

Автоматизация лабораторной установки «Маятник Обербека»

Георгий Семенов, гр. М3101

Сергей Смирнов, гр. М3104

Университет ИТМО

Дисциплина: «Специальные разделы физики»

Научный руководитель: Тимофеева Эльвира Олеговна

Проблема

При выполнении учебных лабораторных работ по физике решающее значение в обработке результатов работы и анализе данных имеет точность прямых измерений.

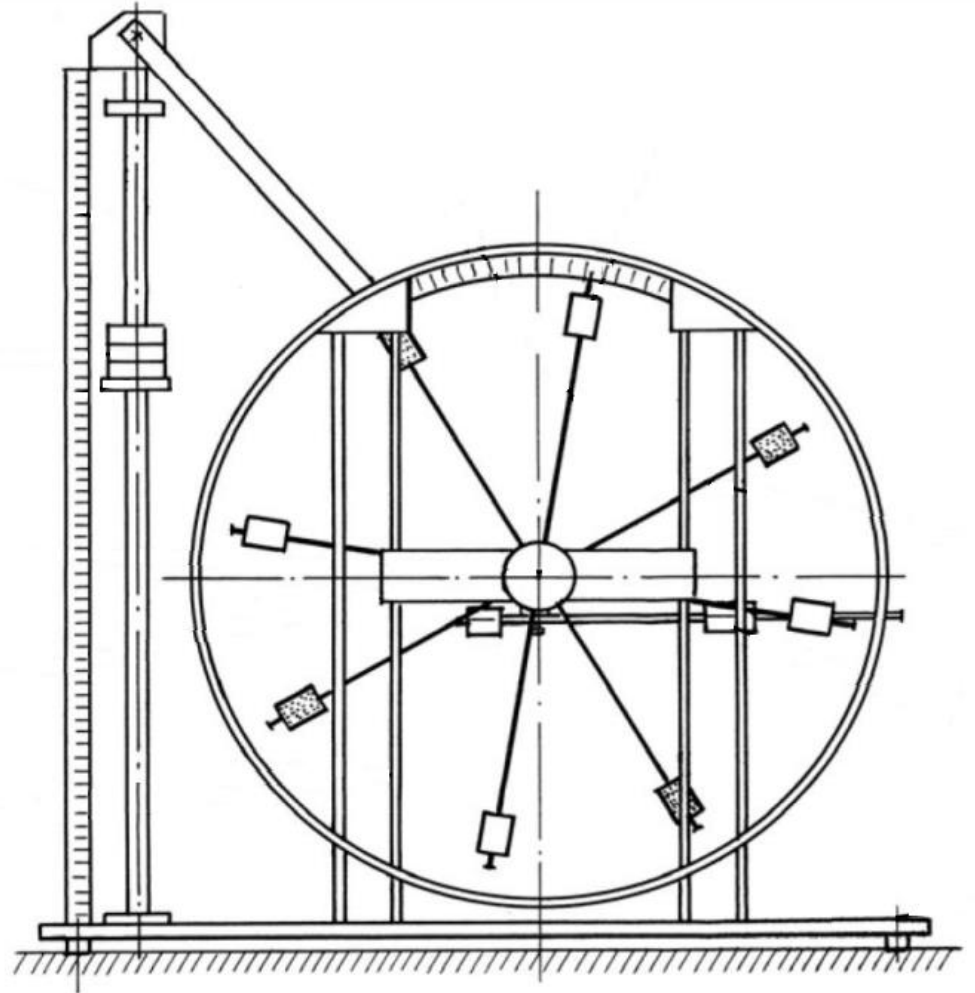


Цель и задачи

Цель: создание решения по оптимизации установки.

