

Отчёт

по лабораторной работе 5211

"Продольные ультразвуковые волны
в проволоке"

студента 421 группы

ННГУ им. Н. И. Лобачевского

Кондратьева Александра Андреевича.

Цель работы: измерение длины возбуждаемой волны и скорости ее распространения.

Приборы и материалы: передатчик, приемник, намотанная никелевая проволока, передающая и приемная катушки, осциллограф.

Краткие теоретические сведения:

В преобретенные помещения распространены продольные упругие волны в проволоке существуют волновые уравнения:

$$(1) \quad \frac{\partial^2 S}{\partial t^2} - \frac{E}{\rho} \frac{\partial^2 S}{\partial x^2} = 0, \quad \text{где } E - \text{модуль Юнга}$$

$\rho - \text{плотность проволоки.}$

Общее решение:

$$S = S_1(x + ut) + S_2(x - ut),$$

где $u = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$ - скорость распространения волны

S_1, S_2 - произвольные функции.

Возьмем случай, когда

$$S_1 = A_1 \cos(\omega t + kx + \alpha_1), \quad S_2 = A_2 \cos(\omega t - kx - \alpha_2)$$

Дисперсионное уравнение:

$$\omega = uk$$

В нашей установке волны могут существовать в двух режимах: непрерывном и импульсном.

В первом режиме непрерывно возбуждается синусоидальная волна. Во втором возбуждается импульсная волна периодически повторяется.

Рассмотрим суперпозицию двух синусоидальных волн одинаковой амплитуды ($A_1 = A_2 = A$), распространяющихся в противоположных направлениях:

$$S = S_1 + S_2$$

$$(2) \quad S = 2A \cos\left(kx - \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2}\right) \cdot \cos\left(\omega t + \frac{\alpha_1 - \alpha_2}{2}\right)$$

Амплитуда колебаний

$$A' = 2A \left| \cos\left(kx - \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2}\right) \right|$$

различна в разных точках. Точки, где амплитуда равна нулю, и, следовательно, $S=0$ в любой момент времени наз. узлами стоячей волны.

Точки, где амплитуда максимальна, т.е. $\left| \cos\left(kx - \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2}\right) \right| = 1$, наз. пучностями стоячей волны.

Множителем $\cos(kx)$ при переходе через нулевое значение меняет знак, что соответствует узлам.

число фаз колебаний на T . Это означает, что фаза колебаний по разные стороны от нуля складывается на T .

Вместо известной среды яв. идеализацией, можно рассмотреть более общий случай суммарно двух бегущих плоских волн одинаковой частоты с различными амплитудами в виде:

$$A_1 = A, \quad A_2 = A + a$$

$S = S_1 + S_2$ есть суммарная плотность волны, соответствующая уравн. (2), и бегущей волны $a \cos(kx - \omega t - a_2)$

Величина $\left(\frac{a}{A}\right)^2$ наз. коэфф. бегущести.

Величина $\frac{A_1^2 + A_2^2}{A_1^2 - A_2^2}$ наз. коэфф. стоячести волны.

Для получения устоявшегося волн в среде наблюдается магнетострикционный эффект.

Величина магнитного поля периодически изменяется по гармоническому закону. Для оптимальных условий возбуждения необходимо жесткое подмагничивание.

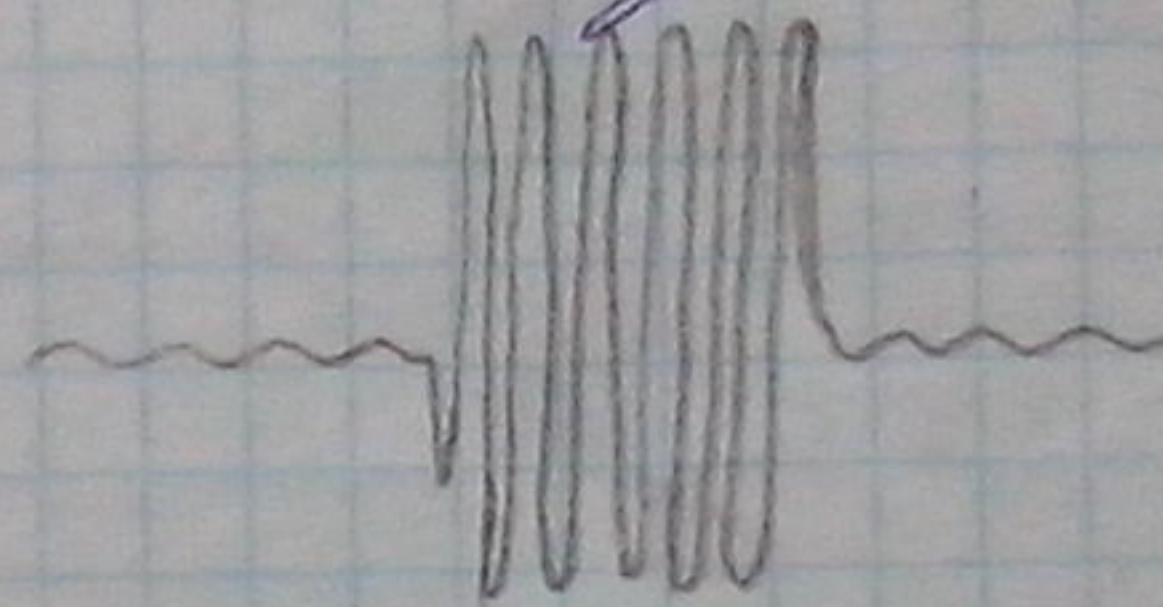
Практическая часть:

