

# НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Департамент общего образования Томской области  
ОГБУ «Региональный центр развития образования»  
АНО ДО «Детский технопарк «Кванториум»  
Департамент образования администрации г. Томска  
МБОУ лицей при ТПУ г. Томска

## **СБОРНИК ТРУДОВ**

XXIV Всероссийской конференции-конкурса  
исследовательских работ старшеклассников  
«Юные исследователи – науке и технике»

27 – 29 марта 2023 г.

Издательство  
Томского политехнического университета  
Томск 2023

**УДК 371.388.6(063)**

**ББК 74.202.7л0**

**Ю751**

Юные исследователи – науке и технике: сборник трудов XXIV Всероссийской конференции-конкурса Исследовательских работ старшеклассников «Юные исследователи – науке и технике»; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2023

В сборнике трудов представлены материалы работ школьников.

Сборник представляет интерес для школьников, занимающихся исследовательской и проектной деятельностью.

В сборник включены статьи, представленные в Оргкомитет конференции и заслушанные на конференции.

# НЕЙТРОННО-ФИЗИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ РЕАКТОРНЫХ УСТАНОВОК ТИПА ВТГР С УРАН-ПЛУТОНИЕВЫМ ТОПЛИВОМ

*Аверин Владимир*

*Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение лицей при ТПУ,*

*10 класс*

*г. Томск*

Руководитель: Кнышев Владимир Владимирович, ассистент ОЯТЦ ИЯТШ ТПУ

На данный момент в мире приоритет развития ядерных технологий сильно возрос. Человечество использует разные виды топлива для работы ядерных реакторов, основные из которых содержат уран. Количество урана на Земле ограничено и составляет, по последним данным, 16 млн. тонн, чего хватит почти на 300 лет. [1] Есть возможность перейти на альтернативные и более перспективные источники питания. Предлагается введение в эксплуатацию нового уран плутониевого нитрида в качестве замены диоксида, карбида и оксикарида урана, используемые в ядерных реакторах типа ВТГР.

Пользуясь программой WIMS симулируется работа реактора ВТГР с уран-плутоний нитридным топливом. Написание самой программы осуществляется через Notepad++. В разных процентных содержаниях и, соответственно, концентрациях урана и плутония в данном топливе отличается и длительность работы реактора. Взяв процентное соотношение 89 – 90 % и 10- 11 % урана и плутония соответственно, то реактор типа ВТГР не начнет работу в связи с отрицательной реактивностью топлива. Взяв процентное соотношение до 84% и от 16% урана и плутония соответственно, реактор типа ВТГР может работать более 2500 суток.

Таким образом, меняя процентное соотношение урана и плутония, можно получить наиболее перспективное композитное ядерное топливо.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сколько урана на земле и каковы запасы на будущее // Источники энергии - интернет-журнал про энергию. URL: <https://beelead.com/skolko-urana-na-zemle/> (Дата обращения 12.02.2023)
2. Гребенник В.Н., Кухаркин Н.Е., Пономарев-Степной Н.Н. Высокотемпературные газоохлаждаемые реакторы – инновационное направление развития атомной энергетики. – М.: Энергоатомиздат, 2008, - 136с.: ил. – (Физико-технические проблемы ядерной энергетики). URL: [http://elib.biblioatom.ru/text/grebennik\\_vysokotemperaturnye-reaktory\\_2008/go,0/](http://elib.biblioatom.ru/text/grebennik_vysokotemperaturnye-reaktory_2008/go,0/) (Дата обращения 10.02.2023)
3. Климов А.Н. Ядерная физика и ядерные реакторы, 3-е изд., переработанное и дополненное – М.: Энергоатомиздат, 2002, – 464 с.

## ТРУБА РУБЕНСА

*Агеева Снежана Алексеевна, ученица 11 РА класса*

Муниципальное автономное общеобразовательное учреждение

«Ангарский лицей №2 им. М. К. Янгеля»

Руководитель: Гончарова Наталья Владимировна, учитель физики

### Аннотация

Данная работа посвящена изучению распространения звуковых волн в газообразной среде. В теоретической части рассмотрен процесс распространения звуковых волн. В практической части представлена рабочая модель звуковой трубы Рубенса.

### Цель

Изучить процессы распространения звука в газообразной среде, при помощи трубы Рубенса.

### Задачи

1. Изучить теоретический материал
2. Собрать необходимые материалы для сборки трубы
3. Собрать и протестировать модель трубы Рубенса
4. Сделать соответствующие выводы

### Методы исследования:

- Теоретические.
- Эмпирические.

### Теоретическая часть

Звуки всегда вокруг нас. В природе имеется безграничное множество всевозможных звуков. Каждый из звуков несёт в себе определённую информацию и человек всячески реагирует на них. Поэтому исследование природы звука – один из важных и занимательных частей физики.

Большой вклад внес Генрих Рубенс.

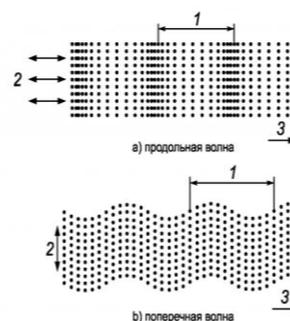
Генрих Рубенс (30 марта 1865, Висбаден — 17 июля 1922, Берлин) — немецкий физик-экспериментатор, автор научных трудов по оптике, спектроскопии, физике теплового излучения.

### Что такое звуковая волна?

Волна — возбуждение среды, распространяющееся в пространстве и времени или в фазовом пространстве с переносом энергии и без переноса массы. Другими словами, волнами или волной называют изменяющееся со временем пространственное чередование максимумов и минимумов любой физической величины.

### Какие бывают виды волн?

- Если в волне частицы среды испытывают смещение в направлении, перпендикулярном направлению распространения, то волна называется поперечной.



- Если смещение частиц среды происходит в направлении распространения волны, то волна называется продольной.

Как в поперечных, так и в продольных волнах переноса вещества в направлении распространения волны не происходит.

#### Среда для образования волн

Волны передают энергию колебаний от одной точки среды к другой. Характерной особенностью механических волн является то, что они распространяются в материальных средах (твёрдых, жидких или газообразных). Для механических волн обязательно нужна среда, обладающая способностью запасать кинетическую и потенциальную энергию. Следовательно, среда должна обладать инертными и упругими свойствами. В реальных средах эти свойства распределены по всему объёму.

#### Формула измерения длины волны

Значительный интерес для практики представляют простые гармонические или синусоидальные волны. Они характеризуются амплитудой ( $A$ ) колебаний частиц, частотой ( $f$ ) и длиной волны ( $\lambda$ ).

Длиной волны  $\lambda$  называют расстояние между двумя соседними точками на оси  $Ox$ , колеблющимися в одинаковых фазах.

Расстояние, равное длине волны  $\lambda$ , волна пробегает за время, равное периоду колебаний ( $T$ ), следовательно,  $\lambda = vT$ , где  $v$  – скорость распространения волны.

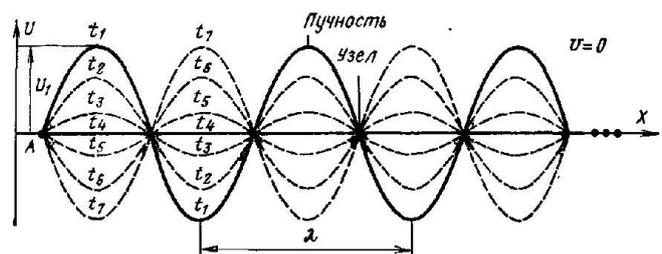
**Звук** — физическое явление, представляющее собой распространение в виде упругих волн механических колебаний в твёрдой, жидкой или газообразной среде.

#### Эффект трубы Рубенса

Если произвести резкое смещение частиц упругой среды в одном месте, например, с помощью поршня, то в этом месте увеличится давление. Благодаря упругим связям частиц, давление передаётся на соседние частицы, которые воздействуют на следующие частицы, область повышенного давления перемещается в упругой среде. За областью повышенного давления следует область пониженного давления, таким образом, образуется ряд чередующихся областей сжатия и разрежения, распространяющихся в среде в виде волны. Каждая частица упругой среды в этом случае будет совершать колебательные движения.

#### Стоячая волна

**Стоячая волна** — колебания в распределённых колебательных системах с характерным расположением чередующихся максимумов и минимумов амплитуды. Стоячие волны образуются при наложении двух бегущих волн, распространяющихся навстречу друг другу с одинаковыми частотами и амплитудами. Практически стоячие волны возникают при отражении от преград.



Стоячая волна может существовать только при отсутствии потерь в среде и полном отражении волн от границы.

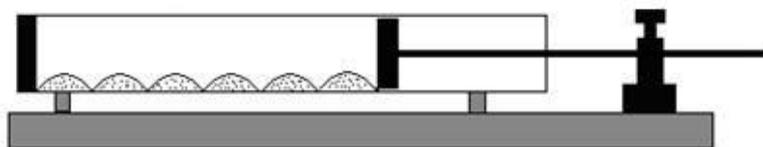
В случае гармонических колебаний в одномерной среде стоячая волна описывается формулой  $u = u_0 \cos kx \cos(\omega t - \varphi)$ ,

где  $u$  — возмущения в точке  $x$  в момент времени  $t$ ,  $u_0$  — амплитуда стоячей волны,  $\omega$  — частота,  $k$  — волновой вектор,  $\varphi$  — фаза.

Как пришли к открытию трубы Рубенса

Джон Ле Конт открыл чувствительность пламени к звуку в 1858 году. В 1862 году Рудольф Кёниг показал, что высоту пламени можно менять, посылая звук в источник газа, и изменения во времени могут быть отображены при помощи вращающихся зеркал.

Август Кундт в 1866 году, продемонстрировал акустические стоячие волны, помещая семена плауна или корковую пыль в трубу. Когда в трубу был запущен звук, то из семян сформировались узлы (точки, где амплитуда минимальна) и пучности (анти-узлы - области, где амплитуда максимальна), сформированные стоячей волной. Позже, уже в XX веке, Бен показал, что маленькое пламя может служить чувствительным индикатором давления. Наконец, в 1904 году, используя эти два важных эксперимента, Генрих Рубенс, в чью честь назвали этот эксперимент, взял 4-метровую трубу, просверлил в ней 200 маленьких отверстий с шагом 2 см и заполнил её горючим газом. После поджигания пламени (высота огоньков примерно одинакова по всей длине трубы), он заметил, что звук, подведённый к концу трубы, создаёт стоячую волну с длиной волны, эквивалентной длине волны подводимого звука. Кригар-Менцель помогал Рубенсу с теоретической стороной явления.



Прибор Кундта

### Практическая часть Поэтапная сборка трубы Рубенса Труба

Для данного эксперимента я взяла медную трубу длиной 500 мм., диаметр наружной стенки 20 мм., толщина трубы 2 мм..

На трубе маркером провели ровную линию и перпендикулярно линии сделали отметки на расстоянии 10 мм. друг от друга. Далее сверлом на 4 мм. проделала отверстия в труде, где в последствии будет выходить газ.

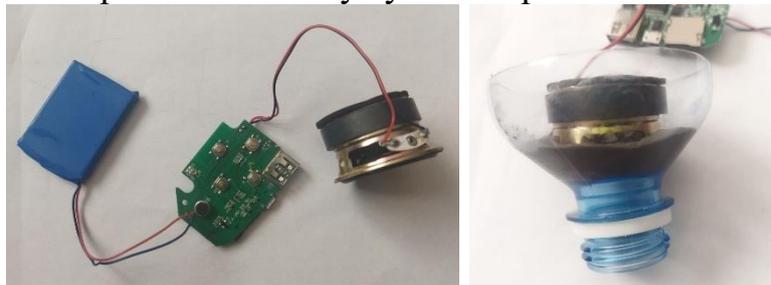


## Динамик

В роль устройства испускающего звук исполняет старая колонка. Для лучшей эффективности эксперимента я разобрала колонку, отделила корпус от динамика, платы и батарейки, повторно припаяла все контакты, так как буду работать с высокими температурами. В дальнейшем использовала только систему из динамика, платы и батарейки.

Далее взяла пластиковую бутылку, в которую закрепила динамик на холодную сварку. Динамик направлен к горлышку бутылки, потому что оно будет закреплено к трубе.

Для герметичности конструкции, я нагрела трубу горящим газом и вставила горлышко бутылки в неё, тем самым немного расплавив пластик для лучшего скрепления, а также прошлась по шву сухой сваркой.



## Газовая горелка

Для того чтобы газ из баллона попадал в трубу я использовала переходник, который имеет регулятор подачи газа. С помощью регулирования подачи газа мы можем управлять высотой пламени. Его я тоже закрепила при помощи холодной сварки.



## Эксперимент Рубенса

После сборки трубы я начала эксперимент по выявлению звуковой волны при помощи пламени. Трубу поставили на подставку, которая была сделана из пеноблоков. Для соблюдения пожарной безопасности рядом находился стакан с водой, так же трубу поджигали при помощи деревянной палочки. А также в радиусе 0,5 метров убрали все легковоспламеняющиеся предметы.

Для того чтобы увидеть волны нам нужно на колонке включить частоты различной длины. При помощи формулы  $\lambda = vT$ , я выяснила, что частоты, которые нам необходимо ставить находятся в диапазоне от 700 Гц до 3000 Гц (этот диапазон слышен человеческим ухом), это нужно для того чтобы можно было наблюдать пики звуковых волн.



Рассчитаем длину волны.

В трубе у нас находится пропан.

Скорость движения звука в пропане равна 262 м/с.

По результатам измерений и расчетов составили следующую таблицу:

№	Частота, Гц	Длина волны, м (теоретические)	Длина волны, см (практические)
1	500	0,524	50
2	1000	0,262	25
3	2000	0,131	14
4	5000	0,0524	5,3

В процессе замеров длины волны возможны некоторые погрешности. Так же газ пропан, использовавший в опыте, мог содержать примеси, температура газа во время опыта могла изменяться.

### Вывод

В домашних условиях я собрала модель трубы Рубенса, благодаря которой можно наглядно увидеть действие звуковых волн на газообразную среду.

В дальнейшем я планирую продемонстрировать этот опыт не только своей семье, но и ученикам нашей школы, которые проходят тему звуковые волны.



### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- <https://youtu.be/uCIJF8YH0HQ>
- <https://foxford.ru/wiki/informatika/fizika-zvukovoy-volny>
- <https://infourok.ru/proekt-po-fizike-truba-rubensa-529256.html>
- <https://shareslide.ru/fizika/prezentatsiya-po-fizike-na-temu-truba>
- <https://www.peoplelife.ru/247880>
- <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D1%>
- [Звуковые волны. Источники звука. Характеристики звука \(Иванова М.Г.\). Видеоурок. Физика 9 Класс \(interneturok.ru\)](#)
- «Звуковые волны в воздухе воде и твердых телах». Красильников В.А.

# УТИЛИЗАЦИЯ НЕФТЯНЫХ ШЛАМОВ В ВОЗДУШНОЙ ГАЗОРАЗРЯДНОЙ ПЛАЗМЕ

*Е.С. Азарова*

*Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение лицей при ТПУ  
Руководитель: Каренгин А.Г., к. ф.-м. н., доцент ОЯТЦ ИЯТШ*

Только в России в процессе добычи и переработки нефти ежегодно образуются миллионы тонн нефтяных отходов (шламов), содержащих тяжелые нефтепродукты (асфальтены, смолы, масла и др.), механические примеси (ил, песок) и воду, которые представляют серьезную угрозу для окружающей среды, а ежегодные платежи за их размещение и хранение составляют миллиарды рублей.

Применяемые традиционные технологии утилизации нефтяных шламов (НШ) не решают проблемы и приводят к образованию различных вредных и токсичных веществ [1].

Перспективным для утилизации НШ является применение газоразрядной плазмы [2].

На рис.1 представлена схема, включающая высокочастотный факельный плазмотрон (ВЧФ-плазмотрон) для генерирования потоков воздушной плазмы в составе установки «Плазменный модуль на базе высокочастотного генератора ВЧГ8-60/13» (рабочая частота – 13,56 МГц, колебательная мощность до 60 кВт).

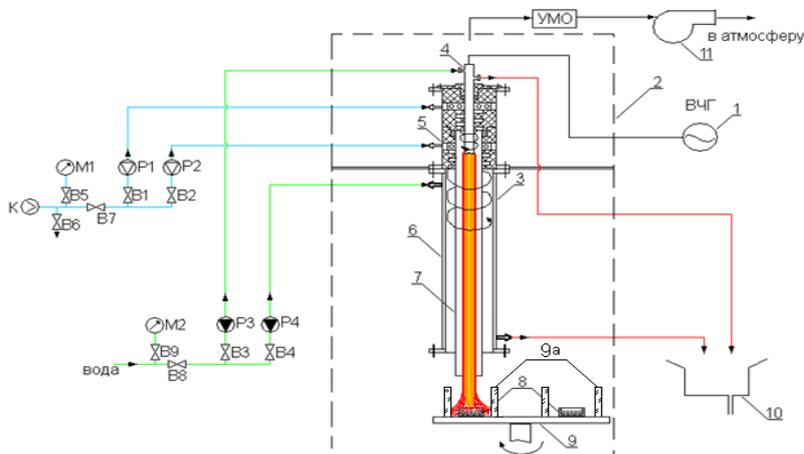


Рис.1

Цель работы – установление закономерностей влияния мощности воздушной плазменной струи, генерируемой ВЧФ-плазмотроном, на кинетику процесса плазменной утилизации НШ.

В ходе исследований были определены параметры воздушной плазменной струи, генерируемой ВЧФ-плазмотроном в составе плазменной установки.

Так увеличение анодного тока ( $I_A$ ) высокочастотного генератора (ВЧГ) с 2,0 до 3,5 А приводит, при постоянном расходе плазмообразующего газа (3,0 г/с), к

повышению мощности воздушной плазменной струи с 16,7 до 24,4 кВт, а ее среднемаховой температуры с 3400 до 4200 К.

Установлено, что время плазменной прокалки образцов НШ с начальной массой 30 г при мощности воздушной плазменной струи 18,9 кВт ( $I_A=2,5$  А), 20,1 кВт (2,75 А) и 22,9 кВт (3,0 А) составляет 8, 3 и 2 минуты соответственно.

Полученные результаты могут быть использованы для создания технологии утилизации нефтяных шламов в воздушной газоразрядной плазме.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мазалов Е. А., Мещеряков С. В. Проблемы утилизации нефтешламов и способы их переработки. – М.: Издательский дом «Ноосфера», 2001. – 246 с.
2. Каренгин А.Г., Ляхова В.А., Шабалин А.М. Установка плазмокаталитической утилизации нефтяных шламов // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. – 2007. – №4. – С.10-12.
3. Каренгин А.Г, Шабалин А.М. Патент РФ на изобретение № 2218378. Способ утилизации нефтяных шламов и плазмокаталитический реактор для его осуществления. Заявлено 09.12.2002; Оpubл. 10.12.2003, Бюл. № 34. – 14 с.

### ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ПРОЕКТ «ВОССОЗДАНИЕ КАТУШКИ ТЕСЛА»

*Бирюкова Александра, Морозова Ева*

*Муниципальное автономное общеобразовательное учреждение  
средняя общеобразовательная школа № 50 г. Томска, 10А класс  
г.Томск*

Руководитель: Халецкая Наталья Васильевна, учитель физики

Актуальность проекта.

Проект актуален тем, что в нашей школе присутствует мало приборов для исследования различных физических явлений, а физика как наука изучалась, изучается и будет изучаться, поэтому мы решили воссоздать катушку Тесла и провести урок, объяснив с какими явлениями мы можем работать с катушкой Тесла.

Цель и задачи проекта.

Цель проекта: сделать катушку Тесла и показать ученикам явление электромагнитной индукции с ее помощью.

Задачи проекта:

- 1) Изучить явление электромагнитной индукции.
- 2) Воссоздать макет катушки Тесла.
- 3) Провести урок для обучающихся школы, посвященный электромагнитной индукции, с примерами на катушке Тесла.

Гипотеза исследования: электромагнитное поле, которое создает вокруг себя катушка Тесла обладает огромной напряженностью, в связи с этим можно утверждать, что с помощью данного приспособления можно осуществлять передачу электрического тока беспроводным способом.

Обзор аналогов:

Если мы сравним количество проектов по катушке Тесла в России и США, то можем заметить, что в США катушки Тесла может сделать каждый второй, в отличии от России. При поиске в интернете информации по запросу «как сделать катушку Тесла своими руками», выпадает много ссылок, но изучая их более детально, сложно найти реальный рецепт изготовления катушки из подручных средств простым способом. Именно поэтому мы решили попробовать ее сделать.

Описание целевой аудитории проекта.

Наш проект был разработан для школьников, так как катушки Тесла у нас в школе нет.

Методы исследования: анализ и синтез информации, разработка модели (рисунок), создание катушки Тесла, проверка работоспособности модели, проведение экспериментов, демонстрация катушки Тесла.

Ход создания катушки Тесла:

1.Заказали все необходимые элементы (резистор, транзистор, колодка для «Кроны», конденсатор, неоновая лампочка, тонкая проволока, толстая проволока, батарея «Крона», скотч, наждачная бумага, плата), из которых состоит катушка.

2.Ознакомились с инструкцией по сбору.



Рис.1. Фотография инструкции и элементов.

3. Провели сборку устройства.



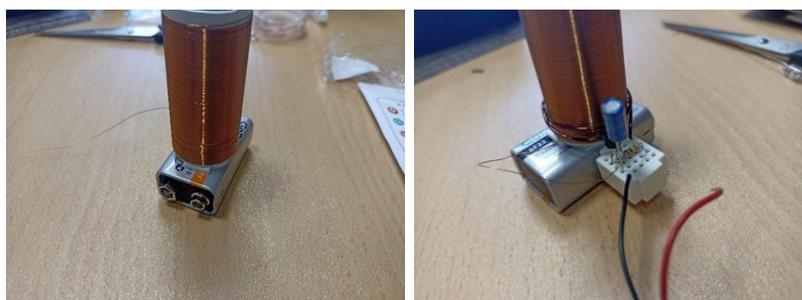


Рис.2. Последовательные фотографии сборки катушки Тесла.

#### 4.Проведение тестирования и демонстрации устройства.

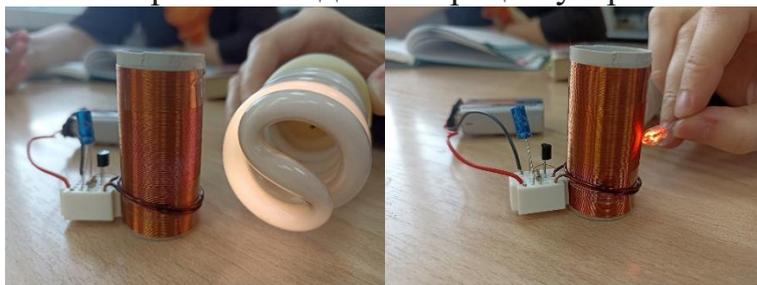


Рис. 3. Фотографии тестирования и демонстрации катушки Тесла.

Экономическое обоснование работы и бюджет проекта:

Название	Количество, шт.	Цена, руб.
резистор	1	4
макетная плата	1	250
конденсатор	1	6
катушка	1	-
проволока (d= 0.25)	1	-
проволока (d= 1.2)	1	-
батарейка «Крона»	1	150
Колодка для «Кроны»	1	20
лампочка неоновая	1	2
Наждачная бумага	1	-
Итого:		382

Катушка Тесла была собрана из простых элементов, доступных в розничной продаже. Тестирование устройства прошло успешно. Поставленная цель достигнута. На примере модели, собранной нами, можно изучать явление электромагнитной индукции. Все тесты оказались успешными, и мы можем с полной уверенностью сказать, что у нас получилось не только собрать катушку Тесла, но и увидеть ее в действии, в том числе, с использованием отслужившей свой срок люминесцентной лампы.

Теперь в нашей школе есть ещё одно наглядное пособие для демонстрации явлений, изучаемых на уроках физики.

# МОДЕЛИРОВАНИЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК МЕТОДОМ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ДИНАМИКИ

*Вайс Максим*

*Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение лицей при ТПУ,*

*10 класс*

*г. Томск*

Руководитель: Чистякова Надежда Владимировна

Углеродные нанотрубки представляют собой цилиндрические молекулы, изготовленные из свернутых листов графена. Это самые жесткие и прочные материалы, которые были синтезированы [1]. Углеродные нанотрубки имеют 2 основных типа: 1) Одностенные нанотрубки – имеют диаметр один нанометр; 2) Многостенные нанотрубки – состоит из нескольких связанных между собой нанотрубок. Важный параметр одностенной углеродной нанотрубки - хиральность, которая определяется углом ориентации графитовой плоскости по отношению к оси трубки. Индексы хиральности, характеризующие величину этого угла, определяют основные электронные свойства нанотрубки. Также, с помощью индексов хиральности можно найти ее диаметр [2,4].

Цель работы:

Смоделировать одноосное растяжение УНТ методом молекулярной динамики для определения предела упругости.

Задачи:

- 1) Изучить работу в программе LAMMPS для моделирования методом МД
- 2) Построить нанотрубку из атомов с помощью программы ATOMSK
- 3) Написать программу и провести моделирование одноосного растяжения, определить предел прочности

Основным методом моделирования и создания углеродных нанотрубок является метод молекулярной динамики. В чем актуальность метода молекулярной динамики? В первую очередь он играет немалую роль в определении структуры белка. На сегодняшний день с помощью метода МД можно создавать лекарственные препараты, изучать свойства биополимеров, твердых тел и жидкостей.

Суть метода молекулярной динамики

- 1) Задаются исходные координаты частиц в соответствии с кристаллической структурой вещества, его плотностью и температурой.
- 2) Рассчитывается движение некоторого числа характерных частиц рассматриваемого вещества под действием приложенных сил.

3) По характеристикам смещений атомов, произошедших вследствие приложенных сил или каких-либо возмущений в веществе, определяются макроскопические характеристики состояния этого вещества.

Одной из самых популярных программ для классической молекулярной динамики – это LAMMPS. Эта программа лучше всего подходит для расчетов взаимодействий до десятков миллионов атомов. AtomsK – это программа для создания, обработки и преобразования файлов данных для моделирования в атомном масштабе в области компьютерных наук о материалах. OVITO — это решение для научной визуализации и анализа данных для атомистических и других моделей на основе частиц.

В работе [3] приведен следующий метод расчета прочности нанотрубки:

Нанотрубка разорвется, когда сила  $F$ , растягивающая трубку, станет больше  $3,8 \cdot N$  нН, где  $N$  - число параллельных оси С-С связей в одном поперечном сечении трубки. Пусть диаметр нанотрубки  $D = 1,5$  нм. Тогда из формулы (1) следует, что  $N = 18$ . Поэтому нанотрубка разорвется при  $F_{\max} = 69$  нН. Чтобы вычислить прочность  $P_{\max}$  нанотрубки, разделим  $F_{\max}$  на площадь поперечного сечения  $S = \pi \cdot D^2/4$  и получим:

$$P_{\max} = 39 \text{ ГПа.}$$

Значение прочности нанотрубки, полученное нами теоретически, довольно близко к максимальным экспериментально полученным величинам (63 ГПа) и, как и следовало ожидать, гораздо больше прочности самых прочных сортов стали (0,8 ГПа).

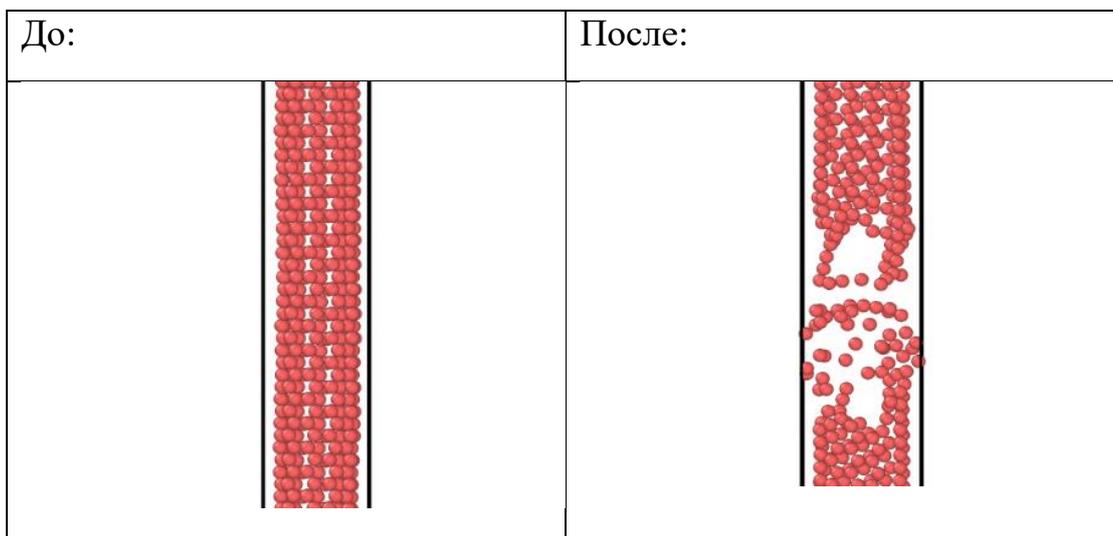
Ход работы:

Мы смоделировали углеродную нанотрубку в программе atomsK. Эта программа работает из командной строки. С помощью команды

```
“atomsK --create nanotube 2.6 8 0 C CNT.cfg”
```

будет построена нанотрубка с длиной связи С-С 2,6 ангстрем и индексами хиральности (8,0). Координаты атомов будут записаны в файл.

Файл со структурой нанотрубки считывается в программе LAMMPS и далее расчетная ячейка с трубкой растягивается вдоль оси трубки на 20 %. В процессе растяжения программа определяет напряжение в образце.



Поведение трубок до взрыва и после

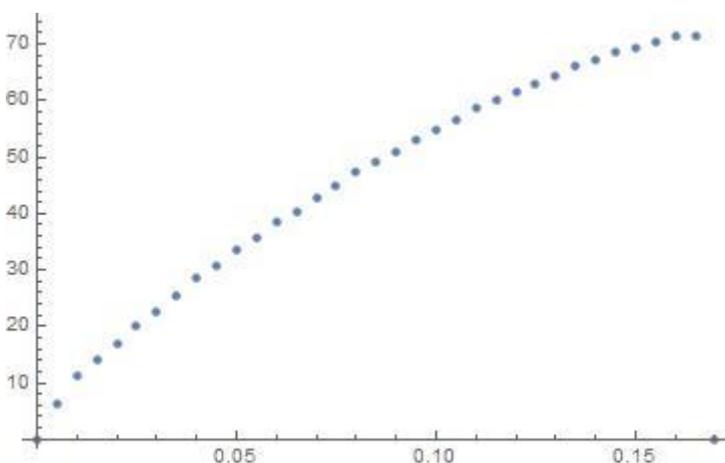


График зависимости напряжения от деформации

Вывод: проведя расчёты мы выяснили, что предел прочности у углеродной нанотрубки равен 71 ГПа, это значение близко к экспериментальным данным.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Митрофанова И.В., Мильто В.И., Суходоло И.В., Васюков Г.Ю. Возможности биомедицинского применения углеродных нанотрубок // Бюллетень сибирской медицины. – 2014. – С. 135-144.
2. Что такое углеродные нанотрубки? -New-Science.ru  
 [Электронный ресурс] – режим доступа  
<https://new-science.ru/chto-takoe-uglerodnye-nanotrubki/> (дата обращения: 12.12.2022)
3. Как можно вычислить прочность углеродной нанотрубки  
 [Электронный ресурс] – режим доступа  
[http://www.nanometer.ru/2009/03/19/nanotubes\\_145296.html](http://www.nanometer.ru/2009/03/19/nanotubes_145296.html)

# ИЗУЧЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ ТЕЛА БРОШЕННОГО ГОРИЗОНТАЛЬНО

*Вединидова Арина*

*БОУ г. Омска Средняя общеобразовательная школа № 24, 10 класс*

Руководитель: Новак Елена Николаевна, учитель физики

Обоснование актуальности и практической значимости выбранной темы.

Результаты, полученные в ходе изучения движения тела, брошенного горизонтально, могут быть использованы в повседневной жизни. Например, прыжки в воду осуществляются с некоторой высоты, как правило, с какой-то начальной скоростью. После начала прыжка и до входа в воду прыгун движется в воздухе под действием двух сил: силы тяжести и силы сопротивления воздуха. Полученный в данном проекте материал можно использовать для того, чтобы определить дальность прыжка (расстояние по горизонтали от начальной точки до точки входа в воду) что поможет определить риск получения ушибов и травм при определённом способе входа в воду.

Материал данного проекта может помочь моим товарищам, при изучении вопроса о движении тела, брошенного горизонтально, расширить мою возможность работать с дополнительной литературой и источниками интернет, планировать и ставить эксперимент, делать выводы из опытов. Этот материал в дальнейшем можно использовать на уроках физики, при изучении данного вопроса.

Цель исследования: изучить движение тела, брошенного горизонтально, доказать экспериментально зависимость дальности полёта тела от высоты полёта, скорости и массы тела.

Задачи:

1. Изучить теоретический материал по данному вопросу, используя дополнительные материалы и ресурсы интернета.
2. Собрать приборы и материалы для проведения исследования.
3. Провести эксперименты по изучению зависимости движения тела, брошенного горизонтально, от высоты полета, скорости движения тела, массы тела.
4. Основываясь на теоретическом материале, проверить верность измерения.

Целевая аудитория проекта: Учащиеся общеобразовательных учреждений, изучающие кинематику.

Результаты и их обсуждение.

*Зависимость дальности полёта шарика от высоты*

Таблица №1. Изменение дальности полёта относительно высоты полёта

Высота (см)	Дальность (см)
24	19
17,5	13,5
13	11,5

10	9
5	4

Дальность полета шарика, брошенного горизонтально, зависит от высоты полета. Чем больше расстояние от поверхности стола (нулевого уровня) до нижнего конца желоба, тем больше дальность полета.

### *Зависимость дальности полета шарика от массы*

Таблица №2. Изменение дальности полета относительно массы тела

	Шарик массой M1			Шарик массой M2		
Масса шарика (г)	12			68		
Высота полета (см)	13	15	27	13	15	27
Дальность полета (см)	11	13	16	11,2	13,5	17
	11,2	13,2	16,5	11,5	13,3	16,5
	11,5	12,9	16	11	13	16,3
	10,8	13	15,8	11,3	13,2	16
Средняя дальность полета (см)	11	12,8	16,2	10,9	13,5	16,2

Учитывая то, что на шарики действовала сила сопротивления воздуха, результаты измерения имеют незначительную погрешность, которой можно пренебречь. Значит, исходя из полученных результатов, дальность полета не зависит от массы тела.

### *Зависимость дальности полета от горизонтальной скорости шарика*

Таблица №3. Изменение дальности полета относительно положения тела на плоскости

Расстояние		Дальность (см)
От места крепления желоба (см)	От нулевого уровня (см)	
0	28	14
4	26	12,5
9	24	8,5
12	22	6
15	20,5	4

При изменении расположения шарика на наклонной поверхности, изменилась начальная скорость, с которой шарик покидал желоб, что вызвало изменение дальности полета. Чем выше располагается шарик на желобе по отношению к нулевому уровню, тем больше его высота, тем больше его потенциальная энергия, которая переходит в кинетическую. Чем больше кинетическая энергия шарика, тем больше его скорость, тем больше дальность полета. Данный эксперимент доказывается теоретическими данными. Согласно формуле дальности полета,  $L=v_0t$ . Чем больше начальная скорость, тем больше дальность полета.

*Расчет начальной скорости тела, брошенного горизонтально по экспериментальным данным.*

Таблица №4. Данные для вычисления начальной скорости

Номер запуска (n)	Полученное значение дальности полёта ( $L_n$ ), см	Высота запуска шарика (H), см	Вычисленная скорость шарика ( $v_{0n}$ ), см/с
1.	16	28	6,9
2.	16,4	28	7,1
3.	16,3	28	7
Средние значения ( $L, H, v_0$ )	16	28	7

Сравнивая результаты вычислений, получаем, что  $v_0 < v_1$ . Такой результат выходит из-за погрешности измерений в случае с  $v_0$ , связанных с тем, что тело мы принимали за материальную точку, не учитывая силу сопротивления воздуха и другие внешние факторы, а также из-за погрешности средств измерения.

### **Заключение**

В ходе проведения экспериментов мы изучили и исследовали движение тела, брошенного горизонтально. Экспериментально выявили зависимость дальности полёта тела от массы и скорости тела, отсутствие зависимости её от высоты полёта, а также обнаружили погрешность в измерениях и объяснили причину её возникновения. Тем самым гипотеза, поставленная в начале исследования, была подтверждена.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Касьянов В.А., Коровин В.А Тетрадь для лабораторных работ к учебникам В. А. Касьянова. – Москва: Дрофа, 2016.
2. Физика. 10 кл. Углублённый уровень: учебник/ В.А. Касьянов. – 4-е изд., стереотип. – Москва: Дрофа, 2017.
3. Hololenses. - <https://hololenses.ru/kompjutery/kak-pravilno-prygat-s-vysoty-v-vodu.html>
4. Interneturok. - <https://interneturok.ru/lesson/physics/9-klass/zakony-vzaimodejstviya-i-dvizheniya-tel/svobodnoe-padenie-tel>.
5. Sfiz. - [https://sfiz.ru/uchebnik/uch\\_mehanika/uch\\_krivoldvig/112-dvizhenie-tela-broshennogo-v-gorizontal-nom-napravlenii](https://sfiz.ru/uchebnik/uch_mehanika/uch_krivoldvig/112-dvizhenie-tela-broshennogo-v-gorizontal-nom-napravlenii)
6. Spadilo. - <https://spadilo.ru/dvizhenie-tela-broshennogo-gorizontalno/>

## ИСКУССТВЕННЫЕ МЫШЦЫ

*Верея Тимофей Владимирович*

Бюджетное образовательное учреждение города Омска средняя  
общеобразовательная школа №24, 10 класс.

Руководитель: Новак Елена Николаевна, учитель физики БОУ г. Омска  
«Средняя общеобразовательная школа № 24»

Сегодня область робототехники и медицины активно развивается. Робот в современном представлении должен быть полностью схож с человеком, а в идеале даже неотличим. И, соответственно, искусственные конечности должны качественно выполнять свои функции. Для этого необходимо создать искусственные мышцы, приближенные к человеческим.

Мы видим их будущее в умных протезах, конечностях роботов и любых других механических системах, конструкция которых ограничена по весу, но нуждается в высокой мощности и выносливости.

