





---

# Мастер-класс «Компьютерная обработка экспериментальных данных, полученных с помощью смартфона (на примере rhyrphox и табличного процессора)»

А.В. Селиверстов,  
к.п.н., ст. преподаватель;  
П.Ю. Боков, к.ф.-м.н., доцент

---



---

# phyphox — physical phone experiments

- Современные смартфоны обладают широким функционалом и богатым набором датчиков для сбора различной информации: от акселерометра до магнитометра.
  - Множество программ для сбора и обработки данных.
  - phyphox: создан в 2nd Institute of Physics, RWTH Aachen University (2016 г.).
-



---

## Ссылки

Сайт **phyphox**:



Приложение IOS:



Приложение Android:





# Главный экран phyphox (physical phone experiments)

The image displays three screenshots of the phyphox app's main screen, which is organized into a grid of experiment categories. Each category is represented by an icon and a list of experiment titles with brief descriptions. The app's logo and name are visible at the top of each screen.

**Скриншот 1 (Left):**

- Исходные датчики**
  - Гироскоп (частота вращения)  
Получите исходные данные с гироскопа.
  - Давление  
Получите исходные данные с барометра.
  - Магнитометр  
Получите исходные данные с магнитометра.
  - Местоположение (GPS)  
Получите примерное местоположение по да...
  - Свет  
Получите исходные данные с датчика освеще...
  - Ускорение (без g)  
Получите исходные данные из так называем...
  - Ускорение с g  
Получите исходные данные с акселерометра...
- Tools**
  - Depth sensor (LiDAR / ToF)  
Measure distances using the depth sensor.
- Акустика**
  - Акустический диапазон  
Показать записанные аудиоданные.
  - Амплитуда звука  
Получите амплитуду звуков.
  - Генератор тона  
Генерирует тон определенной частоты.  
Измерьте частоту одного тона.
  - Звуковая автокорреляция  
Измерьте частоту одного тона.
  - Звуковой спектр  
Отображение частотного спектра аудиосиг...
  - История частоты

**Скриншот 2 (Middle):**

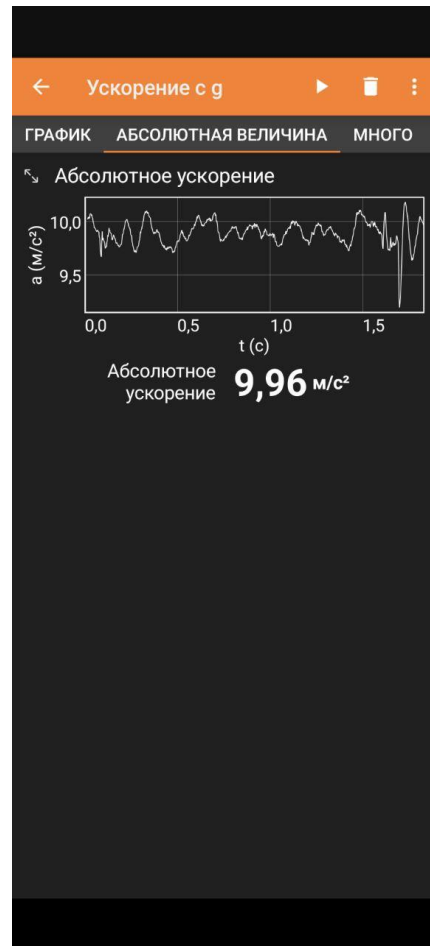
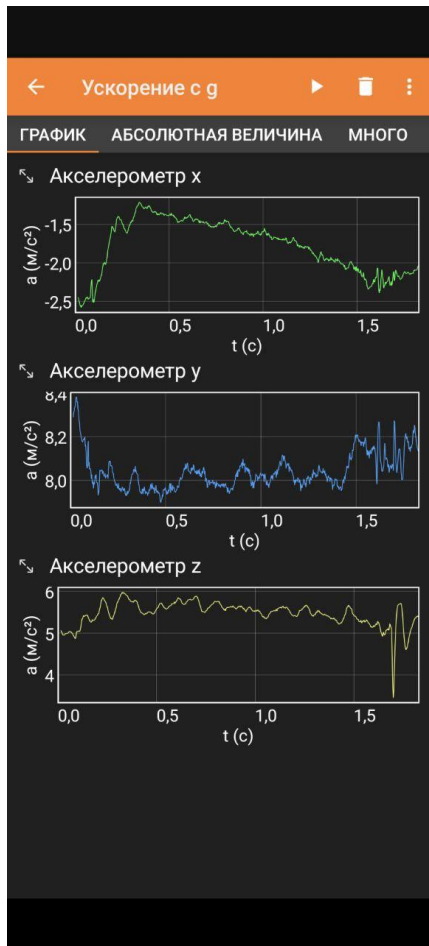
- Звуковая автокорреляция**  
Измерьте частоту одного тона.
- Звуковой спектр**  
Отображение частотного спектра аудиосигна...
- История частоты**  
Измерьте изменение частоты во времени дл...
- Сонар**  
Измеряет расстояния через эхо и скорость э...
- Эффект Доплера**  
Обнаружение малых частотных сдвигов эфф...

