

А. Е. ОСТРОВСКИЙ

**ИЗМЕРЕНИЕ СКОРОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ УПРУГИХ КОЛЕБАНИЙ НА МАЛЫХ БАЗАХ***(Представлено академиком С. И. Вавиловым 25 VIII 1937)*

В настоящее время выдвигается целый ряд практически важных задач, для решения которых требуется определение скорости распространения упругих продольных волн на базе меньше 1 м. Наиболее важными из них являются: дифференцирование горных пород в буровых скважинах—сейсмокароттаж, определение упругих свойств материалов различных инженерных сооружений, исследование скорости распространения продольных колебаний в горных породах при разных температурах и давлениях, и т. п.

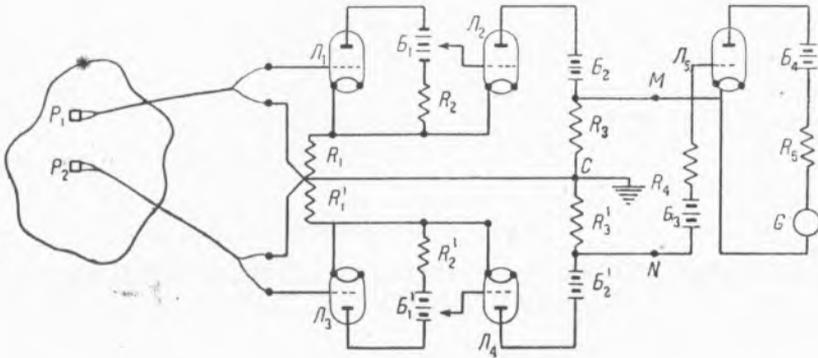
В сейсмометрии скорость распространения упругих колебаний, с помощью регистрации на фотоленту, по первым вступлениям определяется с большой точностью. Однако этот метод применим только в том случае, если упругая волна пробегает достаточно большое расстояние. При уменьшении расстояния: взрыв—прибор или первый прибор—второй прибор, точность отсчета разности времени вступления быстро падает, и на базе 1—2 м измерение скорости порядка 2 000—5 000 м/сек. становится совершенно невозможным. Поэтому весьма своевременным и важным является разработка такого метода, который позволил бы с необходимой степенью точности измерять скорость распространения упругих колебаний на достаточно малой базе.

Существует метод измерения скорости звука, разработанный Шмидтом<sup>(1)</sup> и усовершенствованный Штирштадтом и Рейхом<sup>(2)</sup>, основанный на способности органа слуха по разности прихода звуковых колебаний определять направление источника звука. Метод дает точные и надежные результаты, но применим только для тел, которым можно придать определенную форму, и поэтому не всегда может быть использован. Предлагаемый нами метод свободен от указанных недостатков и позволяет измерять значительно меньшие промежутки времени.

В общих чертах этот метод заключается в следующем.

На испытуемом объекте (фиг. 1) укрепляются два приемника упругих колебаний  $P_1$  и  $P_2$ , которые подобно микрофону или электросейсмографу преобразуют механические колебания в электрические. Получающееся в момент прихода упругих колебаний напряжение с приемника  $P_1$  поступает на сетку электронной лампы  $L_1$ , которая соединена с лампой  $L_2$  таким образом, что достаточно подать на вход больше, чем 0.01—0.02 В, как анодный ток первой лампы уменьшается от  $I_0$  до нуля, а анодный ток второй

лампы увеличивается от нуля до тока насыщения. Если соединить приемник так, чтобы от первого вступления на сетке лампы  $L_1$  получалось отрицательное напряжение, то последующие за первым вступлением колебания напряжения будут происходить в области очень большого отрицательного смещения и никакого действия на анодный ток второй лампы



Фиг. 1.— $L_1, L_2, L_3$  и  $L_4$ —лампы УБ-178;  $L_5$ —УБ-153 или пентод СБ-155;  $R_1, R_1', R_2$  и  $R_2'$ —сопротивления по 20 000  $\Omega$ .  $R_4$ —сопротивление 1—1.5 М $\Omega$ ;  $R_5$ —сопротивление от 5 до 50 тыс.  $\Omega$ ;  $B_1$  и  $B_1'$ —анодные батареи по 80 В;  $B_2$  и  $B_2'$ —анодные батареи по 160 В;  $S$ —источник упругих колебаний.

не окажут. Таким образом первое вступление от первого приемника отметится скачком анодного тока во второй лампе. Точно так же срабатывает и второй приемник с двумя другими лампами. Соединив в точке  $C$  обе схемы, на клеммах  $M$  и  $N$ , во время прохождения упругой волны, получим импульс напряжения (фиг. 2), который в свою очередь с помощью электронной лампы преобразуется в импульс тока.

Величина импульса тока легко может быть определена с помощью баллистического гальванометра или посредством заряда конденсатора.

Зная величину импульса тока  $Q$  и силу тока  $I$ , легко определить время, в течение которого шел ток

$$t = \frac{Q}{I}.$$

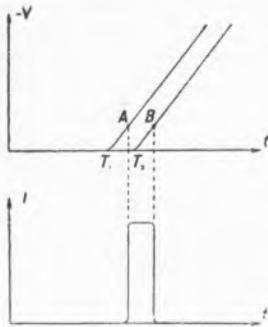
С другой стороны

$$t = T_2 - T_1,$$

где  $T_1$  и  $T_2$ —времена вступлений первого и второго приемника.

