

Московский Физико-Технический Институт  
(Национальный Государственный Университет)

Распространение волны в приближении мелкой  
ВОДЫ

Выполнил:  
Вержбицкий Максим  
Солоджук Никита  
Петряев Александр  
Б03-305 и Б03-301 ФАКТ

Долгопрудный 2023

## Оглавление

1. Введение.....	3
1.1. Цель.....	3
1.2. Задачи.....	3
2. Теория.....	3
2.1. Экспериментальная установка и принцип её действия.....	3
3. Описание эксперимента.....	5
4. Результаты эксперимента.....	6
4.1. Обработка данных.....	6
4.2. Результаты эксперимента.....	8
5. Вывод.....	9

# 1. Введение

В работе будет предложено исследовать зависимость скорости распространения волны в канале, распространяющейся от быстро открывающейся крышки. Для этого будет необходимо изучить основные особенности и соотношения течения жидкости, возникающие при удовлетворении условий приближения мелкой воды. Затем изучить экспериментальную установку и провести на ней экспериментальную работу, обработать экспериментальные результаты и определить, подтверждается ли в пределах точности измерений теория мелкой воды или нет в условиях проведения эксперимента.

## 1.1. Цель

Исследовать зависимость скорости распространения волны в канале, распространяющейся от быстро открывающейся крышки.

## 1.2. Задачи

- 1) Проверить на исправность экспериментальную установку
- 2) Создать общий гитхаб
- 3) Написать код считывающий значения АЦП и определяющий момент открывания крышки
- 4) Исследовать полученные данные.
- 5) Сравнить экспериментальные данные с теорией.
- 6) Написать отчёт

# 2. Теория

В теории мелкой воды показывается, что скорость распространения малых возмущений от глубины жидкости  $h$  имеет следующую зависимость:  $v = \sqrt{gh}$

## 2.1. Экспериментальная установка и принцип её действия

Схема экспериментальной установки показана на рисунке 1. Она состоит из кюветы, у которой один из торцов представляет собой открывающуюся дверцу, и системы измерения уровня жидкости около противоположного торца. Система измерения уровня жидкости представляет собой два вертикальных металлических электрода, между которыми создается постоянная разность потенциалов (около 5В) и может протекать электрический ток через воду.

Так как в работе используется водопроводная вода, которая содержит некоторое количество различных примесей, то она содержит достаточно большое количество ионов, и

электропроводность жидкости является достаточной, чтобы зарегистрировать ток между электродами даже при относительно низкой разности потенциалов. При этом чем выше уровень воды, тем больше смоченная площадь у электродов, выше ток, и ниже сопротивление. Поэтому, если определить в результате калибровки зависимость силы тока от глубины жидкости в кювете, то можно определить глубину в любой момент времени.

С помощью линейки мы можем измерять глубину жидкости, а расстояние от дверцы до электродов  $L = 1.4 \text{ м}$