- Измерительные инструменты**
- Магнитная линейка  
Используйте ряд магнитов для измерения ра...
- Магнитный спектр  
Отобразить частотный спектр магнитометра.
- Наклон  
Измерьте угол наклона телефона.
- Спектр ускорения  
Отобразить частотный спектр данных с аксе...
- Механика**
- (Не)упругое столкновение  
Определите потерю энергии во время (не)уп...
- Маятник  
Определите величину ускорения свободного...
- Пружины  
Проанализируйте частоту и период пружинно...
- Рулон  
Поместите свой телефон в рулон и определ...
- Центростремительное ускоре...  
Визуализирует центростремительное ускоре...

**Скриншот 3 (Right):**

- Механика**
  - (Не)упругое столкновение  
Определите потерю энергии во время (не)уп...
  - Маятник  
Определите величину ускорения свободного...
  - Пружины  
Проанализируйте частоту и период пружинно...
  - Рулон  
Поместите свой телефон в рулон и определ...
  - Центростремительное ускорение  
Визуализирует центростремительное ускоре...
- Повседневная жизнь**
  - Измеритель аплодисментов  
Установите баллы на длину и амплитуду апл...
  - Лифт  
Определите скорость лифта с помощью баро...
- Таймеры**
  - Акустический секундомер  
Получите время между двумя акустическими...
  - Бесконтактный датчик как секу...  
Измерьте время с помощью бесконтактного...
  - Оптический секундомер  
Измерьте временные интервалы с помощью...
  - Секундомер движения  
Получите время между двумя событиями дв...
- Contribute to phyphox**
  - Other ways to contribute...  
Link: <https://phyphox.org/contribute>
  - Отправить в базу данных дат...  
Отправьте информацию о датчиках в телефо...







---

# Возможности phyphox: датчики

## Комбинированные датчики

- Акустический секундомер
- Датчик угла наклона к горизонту
- Эхолот
- Барометрический датчик скорости подъема

## Комбинированные устройства вывода

- Генератор звуковой частоты
-





---

## Возможности phyphox: эксперименты

Кроме измерения одной величины, phyphox позволяет объединять измерения в последовательности и обрабатывать по определённой методике, то есть проводить заранее разработанные эксперименты.

---



---

## Возможности phyphox: эксперименты

Вот некоторые из них:

- Неупругий удар (измерение интервалов времени между серией соударений мяча с полом)
- Центростремительное ускорение (измерение угловой скорости вращения и ускорения при движении смартфона в “центрифуге”)
- Измерение высоты, скорости и ускорения подъёма лифта (барометром и акселерометром)

К каждому эксперименту доступно видеоописание.

