

Кафедра акустики

Отчет по лабораторной работе №1

**Исследование акустического поля в однородной среде с  
плоской границей**

Выполнили студенты 440 группы  
Виноградов И.Д., Шиков А.П.

Нижний Новгород, 2019

**Цель работы:**

## **1. Теоретическая часть**

## 2. Экспериментальная часть

### Описание установки

#### 2.1. Диаграмма направленности излучателя

Для снятия диаграммы направленности, излучатель был погружен в воду на глубину 15 см. Приемный щуп был расположен на той же глубине, а расстояние от приемника определялось несколькими условиями.

Первое - проведение измерений в зоне Фраунгофера, для того, чтобы вести работу с сформировавшимся фронтом волны. Условие выглядит следующим образом:

$$L > \frac{2D^2}{\lambda} \Rightarrow L > \frac{2 \cdot 10^{-4}}{1.5 \cdot 10^{-3}} \simeq 0.13 \text{ м} \quad (1)$$

где  $L$  - расстояние между источником и приемником,  $D$  - характерный размер источника (10 мм),  $\lambda$  - длина волны излучения ( $f = 1$  МГц,  $\lambda = 1.5$  мм).

Второе - прямой и отраженный импульс должны полностью разделяться по времени прихода. Чтобы это условие выполнялось, необходимо, чтобы время прихода отраженного импульса  $t_2$  было больше, чем величина  $t_1 + \tau$ , где  $t_1$  - время прихода прямого импульса, а  $\tau$  - длительность импульса.

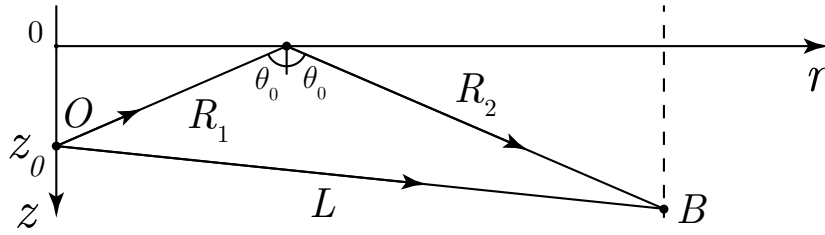


Рис. 1: Схема к расчету расстояния между источником и приемником

$$t_2 > t_1 + \tau, \quad t_1 = \frac{L}{c}, \quad t_2 = \frac{R_1 + R_2}{c} \quad (2)$$

В достаточно грубом приближении, считая  $L \sim 1$  м, а  $R_1 + R_2 \sim 1.5$  м, можно получить:

$$\tau < \frac{R_1 + R_2 - L}{c} \simeq \frac{0.5}{1500} = 3 \cdot 10^{-4} \text{ с} \quad (3)$$

$$\tau < 300 \text{ мкс} \quad (4)$$

В работе использовалось  $\tau = 100$  мкс, что удовлетворяет условию (4).

Отнормированная диаграмма направленности излучателя, а также рассчитанная теоретически в приближении плоского диска приведены на рис. 2. В качестве теоретической характеристики использовалась характеристика круглой плоской антенны с диаметром  $d$ :

$$b(\theta) = \frac{2J_1\left[\frac{\pi d}{\lambda} \cos \theta\right]}{\frac{\pi d}{\lambda} \cos \theta}, \quad (5)$$

где  $J_1$  - функция Бесселя первого порядка.

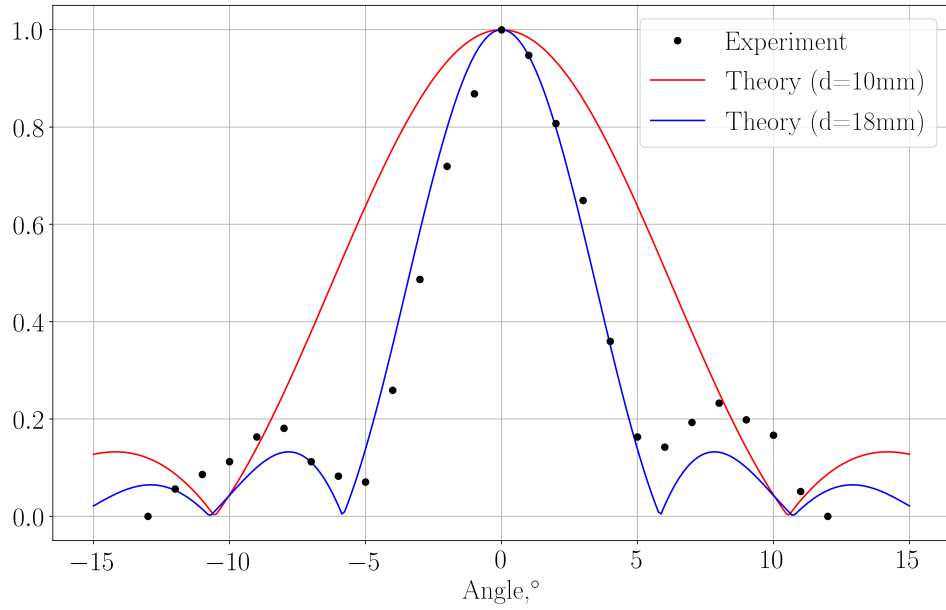


Рис. 2: Нормированная диаграмма направленности излучателя, и теоретическая характеристика для плоского диска

## 2.2. Исследование распределения звукового давления



Рис. 3: Схема постановки эксперимента

Излучатель был расположен на глубине  $\sim 2.5$  см, чтобы полностью быть погруженным в воду. С помощью приемного щупа было произведено исследование распределение звукового давления в ванне, были произведены три продольных разреза на глубинах  $h = 1, 2.5, 4$  см, и три вертикальных среза на расстояниях  $l = 70, 100, 130$  см.

