

Рис. 3.

Если множество областей  $\{R_I\}$  размещено в плоскости с разрывами (рис. 2), причем  $\bigcap_{I \in N} R_I = \emptyset$ , где  $N$  — число областей, то необходимо использовать множество транспарантов по схеме рис. 3.

Выходной сигнал  $W_{i(I),j(I)}$  будет определяться через объединение вида

$$W_{i(I),j(I)} = \bigcup_{I=1}^N y_I.$$

Таким образом, в случае использования  $K$  транспарантов возможно оперативное формирование области задания аргументов (или функции) с  $K$  разрывами в заданных размерах плоскости.

Поступило в редакцию 9 июня 1978 г.

УДК 550.34.038.4 : 681.787

Э. И. МАШИНСКИЙ, В. А. ХАНОВ  
(Новосибирск)

### ЛАЗЕРНЫЙ ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫЙ СЕЙСМОПРИЕМНИК

В работе [1] показаны преимущества оптического метода восстановления объемного изображения геологических структур. Однако повышение избыточности сейсмограмм приводит к необходимости регистрации слабых сейсмических волн в широких частотном и амплитудном диапазонах.

Ранее одним из авторов были предложены методики измерения динамических характеристик волн в реальных средах с использованием лазерных интерферометров как преобразователей давления [2]. В настоящей работе сообщается конструкция и результаты полевых испытаний лазерного интерференционного сейсмоприемника, предназначенного для целей сейсмогеографии и сейсморазведки.

Прибор выполнен в виде скважинного снаряда, опускаемого на глубину до 20 м. Схема сейсмоприемника приведена на рис. 1. В основе его схемы лежит лазерный интерферометр Майкельсона, состоящий из источника света 1, лучеделителя 2, поворотных зеркал 3, 4, уголкового отражателя 5, 6 в плечах интерферометра и регистрирующего фотоприемника 7. В качестве источника света 1 используется гелий-неоновый лазер ЛГ-56. Изменение давления в грунте регистрируется как изменение показателя преломления воздуха в измерительном плече интерферометра I. Жесткий контакт с породой осуществляется посредством упругой оболочки 8. Для уменьшения температурного дрейфа прибора и повышения контрастности интерференционной картины длина опорного плеча интерферометра II с постоянным давлением воздуха выбрана равной длине измерительного (двухлучевой равноплечий интерферометр).

Для установки рабочей точки на середину линейного участка в опорном плече имеется пьезокерамический элемент 9. Изменения оптической разности хода в плечах интерферометра с помощью фотоприемника 7 преобразуются в электрический сигнал, который по соединительному кабелю 10 поступает на установленное на поверхности регистрирующее устройство. Дальнейшая обработка данных осуществляется на ЭВМ.

Чувствительность интерференционного сейсмоприемника  $M$ , определяемая из соотношения Клаузиуса — Моссогги, может быть представлена в виде [2]

$$M = \frac{\Delta i}{i_{\max} \sigma_r} = \frac{2\pi l}{\lambda} \frac{(n_0^2 - 1)(n_0^2 + 2)}{6n_0 K} \frac{1}{(k_1 + k_2)}, \quad (1)$$

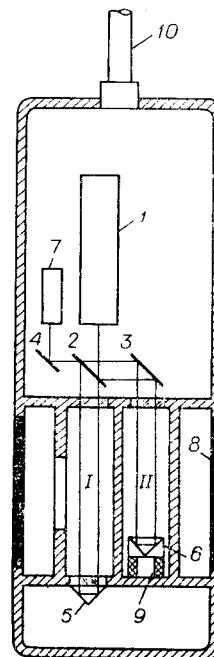


Рис. 1.

