амплитудите на отделните фази. След това в областта на съвместното им проследяване сумарната вълна има четирифазна форма на запис с най-интензивна първа фаза.

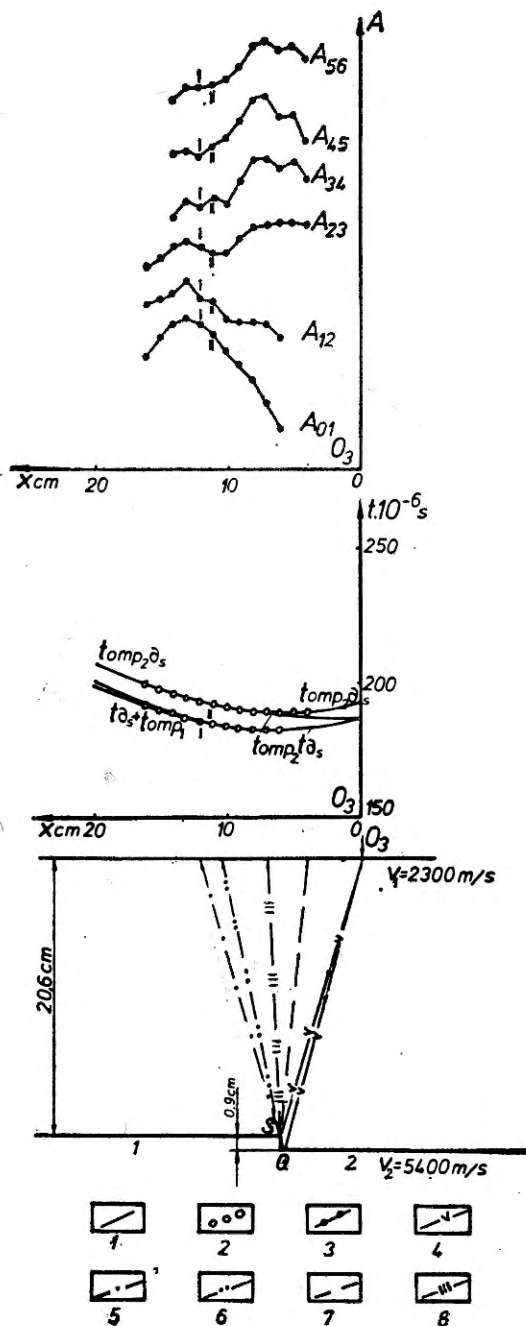
В началната част на осцилограмата на по-големи времена и с по-голяма интензивност е регистрирана няколкофазна вълна, получена от наслагването на вълните $Pomr_2$ и $Pomr_2 d_s$. Теоретически вълната $Pomr_2$ престава да се следи при $x=10,4$ cm. На това разстояние се забелязва промяна във формата на запис. По-нататък продължава да се следи вълната $Pomr_2 d_s$.

На фиг. 7 са показани амплитудните графици A_{01} , A_{12} , A_{23} и A_{34} за двете регистрирани вълни. Тук можем да отбележим интересния факт, че амплитудите на дифрактиралата вълна Pd_s растат с увеличаване на разстоянието от източника и в точките на наблюдение след проекцията на ръба на стъпалото. Началото на проследяване на вълната $Pomr_1$ не оказва рязко изменение във формата на амплитудните графици. По-нататък амплитудите на сумарната вълна продължават да растат, но по-бавно.