Время нарастания импульса (фиг. 2) чрезвычайно мало. По нашим подсчетам оно меньше  $1 \cdot 10^{-6}$  сек. В качестве ламп  $L_2$  и  $L_4$  вначале нами употреблялись наполненные гелием тиратроны с вольфрамовым катодом. Время зажигания такого тиратрона  $1 \cdot 10^{-6}$ — $4 \cdot 10^{-7}$  сек. В этом случае сопротивления  $R_1$  и  $R_1'$  брались небольшими: 400—600 ом.

Из фиг. 2 видно, что для точного измерения  $t$  необходимо иметь одинаковые наклоны первых вступлений, для этого нужна полная идентичность приемников и симметричных радиосхем. Однако вследствие невозможности создать вполне одинаковые приборы и кроме того в виду некоторого ослабления колебаний при пробеге волны между точками  $P_1$  и  $P_2$  полу-



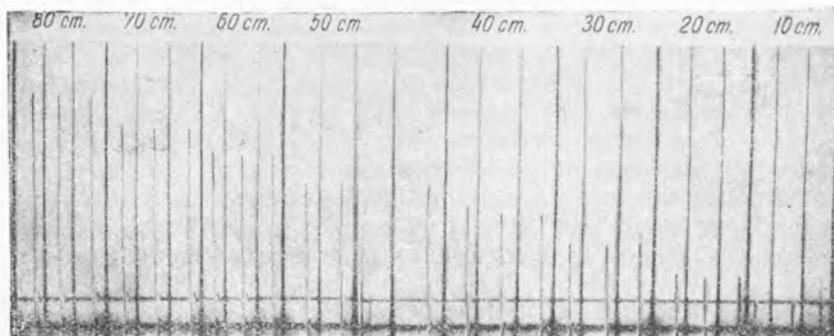
Фиг. 2.

чается известная разность наклонов, вызывающая ошибку в измерении  $t$ . Эта ошибка, заметная при слабых вступлениях волны, практически уменьшается до значений, лежащих в пределах погрешности наблюдений, при достаточно крутых вступлениях.

Описанным методом нами произведено измерение скорости в железном стержне. На стержне укреплялись два электромагнитных приемника, которые присоединялись на вход соответствующих ламп. Колебания возбуждались ударом стального шарика в конец стержня.

Для выяснения силы удара, достаточной для того, чтобы ошибка лежала в пределах точности наблюдений, нами определялась зависимость отброса гальванометра от угла отклонения шарика. При этом оказалось, что при углах меньше  $5^\circ$  отклонения гальванометра получают больше нормальных, затем при увеличении силы удара быстро уменьшаются и дальше остаются почти без изменения. Так, при увеличении угла от  $5$  до  $20^\circ$  (сила удара возросла больше, чем в 10 раз) отклонения гальванометра уменьшились на 2—3%.

Отрицательное смещение на лампах  $L_2$  и  $L_4$  (на фиг. 2 ординаты точек  $A$  и  $B$ ), задающееся от анодных батарей, тоже должно быть одинаково



Фиг. 3.

и постоянно во время работы, в противном случае мы получим время  $t$  или больше или меньше разности времен вступлений  $T_2 - T_1$ . В нашем случае на базе в 0.5—1 м изменение смещения на 3 V дало отклонение в показании гальванометра на 5%. Практически же колебания этого напряжения не превышают 0.1—0.2 V.

В качестве «баллистического гальванометра» мы пользовались гальванометром чувствительностью в  $6 \cdot 10^{-8}$  A /мм/м с периодом собственных колебаний 0.2 сек. Гальванометр градуировался по эталонному магазину емкостей на микрокулоны. Такая чувствительность гальванометра более чем достаточна. В случае надобности чувствительность уменьшалась при помощи шунта.

Визуальные отсчеты при таком коротком периоде делать довольно трудно. Поэтому для точных измерений нами производилась запись на фотоленте, скорость движения которой была 1—2 см/сек. На фиг. 3 представлен образец такой записи. Здесь приемник  $P_1$  передвигался по железному стержню на 10 см через три удара.

Скорость распространения упругих продольных колебаний в железном стержне оказалась равной 5 180 м/сек., что согласуется с табличными данными 5 100—5 450 м/сек.

Этим же методом нами измерялась скорость распространения звука в воздухе. При этом в качестве приемников были использованы телефонные трубки с одной лампой усиления. Результаты этих измерений получились также близкие к табличным (330 м/сек.).

Сейсмологический институт.  
Академия Наук СССР.  
Москва.

Поступило  
25 VIII 1937.

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

<sup>1</sup> Н. S c h m i d t, Dissertation, Göttingen (1923); Н. G e i g e r u. К. S c h e e l l, Handbuch der Physik, VIII, 611 (1927). <sup>2</sup> R e i c h u. S t i e r s t a d t, Physik. ZS., XXXII, № 3 (1931).