

# XXIV КОЛМОГОРОВСКИЕ ЧТЕНИЯ



**The 24th KOLMOGOROV READINGS**

**ADVANCED EDUCATION AND SCIENCE CENTER**

**Proceedings of  
the 24th International Scientific Conference of students  
Kolmogorov readings  
May 2-5, 2024**

**PHYSICS**

**Moscow**

**2024**

**СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ УЧЕБНО-НАУЧНЫЙ ЦЕНТР  
(факультет) – школа-интернат имени А.Н. Колмогорова  
Московского государственного университета  
имени М.В. Ломоносова**

**Материалы  
XXIV Международной научной конференции школьников  
«Колмогоровские чтения»  
2-5 мая 2024**

**ФИЗИКА**

**Москва  
2024**

Председатель организационного комитета  
XXIV Международной научной конференции школьников  
«Колмогоровские чтения»:

**К.В. Семенов**

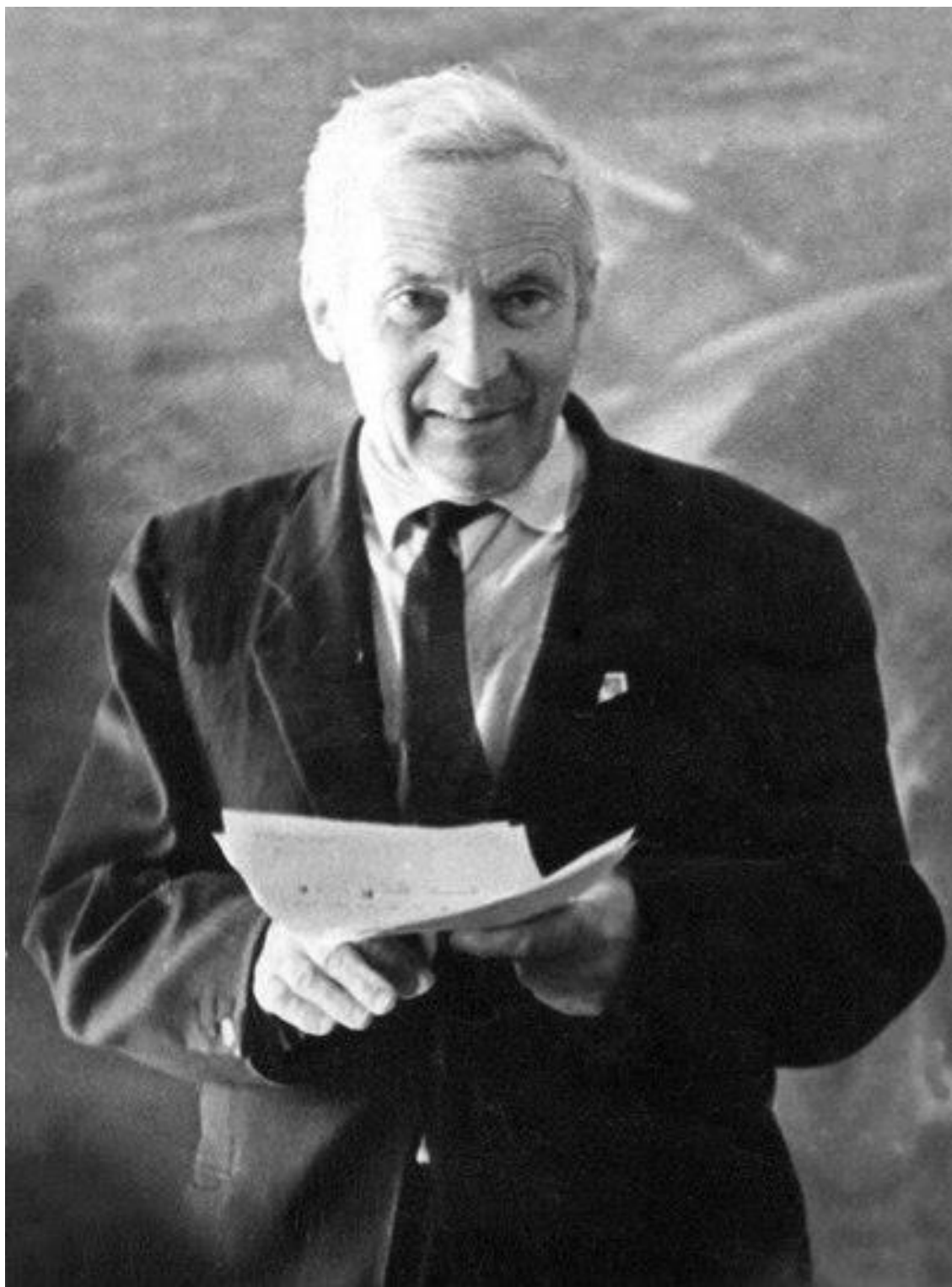
Редактор сборника тезисов «Физика»:

**К.Д. Сладков**

**Материалы**  
**XXIV Международной научной конференции школьников**  
**«Колмогоровские чтения»**

В настоящий сборник вошли тезисы приглашённых докладчиков  
XXIV Международной научной конференции школьников  
«Колмогоровские чтения» по секции  
«Физика»

© Специализированный учебно-научный центр (факультет) –  
школа-интернат имени А.Н. Колмогорова  
Московского государственного университета имени  
М.В. Ломоносова, 2024 г.



*Қақ в спорте не сразу ставят рекорды, так и подготовка к настоящему  
научному творчеству требует тренировки.*

*А.Н. Колмогоров*

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|   |    |
|---|----|
| <b>Богданов Андрей Андреевич, Вещание на амплитудной модуляции</b> .....  | 8  |
| <b>Ванеева Наталья Михайловна; Воронюк Иван Вадимович; Шарапов Александр Иванович, Принтер Брайля с голосовым управлением</b> .....                   | 9  |
| <b>Змеевцева Ярослава Сергеевна, Создание нового движителя для лодки-амфибии</b> .....  | 10 |
| <b>Инжиев Марк Арсланович, Создание функциональной модели электродвигателя Фромана</b> .....  | 13 |
| <b>Литвинова Анастасия Александровна, Создание спектрометра в условиях средней школы</b> .....  | 15 |
| <b>Матвейчук Егор Иванович, Автоматизированное устройство для демонстрации параметрического резонанса</b> .....                                       | 17 |
| <b>Музоваткина Вероника Сергеевна, Капельный микроскоп</b> .....  | 19 |
| <b>Павловский Иван Константинович, Роботизированная платформа на колесах Бенгта Илона</b> .....   | 20 |
| <b>Панкина Дарья Сергеевна, Исследование мемристивного эффекта в перспективных тонкоплёночных наноструктурах</b> .....                                | 21 |
| <b>Рогацкий Лев Сергеевич, Магнитное торможение</b> .....   | 23 |
| <b>Рыбакова Ульяна Юрьевна, Изучение неоднородностей микроструктуры образцов керамики на основе карбида вольфрама</b> .....                           | 25 |
| <b>Сергеева Арина Игоревна, Хохлова Екатерина Максимовна, Беспилотная лаборатория для мониторинга водоёмов</b> .....                                  | 27 |
| <b>Смагулова Рамина Ринатовна, Шертай Асылжан Арнуркызы, Разработка склада с учетом условий хранения овощей</b> .....                                 | 29 |
| <b>Соколов Артем Павлович, Исследование физических процессов цефеид</b> .....   | 30 |
| <b>Сорочкина Екатерина Дмитриевна, Исследование пленок оксида алюминия в составе мемристивных структур методом атомно – силовой микроскопии</b> ..... | 32 |
| <b>Суслова Евгения Дмитриевна, Разработка метода измерения толщины барабанной перепонки</b> .....   | 34 |
| <b>Тюменцев Дмитрий Александрович, Исследование взаимосвязи структуры и прочностных свойств углеродного волокна</b> .....                             | 35 |
| <b>Фроленкова Ксения Егоровна, Применение суперволокна — создание искусственных мышц</b> .....  | 37 |
| <b>Фролов Егор Алексеевич, Изготовление и эксплуатация аэродинамической трубы</b> .....   | 39 |
| <b>Цыганкова Мария Сергеевна, Разработка системы поддержания жизнедеятельности клетки для сканирующего капиллярного микроскопа</b> .....              | 41 |

## ДОКЛАДЫ БЕЗ ПУБЛИКАЦИИ ТЕЗИСОВ

|  |    |
|--|----|
| <b>Авдиевская Анастасия Викторовна</b> , Энергосберегающие технологии для автоматизации управления освещением в помещении с помощью датчиков .....                     | 43 |
| <b>Бельков Дмитрий Александрович</b> , Тепло человека как источник энергии .....   | 43 |
| <b>Дегтярёв Тимофей Иванович</b> ,<br>Концепция производства и применения съедобной посуды.....  | 43 |
| <b>Зотин Иван Андреевич, Устимов Никита Алексеевич, Утенкова Алина Сергеевна</b> ,<br>Атомно-силовая микроскопия самоорганизованных полупроводниковых наноструктур ... | 44 |
| <b>Чельдиев Георгий Игоревич</b> ,<br>Применение термоэлектрических генераторов в горной местности .....   | 44 |
| <b>Черноусова Ульяна Алексеевна</b> ,<br>Скоростной рост кристаллов KDP с добавлением примеси E124 методом Холдена.....  | 44 |

# ВЕЩАНИЕ НА АМПЛИТУДНОЙ МОДУЛЯЦИИ

Богданов Андрей Андреевич

10 класс, Специализированный учебно-научный центр (факультет) —  
школа-интернат имени А.Н. Колмогорова МГУ имени М.В. Ломоносова,  
г. Москва, Россия

Научный руководитель: лаборант кафедры физики СУНЦ МГУ  
Егор Евгеньевич Ляхов

Целью данной работы была сборка радиоприёмника, работающего на амплитудной демодуляции. Преимущество амплитудной модуляции над фазовой заключается в простоте модуляции и демодуляции, сравнительно узкой полосе занимаемых частот, что позволяет уместить большое количество каналов в отведённый вещательный диапазон, а также дальность передачи, позволяющая загоризонтное вещание.

Краткое описание хода работы:

1. Изготовление текстолитовой платы
2. Изготовление ферритовой антенны
3. Установка компонентов на плату
4. Разработка корпуса
5. Сборка финального устройства и проверка его работы

Плата для приёмника была изготовлена следующим образом: схема распечатывалась на глянцевой бумаге, прикладывалась к чистому текстолиту, и далее подвергалась тепловому воздействию, после чего текстолит отправлялся в раствор хлорного железа. Часть медного слоя, на которой не лежали чернильные дорожки с шаблона отошла, после чего просверливались отверстия для установки компонентов.

По результатам работы был собран и протестирован рабочий приёмник в средневолновом диапазоне, который успешно выполняет свои функции. В результате тестирования удалось «поймать» сигнала ряда радиостанций, в том числе иностранных.

*Список использованных источников:*

- [1] О. Ф. Кабардин: Физика, справочные материалы //ISBN 5-09-003008-1, Москва, Просвещение, 1988.
- [2] Е. А. Марон: Физика, опорные конспекты и разноуровневые задания //ISBN 978-5-91673-181-1, Спб, Виктория плюс, 2017.
- [3] Н. Б. Догадин: Основы радиотехники //ISBN 978-5-8114-0761-3, Спб, Лань, 2007.



# ПРИНТЕР БРАЙЛЯ С ГОЛОСОВЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

**Ванеева Наталья Михайловна; Воронюк Иван Вадимович;  
Шарапов Александр Иванович**

*11, 11 и 10 класс, соответственно, Специализированный учебно-научный центр (факультет) — школа-интернат имени А.Н. Колмогорова Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия*

Научный руководитель: мастер по ТСП кафедры физики СУНЦ МГУ  
Михаил Алексеевич Бакин

Принтеры Брайля применяются для изготовления печатной продукции (книг, брошюр и т.д.) для людей с ограничениями по зрению. Спрос на такие принтеры есть всегда, но при этом существующие на рынке предложения достаточно дороги и преимущественно в стационарном исполнении. В данном проекте разработан программно-аппаратный комплекс, способный в автоматизированном режиме воспринимать речь и переводить ее на бумагу рельефно-точечным шрифтом Луи Брайля. Управление принтером осуществляется при помощи голосовых команд. При помощи команд можно настраивать положение печатающей головки на листе, начинать/заканчивать работу принтера и задавать текст, который будет напечатан на бумаге. Фото разработанного устройства представлено ниже (Рисунок 1).