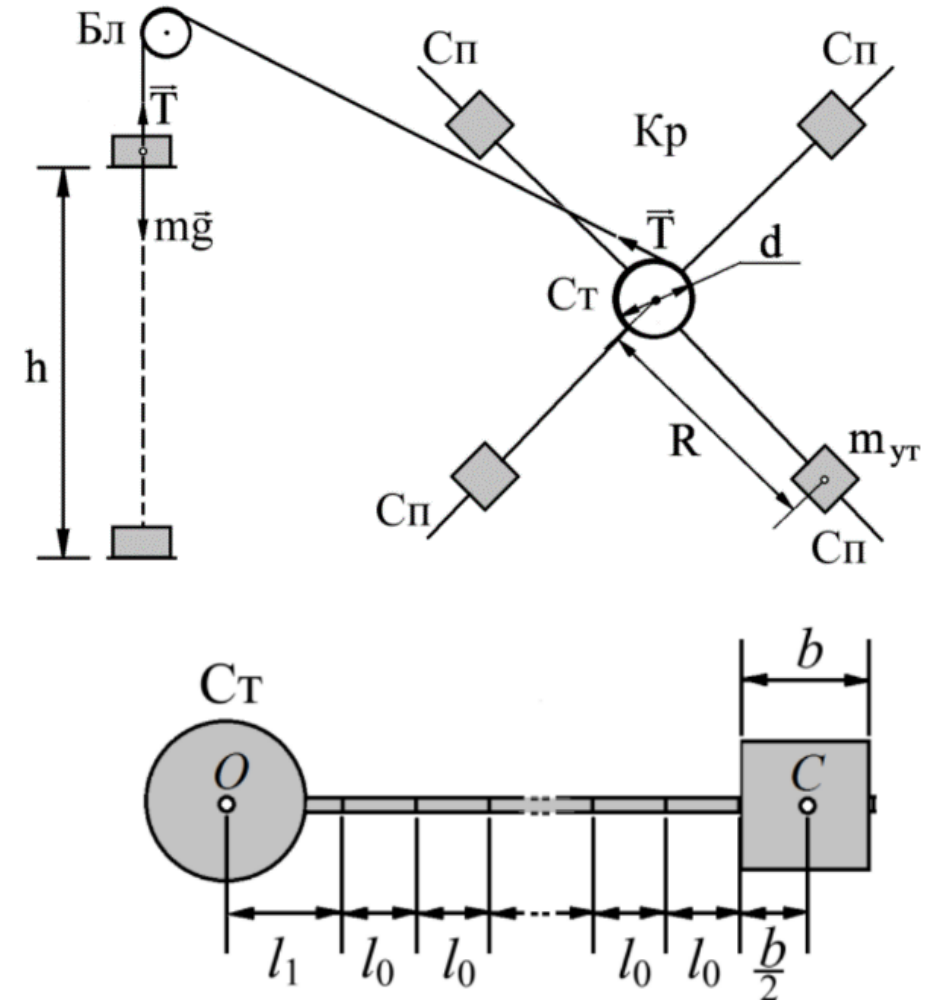
Задачи:

- Анализ направлений автоматизации установки
- Создание технического и программного решения для автоматизации



Лабораторная работа: оборудование

Константы лабораторной установки	
Наименование величины	Значение
Ускорение свободного падения	$g = 9,81 \text{ м/с}^2$
Высота, с которой падает каретка	$h = 70,0 \text{ см}$
Масса каретки	$m_0 = 47,0 \pm 0,5 \text{ г}$
Масса шайбы на каретке	$m_{\text{ш}} = 220,0 \pm 0,5 \text{ г}$
Масса груза на крестовине	$m_{\text{ут}} = 408,0 \pm 0,5 \text{ г}$
Диаметр ступицы	$d = 46,0 \pm 0,5 \text{ мм}$
Расстояние первой риски от оси	$l_1 = 57,0 \pm 0,5 \text{ мм}$
Расстояние между рисками	$l_0 = 25,0 \pm 0,2 \text{ мм}$
Высота груза на крестовине	$b = 40,0 \pm 0,5 \text{ мм}$
Параметры лабораторной установки	
Наименование величины	Значение
Масса падающей каретки с грузами	$m(n_1) = m_0 + m_{\text{ш}} \cdot n_1$
Расстояние грузов от ступицы	$R(n_2) = l_1 + (n_2 - 1) \cdot l_0 + \frac{b}{2}$



Лабораторная работа: физическая модель

Цели:

- Проверка основного закона динамики вращательного движения
- Проверка теоремы Штейнера о зависимости момента инерции от положения масс относительно оси вращения

$$m\vec{a} + m\vec{g} + \vec{T} = 0 \quad a = \frac{2h}{t^2}$$

$$M = T \cdot \frac{d}{2} \quad \varepsilon = \frac{2a}{d}$$

Результаты:

Для каждой конфигурации получить \bar{t} и $\Delta_{\bar{t}}$ и найти a, ε, M и $\Delta_a, \Delta_\varepsilon, \Delta_M$; для каждого n_2 найти $I_0, m_{\text{ут}}, \Delta I_0, \Delta m_{\text{ут}}$