Что же такое искусственная мышца? Она представляет собой материалы или устройства, которые имитируют естественные мышцы и могут сокращаться, расширяться или вращаться внутри одного компонента из-за внешнего стимула (такого как напряжение, ток, давление или температура). Это аналог человеческой мышцы, которая может совершать разные виды движения и передвигать тяжести.

Актуальность состоит в том, что сегодня ученых и изобретателей волнует вопрос об искусственных мышцах, которые пригодятся в процессе изготовления разного рода протезов нового поколения, способные полностью заменить утраченные пациентами конечности.

Основной принцип работы искусственных мышц, следующий: волокна синтетической мускулатуры увеличивают или уменьшают свою длину после того, как на них произведут физическое воздействие. Это напрямую зависит от материала, из которого они изготовлен.

Совсем недавно ученые сумели подобрать материал, который позволяет создавать искусственные мышцы любого типа. Самое интересное в этом материале то, что он самый обычный и используется в быту. Это самая обыкновенная рыболовная леска. Мне стало интересно, получится ли создать искусственную мышцу в домашних условиях и провести с ней опыт.

Объект исследования: процесс сокращения мышцы.

Предмет исследования: искусственная мышца.

Проблема: как создать искусственные мышцы в домашних условиях.

Гипотеза: Изучив материал о искусственных мышцах, можно в домашних условиях изготовить их модель и провести эксперименты, подтверждающие изменение ее длины при изменении внешних условий.

Цели: изготовить искусственную мышцу в домашних условиях, используя рыболовную леску и провести исследование ее сокращения.

Задачи:

1. Изучить технологию создания искусственных мышц.
2. Подобрать материалы для изготовления искусственных мышц.

3. Разработать и собрать экспериментальную установку для исследования изготовленных искусственных мышц.

4. Изготовить мышцу и произвести опыты.

5. Провести анализ полученных данных и вывод.

Методы исследования:

Теоретические - изучение научных статей, литературы по теме, интернет источников.

Практические – эксперимент, наблюдение, анализ, обобщение.

Теоретическая значимость моей исследовательской работы заключается в том, что результаты исследования могут быть использованы на уроках физики для изучения искусственных мышц и проведения опытов с ними.

Практическая значимость: существует немало прототипов искусственных мышц, которые могут сокращаться как настоящие мышцы, но почти все они требуют дорогих материалов и технологических процессов, при этом эффективность многих из них все еще низка. Создание искусственных мышц из простых материалов, например, рыболовной лески, уменьшить стоимость протезов и поможет их более широкому использованию.

Основная часть

#### 1. Обзор удивительных открытий

Современные роботы могут многое. Но при этом им далеко до человеческой легкости и грациозности движений. И причина этому - несовершенные искусственные мышцы. Уже несколько лет ученые всего мира активно ведут работы над созданием качественных искусственных мышц.

Изобретатели из Национального университета Сингапура создали искусственные мышцы для роботов, способные поднимать предметы, которые в 80 раз тяжелее их собственного веса. Кроме того, полимерные мышцы обладают гибкостью, прочностью, способностью менять свою форму за несколько секунд (Приложение1, рис.1).

Изобретатели из Гарвардского университета создали новые искусственные мышцы, которые представляют собой многослойную структуру электродов из нанотрубок. Но оказалось, что этот процесс, во - первых, очень дорогостоящий. Во - вторых, такие мышцы способны сокращаться лишь на 10 % от своей общей длины (Приложение1, рис.2).

Изобретение группы Баухмана, которое началось с 1999 г. В австралийском городке Кирхберге на 13-й встрече Международной зимней школы по электронным свойствам инновационных материалов выступил с докладом ученый Рей Баухман. На обозрение представили углеродные нанотрубки, переплетенные между собой в виде листов нанобумаги. В ходе экспериментов были сделаны выводы о том, что углеродные мышцы при сгибании/разгибании производят энергию (Приложение1, рис.3).

Совсем недавно доктор Рэй Бофман из Техасского университета (США) в ходе успешного эксперимента показал, что углеродные нанотрубки (из которых раньше пытались делать искусственные мышцы) это тупиковый

путь развития данной технологии. Он предложил другой вариант по созданию искусственной мышцы: обычную рыболовную леску скрутили и подвергли воздействию высоких температур. В процессе нагрева данная спираль разворачивается, в процессе охлаждения — опять скручивается. Такое поведение данной полимерной конструкции очень схоже с поведением настоящего мышечного волокна. Исключением является лишь то, что источником электронного импульса в человеческих мышцах является нерв, а в синтетических — нагрев и охлаждение. Измеренные исследователями характеристики полученной синтетической мышцы показали, что в сравнении с человеческими мускулами, искусственные мышцы уменьшились в размерах на 50 % (возможность человеческих только на 20%). Такая искусственная мышца может легко поднимать грузы массой больше 700 килограмм (Приложение1, рис.4).

## 2. Отечественные исследования по созданию искусственных мышц.

Открытие ученых из Далласа вдохновило немало ученых со всего мира. Успешно повторить их опыт удалось роботехнику Александру Николаевичу Семочкину, главе лаборатории информационных технологий при БГПУ. За многие месяцы работы ему удалось создать искусственные мышцы и машину для ее накручивания. (Приложение1, рис.5)

Чтобы создать пятисантиметровую мышцу, А. Н. Семочкину нужно несколько метров проволоки и 20 см обычной рыболовной лески. (Приложение1, рис.6). Аппарат по «производству» мускулатуры, скручивает ее в течение 10 минут. (Приложение 1, рис. 7) Затем конструкцию на полчаса помещают в печь, раскаленную до +180 градусов по Цельсию. В результате мышца вытягивается или сокращается.

По словам учёного – изготовить искусственную мышцу настолько просто, что с этим справится и школьник в рамках лабораторной по физике. Нужно лишь иметь с собой – две канцелярские скрепки, шуруповет и саму леску!

### Экспериментальная часть

Эксперимент 1. Искусственная мышца из рыболовной лески.

Цель: Изготовить искусственную мышцу из рыболовной лески.

В практической части нашего исследования, мы попробуем сделать искусственную мышцу и проведем с ней эксперименты.

Приборы и материалы: рыболовная леска диаметром 0,5 и 0,7 мм, шуруповет, канцелярские скрепки, набор грузов. (Приложение 2, рис.1)

Ход работы:

1. Шуруповерт закрепить вертикально.
2. Закрепить скрепку в патроне шуруповета.
3. Прикрепить к скрепке леску с грузом 500 г.
4. Включить шуруповет.
5. Через промежуток времени леска начинает накручиваться

*Трудности получения искусственной мышцы из рыболовной лески:*

Для эксперимента мы взяли обычную рыболовную леску диаметром 0,5 мм и 0,7 мм. (Приложение 2, рис.2).

Первоначально я использовал леску 0,5 мм. После скручивания, даже при незначительном растяжении мышца обрывалась. Был сделан вывод, что скручивающие усилия над леской нарушили ее прочностные свойства, т.к. леска была слишком тонкая. Лучшие результаты по скручиванию мышцы получились из лесок диаметром и диаметром 0,7 мм, длиной 1 метр (Приложение 2, рис 3).

Чтобы создать искусственную мышцу, мы закрепили шуруповет в вертикальном положении, к одному концу прикрепили обычную канцелярскую скрепку и зажали ее в патроне. (Приложение 2, рис 4). К другому концу также прикрепили леску и груз весом 500 г. (Приложение 2, рис 5). При таком весе леска не порвется, а свернется в однородную спираль. В процессе закрутки груз должен подниматься вверх, не проворачиваясь вокруг вертикальной оси. Для этого мы в скрепку вставили карандаш в качестве фиксатора. (Приложение 2, рис 6)

Далее включили шуруповет. (Приложение 2, рис 7). Через промежуток времени леска начинает скручиваться в плотную спираль (Приложение 2, рис 8). Исходный отрезок лески длиной 1 м при скручивании превращается в 29 см такой спирали (Приложение 2, рис 9). Когда вся леска превратится в спираль, то она почти не раскручивается обратно.

Вывод: В домашних условиях при минимальном оборудовании и самого простого материала – рыболовной лески можно изготовить искусственную мышцу.

Эксперимент 2. Изменение длины искусственной мышцы при изменении внешних условий

Цель: Исследовать изменение длины искусственной мышцы при изменении температуры.

Оборудование: изготовленная искусственная мышца, фен домашний, фен промышленный

Ход исследования:

- 1.Закрепить изготовленную мышцу
2. Направить поток теплового воздуха с помощью фена.
- 3.Наблюдать изменение длины мышцы.

*Трудности при проведении эксперимента с искусственной мышцей:*

При проведении эксперимента я первоначально использовал домашний фен (Приложение 2, рис 10).

Но его мощности не хватило, чтобы мышца начала сокращаться. Температура достигла всего лишь 53,9 градусов (Приложение 2, рис 11).

Тогда я взял промышленный фен и опыт получился. (Приложение 2, рис 12). Во время нагревания мышца сократилась и начала раскручиваться.

При охлаждении начинала возвращаться в исходное состояние.

Объясним теперь, почему нейлоновая спираль сокращается при увеличении температуры. Продольные волокна на поверхности лески завиты примерно на 45° по отношению к оси. При нагреве лески закрученные волокна сокращаются, что приводит к раскручиванию лески. Для простоты будем считать, что если волокна сокращаются на 1 %, то и число оборотов, на которое

раскручивается леска, составляет 1 % от полного числа оборотов, на которое она закручена.

В заключении хочется сказать, что гипотеза, которая была выдвинута в начале работы была доказана. Из самого простого материала обычной рыболовной лески в домашних условиях получилось изготовить искусственную мышцу и провести с ней эксперимент. При нагревании мышца сократилась и начала раскручиваться, при охлаждении она возвращалась в исходное состояние.

Таким образом, цель и задачи, которые были поставлены в моей работе были достигнуты. Мне удалось изготовить искусственные мышцы из рыболовной лески и провести экспериментальные исследования с изготовленной моделью.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <http://compulenta.computerra.ru/veshestvo/materialovedenie/10011631>
2. <https://ampravda.ru/2016/09/08/069546.html>
3. [https://www.ftorpolymer.ru/nws.php?id=Artificial\\_muscles](https://www.ftorpolymer.ru/nws.php?id=Artificial_muscles)
4. <https://www.techinsider.ru/diy/404222-myagkaya-sila-kak-samomu-sdelat-silikonovye-myshcy/>
5. <https://robocraft.ru/projects/3058>
6. <https://scfh.ru/papers/iskusstvennye-myshtsy-iz-neylonovoy-leski/>

### **ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЗМОВ ЛАЗЕРНОЙ ГРАВИРОВКИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ.**

*Веригина Людмила Андреевна*

*Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение лицей при ТПУ,  
города Томска, 10 класс.*

Руководитель: Зыков Илья Юрьевич

#### Лазерная гравировка.

Появление эффективных, то есть надежных, достаточно мощных и не требующих обслуживания волоконных лазеров привело к созданию нового поколения лазерно-технических установок, таких как лазерный гравер.

До того как люди начали пользоваться лазером, для нанесения гравировки на различные изделия применялись такие способы гравировки как ручной, то есть с помощью специальных ювелирных инструментов или механический, то есть с помощью станка и фрез для вырезания нужного изображения или текста.

Актуальность глубокой лазерной гравировки состоит в том, что до ее появления гравировку на металлические материалы наносили способами, которые несли в себе ряд недостатков, таких как трудоемкость процесса,

времязатратность или неудобство с производственной точки зрения, а если процесс связан с применением ручного труда, то и небезопасность. С появлением лазерных технологий процесс нанесения на металл шрифтов и картинок с разной степенью сложности значительно ускорился.

Лазерные граверы могут использоваться в следующих целях [1]:

- сувениры и подарки с особой надписью.
- штрих и QR-коды на разных изделиях, изготовление ярлыков, карточек учета.
- изготовления шкал приборов и нанесение маркировки в промышленных масштабах.
- нанесение идентификационных сведений на изделия военной и аэрокосмической отрасли.
- гравировка на медицинских изделиях.
- гравировка надписей на ювелирных изделиях.
- нанесение надписей и изображений на различные спортивные и другие награды.

Глубокая (трехмерная) лазерная гравировка.

Повышение мощности лазерных граверов привело к созданию новой технологии глубокой и трехмерной лазерной гравировки.

Глубокая гравировка существенно отличается от обычной гравировки тем, что она более глубокая, занимает больше времени и обычно требует отделки. Ее глубина может легко достигать нескольких миллиметров. Это резко контрастирует с обычной лазерной гравировкой металлов, глубина которой обычно составляет несколько единиц или десятков микрон [2].

Глубокая лазерная гравировка используется:

- для вырезания трехмерных форм, например логотипов, рисунков, текста.
- для изготовления штампов, клише, клейма из инструментальных сталей.

Глубокая лазерная гравировка предполагает удаление значительного объема материала за счет эффекта заглабляющегося источника тепла [3], который заключается в том, что материал начинает подплавляться в поверхностном слое под воздействием лазерного излучения, он начинает кипеть. Так как основная (наибольшая) интенсивность идет по оси лазерного луча, то в центральной части формируется мощный разлетающийся факел, который выдавливает расплав из лунки на поверхность и снова дно лунки начинает греться. Затем снова выдавливается новая порция расплава и снова греется дно лунки. То есть источник тепла является не поверхностным, по которому греют лазером, а уходящим вглубь материала.

Цель работы: изучение механизмов получения изображения при лазерной гравировке.

Задачи:

1. изучить этапы лазерной гравировки
2. изучить закономерность контраста изображения от уровня воздействия излучения на примере сплава меди. Определить контраст изображения.
3. сделать выводы.

Существует несколько физических механизмов, позволяющих наносить изображения с помощью лазерного излучения.

- окисление и изменение цвета поверхности в зоне воздействия, при нагреве материала;
- изменение структуры поверхности в зоне воздействия, в процессе перехода из одного агрегатного состояния в другое;
- удаление окисной пленки, краски или покрытия в зоне воздействия;
- удаление слоя материала в зоне воздействия, с помощью лазерной абляции.

Процесс лазерной гравировки состоит из нескольких этапов таких как:

1. Падение ЛИ на поверхность.
2. Поглощение.

Поглощение лазерного излучения приводит к повышению энергии свободных электронов и заключается в переходе энергии излучения в энергию атома. Характеризуется поглощательной способностью материала, если большинство лазерных лучей отражается от поверхности, то материал плохо поддается обработке, из-за чего изображение может получиться неровным, не того цвета и так далее.

3. Нагрев - Рис.2(а).

С увеличением длительности импульса лазерного луча увеличивается количество теплоты, отданное телу, из-за чего поверхность начинает нагреваться и под действием температуры происходят химические реакции, например окисление, если не продолжать воздействие лазером, при нагреве без удаления материала тоже можно получить изображение, из-за изменения цвета поверхности в результате образования оксидов металлов.

4. Изменения поверхностных слоев материала – Рис.2(b).

Происходит плавление материала – переходный процесс из твердого состояния в жидкое. В процессе перехода из одного состояния в другое в материале происходят физико-химические процессы, меняющие его структуру. Одним из сопутствующих эффектов является изменение цвета поверхности после ее кристаллизации, например глянцевая поверхность может стать матовой. Контрастом внешнего вида обработанной и необработанной лазерным лучом поверхности создается изображение на предмете.

- 5.Изменение оптических свойств поверхности – Рис.2(c,d)

Происходит лазерная абляция, большинство исследователей под этим термином понимают процесс взаимодействия лазерного излучения с веществом, при котором происходит процесс плавления, испарения или сразу сублимации с образованием паров и низкотемпературной плазмы; обычно данные процессы также сопровождаются разлётом частиц и капель исходного вещества [4]. Происходит удаление вещества, вызванное разрушением химических связей и образованием свободных молекул, атомов и ионов под действием света. В зависимости от мощности излучения и количества проходов лазера, может быть удалён, как поверхностный слой материала, окисная плёнка или краска, так и слой металла.

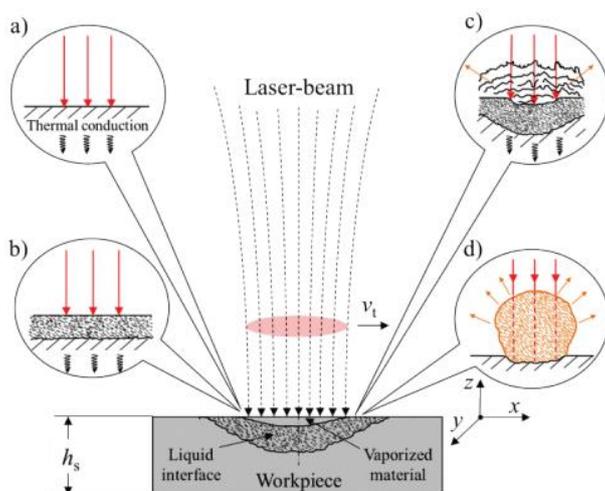


Рис.2– Схема облученного лазером материала: нагревание (thermal conduction – теплопроводность) (a), плавление (b), испарение и плавление (c) и образование плазмы (d)

Экспериментальная часть.

В работе был использован сплав меди, на который с помощью лазерного гравера наносилось изображение со скоростью - 500мм/сек, с частотой - 20 кГц и мощностью от 2 до 20 Вт. Размер изображения 5\*5 мм.

После проведения эксперимента мы заметили, что изменение мощности воздействия приводит к изменению контраста и внешнего вида изображения:

При минимальном воздействии лазерного излучения мощностью 2 Вт видно, что поверхность темнеет (Рис.4), вследствие чего мы можем предположить, что при нагревании происходит дополнительное окисление верхнего слоя металла, незначительно меняющее его цвет.

При увеличении мощности до 4 Вт можно увидеть, что изображение меняется незначительно и становится немного светлее по сравнению с предыдущим (Рис.4). С помощью специальной программы мы можем посчитать контраст изображений и увидеть, что он изменился незначительно с 0,22 до 0,25 (Рис.3).

В интервалах мощности от 6 до 12 Вт происходит удаление окисной пленки, что приводит к осветлению обработанной области (Рис.4). Так же мы

можем увидеть постепенное увеличение контрастности изображения с 0,37 до 0,5 (Рис.3) .

В интервалах мощности от 14 до 20 Вт происходит затемнение изображения (Рис.4), контрастность изображения начинает уменьшаться с 0,47 до 0,27 (Рис.3), и мы можем предположить, что к этому приводит процесс удаления металла с поверхности.

С помощью данных, полученных в результате эксперимента, мы можем построить график зависимости контраста изображения от мощности лазерного импульса (Рис.5). На нём видно, что максимальный контраст

изображения достигается не при самой высокой мощности – 20 Вт, а при мощности -12 Вт.

мощность, Вт	Контраст
2	0,22
4	0,25
6	0,37
8	0,4
10	0,47
12	0,5
14	0,47
16	0,34
18	0,31
20	0,27

Рис.3 – таблица зависимости контраста изображения от мощности лазерного излучения.

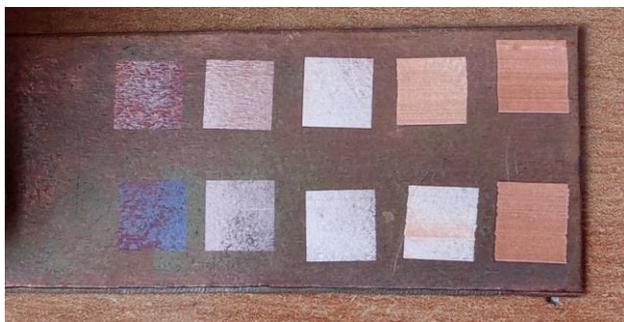


Рис.4 – лазерная гравировка меди при разной мощности излучения

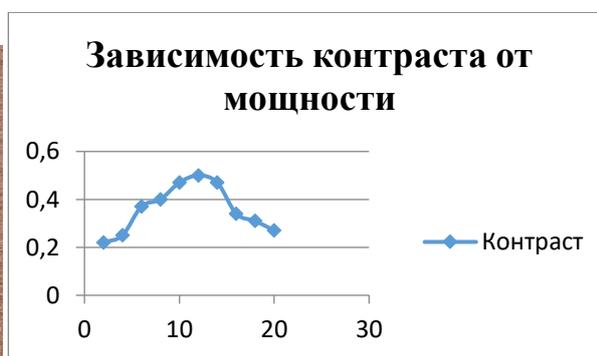


Рис.5 – график зависимости контраста изображения от мощности лазерного импульса

Выводы проекта:

1. существуют разные способы и механизмы лазерной гравировки, характеризующиеся разными процессами, в результате которых появляется изображение, имеющее разную яркость и глубину.

2. эксперимент показал, что контрастность, а следовательно яркость изображения, полученного при лазерной гравировке, не зависит от мощности излучения, и существует оптимум мощности, при котором изображение получится наиболее контрастным.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Интернет источник

1. Применения лазерной гравировки (Электронный ресурс) - режим доступа: <https://vektorus.ru/blog/chto-takoe-lazernaya-gravirovka.html> (дата обращения: 19.02.2023)
2. Глубокая гравировка (Электронный ресурс) – режим доступа: <https://www.factroom.ru/metally/chto-takoe-glubokaya-gravirovka-metalla> (дата обращения 19.02.2023)
3. Заглубляющийся источник тепла (Электронный ресурс) – режим доступа: <https://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/60727/1/TPU930659.pdf> (дата обращения 19.02.2023)
4. Лазерная абляция (Электронный ресурс) – режим доступа: <https://laserstore.ru/blog/tehnologiya-lazernoy-ablyacii> (дата обращения: 19.02.2023)

## ПЛАСТИКОВЫЕ ОКНА

*Воронов Захар*

*Муниципальное автономное общеобразовательное учреждение «Ангарский лицей №2 им. М. К. Янгеля», 9 класс, г. Ангарск.*

Руководитель: Капутская Елена Ильинична, учитель физики.

Полноценная жизнь в замкнутых помещениях вряд ли возможна – столкновение с чувством подавленности и отрыва от внешнего мира будет неизбежным. С другой стороны, человек стремится отделить себя, своё жилище от негативного воздействия окружающей среды, внешнего мира. С этой точки зрения очень интересно посмотреть на историю развития окна.

Окно, как важный элемент дизайна, впервые появилось в Венеции – крупнейшем центре стеклоделия Европы 13 века.

*Актуальность проекта.* Среди актуальных причин, по которым жители панельных домов решительно желают сменить старые окна на окна ПВХ являются теплоизоляция, звукоизоляция, различные варианты открывания, удобная эксплуатация, а также оптические свойства стекол современного производства и идеальный внешний вид.

*Цель:* Рассмотреть основные типы стеклопакетов пластиковых окон, изучить их характеристики.

*Задачи:*

1. Подобрать, изучить и проанализировать научно-методическую литературу и интернет источники по данной теме.
2. Рассмотреть типы стеклопакетов и их характеристики.
3. Изучить зависимость характеристик от строения, типа и состава стеклопакета.
4. Выяснить какие стеклопакеты установлены у меня в квартире.

## 5. Дать рекомендации по выбору пластиковых окон.

*Гипотеза:* Предположим, что некоторые характеристики пластиковых окон позволяют сохранять тепло, задерживать вредное излучение и имеют хорошее шумоподавление.

### *1. Теоретическая часть.*

Согласитесь, что на сегодняшний день, пластиковые окна – это вовсе не удивительная, а вседоступная вещь, которая встречается почти в каждом доме. А всего 15 лет назад, пластиковые окна, считались настоящей роскошью. Основным материалом для оконных рам была древесина. В ходе развития технического прогресса, на смену древесине пришли более современные материалы.

После изобретения пластика его полезные свойства активно изучали в разных странах мира. В России первые пластиковые окна появились в 80-х гг. 20 века, однако долгое время они были большой редкостью. Мощным драйвером, обеспечившим ПВХ быстрое распространение, был рост цен на энергоносители и обострение общественного внимания к вопросам, связанным с энергосбережением.

*Виды стеклопакетов.* Традиционно, во все пластиковые окна ставится стеклопакет – изделие, состоящее из двух-трех стекол, разделенных между собой специальной рамкой. Существует три основных типа стеклопакета: однокамерный, двухкамерный и трехкамерный. Соответственно, чем больше камер, тем больше толщина стеклопакета и выше степень теплоизоляции. От толщины стеклопакета зависят его основные характеристики: шумоизоляция, выдерживаемый диапазон температур и, конечно же, теплоизоляция.

### *Основные характеристики стеклопакета.*

*Теплоизоляция.* Хорошо известно, что окна вносят дискомфорт в тепловой режим жилища. Зимой через них уходит тепло, и поэтому приходится нести дополнительные расходы на обогревание дома. Воздух, нагреваясь возле внутреннего стекла, поднимается вверх, а охлаждаясь возле наружного стекла, опускается вниз. Чем больше будет дистанция между стёклами, тем слабее будут взаимодействовать оба этих потока воздуха (газа) в центральной части стеклопакета. Это значит, что воздух будет сильнее нагреваться возле внутреннего стекла и больше отдавать тепла наружному стеклу — это и есть явление конвекции. Данное свойство стеклопакета зависит от: количества камер; наполняющего газа, типа стекол и расстояния между ними.

*Шумоизоляция.* Внешние шумы в городе или вблизи магистралей с оживленным движением транспорта могут превышать 80 дБ, а порой достигают критических и даже вредных для здоровья значений (рев двигателя скоростных мотоциклов – 110 дБ). Шумы активней всего поглощаются при совместном использовании двух камер и использовании смеси аргона (70%) с фтористой серой (30%). Для относительно комфортного пребывания в помещении шумовой фон в нем не должен быть больше 40дБ в дневное время и 30 дБ ночью. Таких условий возможно достичь, только если окно нейтрализует минимум половину внешних звуков

*Энергосбережение.* Часто стекла с внутренней стороны камеры покрыты специальной пленкой из оксидов серебра или олова. Пленка отражает часть солнечного тепла снаружи, что экономит ресурс кондиционера в летний период и препятствует потере тепла от отопительных систем зимой. Главные недостатки таких стекол – дороговизна и уменьшение прозрачности светового проема до 30%

## *II. Практическая часть.*

*Опыт №1.* Тип стеклопакета

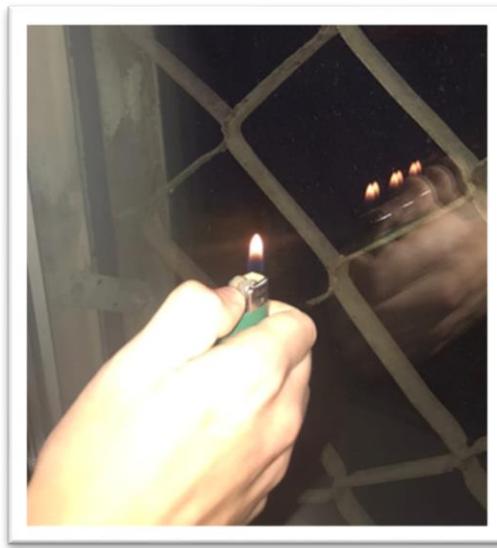
*Цель:* выяснить какой тип стеклопакета используется у меня дома и у моих родственников.



*Оборудование:* стеклопакет, зажигалка или свеча.

*Ход опыта:* чтобы понять какой тип стеклопакета установлен в нашем окне, нам требуется определить, сколько стекол в стеклопакете.

Для этого делаем следующее: поднесем к стеклопакету горящую свечку или зажигалку. Если в стеклопакете отражается два огонька, значит стеклопакет собран из двух стекол и это однокамерный стеклопакет. Если же отражается три огонька, это означает, что в стеклопакете три стекла и это двухкамерный стеклопакет.

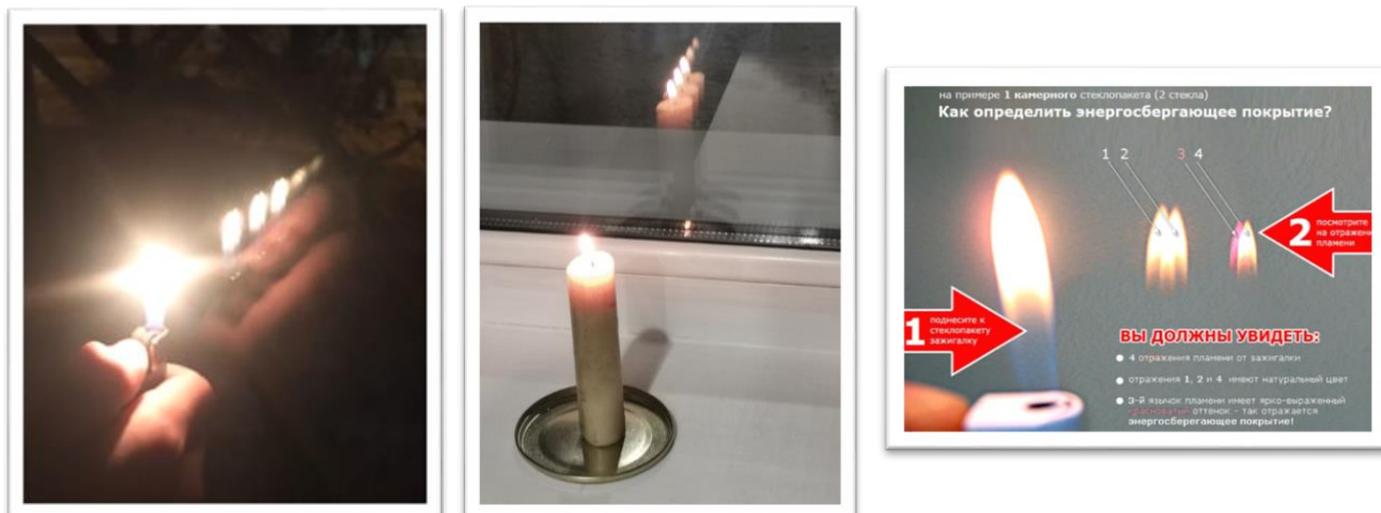


*Вывод:* в ходе сделанного мною опыта везде получалось три изображения, поэтому я выяснил, что у меня дома и моих родственников установлены двухкамерные стеклопакеты.

*Опыт № 2.* Энергосбережение стеклопакета.

*Цель:* выяснить энергосберегающий ли стеклопакет.

*Оборудование:* стеклопакет, зажигалка или свеча.



*Ход опыта:* поднесли свечку или зажигалку с открытым пламенем к окну. В отражении увидели тройное пламя одного цвета — значит стекло обычное, если бы одно из отражений пламенем было окрашено в другой цвет — значит стекло энергосберегающее (внутри отсутствует инертный газ и нет теплоотражающее покрытие)

*Вывод:* в ходе сделанного мною опыта везде получалось три изображения одинакового цвета, поэтому установил, что исследуемые стеклопакеты не энергосберегающие (т.е не имеют i и k покрытия)

*Опыт № 3* Влияние толщины стеклопакета на уровень шума.

*Цель:* установить, как зависит уровень звукоизоляции от толщины стеклопакета.

*Оборудование:* стеклопакет, телефон с установленным приложением «Шумомер»

*Ход опыта:* включаем шумомер на 15 с в помещении с закрытым окном и засекаем уровень шума рисунок 1, затем измеряем уровень шума с открытым окном за такое же время рисунок 2, ищем разницу в показаниях шумомера, данные записываем в таблицу, сравниваем с данными ГОСТ, определяем тип профиля и делаем вывод.



<i>Уровень шума (Закрытое окно)</i>	<i>Уровень шума (открытое окно)</i>	<i>Разность показаний (поглощение шума)</i>
27	32	5

*Вывод:* в ходе эксперимента определили уровень поглощения, который соответствует двухкамерному профилю с типом 4-10-4-10-4 способствует комфортному пребыванию в помещении т.к не превышает 40дБ.

*Рекомендации:*

Даже самый простой современный стеклопакет будет в разы теплее старого окна с обычными стеклами, однако при выборе нужно помнить:

1. Чем больше камер в конструкции, тем теплее будет окно.

2. Энергосберегающие стеклопакеты позволяют сохранять тепло в квартире и уменьшать затраты на отопление.

3. Шумозащитные свойства стеклопакета зависят от ширины стеклопакета и количество камер. Кроме того, стекло триплекс – это повышенная безопасность и теплоизоляция.

4. Наполнение камер аргоном препятствует конвекции между стеклами, поэтому стеклопакет, заполненный аргоном примерно в 1,4 раза теплее обычного.

*III. Заключение.*

Любому человеку хочется, чтобы ему было удобно, комфортно, безопасно. Конечно, сейчас в современном мире предпочтения отдаются практичности и удобству.

Благодаря своей работе, я изучил основные характеристики пластиковых окон, узнал, в чем заключаются их преимущества.

Выяснил, что, во-первых, пластиковые окна надёжно защищают помещение от холода, вредных излучений и шума.

Они долговечны и требуют минимального обслуживания. Пластиковые окна - это тишина и безопасность, тепло и уют.

На фоне всех их достоинств, обычные деревянные окна кажутся неудобными и непрактичными.

Так и есть — после знакомства с ними вопросов о их преимуществах больше не возникают. Плюсы очевидны.

Изучив теоретический материал и проведя небольшие опыты, передо мной больше не стоит вопрос - ставить или не ставить пластиковые окна.

Выбор очевиден, плюсов у них больше, а минусы, при правильном использовании, можно сделать совсем маленькими или почти незаметными.

В дальнейшем мне хотелось бы продолжить работу и выяснить дружат ли пластиковые окна с экологией и здоровьем человека.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проектирование современных оконных систем гражданских зданий/И.В.Борискина, А.А. Плотников, А.В. Захаров, Москва, 2000г
2. Технология стекла/Под общей реакцией И.И. Китайгородского. Государственное издательство литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, Москва, 1961
3. "Окна и стеклопакеты", Сатин, издательство АСТ, 2007г
4. [com/plasticovie-okna](http://com/plasticovie-okna)
5. <http://oknalex>.

### **НЕЙТРОННО-ФИЗИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ РЕАКТИВНЫХ УСТАНОВОК РАЗЛИЧНОГО ТИПА С ПЕРСПЕКТИВНЫМ ЯДЕРНЫМ ТОПЛИВОМ**

***В. А. Вялова***

*Заозерная средняя общеобразовательная школа с углубленным изучением  
отдельных предметов № 16, г. Томск*

Руководитель: Буркова Т.Д., учитель физики, Кнышев В.В., ассистент

Принцип работы ЯР типа ВВЭР-1000, имеющих наибольшее распространение на территории России, основан на сжигании урана-235. Это единственный изотоп, который существует в природе и делится. Его примерно 0,7% от общего объема всего добываемого урана. Это очень мало. По энергетическим возможностям его столько же, сколько и нефти. То есть, если сейчас начать программу широкого развертывания АЭС на тепловых нейтронах, то примерно к 2040-50 годам урана-235 не останется. Но ведь у нас есть уран-238, но вот в чём проблема – в отличии от урана-235 уран-238 не "горит". Но его много. Поэтому еще в начале развития атомной энергетики была предложена так называемая "бридерная" программа (уран, обогащенный плутонием. Доля последнего – от 18 до 25%. В результате работы этого реактора плутония получается несколько больше, чем было загружено). Тогда придется около каждой такой станции рядом строить радиохимический завод по выделению плутония, фабрикации новых твелов.

Исходя из вышесказанного, можно рассмотреть возможности применения реактора ВВЭР-1000 на карбидно-композитном топливе. Для этого используем программу WIMS, в которой создаем упрощенную модель, с учетом содержания материала и температуры. Полученные результаты помогут обосновать возможность эксплуатации существующих реакторных систем на регенерированном топливе.

В разных процентных содержаниях и, соответственно, концентрациях урана и плутония в данном топливе отличается и длительность работы реактора. Взяв процентное соотношения до 90% и от 10% урана и плутония соответственно, реактор типа ВВЭР-1000 может работать более 1600 суток.

### **КОЛЬЦО НА СТЕРЖНЕ**

*Гарипов Мартин Артемович*

*МАОУ ЦО «Развитие» №82*

Руководители: Вельмер Елена Карловна, Шутиков Сергей Николаевич

Актуальность работы определяется самим исследуемым процессом левитации- наблюдая за тем, как металлическая шайба (заменяющая кольцо) спускается по стержню, мы заметим один удивительный эффект: она периодически, продолжая вращаться на одной и той же высоте, не падает вниз. Учитывая, что гравитационную силу, под действием которой любое тело движется вниз, кольцо, по сути, левитировало, за счет того, что оно вращалось. Это звучит как фантастика, но на самом деле кольцо, которое достаточно быстро вращается на вертикальном стержне, будет оставаться на той же высоте в течение короткого промежутка времени.

И, что самое удивительное, некоторые кольца на короткое время даже устремляются вверх.

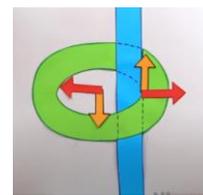
Цель проекта: исследовать от каких существенных параметров зависит скорость оседания шайбы вниз.

Объект исследования- вращающееся кольцо вокруг вертикального стержня.

Метод исследования- экспериментальный. Данная работа предполагает решение следующих задач

1. Изучить научную литературу.
2. Сформулировать теоретическое объяснение явления.
3. Составить математическую модель.
4. Выдвинуть гипотезу для проведения эксперимента.
5. Подобрать оборудование для проведения эксперимента, провести эксперимент, проанализировать полученные данные.
6. Сделать выводы.

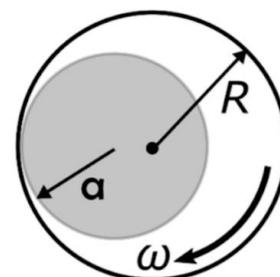
Левитация вращающегося кольца может быть легко продемонстрирована экспериментально, вертикальный стержень крепко удерживается внизу и не шатается, насаженное на него кольцо нужно быстро закрутить.



Возможны три варианта развития события: кольцо все-таки падает вниз ускоренно, вращаясь при этом; кольцо, вращаясь, равномерно движется вниз и кольцо остается на некоторое время на месте.

В первом случае сила тяжести практически не скомпенсирована.

В случае равномерного движения сила тяжести будет равна силе трения, а сила реакции опоры на стержень равна центробежной силе, заставляющей кольцо вращаться. Вопреки действию силы тяжести кольцо, быстро крутясь, не будет падать вниз. Случай, когда кольцо левитирует - это явление объясняется с точки зрения действия на кольцо статического трения, которое предотвращает его падение, если кольцо вращается достаточно быстро, поскольку центростремительная сила действует так же, как человек, прижимающий кольцо горизонтально к трубе.



Для построения математической модели я использовал решение олимпиадной задачи о движении вращающегося кольца вокруг стержня.