---



---

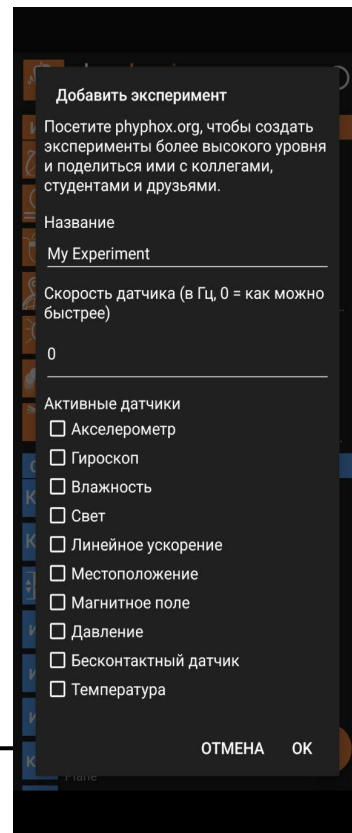
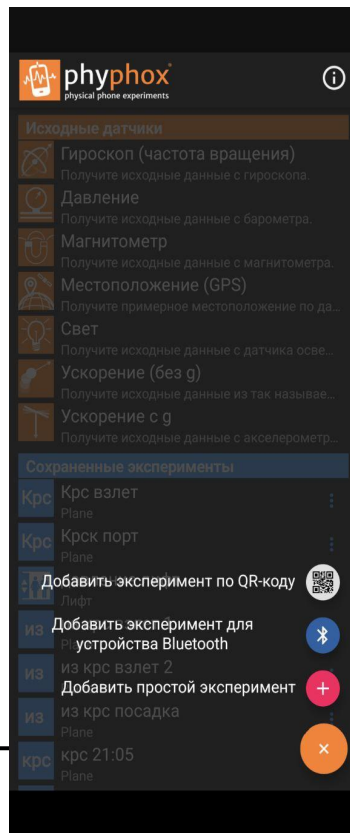
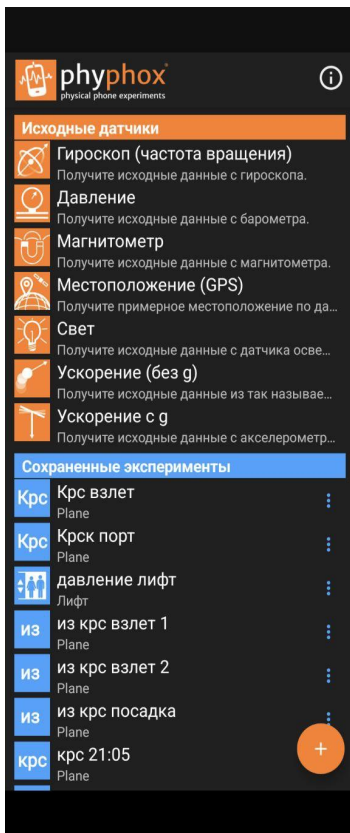
# Возможности phyphox: эксперименты

Ещё несколько экспериментов:

- Смартфон как маятник
  - Магнитная рулетка
  - Свободное падение
  - Качение по наклонной плоскости
  - Сонар
  - Скорость звука
  - Колебания на пружине
-



# Создание эксперимента



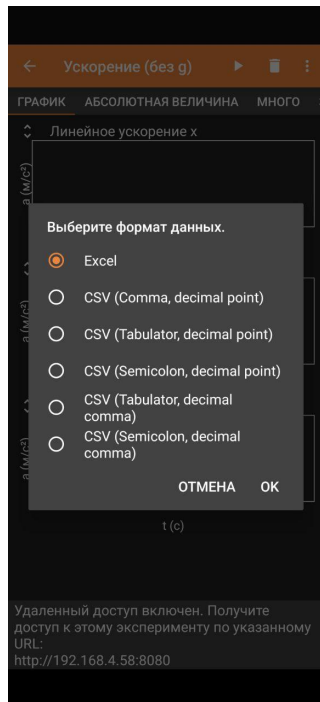


---

# Возможности phyphox: экспорт данных

Измеренные датчиками смартфона значения с привязкой ко времени их получения можно экспортировать в виде файла в одном из распространённых форматов (XLS, CSV).