$$M(\varepsilon) = M_{\text{тр}} + I \varepsilon$$

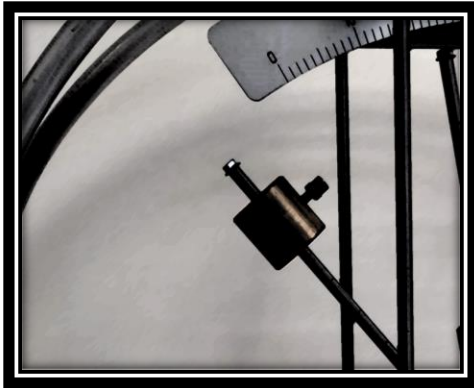


$$I(R^2) = I_0 + 4m_{\text{ут}}R^2$$

Направления оптимизации



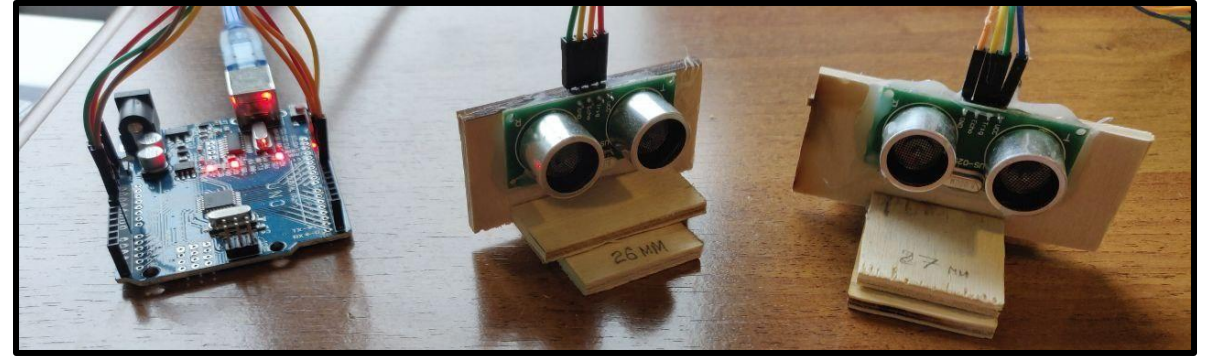
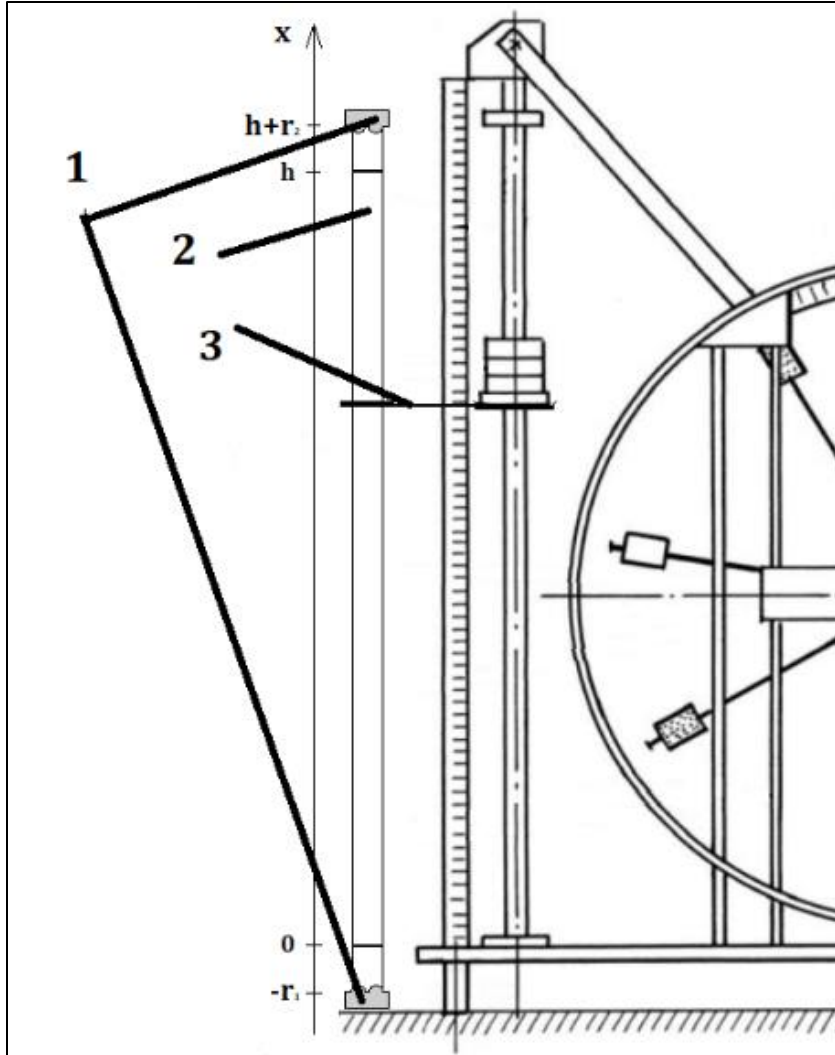
1. Автоматическая активация секундомера
 - Событием изменения координаты
 - Наблюдением за вращением маятника
 - С помощью фоторамок



2. Автоматическое распознавание конфигурации
 - На основе времени падения
 - На основе внешнего дальномера
 - На основе дальномеров на ступице

Чрезмерная автоматизация негативно влияет на наглядность результатов и отвлекает от процесса измерений.