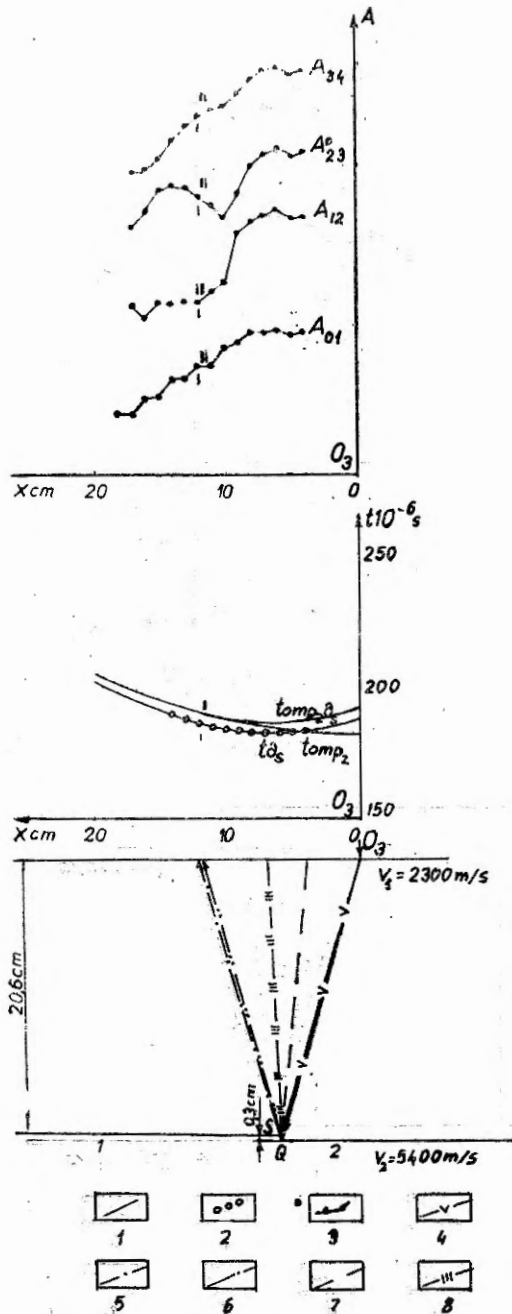


Фиг. 7. Модел на стъпаловидно нарушение на сеизмична граница с амплитуда $\Delta h = 3,5$ см. Източникът е в точка O_3

1 — теоретични ходографи; 2 — експериментални ходографи; 3 — експериментални амплитудни графици; 4, 5, 6, 7, 8 — лъчи на вълните: P (падаща), $P_{omp1}, P_{omp2}, P_{\partial S}, P_{omp2\partial S}$



Фиг. 8 Модел на стъпаловидно нарушение на сейсмична граница с амплитуда $\Delta h = 0,9$ см. Източникът е в точка O_3
 1 — теоретични ходографи; 2 — експериментални ходографи; 3 — експериментални амплитудни графици; 4, 5, 6, 7, 8 — лъчи на вълните: P (падаща), $P_{\text{отр}P_1}$, $P_{\text{отр}P_2}$, $P_{\text{отр}P_3}$, $P_{\text{отр}P_4}$



Фиг. 9. Модел на стъпаловидно нарушение на сеизмична граница с амплитуда $\Delta h = 0,3$ см: Източникът е в точка O_3 .
 1 — теоретични ходографи; 2 — експериментални ходографи; 3 — експериментални амплитудни графици; 4, 5, 6, 7, 8 — лъчи на вълните: P (падаща), P_{0s1} , P_{0s2} , P_{0s} , P_{0s} .

При разглеждане на амплитудните графици A_{01} , A_{12} , A_{23} и A_{34} на втората регистрирана вълна може да се отбележи фактът, че след края на проследяване на вълната $Pomr_2$ амплитудите започват по-бързо да затихват.

При останалите два метода всички разглеждани вълни имат близки времена на пристигане, което прави невъзможно разделното им проследяване (фиг. 8 и 9). Регистрирана е само една сложна вълна, получена от наслагването на тези вълни.

При модела с амплитуда на нарушението $\Delta h = 0,9$ cm регистрираната вълна е няколкофазна, като формата ѝ не се запазва постоянна при различните разстояния от източника. Отначало се открояват две интензивни фази (първа и втора), след това при $x = 6$ cm започва да се проследява слабо интензивна първа фаза. Крайната точка на проследяване на вълната $Pomr_2$ и началната на вълната $Pomr_1$ около $x = 11-12$ cm не изменят рязко формата на записа.

На фиг. 8 са показани амплитудните графици A_{01} , A_{12} , A_{23} и A_{34} . Амплитудните графици A_{01} и A_{12} имат поведение твърде различно от останалите. Отначало амплитудите бързо растат до около $x = 13$ cm, след което също така бързо започват да намаляват. Амплитудите A_{23} се запазват почти постоянни до $x = 8$ cm, следва минимум при $x = 10-12$ cm, максимум при $x = 13$ cm и отново намаляват. Останалите три амплитудни графика имат подобна форма — отначало амплитудите бързо растат до $x = 7-8$ cm, след това бързо намаляват до $x = 11-12$ cm. Тук теоретически е крайната точка на проследяване на вълната $Pomr_2$ и началната точка на вълната $Pomr_1$.

На получената осцилограма при модела с амплитуда на нарушението $\Delta h = 0,3$ cm е регистрирана една няколкофазна вълна, чиято форма на запис не се запазва по целия интервал на наблюдение. При $x = 12$ cm, където престава да се следи вълната $Pomr_2$, започва проследяване на вълната $Pomr_1$, не се наблюдава смяна във формата на записа.

Амплитудните графици A_{01} , A_{12} , A_{23} и A_{34} са различни по форма (фиг. 9). Крайната точка на проследяване на вълната $Pomr_2$ и началната на вълната $Pomr_1$ при $x = 12$ cm не се извяват рязко върху амплитудните графици.