Файл отправляется стандартным для смартфона способом (через электронную почту, мессенджеры, соцсети и т.п.).



Удаленный доступ включен. Получите доступ к этому эксперименту по указанному URL:  
<http://192.168.4.58:8080>

---



← Ускорение (без g) ▶ 🗑️ ⋮

ГРАФИК АБСОЛЮТНАЯ ВЕЛИЧИНА МНОГО

Линейное ускорение x

$a_x$  (м/с<sup>2</sup>)

$a_y$  (м/с<sup>2</sup>)

$a_z$  (м/с<sup>2</sup>)

$t$  (с)

**Выберите формат данных.**

- Excel
- CSV (Comma, decimal point)
- CSV (Tabulator, decimal point)
- CSV (Semicolon, decimal point)
- CSV (Tabulator, decimal comma)
- CSV (Semicolon, decimal comma)

ОТМЕНА ОК

Удаленный доступ включен. Получите доступ к этому эксперименту по указанному URL:  
<http://192.168.4.58:8080>



---

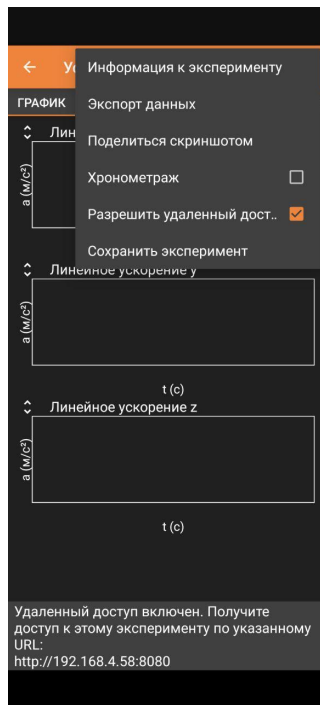
# Возможности phyphox: дистанционное управление

Если компьютер находится в одной сети с телефоном, на котором установлено приложение, то получением данных можно управлять удалённо. Для этого:

- на телефоне: в параметрах эксперимента разрешить удалённый доступ;
- на компьютере: запустить браузер, ввести в командной строке выданный приложением адрес доступа (например, 192.168.1.1:8080) и перейти на страницу управления.

Кроме запуска/остановки эксперимента на этой странице можно загружать данные с датчиков.

---





← Уд... Информация к эксперименту

ГРАФИК Экспорт данных

↕ Лин... Поделиться скриншотом

$a$  (м/с<sup>2</sup>) Хронометраж

Разрешить удаленный дост..

Сохранить эксперимент

↕ Линейное ускорение y

$a$  (м/с<sup>2</sup>)

t (с)

↕ Линейное ускорение z

$a$  (м/с<sup>2</sup>)

t (с)

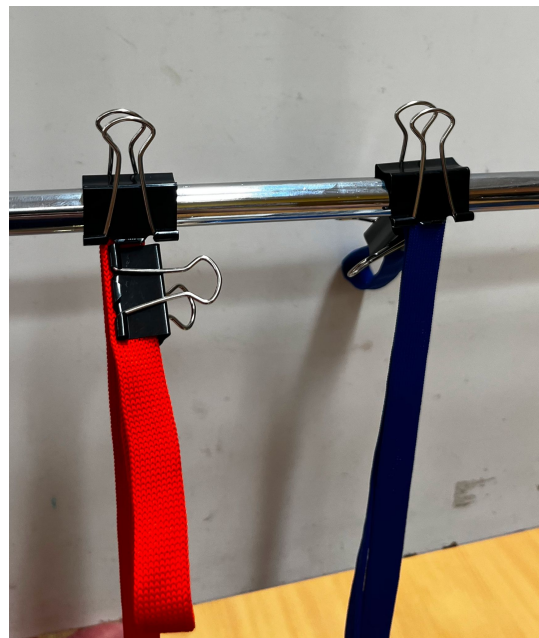
Удаленный доступ включен. Получите доступ к этому эксперименту по указанному URL:  
<http://192.168.4.58:8080>