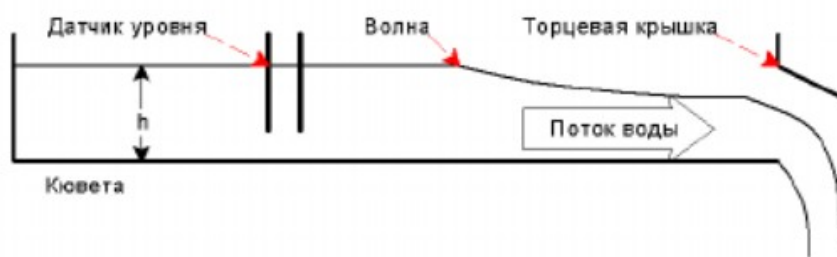


Рисунок 1. Схема установки



Рисунок 2. Общий вид установки

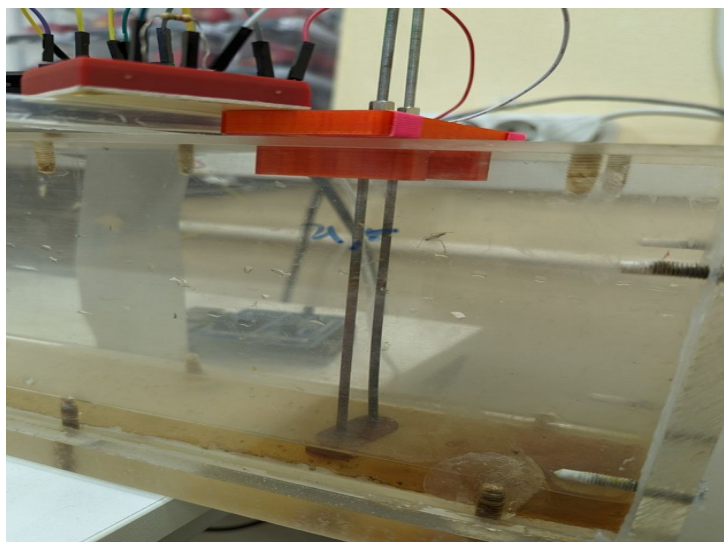


Рисунок 3. Электроды

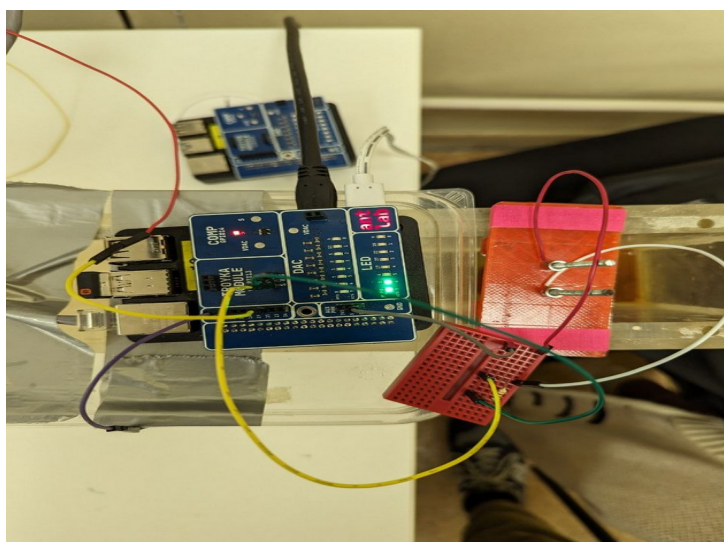


Рисунок 4. Внешний АЦП и питание

### 3. Описание эксперимента

Для измерения напряжения с помощью АЦП, подключенной к ЭВМ, была написана функция на языке Python.

Боковая дверца кюветы в закрытом состоянии герметично прилегает к стенкам кюветы, и к ней прикреплен датчик. С помощью ЭВМ можно считать сигнал с датчика, и по нему определить, закрыта или открыта дверца.

Если закрыть дверцу и наполнить кювету водой, и затем быстро открыть дверцу, то можно наблюдать вытекающую жидкость. При этом при открытии можно считать, что в жидкости у торца с дверцей возникает некоторое возмущение уровня жидкости, и оно распространяется вдоль кюветы со скоростью распространения малых возмущений  $v$ .

Соответственно, если определить время  $\tau$  между моментом открытия дверцы и моментом времени, когда начинает регистрироваться изменение напряжения между электродами, то можно определить скорость  $v$  как отношение длины  $L$  к времени  $\tau$ .

Также из теории известно, что:

$$v = \sqrt{gh} = L/\tau. \quad (1)$$

## 4. Результаты эксперимента

### 4.1. Обработка данных

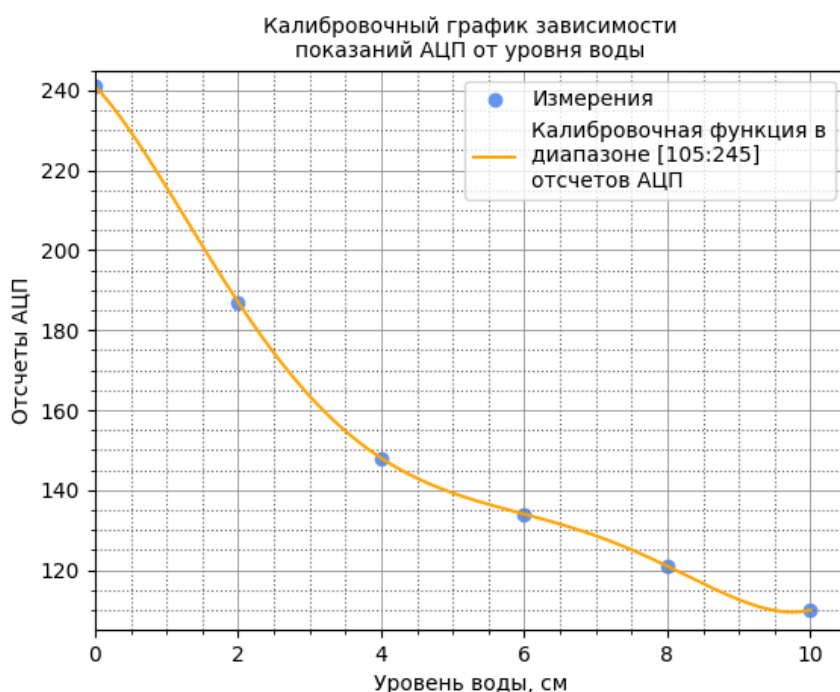


Рисунок 5. Зависимость показания АЦП от глубины жидкости

Сначала найдём зависимость значения АЦП от высоты воды. С помощью неё будем переводить значение АЦП в высоту жидкости. Также были проведены 3 измерения — для 40, 80, 100 мм. Графики зависимости глубины жидкости от времени в точке установки электродов представлены на рисунках 6-8. Можно видеть, что зависимость имеет два участка — первоначальный с постоянным значением уровня жидкости и конечный, где уровень жидкости начинает быстро уменьшаться. Момент времени, когда волна достигла электродов на графике отмечен пунктирной линией.

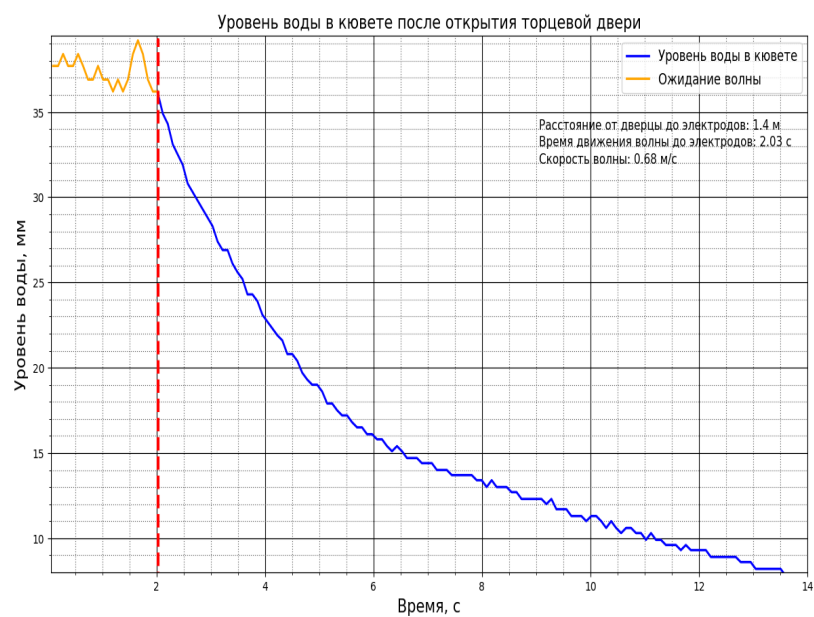


Рисунок 6, 40мм.

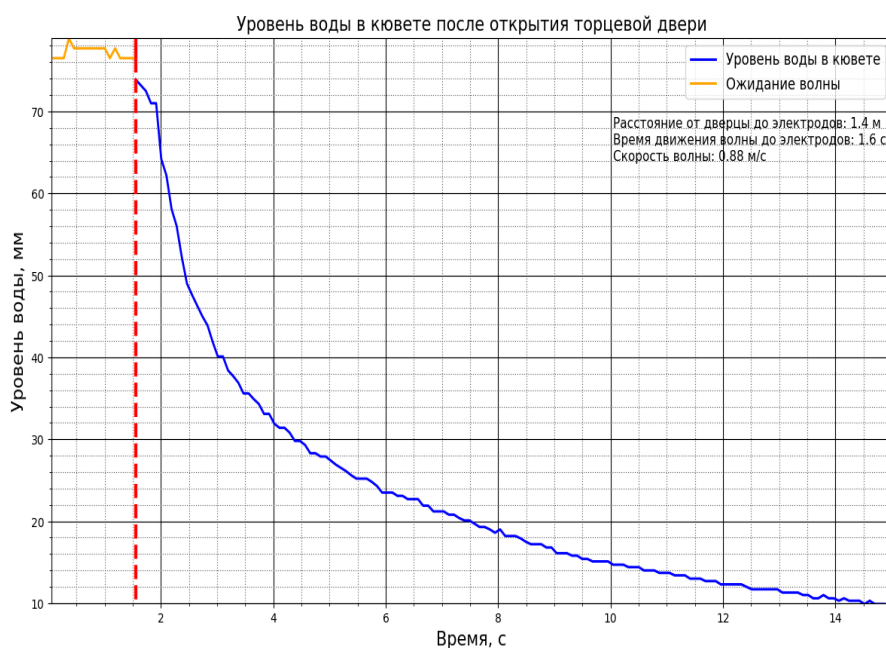


Рисунок 7, 80мм.