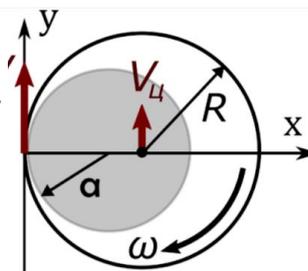
Скорость элемента кольца в точке касания со стержнем:

$$v = \alpha \cdot \omega R, \text{ центр кольца движется со скоростью}$$

$$V_{\text{ц}} = v - \omega R = \omega R(\alpha - 1), \text{ где } R - \text{ радиус кольца.}$$

По окружности радиусом  $(R - a)$  с центром на оси стержня. Нормальная сила реакции опоры (стержня)  $N$  является центростремительной силой:

$$N = m \frac{V_{\text{ц}}^2}{R - a} = m \frac{\omega^2 R^2 (1 - \alpha)^2}{R - a}$$



где  $m$  масса кольца. Сила трения имеет только у-компоненту, равную  $F_{\text{тр}} = -\mu N$ . Её действие приводит со временем снижения угловой скорости вращения. Вместе со скоростью вращения падают полный импульс кольца  $p$  и его полная кинетическая энергия  $E$ .

Дальнейшие математические преобразования есть в полном варианте работы, сейчас я приведу только конечную формулу.

Итак, пока сила трения остаётся большой по сравнению с силой тяжести  $F_{\text{тр}} \gg mg$ , скорость оседания кольца  $V_{\text{вниз}}$  мала по сравнению со скоростью его вращения  $\omega R$ . Сила трения слабо отклоняется от горизонтального направления вверх, так что её вертикальная компонента полностью компенсирует силу тяжести.

$$\frac{V_{\text{вниз}}}{V} = \frac{mg}{F_{\text{тр}}}, \quad V_{\text{вниз}} = \frac{2g(R - a)}{\mu \omega R}.$$

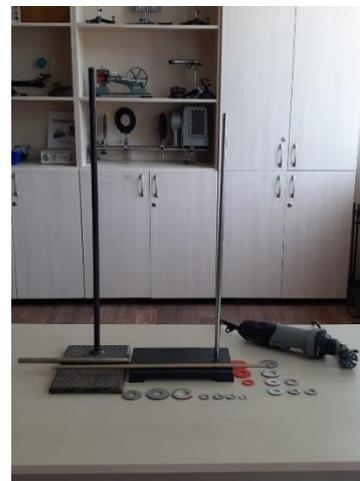
То есть скорость движения связана с внешним радиусом кольца, диаметром стержня, коэффициентом трения материалов.

Гипотеза:

Скорость движения кольца вдоль стержня зависит:

1. Прямо пропорционально от внешнего радиуса кольца;
2. Обрато пропорционально от радиуса стержня;
3. Обрато пропорционально от коэффициента трения кольца и стержня;
4. От коэффициента соотношения внутреннего радиуса кольца к радиусу стержня.

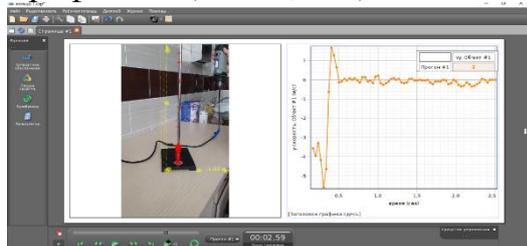
Для экспериментальной проверки гипотезы мы провели эксперименты, используя при этом: шайбы различного диаметра (внешнего и внутреннего); шайбы различных материалов (сталь, пластик, нержавеющая сталь); четыре стержня для штатива различных радиусов.



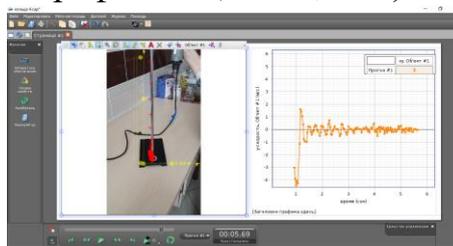
Для исследования влияния внешнего радиуса кольца на скорость движения шайбы мы проводили эксперименты на кольцах из нержавеющей стали различных внешних (1,8см; 1,7см; 1,5см; 1,3см; 1,2см), но одинаковых внутренних радиусов.

Я снимал процесс оседания кольца на видеокamera и обрабатывал результаты в программе Pasco Capstone. Графики, интерпретирующие данные эксперимента

Графики 1 ( $R_1 = 1,2\text{см}$ )



Графики 2 ( $R_2 = 1,8\text{ см}$ )



Для исследования зависимость скорости оседания кольца от радиуса стержня я провел эксперимент, в котором использовал стержни различного диаметра: 3 мм, 5мм,7мм и 9 мм.

График 3 ( $r = 3\text{мм}$ )

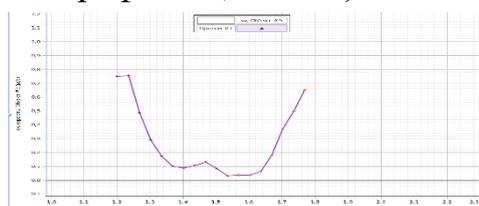
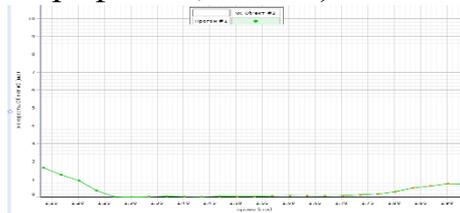
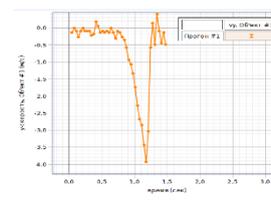
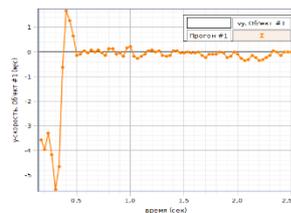
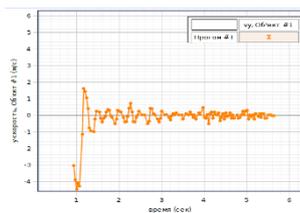


График 4 ( $r = 9\text{мм}$ )



При исследовании зависимости скорости движения шайбы от коэффициента трения между ней и стержнем, рассматривали движение колец одинаковых геометрических параметров, но разных материалов. Значения коэффициентов трения выбирались в интернете.

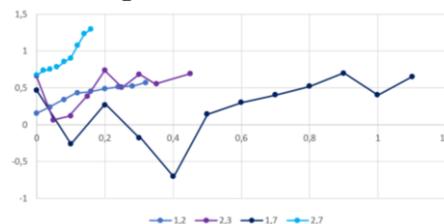
График 5,6,7 иллюстрируют эту зависимость.



Нержавеющая сталь ( $\mu=0,11$ )    Сталь (0,15)    Пластик (0,2)

Далее исследование было нацелено на проверку предположения о том, что для обеспечения непрерывного вращения отношение радиуса внутреннего отверстия к радиусу стержня должно находиться в ограниченном диапазоне ( $1/4 \leq R/r \leq 2/3$ )

График 8 (зависимость скорости движения вниз от времени для колец с соотношением  $R/r$ )



Наибольшее время движения показали шайбы с отношением диаметров  $2/3$  и  $1/7$ , значения которых находятся в диапазоне от  $1/4$  до  $2/3$ .

Данные эксперимента подтверждают, что скорость оседания кольца зависит прямо пропорционально от внешнего радиуса кольца; обратно пропорционально от радиуса стержня; обратно пропорционально от коэффициента трения кольца и стержня. Так же от коэффициента соотношения внутреннего радиуса кольца к радиусу стержня.

Изучение и обобщение научной литературы позволило объяснить характер движения кольца на стержне и определить математическую модель, определяющую зависимость скорости движения кольца по стержню от существенных параметров.

Нельзя сказать, что проведенное мною исследование имеет практическую значимость в промышленности или быту, скорее это можно отнести к «физическим игрушкам» для детей, мотивирующим их на изучение физики для объяснения непонятных, но интересных вещей, которые мы наблюдаем в окружающем нас мире.

Я считаю, что не до конца исследовал этот процесс: математическая модель приближительная, нужно взять больше материалов с различными коэффициентами трения и изменять угловую скорость вращения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Г.Я Мякишев, А.З Синяков. «Механика» учебник физики для углубленного изучения, М. Дрофа, 2019 г
2. А.А.Пинский О.Ф.Кабардин «Физика 10-11 класс» учебник физики для углубленного изучения М.Просвещение ,2018г.
3. <https://iypt.ru/wp-content/uploads/2021/09/%D0%92%D1%8B%D1%81%D1%88%D0%B0%D1%8F-%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%B0->
4. <https://earthz.ru/solves/Zadacha-po-fizike-2619>

## ТЕРМОЯДЕРНЫЙ СИНТЕЗ-ГЛАВНАЯ ПЕРСПЕКТИВА РАЗВИТИЯ БУДУЩЕГО ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

*Ю.М. Горобец, Е.Н. Шляхтич*

*Сибирский федеральный университет*

*660074, Российская Федерация, Красноярск, пр. Свободный, д. 79*

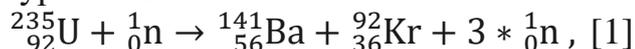
Работа посвящена несомненно актуальной энергетической проблеме современного человечества и рассмотрению возможных способов её решения. Индивидуальный проект «Термоядерный синтез - главная перспектива развития будущего ядерной энергетики» является научно-популярным трудом, адресованным широкому кругу читателей.

В ходе работы освоен теоретический материал, посвящённый расчётам энергии связи и энерговыделению реакций, проведено сравнение возможных способов получения энергии.

Проведён хороший качественный обзор современных достижений в области разработки термоядерных реакторов. При этом выявились проблемы в реализации и недостатки термоядерных реакторов, о которых и не было подозрений до исследования.

При этом был обнаружен альтернативный метод решения энергетического кризиса человеческой цивилизации – реакторы, работающие на реакции распада, но использующие МОКС-топливо - смесь оксидов плутония и природного урана, то есть отработанные ядерные отходы, от реакторов предыдущих поколений.

Проведены расчёты, показывающие энергетическое преимущество реакций термоядерного синтеза по сравнению с реакциями распада. Так из всех электростанций, которые дают людям энергию, с точки зрения выделения энергии наиболее выгодными считаются атомные станции, которые работают за счёт реакции распада урана-235.



$Q=200$  МэВ (199, 8 МэВ). Энергия на нуклон

$$q_1 = \frac{200 \text{ МэВ}}{236} = 0,85 \frac{\text{МэВ}}{\text{нуклон}}$$

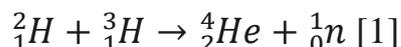
$$E = \Delta m \times c^2, [1]$$

где  $\Delta m$  – дефект масс,  $c$  – скорость света в вакууме.

$$\Delta m = Z * m_p + N * m_n - M_{\text{я}} [1]$$

Но запасов урана хватит на 80-100 лет. Поэтому нужно искать новый источник энергии.

Управляемый термоядерный синтез (УТС) — синтез более тяжёлых атомных ядер из более лёгких с целью получения энергии.



$$m_1 \text{ (дейтерий)} = 2,0141 \text{ а.е.м.} \quad m_2 \text{ (тритий)} = 3,01605 \text{ а.е.м.} \quad m_3 \text{ (нейтрон)} = 1,00866 \text{ а.е.м.} \quad m_4 \text{ (гелий)} = 4,002602 \text{ а.е.м.}$$

$$\Delta m = m_1 + m_2 - m_3 - m_4$$

$$\Delta m = 0,18888 \text{ а.е.м.}$$

$$Q = \frac{0,18888 * 1,66 * 10^{-27} \text{ кг}}{1 \text{ а.е.м.} * 1,6 * 10^{-19} \text{ Кл} * 10^6} * 9 * 10^{16} \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} = 17,6 \text{ МэВ.}$$

Энергия на нуклон

$$q_2 = \frac{17,6 \text{ МэВ}}{5} = 3,52 \frac{\text{МэВ}}{\text{нуклон}}$$

Так как энергии на нуклон выделяется больше в реакции синтеза, она энергетически выгоднее реакции деления урана. [4]

Доступ к дейтерию неограничен (содержится в водах Мирового океана), а тритий добывают из лития. Поэтому термоядерный синтез очень перспективный способ получения энергии.

Но есть проблемы, которые мешают реализовать идею. Необходимо преодолеть силы кулоновского отталкивания между изотопами водорода, для чего необходимо затратить большое количество энергии.

$$U_{\text{кул}} = 9 * 10^9 \frac{1,6^2 * 10^{-38}}{4 * 10^{-15} * 1,6 * 10^{-19}} = 3 * 10^5 \text{ эВ.} \quad [2]$$

Из формулы

$$E = \frac{3}{2} k * T \quad [2]$$

следует, что температура равняется  $2,3 * 10^9 \text{ К}$ . При такой температуре вещество находится в состоянии плазмы.

Ещё одной проблемой становится строительство реакторов, т.к. необходимо подобрать такой материал, который не будет разрушаться под воздействием горячей плазмы. В настоящее время используют самый тугоплавкий металл в мире – вольфрам.

В ходе исследования проблемы было выяснено, что процессе протекания реакции плазма загрязняется материалами первой стенки, что приводит к накоплению пыли, которая может представлять опасность для окружающей среды. Это значит, что гипотеза об экологической безопасности синтеза не подтвердилась. [3]

Реакторы имеют название ТОКАМАК (Тороидальная камера с магнитными катушками). Ученые и инженеры добились огромных успехов в удержании плазмы на реакторе EAST. Сейчас идёт строительство самого большого реактора ITER, работа которого должна стать основой создания термоядерных электростанций. Это международный проект, в котором одну из ведущих ролей играет Россия.

Оказалось, что есть другой способ решения проблемы. МОКС-топливо - смесь оксидов плутония и природного урана. Отработанное ядерное топливо можно вновь использовать в реакторах и получать энергию. Реакторы на таком топливе уже дают людям электроэнергию. В сентябре 2022 года реактор БН-800 на МОКС-топливе был впервые загружен на 100% на Белоярской АЭС. [5]

Это великое российское достижение, которое позволит создать замкнутый топливный цикл и предотвратить энергетический кризис.

В работе доказано, что термоядерный синтез выгоднее в плане получения энергии, чем реакция распада, путём расчётов количества энергии на нуклон. Обнаружен альтернативный метод решения энергетического кризиса человеческой цивилизации – реакторы, использующие МОКС-топливо. Следовательно, термоядерный синтез и МОКС-топливо – главные перспективы развития ядерной энергетики.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Н.И. Воронцова, М.И. Делов. Ядерная физика 10-11 классы: учеб. Пособие для общеобразоват. Организаций; под ред. Ю.А. Панебратцева, Г.В. Тихомирова. – М.: Просвещение, 2019. – 159 с.: ил. – (Профильная школа). – ISBN 978-5-09-051605-1. Серия: «Профильная школа» основана в 2018 году.
2. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика: учебник: [в 3 т.]: Т.1. Физика атомного ядра / К.Н.Мухин. - СПб: Лань, 2009. - 383 с
3. Ярослав Садовский, к. ф-м.н, доцент кафедры «Физика плазмы» института ЛаПлаз НИЯУ МИФИ. Как удержать Солнце: материалы для термоядерных реакторов, и причём здесь пыль.
4. Пёрышкин. Физика. 9 класс. Онлайн учебник. Термоядерная реакция. [http://лена24.рф/Физика\\_9\\_класс\\_Перышкин/62.html](http://лена24.рф/Физика_9_класс_Перышкин/62.html)
5. <https://ru.wikipedia.org/wiki/МОКС-топливо>

#### **РАДИОПЕРЕДАТЧИК НА ОДНОМ ТРАНЗИСТОРЕ.**

*Демьянчук Андрей Андреевич*

*Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение лицей при ТПУ  
г. Томска, 10 класс*

Руководитель: Чистякова Надежда Владимировна

Радиоприемник и радиопередатчик можно построить из небольшого количества деталей. Однако, схемы, которые предлагают учебники, обычно, достаточно сложны и содержат большое количество компонентов. Не говоря уже о том, что очень сложно разобраться какую функцию выполняют все эти компоненты и как их правильно подобрать.

Среди сложных конструкций выделяется детекторный приемник, который содержит всего несколько деталей и даже работает без источника питания, используя энергию радиоволн.

Это говорит о том, что радиопередача не такой сложный процесс. Однако, и детекторный приемник имеет ряд нюансов, затрудняющих его постройку. Но, если дефицитным высокоомным наушникам и точечному диоду еще можно найти альтернативу, то с практически полным отсутствием вещания на длинных волнах, которые может принимать детекторный приемник, уже ничего нельзя поделывать. Остается построить свой радиопередатчик на длинных волнах.

Целью работы было определение минимального набора компонентов для постройки радиопередатчика и построение работающего устройства.

Задачи:

1. Выбрать детали для постройки передатчика, определить их функциональное назначение и номиналы.
2. Собрать схему в симуляторе электрических цепей.
3. Собрать работающее устройство.

Экспериментальная часть.

В работе была исследована работа транзистора [1] и какие функции он может выполнять в электрической цепи. Транзистор нужен для контролирования тока, с помощью другого тока (или напряжения), поданного на его вход. Было рассмотрено 4 функции транзистора и собрано 4 схемы для проверки работы:

- *ключ*
- *усилитель*
- *генератор*
- *транзистор в передатчике*

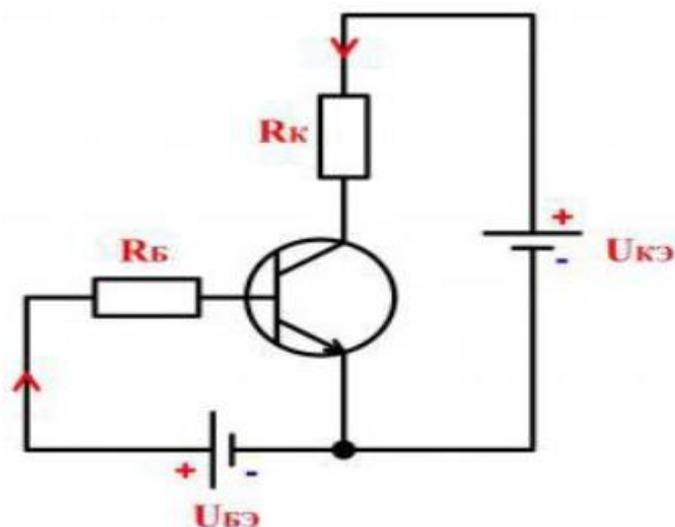
Для сборки схем использовался транзистор типа NPN.

Это означает, что ток течет от эмиттера к коллектору, поэтому при подаче питания на транзистор, необходимо правильно подключить эмиттер, коллектор и базу к источнику питания и управляющей цепи.

Ключ.

Транзистор-ключ имеет три вывода: эмиттер (откуда ток выходит), базу (которая управляет током) и коллектор (куда ток входит). Когда на базу подается небольшой ток, это позволяет большему току проходить через ключ, тем самым управляя током.

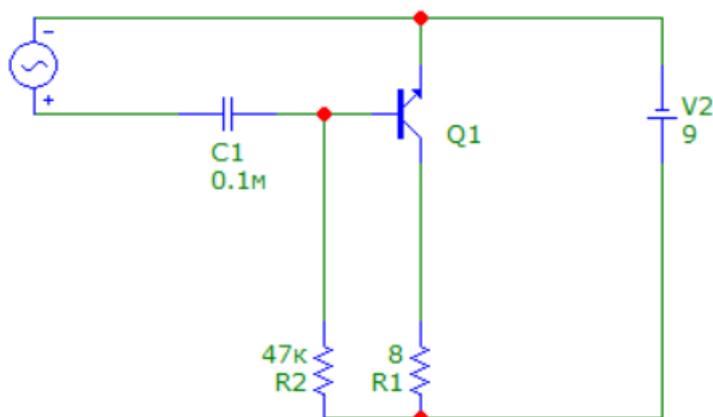
В собранной схеме транзистор подавал ток на светодиод. По нажатию кнопки он включался и выключался соответственно.



Усилитель. Транзистор-усилитель - это устройство, которое усиливает электрический сигнал, который поступает на вход.

Электрический сигнал подается на базу, который управляет током, проходящим через коллектор и эмиттер. Чем больше ток, тем больше сигнал усиливается.

Как и в любом устройстве, важно следить за его параметрами, например, за максимальным напряжением на входе и выходе, чтобы избежать повреждения устройства или снижения качества сигнала.

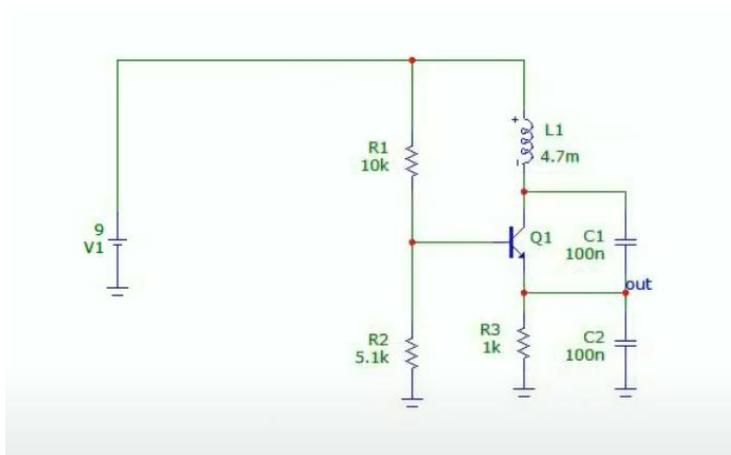


Генератор.

Транзистор-генератор - это электронная схема, которая может генерировать колебания высокой частоты.

Она состоит из транзистора, который используется для управления током через цепь, резисторов и конденсаторов, которые формируют колебания в цепи.

Волны генерируются из-за колебательного контура, то есть из-за катушки индуктивности и конденсатора [4], транзистор нужен, чтобы в такт подпитывать этот контур, иначе колебания затухают. В основе этой схемы лежит генератор Колпитца. [2]



Передатчик.

Генератор представленный выше и есть передатчик. Накладывая звук на гармонические колебания [3], которые создает колебательный контур, получаются модулированные колебания.

Таким образом было собрано несколько схем с транзистором для общего понимания работы и конечное устройство — передатчик, способное передавать длинные волны на расстояние. Сигнал передатчика можно поймать на частоте 1200 КГц с помощью приемника.

Заключение:

- 1) Определен минимальный набор и функции радиодеталей, необходимых для постройки радиопередатчика.
- 2) Собрана схема, которая демонстрирует принципы генерации радиосигнала.
- 3) Есть источник радиоволн, которые можно ловить на детекторный приемник.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Схемотехника. Транзисторы [Электронный ресурс] — режим доступа <https://clck.ru/SZvr> (дата обращения 12.12.2022)
2. Генератор Колпитца. Схема генератора Колпитца [Электронный ресурс] — режим доступа <https://elquanta.ru/novoe/rc-generator.html> (дата обращения 12.12.2022)
3. Гармонические колебания [Электронный ресурс] — режим доступа <https://clck.ru/Eo54b> (дата обращения 12.12.2022)
4. Конденсатор, катушка и резонанс в цепи переменного тока [Электронный ресурс] — режим доступа <https://spadilo.ru/kondensator-katushka-i-rezonans-v-cepi-peremennogo-toka/> (дата обращения 12.12.2022)
5. Колебательный контур [Электронный ресурс] — режим доступа <https://www.booksite.ru/fulltext/1/001/008/062/734.htm> (дата обращения 12.12.2022)

## ЛАБОРАТОРИЯ В МОБИЛЬНОМ ТЕЛЕФОНЕ

*Егоров Юрий Алексеевич*

*Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение лицей при ТПУ  
г. Томска, 10 класс*

Руководитель: Чистякова Надежда Владимировна, к.т.н., ОЭФ доцент

Важной задачей современного обучения в средней и старшей школе является создание интереса у учащихся и создание наглядности процесса для большего понимания темы.

На данный момент большая часть людей имеют смартфон. В современных телефонах находится множество датчиков которые способны помочь в выполнении различных лабораторных работ. Например: Барометр, Акселерометр, Магнитометр, Гироскоп, Люксметр, Микрофон, GPS, Сенсор дисплея и тд.[2] Использование смартфонов в качестве измерительных устройств в классе может привести к более высокому интересу и более высокому состоянию любопытства, чем в экспериментах без смартфонов.

Целью работы было изучение телефона как инструмента для лабораторных работ  
Задачи:

1. Изучить доступный инструментарий приложений регистрирующих показания с датчиков.
2. Собрать данные и провести исследование физического процесса с помощью мобильного телефона

Изучив список приложений которые могут обрабатывать показания с датчиков я выделил несколько самых интересных и функциональных приложений.

Sensors Toolbox – это универсальный диагностический инструмент, позволяющий узнать практически все о состоянии вашего мобильного устройства. Получите полную информацию обо всех датчиках, поддерживаемых вашим планшетом, смартфоном или носимым устройством.

Phyphox – это мобильное приложение с возможностью использования для сбора замеров с различных датчиков и постановки опытов предусмотренных в приложении, одним из преимуществ является возможность сохранять результаты измерений в неограниченном количестве.[1]

Научный журнал – это бесплатное приложение от Google.С его помощью можно проводить эксперименты и сохранять данные о них. Приложение позволяет проводить исследования с помощью датчиков, встроенных в устройство или подключенных через Bluetooth.[4]

Обратившись к открытым интернет ресурсам было обнаружено что несмотря на широкое распространение продвинутых мобильных гаджетов опыт по их использованию в постановке опытов весьма ограничен. В основном были задействованы калькулятор, секундомер и видеочасть мобильного устройства.[3]

Экспериментальная часть

Для проверки работы приложений и проведения практической работы был выбран опыт с демонстрацией затухающих колебаний Магнитного поля. Схема (рис.1) для проведения работы состояла из конденсатора (1500 мкв), катушки со стержнем и источником питания в виде батарейки формата Крона (6LR61, 1604A).[5]



Рисунок 1

После зарядки конденсатора аккумулятором он подключается к катушке, при этом магнитное поле измеряется смартфоном. Амплитуда магнитного поля пропорциональна колебательному току в цепи, что приводит к затухающему колебательному магнитному полю катушки:

$$B(t) \propto I(t) = e^{-\beta t} \left( \left( -\frac{Q_0 \beta^2 + I_0 \beta}{\omega} + Q_0 \omega \right) \times \sin(\omega t) - I_0 \cos(\omega_g t) \right).$$

Где R сопротивление цепи, L индуктивность, Q0 начальный заряд, τ постоянная затухания и ω частота колебаний.

Стоит заметить что главная проблема замеров с помощью мобильного телефона это частота дискретизации датчиков которая составляет 50 Гц или 100 Гц для большинства смартфонов, что не позволяет всегда проводить точные измерения.

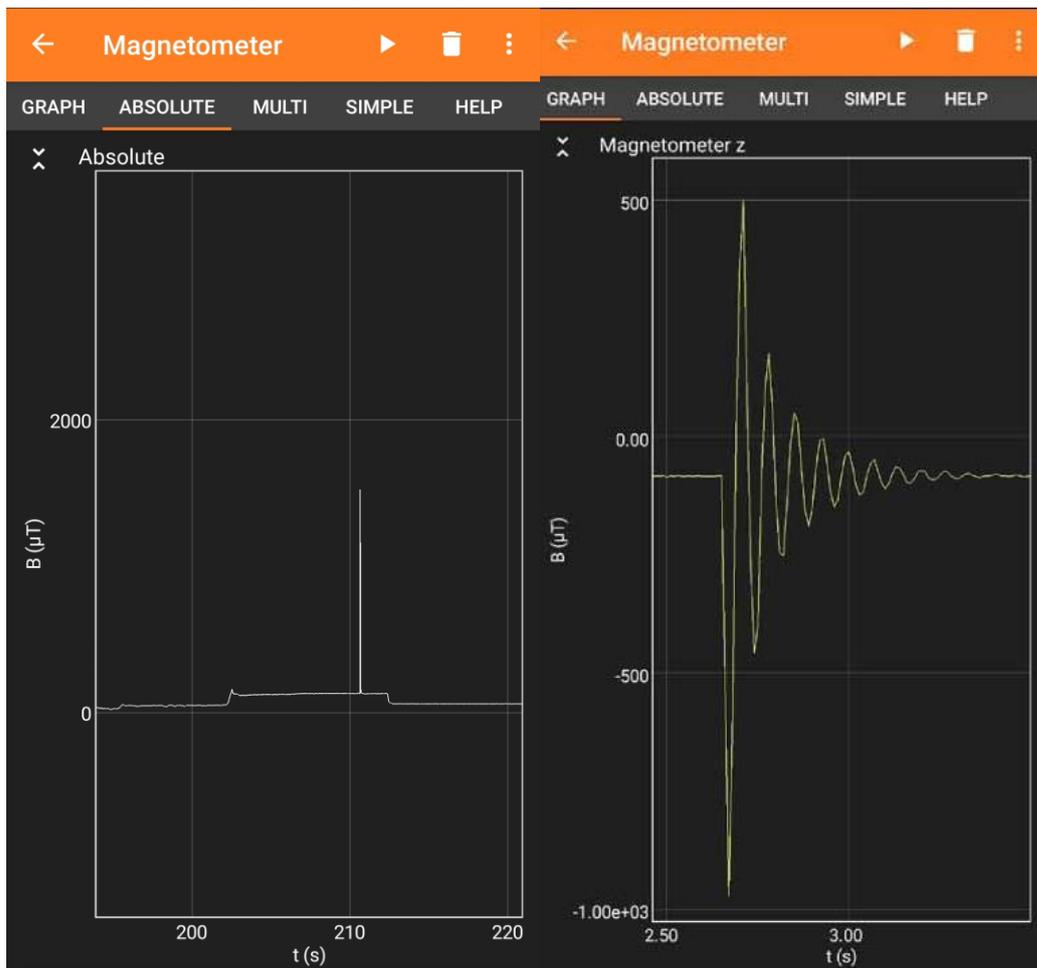


Рисунок 2

Рисунок 3[5]

На данных скриншотах представлена информация регистрируемая магнитометром на телефоне с датчиком низкой частотой дискретизации и периодом обновления данных на графике (рис.2) и противоположном графике (рис.3)[5] где период обновления гораздо меньше, а частота дискретизации больше. Данные четко выстраивают график затухающего маятника.

Выводы:

1. Проверены приложения для сбора данных для физических измерениях.
2. Исследование приложений и датчиков телефона показало что лучшее из найденных инструментов это приложений Phyrphox.
3. Результаты исследования показали что точности измерения не каждого датчиков телефона хватает для точных замеров

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Phyrphox*. Проведение физических экспериментов с вашим телефоном. [электронный ресурс] – режим доступа: [https://f-droid.org/ru/packages/de.rwth\\_aachen.phyrphox/](https://f-droid.org/ru/packages/de.rwth_aachen.phyrphox/)
2. Пигалицын Л.В. Физика в смартфоне // Видеонаука: сетевой журн. 2020. №3(19).[электронный журнал] – режим доступа: <https://videonauka.ru/stati/31-metodika-prepodavaniya-estestvenno-nauchnykh-distsiplin/268-fizika-v-smartfone>

3. Потапова М. В. Методика проведения лабораторных и творческих работ с применением мобильных гаджетов // Концепт: научно-методический журн. 2021, No 7 (июль) [электронный журнал] – режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-provedeniya-laboratornyh-i-tvorcheskih-rabot-s-primeneniem-mobilnyh-gadzhetrov/viewer>
4. М. В. Перман. Использование смартфона в опытах по физике [статья] – режим доступа: <https://ratio-natura.ru/sites/default/files/2020-11/%D0%98%D1%81%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5%20%D1%81%D0%BC%D0%B0%D1%80%D1%82%D1%84%D0%BE%D0%BD%D0%B0%20%D0%B2%20%D0%BE%D0%BF%D1%8B%D1%82%D0%B0%D1%85%20%D0%BF%D0%BE%20%D1%84%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D0%BA%D0%B5.pdf>
5. N Westermann, S Staacks, H Heinke, P Möhrke Measuring the magnetic field of a low frequency LC-circuit with phyphox [статья] – режим доступа: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6552/ac920e/meta>

## **РАЗРАБОТКА ПОЛИМЕРНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО ТОКОПРОВОДЯЩЕГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ СМЕСИ ПОЛИЭТИЛЕНА И ТЕХНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА**

*Жданов Георгий*

*Бюджетное общеобразовательное учреждение «Лицей №64», 9 класс*

*г. Омск*

Руководитель: Русских Григорий Серафимович, и.о.зав.каф.ОТМиАУ, ОмГТУ

Актуальность проекта заключается в разработке нового функционального материала, обладающего особыми свойствами. Материал может быть использован для снятия статического электричества при транспортировке горючей продукции. Материал также может быть использован для создания экранированных корпусов для радиоэлектроники. Следовательно, возникает проблема выявления нужных пропорций углерода для получения электропроводности без потери физико-механических свойств полиэтилена.

На данный момент многие продукты нефтепереработки транспортируются исключительно в стальных цистернах, которые после эксплуатации оставляют на месте их использования. Регулярность и обилие таких действий приводит к экологическим проблемам и загрязнению. Такие цистерны не выгодно использовать как в экономическом, так и в экологическом плане.

Решением всех вышеперечисленных проблем может послужить материал, имеющий токопроводящие свойства для снятия статического электричества при транспортировке, а также позволяющий вторичную переработку.

Таким свойствам может соответствовать композитный полимерный материал с примесями технического углерода, за счёт его токопроводящих свойств.

Новизна проекта заключается в исследовании свойств электропроводящего композиционного материала на основе полиэтилена.

Существенной проблемой является сохранение механических свойств композиционного материала при наполнении его различными мелкодисперсными наполнителями. Проект ориентирован на поиск минимального значения наполнения полиэтилена техническим углеродом с целью получения электропроводности с сохранением механических свойств по сравнению с базовым полимером.

Цель: Разработать токопроводящий полимерный композиционный материал на основе полиэтилена для снятия статического электричества при транспортировке продукции с сохранением физико-механических свойств материалов.

Задачи:

1. Провести информационно-патентный поиск, найти аналоги и прототипы продукта.

1.1. Выбрать из патентов варианты для аналога и прототипов

2. Изучить рынок составляющих материала, выбрать подходящие марки полиэтилена и углерода.

2.1. Анализ марок полиэтилена

2.2. Анализ видов технического углерода

3. Разработать наиболее эффективное соотношение углерода и полиэтилена на основе графиков отношения физико-химических свойств к процентному содержанию углерода.

3.1. Составить графики зависимости физико-механических свойств полиэтилена в зависимости от процентного содержания углерода

3.1.1. Графики ПКМ ПЭ 273-83 + ТУ СН85

3.1.2. Графики ПКМ ПЭ 273-83 + ТУ С140

3.2. Определить наиболее выгодное соотношение полиэтилена и углерода на основе полученных графиков

4. Сделать выводы

## ГЛАВА I.

### 1.1 Информационно-патентный поиск

Главной теоретической задачей проекта является выбор полимерной матрицы и углеродного наполнителя. Для этого был проведён информационно-патентный поиск на основе патентов с различных интернет ресурсов.

На основе полученной из информационно-патентного поиска информации, для проведения экспериментов были выбраны полиэтилен марки ПЭ 273-83 от

Казаньоргсинтез и технических углерод марок C140 и CH85 производителя OmskCarboneGroup.

В качестве итогового материала предполагался композитный материал на основе смеси полиэтилена и технического углерода в определённом соотношении способный снимать статическое электричество посредством приобретённых свойств электропроводности углерода. Количественным результатом проекта является процентное содержание технического углерода в 1 кг полиэтилена для получения наиболее выгодного, в плане итоговых свойств материала, соотношения.

В качестве аналогов могут быть представлены такие материалы как: графит, медные провода, полиацетилен. Материалы, обладающие токопроводящими свойствами. За прототип была выбрана токопроводящая резина, за счёт того, что данный материал обладает несвойственной обычной резине электропроводностью, при этом почти полностью сохранив её физико-механические свойства.

#### 1.2 Выбор основополагающей теории проекта

За основу для теоретической базы проекта, а также как основополагающая теория для выявления концентрации углерода, при которой он приобретает свойство электропроводности, была выбрана теория перколяции. Выбор теории был произведён на основе её возможности определения точки перколяции или же порога протекания (например, электрического тока) в случае композита, представленного в проекте, процентного содержания углерода, при котором материал приобретает свойства электропроводимости. Точки перколяции можно будет заметить в дальнейшем при обработке данных, полученных в ходе эксперимента.

### ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ I

На основе информационно-патентного поиска, были выявлены подходящие для эксперимента полимерная матрица и марки технического углерода. Также определена основополагающая для экспериментальной части теория, имеющая вес в дальнейшем при обработке экспериментальных данных и выявления наилучшего процента содержания технического углерода.

### ГЛАВА II.

#### 2.1 Технологический процесс

За метод исследования был выбран эксперимент. Технологический процесс заключается в 4 шагах:

- 1) Смешивание полимерной матрицы и технического углерода методом «пьяной бочки».
- 2) Экструзия полученного материала на экструдерной линии.
- 3) Гранулирование полученного экструдата.
- 4) Придание гранулам формы пластин на термопессе.

Данный технологический процесс требуется провести некоторое, наиболее оптимальное, количество раз для получения нужного количества образцов для эксперимента. В рамках проекта данное количество составило 14 раз, по 7 для

каждой марки углеродного наполнителя начиная с 3-х процентного содержания с шагом в 3%.

После получения некоторого количества композитов типа ПКМ ПЭ 273-83 + ТУ СН85 и ПКМ ПЭ 273-83 + ТУ С140 были проведены эксперименты по определению физических свойств, полученных ПКМ. Для этого использовалось такое оборудование как (см. приложение Б):

- 1) Разрывная машина Zwick/RoellZ010.
- 2) Прибор для определения ПТР InstronCeastMF20.
- 3) Мили- терраОмметр MilliТО-3.

Все эксперименты и технический процесс были проведены на базе Научно образовательного ресурсного центра, Омского государственного технического университета. НОРЦ «Политест» 8 корпус, ОмГТУ.

- 4) Экструдерная линия Scameх.
- 5) Термопресс.

## 2.2 Обработка экспериментальных данных

Экспериментальные данные представляют собой набор физических характеристик ПКМ при различном содержании технического углерода. В ходе эксперимента рассматривались такие показатели как: ПТР или же показатель текучести расплава, удельное сопротивление материала и сопротивляемость материала упругой деформации растяжения, или же модуль Юнга. Полученные данные представлены в виде графиков и таблицы (см. Приложение А).

## ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ II

В ходе многократного повторения технического процесса были получены образцы ПКМ с различными физическими показателями, которые в дальнейшем были точно определены с помощью экспериментов и представлены в виде таблиц и графиков.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В первой главе были описаны выбранные марки полимерной матрицы и углеродного наполнителя, а также определена теория перколяции, как основополагающая для дальнейших экспериментов.

Во второй главе был описан технологический процесс, а также обработаны экспериментальные данные, которые в дальнейшем были представлены в виде графиков и итоговой таблицы.