---

# Дистанционное управление: затухающие колебания





---

# Получение данных и их визуализация

Файл “Маятник.xls”

---



---

# Расчёт среднего и стандартного отклонения

Файл “Акселерометр.xls”

---



---

## Аппроксимация данных и их интерполяция/экстраполяция

**Интерполяция** — нахождение значения какой-либо величины по известным отдельным значениям этой величины в заданных точках. Производится *внутри интервала*, на котором заданы значения величины.

**Экстраполяция** — нахождение значения какой-либо величины *за пределами интервала*, на котором заданы значения величины.

**Аппроксимация** — замена исходного объекта (набора экспериментальных точек) на другой, *приблизленно* описывающий исходный.

---



---

# Линейные аппроксимация и интерполяция

Файл “Пружина.xls”

---

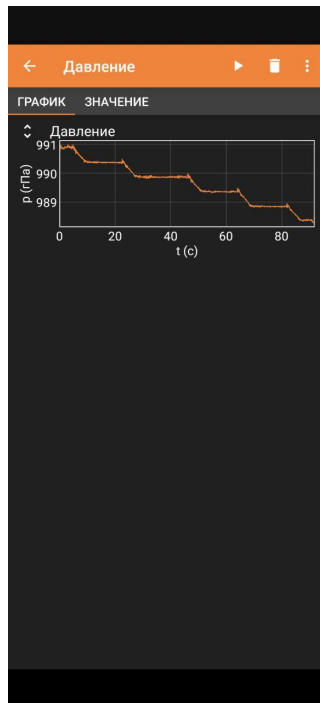


---

# От этажа к этажу

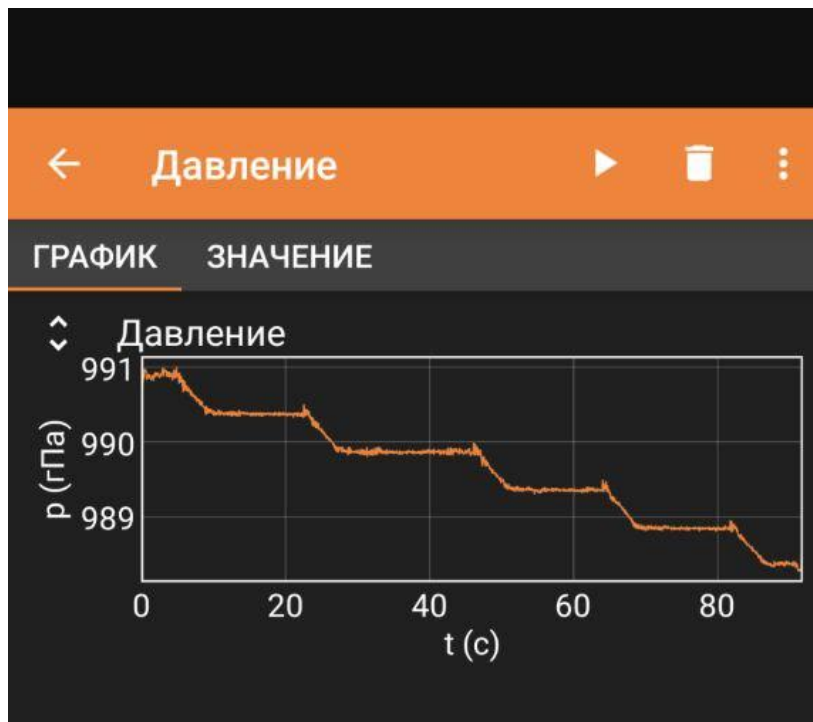
Здесь представлены результаты измерения атмосферного давления при подъеме на лифте физфака.