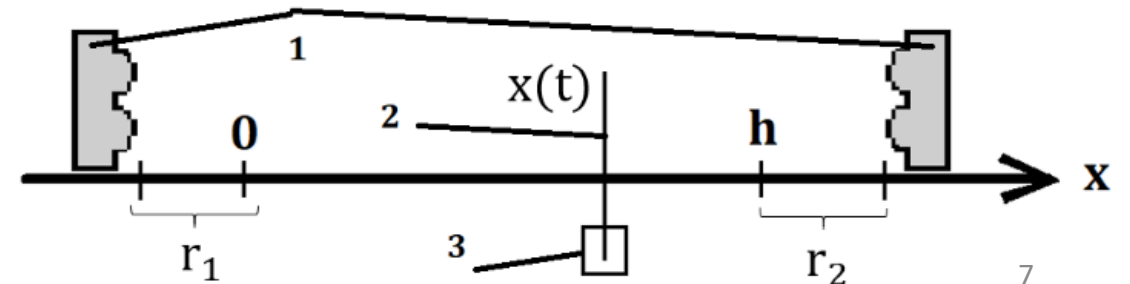
Выбранное решение для автоматизации



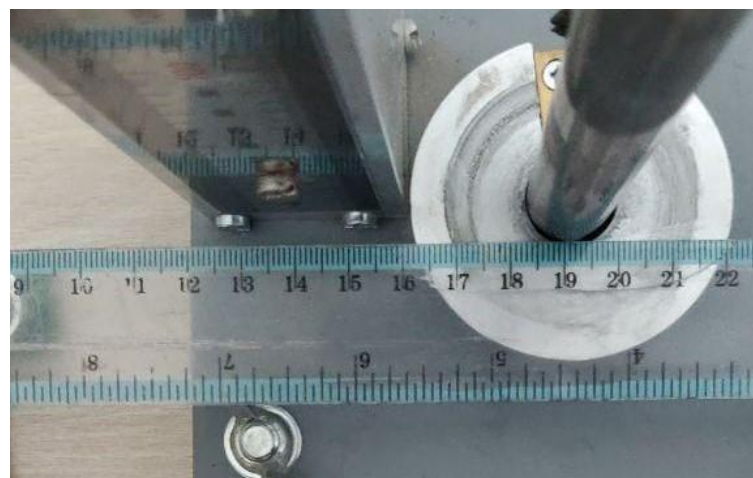
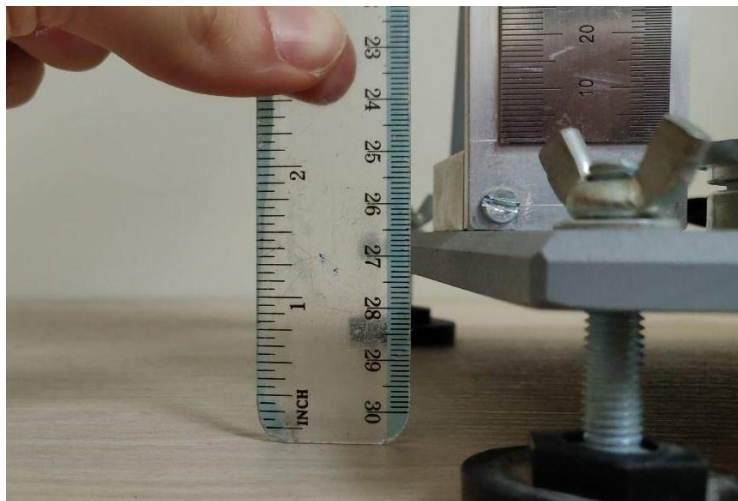