Минусный режим.

Задание 1:

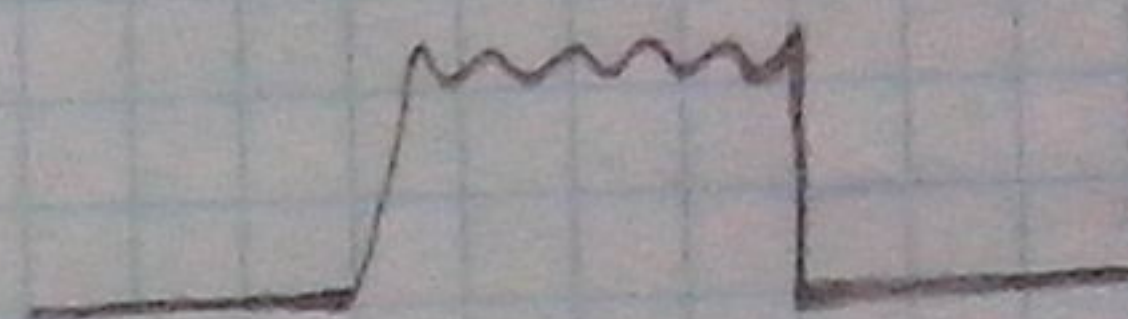
С соответствующим разъемом получены следующие осциллограммы:

"Выход"



$$\frac{T}{\tau} = 88,75$$

"Видеоинт."



$$\frac{T}{\tau} = 88,3$$

Из опыта следует, что

$$T_{\text{видеоинт.}} = T_{\text{видеоинт.}} = 12 \text{ мкс}$$

Задание 2:

Грета наблюдаемых минимумов:

1-ый - минимум без отражения

2-ой, 3-ий - минимумы односторонне

4-ый - двусторонне односторонне

Задача 3:

Для вычисления скорости звуковых волн
были проведены измерения при расстояниях
20, 40 и 60 см между катушками.

$$v_{\text{ф}} \approx 5449 \text{ м/с}$$

$$\eta = 20\%$$

Задача 4:

$$v_{\text{ф}} \approx 5000 \text{ м/с}$$

$$\eta = 0$$

Теоретический расчёт:

$$v = \lambda \nu$$

$$\lambda = 0,01 \text{ м}$$

$$\nu = 500 \text{ кГц}$$

$$v = 5000 \text{ м/с}$$

Очевидно, что предыдущий способ расчёта
гораздо менее точен.

Непрерывный режим:

Задача 1:

$$T = 2,02 \text{ мкс}$$

$$\nu = 495 \text{ кГц}$$

Задача 2:

Экспериментально была определена длина
волны $\lambda = 1,06 \text{ см}$.

$$v = 5247 \text{ м/с}$$

Задача 3:

Были определены КСВ на расстояниях 20,
40 и 60 см. между катушками.

$$(КСВ)_{\text{ср}} \approx 5,6$$

$$\eta = 2,5\%$$

Как можно заметить из полученных значений

$$(КСВ)_1 = 5,5$$

$$(КСВ)_2 = 5,8$$

$$(КСВ)_3 = 5,6$$

коэфф. стоячности волны не зависят от рас-

жесткая катушка.

Также из подсчетных значений:

$$(KCB)_1^I = 4,3$$

$$(KCB)_2^I = 4,8$$

Видно, что коэф. стоякости волны зависит
заметно от волновой длины в разных местах.

Задание 4:

После изучения зависимости фазы принятого
сигнала от поперечной координаты катушки
была определена длина волны:

$$\lambda = 1,1 \text{ см.}$$

Очевидно, что метод определения длины волны
по расстоянию между узлами и пучностями
точнее.

Вывод: различными способами были опреде-
лены длина волны и скорость её распространения.

10.04.15

А