Вывод: Использование технического углерода марки С140, как наполнителя полиэтилена марки ПЭ 273-83 в концентрации 9% по массе, позволяет создать ПКМ, соответствующий требованиям к механическим свойствам и показателям удельного сопротивления, разрабатываемого ПКМ.

Полученный материал может быть использован для предполагаемых задач (изготовления тар и цистерн для транспортировки горюче-смазочных веществ и создания экранированных корпусов для точной радиоэлектроники), но также и для других задач в роли твёрдого проводника.

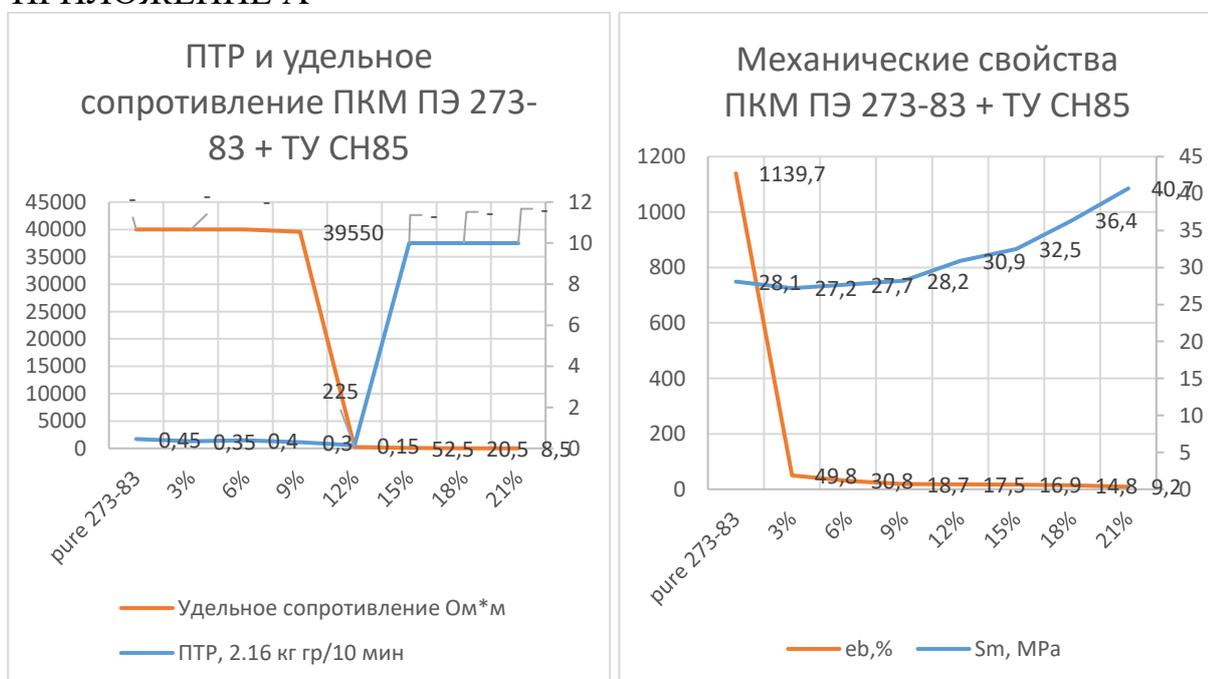
- При этом у полученного ПКМ существенно ниже деформация разрушения.

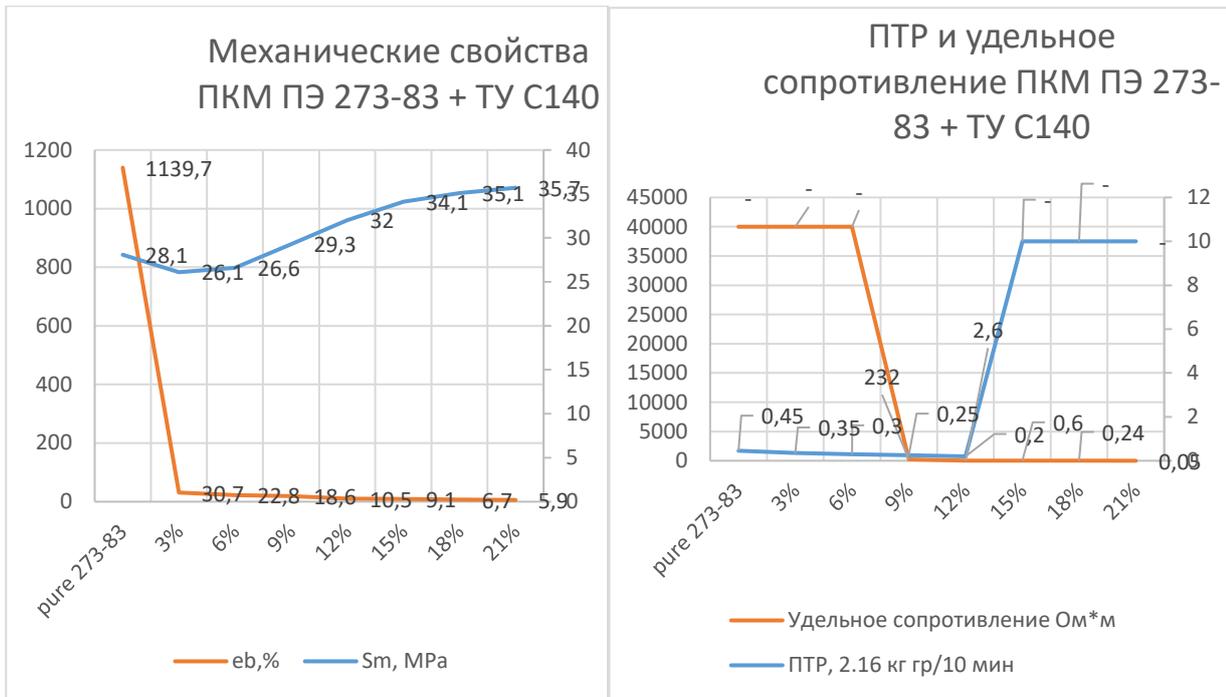
- Однако полученный ПКМ не соответствует технологическим требованиям.
- Для устранения выявленных недостатков ПКМ в дальнейшем планируется:
  - Использовать линейный полиэтилен с высоким ПТР в качестве дополнительного компонента ПКМ.
  - Рассмотреть возможность использования других углеродных материалов (УНТ, углеродное волокно) для снижения общего наполнения ПКМ.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шевченко В.Г. Основы физики полимерных композиционных материалов 2010
2. Электрические свойства полимеров / под ред. Б.И. Сажина: 3-е изд. Л., 1986.
3. Гуль В.Е., Шенфиль Л.В. Электропроводящие полимерные композиции 1984.

### ПРИЛОЖЕНИЕ А





## ПРИЛОЖЕНИЕ Б



## ПОЛУЧЕНИЕ КАРБИДА МОЛИБДЕНА ИЗ МОЛИБДЕНОВОЙ РУДЫ

*Иванова Татьяна*

*Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение лицей при ТПУ,*

*10 класс*

*г. Томск*

Руководитель: Васильева Юлия Захаровна, к.т.н.

Введение. Карбиды молибдена обладают крайне важными для науки и техники свойствами: повышенная твёрдость, износостойкость, коррозионная стойкость, относительно высокая электропроводность и теплопроводность, каталитическая активность [1]. Данные материалы могут применяться для водородной энергетики. Согласно литературе, карбиды молибдена могут использоваться в качестве катализаторов в реакциях получения водорода из воды [2]. Также карбиды молибдена наделены высокой каталитической активностью сравнимой с активностью металлов платиновой группы, которые в настоящий момент являются лучшими катализаторами, однако имеют высокую стоимость. Поэтому применение карбидов молибдена в указанных процессах выгоднее ввиду их дешевизны и доступности.

Карбиды молибдена могут быть получены разными способами, например, карботермическим восстановлением оксида молибдена, механосинтезом, пиролизом, лазерной абляцией и др. [6-9]. Механосинтез осуществляется с использованием мельниц определенной энергонапряжённости и конструкции, в разных атмосферах с применением различных прекурсоров [3]. Данные различия оказывают влияние на получаемые результаты, поэтому в продуктах с одинаковым составом, но полученными разными способами могут быть получены разные фазовые состояния. Лазерная абляция применяется в высокотехнологичных производствах. Суть этого метода заключается в том, что вещество удаляется с поверхности лазерным импульсом. При низкой мощности лазера вещество испаряется или сублимируется в виде свободных молекул, атомов и ионов, то есть над облучаемой поверхностью образуется слабая плазма. Данный метод имеет трудности с получением плёнок веществ, слабо поглощающих или отражающих лазерное излучение в видимой области. Также, имеет низкий коэффициент полезного использования материала мишени [4].

Большая часть методов получения карбида молибдена требует громоздкого дорогостоящего оборудования, значительных затрат времени и энергии, что ограничивает их повсеместное использование. В настоящее время, одним из перспективных методов считается безвакуумный электродуговой метод. Преимуществом этого метода является осуществление процесса получения материала при нормальном давлении в открытой воздушной атмосфере, что позволяет значительно упростить конструкцию за счёт отказа от баллонов с инертными газами и тд. Данный метод реализуется за счёт создания автономной газовой среды в процессе эмиссии газов CO и CO<sub>2</sub>, которые ограничивают поступление кислорода из воздуха в зону реакции и позволяют получать не оксидные материалы [5].

Обычно в качестве исходного сырья для получения карбидов молибдена применяют чистый молибден или его оксид, получаемый переработкой молибденовой руды (молибденит, MoS<sub>2</sub>). В настоящей работе рассматривается возможность использования молибденовой руды без предварительной обработки в качестве исходного сырья для получения карбида молибдена в

электродуговой плазме. Такой подход позволит сократить количество операций для получения конечного продукта, следовательно, уменьшит затраты.

**Материалы и методы.** В качестве исходного сырья применялись порошки молибденита ( $\text{MoS}_2$ ) и углерода, которые смешивались в массовом соотношении  $\text{MoS}_2/\text{C} = 2/3$ . Смешивание и помол сырья производился в вибрационной мельнице марки Retsch MM 500 nano в течение 20 мин при частоте 20 Гц. Эксперимент проводился на электродуговом реакторе, который состоит из графитовых электродов, источника питания, осциллографа, системы перемещения анода и системы охлаждения.

Источник питания настраивали на силу тока 200 А, время воздействия электродуговой плазмой составило 20 с. Масса исходной смеси, которая была помещена в графитовый тигель, была равна  $0,5 \text{ г} \pm 0,01 \text{ г}$ . Основные элементы системы взвешивались до и после проведения эксперимента на лабораторных весах Ньютон. После проведения эксперимента полученный порошок анализировался методом рентгеновской дифрактометрии на дифрактометре Shimadzu XRD-7000S.

**Результаты и обсуждение.** По результатам эксперимента по получению карбида молибдена из молибденовой руды был проведен анализ массового баланса основных элементов системы. Согласно результатам расчета, в процессе горения дугового разряда масса анода изменяется на 19,3 %, длина анода уменьшается на 16,5 %. Причиной этого является перенос части массы анода на катод с образованием катодного депозита ввиду процесса электрической эрозии [10,11]. Разница в массе катода составила 0,7 %. Часть массы электродов идет на образование газов  $\text{CO}$  и  $\text{CO}_2$ , что создает защитную газовую среду и не дает окислиться порошковому продукту. Изменения в массе порошка после воздействия плазмы составило 40 %, увеличение массы произошло за счет переноса части массы анода, разрушения углеродной прокладки и взаимодействия материала катода с исходной смесью.

На рисунке 1 приведены результаты рентгеновской дифрактометрии полученного порошка.

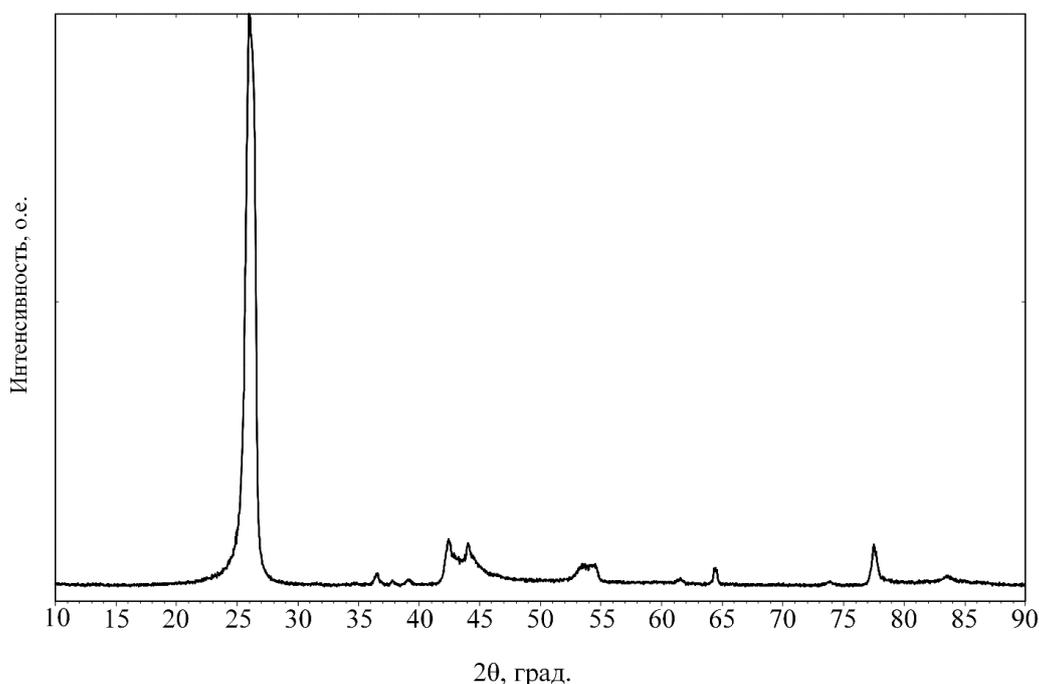


Рисунок 1. Рентгенограмма полученного образца

На рентгенограмме идентифицирована фаза молибденита, в сравнении с рентгенограммой исходного сырья интенсивность максимумов существенно уменьшилась, однако фаз карбида молибдена не обнаружено. Следовательно, можно сделать вывод о том, что необходимо изменить параметры обработки исходного сырья электродуговой плазмой для полной переработки исходной смеси с образованием карбида молибдена.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Lin L., Zhou W., Gao R., Yao S., Zhang X., Xu W., Zheng S., Jiang Z., Yu Q., Li Y.-W., Shi C., Wen X.-D., Ma D. // Nature. 2017. V. 544. N 7648. P. 80–83. DOI: 10.1038/nature21672
2. Lili Lin, Wu Zhou, Rui Gao et al. // Nature, 2017.– V. 544 (7648). – P.80–83.
3. Аввакумов Е. и др. (ред.). Фундаментальные основы механической активации, механосинтеза и механохимических технологий. – Litres, 2022.
4. Петровская А. А., Фомина С. А. Синтез металлических наночастиц методом лазерной абляции в жидкости //Политехнический молодежный журнал. – 2019. – №. 11. – С. 8-8.
5. Васильева Ю. З., Пак А. Я. Синтез карбида молибдена в самоэкранирующейся электродуговой плазме //Материаловедение. Энергетика. – 2021. – Т. 27. – №. 2. – С. 62-72.
6. Madrigal-Camacho M., Vilchis-Nestor A.R., Camacho-Lopez M., Camacho-Lopez M.A. Synthesis of MoC@Graphite NPs by short and ultra-short pulses laser ablation in toluene under N<sub>2</sub> atmosphere. Diamond and Related Materials 82 (2018) 63–69.

7. Yosida Y., Oguro I. Superconductivity in a high-temperature cubic phase of MoC<sub>x</sub> encapsulated in the multiwall carbon nanocages. *Physica C*, 442 (2006) 97–100.
8. Vasilevich A.V., Baklanova O.N., Lavrenov A.V. Molybdenum Carbides: Synthesis and Application in Catalysis. *Solid Fuel Chemistry*, 54 (6) (2020) 354–361.
9. Wang S., Wang J., Zhu M., et al. Molybdenum carbide-modified nitrogen-doped carbon vesicle encapsulating nickel nanoparticles: A highly efficient, low-cost catalyst for hydrogen evolution reaction. *Journal of the American Chemical Society*, 137 (2015) 15753–15759.
10. Германский А. М. и др. Исследование воздействия сверхвысоких давлений на углеродные нанотрубы // Письма в ЖТФ. – 1999. – Т. 25. – №. 5. – С. 18.
11. Халдеев В. Н. К вопросу о механизме электрической эрозии электродов // Электронная обработка материалов. – 2003. – №. 5. – С. 4-10.

## **ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КАПЛИ ВОДЫ**

*Игнатченко Алена*

*Муниципальное общеобразовательное учреждение «Лицей №1», 8 класс  
город Ачинск Красноярского края*

Руководитель: Нерода И.П., учитель физики МОУ «Лицей №1» г. Ачинск

*Актуальность темы.* Вода имеет огромную значимость для человека и природы, с водой на нашей планете связана не только жизнь, но и климат, работа большинства отраслей народного хозяйства, вода является богатейшим источником энергии, одной из сил стихий на Земле [1]. Трудно представить, но капля воды способна подарить или отнять жизнь, спасти живое.... Поэтому исследования по изучению свойств воды являются актуальными.

*Проблема.* Несмотря на то, что во все времена ученые, философы описывали красоту и важность воды, теме «капля» не уделяли большое внимание. В наше время на уроках в школе изучению свойств капли жидкости отведено очень мало времени, школьники слабо представляют, какими свойствами обладает капля. Мы решили подробнее в своей работе изучить, как на простых демонстрационных опытах можно познакомиться с теорией капли жидкости, наблюдать за поведением капли воды и изучить ее свойства.

*Разработанность данной проблемы.* Из литературы [2] выяснили, что вода имеет разные свойства в различных агрегатных состояниях. Вода в жидком состоянии принимает форму того сосуда, который она заполняет, а если сосуда нет, то растекается или рассеивается. За исключением капель жидкости, им не нужны сосуды. «Сосудом» для капли является «поверхность самой капли», точнее, слой своих же молекул, оказавшихся на «границе», за которой находятся

молекулы другого вещества. В источнике [3] говорится, что капля – это небольшой объём жидкости, ограниченный поверхностью, определяемой действием сил поверхностного натяжения. Почему физики большое внимание уделяют капле? Оказывается, многие законы природы проявляются одинаково в совершенно разных условиях и, изучая процессы на капле воды, можно проводить аналогии и на другие процессы. Поэтому изучение данной темы необходимо.

*Гипотеза:* с помощью простых и доступных опытов можно изучить свойства капли жидкости.

Для нашего исследования, мы определили следующую *цель* – выяснить физические свойства, которыми обладают капли воды.

Для достижения поставленной цели, нам необходимо решить следующие *задачи*: проанализировать литературу о свойствах капли воды; провести опыты по изучению свойств капли воды; подготовить методическое пособие для детей о проведении безопасных опытов, экспериментов в домашних условиях для повышения интереса к физическим свойствам воды и ее значимости в целом.

*Методы исследования:* анализ, анкетирование, наблюдение, обобщение, эксперимент, статистические методы обработки результатов эксперимента.

Для того, чтобы наше исследование приобрело форму интерактивного, мы разработали онлайн опрос, основанный на знаниях из школьной программы и базовых знаниях человека из окружающего мира, с целью понимания имеющихся знаний школьников и взрослых о значимости и свойствах воды/капли воды. Техническая часть опроса адаптирована под разный возраст и не требует отдельной регистрации или установки специализированных программ

(использовали google-опрос: <https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSd1cBaXYTiTySXI-wjc2p8b - MKPFR7Ge0rrpHmXKddY0kiKQ/viewanalytics>). Из числа опрошенных 88,2 % знают, что живой организм не может существовать без воды, 80% знают физические состояния воды, однако всего 58 % из опрошенных знают температуру замерзания воды и лишь 50% отметили правильно, что горячая вода замерзает быстрее холодной. Следует отметить хорошие знания об образовании капли (70%), смачивании (78%), капиллярности (74%) и измерении объема капли (86%). Итак, правильные ответы (в среднем подсчете) по итогам анализа опроса составили 82,3%, что говорит о пробелах в знаниях данной темы и требует дополнительной популяризации.

Во второй части нашего исследования мы проведем несколько опытов по образованию капли, формированию ее формы, измерим массу, объем капли, поверхностное натяжение, понаблюдаем каплю в процессе замерзания, в вязкой среде и пр.

Опыт №1. Процесс образования капли

В данном опыте рассмотрели процесс образования капли разными способами (рис.1): при медленном истечении жидкости из небольшого отверстия или стекании её с края поверхности (кран смесителя): видим, что в условиях невесомости капля имеет форму шара - это определяется действием

поверхностного натяжения и силой тяжести; при конденсации водяного пара – кипение чайника под его крышкой: при кипении жидкость испаряется и, при закрытом сосуде (чайник) образуется конденсат в жидком виде в форме капель (крышка чайника); при распылении жидкости – аэрозоль: капли образуются при распылении жидкости аэрозолем на поверхность. В зависимости от способа образования капли получаются разных размеров.

#### Опыт №2. Измерение объема капли

Измерили объем одной капли воды экспериментально, используя метод рядов. Среднеарифметический объем капли оказался равен 0,048 мл.

Рассчитали объем капли воды, теоретически. Проводили опыт при 20 °С, коэффициент поверхностного натяжения воды  $\sigma = 72,86 \cdot 10^{-3}$  Н/м взяли из справочника. Рассчитав по формуле  $m = 2\pi R\sigma/g$  (1) массу и зная плотность воды, рассчитали объем капли:  $V = m / \rho = 2\pi R\sigma/\rho g$  (2). Объем капли оказался равен 0,046мл. Итак, объемы капли воды, рассчитанные экспериментально и теоретически оказались примерно равными.

#### Опыт 3 Измерение массы капли

Измерили массу одной капли воды экспериментально, используя метод рядов. Масса капли воды равна примерно 1,1 мг.

#### Опыт 4 Смачиваемость

Провели опыты и выяснили, что вода смачивает ткань, бумагу, дерево, и не смачивает парафин, пластилин. Благодаря явлению смачиваемости мы пишем на бумаге, можем вытираться, мыть посуду, стирать белье. Благодаря явлению несмачивания мы можем ходить не промокая под зонтом или в куртках из специальной непромокаемой ткани.

#### Опыт 5 Явление поверхностного натяжения

Для наблюдения поверхностного натяжения провели два эксперимента. В сосуд с водой на глубину 2-3 см с помощью пипетки мы поместили каплю йода. Эта капля, деформируясь, поднялась вверх, как только она достигла водной поверхности, произошло взрывоподобное растекание спиртовой настойки по поверхности воды. Когда капля находится внутри жидкости, происходит медленное растворение и диффузия йодной настойки, капля при этом деформируется. Когда же она достигает поверхности воды, в месте её выхода сильно понижается поверхностное натяжение, и йодная настойка начинает очень быстро перемещаться к тем участкам, где поверхностное натяжение больше.

Поместили скрепку на поверхность воды, она удерживается благодаря поверхностному натяжению.

Благодаря поверхностному натяжению некоторые насекомые способны передвигаться по воде; без сил поверхностного натяжения кисточка не зачерпнула бы краску из банки; автоматическая ручка сразу же поставила бы большую кляксу, опорожнив весь свой резервуар; нельзя было бы намылить руки: пена не образовалась бы; нарушился бы водный режим почвы, что оказалось бы губительным для растений; пострадали бы важные функции нашего организма.

#### Опыт 6 Измерение поверхностного натяжения воды

Поверхностное натяжение воды определяли методом отрыва капель, используя методику [4]. Рассчитали коэффициент поверхностного натяжения по формуле:  $\sigma = m_0 g / N \pi 0,9 d$ . Измерили среднее арифметическое поверхностное натяжение воды  $\sigma = 0,087$  Н/м, что с учетом погрешности 20% совпадает с табличным значением.

#### Опыт 7 Капиллярность

Используя метод измерения высоты поднятия мениска в капилляре и формулу из учебника [5] рассчитали поверхностное натяжение воды  $\sigma = h r \rho g / 2$ . Расчеты поверхностного натяжения проводились при температуре 23 °С, поверхностное натяжение воды получилось 0,0675 Н/м, что с учетом погрешности 6% совпадает с табличным значением.

Капиллярность играет большую роль в жизнедеятельности животных и растений, бытовых явлениях: подъём керосина по фитилю в керосиновой лампе или воды для полива растений, вытирание рук полотенцем, действие влажных тряпок, губок, полотенца, салфеток, капиллярных ручек, зажигалок. Капиллярный эффект используется в неразрушающем контроле для выявления дефектов, имеющих выход на поверхность контролируемого изделия, позволяет выявлять трещины, которые не видны невооруженным глазом.

#### Опыт №8 Движение капли в вязкой среде

Для практических задач очистки сточных вод от нефтепродукта большой интерес представляет механика жидких частиц, т. е. движение жидких капель в жидкой среде. Поэтому мы рассмотрели, как ведет себя капля воды в вязкой среде-растительном масле.

Капля воды в процессе движения изменяет форму. Чем меньше капля, тем больше силы поверхностного натяжения и тем устойчивее ее форма. У больших капель влияние поверхностного натяжения жидкости меньше, и капля сплющивается, приобретая различные неустойчивые формы, что приводит к колебаниям скорости всплытия и к отклонениям траектории движения от вертикали.

#### Опыт 9 Замерзание капли

Мы посмотрели формы капель после замерзания пришли к выводу, что после замерзания объём капель увеличился. По наблюдениям капля горячей воды замерзает быстрее, чем капля холодной горячей предмет может остывать быстрее, чем холодный. При охлаждении более теплая система достигла низкой температуры за меньшее время, чем более холодная система.

Увеличение объема воды при замерзании необходимо учитывать при эксплуатации техники, механизмов, водопровода на производстве, в хозяйственной деятельности, в быту во избежание повреждения или выхода из строя.

#### Опыт 10 Линза, создаваемая природой

Поместим на горизонтально расположенный экран включенного планшета или смартфона маленькую каплю воды и рассмотрим изображение на экране.

Также “усиление” лупы капелькой воды позволит рассмотреть более мелкие детали [7].

Свойство капли воды как собирающей линзы может стать причиной пожара в лесу: капелька росы может воспламенить сухую хвою или траву.

#### Опыт 11 Эффект Лейденфроста

Если капля воды попадает на поверхность холодной сковороды, она растекается, если же на поверхность раскаленной сковороды - очень долго «скользит». Если поверхность нагрета выше точки кипения жидкости, под каплей моментально образуется прослойка пара, замедляющая испарение самой капли и снижающая трение между ней и поверхностью, позволяя двигаться по ней, словно по льду.

Благодаря этому эффекту Лейденфроста можно без ущерба погружать мокрую руку в расплавленный металл или пускать колечки жидкого азота (впрочем, делать это нужно аккуратно, поскольку в случае ошибки можно серьезно пострадать или даже умереть).

#### Опыт 12 Капля для демонстрации ядерной модели ядра

Мы рассмотрели, как происходит слияние двух капель воды, для наглядности взяли «цветные» капли. Мы записали видеоролик слияния капель воды, которое можно использовать для демонстрации слияния или деления ядер.

Проведенные опыты легли в основу создания методического пособия для детей о проведении безопасных опытов, экспериментов в домашних условиях для повышения интереса к физическим свойствам воды и ее значимости в целом.

Таким образом, в ходе исследования гипотеза подтвердилась, с помощью простых и доступных опытов можно изучить свойства капли жидкости.

Задачи исследования выполнены: выяснили из литературы основные свойства капли воды, провели экспериментальную часть исследования, составили «*Методическое пособие для детей о проведении безопасных опытов, экспериментов в домашних условиях*» (<https://disk.yandex.ru/i/9r0cOc1mH4PDHQ>).

Результатами нашего исследования и составленным методическим пособием могут воспользоваться учителя физики, естествознания, школьники на уроках и во внеурочной деятельности.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Загадки простой воды Предисловие... [Электронный ресурс]. URL: <http://www.libma.ru/> (Дата обращения 11.09.2022)
2. 3. Физическая лаборатория “Капля жидкости”... [Электронный ресурс]. URL: <https://infourok.ru/> (Дата обращения 10.02.2023)
5. Адсорбция, смачивание и капиллярные явления... [Электронный ресурс]. URL: <https://studfile.net/> (Дата обращения 18.02.2022)
6. Физика 10 класс (базовый и углубленный уровень). Учебник. Ч.2./ Л. Э. Генденштейн, А. А. Булатова и др.; под ред. В. А. Орлова. – М. : БИНОМ . Лаборатория знаний, 2019.- 240с. : ил.

## **ВЛИЯНИЕ АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ НА СКОРОСТЬ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛА ПРИ ТРЕХМЕРНОЙ ГРАВИРОВКЕ**

*Ильин Василий*

*Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение лицей  
при ТПУ, 10 класс, г. Томск*

Руководитель: Зыков Илья Юрьевич, кандидат физико-  
математических наук

Лазерные технологии являются одними из наиболее важных и быстро развивающихся областей современной науки и техники. Они находят применение в множестве индустриальных, медицинских и научных задач. Исследования в области лазерных технологий имеют важное значение для создания новых методов лечения и диагностики медицинских заболеваний, усовершенствования производственных процессов, повышения безопасности и защиты граждан, исследований природных явлений и многого другого [2]. Данная работа является новой в сфере лазерной гравировки. Ранее не было работ посвященным изучению взаимосвязи процесса гравировки и атмосферного давления.

Целью было изучение влияния атмосферного давления на скорость обработки материала при трехмерной гравировке на примере алюминиевых сплавов.

Поставленные задачи:

1. Найти оптимальные характеристики лазера и условия среды для обработки поверхностей.
2. Разработать и собрать камеру, в которой мы сможем изменять давление. И провести опыты с этой камерой.

В опытах использовался волоконный лазер МиниМаркер 2, имеющий длину волны 1,064 мкм, частоту следования импульсов от 1.6 кГц до 100 кГц, среднюю выходную мощность равную 10 Вт, длительность импульсов от 4 до 200 нс и скорость перемещения луча до 8.7 м/с [1].

Использовали материала алюминий Д-16Т. Химический состав сплава Д16Т устанавливается ГОСТ 4784-97. В него входит алюминий (до 94,7%), медь (до 4,9%), магний (до 1,8%), марганец (до 0,9%), кремний (до 0,5%), железо (до 0,5%) и примеси других металлов (не более 0,15%). Присутствие данных компонентов увеличивает коррозионную устойчивость и механическую прочность сплава.

Кремний позволяет делать сварной (и лазерный) шов более качественным, а включение никеля, например, дает возможность использовать материал в условиях высоких температур.

Использовался микрометр ИЧ-10 кл.0 (образец 1985 года), имеющий следующие характеристики: цена деления = 0.01мм, погрешность = 0-10 мкм, усилие =  $\pm 0.015N$ .

Первым делом была разработана вакуумная камера и начата её сборка. Схема камеры представлена на рисунке 1. Вакуумная камера представляет собой блок из стали с выбранной в нем цилиндрической полостью с двумя окошками по бокам и просверленными отверстиями под болты. Сверху имеется крышка, через которую проходит луч лазера. При повышенном и пониженном давлении используются разные крышки (стеклянная пластина или акриловое стекло, соответственно). Для откачки воздуха используется форвакуумный насос. Для повышения давления используется ручной насос с манометром. С другой стороны находится клапан, предназначенный для ограничения давления в камере или его сброса при накачке. Или этот клапан используется для заполнения камеры при откачке воздуха. Также есть возможность проводить опыты в разных средах.

Пока собиралась камера, мы проводили опыты, направленные на получение наиболее корректных настроек лазера (создающих наиболее быструю скорость обработки и наименее разрушительные для лазерной установки).

В первом эксперименте мы исследовали зависимость углубления от длительности импульса и мощности лазера. В результате проведенных опытов было выяснено, что наилучшими характеристиками работы лазера является время импульса лазера равное 200 нс и мощность 100 процентов. Но главное то, что глубина зависит от мощности не линейно. И график мощностей 100 нс выглядит, как участок графика 200 нс. Результаты представлены на рисунках 2.1 и 2.2.

Во втором эксперименте мы выясняли как влияет на глубину гравировки плотность линий и скорость перемещения лазера. В результате получилось то, чего даже не предполагалось в начале. Лучшим оказался режим, при котором лазер двигается со скоростью 1000мм/с по горизонтальной оси и совершает 20 проходов на миллиметр при времени импульса 200нс. Но при тех же условиях, только время импульса составляло 100нс, мы получили отрицательную скорость, т.е. лазер не убирал металл, а наоборот, наплавлял его. Результаты представлены в таблице 1.

С помощью заключительных опытов мы изучали зависимость глубины обработки материала от атмосферного давления. В результате нам удалось выяснить, что максимальной глубины можно добиться в пределах 500-800 mbar ниже н.у. (позже будет записано, как условные границы или у.г.). При дальнейшем увеличении давления результаты только уменьшаются. Очевидно,

что такое явление обусловлено воздействием пароплазменного факела на лазерное излучение. При давлении ниже у.г., факел не образуется, на давления, чтобы ‘выплеснуть’ тепловой очаг не хватает, поэтому материал остается на месте, но становится сильнее нагретым. При давлении выше г.у., факел начинает мешать лазерному излучению, преломляя его, из-за этого процесс обработки материала становится затруднительным, а энергия уходит на образование плазмы и преломление, а не на нагрев материала. Результаты представлены в таблице 2, на рисунках 3.1 и 3.2.

Выводы:

1. Оптимальными параметрами лазера для обработки детали оказались:

Время импульса – 200нс

Количество проходов лазера на мм – 20 раз

Скорость перемещения лазера по горизонтали – 1000 мм/с

Частота лазерных импульсов – 20 кГц

Мощность лазера – 100%

2. Атмосферное давление, на примере обработки алюминия, оказывает существенное влияние на скорость удаления материала при глубокой лазерной гравировке. Мы считаем, что в основе этой зависимости лежит влияние атмосферного давления на условия разлета факела лазерной плазмы и, как следствие – экранировку зоны обработки от лазерного излучения и эффективность выдавливания расплава из зоны обработки.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Лазерный маркер МиниМаркер 2 (волоконный лазер) [Электронный ресурс]-режим доступа: <https://newlaser.ru/ru/oborudovanie/lazernye-sistemy-gravirovki-i-markirovki/sistemy-serii-minimarker/> (дата обращения: 18.12.2022)
2. Ноздрин О.В, Ципилев В.П., Зыков И.Ю., Мельникова А.Г. Особенности формирования структуры в поверхностном слое сталей при лазерной обработке наносекундной длительности воздействия / О. В. Ноздрин: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук – Томск, 2007. – 97с.

Таблица 1 – Зависимость скорости углубления от плотности проходов лазера и скорости его перемещения в горизонтальной плоскости.

Время импульса, нс	Плотность, линий/мм	Скорость, мм/с	Время одного слоя, с	Высота, мкм	Скорость выполнения углубления, мкм/с
200	20	1000	2	20	0,333333
	40	500	37	45	0,040541

	60	333	82	520	0,211382
	80	250	239	680	0,09484
	100	200	367	960	0,087193
100	20	1000	22	-20	-0,0303
	40	500	67	90	0,044776
	60	333	139	210	0,05036
	80	250	239	290	0,040446
	100	200	367	605	0,05495

Таблица 2 – Зависимость глубины гравировки от атмосферного давления.

Время импульса, нс	Давление относительно нормального, mbar	Глубина, мкм
200	-990	380
	-800	720
	-500	680
	0	600
100	-990	220
	-800	260
	-500	300
	0	200

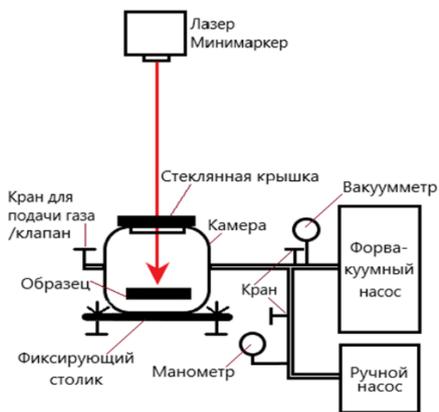


Рис 1. – Схема вакуумной камеры

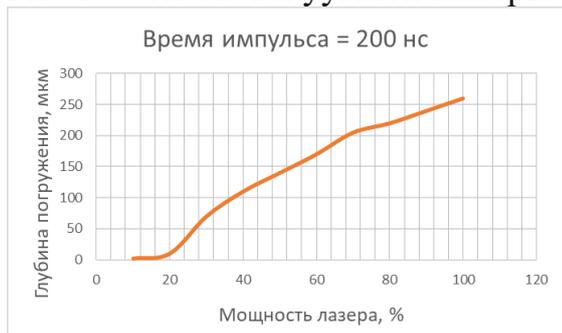


Рис. 2.1 – График зависимости глубины обработки от мощности лазера при времени импульса 200 нс

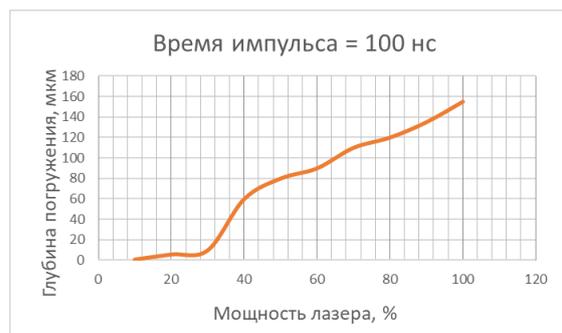


Рис. 2.2 – График зависимости глубины обработки от мощности лазера при времени импульса 100 нс

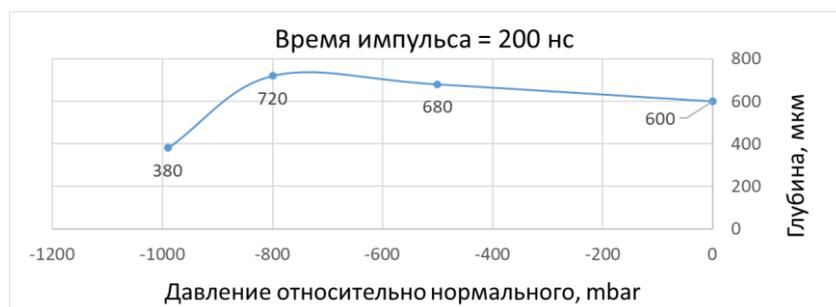


Рис. 3.1 – График зависимости глубины обработки от атмосферного давления (относительно н.у.) 200 нс

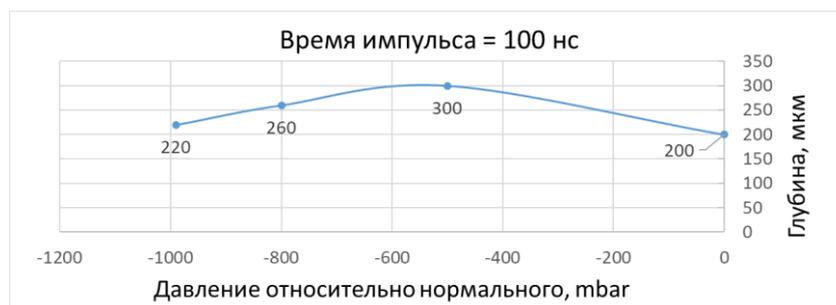


Рис. 3.2 – График зависимости глубины обработки от атмосферного давления (относительно н.у.) 100 нс

## ДЕЙСТВИЕ ЗАКОНА БЕРНУЛЛИ В ПРОСТЕЙШИХ ОПЫТАХ

*Карытко Егор Владимирович*

*Муниципальное общеобразовательное учреждение «Лицей № 1», 10 класс  
г. Ачинск*

Руководитель: Нерода И.П., учитель физики МОУ «Лицей №1» г.  
Ачинска Красноярского края

Актуальность. Первопричиной развития инженерного дела является инженерное образование, поэтому вопрос о том, как сделать изучение физики интереснее для большего числа школьников, очень актуален. Постановка проблемы: Несмотря на широкое применение явлений, описываемых законом Бернулли, в природе и технике, тема движения потоков нетвёрдых веществ изучается в школе только в профильных классах на поверхностном уровне. Поэтому было решено дополнительно провести исследования, которые помогут раскрыть данную тему шире, увеличив кругозор и знания физических явлений у школьников.

