

ческих значений  $\gamma$  составляет в среднем  $15 \div 20\%$ , что хорошо подтверждает зависимость между коэффициентами затухания объемных и поверхностных волн, описываемую формулой (1).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Л. Бергман. Ультразвук и его применение в науке и технике. М., ИЛ, 1957.
2. F. Press, I. Nealy. Absorption of Rayleigh waves in lowloss media. J. Appl. Phys., 1957, 28, 11, 1323—1325.
3. И. А. Викторов. Некоторые вопросы распространения рэлеевских волн в твердых телах (канд. диссертация). Акустический институт АН СССР, 1958.
4. К. Н. Виноградов, Г. К. Ульянов. Измерение скорости и затухания ультразвуковых поверхностных волн в твердых материалах. Акуст. ж., 1959, 5, 3, 290—293.
5. А. Г. Соколинский. Способ возбуждения и приема поверхностных волн. Авт. свидет. 19297, 1958.

Акустический институт АН СССР  
Москва

Поступило в редакцию  
4 июня 1963 г.

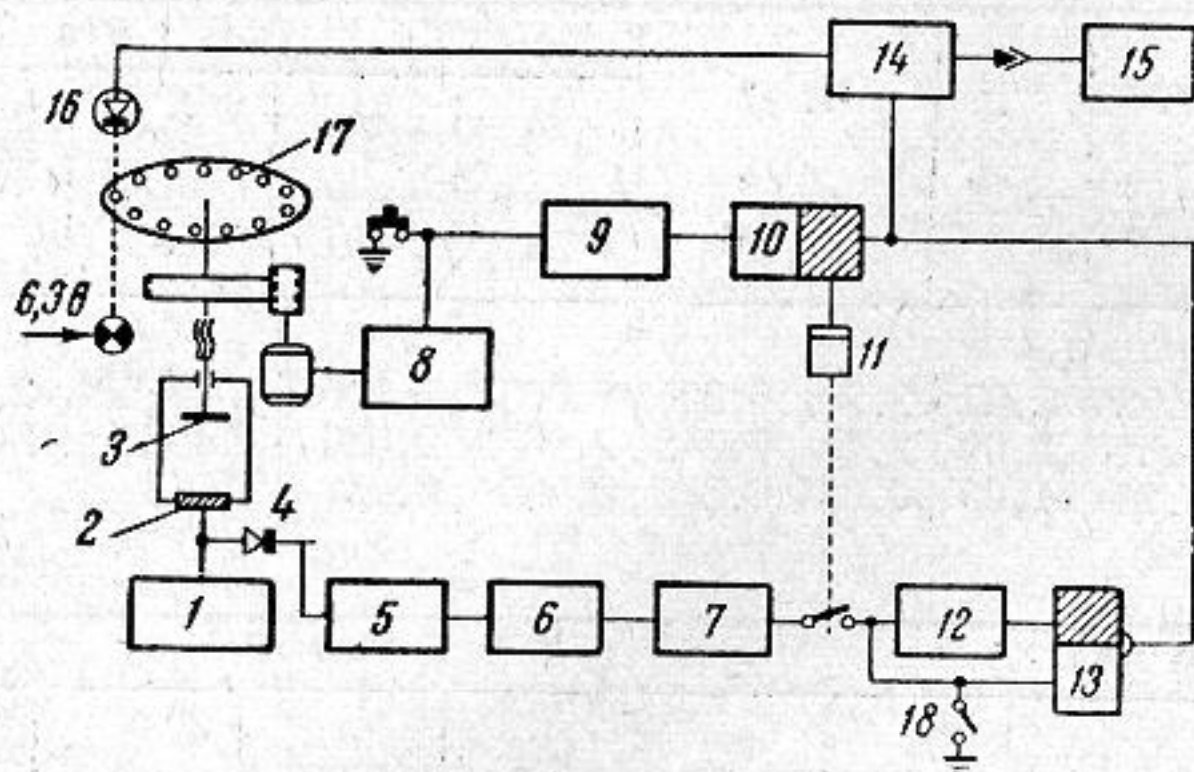
УДК 534.6

## ЦИФРОВОЙ ИНТЕРФЕРОМЕТР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ СКОРОСТИ УЛЬТРАЗВУКА

*Р. П. Жилинскас, В. И. Илгунас, Э. П. Яронис*

С целью ускорения измерений и обработки результатов нами был разработан цифровой автоматический интерферометр для измерения скорости ультразвука в жидкостях, дающий непосредственный отсчет скорости в м/сек на декадном счетчике.

Действие устройства основано на соотношении  $c = (2f \cdot \Delta l / \Delta n)$ , где  $c$  — скорость ультразвука в м/сек,  $f$  — частота колебаний в кГц,  $\Delta l$  — путь, пройденный рефлексом в миллиметрах,  $\Delta n$  — число резонансных пиков на интервале длины  $\Delta l$ .



Частота  $f$  и число резонансных пиков  $\Delta n$  поддерживаются постоянными; при этом скорость ультразвука оказывается прямо пропорциональной пути, пройденному рефлексом.

Блок-схема устройства показана на фигуре. Генератор 1 частотой 4 Мгц возбуждает кварцевый излучатель 2. При передвижении рефлексора 3, модулированное напряжение поступает на детектор 4 и затем на усилитель-ограничитель 5. Усилитель-ограничитель служит для выравнивания амплитуд при работе с сильно поглощающими жидкостями.