Этаж	$p$ , гПа	$\Delta p$ , гПа
0	990.897	
1	990.378	0.519
2	989.866	0.512
3	989.355	0.511
4	988.853	0.502
5	988.376	0.477





# От этажа к этажу



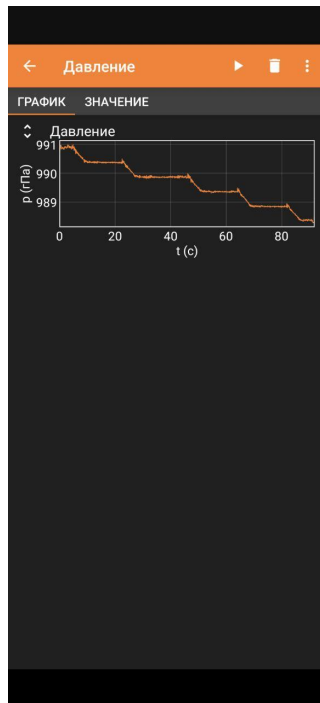


---

# От этажа к этажу

Здесь представлены результаты измерения атмосферного давления при подъеме на лифте физфака.

Этаж	$p$ , гПа	$\Delta p$ , гПа
0	990.897	
1	990.378	0.519
2	989.866	0.512
3	989.355	0.511
4	988.853	0.502
5	988.376	0.477

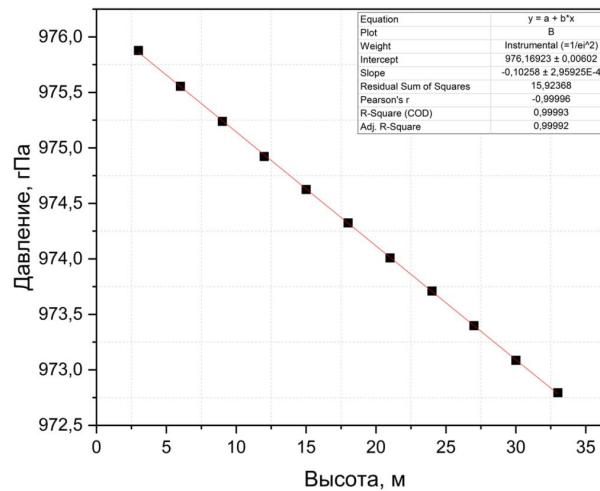
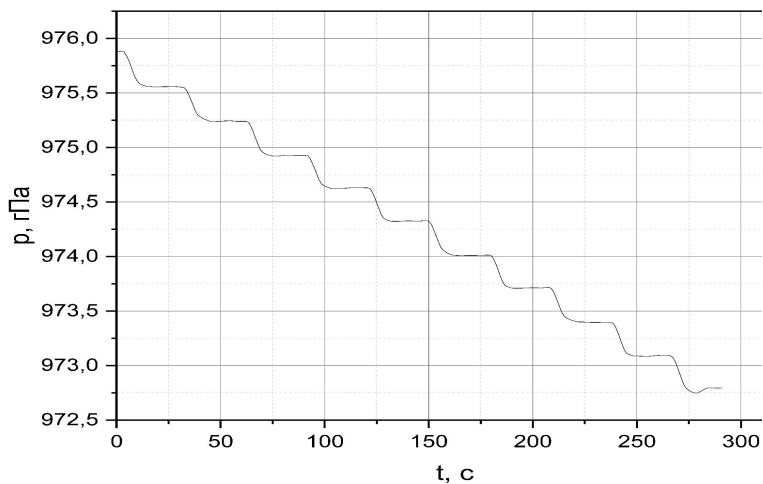