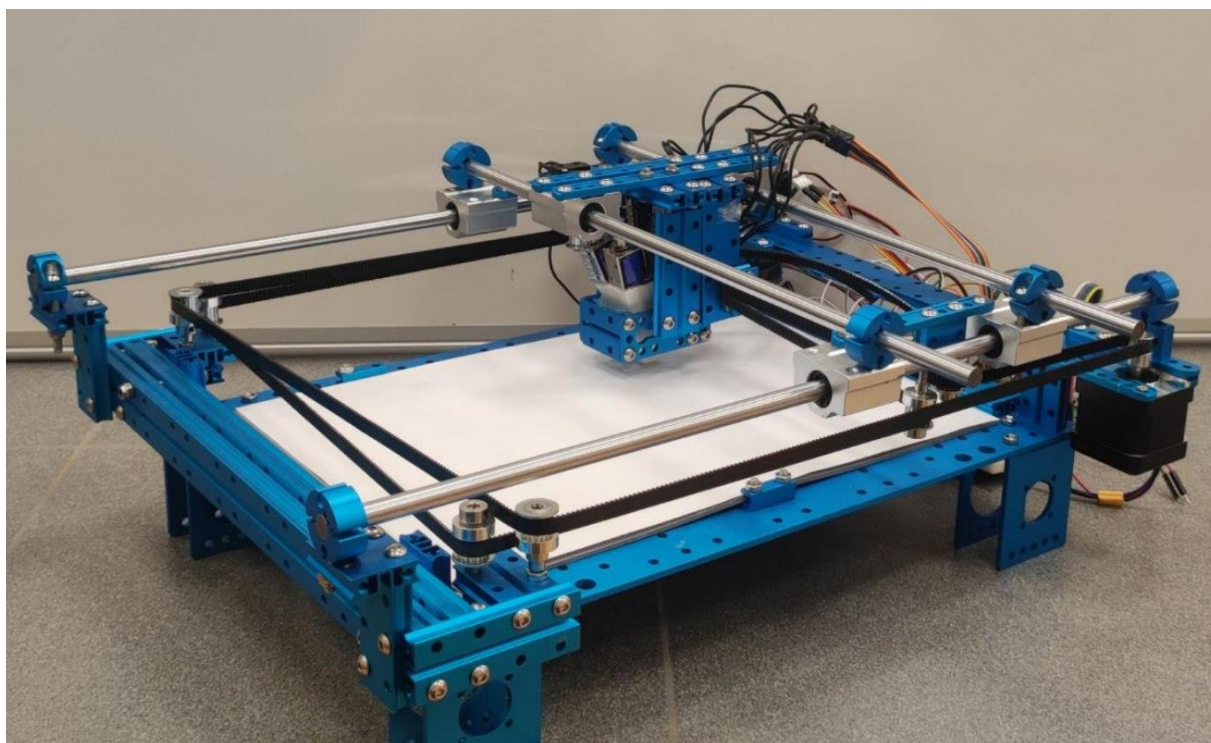


Рис. 1. Внешний вид изготовленного принтера

Габариты получившегося устройства 43,5см×38см×16см.

Печатаемые устройством символы соответствуют требованиям ГОСТ [1] [2]. Для работы с аудиосообщениями была использована система распознавания речи Vosk [3], она легковесная, может работать без выхода в интернет, а также позволяет быстро реконфигурировать словарный запас для максимальной точности.

*Список использованных источников*

- [1] ГОСТ Р 58511-2019 Символы Брайля и оформление брайлевских изданий [Документ] // Библиотека нормативной документации. – URL.: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293727/4293727623.pdf> (дата обращения: 10.02.2024).
- [2] ГОСТ Р 56832-2020 Шрифт Брайля. Требования и размеры [Документ] // Тифлоцентр «Вертикаль». – URL.: <https://tiflocentre.ru/download/gost-r-56832-2020.pdf?ysclid=lr0b5kuwt753874631> (дата обращения: 23.12.2023).
- [3] Alphacephei [Сайт]. URL.: <https://alphacephei.com/vosk/> (дата обращения: 25.12.2023).

## **СОЗДАНИЕ НОВОГО ДВИЖИТЕЛЯ ДЛЯ ЛОДКИ-АМФИБИИ**

**Змеевцева Ярослава Сергеевна**

*10 класс, МАОУ «Лицей №38», г. Нижний Новгород, Россия*

Научный руководитель: учитель физики МАОУ «Лицей №38»

Андрей Юрьевич Еделев

В наше время люди в различных областях сталкиваются с проблемой перемещения в труднодоступных районах. Создание нового движителя для транспорта, передвигающегося и по воде, и по отмелям, откроет новые возможности. Механизм поможет в освоении новых труднодоступных географических областей и может быть применен на практике.

Цель моей работы – изучить и изготовить механизм, функцией которого является передвижение по воде с возможностью кратковременного передвижения по отмелям, оснащенный электрическим приводом с реверсом и регулировкой скорости.

Решаемые задачи:

- 1) изучить работу механизма Чебышева;
- 2) изготовить действующий макет сдвоенной пары лямбдаобразных механизмов;

- 3) изучить возможность переворота лямбдаобразного механизма для использования дуги в качестве рабочей части траектории привода щитка-весла для гребли на лодке и стопы-опоры для шага на отмели (рис.1).

Новизна работы

1. Перевернули механизм Чебышева и упростили, убрав 4 рычага.
2. Чтобы конструкция удерживалась на воде, закрепили щитки-весла на шатунах «лямбд».

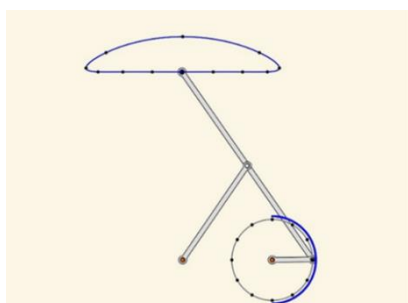


Рис. 1а. Эскиз механизма Чебышева



Рис. 1б. Изготовление макета

Создание макета гребного механизма необходимо, чтобы продемонстрировать правильность работы конструкции. Была произведена черновая отработка данного макета (рис.1б) для проверки правильности размеров рычагов и самой конструкции.

Так как кинематическая схема оказалась работоспособной, мы приступили к созданию действующей модели с мотором (рис.2а) и провели испытания лодки-амфибии в воде. Конструкция смогла плыть в воде и передвигаться по поверхности дна.



Рис. 2а. Модель с мотором

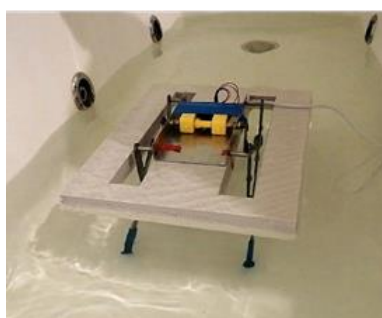


Рис. 2б. Испытание на воде

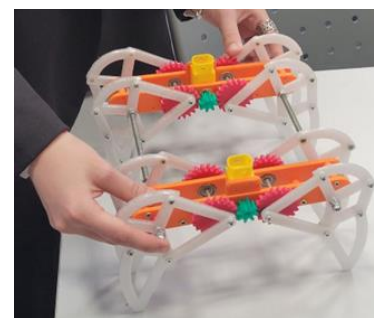


Рис. 2в. Модель Ятсена

Система управления основана на проводном пульте управления. Это оказалось не очень удобно. Провод ограничивает механизм в дальности и управлении. Было решено заменить данный тип на дистанционную систему управления через Bluetooth модуль СН-6.

Далее нам пришла идея создать механизм по принципу Тео Янсена, но в меньших размерах. Детали изготовили на 3D-принтере (рис.2в). Для вращения основной оси, которая, в свою очередь, вращает систему шестеренок, на обе стороны модели поставили моторы.

#### Заключение

1. Предложенное применение двух спаренных лямбдаобразных механизмов П. Л. Чебышева в качестве движителя лодки-амфибии оказалось успешным.
2. Была изучена шагающая машина П. Л. Чебышева и гребной механизм, предложенный этим же автором.
3. Изготовлен и испытан макет действующего привода для доказательства правильности полученных результатов.
4. Так же изготовлена модель, за основу которой был взят механизм Тео Янсена.

#### Список использованных источников

- [1] Шагающая машина П.Л.Чебышева. Электронный ресурс «Математические этюды»: <http://www.etudes.ru/ru/etudes/chebyshev-plantigrademachine/>
- [2] Артоболевский И.И., Левитский Н.И. Механизмы П.Л.Чебышёва /Научное наследие П.Л.Чебышёва. – Вып. II. – Теория механизмов. – М.-Л.: Издво АН СССР, 1945. – С.52-56. – Электронный ресурс: <http://www.tcheb.ru/1>
- [3] Жукова В.С. Шагающая лодка-амфибия с одним движителем П.Л.Чебышева / Материалы 11-го Всероссийского форума студентов, аспирантов и молодых учёных "Наука и инновации в технических университетах" 25-27 октября 2017 г. - Санкт-Петербург
- [4] П.Л.Чебышев. Гребной механизм. Электронный ресурс: <http://www.tcheb.ru/17>
- [5] Скворцова А.А., Папиашвили Э.Д. Универсальная передвижная шаговая платформа для освоения тундры и Арктики // Материалы 8-го Всероссийского форума студентов, аспирантов и молодых учёных «Наука и инновации в технических университетах». – СПб: Изд-во Политехн.ун-та, 2014. – 170 с. – С.6-8. – ББК 30.1 Н34 - С.6-8.

# СОЗДАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ФРОМАНА

**Инжиев Марк Арсланович,**

*8 класс, общеобразовательная школа-интернат «Лицей имени Н.И. Лобачевского» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет» (КФУ), Казань, Россия*

Научный руководитель: Храмова Ольга Николаевна, ОШИ «Лицей им. Н. И. Лобачевского» КФУ, учитель физики; Семашко Вадим Владимирович, Казанский (Приволжский) федеральный университет, доктор физико-математических наук, профессор

В современном мире всё большую значимость обретают экологичные двигатели, не выделяющие вредных веществ при работе. Особый интерес представляют электродвигатели, в которых реализуется преобразование электрической энергии в механическую. Электродвигатели имеют низкий уровень шума, не используют сгораемое топливо и демонстрируют высокий КПД. Одними из широко используемых являются электродвигатели постоянного тока, изучение принципа работы которых и реализация модели одного из самых первых действующих электродвигателей явилось целью настоящего Проекта.

Были изучены основные типы электродвигателей и их конструкции. Для создания был выбран электродвигатель Фромана (Paul-Gustave Froment, 1815-1865 гг., французский инженер, изобретатель) из-за его относительной простоты и технологии изготовления. В нем используется электромагнит для вращения колеса и коммутатор для включения/выключения магнита [1]. Такие двигатели Фромана были первыми массовыми электродвигателями, использовавшиеся в промышленности [2].