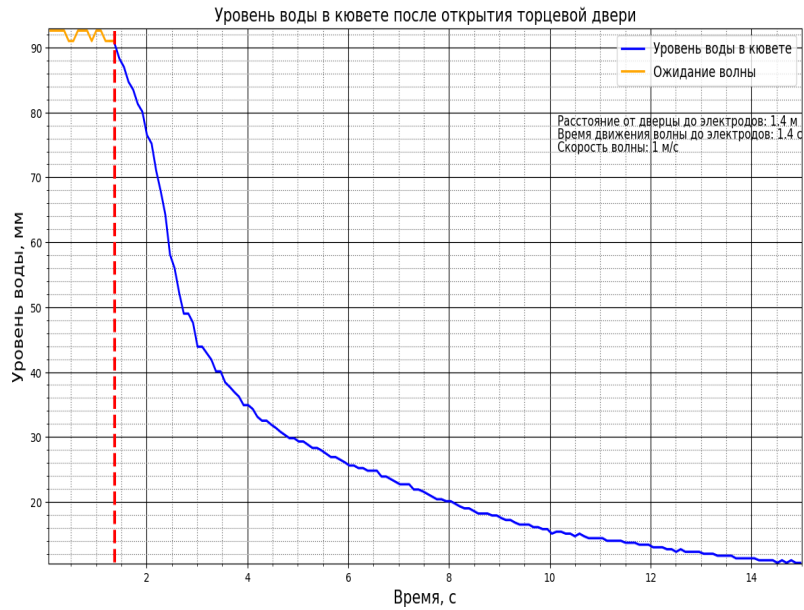


Рисунок 8, 100мм.

## 4.2. Результаты эксперимента

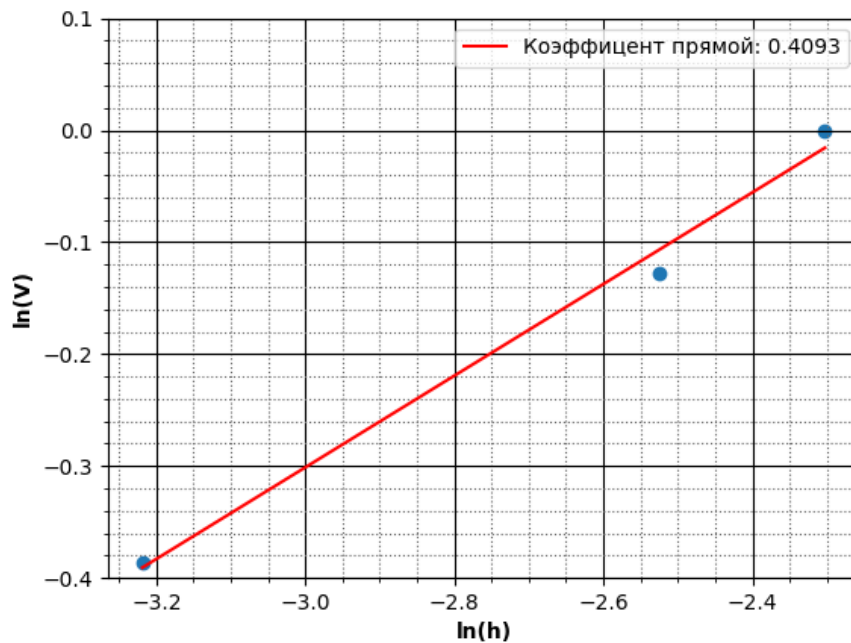


Рисунок 9. Результаты

Линеаризируем график зависимости, очевидно, он должен быть линейным. Получим коэффициент наклона близок к теоретическому значению 0.5. Погрешность обусловлена не самым быстрым АЦП, ржавчиной на электродах и тем как мы открываем крышку.



## **5. Вывод**

В результате эксперимента мы получили подтверждение формулы 1. Теория мелкой воды работает в этом эксперименте.