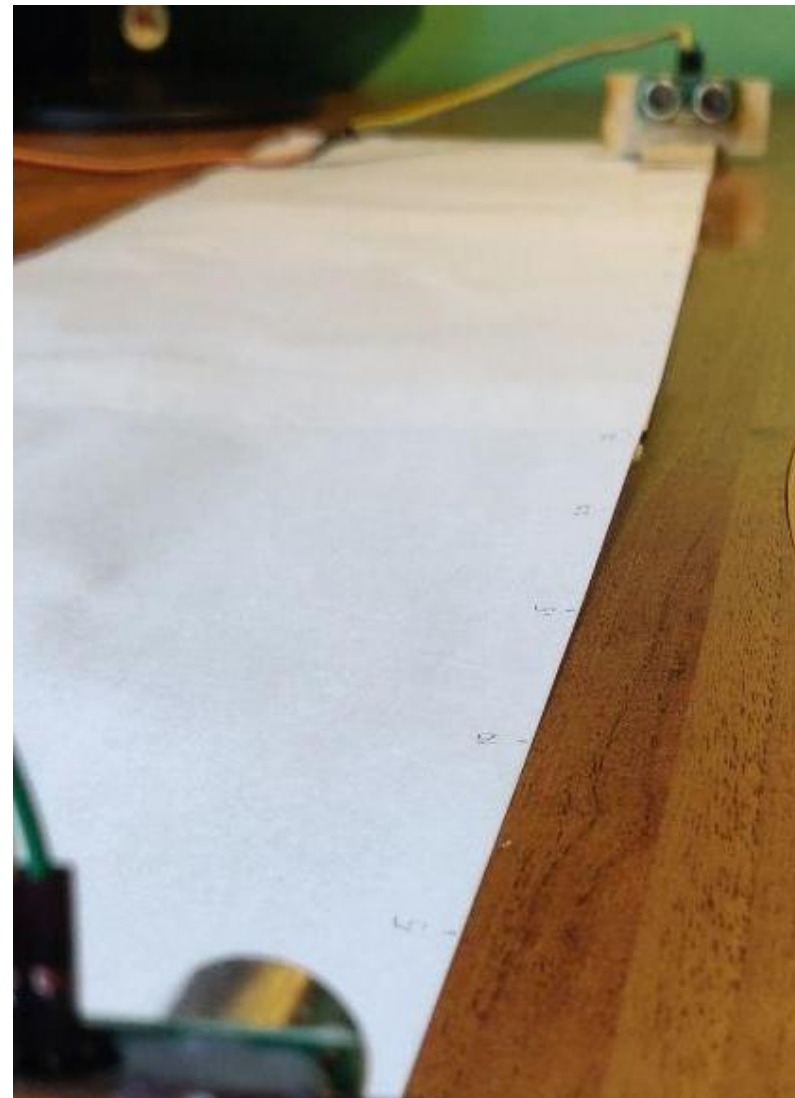
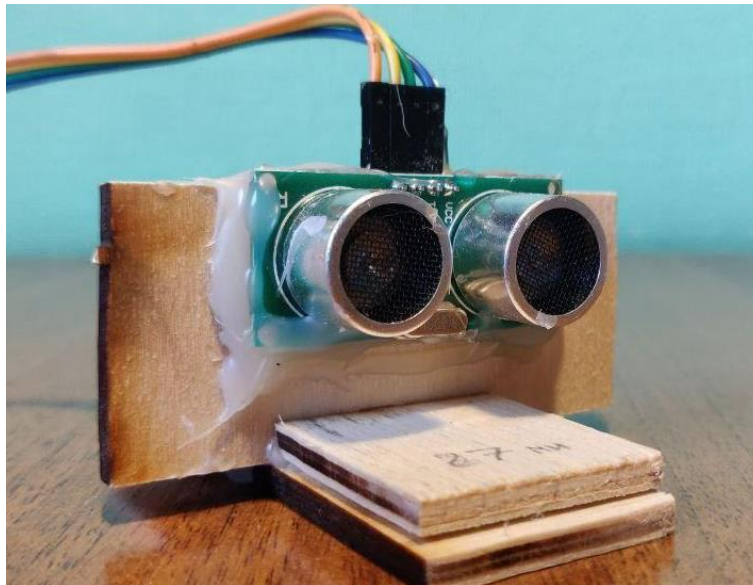
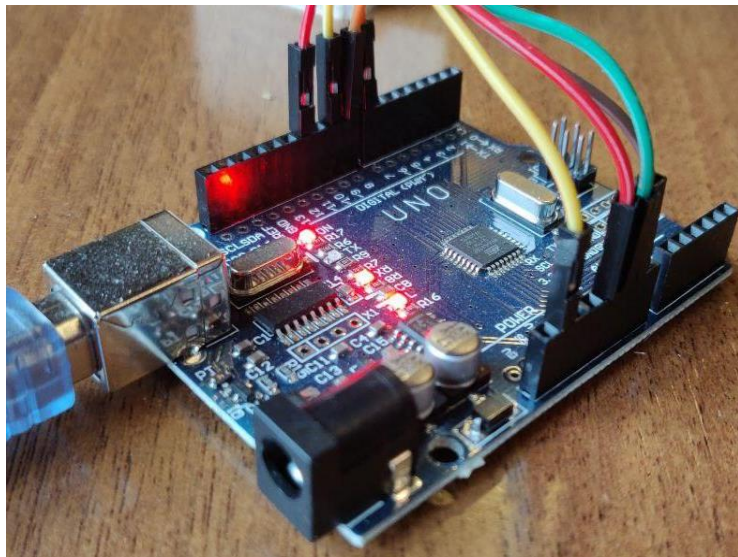
Arduino Uno R3 и ультразвуковые датчики HC-SR04