Далее сигнал поступает на фильтр 6, в котором выделяется первая гармоника модулированного напряжения. Последняя поступает на схему Шмитта 7, формирующую короткие импульсы, точно соответствующие резонансному положению рефлексора. Это обеспечивает надежную работу устройства при наличии сателлитов.



Устройство работает следующим образом. При нажатии на кнопку «пуск» в блоке управления 8, начинается перемещение рефлектора 3. Благодаря схеме задержки 9, триггер 10 включает реле 11 спустя 1 секунду, когда скорость движения рефлектора уже является постоянной. Реле 11 подает сигнал на счетную схему 12 и на вход триггера 13, который срабатывает и открывает электронное реле 14, на которое все время поступают импульсы координаты рефлектора, пропуская их на десятичный счетчик 15.

Импульсы координаты снимаются с фотоэлемента 16, на который падает свет, прерываемый диском с отверстиями 17. Число отверстий выбрано с таким расчетом, что каждый импульс соответствует 1 м/сек скорости ультразвука. При поступлении в счетную схему 12 сотого импульса, триггер 13 опрокидывается, закрывает электронное реле 14 и триггер 10, фиксируя таким образом показания индикаторного счетчика 15. В устройстве предусмотрена также кнопка сброса показаний 18. Обратный ход рефлектора используется для контрольных измерений. Время одного цикла измерения составляет 25 сек.

Экспериментальная проверка прибора показала, что инструментальная погрешность одного измерения не превышает  $\pm 1$  м/сек.

Увеличение числа отметок положения рефлектора на один порядок и дальнейшее усовершенствование схемы показало, что погрешность измерения скорости может быть снижена до  $\pm 0,1$  м/сек при измерениях в мало поглощающих жидкостях.

Каунасский политехнический институт

Поступило в редакцию  
4 июля 1963 г.

УДК 534, 2—16

## О ВОЛНОВОМ ДВИЖЕНИИ В УПРУГОЙ СЛОИСТО-НЕОДНОРОДНОЙ СРЕДЕ СО СТЕПЕННЫМ ЗАКОНОМ ИЗМЕНЕНИЯ ПЛОТНОСТИ И ПАРАМЕТРОВ ЛАМЕ

В. Ю. Завадский

Рассмотрим в декартовой системе координат  $x, y, z$  упругую изотропную неоднородную среду, в которой плотность  $\rho$  и параметры Ламе  $\lambda, \mu$  зависят от  $x, y, z$  как непрерывные дифференцируемые функции. Тогда вектор смещения  $U(x, y, z, t)$  удовлетворяет уравнению

$$\mathcal{L}(U) = -\rho \frac{\partial^2 U}{\partial t^2} + (\lambda + \mu) \nabla (\nabla U) + \mu \nabla^2 U + \nabla \lambda (\nabla U) + \nabla \mu \times (\nabla \times U) + 2 (\nabla \mu \nabla) U = 0 \quad (1)$$

$$\left( \nabla = \frac{\partial}{\partial x} e_x + \frac{\partial}{\partial y} e_y + \frac{\partial}{\partial z} e_z \right),$$

полученному впервые Уллером в работе [1], затем независимо Яосиямой [2] и Михлиным [3]. Вывод этого уравнения приводится в монографии [4], а запись с использованием оператора  $\nabla$  в статьях [5, 6].

Исследуем случай, когда вектор смещения расположен в плоскости  $xz$  и зависит от  $x, t$  согласно множителю  $\exp(-i\omega t + i\xi x)$  (который в дальнейшем опускаем); плотность  $\rho$  и величины  $\lambda, \mu$  изменяются только в зависимости от координаты  $z$  по степенному закону:

$$\rho(z) = \rho(z_0) (z/z_0)^{\gamma-1}, \quad \lambda(z) = \lambda(z_0) (z/z_0)^\gamma, \quad \mu(z) = \mu(z_0) (z/z_0)^\gamma, \quad (2)$$

где  $\gamma$  — произвольный параметр,  $\rho(z_0), \lambda(z_0), \mu(z_0)$  — значения  $\rho, \lambda, \mu$  при  $z = z_0$ ,  $z_0$  — некоторая точка на оси  $z$ . Этот случай соответствует линейному изменению квадратов скоростей продольных  $c_1^2(z) = \frac{\lambda + 2\mu}{\rho} = c_1^2(z_0) \frac{z}{z_0}$  и поперечных  $c_2^2(z) = \frac{\mu}{\rho} = c_2^2(z_0) \frac{z}{z_0}$  волн при постоянном их отношении:

$$p = \frac{c_2^2(z)}{c_1^2(z)} = \frac{c_2^2(z_0)}{c_1^2(z_0)} = \text{const.} \quad (3)$$

Случай  $\gamma = 1$ , когда  $\rho = \text{const}$ ,  $\lambda \sim z$ ,  $\mu \sim z$  рассматривался в работах [7, 8], а случай  $\gamma = 1$ ,  $\lambda = \infty$ ,  $\rho = \text{const}$ ,  $\mu \sim z$  в работе Стоунли [9]. Отметим также, что упругие среды со степенным изменением  $\rho, \lambda, \mu$  рассматривались в работе [6], где исследовались