Разработка исследуемой проблемы: из литературы [1] выяснили, что закон Бернулли встречается в различных сферах: в природе, в быту, в технике, в растениеводстве и земледелии. Полученное Бернулли равенство, действительно не только для воды, но и для потока любых нетвёрдых веществ, что позволяет использовать закон Бернулли в гидродинамике, в аэродинамике и гидравлике-прикладных науках о законах движения, равновесии жидкостей и способах приложения этих законов к решению задач инженерной практики. Спектр возможных применений закона Бернулли необходимо исследовать, развивать и в дальнейшем.

В начале исследования выдвинули гипотезу: можно с помощью простых опытов продемонстрировать закон Бернулли. Поставили цель: составить сборник опытов, экспериментов для демонстрации закона Бернулли в домашних условиях. Определили задачи: 1) выяснить из литературы информацию о законе Бернулли, его практическом применении; 2) провести эксперименты для демонстрации закона Бернулли; 3) популяризировать полученную информацию. Методы исследования: анализ, обобщение, моделирование, эксперимент, наблюдение.

Уравнение Бернулли открыло возможности для объяснения многих необычных загадок физики. Изучив и проанализировав различные источники [2], мы в своей работе собрали и проделали опыты, демонстрирующие закон Бернулли, которые можно провести в школе или домашних условиях. К каждому опыту определили цель, выбрали оборудование, и описали ход проведения, объяснив наблюдающиеся явления.

«Левитация» Цель: продемонстрировать явление «левитации».

Опыт 1. Оборудование: фен, лёгкий небольшой шар из пенопласта. Ход опыта: Включить фен, направив струю воздуха вертикально, поместить в струю воздуха шарик. Можно перемещать струю воздуха, уменьшать скорость движения воздуха, наклонять поток воздуха.

Опыт 2. Оборудование: воздушный шар, фен или школьная тетрадка. Ход опыта: Создать поток воздуха над воздушным шаром. Над шаром возникает область пониженного давления, и он парит в воздухе

Опыт 3. Оборудование: фен, шар, воронка. Ход опыта: Поставим воронку в положение широкой частью вниз; направив фен в узкую часть воронки, создадим поток воздуха, зафиксируем пенопластовый шар внутри, отпустив его. В результате лёгкий шарик не падает, остаётся на месте, притягивается в ту

сторону, откуда дует фен, что, на первый взгляд, кажется противоречием, однако это уже далеко не первая парадоксальная ситуация, противоречивость которой решает уравнение Бернулли. Опыт 4. Оборудование: шарик на нити. Ход опыта: Подвесим лёгкий шарик пенопласта и поднесём к потоку воды из крана. Поразительно, но шар как бы прицепляется к потоку воды, фиксируется. Около движущегося потока воды в пространстве появляется “тоннель” пониженного давления между шаром и протекающей по его поверхности водой, и атмосферное давление воздействует как на воду, удерживая её у наклоняющейся поверхности шара, так и на сам шар с другой стороны, фиксируя его около зоны пониженного давления.

Проявление явления: подъемная сила крыла самолета, вертолета, циклоны. «Аэродинамический парадокс» Цель: создав быстрый поток воздуха между двумя объектами, притянуть их друг к другу.

Опыт 1. Оборудование: две полоски бумаги, фен. Ход опыта: Если подуть или направить поток воздуха феном между листочками бумаги, кажется, что они должны оттолкнуться друг от друга, но на самом деле, они притянутся. Это объясняется тем, что между полосками бумаги скорость воздуха больше, следовательно, давление меньше, и они сближаются под действием наружного атмосферного давления.

Опыт 2. Оборудование: полоска легкой бумаги или фольги на нити, детская машина. Ход опыта: Подвесить полоску бумаги на нити, запустить детскую машинку с большой скоростью рядом с полоской бумаги. В момент, когда машинка проезжала возле полоски бумаги, лепесток отклонялся от машины (при движении она передавала импульс воздуху перед собой), а потом отклонялась в сторону машины.

Проявление явления: встреча кораблей, поездов, движущихся с большой скоростью.

Разность давлений в трубе переменной площади сечения

Опыт 1. Цель: проверить справедливость уравнения Бернулли путём измерения давления в трубах разной площади сечения. Оборудование: две пластиковые бутылки с обрезанным дном, скотч, фен, мензурка с подкрашенной водой, соломинка для коктейлей. Ход опыта: Зафиксируем соединённые горлышками бутылки, сымитировав трубу с переменной площадью сечения. Разность давлений будем фиксировать по поднятию жидкости в трубке, которая с одной стороны вставлена в бутылку, а с другой опущена в мензурку с водой. Принцип Бернулли говорит о том, что в одной и той же трубе, через которую проходит поток воздуха или иного нетвёрдого вещества, давление будет меньше в той части трубы, где площадь сечения меньше, так как там скорость потока больше. Таким образом, когда воздух проходит через бутылки разного диаметра, то по поднятию воды в трубке можно фиксировать, насколько давление внутри бутылок, меньше атмосферного.

Опыт 2. Оборудование: две пластиковые бутылки с отрезанным дном, скрепленными узкими горлышками, фен, трубочка для коктейля, целлофановый пакет. Ход опыта: Соединим две пластиковые бутылки горлышками, прикрепим

трубочку в узком месте, а на другой конец трубки прикрепим надутый воздухом целлофановый пакет. Направим поток воздуха в получившуюся «трубу». При пропускании потока воздуха через «трубу», пакет начал сжиматься, т.к. внутри конструкции давление ниже, чем атмосферное.

Проявление явления: проектировка систем трубопроводов.

«Окружение огня»

Опыт 1. Цель: погасить зажжённую свечу через препятствие. Оборудование: свеча, бокал, трубка. Ход опыта: Поставим между горящей свечой и направленным в её сторону источником воздуха цилиндрический объект, например, бокал. Подуем из трубочки. Когда появился поток воздуха, свеча погасла, даже несмотря на то, что её должен был защищать в нашем случае бокал. Это объясняется тем, что, когда воздух встречает цилиндрический объект, в зоне между прямой линией течения воздуха по инерции и бокалом создаётся зона пониженного давления, приводящая к изменению траектории потока воздуха, поворачивая вдоль цилиндрических стенок. Таким образом, потоки воздуха, обходящие бокал с двух сторон, встретившись, передвигаются прямо в сторону свечи и свеча гаснет.

Опыт 2. Цель: научиться управлять пламенем свечи. Оборудование: воронка, свеча. Ход опыта: Используем зажжённую свечку, но теперь воздух проходить через воронку, в узкую часть которой направим поток воздуха, а широкой развернём к горящей свечке на расстоянии в 30-40 сантиметрах от неё. При пропуске воздуха через воронку видим, что пламя колеблется в сторону воронки, хотя кажется, что должно быть наоборот. Наша импровизированная воронка имеет раскрывающуюся форму внутри, и когда воздух проходит через неё, он “прилипает” к стенкам воронки подобно тому, как “прилипал” поток к стенкам бокала, т.к. воздух выходит не из центра широкой части воронки, а из её краёв, движется по такой траектории, что, дойдя до свечи, обходит ее по кругу, и огонь наклоняется в сторону, противоположную той, откуда был направлен начальный поток воздуха.

Применение: работа с пожарными стволами при тушении пожаров в зданиях.

Эффект Магнуса Цель: создать силу, перпендикулярную к потоку, при обтекании вращающегося тела (эффект Магнуса). Оборудование: рулон, скрученный из альбомного листа бумаги и нить. Ход опыт: Обмотаем цилиндр, поставим его на поверхность и резко дёрнем за нить, сильно раскрутив лёгкий объект. Рулон из бумаги двигается не только в сторону нити, но и вверх, куда его тянет сила, направленная всегда перпендикулярно потоку обходящего воздуха. Из-за разности скоростей и давлений, согласно закону Бернулли, объект тянет вверх. Это явление называют эффектом Магнуса в честь учёного, открывшего его.

Применение: ветрогенераторы, роторные паруса, «крутящийся» мяч при игре в гольф, футбол, попадание в цель ядра.

Демонстрация принципа работы пульверизатора

Цель: создать конструкцию, демонстрирующую действие пульверизатора. Оборудование: две пластиковые бутылки с отрезанным дном, скрепленными

узкими горлышками, фен, трубочка для коктейля, мензурка с водой. Ход опыта: Зафиксируем соединённые горлышками бутылки, вставить трубочку в узкую часть бутылки и опустить в мензурку с водой. Создать поток воздуха феном. Мы видим, как при создании меньшего давления в узкой части «трубы», вода поднимается под действием большего атмосферного давления и разбрызгивается как в пульверизаторе. Применение: пульверизатор, водоструйный насос, аэрограф.

Итак, подобранные нами опыты могут способствовать формированию познавательного интереса, развитию наблюдательности, мыслительной деятельности, умению сравнивать, анализировать, устанавливать причинно-следственные связи у школьников и не только.

По нашим экспериментам сделан видеоролик (<https://www.youtube.com/watch?v=vm2N8gsOU0w&t=15s>). Результатами нашего исследования могут воспользоваться учителя физики, школьники.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Физика. 10 класс [Текст](базовый и углублённый уровни) (в 2 частях). Учебник. Ч. 1 / Л. Э. Генденштейн, А. А. Булатова и др.; под ред. В. А. Орлова. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2019. – 304 с.

: ил.

2. Закон Бернулли в простейших экспериментах [Электронный ресурс]. URL: <https://yandex.ru/video/preview/14301638855737889477> (Дата обращения 30.01.2023)

### ТЕПЛОВАЯ ТРУБКА РЫБКИ ПОНЬО

*Каучакова Марина*

*ГБ НОУ «Лицей № 84 им. В. А. Власова», Новокузнецк*

Руководитель: Талабира О. И.

Задача турнира юных физиков: «Заполните стеклянную трубку с закрытым верхним концом водой и установите вертикально, погрузив нижний конец в ёмкость с водой. Нагревайте короткий участок трубки. Исследуйте и объясните периодические движения воды и наблюдаемых пузырьков пара».

Целью данной работы является теоретическое и экспериментальное исследование поведения пузырьков пара, а также выявление параметров, влияющих на их возникновение. Задачи: исследовать причины периодического движения воды и наблюдаемых пузырьков пара в пульсирующей тепловой трубке и установить параметры, характеризующее данное движение.

Рассмотрены причины образования и периодических движений пузырьков пара: кипение жидкости в нагреваемом объёме, образование одного пузыря из нескольких маленьких, всплывание и расширение пузыря, соприкосновение с холодными нижними слоями, схлопывание пузырька, возвращение системы в первоначальное состояние. Выявлены некоторые факторы, влияющие на достижение явления: мощность нагревателя, характеристики окружающей среды и первоначальные параметры системы (температура и наличие растворенного воздуха в жидкости), расположение нагревателя.

Создана экспериментальная установка, которая состоит из ёмкости с водой (кювета, в неё погружается открытый конец трубки), пробирок различных длин и диаметров, нагревательного элемента (спираль из фехраля), источника постоянного тока, мультиметров, термометра, барометра, скоростной камеры.

Нами была построена математическая модель на основе динамического решения колебаний: уравнение движения пара и столбика жидкости под ним, уравнение изменения массы пара, изменения массы воды, уравнение теплового баланса для пара и воды, определена частота колебаний пузырька пара.

Нами были исследованы зависимости температуры пара в пузыре от времени, координаты верхнего и нижнего концов пузыря от времени, зависимость периода колебаний от расположения нагревателя относительно закрытого конца, периода колебаний от мощности нагревателя.

В выводе были проанализированы теоретические предположения и фактические измерения, подтверждены теоретические предположения.

## **Тенсегрити**

***Кислиденко Владимир Юрьевич***

*Муниципальное автономное общеобразовательное учреждение*

*«Ангарский лицей №2 им. М.К. Янгеля», 8класс*

*г. Ангарск*

Руководитель: Гончарова Наталья Владимировна

### **Аннотация**

Данная работа посвящена изучению принципа тенсегрити. Рассмотрены вопросы применения тенсегрити в науке и технике, в архитектуре и дизайне; а так же разработаны собственные модели конструкций тенсегрити.

### **Цель:**

Изучить принцип тенсегрити, сконструировать собственные модели, работающие на данном принципе.

### **Задачи:**

- ✓ Изучить различные источники информации по данной теме.
- ✓ Изучить физические принципы тенсегрити.

- ✓ Изучить области применения данных конструкций.
- ✓ Сконструировать собственные модели.
- ✓ Сделать соответствующие выводы.

Гипотеза:

Предположим, что конструкции тенсегрити можно собрать самостоятельно из подручных материалов.

Актуальность:

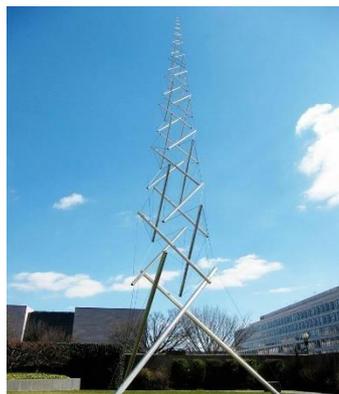
Технические сооружения, созданные на основе принципа тенсегрити, будь то мосты, башни, произведения искусства или просто мебель, всегда будут выглядеть фантастически. Всегда будут привлекать к себе внимание большого числа зрителей, заставляя их задумываться, как это устроено. Ученые научили даже роботов перемещаться в сфере тенсегрити, в будущем эта технология может быть востребована при освоении других планет.

Одна из проблем, которая существует в современном строительстве, это экономия материала и уменьшение веса конструкции. Эту проблему, без ущерба для прочности сооружения, может решить тенсегрити. Эта технология обязательно будет востребована в будущем и в строительстве и в космонавтике.

История развития тенсегрити

В России подобные конструкции продвигал Петроградский художник — конструктивист Карл Иогансон (1890—1929). Этот советский художник-авангардист, представил несколько работ для главной выставки русского конструктивизма в 1921 году. Такие конструкции называют еще напряжённосвязанными.

В 1948 г. скульптор и фотограф Кеннет Снельсон создал похожую на воздушного змея «Иксобразную штуку» (X-Piece). В 1968 году, основываясь на этот же принцип, Снелсон построил самую известную свою работу, 18-метровую Игольчатую башню.



Высота и прочность его скульптур зависят от напряженности между жесткими трубами и гибкими кабелями. Это достигается при помощи комбинации «push and pull» (притяжение и отталкивание).

А термин тенсегрити предложил американский архитектор и инженер Ричард Баксинстер Фуллер. Он разработал конструкцию многофункционального геодезического купола, полусферы, собранной из

тетраэдров. С тех пор сотни тысяч этих сооружений были построены в разных точках земного шара. Например, Монреальская Биосфера (1967г.)

Оригинальные конструкции тенсегрити предложил российский художник Вячеслав Фомич Колейчук. Самая знаменитая, работа Колейчука — «невозможный» объект «Стоящая нить» — объект представляет собой тянущуюся снизу вверх струну, которая закреплена только с одной стороны. Держаться вертикально и не падать ей помогает система противовесов — гибких стальных лепестков. Для того, чтобы его стальная нить стояла, Колейчук использовал принцип натяжения тетивы в луке.

Некоторые его конструкции также являются ударными музыкальными инструментами и очень интересно звучат.

#### Физические принципы

Тенсегрити (англ. tensegrity от англ. tensional integrity — соединение путём натяжения) — принцип построения конструкций из стержней и тросов, в которых стержни работают на сжатие, а тросы — на растяжение. При этом стержни не соприкасаются друг с другом, но висят в пространстве, а их относительное положение фиксируется растянутыми тросами.

Подобные конструкции выглядят хрупкими и нереальными, но они удивительно устойчивы и способны удерживать большие нагрузки.

Структурная целостность конструкции поддерживается равновесием сил натяжения (т. е. растягивающих сил со стороны тросов) и сил сжатия (т. е. сил, стремящихся сдвинуть стержни).

Увеличение натяжения одного из тросов может привести к увеличению натяжений во всей конструкции, что уравнивается увеличением сжатия распорок. Сумма сил, действующих на конструкцию тенсегрити в любом из направлений, равна нулю.

$$\Sigma(F_1+F_2+F_3+\dots) = 0$$

Если бы это было не так, вся структура сложилась бы, как карточный домик, или наоборот - ее части разлетелись бы подобно стрелам, выпущенным из лука.

#### Применение тенсегрити

- ✓ Архитектура (мосты, арки, купола)
- ✓ Искусство
- ✓ Биология (биотенсегрити)
- ✓ Робототехника
- ✓ Аэрокосмическая техника (мачты, антенны)
- ✓ Головоломки и игрушки

#### Практическая часть

##### Модель 1

При изготовлении этой модели были использованы деревянные палочки и канцелярские резинки. Для того чтобы резинки не соскальзывали, на торцах



палочек я сделал два крестообразных пропила. Обработал палочки наждачной бумагой и воском для мебели.



Теперь можно собирать различные конструкции тенсегрити, используя палочки и резинки как конструктор.

### Модель 2

Несколько моделей тенсегрити я разработал в программе tinkercad и Компас-3D. Одна из них демонстрирует принцип устойчивости Останкинской телебашни. Именно натяжные тросы связывают воедино всю конструкцию башни. Тросы придают упругость и стойкость «стеблю» башни, и не позволяют ей сильно раскачиваться от ветра. Во время пожара (27.08.2000) температура достигала 500<sup>0</sup>С, из 149 внутренних напряженных канатов не оборвались лишь 29. И башня устояла!

Пример-образец устойчивости башни был построен в tinkercad и напечатан на 3D принтере в количестве 18 шт. Пока трос внутри натянут, башня устойчива.



### Модель 3

Подставки тенсегрити разработаны в программе tinkercad и Компас-3D. Полученные модели были распечатаны на 3D принтере в двойном экземпляре. Булавочные кольца для креплений были вплавлены в основание, и скреплены при помощи нитей. Получились очень устойчивые конструкции.



## Вывод

В ходе проделанной работы мне удалось разобраться в принципе тенсегрити, определить разные области ее применения. Оказалось, что тенсегрити это не магия и не шарлатанство, а удивительная конструкция придуманная инженерами – конструкторами и художниками. Она не требует большого количества строительного материала, и, тем не менее, остается удивительно прочной.

Мне удалось повторить некоторые, уже «классические» ее модели из подручных материалов. А так же спроектировать и собрать свои модели тенсегрити. Гипотеза полностью подтвердилась.

В дальнейшем я планирую продолжить эту тему в направлении применения тенсегрити в космосе. Мне кажется это очень перспективное направление. Принцип тенсегрити может помочь человечеству экономить на материалах не только при строительстве на Земле, но и при освоении других планет.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тансегрити в науке, искусстве и технике: [Электронный ресурс]: <https://castaneda.ru/books-about-tensegrity/>
2. Стабильность стержней и тросов: как развивалась история тенсегрити: [Электронный ресурс]: <https://www.ridus.ru/stabilnost-sterzhnej-i-trosov--kak-razvivalas-istoriya-tensegriti-354667.html>

3. Тенсегрити-архитектура Макарова [Электронный ресурс]: [https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1671964870&tld=ru&lang=ru&name=tensegrity\\_v\\_arhitecture.pdf&text=тенсегрити%20в%20архитектуре&url](https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1671964870&tld=ru&lang=ru&name=tensegrity_v_arhitecture.pdf&text=тенсегрити%20в%20архитектуре&url)
4. Николай Васильевич Никитин, забытый гений советской архитектуры [Электронный ресурс]: <https://dzen.ru/a/Y5tSuintHg-6o2lM>
5. Мягкие тенсегрити-роботы: [Электронный ресурс]: <https://castaneda.ru/soft-tensegrity-robots/>

## ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МОСТОВЫХ ОПОР

*Комаров Н.С.*

*МАОУ СОШ №25, г. Балаково*

*Руководитель: Махнева Д.А.*

Балаково – крупный промышленный центр. Именно в этом поволжском городе, находится атомная электростанция, ГЭС, ТЭЦ, БФ АО "Апатит" и с десяток других крупных заводов. Одним словом, с момента своего индустриального скачка, город сразу же начал нуждаться в грамотной транспортной инфраструктуре.

До недавнего времени, шлюзовой мост был единственной артерией соединяющий две части города между собой. Хотя изначально, город планировался с двумя мостами.

В мостостроении наиболее трудоемкими и ответственными являются работы по возведению опор. Задачи обеспечения надежности и долговечности опор мостов, сокращения расхода материалов и трудозатрат на их строительство должны решаться уже в процессе проектирования путем правильного выбора типа опоры, оптимизации ее элементов, учета местных условий и назначения рациональной технологии строительства.

Цель исследования: изучить особенности проектирования мостовых опор, установить влияние различных факторов влияющие на опоры моста.

Исходя из цели своей работы, я ставлю следующие

Задачи:

- собрать информацию по данной теме и сгруппировать по блокам;
- определить самый надёжный способ строительства моста, выяснить как прочность конструкции моста зависит от формы его опор;
- провести расчёт прочности арматурных каркасов и составить сравнительный анализ испытываемых образцов.
- на основании результатов экспериментов сделать вывод об эффективности формы опор моста.

Объект исследования: конструкции мостовых опор.

Практическая значимость проекта: данная работа способствует формированию представлений о практическом применении знаний о геометрических фигурах в реальной жизни, при строительстве мостов.

Поисково-исследовательскими методами являются:

- поиск информации в различных источниках;
- наблюдение и анализ результатов;
- проведение эксперимента, фотосъёмка.

Актуальность работы: Физика – экспериментальная наука. Огромная роль при исследовании отводится демонстрации физических явлений и эффектов. Актуальность выбранной темы состоит в том, что исследование позволяет практически увидеть как форма опор влияет на прочность конструкции моста.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Мосты - неотъемлемый атрибут почти каждой реки, они помогают преодолевать препятствия, благодаря им расстояния становятся меньше. Основными деталями их конструкций являются пролёты и опоры.

#### Последовательность проектирования мостовых сооружений

Разработка проекта ведется на основе выполненных проектировщиком и утвержденных заказчиком обоснований инвестиций (ОИ) в строительство сооружения.

При двух стадийном проектировании на первой стадии составляется технико-экономическое обоснование (ТЭО). На второй стадии на основании ТЭО составляется рабочая документация (РД).

При проектировании различных опоры должны быть учтены геологические, гидрологические, климатические и другие условия места мостового перехода.

Конечной целью проектирования являются рабочие чертежи опор, обоснованные необходимыми расчетами

Опоры являются важными конструктивными элементами моста. Их стоимость достигает 60 - 70 % от общей стоимости моста, сооружение, как правило, более трудоемко, чем сооружение пролетных строений.

Основные особенности современного состояния развития мостовых опор:

1. Высокий уровень типизации конструкций и их элементов;
2. Ориентация на облегченные конструкции;
3. Отказ от гранитной облицовки;
4. Резкое сокращение объемов котлованных работ;
5. Повышение уровня сборности опор за счет применения блоков заводского изготовления. Укрупнение блоков%
6. Активизация поисков путей дальнейшего сокращения материалоемкости опор и трудоемкости строительства.

Свайные промежуточные опоры состоят из свай - основных несущих элементов и насадок (ригелей), объединяющих сваи поверху. Как правило, насадки бетонируются одновременно с подферменными площадками, предназначенными для установки опорных частей.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Практическая часть по изготовлению каркасных опор проводилась на базе ГАПОУ СО «Балаковский промышленно-транспортный техникум им. Н.В. Грибанова» в мастерской под четким руководством мастера сварочных технологий Резника Алексея Юрьевича было изготовлено два макета мостовых свай: прямоугольного и треугольного сечения.

Испытания образцов конструкций каркасов свай проводилась в строительной лаборатории на базе Балаковского инженерно-технологического института филиала Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» опытным и квалифицированным специалистом Бойчук Сергеем Васильевичем на разрывной машине Р-50.

*Цель испытания:* рассмотрим два вида конструкции каркаса свай и выявим какая из них окажется самой прочной.

*Испытание на сжатие:* На сжатие могут быть испытаны образцы или изделия любой формы, концы которых вписываются в наружную окружность опор.

*Вывод испытания:* Конструкция с прямоугольным профилем каркаса выдержала 650 кг, конструкция с треугольным профилем 950 кг. На основании полученных результатов можно сделать вывод, что трубчатые сваи являются наиболее прочными и поэтому их используют на самых сложных участках строительства.

В данной работе рассмотрена история строительства мостов. Представлено множество проблем, которые существуют при их постройке, связанных с обеспечением прочности и устойчивости. Доказал, что строительство мостов – одна из актуальных тем нашего времени.

## ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ СВС ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БОРИДОВ ВОЛЬФРАМА

*Куцанов Тимофей*

*Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение лицей при  
ТПУ, 10 класс*

*г. Томск*

Руководитель: Балачков Максим Михайлович

Данная работа была проведена с целью исследования физических свойств заготовок из борида вольфрама, полученных методом СВС, и обоснования их практической пригодности для защиты от радиации. Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи:

- построить графики изменения температуры в процессе синтеза (определить температурный режим его протекания);
- построить графики зависимости плотности заготовок от давления прессования;
- исходя из результатов экспериментов, сформулировать преимущества борида вольфрама перед свинцом в области защиты от радиации.

Гипотеза: метод СВС позволяет получить экраны для защиты от радиации из борида вольфрама, обладающие меньшей плотностью, чем свинцовые и вольфрамовые.

Результатом работы стали синтезированные данным методом заготовки и графики температурного режима.

Существует много способов защиты от ионизирующего излучения. Один из них – защита экранированием. Он основан на том, что разные виды ионизирующего излучения обладают разной проникающей способностью. В данной области практический интерес представляет борид вольфрама, так как это соединение, кроме вольфрама – хорошего поглотителя гамма-квантов, содержит ещё и бор, имеющий большое сечение захвата нейтронов [1]. Проблема состоит в том, что для образования прочной структуры данного соединения необходимо затратить очень много теплоты и проводить процесс при повышенном давлении. Это приводит к большим затратам на синтез и, следовательно, к дороговизне полученных экранов и последующей замене их свинцовыми. Чтобы избежать этого, можно использовать метод самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (далее – СВС). Таким образом, из вышесказанного можно сделать вывод, что проблема данного исследования является актуальной и в наши дни.

СВС – это принципиально новый метод получения различных химических соединений (карбидов, нитридов, боридов и т.д.) путём проведения экзотермической реакции горения при определённых условиях. Проще говоря, предварительно спрессованную смесь исходных реагентов поджигают на каком-то определённом участке, и в результате реакции выделяется большое количество теплоты, которое в свою очередь приводит к воспламенению соседних участков и т.д. Образуется ярко светящийся фронт горения, после прохождения которого по исходной смеси и полного остывания образуется конечный продукт - требуемое соединение с заданными свойствами.

Типичными примерами реакций СВС являются взаимодействие Ti и C, Ti и N. В качестве примера приведу СВС-реакцию получения карбида титана:



Схема процесса приведена на рисунке:

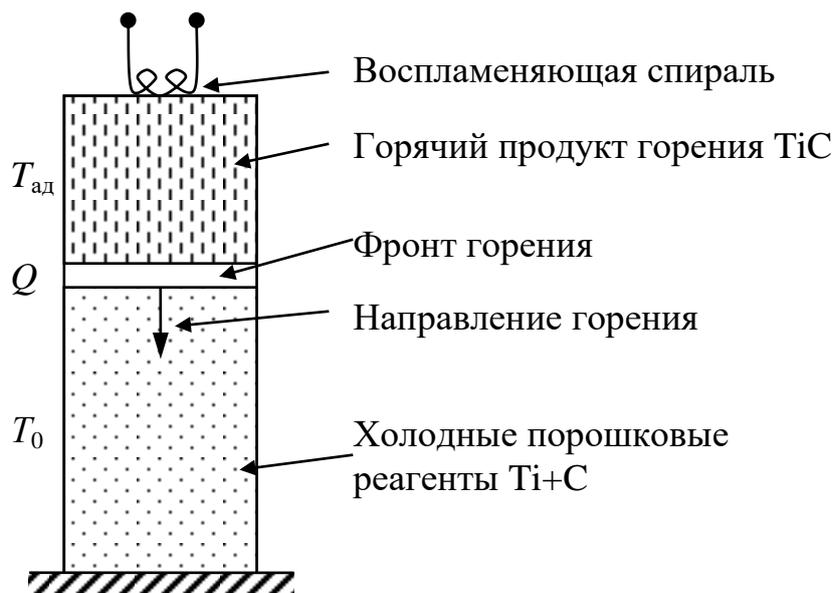


Рис. 1. Схема процесса получения карбида титана методом СВС

Практически так же получают и нитрид титана – вещество, по цвету очень похожее на золото (в чистом виде, без примесей). Различие лишь в том, что в этом случае через порошок титана пропускают газообразный азот:

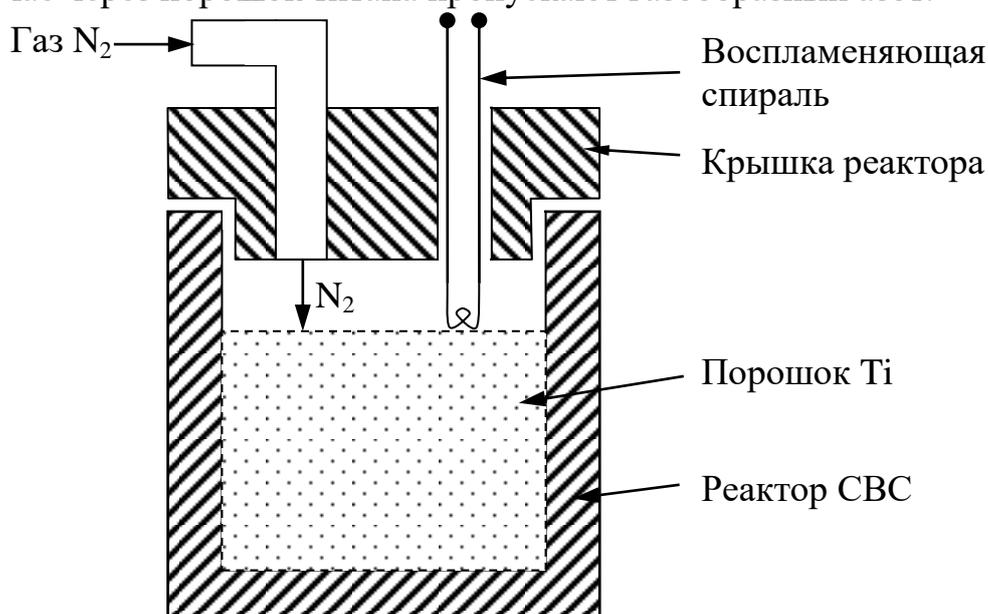


Рис. 2. Схема процесса получения нитрида титана методом СВС

Сегодня с помощью этого метода не только производят многие очень полезные материалы, но и наносят различные покрытия, соединяют детали и т.д. СВС-производства существуют в более чем 50 странах, но ведущая роль в развитии и освоении технологии данного процесса по праву принадлежит нашей стране.

Помимо метода СВС, существуют и другие способы получения монокристаллических соединений из порошков, например, метод порошковой металлургии. Но для осуществления данного метода необходимо громоздкое

оборудование (вследствие этого его практически невозможно реализовать в лаборатории), а в случае СВС в лабораторных условиях не требуется практически ничего, кроме подходящего сосуда и вольфрамовой спирали для инициации (поджигания) смеси. Это, наряду с малыми энергетическими и временными затратами, высокой производительностью является бесспорным преимуществом данного способа для данного исследования [2, 3].

В ходе данной работы были взяты порошки вольфрама и бора в молярном соотношении 1:1,1 (из-за небольших примесей магния), которые перемешивались в кубическом смесителе в течение 30 минут для получения однородной смеси. Масса смеси составила 100 г. Затем для проведения синтеза были отобраны порции данной смеси, каждая массой 5 г. Перед проведением экспериментов смесь спрессовывалась под различными давлениями (от 50 до 250 МПа) на гидравлическом прессе с выдержкой времени 5 минут для более эффективного уплотнения. Далее у полученных заготовок мы измерили диаметр и толщину, после чего были проведены сами эксперименты. Заготовки были помещены в сосуд, ко дну которого была прикреплена нихромовая проволока с выводами к электрической сети. В дальнейшем с помощью данного оборудования была инициирована СВС-реакция горения, а температура заготовок в каждый момент времени фиксировалась ИК-пирометром. После проведения синтеза таблетки измерялись повторно.

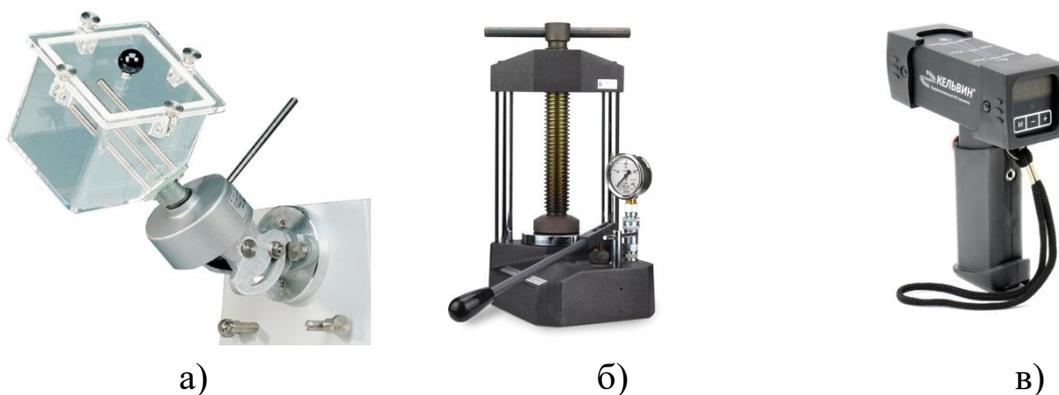


Рис.3 Используемое оборудование:

а) – кубический смеситель; б) – гидравлический пресс; в) – ИК-пирометр

В результате данной серии экспериментов были построены графики зависимости температуры от времени синтеза для конкретных значений давления, а также графики зависимости плотности от давления до и после синтеза (приведены ниже).

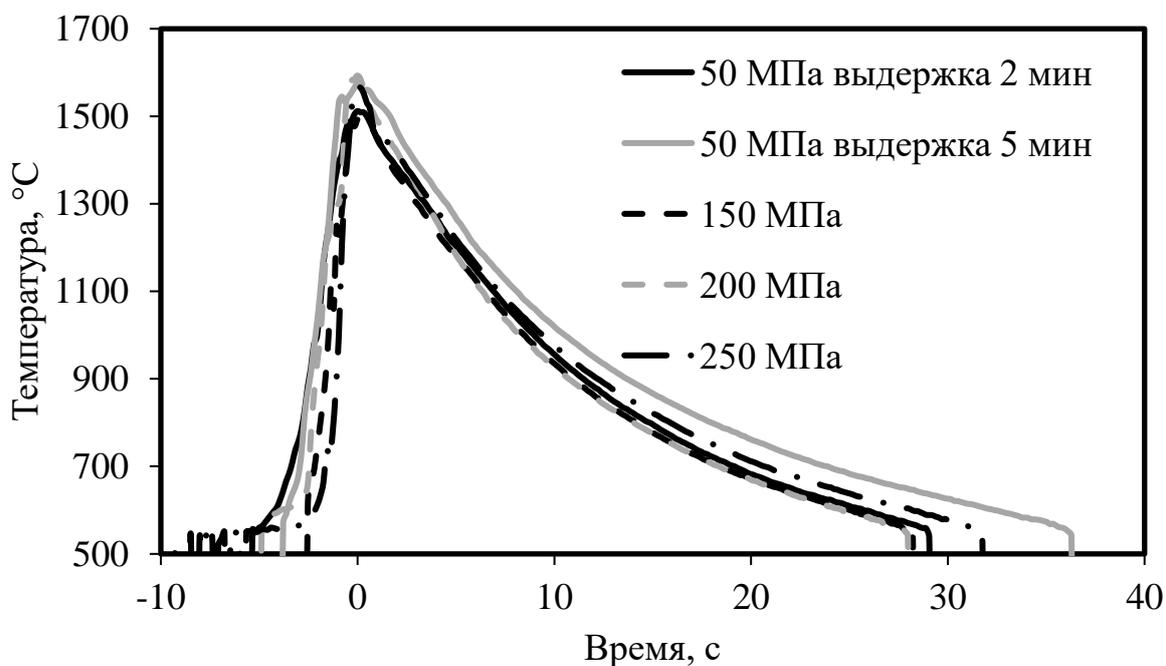


Рис.4 Термограммы синтеза образцов

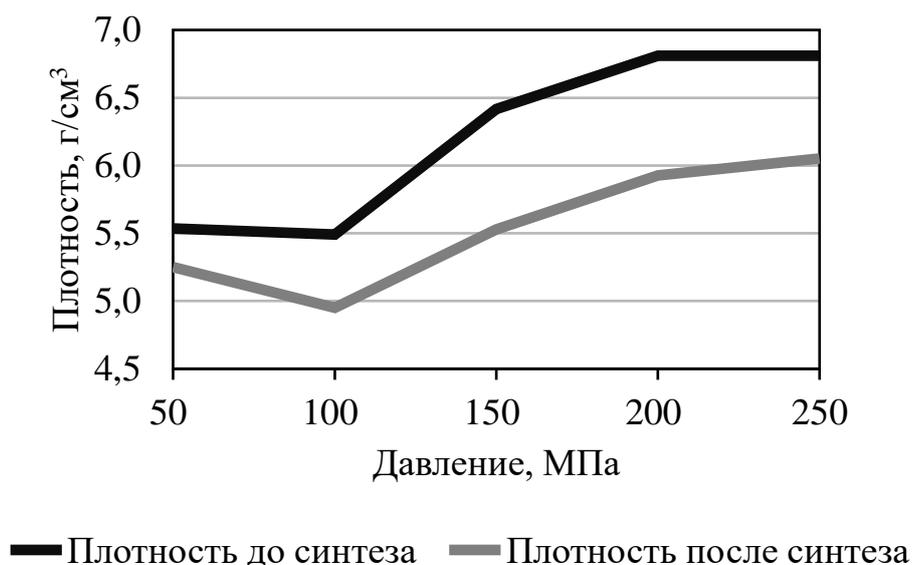


Рис.5 Влияние давления прессования на заготовки до и после синтеза

Из графиков температурного режима можно заключить, что максимальная температура синтеза лежит в пределах от 1492 до 1593 градусов Цельсия, и эта температура может быть достигнута в лабораторных условиях при использовании данного метода, что доказывает его преимущества. Также из графика плотности можно сделать вывод, что плотность полученных образцов не превышает 7 граммов на кубический сантиметр, что в полтора раза меньше плотности свинца и почти в 3 раза меньше плотности чистого вольфрама. Это означает, что если использовать для защиты от ионизирующего излучения вместо свинцовых и вольфрамовых экранов такие же, но изготовленные из борида вольфрама, то, во-первых, они будут защищать от двух видов излучения (гамма- и нейтронного), а во-вторых, их можно будет выпускать в большем

количестве и больших размеров, чем свинцовые, так как они будут в 1,5 раза легче свинцовых экранов такого же объёма. Таким образом, выдвинутая гипотеза полностью подтвердилась.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беспалов В.И. Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом: учебное пособие; Томский политехнический университет. – 5-е изд., доп. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2014. – 427 с.
2. Амосов А.П., Боровинская И.П., Мержанов А.Г. Порошковая технология самораспространяющегося высокотемпературного синтеза материалов: Учеб. пособ. / Под научной редакцией В.Н. Анциферова. – М.: Машиностроение –1, 2007. – 567 с.
3. Е.А. Левашов, А.С.Рогачев, В.И.Юхвид, И.П.Боровинская. Физико-химические и технологические основы самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. Москва: ЗАО "Издательство БИНОМ", 1999, 176 с.

### ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ФОТОРЕЗИСТОРОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ОКРАШЕННЫХ РАСТВОРОВ

*Кушнарёв Павел Алексеевич*

*Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение г. Омска*

*«Лицей № 64», 9 класс*

Руководитель: Лемешко Светлана Эдуардовна, учитель физики

Нефтегазовая и химическая отрасли являются основными направлениями развития современной промышленности, они требуют использование высокоточных приборов. Один из таких приборов – полупроводниковый фоторезистор, который является основой для данного исследования.

На данный момент необходимость разработки простого в изготовлении и недорогого в цене прибора, основной функцией которого будет определение оптических характеристик жидких сред является актуальной.

Гипотеза исследования: фоторезистор можно использовать для определения концентрации окрашенных водных растворов.

Цель работы - создать прибор для определения концентрации окрашенных растворов.

Было сформулировано 3 задачи:

1. Изучить оптические свойства полупроводникового фоторезистора
2. Изготовить действующий прибор.

3. Провести испытания изготовленного прибора по определению концентрации окрашенных растворов.

Объектом исследования является прибор, основная функция которого – определение концентрации окрашенных водных растворов.

Предметом исследования является полупроводниковый фоторезистор с внутренним фотоэффектом.

В данной работе применялись теоретические, эмпирические и экспериментальные методы исследования, а именно: поиск и изучение литературных источников, проведение экспериментов, наблюдение, сравнение, анализ промежуточных и конечных результатов, построение таблиц и графиков.

Целевой аудиторией исследования являются научно-технические лаборатории, предприятия нефти-газового профиля.

Исследование осуществлялось в два этапа:

1. Исследование теоретического материала.
2. Экспериментальная часть проекта.

Фоторезистор – это полупроводниковый прибор, который изменяет параметры проводимости электрического тока в зависимости от интенсивности освещения [1]. Преимущество данного устройства заключается в хорошей надёжности и высоком пороге чувствительности.

Спектр применения данного прибора в современных электротехнических устройствах достаточно широк.

В основе принципа работы фоторезистора лежит явление фотопроводимости полупроводника. Причиной фотопроводимости, является увеличение концентрации носителей заряда — электронов в зоне проводимости и в следствии увеличение количества пустых мест в валентной зоне. При открытом доступе света фотоны, которые попадают на устройство, заставляют электроны перемещаться в зону электрической проводимости. В результате этого процесса появляется большое количество электронов, находящихся на последнем электронном уровне в химическом элементе, тем самым улучшается электропроводимость и, следовательно, уменьшается сопротивление элемента [2].

В зависимости от используемых материалов, фоторезисторы подразделяют на две группы: с внутренним и внешним фотоэффектом.

В данном исследовании применялся фоторезистор с внутренним фотоэффектом.

Для осуществления эксперимента была собрана экспериментальная установка, которая состоит из источника света, мультиметра, штатива и прибора для проведения измерений, который в свою очередь имеет простое строение и состоит из фоторезистора, ПВХ трубы и электрических проводов (см. Рис. 1).



Рис. 1

На втором этапе было проведено исследование оптических характеристик используемого фоторезистора и градуировка графиков. С этой целью был осуществлён эксперимент для выявления зависимости электрического сопротивления от расстояния между фоторезистором и источником света и определение наиболее уловимого для прибора спектра света.

С помощью установки с каждым последующим измерением расстояние изменялось на  $\Delta x = 1\text{ см}$ , вследствие чего наблюдалось увеличение сопротивления на  $0,10 \pm 0,05\text{ кОм}$ . Таким образом, была выявлена прямая зависимость сопротивления фоторезистора от расстояния до источника света (см. Рис. 2). Этот эксперимент позволил оценить чувствительность данного фоторезистора.

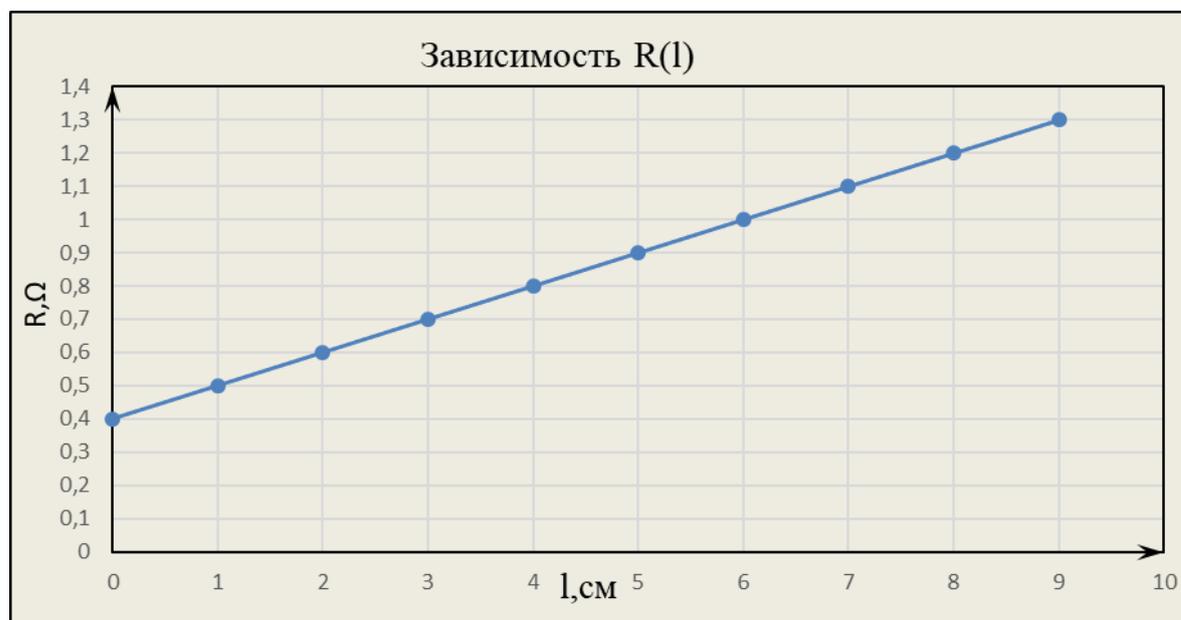


Рис. 2

Далее, с помощью экспериментальной установки проведены измерения зависимости сопротивления от длины волны. На одинаковом расстоянии между

фоторезистором и источником света устанавливался светофильтр и измерялось электрическое сопротивление. Наибольшая чувствительность проявилась при длине волны 570 нм. Все измерения представлены в таблице (см. Таблица 1).

Таблица 1.

Сопротивление фоторезистора при определенном световом спектре

Световой спектр	Значение R, $\Omega$ кОм
Purple (400)	5.15
Orange (590)	4.9
Yellow (570)	3.9
Red (630)	9.6
Brown (550)	6.65
Blue (450)	7.65
Green (510)	8.55

Далее, с помощью экспериментальной установки была проведена градуировка графиков по известным, заранее подготовленным, растворам  $\text{CoCl}_2$  и  $\text{CuSO}_4$ . Градуировки проводились следующим образом: над фоторезистором устанавливалась мензурка, в которую помещались заранее подготовленные водные растворы хлорида кобальта (II) ( $\text{CoCl}_2$ ) в концентрации от 0,1 до 1 моль и проводились измерения электрического сопротивления. Видно, что с увеличением концентрации данного раствора на  $\Delta n=0,1$  моль увеличивается электрическое сопротивление фоторезистора на 0,10 кОм ( $\pm 0,05$  кОм). Результат эксперимента представлен на рисунке (см. Рис. 3).

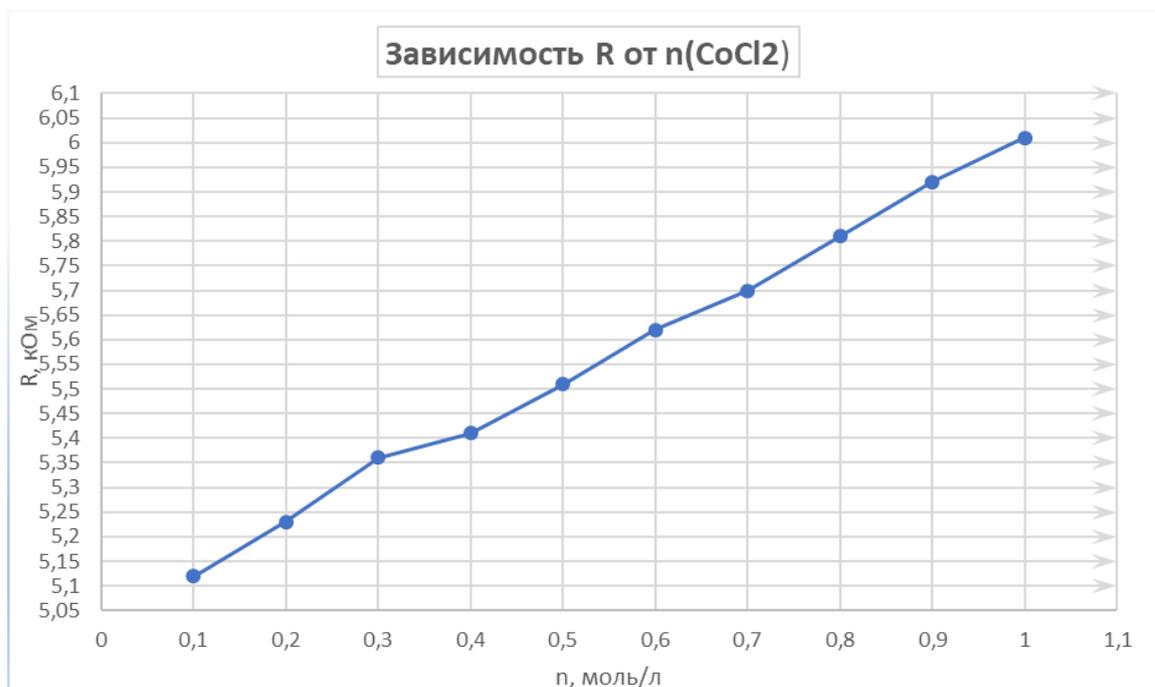


Рис. 3

Аналогичным образом проводились измерения с растворами медного купороса ( $\text{CuSO}_4$ ). В этом случае с увеличением концентрации раствора на  $\Delta n=0,1$  моль электрическое сопротивление фоторезистора увеличивается на  $0,30$  кОм ( $\pm 0,05$  кОм) (см. Рис. 4).

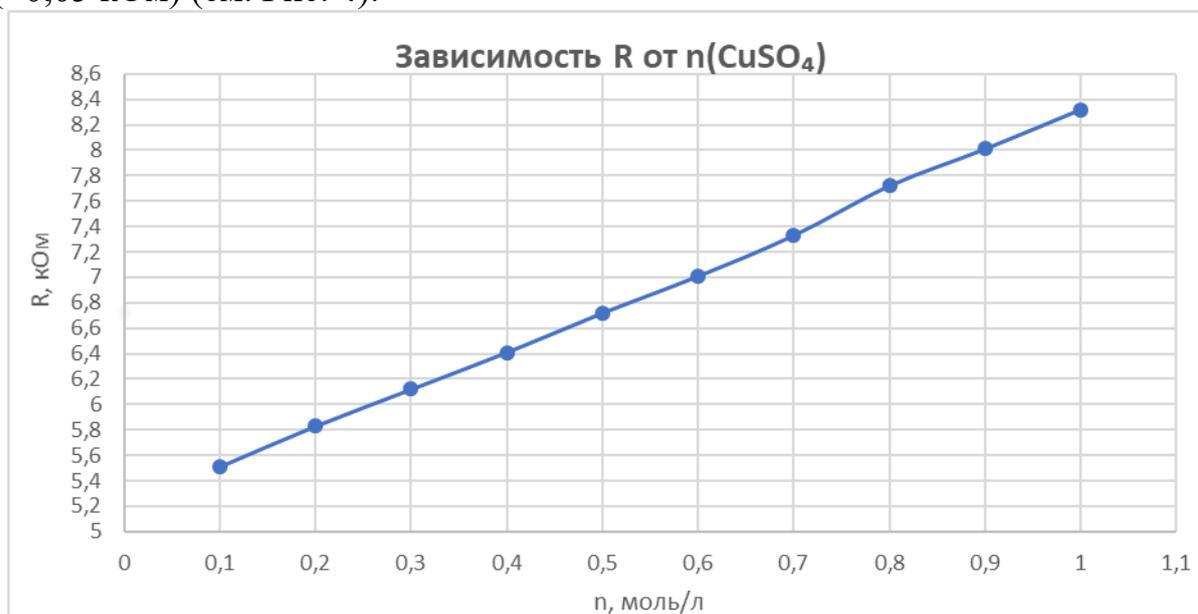


Рис. 4

И так, работе было осуществлено определение оптических характеристик фоторезистора. Из первого эксперимента видно, что сопротивление фоторезистора монотонно растёт с увеличением расстояния до источника света, что указывает на стабильность показаний используемого фоторезистора. Далее была определена чувствительность фоторезистора к различным спектрам света. Фоторезистор наиболее чувствителен к жёлтому, а наименее чувствителен к красному спектру света.

Экспериментальным путем были получены градуировочные графики, для водных растворов хлорида кобальта (II) ( $\text{CoCl}_2$ ) и сульфата меди (II) ( $\text{CuSO}_4$ ). Можно сделать вывод, что сопротивление фоторезистора растёт при увеличении, концентрации растворов и графики имеют монотонный вид. Это позволяет использовать полученные графики для определения неизвестной концентрации исследуемых растворов в дальнейшем.

Разработан простой в изготовлении и недорогой по цене прибор для определения оптических характеристик жидких сред, который может найти своё применение во многих областях современной промышленности.

Данный прибор может быть применён в предприятиях нефти-газового направления для быстрого и достаточно точного определения концентрации растворов, используемых в производстве.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 21.934-83. Фотоприемники излучения полупроводниковые фотоэлектрические и фотоприемные устройства. Термины и определения. – Введ. 1984-01-07. – М.: Стандартинформ, 2005. – 170 с.
2. Шалимова К. В. Физика полупроводников : учеб. пособие / К. В. Шалимова. – 4-е изд. – СПб. : Лань, 2010. – 400 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ МИНЕРАЛОВ В НАНОМАСШТАБЕ

*Даниил Лецкий*

*Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение  
Лицей при ТПУ, 10 класс, г.Томск*

В настоящее время в научном сообществе растет интерес к изучению свойств слоистых кристаллов в двумерной форме. Наиболее известным сегодня является графен, полученный и изучен в 2004 г. А. Геймом и К. Новоселовым. С открытием графена выяснилось, что при уменьшении толщины материала до нескольких нанометров меняются их химические и физические свойства. Например, графен является двухмерной аллотропной модификацией графита, при изменении толщины изменяется пластичность, повышается теплопроводность, возрастала электропроводность тока, химическая и термическая устойчивость, а также высокая прочность. За счет вышеперечисленных свойств графен находит большое применение в гибкой электронике, в аккумуляторах для автомобилей [1].

Стоит отметить, что помимо графена, актуальны работы и по другим двумерным материалам. К примеру, природные минералы все чаще привлекают к себе внимание научного сообщества благодаря не только их свойствам, но и

самому факту их нахождения в природе в сравнительно больших количествах. Например, синтез аналогов минералов связан с такими трудностями, как стоимость оборудования для синтеза и их нередкое отклонение от свойств своих природных аналогов. В плане минерально-сырьевых ресурсов, Томская область обладает достаточно большими запасами полезных ископаемых, таких как нефть, газ, различные минералы и металлы [2].

В данной работе планируется изучить один из природных минералов – биотит. По своей природе, биотит является слюдой с химической формулой  $(K(Mg, Fe)_3[Si_3AlO_{10}][OH, F]_2)$ . Сами по себе слюды достаточно активно применяются в различных сферах, начиная от отделки фасадов зданий и заканчивая электроизоляционными материалами в высоковольтной электронике [3]. Касательно биотита, его свойства в наномасштабе кратко описаны. Например, в работе Frisenda и др., были озвучены лишь некоторые свойства биотита, и слюд в целом. Так, материал является диэлектриком с шириной запрещенной зоны порядка 5.1 эВ и диэлектрической константой равной 10 (для сравнения,  $SiO_2$  имеет диэлектрическую константу, равную 3.6). Таким образом, биотит может быть успешно применен в качестве диэлектрического слоя в полевых транзисторах. Помимо этого, материал также имеет потенциал для биомедицинских применений. Например, система биотит-полиэтиленгликоль была изучена в качестве фотосенсибилизатора для фотодинамической терапии онкозаболеваний [4].

#### Материалы и методы

Изучение материала в наномасштабе производится с использованием подложки, на которую наносится исследуемый образец. В частности, методом механического отслоения, нанослой биотита были нанесены на подложку из диоксида кремния и высокоориентированного пиролитического графита.

Для изучения физических свойств биотита мы воспользовались методами атомно-силовой микроскопии (АСМ). Принцип работы АСМ заключается в том, что прибор регистрирует взаимодействие специального зонда с исследуемой поверхностью. Зонд представляет собой очень маленький кремниевый чип с упругой консолью, на конце которой размещена игла. Прохождение такой иглы над поверхностью различных материалов сопровождается различным откликом, тем самым можно наблюдать толщину структур, их электрические и магнитные свойства. В установлении структурных свойств можно использовать метод Рамановской спектроскопии.

#### Результаты и обсуждения

Рамановская спектроскопия является универсальным инструментом, позволяющим получить обширную информацию об изучаемом объекте. Например, возможно получить структурные свойства исследуемого материала. В данной работе Рамановская спектроскопия была использована для определения структуры биотита. Рисунок 1 демонстрирует спектр рассеяния, полученный при облучении материала лазером с длиной волны 532 нм. Опираясь на литературные данные, мы можем определить значения пиков на спектре.

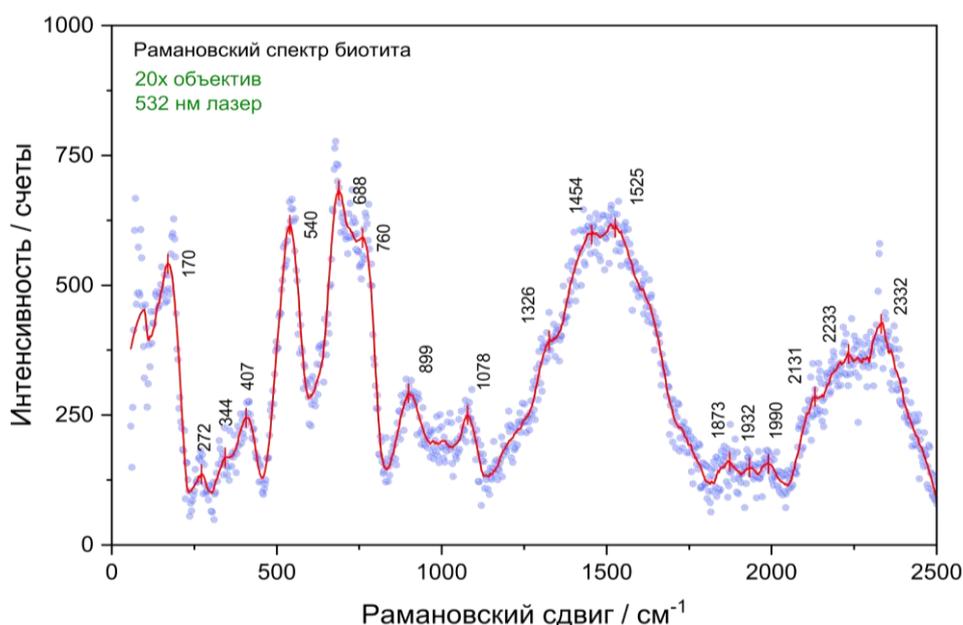


Рисунок 1. Спектр комбинационного (Рамановского) рассеяния нанослоев биотита

Так, спектр биотита, в том числе, в литературных источниках, представляет собой набор сигналов в диапазоне от 100 до 1200  $\text{см}^{-1}$  [5]. Пик на 170  $\text{см}^{-1}$  отражает колебания К-О. Низкоинтенсивные пики в диапазоне 250-500  $\text{см}^{-1}$  отражают колебания связей металл (Fe, Mg)-кислород. Наиболее интенсивные пики в области 500-800  $\text{см}^{-1}$  вызваны колебаниями Si-O-Si. Широкий пик в области выше 1000  $\text{см}^{-1}$  вероятно, может принадлежать гидроксильным группам, содержащимся в структуре биотита.

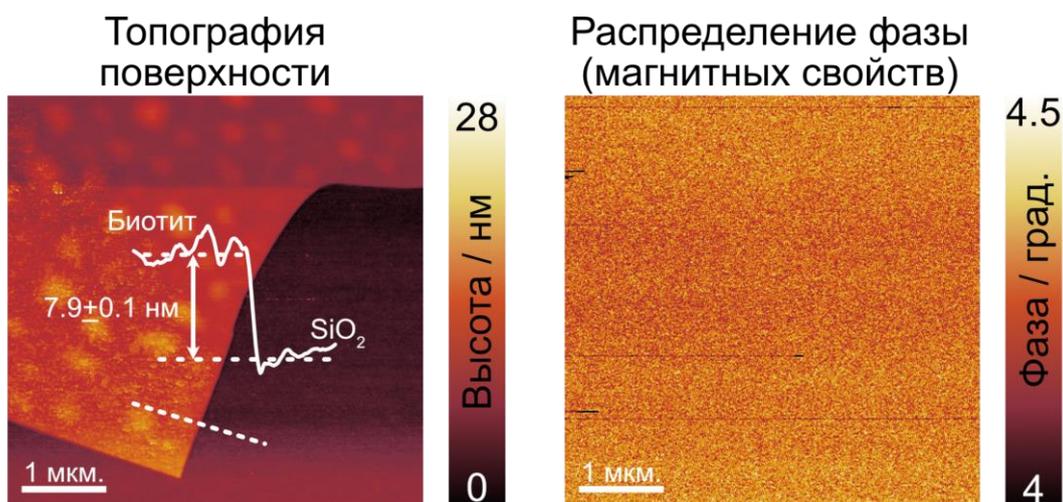


Рисунок 2. АСМ топография нанослоя биотита на поверхности кремния (слева) и распределение магнитных свойств (справа)

Исходя из химического состава материала, видно, что в его структуре присутствуют ионы железа. Таким образом, можно предположить, что биотит способен проявлять ферромагнитные свойства, вследствие того, что в

кристаллической решетке содержатся ионы  $Fe^{3+}$  и  $Fe^{2+}$ . Для подтверждения или опровержения предположения, был проведен эксперимент методом магнитно-силовой микроскопией (МСМ). В ней используется специальный зонд с покрытием из магнитного материала, который, проходя над образцом, обладающим магнитными свойствами, будет отклоняться, тем самым сигнализируя о наличии таких свойств. Результаты, представленные на рисунке 2 показывают, что биотит в стандартных условиях не проявляет магнитных свойств. Тем не менее, изучив литературу, было выявлено, что биотит все таки способен проявлять магнитные свойства, однако только при достижении критической температуры [6].

В результате исследований удалось получить нанослои биотита на поверхности оксида кремния и ВОПГа. Основным механизмом осаждения материала на подложку является ван дер Ваальсовское взаимодействие. Опираясь на литературу, мною были изучены структурные и магнитные свойства биотита. В перспективе, биотит может быть использован в купе с новыми полупроводниковыми материалами, такими как дисульфид молибдена, для создания электронных компонентов, например, полевых транзисторов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Rostislav V. Lapshin / Journal of applied surface science 360 (2016) 451-460;
2. СПРАВКА О СОСТОЯНИИ И ПЕРСПЕКТИВАХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ НА 15.12.2022 г. / 2022 г.
3. L.Y.Zheng et al. / Journal of geomechanics and geophysics for geoenergy and georesources 20 (2020) 21-38;
4. Mohan S. et al. / Indian Journal of Pure and Applied Physics 54 (2016) 116-122;
5. N.Beausoleil at el. / Journal of Applied physics 906 (1983) 906-915

### НЕЙТРОННО-ФИЗИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ РЕАКТОРНЫХ УСТАНОВОК ТИПА КЛТ-40 С ТОРИЙ-ПЛУТОНИЕВЫМ ТОПЛИВОМ

*Мельник Ульяна Владимировна*

*МАОУ СОШ №34, 10 класс, г. Томск*

Руководитель: Кнышев Владимир Владимирович

Цель работы: определение топлива, состав которого позволяет реактору работать в режиме, оптимальном с точки продолжительности работы и износа

Задачи:

- изучить принцип работы реактора КЛТ-40

- найти актуальную информацию по строению тепловыделяющего элемента реактора
- рассчитать плотность и массу топлива, а также концентрации элементов
- рассчитать ожидаемую мощность на килограмм топлива
- провести моделирование с помощью специальной программы
- проанализировать полученные результаты

Актуальность:

КЛТ-40 это судовой ядерный реактор, предназначенный для длительного цикла эксплуатации в условиях ограниченного количества ресурсов или вовсе невозможности их получения, например на ледоколах. Поэтому необходимо рассматривать все возможные виды топлива для данного реактора, для нахождения наиболее оптимального.

Основная часть:

В данной работе будет рассмотрено топливо, состоящее из оксидов тория и плутония-239, плутония-240, плутония-241, плутония-242. Чтобы предотвратить слишком быстрое расщепление топлива и минимизировать вероятность непредвиденных ситуаций топливо будет сплавлено с силюмином в соотношении 2:1. Основным достоинством подобного топлива является то, что делящимся элементом является плутоний-239, который также является отходами деления урана-235 – самого распространенного и традиционного элемента ядерного топлива. Таким образом, появляется возможность вторичного использования токсичных продуктов деления, что безусловно положительно сказывается на экологии и экономике.

Для расчета необходимой информации была использована программа, моделирующая ячейку ядерного реактора. Полученный радиус ячейки – 0,6022, в качестве замедлителя и теплоносителя выступает вода, оболочка циркониевая.

При расчетах были рассмотрены соотношения оксида тория к оксидам плутония с 80%:20% до 90%:10% с шагом в 2%

При первом измерении (80%:20%) время работы реактора при  $k > 1$  составило ~12000 суток

При втором измерении (82%:18%) время работы реактора составило ~10500 суток

При третьем измерении (84%:16%) время работы реактора составило ~9000 суток

При четвертом измерении (86%:14%) время работы реактора составило ~8000 суток

При пятом измерении (88%:12%) время работы реактора составило ~7500 суток

При шестом измерении (90%:10%) время работы реактора составило ~7000 суток

Как видно из найденных данных, реактор подобного типа с таким топливом может теоретически работать и выдавать заданную мощность десятилетиями, однако в этом случае необходимо учитывать изнашиваемость

материалов, из которых состоит сам реактор, а также саму возможность возникновения ситуации, в которой такой долгий цикл работы мог бы быть эффективен.

Вывод: исходя из полученных данных все исследованные составы топлива показывают очень продолжительный период работы, что не является оптимальным с точки зрения износа реактора. При этом при уменьшении доли оксидов плутония, уменьшается период работы реактора, из чего можно предположить, что поиск оптимального соотношения веществ в топливе должен вестись в направлении ещё большего снижения доли оксида плутония.

Перспективы исследования: дальнейшими направлениями исследования, помимо расчета оптимального состава топлива, могут быть расчет изменения теплофизических параметров и атомного состава топлива.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. [http://library.mephi.ru/pdfunnel.php?Z21FAMILY=%D0%BC%D0%B0%D0%BA%D1%81%D0%B8%D0%BC%D0%BE%D0%B2%D0%B0&Z21ID=62665&PATH=book-mephi%2FDeev\\_Osnovy\\_rascheta\\_sudovyh\\_YaEU\\_2012.pdf](http://library.mephi.ru/pdfunnel.php?Z21FAMILY=%D0%BC%D0%B0%D0%BA%D1%81%D0%B8%D0%BC%D0%BE%D0%B2%D0%B0&Z21ID=62665&PATH=book-mephi%2FDeev_Osnovy_rascheta_sudovyh_YaEU_2012.pdf)
2. <https://www.rosenergoatom.ru/upload/iblock/68d/68d2a9ecbfe31ad79ea5efa0e45526b3.pdf>
3. Бойко В. И., Шаманин И. В., Сафарян Т. Л. Смешанная загрузка легководного реактора под давлением торий-плутониевым и торий-урановым оксидным топливом // Известия ТПУ. 2004. №7. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/smehannaya-zagruzka-legkovodnogo-reaktora-pod-davleniem-toriyeplutonievim-i-toriyeuranovym-oksidnym-toplivom>.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ТЕПЛООВОГО КОНТРОЛЯ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ВОДЫ В СОТОВЫХ ПАНЕЛЯХ САМОЛЕТОВ

*Назарова Юлия Романовна*

*Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение лицей при ТПУ  
г. Томска, 10 класс*

Руководитель: Чулков Арсений Олегович, заместитель директора по научно-образовательной деятельности, к.т.н.

Авиакосмическая промышленность, являясь современной высокотехнологичной индустрией, предъявляет повышенные требования к качеству применяемых материалов и изделий, их контролю, надёжности и безопасной эксплуатации. Возможные последствия применения некачественных или дефектных материалов сопряжены не только с огромными финансовыми

рисками, но и с угрозами жизни людей [1]. Угле и стеклопластик представляет собой композитный материал, состоящий из полимерной матрицы армированной волокнами, формируемыми из углерода и стекла [2].

Скрытые дефекты, которые неизбежно появляются в материалах на стадии производства и эксплуатации, могут серьёзно повлиять на прочность и другие свойства материала, что ставит под угрозу надёжность их эксплуатации и уменьшает срок службы. Поэтому своевременное обнаружение структурных неоднородностей в полимерных композиционных материалах (ПКМ) является неотъемлемой частью их производства и эксплуатации.

Основной принцип большинства методов неразрушающего контроля (НК) заключается в том, что дефект изменяет амплитуду, частоту, фазовый угол входящего волнового сигнала путём отражения, преломления и поглощения. Волнообразным сигналом, используемый в неразрушающем контроле, может быть оптический свет, рентгеновские лучи, упругие ультразвуковые волны, переменное электрическое и магнитное поле, тепловые волны.

Среди разнообразия существующих методов НК визуальный контроль, рентгенография, ультразвук, лазерная широгрфия, инфракрасная термография и компьютерная томография в настоящее время являются основными для испытаний изделий из ПКМ [3, 5].

#### Тепловой контроль

Метод теплового контроля основан на анализе нестационарных тепловых полей объекта контроля, записанных при помощи тепловизоров. Метод теплового контроля подразделяют на два вида: пассивный и активный. При пассивном методе контроля анализируют собственный температурный градиент объекта контроля, который подлежит анализу, например, работающее электрооборудование, тепловые установки, человеческое тело и т.п. Для НК полимерных композиционных материалов представляет интерес активный метод теплового контроля, подразумевающий использование внешнего возбуждения контролируемого объекта при одновременной регистрации теплового отклика на поверхности объекта контроля. Такое внешнее тепловое нагружение провоцирует появление температурной неоднородности в зонах со структурными дефектами. Для теплового возбуждения используют галогенные или ксеноновые лампы, ИК нагреватели, горячий воздух, а также ультразвуковую стимуляцию и индукционный нагрев [4].

Метод теплового контроля выглядит перспективным для контроля авиационных композитов как в процессе их производства, так и при эксплуатации. Основными преимуществами метода теплового контроля является высокая производительность контроля, относительно низкая стоимость оборудования и испытаний, чувствительность к типичным для композитов дефектам, «гибкость» в применении на производственных линиях и при полевых испытаниях. Недостатки метода сводятся к ограничению максимальной глубины и минимальных размеров дефектов, а также сложностью количественной оценки.

Целью работы было изучение возможностей теплового метода НК для обнаружения воды в сотовых авиационных панелях.

Задачи:

1. Обосновать применимость активного теплового метода НК для обнаружения дефектов сотовых панелей самолетов.
2. Определить эффективность использования метода теплового контроля.

#### Экспериментальная часть

В качестве объекта исследований была выбрана сотовая панель размерами 200×200 мм и толщиной 10 мм, обшивка которой была изготовлена из стеклопластика (толщина обшивки 0,2 мм). Сотовый наполнитель был выполнен из вошеной бумаги.

Перед проведением исследований в образце были созданы 5 дефектных зон, ячейки которых были заполнены водой на 100, 80, 60, 40 и 20% от полного объема ячейки, а также одна дефектная зона, ячейки которой были на 100% заполнены отвержденной эпоксидной смолой. Использование воды и эпоксидного клея было продиктовано тем фактом, что на практике встречаются обе ситуации, но опасной является вода в сотах. Каждая из зон состояла из 72 ячеек. Наполнение ячеек водой и эпоксидной смолой проводили через отверстия в обшивке, причём для наполнения каждой ячейки было проделано соответствующее отверстие. Вид обшивки образца с отверстиями приведен на рисунке 1. После заполнения сот водой отверстия были заклеены клейкой лентой.

Обшивка образца на передней поверхности была окрашена черной матовой краской в несколько слоев для исключения влияния полупрозрачности стеклопластиковой обшивки, а также для повышения коэффициента излучения поверхности до 0,96 (см. рисунок 2).

Зона со 100 %  
заполнением водой

Зона, заполненная  
эпоксидным клеем

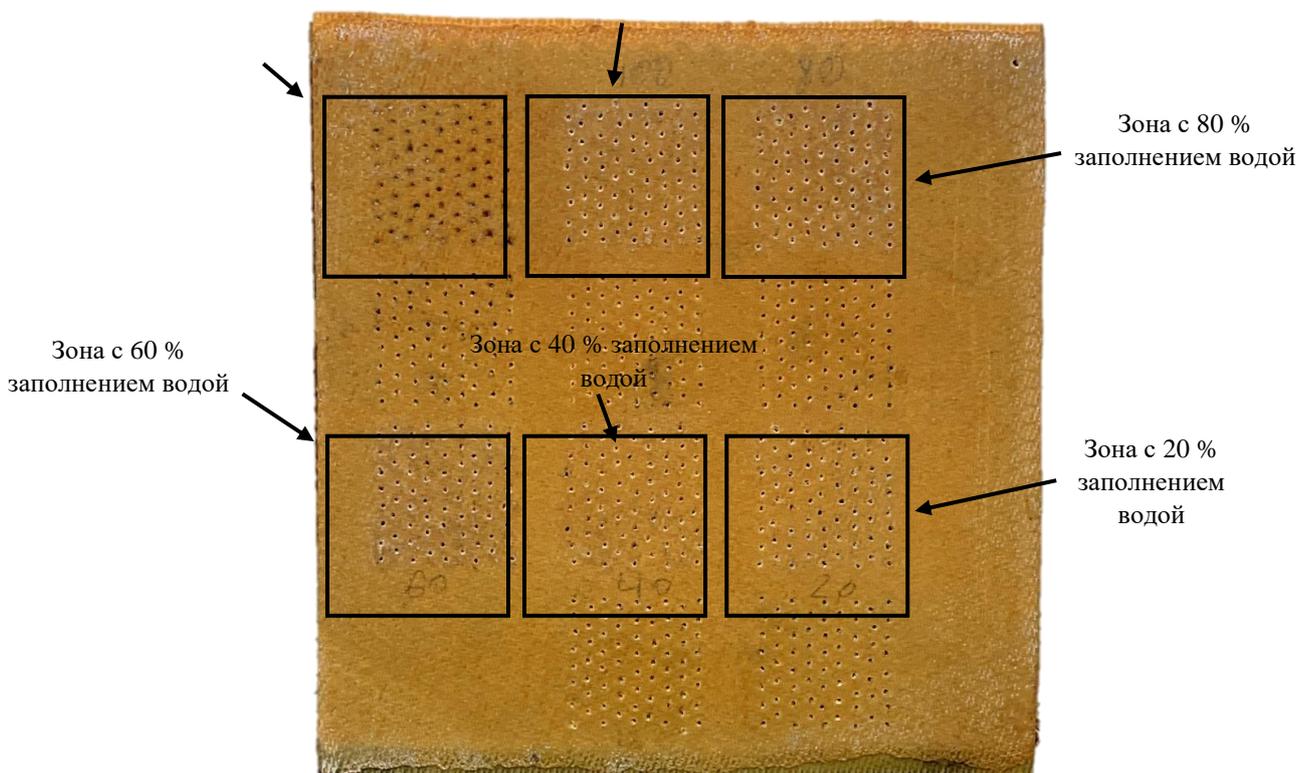


Рисунок 1– Тестовая сотовая панель (показаны отверстия в задней обшивке, через которые соты заполнялись водой и эпоксидным клеем)

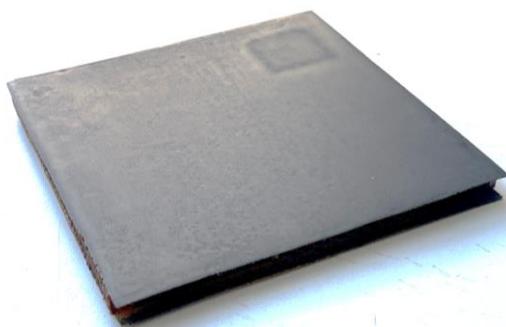


Рисунок 2 – Передняя поверхность сотовой панели (после окрашивания)

Сотовую панель контролировали в односторонней процедуре ТК, причем нагрев и регистрацию температуры проводили на окрашенной в черный цвет стороне по двум схемам: 1) снизу, когда вода находилась в контакте с внутренней поверхностью обшивки; 2) сверху, когда вода в соответствующих зонах не касалась внутренней стороны контролируемой обшивки образца (контроль через воздух). Перед контролем по второй схеме, образец выдерживали 12 часов для того, чтобы вода опустилась на дно сот. Следует заметить, что реальное распределение воды в ячейках, например, заполненных водой на 20%, за счет сил поверхностного натяжения может не соответствовать ожидаемому.