Программы:

- Лабораторное программное решение
- Эмулятор лабораторной установки
- Клиент для ПК



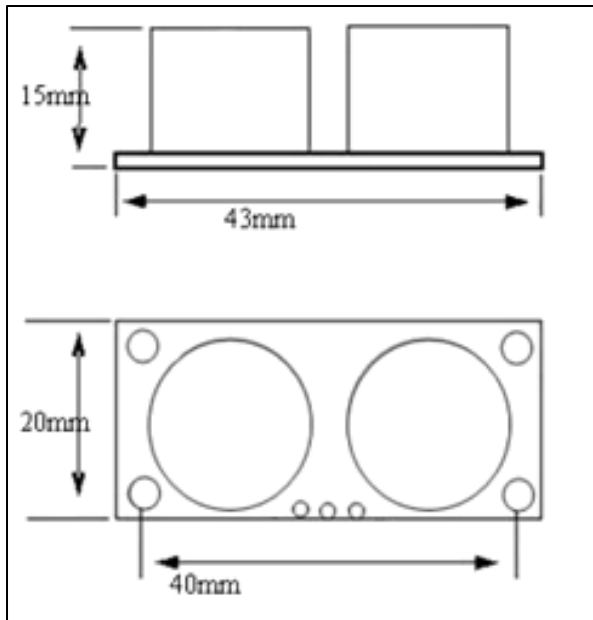
Установочные эксперименты



Установочные эксперименты

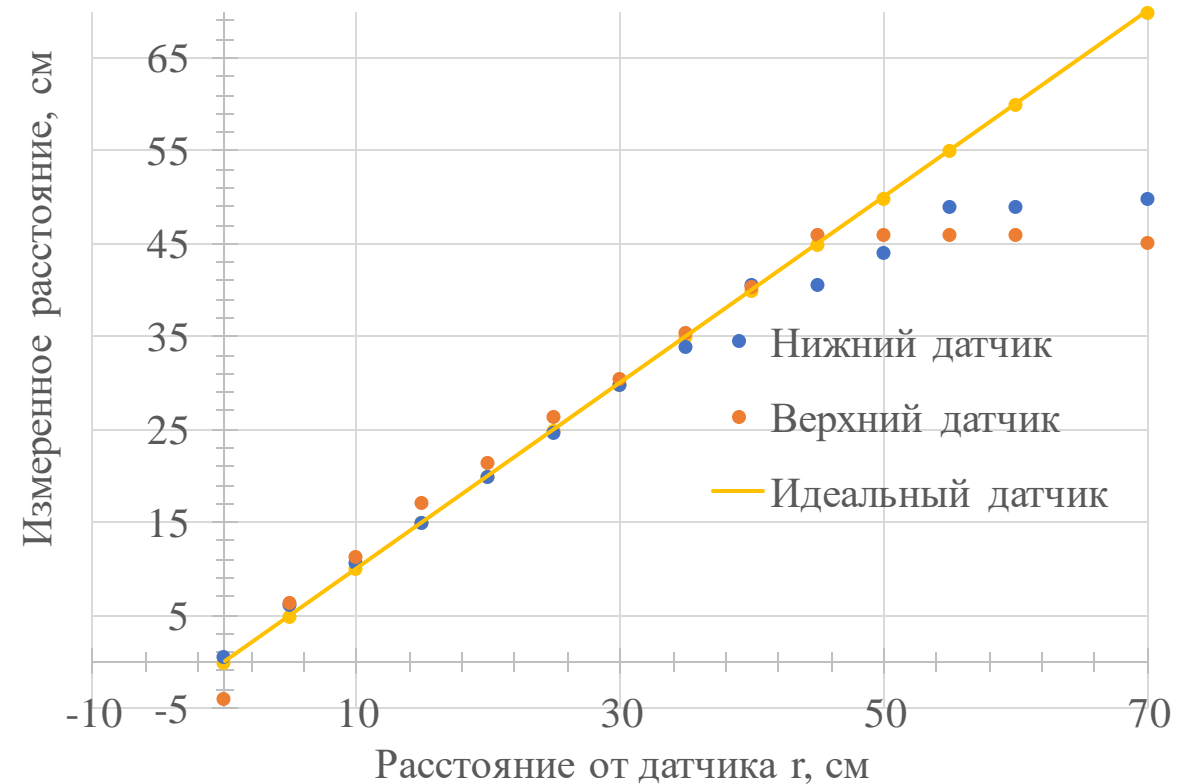
Проблема точности измерений

$$x(t) = \begin{cases} x_1(t), & x \in [0, h - \Delta_h) \\ \frac{x_1(t) + x_2(t)}{2}, & x \in [h - \Delta_h, \Delta_h] \\ x_2(t), & x \in (\Delta_h, h] \end{cases}$$