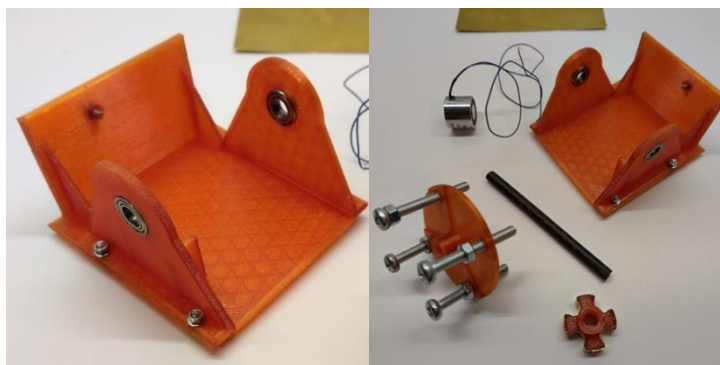


Рис.1. Основание и элементы электродвигателя, распечатанные на 3D-принтере

В ходе работы был спроектирован двигатель в программе Desing Spark Mechanical и распечатаны основные компоненты на 3D принтере Artillery Genius (коммутатор, колесо, основание и рама (корпус)). После печати была произведена сборка и тестирование двигателя.

В процессе проектирования была предусмотрена возможность регулировки и основных компонентов и узлов для точной настройки работы двигателя. Были опробованы и сравнены две схемы: с одним электромагнитом P40/20 и с U-образным электромагнитом, образованным двумя электромагнитами P40/20 и P25/20. Источником питания электромагнитов является литий-полимерный аккумулятор. Оптимальная коммутация включения/выключения электромагнитов обеспечивалась лепестковым коммутатором. В качестве якоря электродвигателя использовался пластиковый круг с закрепленными по его периметру 8 болтами. Валом электродвигателя являлась углепластиковая трубка диаметром 8 мм и длиной 200 мм. Для снижения трения и повышения КПД были использованы 2 шарикоподшипника.

С помощью мультиметра (амперметра, вольтметра, омметра) определены ток, напряжение и сопротивление двигателя. В частности, сопротивление обмоток электромагнитов было приблизительно равно 120 Ом. Сопротивление же проводов, контактов и коммутатора было низким, не более 1 Ом. Ток в рабочем такте двигателя составляет 0,2 А, а напряжение от 14,4 до 15 В. Мощность магнита составляет не более 3 ватт ( $15\text{В} \cdot 0,2\text{А}$ ), а значит мощность двигателя тоже меньше 3,6 ватт (зависит от КПД).

Таким образом, в ходе работы достигнута поставленная цель – постройка рабочего образца электродвигателя Фромана. Также в результате работы были подробно изучены различные электродвигатели, их конструкции и интересные технические решения, проведены эксперименты и измерение параметров двигателя.

#### *Список литературы:*

- [1] Третий этап развития электродвигателей. [Электронный ресурс]: URL: <https://www.electro-machines.ru/content/tretii-etap-razvitiya-elektrod> (дата обращения 08.02.2024)
- [2] Микеров.А. Создание прототипов электродвигателей автоматики. [Электронный ресурс]: URL: [https://controleng.ru/retrospektiva/electromotor\\_automation/](https://controleng.ru/retrospektiva/electromotor_automation/) (дата обращения 08.02.2024)

# СОЗДАНИЕ СПЕКТРОМЕТРА В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕЙ ШКОЛЫ

Литвинова Анастасия Александровна

10 класс, ГБОУ Цифровая школа, Москва, Россия

Научный руководитель: старший методист ИРПО ГАОУ ВО МГПУ

Олег Владимирович Колясников

В настоящее время профильное образование в школах активно развивается, а вместе с ним и оборудование в школьных лабораториях. Но тем не менее, некоторые из дорогостоящих аппаратов и инструментов по-прежнему недоступны. Например, спектрометр. Устройство, позволяющее изучить вещество с помощью построения его спектра поглощения. Мы предлагаем модель спектрометра, которую способен создать каждый школьник, по мотивам ранее описанной [1].

В ходе работы нами был создан спектрометр, состоящий из диода, запитанного от батареек; щелей для уменьшения интенсивности света; держателя для кюветы; коллиматорной щели; дифракционной решётки и веб-камеры для фиксации спектров испускания. Коллимированный свет, проходя через дифракционную решётку, раскладывается в спектр испускания. Спектр поглощения вещества получался на основе сравнения спектра испускания диода в присутствии фона (кювета с водой) с спектром испускания после появления в кювете цветного вещества. Часть волн поглощается веществом, что снижает интенсивность и яркость пикселей на фотографии спектра. В программе Tracker мы получали значение яркости пикселей вдоль выбранной полосы от синего к красному цвету. Десятичный логарифм отношения яркости пикселей «до» к яркости «после» прохождения через вещество и есть значение оптической плотности. Значения длин волн калибровались с помощью вспомогательных лазеров, длины волн которых известны (зелёный – 532 нм; красный – 650 нм).

На данном приборе мы получили спектры эозина и бриллиантового зелёного (рис. 1б). В обоих случаях нами верно получено значение длины волны поглощения с точностью до 2 нм [2]. В случае бриллиантового зелёного также улавливается поглощение в синей области (примерно 420 нм). Дополнительно мы получили спектры веществ разной концентрации для проверки корректности получаемого значения оптической плотности. Закон Бугера – Ламберта – Бера гласит, что оптическая плотность — это произведение молярной концентрации на путь, пройденный светом в веществе и на коэффициент экстинкции. В нашем эксперименте зависимость оптической плотности от молярной кон-

центрации действительно линейна (рис. 1а). Экспериментально полученный коэффициент экстинкции мы получили из аппроксимации прямой вида

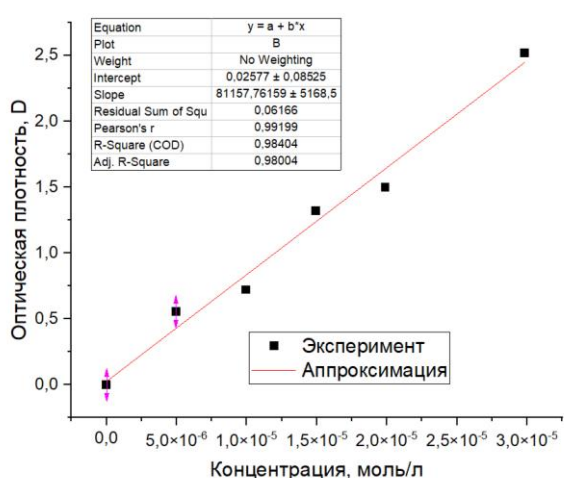


Рис. 1а. Зависимость оптической плотности от концентрации бриллиантового зелёного

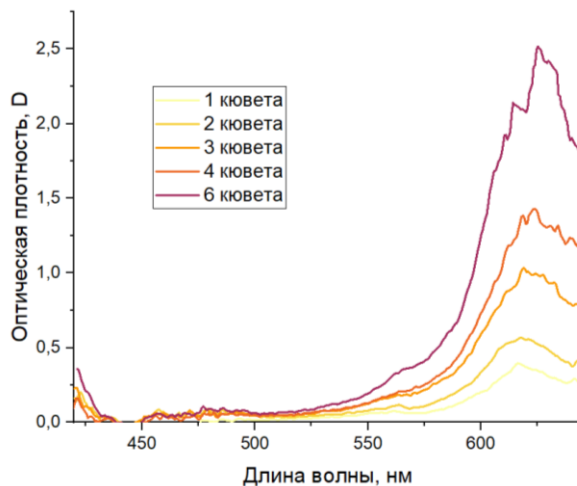


Рис. 1б. Спектры поглощения бриллиантового зелёного, полученные нами

$y = kx + b$ , где  $x$  – коэффициент экстинкции. Экспериментальное значение отлично сходится со справочным [3]. Данная совокупность говорит о том, что мы верно улавливаем и длину волны поглощения, и значение оптической плотности.

#### Список использованных источников

- [1] Mitsioni M. F., Stouras M., Makedonas C. Taking School Instrumentation One Step Forward: A Do-It-Yourself Type Spectrophotometer and a Jupyter Notebook That Enable Real Time Spectroscopy during School Lessons // Journal of Chemical Education. – 2023. – Т.100. – №7. – С.2704–2712.
- [2] Жебентяев, А. И. Электронный спектр поглощения и состав комплекса хлорпромазина с эозином / А. И. Жебентяев // Достижения фундаментальной, клинической медицины и фармации: материалы 78-ой научной сессии ВГМУ, Витебск, 25–26 января 2023 года. – Витебск: Витебский государственный медицинский университет, 2023. – С. 116–118.
- [3] Станкевич К. С., Мамонтова Е. М. Модификация поверхности пленок из полимолочной кислоты с целью придания биологической активности // Ресурсоэффективным технологиям-энергию и энтузиазм молодых: Сборник научных трудов V Всероссийской конференции студентов элитного технического образования, г. Томск, 25-27 марта 2014 г. – Томский политехнический университет, 2014. – С. 76-79.



# АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ДЕМОНСТРАЦИИ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО РЕЗОНАНСА

**Матвейчук Егор Иванович**

*11 класс, МОУ «Лицей №23», г. Подольск, Россия*

Научный руководитель: руководитель IT-отдела ООО «Научные развлечения»  
Михаил Михайлович Сазонов

Каждый из нас знает, как раскачаться на качелях. Раскачивание качелей происходит за счет периодического изменения внутреннего параметра системы – ее момента инерции, или, иными словами, расстояния между центром масс системы человек-качели и центром вращения качелей. Такое явление в физике называют параметрическим резонансом [1]. Он возникает, если частота изменения одного из параметров системы, в котором сосредотачивается энергия колебаний, в 2 раза превосходит собственную частоту колебаний.

*Целью работы было моделирование процесса раскачивания качелей с помощью экспериментальной установки; создание алгоритма для демонстрации параметрического резонанса; создание приложения для ПК для управления стендом с возможностью подключения к Arduino-совместимой платформе.*

Экспериментальная установка представляет собой физический маятник, в котором массивный груз перемещается с помощью электродвигателя и реечного механизма вдоль продольной оси маятника. В нижней точке маятника установлена Arduino-совместимая платформа [2] со встроенными датчиками. На маятнике также смонтирована плата драйвера двигателя. Кнопка включения питания расположена на основании установки.

Управление установкой включало в себя 3 основные составляющие: работа с двигателем постоянного тока; получение показаний датчиков угловой скорости и ускорения; взаимодействие с персональным компьютером. Каждая составляющая была реализована в виде программы на языке C++ в среде Arduino IDE.

Для создания приложения для персонального компьютера был выбран язык Java в среде Processing. Приложение обладает следующим интерфейсом: кнопка «Порт» позволяет опросить последовательные порты компьютера, идентифицировать наше устройство, и подключиться к нему; кнопка «Мотор» позволяет отключить управление двигателем и перевести систему в режим свободных колебаний; кнопка «Вывод данных» отвечает за получение и отображение состояния двигателя и показаний датчиков, встроенных в Arduino-совместимую платформу; а кнопки «Гироскоп» и «Акселерометр» позволяют управлять параметрами встроенных датчиков угловой скорости и ускорения.

Поле графика содержит инструментарий маркеров для изучения отдельных точек и интервалов на графике. Программа позволяет отключить вывод одного или нескольких показаний, оставив на экране только представляющие интерес показания. Кроме этого поле графика содержит инструменты для изменения масштаба, прокрутки и вывода всех зарегистрированных показаний. В Arduino совместимой платформе заложен алгоритм управления изменением центра масс маятника. Анализируя показания датчиков, платформа смещает центр масс маятника вниз при прохождении крайних точек траектории движения и смещает его вверх при прохождении точки равновесия.

*Выводы.* На основе теории параметрического резонанса разработана программа управления периодическим движением груза, обеспечивающая увеличение амплитуды колебаний. Для более детального изучения параметрического резонанса с помощью установки создано приложение, предлагающее интерфейс для отображения и анализа графиков показаний датчиков.