Теоретическое значение для модуля амплитуды суммарного давления рассчитывалось по формуле (6):

$$|P(h, R)| = \sqrt{\frac{1}{R^2} + \frac{1}{R_1^2} - \frac{2}{R_1 R} \cos k \Delta R}, \quad \Delta R = R - R_1, \quad (6)$$

где  $R^2 = l^2 + (h - z_0)^2$ , а  $R_1^2 = l^2 + (h + z_0)^2$ ,  $k$  - волновое число.

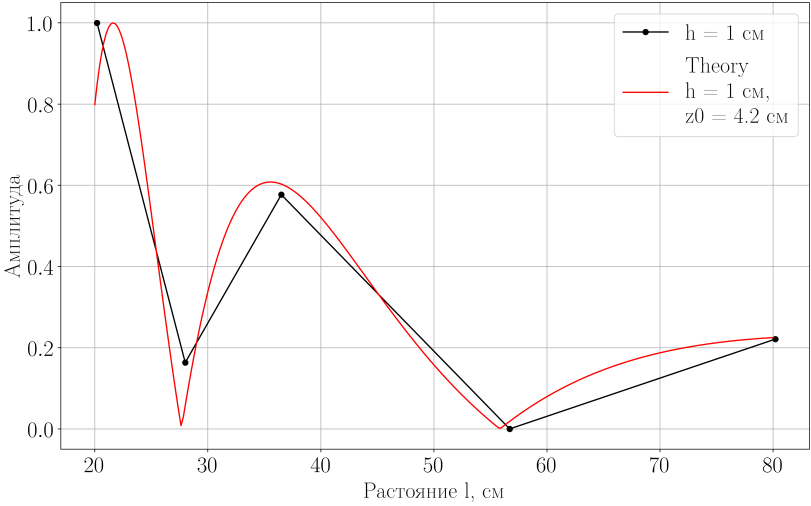


Рис. 4: Амплитуды максимумов и минимумов при продольном срезе, на глубине  $h = 1$  см

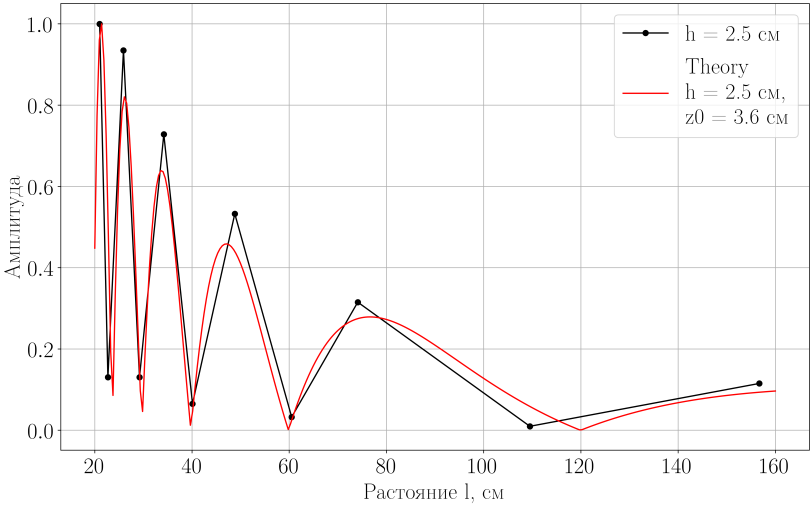


Рис. 5: Амплитуды максимумов и минимумов при продольном срезе, на глубине  $h = 2.5$  см

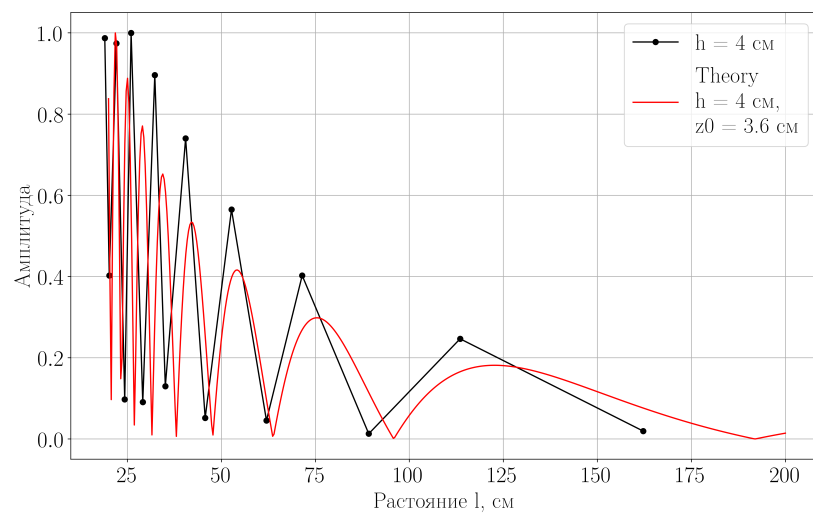


Рис. 6: Амплитуды максимумов и минимумов при продольном срезе, на глубине  $h = 4$  см