В резултат на изследванията върху модели на нарушени сеизмични граници при двуслойни среди от вида правоъгълно стъпало с амплитуда $\Delta h = 3,5, 0,9$ и $0,3$ cm могат да се направят някои изводи.

По кинематични признаци, както беше казано, може да бъде открито нарушение на сеизмична граница при амплитуда на нарушението $\Delta h = 3,5$ cm, където е изпълнено съотношението $\Delta h/\lambda > 0,625$. При останалите два случая с амплитуди на нарушението $\Delta h = 0,9$ cm и $\Delta h = 0,3$ cm, при които е изпълнено съотношението $\Delta h/\lambda \leq 0,625$, това е затруднено. В тези случаи времената на пристигане на отделните вълни на линията на наблюдение са близки и поради това на получените осцилограми е регистрирана една сложна вълна, получена от наслагването на различните вълни. Признаците на откриване на нарушение тук трябва да се търсят в изменение на динамичните особености на тези вълни.

Извършените изследвания показват, че всички регистрирани сложни вълни имат различна форма на запис, определяща се от физическите и геометрическите условия на суперпозиция на вълните: Тя зависи от различното положение на източника на еластични вълни спрямо нарушението. Причина за това е различният вид и интервал на проследяване на вълните, от наслагването на които се получава сложната вълна, а също и начинът на формирането им. Освен това формата на запис зависи и от амплитудата на нарушението, както се вижда при сравняване на вълните, получени при едно и също положение на източника спрямо нарушението.

Формата на запис на една и съща сложна вълна не се запазва постоянна в целия интервал на проследяването ѝ. С увеличаване на разстоянието от източника в някои случаи се изменя броят на фазите — едни затихват, други се появяват. Изменя се също и съотношението на интензивността на различните фази.

Подобно нещо може да се каже и за амплитудните графици, които имат сложна и разнообразна форма. Те имат различен вид за вълните, регистрирани при различните положения на източника на еластични вълни спрямо нарушението. Може да се обърне внимание също на вида на амплитудните графици при наблюдение от двете страни на един и същ източник (т. O_2). Различният им вид може да бъде признак за нарушение. Амплитудните графици зависят също и от амплитудата на нарушението. За една и съща сложна вълна в повечето случаи средните фази имат подобни амплитудни графици. Разлика се наблюдава главно в началните и крайните фази.

Началото и краят на проследяване на отделните вълни в повечето случаи оказват влияние върху формата на запис на регистрираната на осцилограмата сложна вълна и амплитудните ѝ графици, но в някои случаи не влияят. В това отношение при досегашните ни изследвания не може да се установи някаква закономерност. Една от причините за това може да бъде фактът, че се намесват и други фактори, особено когато в разглеждания интервал се регистрират повече от две вълни.

Необходимо е при тези обсъждания на характера на вълните, регистрирани при стъпаловидно нарушение на сеизмична граница, да отбележим значението на вълните, получени чрез дифракция от горния ръб на стъпалото от типа $Pd_{отр_2}$ и $Pотр_2d_s$. В определени интервали те се проследяват самостоятелно, откъдето може да се съди за тяхната интензивност.

В заключение може да се каже, че малоамплитудните нарушения оказват влияние върху динамичните характеристики на вълновото поле. Формата на запис и амплитудите са чувствителни и към малки в сравнение с дължината на вълната нарушения на сеизмичната граница.

Л и т е р а т у р а

- Дьячкова, А. Я. 1961. Характер динамических особенностей записи преломленных и преломленно-дифрагированных волн на моделях различного типа тектонических уступов. — *Прикладная геофизика*, 31, 101—108.
- Ивакин, Б. Н. 1969. Методы моделирования сейсмических волновых явлений. М., Наука. 287 с.
- Клем-Мусатов, К. Д., Г. Л. Ковалевский, В. Т. Черняков. 1976. Сейсмические аномалии, связанные с локальными нарушениями. — *Геология и геофизика*, 12, 129—153.
- Ковалевский, Г. Л., Е. М. Аверко. 1967. Динамические особенности записи отражений и их интерпретация при наличии разрывного нарушения. — *Геология и геофизика*, 9, 80—99.
- Рогоза, О. И., В. А. Гаранин. 1962. О природе и особенностях волн, наблюдаемых при трассировании сбросов методом ИМПВ. — *Прикладная геофизика*, 34, 76—86.
- Ангопа, Е. А. 1960. Two-dimensional modelling and its application seismic problems. — *Geophysics*, 25, 2, 468—482.

(Постъпила на 5. XI. 1980 г.)