*Список использованных источников*

- [1] Варламов А.А., Черноуцан А.И. Что такое параметрический резонанс?  
//Квант. 1986. № 9. С. 29-30.
- [2] Справочная система по работе с Arduino  
//<https://www.arduino.cc/reference/en/>
- [3] Документация по работе с акселерометром и гироскопом ВМІ160  
//<https://robotclass.ru/tutorials/arduino-bmi160-roc/>

# КАПЕЛЬНЫЙ МИКРОСКОП

Музоваткина Вероника Сергеевна

10 класс, Специализированный учебно-научный центр (факультет) —  
школа - интернат имени А.Н. Колмогорова МГУ имени М.В. Ломоносова,  
г. Москва, Россия

Научный руководитель: старший преподаватель кафедры физики СУНЦ МГУ  
Клим Дмитриевич Сладков

Моя исследовательская работа посвящена исследованию увеличения и разрешающей способности капельного микроскопа.

Капельный микроскоп представляет собой толстую собирающую линзу, образованную каплей жидкости на поверхности твердого тела.

Увеличение капельного микроскопа определяется оптическими свойствами капли и ее формой [1]. Разрешающая способность зависит от размера капли и длины волны используемого света. Для расчета использовался критерий Рэля.

Для измерения увеличения и разрешающей способности капельного микроскопа была собрана экспериментальная установка. С помощью микроскопа наблюдалось изображение объекта, который находился под каплей воды. Увеличение определялось как отношение линейного размера изображения и размера объекта.

Для измерения разрешающей способности использовался метод наложения изображений объекта, полученных с каплей и без нее. Затем на основе разности данных изображений строилось изображение точечного источника.

В работе мной рассмотрены зависимость увеличения от объема капли и от расстояния от капли до источника. Экспериментальные исследования показали, что увеличение капельного микроскопа может достигать 6 - 8 раз при удалении капли от источника на расстояние около 30 мм. После этого изображение размывается. Разрешающая способность — отличается от теоретически рассчитанной в 3 раза. В эксперименте она равна 300 шт/мм.

## *Список использованных источников*

[1] Маликов, Р. Ф. Основы математического моделирования : учебное пособие для вузов / Р. Ф. Маликов. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 403 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-15279-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/544601> (дата обращения: 17.03.2024).:

[2] [https://studme.org/428829/matematika\\_himiya\\_fizik/forma\\_kapli\\_zhidkosti](https://studme.org/428829/matematika_himiya_fizik/forma_kapli_zhidkosti)

# РОБОТИЗИРОВАННАЯ ПЛАТФОРМА НА КОЛЕСАХ БЕНГТА ИЛОНА

**Павловский Иван Константинович**

*10 класс, МАОУ «Лицей № 38», г. Нижний Новгород, Россия*

Научный руководитель: учитель физики МАОУ «Лицей № 38»

Андрей Юрьевич Еделев

Данный проект помогает решить проблему, заключающуюся в трудности совершения маневров складской машиной в условиях тесного склада. Цель работы заключалась в проектировании и создании высокоманевренного роботизированного устройства для перевозки грузов.

С помощью примененной технологии колеса Илона платформа имеет возможность перемещаться в абсолютно любом направлении и вращаться относительно как центра платформы, так и одного из её колес. Колесо было смоделировано из множества деталей, которые были напечатаны на 3D-принтере и соединены металлическими болтами, что позволило распределить нагрузку на колесо и увеличить его жесткость, предотвращая деформацию от тяжёлых грузов.

Платформа имеет габариты 80:60:25 см, что позволяет ей помещаться и совершать маневры в самых узких пространствах. Управление тележкой осуществляется с помощью мобильного приложения, которое с помощью Bluetooth-модуля даёт возможность отправлять команды на плату Arduino Mega. По результатам опытов максимальная скорость платформы достигает 2 – 5 м/с, а максимальная масса, выдерживаемая платформой, достигает 80 кг. Кроме того, мной было составлено теоретическое обоснование движения платформы и рассчитаны потери и выигрыши при ее движении в различных направлениях.

| Направление движения | Вперед | Назад | Вправо | Влево | По диагонали | Вращение                                  |
|----------------------|--------|-------|--------|-------|--------------|---|
| Выигрыш/<br>Потери   | П 30%  | П 30% | П 30%  | П 30% | 0%           | $B \sqrt{1 + \left(\frac{a}{b}\right)^2}$ |

Также сейчас идёт работа над установкой машинного зрения, что позволит платформе автоматически перемещаться по заданной траектории. Анализ получаемой камерой информации будет осуществлять плата Orange Pi 3 LTS.

### *Список использованной литературы*

- [1] Li Shi gang motion control based on MECANUM wheel mobile robot Tshinghua University 2018.
- [2] B. Barshan and H. F. Durrant-Whyte. Inertial navigation systems for mobile robots. IEEE Transactions on Robotics and Automation.
- [3] Трёхмерная оценка положения мобильных роботов на основе более гладкого подхода. В материалах Международной конференции IEEE 1999 г. по робототехнике и автоматизации, май 1999 г.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ МЕМРИСТИВНОГО ЭФФЕКТА В ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТОНКОПЛЁНОЧНЫХ НАНОСТРУКТУРАХ**

**Панкина Дарья Сергеевна**

*10 класс, Специализированный учебный научный центр ННГУ им.  
Н. И. Лобачевского, Балахна, Россия*

Научный руководитель: лаборант НОЦ ФТНС ННГУ им. Н.И. Лобачевского  
Дмитрий Александрович Серов

Мемристор – двухэлектродное устройство микро- и наноэлектроники на основе конденсаторной структуры, способное изменять своё резистивное состояние в зависимости от приложенного напряжения и «запоминать» его после снятия электрического воздействия. В зависимости от полярности приложенного напряжения мемристор может переходить из состояния с высоким сопротивлением (HRS) в состояние с низким сопротивлением (LRS) (процесс SET) и наоборот (процесс RESET), т.е. демонстрировать резистивное переключение (РП). В мемристорах на основе оксидов переходных металлов РП происходит за счет образования/разрушения филамента – тонкого проводящего канала, образующегося в слое диэлектрика [1]. Малое энергопотребление, высокая скорость работы и длительное удержание сопротивления определяют ключевую роль мемристоров в разработке нового поколения энергонезависимой памяти и нейроморфных вычислительных систем [2].

*Цель работы* – ознакомление с эффектом резистивного переключения на примере работы структуры Ta(40 нм)/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(9 нм)/ZrO<sub>2</sub>(Y)(8%, 20нм)/Pt(40 нм). Для этого было проведено исследование электрических свойств мемристора при помощи анализатора полупроводниковых приборов Agilent B1500A и зондовой станции Everbeing EB-6.

В процессе осуществлялось ограничение тока для предотвращения необратимого пробоя и выхода из строя исследуемых структур. В ходе работы были

записаны вольт-амперные характеристики (ВАХ) (рис. 1.) и проведен тест удержания LRS (рис. 2) при токах ограничения  $I_{CC}$  100, 200 и 300 мкА.

Мемристор демонстрирует биполярный тип РП, с процессом SET при положительной полярности напряжения и процессом RESET при отрицательной. Резистивные состояния не пересекаются в течении 100 циклов РП. Увеличение  $I_{CC}$  приводит к увеличению тока в LRS и уменьшению его разброса, что связано с образованием более толстого и стабильного филамента [3]. Прове-

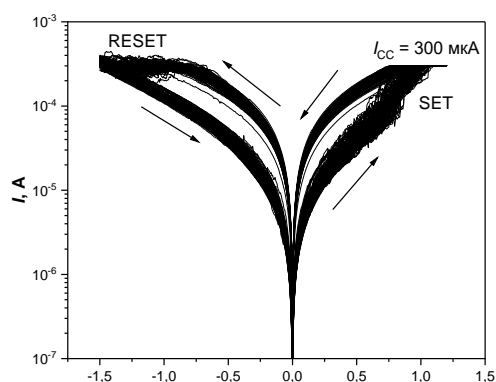


Рис. 1. 100 циклических ВАХ, измеренных при  $I_{CC} = 300$  мкА

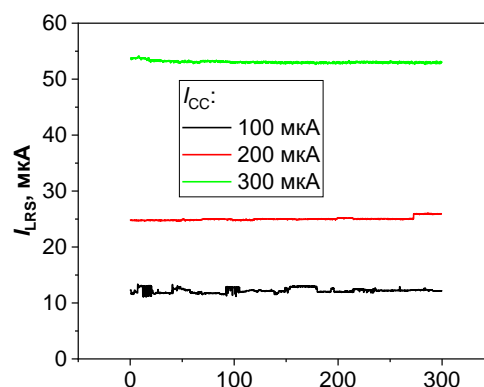


Рис. 2. Тест удержания LRS при разных токах ограничения

дённые измерения показывают возможность использования исследованных структур в качестве элементов энергонезависимой памяти.

#### Список использованных источников

- [1] Новая электронная компонентная база. Мемристор / Л.Г. Алексеева и др. // НАНО- И МИКРОСИСТЕМНАЯ ТЕХНИКА, 2016, Том 18, № 5, с. 297 – 308.
- [2] Мемристивные наноматериалы и технологии новой элементной базы нейрорелектроники / А.Н. Михайлов и др. / Нейротехнологии и Нейрорелектроника, 2023, 64 с.
- [3] Температурно-индуцированный переход между режимами резистивного переключения мемристивных кроссбар-структур на основе парилена / А.Н. Мацукатова, А.Д. Трофимов, А.В. Емельянов // Письма в ЖЭТФ, 2023, том 118, вып. 5, с. 355 – 360

# МАГНИТНОЕ ТОРМОЖЕНИЕ

Рогацкий Лев Сергеевич

10 класс, МАОУ «Лицей №38», г. Нижний Новгород, Россия

Научный руководитель: учитель физики МАОУ «Лицей № 38»  
Андрей Юрьевич Еделев

В наше время магнитные тормоза применяются в разных сферах таких, как: подъемные краны, буровые установки, ветряные турбины, конвейеры и др.

Из-за этого в данной работе представлена модель установки (рис.1) для исследования магнитного торможения, получено дифференциальное уравнение, согласно которому происходит процесс торможения. Решение, которого можно применить при проектировании тормозных систем с постоянными магнитами.

Для рассмотрения процесса магнитного торможения была создана теоретическая модель установки (рис.1). Представив, что с наклонной плоскости, расположенной под углом  $\alpha$  к горизонту, в вертикальном магнитном поле с индукцией  $\mathbf{B}$  скатывается без проскальзывания тонкостенный цилиндр, изготовленный из диэлектрического материала. В цилиндре сделана тонкая канавка, заполненная металлом, так что образуется прямоугольный токопроводящий замкнутый контур сопротивлением  $R$ .

Пренебрегая самоиндукцией, было получено дифференциальное уравнение,

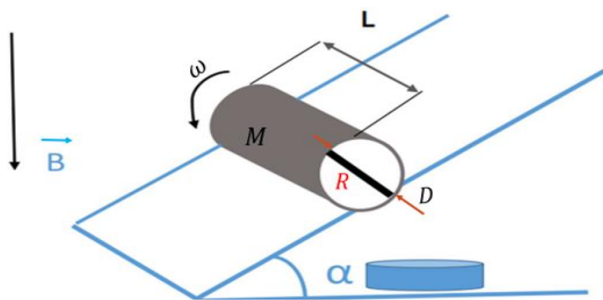


Рис. 1. Схема эксперимента



Рис. 2. Фото экспериментальной установки

решение которого определяет зависимость угла  $\varphi$  от времени  $t$ :

$$\frac{MD}{2} \ddot{\varphi} + \frac{(BL)^2 D}{R} \dot{\varphi} (\sin \varphi)^2 - \frac{Mg \sin \alpha}{2} = 0,$$

где изменение угловой скорости  $\Delta\omega$ , выраженное через угловое ускорение  $\ddot{\varphi}$ , равно:  $\Delta\omega = \ddot{\varphi} \Delta t$ .

$$\ddot{\varphi} + \dot{\varphi} (\sin \varphi)^2 - f = 0,$$

где параметр  $f$  характеризует влияние силы тяжести на данный процесс: 200 и 300 мкА:

$$f = \frac{(MR)^2 g \sin \alpha}{4(BL)^2 D}.$$

Произведен численный расчет данного уравнения в программе Matlab, при

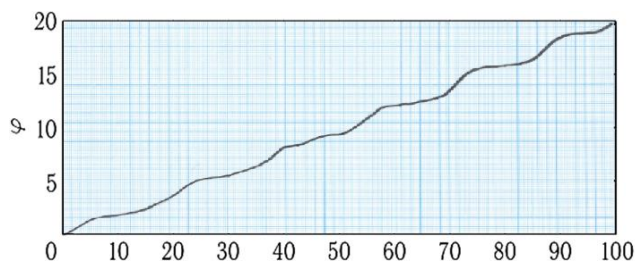


Рис. 3. Рассчитанная зависимость угла поворота от времени

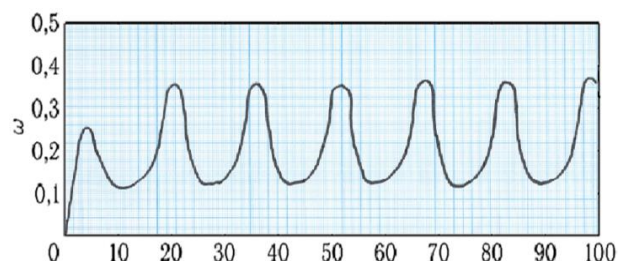


Рис. 4. Рассчитанная зависимость угловой скорости от времени

начальных условиях и различных значениях угла  $\alpha$  наклона плоскости и построены зависимости  $\varphi(t)$  и  $\omega(t)$ .