В качестве оптического нагревателя была использована галогеновая лампа мощностью 500 Вт. Одновременно с нагревом выполняли регистрацию ИК термограмм, отражающих распределение температуры на контролируемой поверхности в пространстве и во времени. Использован тепловизионный модуль Optris PI 450. Экспериментальная установка показана на рисунке 3.

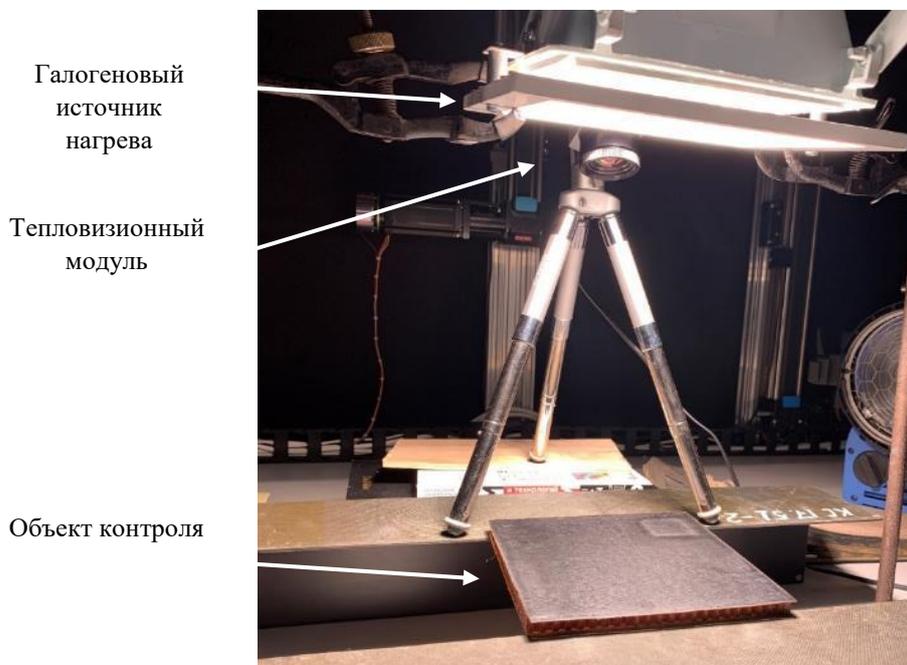
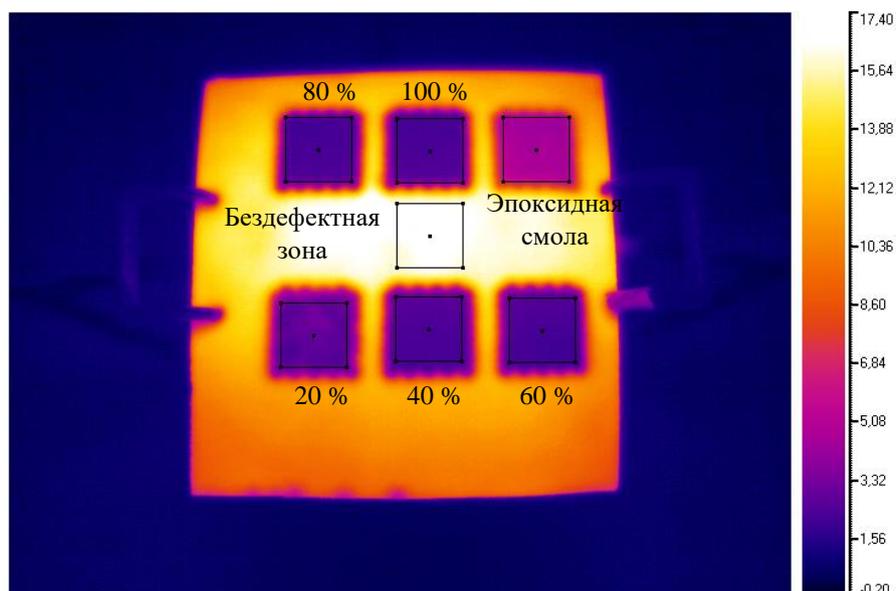
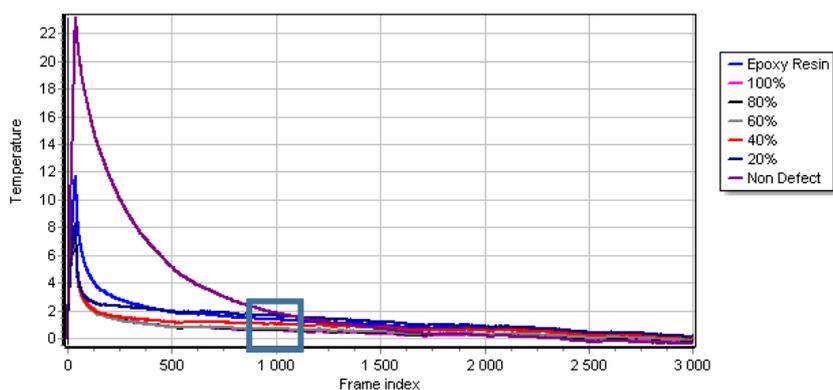


Рисунок 3 – Экспериментальная установка при контроле воды в сотах по схеме «снизу»

На рисунке 4 приведены результаты контроля образца «снизу». Квадратами на рисунке 4а выделены зоны, в которых на графиках рисунка 4б приведено изменение усредненных значений температуры.



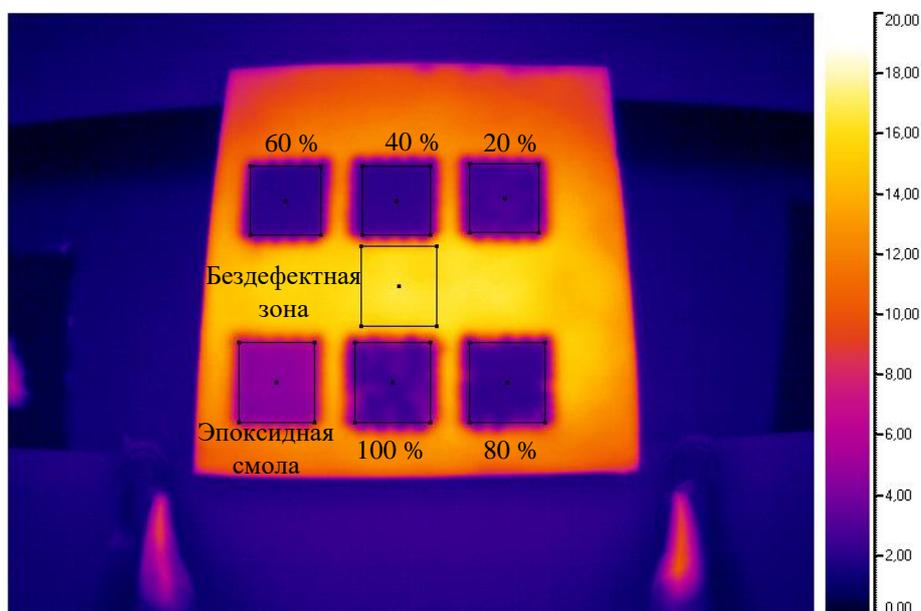
а) термограмма для 10 секунды контроля



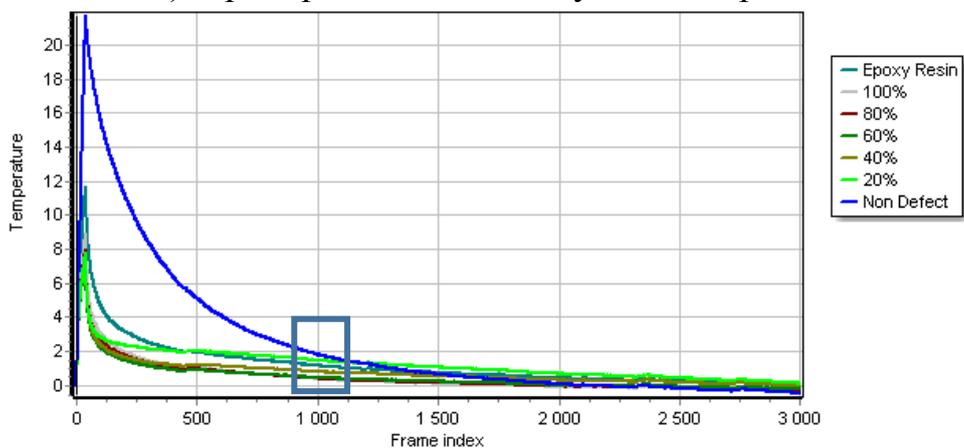
б) графики изменения средних температур для соответствующих областей

Рисунок 4 – Результаты ТК воды в сотах по схеме «снизу»

На рисунке 5 приведены результаты контроля по схеме «сверху».



а) термограмма для 10 секунды контроля



б) графики изменения средних температур для соответствующих областей

Рисунок 5 – Результаты ТК по схеме «сверху» (через воздух)

Использование активного теплового метода НК для обнаружения дефектов сотовых панелей является обоснованным с точки зрения производительности и эффективности обнаружения характерных дефектов. Полученные ранее результаты продемонстрировали, что воду в сотах тепловым методом можно обнаружить при заполнении до 10 % от объема сот.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Avdelidis N.P., Hawtin B.C., Almond D.P. Transient thermography in the assessment of defects of aircraft composites // NDT E Int. 2003. Vol. 36, № 6. P. 433–439.
2. Clyne T.W., Hull D. An introduction to composite materials. Cambridge university press, 2019.
3. Federal Aviation Administration (FAA). Aviation Maintenance Technician Handbook. Aviation Supplies & Academics, 2018. 696 p.
4. Vavilov V.P., Burleigh D.D. Review of pulsed thermal NDT: Physical principles, theory and data processing // NDT E Int. Elsevier, 2015. Vol. 73. P. 28–52.
5. Bossi R. H. ASNT Industry Handbook: Aerospace NDT. Columbus, OH: American Society for Nondestructive Testing, 2014. 450 p.

#### **ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ФЕРРИМАГНИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ МАГНЕТИТА**

*Новиков Михаил Тимофеевич, Александрин Иван Валерьевич*

*Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение лицей при ТПУ  
г. Томска, 10 класс*

Руководитель: Никитин Дмитрий Сергеевич, к.т.н., доцент ОЭЭ ИШЭ ТПУ

Современную промышленность и энергетику невозможно представить без использования магнитов. В большей степени это относится к электротехнике. Вещества, используемые в данных отраслях, имеют особые физические свойства: магнитные, электрические и т.д. Знание свойств различных магнетиков помогает специалисту грамотно подбирать тип вещества, необходимый для работы, и эффективно его эксплуатировать. С развитием исследований магнитов

науке стало известно о существовании семи ферромагнитных фаз оксида железа, разделяемых по валентности [1].

Наиболее изученным и известным науке оксидом железа является оксид железа (IV) или же магнетит. Из-за постоянно растущего спроса на магнитные материалы, интерес к их получению также повышается. Оксиды железа широко используются в современных носителях для хранения информации, магнитной печати, а также как покрытие, поглощающее радиоволны. Ферриты устанавливаются в качестве сердечников для трансформаторов, из них изготавливают элементы для антенн, роторы и т.д. Использование указанных материалов позволяет обществу создавать более современное оборудование для научных исследований и промышленности, а также - различные бытовые приборы [2].

На данный момент известно о многих способах получения магнетита, таких как высокоэнергетический механосинтез, микроволновое спекание, золь-гель метод. Основным недостатком данных методов является длительность протекания реакций, которые могут занимать от суток до нескольких недель.[3]

#### Плазмодинамический синтез

Использованный в ходе работы способ получения магнетита называется плазмодинамический синтез (ПДС). Данный метод подразумевает использование плазмы дугового разряда. ПДС характеризуется малыми энергозатратами (10 кВт ч на 1 кг), высокой скоростью получения готового материала (менее 1 мс) и возможность использования дешёвого сырья. Согласно данным о проведённом синтезе магнетита, чистота выхода  $Fe_3O_4$  составила приблизительно 75% от массы. Это обусловлено особенностями процессов, протекающих в смеси газов аргона и кислорода. [2].

Целью работы было установление зависимости получаемого выхода магнетита от использованного газа при синтезе.

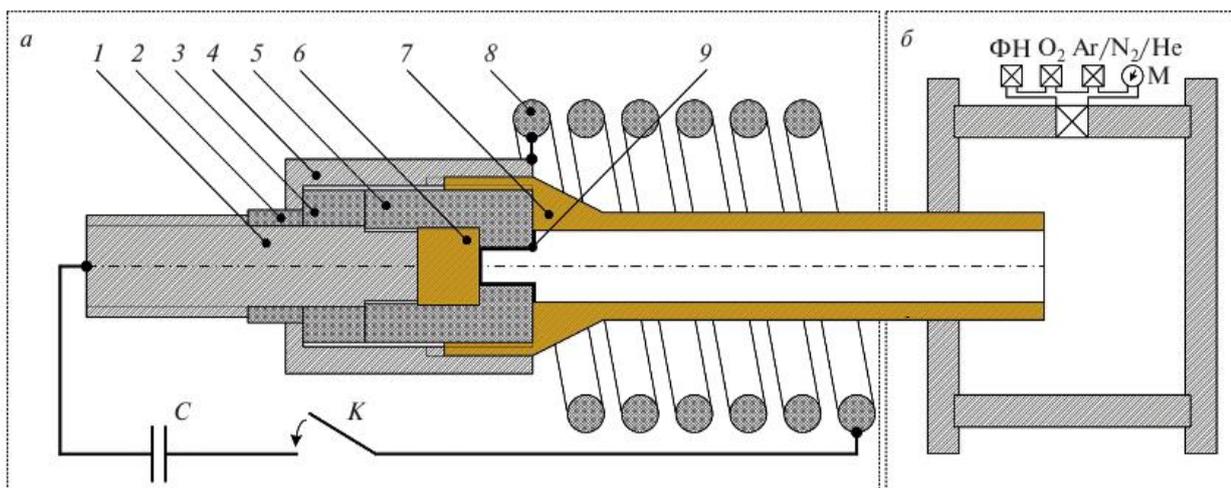
Задачи:

1. Получить магнетит методом плазмодинамического синтеза при использовании коаксиального магнитоплазменного ускорителя.
2. Исследовать возможность использования различных смесей газов в качестве рабочей среды для повышения чистоты выхода  $Fe_3O_4$ .

В работе был разработан и экспериментально проверен способ плазмодинамического синтеза для получения магнетита с использованием инертного газа гелия и условно инертного газа по отношению к компонентам системы “железо-кислород” азота. Эксперимент показал, что использование гелия и азота вместо аргона способно значительно повышать чистоту выхода материала.

#### Экспериментальная часть

В работе основным элементом для проведения эксперимента являлся коаксиальный магнитоплазменный ускоритель (КМПУ). Схема данной установки представлена на рисунке 1.



**Рис. 1.** Принципиальная схема экспериментальной установки по синтезу оксидов железа: коаксиальный магнитоплазменный ускоритель (а); камера-реактор (б).

Перед проведением эксперимента камера вакуумируется при помощи форвакуумного насоса, после чего заполняется газообразной смесью из инертного газа (азота, гелия или аргона) с добавлением кислорода суммарным давлением 1 атм, регулируемого с помощью манометра. Емкостной накопитель энергии заряжается до необходимой величины. При замыкании силовых ключей батарея конденсаторов начинает разряжаться, что выражается появлением напряжения на электродах КМПУ и протеканием разрядного тока по цепи. При достижении током некоторого значения происходит разрушение перемычки с возникновением дуговой стадии разряда в межэлектродном пространстве канала формирования плазменной структуры. Для экспериментов были выбраны газы с разными физическими свойствами (плотность, теплопроводность и теплоемкость при постоянном объеме). Условия рабочей среды для проведения испытаний представлены в таблице 1.

Таблица 1 Энергетические параметры проведённых экспериментов

N	Состав газовой среды	w(O <sub>2</sub> ), %	U <sub>зар</sub> , кВ	W, кДж	W <sub>С</sub> , кДж	U <sub>д</sub> , кВ	I <sub>макс</sub> , кА	P <sub>макс</sub> , МВт
1.	He/O <sub>2</sub>			33.1		1.02	139	141
2.	N <sub>2</sub> /O <sub>2</sub>	10	2.5	32.5	45	1.00	142	142
3.	Ar/O <sub>2</sub>			33.2		1.02	142	143

В результате проведения экспериментов были получены порошкообразные материалы, которые после полного осаждения из взвешенного состояния без дополнительной обработки исследовались методами рентгеновской дифрактометрии. Значения удельной намагниченности насыщения синтезированных материалов определены с помощью автоматизированного комплекса для исследования магнитных характеристик в импульсных полях.

Результаты намагниченности полученных материалов при разной рабочей среде представлены в таблице 2.

Таблица 2. Удельные намагниченности насыщения продуктов синтеза

N	Состав газовой среды	U, В	H, кЭ	$\square, s \text{ Гс} \cdot \text{см}^3/\text{Г}$
1	He/O <sub>2</sub>	200	18.6	78.3 ± 0.2
2	N <sub>2</sub> /O <sub>2</sub>			74.4 ± 0.2
3	Ar/O <sub>2</sub>			70.9 ± 0.2

Выводы проекта:

1. Получено несколько порошкообразных материалов, которые проявляют чётко выраженные магнитные свойства.
2. Исследование основных физических свойств трех материалов показало, что они отличаются значениями удельной намагниченности насыщения.
3. Было экспериментально доказано, что при использовании определённых инертных газов (гелий и азот) возможно повысить чистоту выхода готового материала, что позволяет увеличить эффективность получения магнетита.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Петрова Л.Г., Потапов М.А., Чудина О.В. Электротехнические материалы: Учебное пособие/МАДИ (ГТУ). – М., 2008г. – 198 с.
2. Сайгаш А. С. Динамический синтез нанокристаллических высокотвердых материалов на основе титана в гиперскоростной струе электроразрядной плазмы : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук : спец. 05.14.12 ; Томский политехнический университет - Томск, 2010. — 22 с: [Электронный ресурс] – режим доступа: - <https://www.earchive.tpu.ru/bitstream/11683/52749/1/dis00282.pdf>
3. Сажин В.Б., Половников А.Б. Получение ферритов из промышленных стоков гальванических производств [Электронный ресурс] – режим доступа: -

4. <https://cyberleninka.ru/article/n/poluchenie-ferritov-iz-promyshlennyh-stokov-galvanicheskikh-proizvodstv/viewer>

## **ПЕРЕРАБОТКА ИЗЛИШКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ВЫРАБОТАННЫХ СОЛНЕЧНЫМИ ПАНЕЛЯМИ**

*Огиенко Олег*

*Муниципальное казённое общеобразовательное учреждение «Шегарская СОШ №1», 8 класс  
с.Мельниково*

Руководитель: Дмитриев Кирилл Сергеевич, Учитель физики

Данная работа была направлена на разработку технологии переработки излишков электроэнергии выработанных солнечными панелями. Данная проблема достаточно актуальна среди потребителей солнечной электроэнергии, которые не способны обеспечить равномерное потребление энергии в течении суток.

Работа заключается в том, чтобы разработать экономичный и надёжный способ по преобразованию излишков солнечной электроэнергии в тепловую энергию для аккумуляции или использования.

Суть работы состоит в том, чтобы провести анализ имеющихся предложений, выбор, математическое обоснование и практическое исследование способа преобразования энергии.

Ключевые слова. Солнечная электроэнергетика, экономия, экология, переработка, солнечные панели, аккумуляция, тёплый пол, излишки электроэнергии.

Введение. В современном мире электричество - один из самых важных ресурсов в мире. При этом существуют отдалённые районы, где нет возможности в получении сетевой электроэнергии и переработка солнечной энергии в электрическую становится актуальна.

Однако солнечная энергетика, как и другие виды энергетике, не обделена недостатками. Ключевые из этих недостатков: стоимость оборудования, неравномерность выработки электроэнергии в течении суток. Часто бывает, что дневная выработка электроэнергии избыточна и у собственника возникает вопрос «куда и как реализовать излишки». Продажа электроэнергии в сеть в наше время не доступна, организовывать избыточную аккумуляторную батарею – не рентабельно.

Достаточно эффективным решением в данном случае является преобразования избыточной электроэнергии в тепловую энергию либо для аккумуляции, либо для использования сразу.

При решении вопроса преобразования электрической энергии в тепловую снова возникает финансовый вопрос. Часто все обогревающие устройства, не прихотливые к качеству электроэнергии, достаточно дорогостоящие.

В данной работе проводится теоретическое, математическое обоснование выбора греющего провода марки ПНСВ и анализ результатов практической эксплуатации.

ПНСВ КАБЕЛЬ-провод для прогрева бетона, применяется для прогрева бетона в условиях затвердевания, происходящего при низких температурах, а так же обогрева грунта в тепличных хозяйствах Он используется для напольных нагревателей с напряжением переменного тока до 380В или постоянного тока до 1000 В.

Обзор аналогов. Современный рынок предлагает достаточно большой ассортимент электрических низкопотенциальных нагревателей, и может быть разбит на 3 категории:

- кабельные электронагреватели (в качестве нагревательного элемента используются проводники в изоляции различной конструкции);
- плёночные электронагреватели (в качестве нагревательного элемента используются токопроводящие плёнки);
- жидкостные электронагреватели (в качестве нагревательного элемента используются электротэн, а теплоноситель – жидкость).

По данным Интернет ресурсов (интернет магазинов), аналоги имеют следующие характеристики.

Таблица 1. Характеристики нагревательных элементов

Изображение	Характеристика	Недостатки	Достоинства
	Тип: резистивный, двухжильный Мощность: 104..136 Вт/м <sup>2</sup> Цена: 1088...3200 руб./м <sup>2</sup> Цена: 10,5...24 руб./Вт	Неделимая длина, избыточная удельная мощность	Простота подключения (не требует спец. знаний и расчётов)
	Тип: резистивный, углеродный. Мощность: до 200 Вт/м <sup>2</sup> Цена: 112...320 руб./м <sup>2</sup> Цена: 0,6...1,6 руб./Вт	Сложность расчёта. Избыточная удельная мощность	Гибкость, долговечность материалов, низкая цена.
	Тип: резистивный, стальной. Мощность: до 160 Вт/м <sup>2</sup> Цена: 112...320 руб./м <sup>2</sup> Цена: 0,6...1,6 руб./Вт	Сложность расчёта для подключения. Избыточная удельная	Гибкость, долговечность материалов, Низкая цена.

	<p>Тип: Плёночный Карбоновый Мощность: до 220 Вт/м<sup>2</sup> Цена: 550 руб./м<sup>2</sup> Цена: 2,5руб./Вт</p>	<p>Можно класть только под линолеум,</p>	<p>Легкая установка. Делимость на сектора.</p>
	<p>Тип: Водяной Мощность: до 100 Вт/м<sup>2</sup> Цена: 210руб./м<sup>2</sup> Цена: 2,1руб./Вт</p>	<p>Сложность монтажа. Сложная обвязка топливных котлов.</p>	<p>Подходит любой вид топлива. Электро- безопасность.</p>

Основная часть. В ходе проведения исследования рыночных предложений был сделан вывод о экономической и технической целесообразности использования провода марки ПНСВ. Они имеет простую конструкцию (стальная проволока в виниловой изоляции), надёжность которой подтверждена десятилетиями эксплуатации на территории СССР и России. соответствует отечественным ГОСТам. Низкая удельная мощность позволяет изменяя длину проводника закладывать мощность установки в широких пределах.

Новизна данной работы состоит в том, чтобы использовать данный провод не для прогрева бетона во время его твердения, а эксплуатации нагревательного элемента в качестве источника тепловой энергии для аккумулятора тепла и отопления тёплыми полами.

Для проведения данной работы были установлены заказчиком следующие параметры:

- площадь помещения  $S = 60 \text{ м}^2$ ;
- максимальная мощность нагревателя  $P = 1700 \text{ кВт}$ ;
- возможность регулирования мощности нагревателя.

Чтобы определить длину греющего проводника необходимо определить удельное сопротивление (Ом/м) и используя закон Ома и Джоуля-Ленца вычислить сопротивление всей линии.

Сопротивление одного метра провода ПНСВ диаметром 1,2 мм можно определить двумя способами:

- через коэффициент удельного сопротивления, используя табличные данные;
- по закону Ома, измерив ток и напряжения на определённом отрезке провода.

Был выбран экспериментальный способ, так как он имеет более точные результаты применимые именно к тому проводу, который был куплен.

В качестве экспериментального отрезка был выбран провод длиной  $L = 40 \text{ м}$ . Автотрансформатором напряжение плавно увеличивалось до значения тока равным  $I = 5 \text{ А}$ . В тот момент, когда ток достиг заданного значения, показания вольтметра имели значение  $U = 15,5 \text{ В}$ .

Сопротивление вычисляется по закону Ома:

$$R = \frac{U}{I}, \text{ Ом}, \quad [4]$$

где  $U$  – напряжение на концах проводника (В);

$I$  – ток протекающий по проводнику (А).

Подставляя значения в формулу, получаем:

$$R = \frac{15,3\text{В}}{5\text{А}} = 3,06 \text{ Ом}.$$

Для определения удельного сопротивления (на 1 метр) необходимо полученное значение поделить на длину экспериментального провода  $S = 40\text{м}$ :

$$R_{\text{уд}} = \frac{3,06 \text{ Ом}}{40 \text{ м}} = 0,0765 \text{ Ом/м}.$$

Для определения максимально допустимого тока провода марки ПНСВ, так же проводился эксперимент. Через одиночный проводник, который находился в воздухе, пропускался ток до тех пор, пока изоляция не начинала плавиться. Показания тока считаются предельно допустимыми. Данный эксперимент показал, что изоляция начала размягчаться при тока равном  $I_{\text{макс.}} = 14,4 \text{ А}$ . Для нашей установки было принято решение использовать максимальный ток равный  $I_{\text{нагр}} = 7,5 \text{ А}$ .

Необходимое сопротивление нагревателя определяется по закону Джоуля-Ленца:

$$R = \frac{P}{I^2} \text{ Ом}, \quad [4]$$

где  $P$  – необходимая мощность, Вт;

$I$  – ток проводника, А.

Подставляя значения в формулу, получаем:

$$R = \frac{1700 \text{ Вт}}{7,5^2 \text{ А}} = 31 \text{ Ом},$$

Учитывая, экспериментально полученное удельное сопротивление, получаем длину провода:

$$L = \frac{R}{R_{\text{уд}}} = \frac{31 \text{ Ом}}{0,0765 \frac{\text{Ом}}{\text{м}}} = 405,23 \text{ м}.$$

Таким образом, необходимая длина проводника составляет 405 м.

Помещение предложенное для работы имеет следующие параметры:

- длина 10 м;
- ширина 6 м.

Исходя из габаритов помещения, необходимой длины проводника и удобства монтажа, было принято решение раскладывать проводник линиями с шагом в 15 см.

Ниже приведены фотографии реализованного проекта.

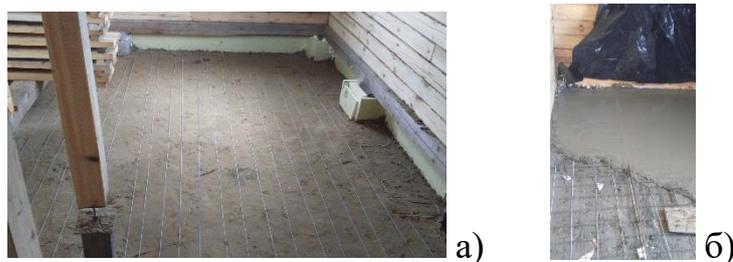


Рисунок 1 – Укладка греющего провода под песчаный теплоаккумулятор (а), в стяжку чистового пола (б).

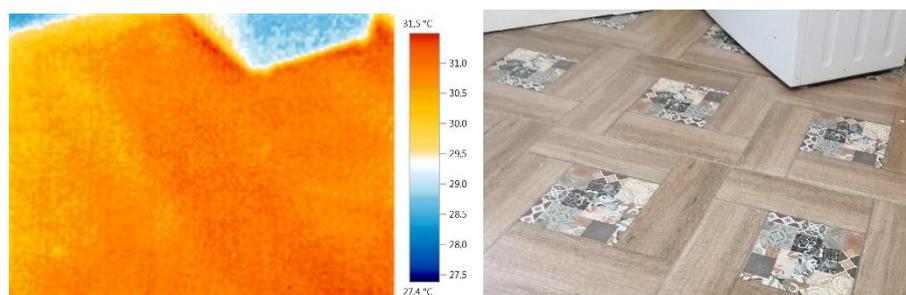


Рисунок 2 – Равномерность распределения теплового поля по поверхности.

Расчётные параметры греющего элемента совпали с результатами измерений после монтажа. Сопротивления изоляции, контур защитного заземления – соответствуют установленным нормам по безопасности. Электрическая энергия преобразуется в тепловую энергию потребителем электрической энергии абсолютно не требовательным к качеству электрической энергии (виду тока и уровню напряжения), что позволяет использовать данный элемент на прямую от солнечных батарей без потерь в преобразователях. Общие затраты на греющий провод (два уровня: тепловой аккумулятор и бетонная стяжка) составили 2300 руб., что является достаточно экономичным вариантом.

Низкая стоимость нагревательного элемента, не прихотливость к качеству электроэнергии и простота конструкции (материалов) позволяет данному решению найти своего потребителя в промышленности и быту.

Наблюдается хорошее равномерное распределение теплового поля по поверхности нагреваемого объекта.

В перспективах развития проекта планируется осуществить прокладку греющего провода в грунте теплицы, исследование фактически полученных объёмов излишков электрической энергии от солнечных панелей, разработка и внедрение схемы водяного теплового аккумулятора, который имеет значительно большую тепловую ёмкость, разработка системы автоматического распределения и диспетчеризации электрической энергии. Анализ расчётных и фактических характеристик.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Магазин материалов для строительства и ремонта [Электронный ресурс]. Режим доступа: [www.url: https://stroyparkdiy.ru/](https://stroyparkdiy.ru/). - 16.06.2023.

2. Интернет магазин различных товаров [Электронный ресурс]. Режим доступа: [www.url: https://aliexpress.ru/](https://aliexpress.ru/) - 16.06.2023.

3. ООО "СДС" 2006-2023 [Электронный ресурс]. Режим доступа: [www.url: https://www.sds-group.ru/items\\_14661.htm](https://www.sds-group.ru/items_14661.htm)

4. Перишкин А.В. Физика. 7 класс. Учебник для общеобразовательных уч. заведений; 3-изд., дополненное. - М.: Дрофа, 2014г.

## **ИЗГОТОВЛЕНИЕ МОДЕЛИ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО МАНИПУЛЯТОРА**

*Павлович Полина*

*БОУ г.Омска Средняя общеобразовательная школа № 24, 11 класс*

Научный руководитель: Новак Елена Николаевна, учитель физики

Современную технику - автомобили, сельскохозяйственные и дорожные машины невозможно представить без механизмов, которые в качестве передающего или принимающего мощность звена используют различные жидкости. Гидромоторы, гидроприводы, насосы всевозможных конструкций, силовые, грузоподъемные, демпфирующие и амортизирующие устройства, различные системы двигателей внутреннего сгорания - питания, смазки, охлаждения – вот далеко не полный перечень механизмов, в которых жидкость помогает решить инженерные задачи по облегчению труда человека, удешевлению и упрощению конструкций машин, а также их надежности и безопасности. Поэтому важно знать, как они устроены, чтобы правильно их применять. Изготавливая модель гидравлической машины, я детально узнаю ее строение, в таком случае на основе её устройства я могу создать улучшенную и простую модель гидравлической машины.

Данная модель может быть использована на уроках физики при изучении гидравлических машин, на внеклассных занятиях, при проведении декад, занимательных опытов, выставках.

Цель проекта: изготовить усовершенствованную модель гидравлического манипулятора и доказать, что материалы не влияют на качество работы манипулятора.

Задачи:

1. Изготовить усовершенствованную модель гидравлического манипулятора.
2. Объяснить принцип его работы на основе физических закономерностей.
3. Провести эксперименты и сравнительные анализы с обоими моделями манипулятора.
4. Доказать, что материалы не влияют на качество работы манипулятора.

Изготовление модели гидравлического манипулятора, с рассмотрением физических закономерностей.

1. По рассчитанным шаблонам вырезать нужное количество деталей для механизма манипулятора (приложение 1, рисунок 1, 2, 3).
2. Изготовление механизма манипулятора:
  - 2.1. Склеить детали, основание (приложение 1, рисунок 4).
  - 2.2. Сделать необходимые отверстия для скрепления деталей и используемых материалов (приложение 1, рисунок 3).
  - 2.3. Закрепить детали на изготавливаемой конструкции.
  - 2.4. Закрепить детали на изготавливаемой конструкции (приложение 1, рисунок 4).
3. Окрашивание воды в четыре цвета с помощью пищевых красителей.

1. Регулировка объема жидкости и воздуха для максимально эффективной работы манипулятора.

Процесс изготовления можно посмотреть на видео по ссылке <https://www.popmech.ru/diy/news-345272-kak-sdelat-gidravlicheskiy-manipulyator-svoimi-rukami/>

Материалы и инструменты, необходимые для изготовления модели:

1. Материалы: картон перфорированный, шприцы одноразовые, поливиниловая трубка, суперклей, хомут-стяжка, проволока стальная, батарейка низковольтная, палочки для канапе и мороженого, скотч, вода, масло и красители.

2. Инструменты: канцелярский нож, ножницы, линейка, карандаш, шило, дрель, клей-пистолет, плоскогубцы, наждачная бумага.

Овладение и совершенствование навыка управления манипулятором.

Завершив изготовление модели гидравлического манипулятора перед нами встала еще одна непростая задача – научиться им управлять. Эта работа требует концентрации внимания, точности движений. Только путем неоднократных упражнений можно овладеть навыком управления изготовленным гидравлическим манипулятором.

Проведение сравнительного анализа технических характеристик моделей манипулятора, наполненных маслом или водой.

Для проведения сравнительного анализа мне потребовались данные экспериментов проведенных в 8 классе, а также провести эксперименты с новой моделью манипулятора: измерение максимальной высоты подъема груза и максимального веса тела, поднимаемого груза манипулятором.

Таблица 1

Характеристика	Первая модель		Вторая модель	
	С водой	С маслом	С водой	С маслом
Максимальный вес тела, поднимаемого груза	1,4 Н	1,55 Н	2,1 Н	2,4 Н
Максимальная высота подъема груза	50 см	50 см	45 см	45 см
Управляемость	Управляемость лучше с водой		Управляемость лучше с водой	
Положение рычага	Не фиксируется	Фиксируется	Фиксируется	Фиксируется

Подводя итог нужно отметить, что в случаях с обеими моделями управляемость лучше, когда они наполнены водой. Это из-за того, что у масла меньше плотность. Также по причине того, что у масла меньше плотность, манипуляторы с маслом поднимают тела с большими весами.

Усовершенствование модели гидравлического манипулятора.

После проведения опытов стало ясно, что используя маленький шприц для вращения манипулятора, теряется способность манипулятора вращаться вокруг своей оси. Поэтому было принято решение заменить маленький шприц на шприц большего размера.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Когда я более подробно изучила строение гидравлической машины, я поняла, что выигрыш в силе больше в той, где внутренний шприц большего диаметра, а второй меньшего. Отношение сил обратно пропорционально площади поршней и поэтому вторая модель даёт больший выигрыш в силе.

Таким образом, выдвинутая нами гипотеза о том, что, можно, не изменяя материалов, из которых изготовлен манипулятор, улучшить работу манипулятора подтвердилась.

Поставленные цель и задачи достигнуты. В ходе проекта нам удалось не только изготовить новую модель гидравлического манипулятора и провести небольшую экспериментальную работу, но еще и усовершенствовать модель.

Данная модель может быть использована на уроках физики при изучении гидравлических машин, на внеклассных занятиях, при проведении декад, занимательных опытов.

В процессе овладения навыком управления манипулятором у нас возникло ещё несколько идей использования нашей модели (практическое применение). На наш взгляд, если использовать данную модель как развивающую игру для детей дошкольного или младшего школьного возраста, то это будет способствовать развитию у них мелкой моторики, глазомера и усидчивости. Также можно использовать изготовленную нами модель как аттракцион на школьной «Ярмарке добра».