# От этажа к этажу

Изменение атмосферного давления при подъеме с 1 на 11 этаж





---

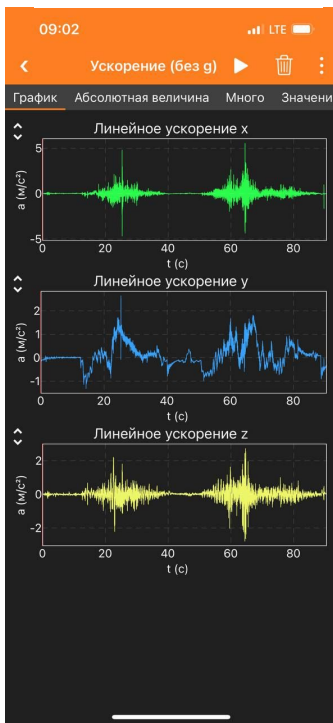
# Разгон/торможение автобуса

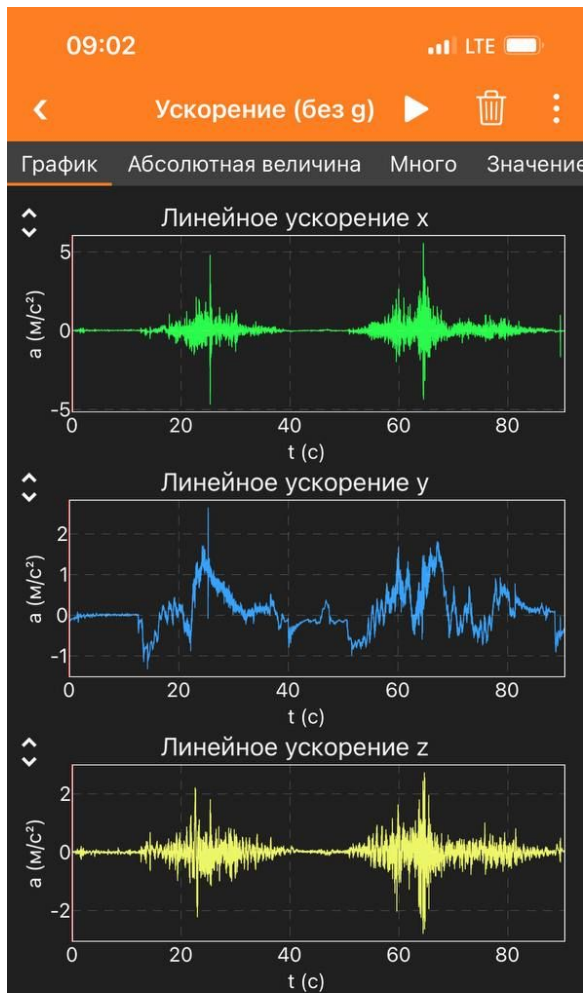
Смартфон лежал на сиденье автобуса своей длинной стороной (ось Y) по ходу движения.

Синий график (Y) фиксирует стабильные пиковые значения ускорений при разгоне и торможении: при разгоне до  $1 \text{ м/с}^2$ , при торможении до  $2 \text{ м/с}^2$ .

Зелёный (короткая сторона смартфона, ось X) и жёлтый (ось Z) графики фиксируют пиковые вибрации кресла в процессе движения (они достигают  $5 \text{ м/с}^2$ ).

---







# Скользящее среднее и фильтрация данных

	A	B
1	...данные...	
2	...данные...	=СРЗНАЧ(A1:A3)
3	...данные...	=СРЗНАЧ(A2:A4)
4	...данные...	=СРЗНАЧ(A3:A5)
5	...данные...	=СРЗНАЧ(A4:A6)
6	...данные...	=СРЗНАЧ(A5:A7)

The table illustrates a moving average calculation. Column A contains placeholder text "...данные...". Column B shows the corresponding Excel formula for each row. Red arrows indicate that the formula in row 2 applies to rows 1, 2, and 3. Green arrows indicate that the formula in row 4 applies to rows 4, 5, and 6.



---

# Скользящее среднее и фильтрация данных

Файл “Самолёт.xls”

Файл “Маятник.xls”

---



---

# Точность датчиков

<https://phyphox.org/sensordb/>