Как видно из графиков, по истечении определенного времени угловая скорость начинает пульсировать около некоторого среднего установившегося значения, причем относительная величина пульсаций тем больше, чем меньше значение параметра  $f$ .

Установившееся среднее значение скорости  $\omega_m$  можно получить, усреднив уравнение по времени:  $\omega_m = 2f$ .

Для проверки полученного решения была создана экспериментальная установка (рис.2).

В ходе работы была рассмотрена теория магнитного торможения и создана экспериментальная установка. Данные на экспериментальных графиках хорошо соответствуют теоретическим значениям.

Также в работе выяснена практическая целесообразность создания тормозных систем с постоянными магнитами, определена эффективность торможения исходя из исследуемой теории и проведенного эксперимента.

#### *Список использованных источников*

- [1] Ануфриев И. Е. Самоучитель Matlab 5.3/6.x. — СПб.: БХВ-Петербург, 2004. — 736 с.
- [2] Бутиков Е. И., Быков А. А., Кондратьев А. С. Физика для поступающих в вузы. — М.: Наука, 1978; 1983; 1991
- [3] Бордовский Г. А., Кондратьев А. С., Чоудери А. Д. П. Физические основы математического моделирования. — М.: Academia, 2005.



# ИЗУЧЕНИЕ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ МИКРОСТРУКТУРЫ ОБРАЗЦОВ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ КАРБИДА ВОЛЬФРАМА

**Рыбакова Ульяна Юрьевна**

*10 класс, Специализированный учебный научный центр федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского», г. Балахна, Россия*

Научный руководитель: к.ф.-м.н., доцент кафедры кристаллографии и экспериментальной физики физического факультета ННГУ

Михаил Андреевич Фаддеев

Твердые сплавы на основе карбида вольфрама (WC) являются перспективными материалами для современной металлообрабатывающей промышленности. Эффективным методом получения таких твердых сплавов является электроимпульсное плазменное спекание (ЭИПС) исходных порошков при высоких температурах ( $>1200$  C). В процессе спекания порошок карбида вольфрама контактирует с поверхностью пресс-формы, изготовленной из графита. Известно, что контакт с графитом приводит к диффузии атомов углерода внутрь кристаллической структуры спекаемой заготовки, что непредсказуемо и неоднозначно может повлиять на свойства материала. Масштаб диффузии, рассчитанный по известным теоретическим моделям и данным параметрам материалов, не совпадает с измеренным в экспериментах.

На 4-х исследованных образцах WC с помощью металлографического микроскопа Leica DM IRM обнаружены 10 характерных областей карбида вольфрама, расположенных вокруг частиц графита. Эти области представляют собой широкие, по размеру сопоставимые с частицей графита, граничащие с графитом и содержащие крупные по сравнению с остальным объемом керамики частицы WC.

С помощью специальной программы GoodGrains были измерены размеры частиц графита, областей крупных зерен карбида вольфрама и отдельных крупных зерен карбида вольфрама в перпендикулярных направлениях (Рисунок. 1). Проведена статистическая обработка размеров объектов и их неравномерности. Обнаружена корреляция между размерами частиц графита и областей крупных зерен карбида вольфрама.

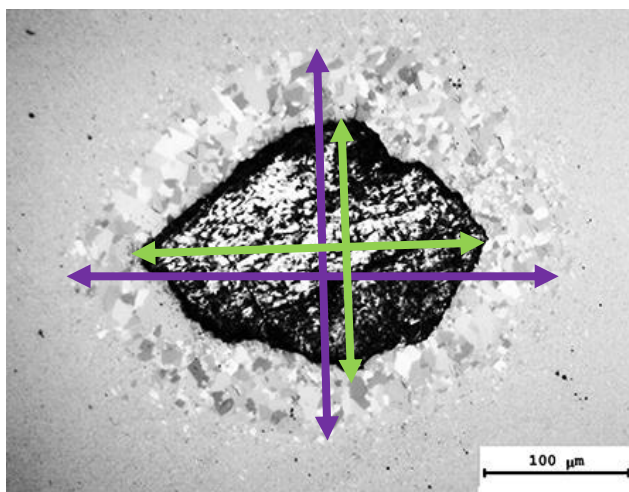


Рис. 1. Пример измерения размеров частицы графита и области, содержащей крупные зёрна карбида вольфрама

Толщина слоя крупных зерен, окружающей частицу, вычисляется в различных направлениях. Сравнение размеров частиц графита и толщин визуально наблюдаемых пограничных слоев WC показывает, что зависимость существенно отличается от линейной (Рис. 2).

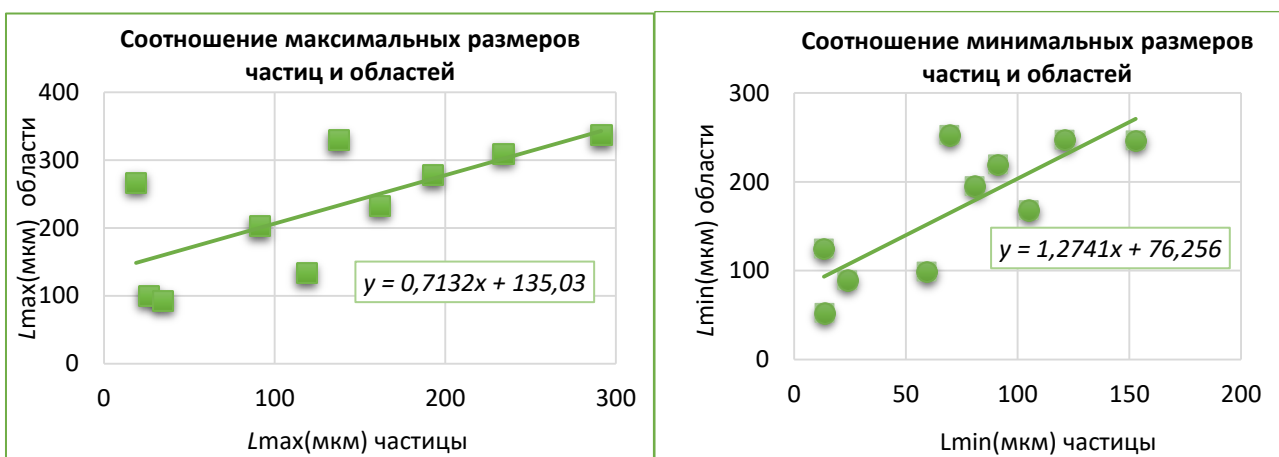


Рис. 2. Сравнение размеров частиц графита и областей крупных зерен карбида вольфрама

Для выяснения связи измеренных величин был вычислен эмпирический коэффициент корреляции. У максимальных размеров частиц и областей коэффициент корреляции  $R = 0,71$ , у минимальных размеров частиц и областей  $R = 0,81$ . Величины заметно превышают  $1/2$ , что свидетельствует о некоторой взаимосвязи. Среднее значение граничной области, визуально определяемой по наличию крупных зерен WC, окружающей частицу графита, составляет около 24 мкм.

В дальнейшем предполагается усовершенствовать подход к анализу изображений и получить количественные характеристики глубины диффузии графита в керамику в образцах, изготовленных при различной температуре (в различных режимах спекания).

*Список использованных источников*

- [1] Чупрунов Е.В., Хохлов А.Ф., Фаддеев М.А. Основы кристаллографии. М.: Физматлит. 2004. 500с.
- [2] Панченко Е.В. и др. Лаборатория металлографии. М.: Металлография. 1965. 440с.
- [3] Чувильдеев В.Н. Неравновесные границы зерен в металлах. М.: Физматлит. 2004. 304с.
- [4] Фаддеев М.А. Элементарная обработка результатов эксперимента. Нижний Новгород. ННГУ. 2004. 120с.

## **БЕСПИЛОТНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ВОДОЁМОВ**

**Сергеева Арина Игоревна, Хохлова Екатерина Максимовна**

*10 класс, Муниципальное автономное общеобразовательное учреждение  
«Лицей №38», Нижний Новгород, Россия*

Научный руководитель: учитель физики МАОУ «Лицей №38»  
Еделев Андрей Юрьевич

В наши дни остро стоит проблема загрязнения водоемов. Страдают не только представители флоры и фауны, но и человек [1]. В проведении мониторинга может помочь мобильная беспилотная водная лаборатория. Она будет в автономном режиме собирать информацию и передавать её для дальнейшей статистической обработки [2].

Цель работы – создание мобильной лаборатории для базового мониторинга водоемов Нижнего Новгорода, исследование качества воды в водоемах естественного и искусственного происхождения; автоматизация процесса мониторинга водоемов.

Нами была собрана водная плавучая платформа на трубах ПВХ. За основу взяли конструкцию тримарана.

Составили схему блока управления (1. аккумулятор; 2. регулятор оборотов; 3. бесколлекторный двигатель; 4. АА батарейки; 5. 3-х канальный приёмник; 6. сервопривод – мотор; 7. светоизлучающий диод; 8. светоизлучающий диод).

Была собрана схема измерительной лаборатории, установлена на плавучую платформу. (1. аккумулятор; 2. повышающий преобразователь до 5 В; 3. датчик температуры и влажности воздуха; 4. рН-метр (модуль датчика кислотности); 5. датчик мутности; 6. модуль датчика мутности; 7. датчик температуры воды; 8. Arduino Nano V3.0 – микроконтроллер).

Для автоматизации процесса мониторинга разработали приложение с помощью MIT App Inventor. Протестировали приложение. На экране смартфона отображались показания значений мутности, кислотности и температуры воды.

Устройство успешно прошло эксперимент. Конструкция подтвердила свою устойчивость и маневренность.

Проведенное исследование показало, что все оцениваемые параметры приближены к норме, но нельзя сделать вывод о хорошем качестве воды, так как при измерении не учитывались биологические и бактериологические показатели качества воды.



Рис. 1. Фото собранной установки

В ходе проекта была создана версия мобильной лаборатории. Одно такое устройство способно проводить мониторинг целого водоема в то время, как статические лаборатории могут заниматься мониторингом только малой ее части.