где  $\Delta i/i_{\max}$  — изменение тока фотоприемника по отношению к максимальному току;  $\sigma_r$  — напряжение в породе, возникающее при распространении сейсмической волны;  $K$  — модуль всестороннего сжатия воздуха;  $k_1, k_2$  — постоянные, зависящие от упругих свойств породы и сейсμοприемника;  $n_0$  — показатель преломления воздуха. Из этого выражения следует, что  $M$  определяется величинами коэффициентов передач  $k_1$  и  $k_2$  и длиной рабочей части измерительного плеча  $l$ . В работе [2] показано, что чувствительность прибора максимальна при  $k_2 \approx 0$  и  $k_1 \approx 1$ ; такое условие наилучшего согласования приемника с породой реализуется, когда модуль упругости прибора значительно больше модуля упругости породы. Это достигается путем создания избыточного давления ( $\sim 10^6$  Па) внутри эластичной оболочки 8. По оценкам выражения (1) величина давления в породе, которая может быть зарегистрирована сейсμοприемником, при  $\Delta i/i_{\max} = 10^{-3}$  и  $l = 300$  мм составляет  $10^{-2}$  Па. Такой чувствительности вполне достаточно для регистрации слабых волн, отраженных от глубоких геологических границ.

Лабораторные испытания прибора включали исследование стабильности рабочей точки интерферометра, определение статической чувствительности и частотной характеристики.

Дрейф нуля сейсμοприемника определяется по записи уходов рабочей точки с заданного положения. Прибор, установленный в скважине, достигал температурного равновесия через 30—40 мин после включения питания. При этом дрейф его показаний практически прекращался. Статическая чувствительность измерялась при изменении уровня водяного столба, действующего на упругую оболочку; она составила  $(0,25 \div 0,35) 10^{-2}$  В/Па. Минимальный уровень выходного сигнала, определявшийся уровнем шума фотоприемника и контрастностью интерференционной картины, в нашем случае  $\sim 1$  мВ. Определение частотных свойств сейсμοприемника проводилось методом снятия выходных амплитудных

характеристик при изменении частоты звукового давления, действующего на оболочку. Частотная характеристика имеет относительно ровный характер (до 2 кГц), небольшой спад на частотах 3,5—4 кГц и резкий — 6 кГц.

Полевые испытания лазерного интерференционного сейсμοприемника проводились на геофизическом полигоне в Омской области. Регистрация волн давления от взрывных источников осуществлялась в скважине глубиной 12 м. Параллельно с записью сигнала с выхода интерферометра проводилась регистрация сигнала от электродинамического сейсμοприемника СМВ-30S, установленного на поверхности. В качестве примера на рис. 2, а приведена запись отраженной сейсмической волны от перспективных в нефтегазовом отношении палеозойских границ. Время задержки отраженной волны по отношению к прямой («время вступления»)  $\sim 3$  с. Сравнение формы записей сигналов от интерференционного сейсμοприемника (см. рис. 2, а) и от обычного (рис. 2, б) показывает, что первая имеет большую динамическую выразительность и более широкий спектральный состав.

Результаты лабораторных исследований и длительных полевых испытаний лазерного интерференционного сейсμοприемника показали, что прибор имеет высокую надежность и позволяет проводить регистрацию слабых волн, отраженных от глубоких геологических границ. Последнее очень важно при решении прямых задач, связанных с поисками месторождений нефти и газа.

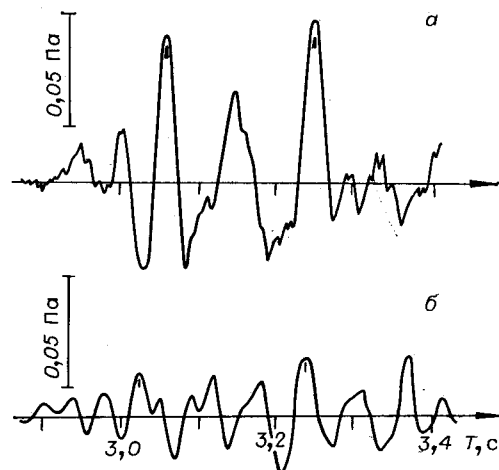


Рис. 2.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Коронкевич В. П., Меерсон А. Е., Ремесник В. Г., Чейдо Г. П., Щербаченко А. М. Синтез киноформов в реальном масштабе времени.— *Автометрия*, 1977, № 2, с. 29.
2. Машинский Э. И. Сейсμοприемник давления с лазерным интерферометром.— В кн.: *Геофизическая аппаратура*. Вып. 63. Л.: Недра, 1978, с. 98.

Поступило в редакцию 15 января 1979 г.