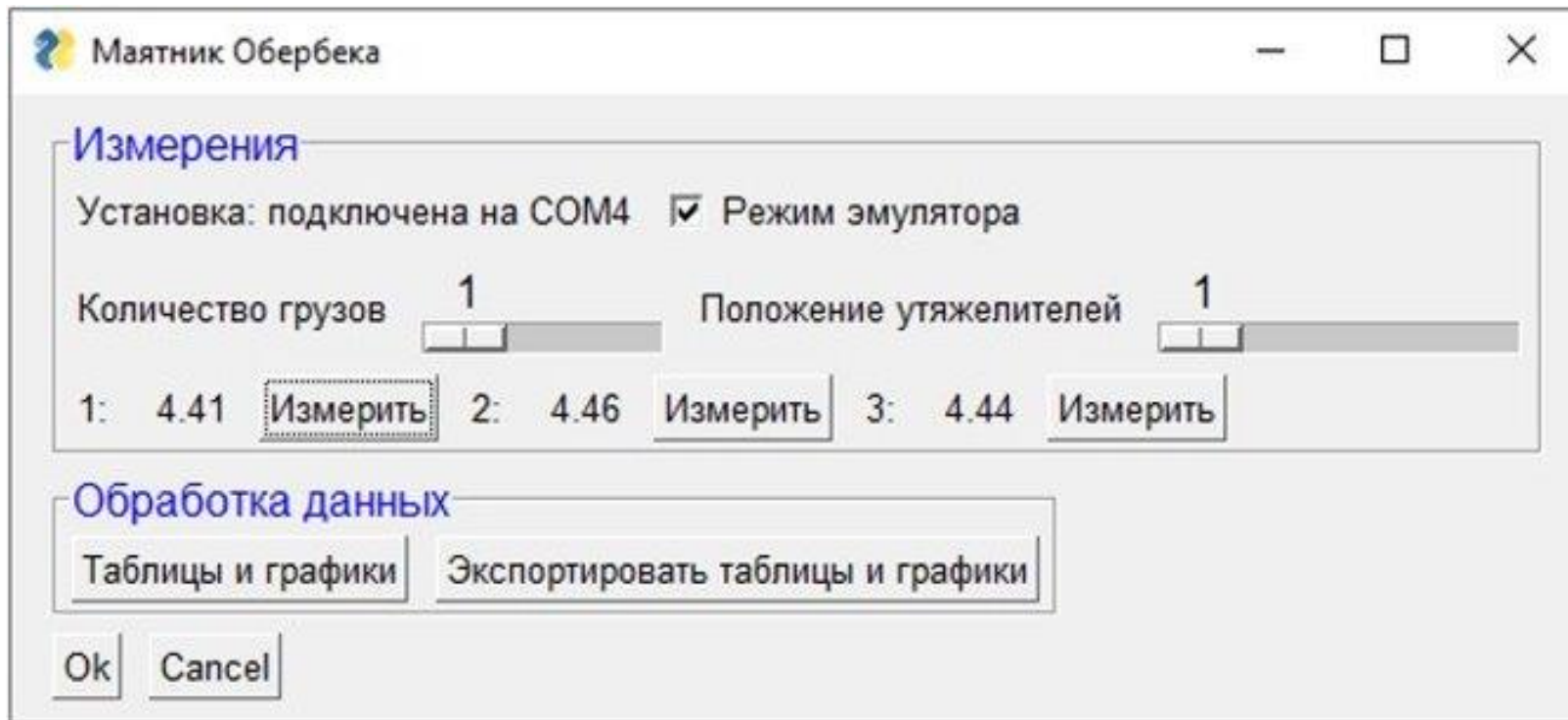
Точность дальномеров на диапазоне рейки

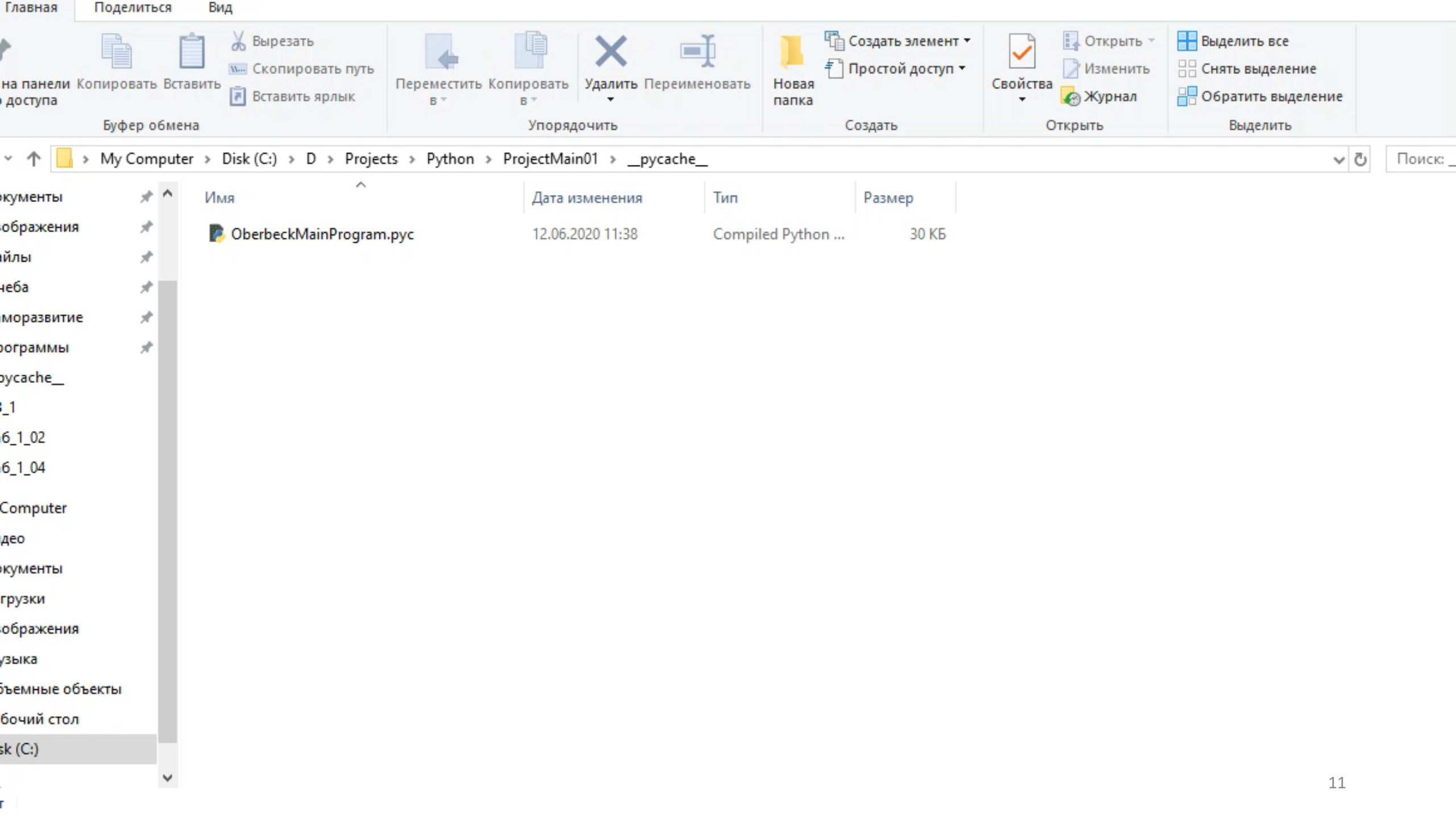
$r_1 = 12.8 \text{ см}$, $r_2 = 12.7 \text{ см}$



Программное решение

1. Подключить микроконтроллер Arduino
2. Запустить программу
3. Установить галочку «Режим эмулятора» в соответствии с режимом измерений
4. Провести измерения, выбирая конфигурацию с помощью ползунков и нажимая кнопку «Измерить»
5. Ознакомиться с графиками и таблицами, нажав кнопку «Таблицы и графики»





Итоги

Результаты проекта:

- Проведён анализ подходов к автоматизации
- Предложено цельное решение по автоматизации установки
- Разработана измерительная рейка с дальномерами
- Создана программа для проведения измерений

Личные результаты:

- Изучены форматы научной статьи и презентации
- Получены навыки работы со станками
- Освоена среда разработки Arduino с датчиками
- Получено представление о методологии разработки учебных лабораторных работ
- Приобретён опыт работы в команде над проектом

Благодарность

Выражаем благодарность

- Научному руководителю: Тимофеевой Эльвире Олеговне
- Преподавателю физики: Музыченко Яне Борисовне
- ФабЛабу Технопарка Университета ИТМО и лично Алексею Щеколдину

Спасибо за внимание!