#### *Список использованных источников*

- [1]. Коробкин В, К. Передельский. Экология и охрана окружающей среды: книга однотомная - М.: Кнорус , 2019, с. 318-327, с. 437-442, с. 531-536
- [2]. Т.С. Вшивкова, Н.В. Иваненко, Л.В. Якименко, К.А. Дроздов. Введение в биомониторинг пресных вод: учебное пособие – Владивосток: Изд-во ВГУ-ЭС, 2019. – с.8-14, с. 179-190

# РАЗРАБОТКА СКЛАДА С УЧЕТОМ УСЛОВИЙ ХРАНЕНИЯ ОВОЩЕЙ

**Смагулова Рамина Ринатовна, Шертай Асылжан Арнуркызы;**  
*9 класс, Филиал «Назарбаев Интеллектуальная школа химико-биологического направления» города Павлодар, Казахстан*

Научные руководители: учитель физики филиала «Назарбаев Интеллектуальная школа» Гинаят Торгынкызы, учитель биологии филиала «Назарбаев Интеллектуальная школа» Асель Коптылеуовна Карибжанова

Глобальная проблема недостаточного учета запасов и неадекватных условий хранения приводит к массовому уничтожению пищевых запасов овощей. В Казахстане отмечается дефицит современных хранилищ. В предлагаемом нами проекте разработка хранилища овощей с целью минимизации потерь, отвечающих всем требованиям хранения.

При создании овощехранилища необходимо обратить внимание на следующие вопросы [1]: размеры склада и его внутреннее расположение, герметизация склада, соблюдать соответствующие температурные условия, контроль влажности воздуха, система вентиляции, дезинфекция складов и емкостей, периодическая плановая сортировка овощей.

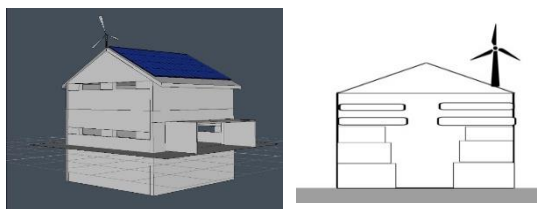


Рис. 1. 3D-макет хранилища

Учитывая условия, которые действуют на складах во всех регионах Казахстана и в ближнем зарубежье (Россия, Беларусь), предлагаемый нами склад имеет длину 32 м, ширину 18 м и высоту 8 м. Контейнеры, которые мы предлагаем, будут расположены по 5 уровням. На нижних 3 уровнях должны храниться в контейнеры с песком, а верхние уровни будут без контейнеров. [2].

Стены склада заливаются высококачественным теплоизоляционным бетоном, держащим железные каркасы, что снизит затраты. Крыша склада должна иметь треугольное покрытие. Мы закрываем её отдельными солнечными панелями. Размеры панелей, которые выделяют 400 Вт·ч, имеют площадь 4м<sup>2</sup>. Таким образом, общее количество энергии, получаемой от одной

панели, составляет до 400 Вт·ч, от солнечных панелей – 85600 Вт·ч или 85,6 кВт·ч. [3].

Самым распространенным способом сохранения необходимой влажности является использование инфракрасных лучей. Мы решили проверить этот метод: мы изготавливали ящики с инфракрасными лампами, в которые было уложено несколько образцов картофеля, моркови, свеклы и сладкого желтого перца. Также их оставили на открытой поверхности при нормальной домашней температуре. Каждые 30 мин. мы сравнивали сухость этих продуктов, просматривая каждый овощной лист салфеткой. [4]. Было видно, что продукты, находящиеся под инфракрасным излучением, высыхают быстрее.

Существует множество способов хранения овощей и зерновых культур. Мы выбирали наиболее эффективные, проводя опыты, и применяли их по-новому, по-новому развитой складской модели.

*Список использованных источников:*

- [1] Гудковский В. А., Кладь А. А., Кожина Л. В., Балакирев А. Е., Назаров Ю. Б. Прогрессивные технологии хранения плодов // Достижения науки и техники АПК. – 2009. – № 2. – 66-70.
- [2] Alternative energy: opportunities and perspectives, //KAZEnErgy 2012 маусым, № 03 (53);
- [3] Алишер Тастенов, Сила ветра и солнца: новые перспективы//KAZEnErgy 2013 желтоқсан, № 06 - 61.
- [4] Козловская В.Б., Радкевич В.Н., Сацукевич В.Н. Электрическое освещение: справочник – 2-е изд. – Минск: Техноперспектива, 2008. – 271.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЦЕФЕИД**

**Соколов Артем Павлович**

*9 класс, Новосибирский планетарий им. космонавта Анны Кикиной,  
г. Новосибирск, Россия*

Научные руководители: Никифоров Андрей Юрьевич, ст. методист и педагог  
МАУ ДО ДЮЦ «Планетарий»; Орлов Илья Олегович, ст. преп. СУНЦ НГУ

Цефеиды играют значимую роль в формировании представления о нашей Вселенной, о ее размере и расстояниях между объектами. Для классических

цефеид существует устойчивая связь между их абсолютной звездной величиной (показателем светимости) и их периодом:

$$M = -2,4 \log(P) - 0,73,$$

где  $P$  – период пульсации цефеиды;  $M$  – абсолютная звездная величина.

В работе была выведена аналогичная зависимость на основе вычисленных данных по 66 цефеидам, информация о них получена из астрофизических веб-каталогов GCVS [1] и SIMBAD [2].

*Цель* исследования – изучение и сопоставление результатов собственных вычислений, связанных с физической природой цефеид, с результатами профессиональной астрофизики; создание физической модели цефеиды и ее тривиальная визуализация.

Для исследования радиусов и масс звезд взяты 15 цефеид.

Цефеиды, являясь пульсирующими звездами, изменяют свою светимость в следствие изменения радиуса и температуры. Через закон излучения АЧТ Стефана-Больцмана было получена формула для вычисления отношения радиусов в минимуме и максимуме блеска и уравнение для получения среднего радиуса. Таким образом удалось найти радиусы в течение всего периода цефеид через систему:

$$\begin{cases} \frac{r_2}{r_1} = n \\ \frac{r_1 + r_2}{2} = r_{med} \end{cases}$$

Через уравнение 3 закона Кеплера были найдены приблизительные массы изучаемых цефеид.

Также, используя уравнение идеального газа было получено уравнение, определяющее глубину расположения слоя гелия, ответственного за пульсацию цефеид. Предполагается, что в области залегания слоя гелия температура составляет 35000–55000 К [4].

В процессе исследования была написана программа на языке python, которая может рассчитывать 17 параметров цефеиды.

В работе фактически была создана физическая модель цефеиды и создана визуализация изменения ее размеров на примере звезды Дельта Цефея.

*Список использованных источников*

- [1] Samus N.N., Kazarovets E.V., Durevich O.V., Kireeva N.N., Pastukhova E.N., General Catalogue of Variable Stars: Version GCVS 5.1, Astronomy Reports, 2017, vol. 61, No. 1, pp. 80-88 {2017ARep...61...80S} – каталог переменных звезд

- [2] SIMBAD Astronomical Database - CDS (Strasbourg) (URL: <http://cdsportal.u-strasbg.fr/>).
- [3] Kovtyukh , V., Lemasle B.: «Effective temperatures of classical Cepheids from line-depth ratios in the H-band», 2023 - Диаграммы температур T Vul, Delta Cep, S Sge, X Cyg, SV Vul, S Vul.
- [4] Scott Gerard, Berdnikov Leonid., «The secret lives of cepheids a multi-wavelength study of the atmospheres and real-time evolution of classical cepheids», 2014, p. 19.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛЕНОК ОКСИДА АЛЮМИНИЯ В СОСТАВЕ МЕМРИСТОРНЫХ СТРУКТУР МЕТОДОМ АТОМНО – СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ**

**Сорочкина Екатерина Дмитриевна**

*10 класс, Специализированный учебный научный центр ННГУ им.  
Н. И. Лобачевского, Балахна, Россия*

Научный руководитель: д.ф.-м.н., в.н.с. НОЦ ФТНС, доцент ННГУ им.  
Н. И. Лобачевского Филатов Дмитрий Олегович

Мемристор — твердотельный электронный прибор на основе конденсаторной структуры, способной изменять резистивное состояние под действием напряжения, приложенного к обкладкам, и запоминать его [1]. На основе мемристоров могут быть созданы новые устройства энергонезависимой компьютерной памяти [2], нейроморфные компьютеры [3] и др. В настоящее время применение мемристоров сдерживается недостаточной стабильностью их параметров, в частности, деградацией в процессе эксплуатации [4]. Один из подходов к повышению стабильности мемристоров — введение в структуру мемристоров тонких плёнок высокопрочных диэлектриков (например,  $Al_2O_3$  [5]). Однако, механизм влияния слоёв  $Al_2O_3$  на электрические параметры мемристоров, в частности, влияние сплошности  $Al_2O_3$ , остаётся невыясненным.

Цель настоящей работы – установление механизмов влияния слоя  $Al_2O_3$  на стабильность мемристоров на основе структур Ta/ $Al_2O_3$ / $ZrO_2(Y)$ /Pt. Для этого применялся метод атомно-силовой микроскопии (АСМ) с измерением тока между зондом и образцом. Данный метод позволяет выявить дефекты в плёнках  $Al_2O_3$  на проводящих подложках Pt с нанесёнными на них туннельно-прозрачными плёнками  $ZrO_2(Y)$  толщиной 2 нм.

Исследованные структуры формировались методом ВЧ магнетронного распыления. Толщина плёнок  $Al_2O_3$  составляла 3, 6 и 9 нм. АСМ исследования проводились на установке NT-MDT Solver Pro в атмосферных условиях в кон-



тактном режиме. Использовались зонды NT MDT DEP 30 с проводящим покрытием из алмаза, легированного В. Между АСМ зондом и подслоем Pt подавалось напряжение  $U = 0,1$  В.

Были обнаружены сквозные поры в плёнках  $Al_2O_3$ . В местах расположения пор наблюдалось увеличение тока через АСМ зонд, связанное с тем, что остриё зонда касалось туннельно-прозрачного слоя  $ZrO_2(Y)$  внутри пор. Полученные результаты позволяют предположить следующий механизм влияния слоя  $Al_2O_3$  на электрические параметры мемристоров на базе структур Ta/ $Al_2O_3$ / $ZrO_2(Y)$ /Pt. При осаждении верхнего электрода, Ta заполняет поры в  $Al_2O_3$  и контактирует с поверхностью  $ZrO_2(Y)$ . В процессе электроформовки, рост филаментов в слое  $ZrO_2(Y)$  происходит непосредственно под сквозными порами в  $Al_2O_3$ . При этом, слой  $Al_2O_3$  блокирует выход ионов  $O_2^-$  из  $ZrO_2(Y)$  в верхний электрод. В процессе переключения, окислительно-восстановительные электрохимические реакции локализованы в области контакта Ta/ $ZrO_2(Y)$ , ограниченной в плоскости структуры стенками поры в  $Al_2O_3$ . Это препятствует латеральному размытию филамента и повышает стабильность характеристик мемристора.

*Список использованных источников*

- [1] Strukov D.B., Snider G.S., Stewart D.R., Williams R.S. The missing memristor found // Nature Materials, 2008, 453, p. 80-86.
- [2] Ielmini D. Resistive switching memories based on metal oxides: mechanisms, reliability, and scaling // Semiconductor Science and Technology, 2016, 31, p. 063002.
- [3] Zhu J., Zhang T., Yang Yu., Huang R. A comprehensive review on emerging artificial neuromorphic devices // Applied Physics Reviews, 2020, 7, p. 011312.
- [4] Roldán J. B. et al. Variability in resistive memories //Advanced Intelligent Systems. – 2023. – Т. 5. – №. 6. – С. 2200338.
- [5] Huang C. Y. et al. Improved resistive switching characteristics by  $Al_2O_3$  layers inclusion in  $HfO_2$ -based RRAM devices //ECS Solid State Letters. – 2013. – Т. 2. – №. 8. – С. P63.

# РАЗРАБОТКА МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЯ ТОЛЩИНЫ БАРАБАННОЙ ПЕРЕПОНКИ

Суслова Евгения Дмитриевна

10 класс, муниципальное автономное образовательное учреждение «Лицей №38», г. Нижний Новгород, Россия

Научные руководители: старший научный сотрудник ИПФ РАН Павел Андреевич Шилягин, учитель физики и астрономии МАОУ Лицей №38 Надежда Борисовна Тукова

Барабанная перепонка является одним из ключевых элементов органов слуха. На данный момент данные о толщине барабанной перепонки в норме отсутствуют. Разработка метода измерения толщины барабанной перепонки позволит нам проводить диагностику её состояния.

*Цель:* разработать метод объективного неповреждающего измерения толщины барабанной перепонки с использованием оптической когерентной томографии.

*Задачи* данной работы: создание математической модели получения сигнала ОКТ от плоскопараллельной пластины, разработка метода измерения толщины барабанной перепонки, получение ОКТ сигнала от физической модели и апробация разработанного метода.

В ходе работы были проведены эксперименты на исследование оптических свойств барабанной перепонки и созданной её физической модели путём получения ОКТ изображений.

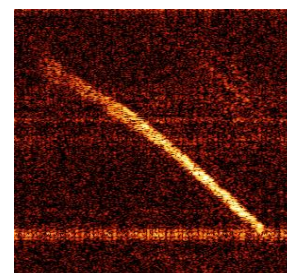
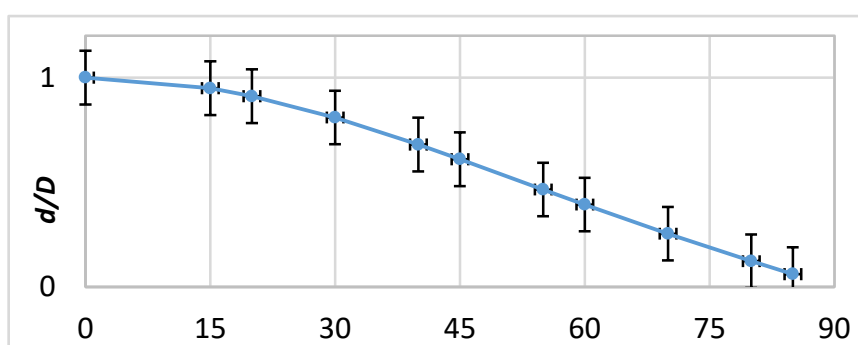


Рис. 1. График зависимости отношения длины хода луча в пластине к истинной толщине пластины от угла падения луча ( $d/D$  ( $\varphi_0$ )), справа — ОКТ изображение барабанной перепонки

Создана математическая модель, выведена формула толщины барабанной перепонки в зависимости от угла падения луча и длины его хода:

$$d = \frac{d'}{n} \sqrt{n^2 - n_0^2 \cdot (\varphi_0)}.$$

Исследована зависимость отношения длины хода луча в пластине к истинной толщине пластины от угла падения луча:

Сделаны выводы о том, что барабанная перепонка и силиконовая пластина похожи по своим оптическим свойствам, поэтому силиконовую пластину можно применять для экспериментов необходимых для создания в дальнейшем математической модели; с увеличением значения угла падения луча увеличивается неточность измерений. Проведены измерения: показателя преломления силиконовой пластины; толщины силиконовой пластины; толщины барабанной перепонки.

*Список использованных источников*

- [1] Novozhilov A. A. et al. Measuring the Tympanic Membrane Thickness Using Optical Coherence Tomography //Opera Medica et Physiologica. – 2023. – Т. 10. – №. 1. – С. 106-112.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ СТРУКТУРЫ И ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ УГЛЕРОДНОГО ВОЛОКНА**

**Тюменцев Дмитрий Александрович**  
9 класс, МАОУ СОШ № 104, г. Челябинск, РФ.

Научный руководитель: учитель физики МАОУСОШ № 104  
Татьяна Викторовна Югова

*Цель работы:* определить взаимосвязь между структурой углеродного волокна и его прочностными характеристиками используя, изготовленное устройство для измерения прочности углеродных волокон методом измерения прочности мононити.

Возникает потребность в углеродных волокнах с новыми характеристиками, а для их производства необходимо понимать взаимосвязь структуры и прочности волокон.

Для выполнений исследования взяты по 10 образцов каждого углеволокна фирм: Toray, Toho-tenah, и Formosa и определена структура волокон на рентгеновском дифрактометре фирмы Bruker D8 ADVANCE. Для каждого вида волокна определены изменение полуширины  $\beta$  дифракционного максимума

002, значения брэгговского угла  $2\Theta$ , площади максимума  $S$ , а также вычислены значения межплоскостного расстояния  $d_{002}$  и размеров кристалликов  $L_{002}$  от угла ориентировки  $\phi$  кристалликов относительно оси углеродной нити.

Кристаллики наибольших размеров сформировались в углеродном материале волокна Torey.

По мере увеличения угла ориентировки кристалликов относительно оси нити размеры кристалликов практически не меняются. Во всех исследованных волокнах наблюдается линейное уменьшение количества кристалликов от угла  $\phi$ . Для волокна toho-tenax эта зависимость изменяется более плавно.

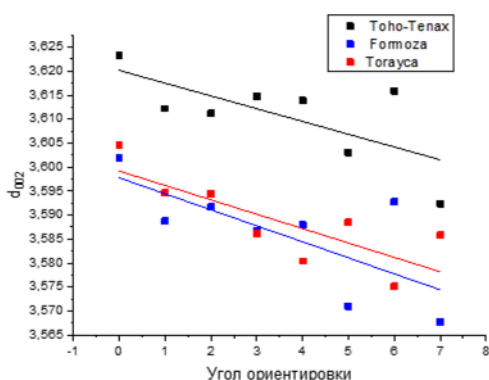


Рис.1. График изменения межплоскостного расстояния, размеров кристалликов и количества таких кристалликов (пропорциональное площади  $S$  дифракционных максимумов) от угла  $\phi$  ориентировки относительно оси нити.

Результаты исследования показали: больше всего углеродного материала наблюдается у Torey, самые большие кристаллы тоже у Torey. Самое большое межплоскостное расстояние между кристаллами у Toho-tenax с показателем 3,611 Å.

С помощью растрового электронного микроскопа Jeol 6510 LA получены фотографии волокон, вычислены диаметры и площади поперечного сечения нитей. После этого определена прочность углеродных волокон методом мононити на Устройстве.

| Углеродное волокно               | Torey    | Toho-tenah | Formosa  |
|----------------------------------|----------|------------|----------|
| Диаметр нитей                    | 6,67 мкм | 6,83 мкм   | 7,24 мкм |
| Средняя разрывная нагрузка нитей | 28,17 г  | 15,81г     | 11,15 г  |
| Прочность нитей, ГПа             | 7994     | 4317       | 2710     |

*Выводы.* Углеродное волокно, состоящее из самых больших кристаллов и имеющее большее содержание углеродного вещества (Torey), показало более высокие прочностные характеристики на разрыв. Исследование также показало, что больший диаметр углеродного волокна не приводит к увеличению его прочности.

### *Список использованных источников*

- [1] Методы определения прочности углеродных волокон  
<https://industrial-wood.ru/kompozicionnye-materialy/35099-metody-opredeleniya-prochnosti-uglerodnyh-volokon.html>
- [2] Cui Y. et al. Evaluating polyacrylonitrile precursor structure effects on carbon fiber production //Polymer Bulletin. – 2023. – Т. 80. – №. 8. – С. 8321-8338.
- [3] Варшавский В.Я. Углеродные волокна /В.Я. Варшавский. -М.: Изд-во ФГУП ПИК ВИНТИ, 2007. - 500 с
- [4] Фиалков А.С. Углерод, межслоевые соединения и композиты на его основе: монография / А.С. Фиалков. - Москва: Изд-во Аспект-пресс, 1997. - 717 с.

## **ПРИМЕНЕНИЕ СУПЕРВОЛОКНА — СОЗДАНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ МЫШЦ**

**Фроленкова Ксения Егоровна**

*11 класс, Государственное бюджетное общеобразовательное учреждение лицей № 299 Фрунзенского района Санкт-Петербурга, Россия*

Научный руководитель: методист ГБОУ лицей №299 Ксения Григорьевна Черепова, учитель химии Анастасия Евгеньевна Городничева

Современные ученые научились создавать материалы с изначально заданными, запрограммированными свойствами. Первый такой прорыв связан с появлением синтетических волокон. Актуальность данной работы обусловлена расширением областей применения суперволокна.

Первая глава «Общая характеристика суперволокна» — теоретическая, в которой рассмотрены состав, структура и свойства некоторых суперволокен. Существует четыре основных вида волокон третьего поколения, состав и свойства которых сильно различаются. Органическое и углеродное волокно имеют большую химическую стойкость к большинству агрессивных средств, а стеклянные волокна, почти не имея свойств электропроводности, обладают высокой теплопроводностью. Чаще всего такие суперволокна формуруются из расплава, поэтому так важна температура плавления полимера. Результаты приведены в таблице 1.1.

Вторая глава «Использование суперволокна для создания искусственных мышц» носит практический характер, исследования свойств искусственной мышцы на основе нейлоновой лески. Исследование показало, что при нагревании нейлоновая леска подобно природным мышцам может сокращаться, а при охлаждении возвращать свой первоначальный вид.





| Вещество | Отношение к концентрированным кислотам и щелочам                                  |   |   | Характеристика горения   |
|----------|---|---|---|--|
|          | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>  | HNO <sub>3</sub>  | NaOH  |  |
| Нейлон   | Растворяется, раствор бесцветный  | Растворяется, раствор бесцветный  | Не растворяется   | Плавится, загорается с трудом. После удаления из огня горение прекращается. На конце горевшей нити образуется медленно остывающая пластическая масса, сильно обжигающая. |
|          |  |  |  |    |

Таблица 1.1

Более того, спирально закрученная леска показала большее сокращение, чем не закрученная. Искусственные мышцы можно тренировать, что позволит увеличить эффективность их использования в промышленных целях. Развитие направления производства и использования искусственных мышц и мускул может повлиять на длительность жизни человека. Полное использование свойств таких суперволокон дает большие физические возможности для человека и производительности для предприятий. Одно из них — применение в экзоскелете.

| Система           | REX   | ReWalk   | ЭкзоАтлет   | HAL   |
|-------------------|---|--|---|---|
| Масса, кг         | ~38   | ~23,3  | ~21   | ~23   |
| Время работы, час | ~2  | ~3   | 6-8   | ~2,5  |
| Цена, руб         | 9 млн.  | 6,4 млн.   | 3,6 млн.  | 141 тыс.  |
| Преимущества      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Регулировка длины ног;</li> <li>Расширенный функционал использования.</li> </ul> | Наиболее точная передача движений человека.  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Передвижение по наклонным поверхностям;</li> <li>Восстановление нейромышечной активности.</li> </ul>           | Восстановление нейромышечной проводимости.  |
| Недостатки        | Низкие динамические характеристики.   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Передвижение с помощью доп. опоры;</li> <li>Узкий режим работы;</li> <li>Ограниченный размерный ряд.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Ограниченный размерный ряд;</li> <li>Передвижение с помощью доп. опоры;</li> <li>Сложная настройка.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Малый размерный ряд;</li> <li>Сложный доступ к ремонту.</li> </ul> |

Таблица 1.2. Сравнение характеристик экзоскелетов

Внедрение искусственных мышц в строение промышленного экзоскелета позволит снизить нагрузку на ноги и позвоночник сотрудника и повысить безопасность работы в нефтегазовой отрасли.

#### Список использованных источников

- [1] Перепелкин К. Е. Химические волокна: развитие производства, методы получения, свойства, перспективы — СПб: Издание СПГУТД, 2008. — 354 с.
- [2] Роговин З.А. Основы химии и технологии химических волокон, 4 изд., т. 1-2, М., 1974.
- [3] Папков С. П. Теоретические основы производства химических волокон. М.: Химия, 1990. 390 с.
- [4] Юркевич В. В., Пакшвер А. Б. Технология производств химических волокон. М.: Химия, 1987. 304 с.
- [5] Зазулина З. А., Дружинина Т. В., Конкин А. А. Основы технологии химических волокон. М.: Химия, 1985. 343 с.

# ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ ТРУБЫ

**Фролов Егор Алексеевич**

*11 класс, Государственное бюджетное общеобразовательное учреждение средняя общеобразовательная школа № 311 с углубленным изучением физики, г. Санкт-Петербург, Россия*

Научный руководитель: учитель физики Михаил Алексеевич Витте

Существует проблема, ограничивающая возможности расчёта аэродинамических параметров летательных аппаратов. При проектировании качественной, имеющей хорошие характеристики, летающей модели необходимо учитывать ожидаемые аэродинамические параметры как отдельных её частей, так и всей её целиком. Эти параметры возможно рассчитать, однако для этого нужно знать ряд коэффициентов, значения которых можно выяснить лишь двумя путями: методом имитационного моделирования (проведение симуляций) и проведением опытов в аэродинамической трубе [1]. Создание аэродинамической трубы всё ещё актуально для многих людей, увлечённых авиамоделизмом и желающих повысить уровень изготавливаемых моделей.

*Цель работы:* спроектировать, изготовить, и настроить аэродинамическую трубу, выработать методику проведения опытов и обработки их результатов.

Основная задача аэродинамической трубы – создавать поток воздуха с заданными характеристиками, а после измерять значения подъёмной силы  $Y$  и силы лобового сопротивления  $Q$ , которые создаются тестовым объектом, обдуваемым воздушным потоком. Зная эти значения можно рассчитать ряд коэффициентов, характеризующих аэродинамические параметры, основные из которых:  $c_y$ ,  $c_x$ ,  $c_{xi}$ ,  $c_{xp}$ ,  $K$  и  $K_m$  [1]. Теория, объясняющая их выведение и расчёт, была рассмотрена в двух предыдущих работах, её часть, необходимая для понимания работы аэродинамической трубы, была изложена в методическом пособии.

Аэродинамическая труба этого проекта изначально задумывалась для любительского использования, поэтому основные ограничения, определённые в техническом задании, касались размера и массы. Устройство было решено разделить на две основные части: трубу и блок электроники. После определения общего вида изделия и его характеристик, был осуществлён выбор материалов и компонентов, необходимых для изготовления деталей или прямого использования в конструкции. Работы по проектированию осуществлялись в САПР КОМПАС-3D. Сначала создавались 3D модели, потом по ним делались чертежи. Была спроектирована конструкция, об устройстве и роли отдельных

элементов которой сказано в пособии. Основой логической части контролирующего блока электроники стала плата Arduino Nano. Написание программы для блока электроники происходило в Arduino IDE на языке Wiring (модификация C/C++).

После изготовления устройства и калибровки была выработана методика проведения опытов и обработки результатов. Для одного тестового объекта проводилось множество продувок, а после методом поиска медианного значения объединялись полученные во время них данные.

Было проведено исследование аэродинамических характеристик ряда тестовых объектов. Основной упор в исследовании делался именно на тест аэродинамических профилей. Результаты теста и комментарии есть в пособии. Для подтверждения корректности полученных данных было решено провести такое моделирование в KompasFlow – приложении к САПР КОМПАС-3D. Была произведена симуляция обтекания тела, геометрия которого повторяет реальный тестовый профиль, воздушным потоком с характеристиками, соответствующими таковым в реальности при продувке. Сравнение подтвердило корректность получаемых путём продувок результатов.

Создание и использование аэродинамической трубы позволило получать корректные данные об аэродинамических характеристиках различных тестовых объектов. Получившееся изделие соответствует техническому заданию, а по некоторым показателям даже превосходит его. Однако аэродинамическая труба этого проекта имеет и недостатки, предположительные методы устранения которых и попытки реализации этих методов описаны в методическом пособии.

#### *Список использованных источников*

- [1] Костенко И.К. Проектирование и расчет моделей планеров – М: издательство ДОСААФ, 1958 – 202с.



# РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖАНИЯ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ КЛЕТКИ ДЛЯ СКАНИРУЮЩЕГО КАПИЛЛЯРНОГО МИКРОСКОПА

**Цыганкова Мария Сергеевна**

*9 класс Государственное бюджетное образовательное учреждение города Москвы «Инженерная школа №1581», г. Москва, Россия*

Научные руководители: магистрант физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова Тимофей Олегович Советников, учитель физики «Инженерная школа №1581» Татьяна Михайловна Ильясова

Методика сканирующей капиллярной микроскопии (СКМ) дает возможность проведения экспериментов в жидкой среде, позволяя изучать морфологические, механические и физико-химические свойства биологических объектов (изменение геометрии (формы), рост/исчезновение клеточных микро- и наноструктур изменение жесткости и электро-химических параметров мембраны клетки – поверхностного заряда, потенциалов ионных каналов) [1, 2].

Наиболее востребованы эти измерения при работе с живыми клетками, в связи с чем приближение условий экспериментов к нативным (постоянная концентрация углекислого газа 5% и температура 37 °С) позволит проводить многочасовые исследования по наблюдению жизненного цикла живых клеток, позволит изучать реакцию биосистем на внешнее воздействие, что имеет значительные перспективы в простом и эффективном изучении эффективности противоопухолевых средств и других лекарственных препаратов на единичных клетках [3]. Целью работы на текущем этапе было комплексное освоение метода капиллярной микроскопии и исследование морфологических особенностей срезов тканей черной субстанции (ЧС) мозга. В дальнейшем будет проводиться разработка камеры для поддержания постоянной температуры и концентрации углекислого газа для установки СКМ.

Идея исследования заключалась в выявлении морфологических особенностей срезов ткани ЧС у донора без неврологической патологии (БНП) и у пациента с болезнью Паркинсона (БП). В рамках проведенных в лаборатории экспериментов были впервые получены СКМ-изображения (рис. 1) срезов ЧС мозга от донора БНП и пациента с БП, оба принадлежат к одной возрастной категории (старше 85 лет), а также оценены количественные параметры геометрии и шероховатости образцов.

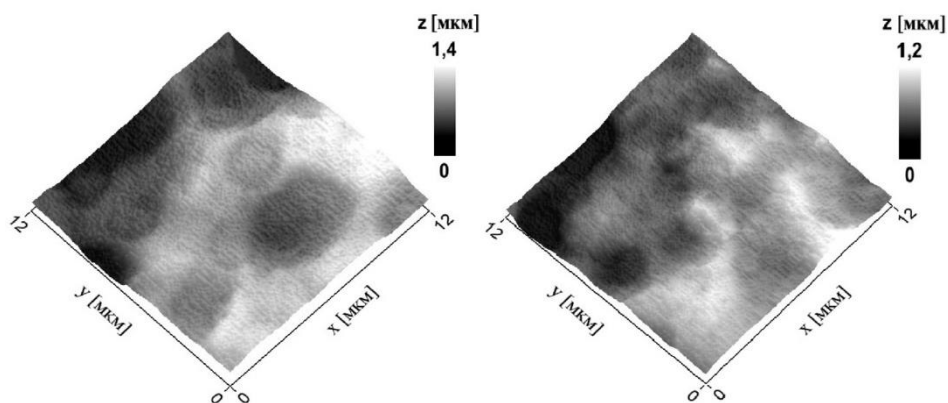


Рис. 1. Полученные на установке СКМ характерные 3D топографии срезов ЧС: (слева) образец донора БНП и (справа) образец донора с болезнью Паркинсона

Общий перепад высоты по кадрам  $R_{max}$  образца БНП составил  $1,5 \pm 0,3$  мкм,  $R_{max}$  БП –  $1,2 \pm 0,2$  мкм. Оценивалась средняя  $Ra$  и среднеквадратичная  $Rq$  шероховатость по кадру  $10 \times 10$  мкм<sup>2</sup>. Шероховатость образца БНП составила по параметру  $Ra$   $196 \pm 36$  нм, по  $Rq$   $251 \pm 48$  нм, для образца среза БП  $Ra$   $146 \pm 20$  нм,  $Rq$   $184 \pm 22$  нм. С учетом сравнения рассчитанных значений t-критерия (Стьюдента), можно сделать вывод о наличии статистически значимого различия в шероховатости поверхности между образцами БНП и БП. В целом по полученным в ходе экспериментальной работы по освоению методики СКМ данным о морфологии срезов ткани ЧС можно заключить, что образцы срезов ткани доноров, страдающих болезнью Паркинсона, имеют менее разветвленную структуру поверхности в сравнении с контрольным образцом.

*Список использованных источников:*

- [1] Leitao S.M., Drake B., Pinjusic K., Pierrat X. et. al. Time-Resolved Scanning Ion Conductance Microscopy for Three-Dimensional Tracking of Nanoscale Cell Surface Dynamics // ACS Nano. 2021, 15, 11, 17613–17622.
- [2] Akhmetova A.I., Sovetnikov T.O., Tikhomirova M.A., Gukasov V.M., Rybakov Yu. L., Shimanovskii N.L., Yaminskii I.V. Scanning capillary microscopy in the study of the effect of cytotoxic agents on the biomechanical and physicochemical properties of tumor cells // Pharmaceutical Chemistry Journal. 2022, №. 56, 1159–1163.
- [3] Sovetnikov T.O., Akhmetova A.I., Maksimova N.E. et al. Characteristics of the use of scanning capillary microscopy in biomedical research // *Bio-Medical Engineering*. 2023, 57, 4, 250–253.

## **ДОКЛАДЫ БЕЗ ПУБЛИКАЦИИ ТЕЗИСОВ**

### **ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ОСВЕЩЕ- НИЕМ В ПОМЕЩЕНИИ С ПОМОЩЬЮ ДАТЧИКОВ**

**Авдиевская Анастасия Викторовна**

*10 класс, Центр детского научного и инженерно-технического творчества «Квант», Новомосковск, Россия*

Научный руководитель: учитель физики  
Никита Геннадьевич Скачков

### **ТЕПЛО ЧЕЛОВЕКА КАК ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ**

**Бельков Дмитрий Александрович**

*9 класс, ГБОУ Школа №1564, г. Москва, Россия*

Научный руководитель: кандидат ф.-м. наук, научный сотрудник Института синтетических полимерных материалов РАН Алексей Юрьевич Хныков

### **КОНЦЕПЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА И ПРИМЕНЕНИЯ СЪЕДОБНОЙ ПОСУДЫ**

**Дегтярёв Тимофей Иванович**

*9 класс, МБОУ лицей №3 города Иркутска, Иркутск, Россия*

Научный руководитель: учитель химии МБОУ Лицей №3  
Ирина Евгеньевна Скуратова

## **АТОМНО-СИЛОВАЯ МИКРОСКОПИЯ САМООРГАНИЗОВАННЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ НАНОСТРУКТУР**

**Зотин Иван Андреевич, Устимов Никита Алексеевич,  
Утенкова Алина Сергеевна**

*10 класс, Специализированный учебно-научный центр федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского», г. Балахна, Россия*

Научный руководитель: Круглов Александр Валерьевич, заведующий лабораторией, ННГУ им. Н.И. Лобачевского

## **ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ГЕНЕРАТОРОВ В ГОРНОЙ МЕСТНОСТИ**

**Чельдиев Георгий Игоревич**

*9 класс, муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение средняя школа № 26 имени дважды героя Советского Союза Иссы Плиева, МАУ ДО «Центр дополнительного образования г. Владикавказа», г. Владикавказ, Россия*

Научный руководитель: учитель физики МБОУ СОШ № 26, педагог ДО «Центра ДО г. Владикавказа» Татьяна Ивановна Радченко, заведующий кафедрой физики и астрономии Северо-Осетинского государственного университета, к.т.н. Иван Вадимович Силаев

## **СКОРОСТНОЙ РОСТ КРИСТАЛЛОВ KDP С ДОБАВЛЕНИЕМ ПРИМЕСИ E124 МЕТОДОМ ХОЛДЕНА**

**Черноусова Ульяна Алексеевна**

*10 класс, МБОУ «Лицей №38», г. Нижний Новгород, Россия*

Научные руководители: заведующий лабораторией ИПФ РАН Владимир Владимирович Грибко; учитель физики и астрономии MAOY Лицей №38 Надежда Борисовна Тукова