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

2. А.В. Перышкин Физика 7 кл. – Москва.: Дрофа, 2016.
3. Интернет портал «Наука детям». - URL: [http://virtuallab.by/publ/interesnye\\_stati/interesnye\\_stati/gidravlicheskie\\_mekh\\_anizmu\\_svoimi\\_rukami/2-1-0-194](http://virtuallab.by/publ/interesnye_stati/interesnye_stati/gidravlicheskie_mekh_anizmu_svoimi_rukami/2-1-0-194) (дата обращения сентябрь - декабрь 2019 года).
3. Популярная механика. URL: <https://www.popmech.ru/diy/news-345272-kak-sdelat-gidravlicheskiy-manipulyator-svoimi-rukami/> (дата обращения сентябрь - декабрь 2019 года).
4. Персональный сайт преподавателя Гончарова О.Г. КГБПОУ «Каменский агротехнический техникум» <http://k-a-t.ru/gidravlika/1/index.shtml> (дата обращения сентябрь 2019 года).
5. А.В. Перышкин Физика 10 кл. – Москва.: Дрофа, 2016.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

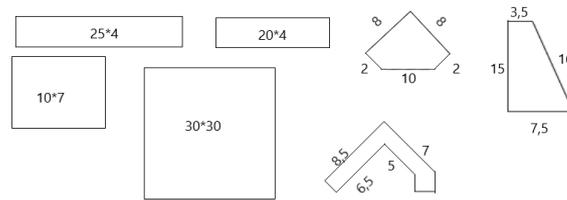


Рисунок 1. Шаблоны для механизма манипулятора



Рисунок 2. Вырезанные шаблоны с указанием необходимого количества деталей для механизма манипулятора



Рисунок 3. Склеивание деталей и основания механизма манипулятора

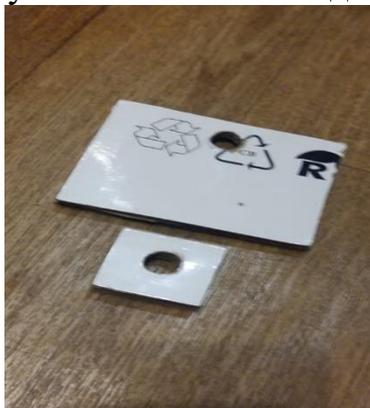


Рисунок 4. Отверстия для скрепления деталей и используемых материалов

ПРИЛОЖЕНИЕ 2



Рисунок 1. Измерение высоты подъема груза.



Рисунок 2. Измерение максимального веса тела, поднимаемого грузом манипулятором



Рисунок 3. Готовая модель.

# РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННЫМ ДВИГАТЕЛЕМ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

*Петров Роман, Шендеров Владислав*

*Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение*

*лицей при ТПУ, 10 класс*

*г. Томск*

Руководитель: Шестакова Вера Васильевна, канд. техн. наук.

Одной из важных актуальных задач энергетики является автоматизация процессов управления объектами электроэнергетических систем. Примерами таких объектов являются двигатели переменного тока. В энергетике они используются повсеместно, они есть на любой электростанции, в системах электроснабжения нефтегазовых предприятий и т.д.

Важно отметить, что принципы управления не зависят от размеров и мощности двигателей. В данной работе объектом управления является лабораторная модель трехфазного асинхронного двигателя (АД), изготовленная на заводе в 20-м веке, во времена Советского Союза.

Цель работы: рассчитать параметры и собрать систему питания и управления трехфазным АД мощностью 6 Вт.

Задачи проекта:

- рассчитать параметры схемы, преобразующей однофазную схему питания от лабораторного трансформатора (ЛАТР) в трехфазную;
- провести ряд экспериментов, определяющих характеристики двигателя;
- провести ряд экспериментов, определяющих характеристики системы управления.

Обзор аналогов систем управления АД

Информационный поиск показал, что в настоящее время практически все двигатели применяются в комплекте с системами управления [1]. Существуют два типа систем управления: релейно-контакторная система; микропроцессорная система. В данной работе было принято решение применить релейно-контакторную систему, которая имеет низкую стоимость и высокую ремонтпригодность.

Целевая аудитория проекта. Маломощный трехфазный АД с напряжением питания ~25 В может быть использован в качестве учебного пособия в ВУЗах для студентов направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Наиболее вероятно использование системы управления АД при изучении дисциплины «Электрические машины».

Используемые материалы, методы, оборудование.

Для расчетов параметров системы питания и управления применялся метод математического моделирования, расчеты проводились в ПК Mathcad.

Для определения характеристик АД применялся экспериментальный метод. При запуске АД проводилось непосредственное измерение токов фаз в обмотке статора при заданном напряжении. Активное сопротивление  $R_A = 4.7$  Ом

и индуктивность  $L = 0,052$  Гн фазы АД были измерены цифровым LCR-тестером. Индуктивное сопротивление фазы двигателя

$$X_A = X_B = X_C = \omega L = 314 \cdot 0,052 = 16 \text{ Ом.}$$

Система питания включает в себя конденсаторы и резисторы с параметрами:  $C_1 = C_2 = 40$  мкФ,  $R_1 = R_2 = 46$  Ом. Емкостное сопротивление переменному току

$$X_{C1} = X_{C2} = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{314 \cdot 40 \cdot 10^{-6}} = 80 \text{ Ом.}$$

Описание этапов выполнения проекта.

На первом этапе работы по законам Кирхгофа была составлена система из 8-ми уравнений, по которой были рассчитаны 8 неизвестных токов в схеме рис. 1.

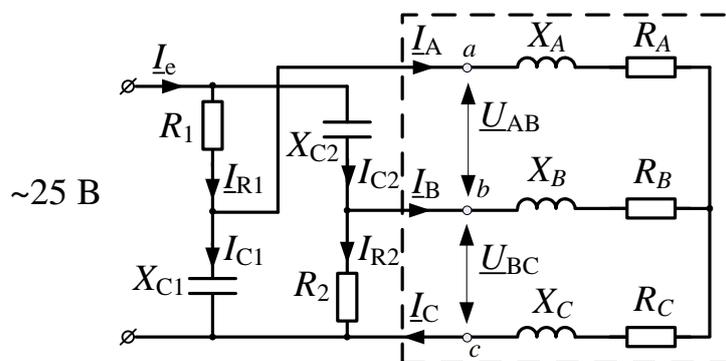


Рис. 1. Схема подключения трехфазного двигателя от одной фазы

Второй этап работы заключался в сборке схемы, запуске АД и снятии его характеристик. Погрешность между рассчитанными и измеренными токами и напряжениями не превышает 10%.

Результат проектирования – система питания и управления АД с характеристиками: напряжение питания ~25 В, частота вращения вала 1700 об/мин., номинальный ток 0.3 А, пусковой ток около 1 А, вес 4 кг, габаритные размеры 15x20x35 см. Реле отключает двигатель при токе выше 0.5 А.

Заключение. Разработанная схема однофазного питания позволяет осуществить запуск трехфазного АД. Схема может быть использована только для двигателей мощностью до 10 Вт.

Выводы. Характеристики системы управления позволяют полноценно управлять лабораторной моделью трехфазного АД.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Системы управления асинхронным двигателем. – Текст : электронный // Engineer. – URL: <https://www.pnr-s.ru/commissioning/starters/> (дата обращения: 03.03.2023).

## СОЗДАНИЕ ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКОГО ДАТЧИКА ИЗ ВОЛОКОН УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК

*Петрова Екатерина,*

*ГБНОУ «ГМЛИ» 10 Г класс г. Кемерово*

Руководитель: Волков Даниил Михайлович, студент 2 курса магистратуры  
КемГУ

В последние годы постоянно растет спрос на механические датчики для использования в области робототехники и носимой электроники. Тензометрический датчик на основе углеродных нанотрубок, идеальный кандидат, в качестве датчика для мягкой робототехники, умной одежды, систем трехмерного захвата движения.

Прогнозируемый результат:

Изготовление резистивного тензодатчика с линейным изменением GF относительно деформации.

Цель:

Создание тензометрического датчика из волокон углеродных нанотрубок.

Задачи:

- Составление литературного обзора
- Синтезирование однослойных углеродных нанотрубок.
- Создание тензометрического датчика
- Получение и обработка данных

Объект:

Тензометрический датчика.

Предмет:

Электромеханические свойства тензометрического датчика.

Методы:

- Составление литературного обзора, основываясь на авторитетных источниках
- Метод осаждения в газовой фазе для синтеза однослойных углеродных нанотрубок
- Метод мокрого вытягивания волокон

Теоретическая часть.

Углеродные нанотрубки представляют собой цилиндрические структуры, состоящие из одного или нескольких листов графена (одиночных слоев атомов углерода, собранных в гексагональные ячейки), свернутых в трубку. В этой структуре три валентных электрона каждого атома углерода занимают плоскую  $sp^2$ -гибридизированную орбиталь с образованием трех эквивалентных  $\sigma$ -связей в одной плоскости, тогда как четвертый электрон образует неплоскую  $\pi$ -связь .

Однослойные углеродные нанотрубки (УНТ) - хиральность, которая определяется углом ориентации графитовой плоскости по отношению к оси трубки. Индексы хиральности, характеризующие величину этого угла, определяют основные электронные свойства нанотрубки. В частности, нанотрубки с углом хиральности, равным нулю, обладают металлической проводимостью, а нанотрубки с ненулевым углом хиральности могут быть полупроводниками с шириной запрещенной зоны, зависящей от индексов или угла хиральности. Понятно стремление исследователей научиться синтезировать УНТ с заданными индексами хиральности - ведь в случае успеха они получают возможность изготавливать элементы электронных схем с любыми характеристиками.

#### Свойства

Углеродные нанотрубки намного жестче всех известных материалов. Исследования показали возможность работы нанотрубок при больших напряжениях во время зондирования. Гибкость графитовых цилиндров дает возможность трубкам выдерживать экстремальные деформации без разламывания и во многих случаях после таких деформаций возвращаться в исходное состояние неповрежденными. Это отличает их от обычных углеродных волокон, которые намного более чувствительны к разрыву при изгибе или скручивании.

#### Способ получения:

Одностенные углеродные нанотрубки обычно получают способом дугового разряда, используя углеродные электроды в среде, содержащей металлический катализатор, или при использовании среды, в которой анодный электрод, применяемый для создания дугового разряда, содержит вещество металлического катализатора.

Во время работы для синтеза сеток ОУНТ использовался CVD – метод (Chemical vapor deposition - химическое парофазное осаждение). В качестве катализатора использовались частицы железа (Fe), полученные в результате термической реакции разложения реактива (феррацена, смешанного с этанолом). На рисунке 1 ОУНТ были синтезированы в кварцевом трубчатом реакторе при температуре 900 °С на поверхности частицы катализатора железа, плавающие в потоке газа. Полученный аэрозоль из смеси этанола и ферроцена подхватывался потоком аргона и поступал в реактор. Этанол использовался в качестве источника углерода, ферроцен – в качестве катализатора. ОУНТ собирали после реактора на нитроцеллюлозный фильтр.

Тензометрический датчик, представляет собой весоизмерительный элемент, который реагирует на изменение величины физического воздействия (усилия) и переводит его в электрический сигнал. Фактически это резистор, меняющий параметр омического сопротивления, по отношению к прилагаемой силе. На практике широко используются для измерения массы и нагрузки в весоизмерительных системах. В зависимости от сферы применения используются различные типы тензодатчиков, отличающихся как принципом действия, так и конструктивными особенностями.

## Преимущества тензометрических датчиков

Для начала разберемся в принципе действия тензометрических датчиков. При воздействии на тело внешних сил оно деформируется, противодействует приложенной силе. За счёт деформаций корпуса датчика происходит воздействие на измерительный элемент тензодатчика. В результате устройство выдаёт электрический сигнал, считывая который система обработки выдаёт результат измерений.

Тензометрические датчики используются для:

- Измерения веса. При этом в зависимости от конструкции измерительного узла могут использоваться на сжатие или на растяжение. Измерения давления. Например, в трубопроводах газов и жидких веществ.
- Измерения крутящего момента (на двигателях автомобилей или станков).
- Определения ускорения.
- Контроля перемещения.

## Метод мокрого прядения

В данной работе использовался упрощенный метод мокрого прядения. После синтеза УНТ размещалось на стеклянной подложке. Затем образец смачивался спиртом, а после собирался в волокно пинцетом. На рисунке 8 представлена схема изготовления волокна ОУНТ.

## Практическая часть

Было сделано два образца:

- I. С внутренним наслаиванием ВУНТ и последующим запечатыванием в силиконовый герметик (см. - рис 1);
- II. С накладыванием ВУНТ различной длины друг на друга и последующим запечатыванием в ПДМС (см. - рис 2).

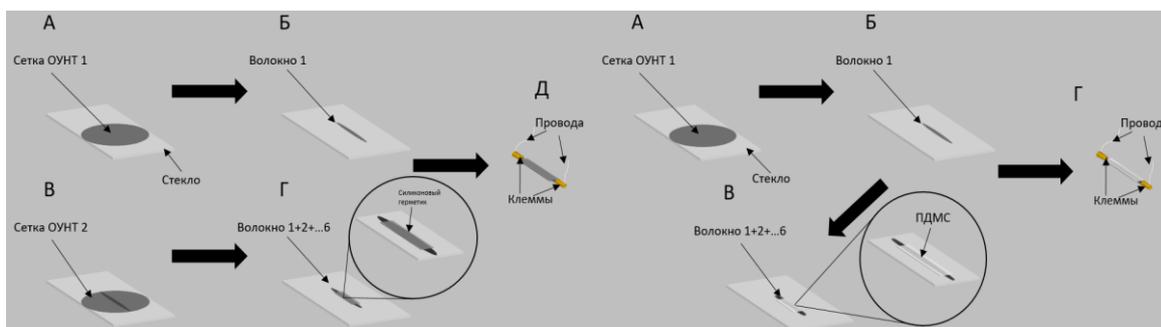


Рис.1- Создание тензодатчика на основе ВУНТ методом наслаивания. Метод внутреннего наслаивания ВУНТ включал в себя следующие этапы:

А – перенос сетки ОУНТ на стекло;

Б – создание ВУНТ методом мокрого вытягивания;

В – перенос второй сетки ОУНТ на стекло с последующим помещением ВУНТ в центр;

Г – наслаивание волокна, используя метод мокрого вытягивания с последующим нанесением силиконового герметика (всего 6 волокон);

Д – присоединение клемм к концам ВУНТ.

Рис.2-Создание тензодатчика на основе ВУНТ методом накладывания ВУНТ друг на друга.

Метод накладывания ВУНТ друг на друга включал в себя следующие этапы:

А – перенос сетки ОУНТ на стекло;

Б – создание ВУНТ методом мокрого вытягивания ;

В–накладывание ВУНТ с последующим нанесением ПДМС (всего 6 волокон);

Г – присоединение клемм к концам ВУНТ.

Сопротивление образцов измерялось на экспериментальной установке, запрограммированной в системе Labview

Параметры для шагового двигателя задавались на ЭВМ. В них входили:

- Длина растягиваемого тела (8 мм для ПДМС датчика и 9 мм для Силиконового датчика);
- Шаг микровинта (0,01 мм);
- Предел растяжения (до 2 мм);
- Задержка после растяжения (510 нс);
- Масштаб измерения (до 100 кОм).

Команды с ЭВМ подавались на пульт управления шаговым двигателем, который присоединен к микровинту. Шаговый двигатель имел собственным блоком питания. Образец включался в схему делителя напряжения вместо одного из резисторов. Схема была реализована на макетной плате NIELVIS.

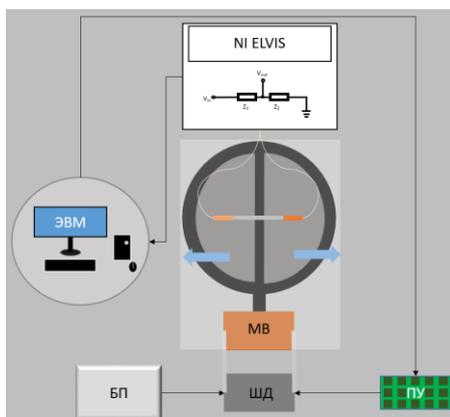


Рис. 3 Экспериментальная установка: ЭВМ – электронно – вычислительная машина ; БП – блок питания; ПУ – плата управления; NIELVIS – аппаратно – программный комплекс; ШД (шаговый двигатель) и МВ (оптический микровинт).

На рисунках 4,5 изображены зависимости  $G_{\text{Фот}}$  деформации, %. Образцы не показали сверхчувствительность, однако образец, запечатанный в ПДМС реагировал на деформацию гораздо лучше, в отличии от другого образца. Начальное сопротивление датчика 1  $\approx 1270$  Ом, датчика 2 -  $\approx 277$  Ом. После

эксперимента сопротивление датчика 1 увеличилось до  $\approx 1550$  Ом, датчика 2 -  $\approx 450$  Ом.

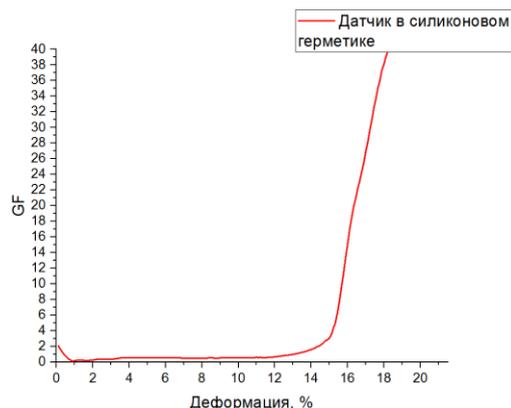


Рис 4. Зависимость GF датчика в силиконовом герметике от деформации, % (продольного растяжения)

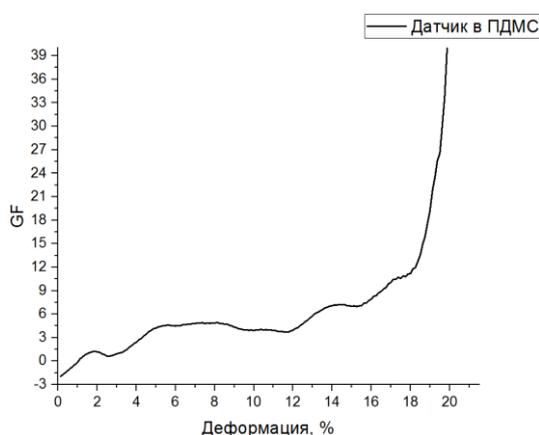


Рис 5. Зависимость GF датчика в ПДМС от деформации, % (продольного растяжения) диапазоне 0 – 6 % датчик 1 показал  $GF_{\min} \approx 0,1$  и  $GF_{\max} \approx 0,5$ , тогда как датчик 2 -  $GF_{\min} \approx -1,7$  и  $GF_{\max} \approx 4,5$ . GF датчика 1 не превышало 0,6 вплоть до разрыва, тогда как второму датчику удалось показать  $GF \approx 11$  при 18% растяжения. Интересными областями являются диапазоны растяжения образцов: 0 – 1 % у первого датчика и 0 – 0,5% у второго, так как в первом случае GF резко падает до 0 и далее растет без изменений, а во втором наоборот – растет с отрицательных значений.

Таким образом, у первого образца колебание GF происходит в районе  $\approx 0,1 - 0,5$ , а у второго -  $\approx -1,7 - 11$ . Максимальное GF второго образца больше первого в  $\approx 22$ . Диапазон деформации первого образца – 0 – 12%, у второго – 0 – 18%

Экспериментально было показано, что метод внутреннего наслаивания ВУНТ не может быть использован для создания чувствительного устройства. Плотный силиконовый герметик и невозможность смещения ВУНТ относительно друг друга привели к потере упругости образца, а также увеличению вероятности разрыва, что привело к минимальному увеличению GF в малом диапазоне деформации. Увеличение GF второго образца не является линейным, а также у данного датчика ограниченный диапазон деформации. Тем не менее, модификация метода накладывания ВУНТ друг на друга с

использованием волокон различной длины можно привести к улучшению результатов. Например, можно:

- Использовать меньшее количество волокон с меньшей плотностью упаковки;
- Использовать более длинные ОУНТ;
- Использовать химические методы очистки ОУНТ от катализаторов и других объектов;
- Использовать другое упаковочное веществ.

## **УСТРОЙСТВО ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ МИКРОВЗРЫВНЫХ ЭФФЕКТОВ В ГАЗОТУРБИНЫХ ДВИГАТЕЛЯХ**

*Пешков Матвей, Никита Давыдов*

*Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение лицей при ТПУ,  
10 класс  
г. Томск*

Руководитель: Антонов Дмитрий Владимирович, канд. физ.-мат. наук

На сегодняшний день дробление капель за счет микровзрывов с целью более эффективного и экологичного способа создания топливовоздушной смеси в газотурбинных двигателях широко обсуждается [1,2,3]. Под микровзрывными эффектами понимается процесс, при котором исходные двухжидкостные капли распадаются на более мелкие вторичные фрагменты вследствие локального вскипания дисперсной фазы (воды). Однако устройств для генерации таких капель в технологиях не существует. Поэтому целью настоящей работы являлась разработка устройства для реализации микровзрывных эффектов в газотурбинных двигателях.

В ходе работы рассмотрены принципы создания и работы различных форсуночных устройств, в том числе традиционных. Спроектирована 3D модель форсуночного устройства для генерации двухжидкостных капель в Solidworks. Проведены опыты по микровзрыву авиационных топлив в нагревательной камере.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Antonov D.V., Kuznetsov G.V., Voytkov I.S., Strizhak P.A., Volkov R.S. Cascade Fragmentation of composite parent and child droplets // Fuel. – 2023. - №1. – Pages 1-11.

2. Watanabe, H.; Matsushita, Y.; Aoki, H.; Miura, T. Numerical Simulation of Emulsified Fuel Spray Combustion with Puffing and Micro-Explosion. Combust. Flame 2010, 157, Volume 157, Issue 5, May 2010, Pages 839-852.
3. Dmitry Antonov, Pavel A. Strizhak, R. M. Fedorenko. Micro-Explosion Phenomenon: Conditions and Benefits. Pages. 1-3.

## **ОБНАРУЖЕНИЕ ТОКОВЕДУЩИХ ПРОВОДНИКОВ В ТОЛЩИНЕ СТЕН**

*Пипина Алина, Каллас Данил, Могильный Борислав*

*Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение лицей при ТПУ,  
г. Томск*

Руководитель: Гречушников Владислав Викторович, ст. преп. ТПУ.

В современном мире люди часто переезжают и делают ремонты в квартирах, и, зачастую совершенно неизвестно что придумали предыдущие жильцы, или строители, когда прокладывали проводку в квартире. Одно дело, если проводка наружная, но для соблюдения эстетики чаще применяется скрытая [1]. В результате чего, при необходимости просверлить стену, появляется вероятность просверлить и токоведущие провода. Это возможно также спустя некоторое время и после ремонта, когда забывается то, где были заложены провода. В результате чего, без знания того, как внутри стен залегают провода, ремонт может стать очень опасным.

Чтобы обезопасить себя, нужно примерно понимать, где в толщине стены залегают токоведущие проводники [3]. Для этого нужно иметь либо план помещения, что чаще всего оказывается невозможным, либо использовать специальные устройства - индикаторы скрытой проводки (ИСП). Эти приборы - вещь не новая и достаточно распространённая в профессиональной среде [2]. К сожалению, такие устройства крайне редко нужны в повседневной жизни, оттого и стоимость у них достаточно высокая. В результате чего, актуально иметь дома дешёвый аналог, который, при минимальной стоимости, обладает достаточной точностью. Выгоднее всего создать такой прибор собственноручно [2].

В результате чего, целью данной работы является обнаружение токоведущих проводников в толщине стен

Для достижения этой цели были выделены следующие задачи:

- 1) Изучить принцип действия и функции ИСП
- 2) Выявить ИСП, подходящие для повседневного использования
- 3) Собрать ИСП различной конструкции
- 4) Провести сравнительный анализ

Индикаторы скрытой проводки разделяются на несколько видов из-за различных способов работы, основанных на физических свойствах объектов. Так, существуют детекторы: электромагнитные, электростатические,

комбинированные и металлодетекторы. Металлодетекторы были отброшены сразу, так как могут использоваться только для подтверждения уже существующих данных и реагируют даже на металлические конструкции внутри стен. Плюс электростатических детекторов состоит в том, что они способны работать на большом расстоянии и довольно надежны. Однако среди минусов указывалось то, что этот вид прибора не будет работать с обесточенным или поврежденным проводом и очень чувствителен на помехи в виде подключенных роутеров и т. д. Электромагнитные ИСП же обеспечивают более точный результат, но при слабом токе или его отсутствии результаты искажаются. Комбинированные модели могут совмещать в себе все вышеперечисленные виды, и используются для серьезных работ в профессиональной среде.

В результате обработки информации были выделены три простейшие схемы, которые обладают малым числом компонентов, низкой стоимостью и которые можно собрать в домашних условиях. Для сборки всех схем потребовались следующие элементы: медный провод (антенна), батарейки (источник питания), транзисторы, резисторы, плата, микросхема, светодиоды, пьеза-элемент, конденсатор.

Сравнение полученных схем проводилось на двух проводниках, через которые протекал ток, равный 1,5 А и 3 А соответственно. Первые две схемы (рисунки 1.1 и 1.2) имеют электромагнитный принцип действия. Третья схема (рисунок 1.3) – электростатический, при этом присутствует 2 сигнала обнаружения – световой и звуковой. В таблице (рисунок 2) представлена сравнительная характеристика всех схем.

В результате проделанной работы следующие выводы:

- 1) Детекторы скрытой проводки для обнаружения токоведущих проводников в своей работе опираются на различные их свойства.
- 2) Для домашнего использования не подходят металлодетекторные ИСП, так как их работе мешают металлоконструкции в стенах жилых домов.
- 3) ИСП возможно собрать самостоятельно и очень дешево, причем это могут быть устройства различного принципа действия
- 4) Собранные схемы имели различную чувствительность в зависимости от сложности их конструкции. Также на это влияли сила тока в проводнике, глубина его залегания.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Организация силовой и слаботочной проводки [Электронный ресурс] - <https://habr.com/ru/company/muk/blog/168279> (дата обращения: 24.11.2022)
2. Штыков В. В. Букварь молодого радиста, или Введение в радиоэлектронику. Изд-во «Освита Украины», 2012, 288 с.
3. Сильвашко С. А. Основы электротехники. Изд-во «Советское радио», 2009, 209 с

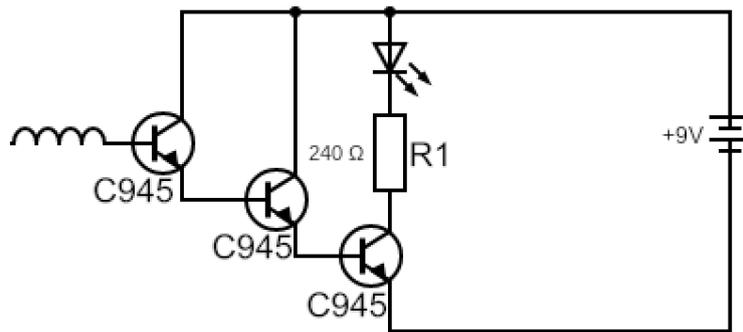


Рисунок 1.1

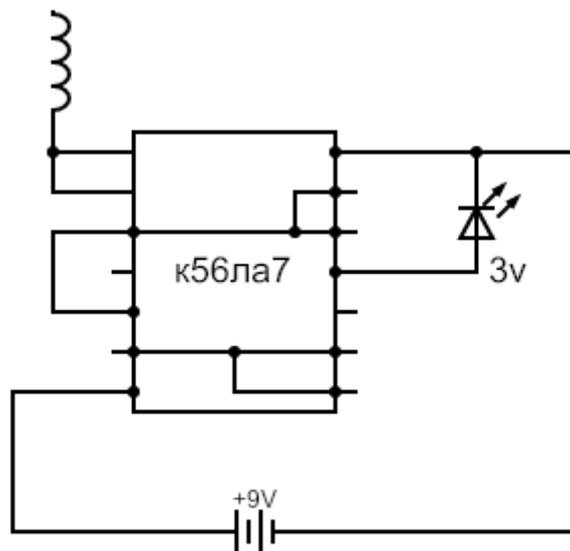


Рисунок 1.2

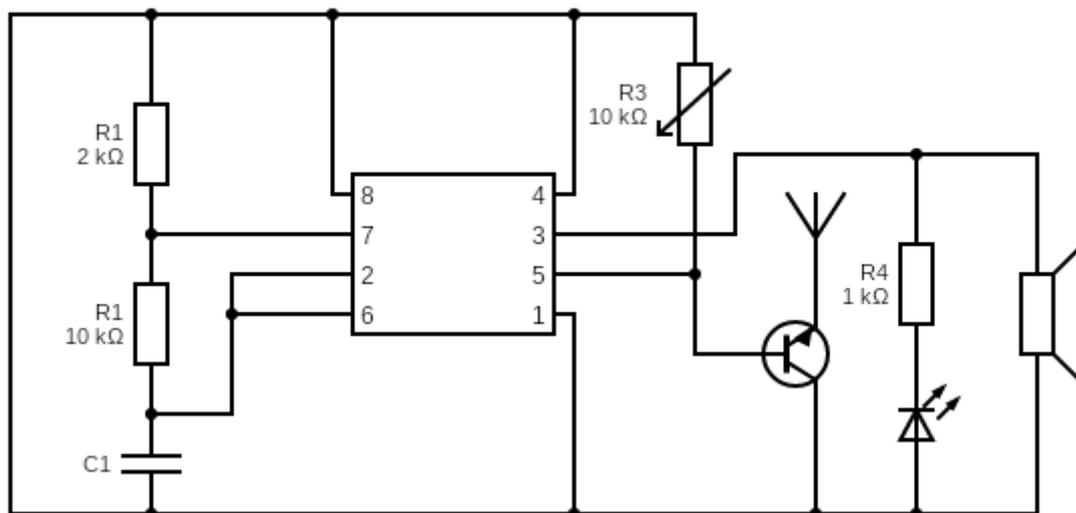


Рисунок 1.3

Критерии	Схемы		
	1	2	3
Стоимость, руб.	170	200-240	280
Кол-во элементов, шт.	7	4	12
Чувствительность, Без стены, см. при 1,5 А	5-6	8	С 30
Чувствительность, со стеной, см <sup>^</sup> при 1,5 А	1	1	1
Чувствительность, Без стены, см. при 3 А	12	11	С 50
Чувствительность, со стеной, см при 3 А	2-3	2-3	2-3

Рисунок 2

## ВАКУУМНЫЙ ПОЕЗД И КОРАБЛИК НА ЧЕРНИЛАХ

*Помыткин Сергей*

*Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение Копьёвская средняя общеобразовательная школа с углубленным изучением отдельных предметов, 11 класс, п. Копьёво*

Руководитель: Семенова Оксана Сергеевна, учитель физики

Издавна человек пытался изобрести новые средства передвижения для экономии сил, времени или перевозки грузов. Сначала это были животные, телеги, суда, железные дороги, автомобиль и потом уже самолёт. Привычные нам средства передвижения и двигатели, вошедшие в нашу повседневную жизнь, были предметом мечтаний наших предков и результатом экспериментов отъявленных изобретателей и гениев.

Человечество настолько продвинулось в своём прогрессе, что мы создаём и можем создать самые различные виды двигателей даже не выходя из дома.

Знания дают нам возможность изобрести их, моделирование позволяет создавать визуальное представление предмета, 3D печать - воссоздать этот предмет вживую. Могу ли и я самостоятельно создать двигатель или улучшить существующий?

Актуальность: В связи с экологическими проблемами человечество ищет новые источники энергии и, следовательно, ищет новые способы передвижения на их основе. К тому же никто не отменял усовершенствование двигателей, при создании которых человек располагает всё новыми знаниями и материалами.

Цель: Создание и исследование различных видов двигателей.

Задачи:

- Освоить моделирование в приложении Blender для дальнейшей 3Dпечати;
- Создать и провести несколько экспериментов на реальных моделях;
- Научиться выдвигать и подтверждать гипотезы;
- Научиться анализировать и делать выводы из экспериментов.

Гипотеза: При изучении физики с 7 класса я узнал, что представляет из себя двигатель. За время обучения я задался вопросом, возможно ли создание двигателя в сельской, школьной, физической лаборатории.

Новизна: В большей мере мои двигатели базируются на новых идеях передвижения, которым только предстоит пройти путь от идеи до полноценного двигателя. Но не только идеей может быть свежо создание двигателя: в его проектировании и создании могут использоваться современные инструменты и материалы, что отражено в моей работе.

Перспективный план развития: В мире существует множество новых двигателей, и столько же предстоит только открыть человечеству. Я определил для себя, что желаю сделать двигатель на воздушной подушке, а также повторить американскую разработку BionicBoots, ведь двигатели не ограничиваются только рамками машин – это может быть и приспособление в виде обуви.

Методы исследований:

- Поиск и работа с литературой;
- Моделирование в приложении Blender и работа в приложении Cura;
- Эксперимент;
- Анализ запуска двигателя для его усовершенствования;
- Оформление материала.

Теоретическая часть

Вакуумный поезд: Вакуумный поезд – это новый, пока ещё не реализованный высокоскоростной вид транспорта, предполагающий движение с помощью магнитной левитации внутри труб в вакууме или в форвакууме.

Плюсы: Высокая скорость, Дешёвая стоимость билета для пассажира; Отсутствие износа труб; Автоматическая маршрутизация.

Минусы: Высокая стоимость инфраструктуры; Помехи, возникающие в магнитном поле; Большой риск при разгерметизации.

История

Началом развития пневмотранспорта стала пневмопочта. Первая капсула с сообщением была пущена по трубе в соборе Святого Стефана, в 1792 г. Пневмопочта существует и в наше время: она используется в госпитале Шарите, в Берлине, а также в Российской государственной библиотеке.

Идея поезда, перемещающегося в тоннеле с разреженным воздухом, впервые была запатентована в 1835 году Генри Пинкусом.

Впервые идея вакуумного поезда была публично высказана в 1909 году в журнале «Scientific American» американским пионером космонавтики Робертом Годдардом.

Идея перемещать тело внутри трубы при помощи электромагнитного поля принадлежит нашему соотечественнику, профессору Борису Вейнбергу.

В 1969 году декан факультета науки и техники Университета МэйдзёКюнодзёОдзава поместил в вакуумный тоннель реактивный поезд, достигший скорости 2 300 км/ч.

#### Настоящее время

Китай подготавливает к осуществлению проект рельсового поезда в тоннеле пониженного давления. Предположительно, поезд будет способен развивать скорость 1000 км/ч.

Летом 2013 года американский предприниматель Илон Маск представил проект трансистемы Hyperloop. В начале 2015 года были объявлены планы строительства первой трассы, протяженностью 8 километров.

В России 30 октября 2015 года состоялось заседание Объединенного ученого совета ОАО «РЖД», посвященное вопросу применения вакуумной среды для создания железнодорожных систем. По итогу было принято решение об организации рабочей группы по вопросу применения вакуумной среды.

Подробнее: Самой известной разработкой является Hyperloop Илона Маска. Принцип действия поезда Илона основан на силе тяги магнитного поля в герметичной трубе при почти полном вакууме (форвакууме).  
2. Кораблик на чернилах: Эксперимент, который часто показывают детям. Обыкновенно заметки о нём находятся в различных журналах и научно не задокументированы. Для этого эксперимента берут листок от какого-нибудь растения и капают ближе к черешку чернила и опускают в воду. Благодаря тому, что чернила имеют меньшую плотность, они стекают по импровизированному каналу и, попав в воду, растекаются тончайшим слоем, приводя листок в движение.

Плюсы:

- Отсутствие сложного процесса.

Минусы:

- Загрязнение бассейна топливом при движении.

#### Исследовательская часть

1. Модель поезда: Моя модель концептуально отличается от модели классического вакуумного поезда. В моём случае энергия для движения капсулы будет браться прямо из окружающей среды! В основе также лежит труба с форвакуумом, однако дальнейший разгон будет происходить благодаря искусственной разгерметизации пространства со стороны капсулы.

Для создания модели я купил сантехническую трубу диаметром 40 мм., длиной 1м., капельницу, два обратных клапана, тройник и силиконовый шланг для аквариума. Сперва я взял из капельницы нужную деталь и, просверлив отверстие в районе расширения трубы, вклеил её. Параллельно я собрал насос.

В роли капсулы я взял бумажный конус, наполовину набитый пластилином, диаметр основания которого совпадает с диаметром трубы. В конце я присоединил насос к системе.

Принцип действия: в начало трубы, у насоса, закладывается наша капсула, труба герметично закрывается с обоих концов скотчем. Стоит уточнить, что

капсула не является поршнем. При помощи насоса создаётся вакуум внутри трубы. И дальше я искусственно нарушаю герметичность позади капсулы. Из-за разницы внутреннего и внешнего давления атмосферный воздух с силой врывается внутрь и двигает нашу капсулу.

При первом запуске в роли мембран я использовал кусочки скотча. При откачке воздуха я заметил, что нехватка материала по бокам сказывается на герметичности. Вторая попытка сделать мембраны из двух кусочков, приклеенных крест-накрест, также оказалась неудачной из-за пропускания воздуха и высокой плотности полученной заглушки. Это играет большую роль, так как нам трудно будет

осуществлять разгерметизацию и дальнейшее движение капсулы. В третий раз я усилил эту же конструкцию поперечным слоем скотча у самого конца трубы. Наконец, мне удалось добиться частичного разрежения и запустить капсулу. Созданное внутри давление оказалось



настолько большим, что порвало бумажную «юбку» нашего конуса ещё до того, как он достиг второй мембраны.

В четвёртый раз я решил использовать полиэтиленовые пакеты. Положив их так, чтоб получался двойной слой плёнки, я замотал их скотчем поперёк трубы. Мне удалось откачать воздух, однако вся энергия шла на растяжение плёнки внутрь. Плюсом подобного подхода была нужная мне герметичность.

На пятую попытку я объединил два метода создания заглушек. Жёсткость придавал один слой скотча, намотанный поверх пакет и скотч – герметичность. Сделав новый конус из картона, я добился самого стабильного запуска. Не без проблем капсула начала пробивать вторую заглушку. Теперь нужно было обеспечить капсулу ещё большей энергией. Для беспрепятственного движения при выходе я решил уменьшить жесткость мембраны и сделать форму капсулы острее. В строительном магазине я купил более широкий скотч. Также одной из проблем с энергией был мой шприц: он переставал откачивать воздух через какое-то время. Решением этого вопроса я видел в увеличении объёма шприца.

Шестой запуск. Сделав выходную мембрану только из одного слоя нового скотча, я не смог добиться герметичности, вследствие чего я вернулся в прошлый метод.

На седьмой раз я вернул прежний метод создания заглушек. Моя импровизированная капсула также застряла в мембране. По стоящему в помещении шуму при запуске я понял, что энергия возросла. На данном этапе

мной было подмечено, что капсула из картона очень плохо прилегает к стенкам трубы, следовательно, весь воздух просто проносился вокруг неё. Сделав новый конус из карандаша, бумаги и пластилина, который заполнил практически весь объём капсулы, оставив лишь маленький бортик, и выходную мембрану из полиэтиленового пакета в четыре слоя, я произвёл самый удачный запуск из всех! Капсула с шумом вылетела из трубы, пробив наконечником пакеты и устремившись далеко прочь.

Напоследок я решил убрать два слоя плёнки у выходной мембраны и заменить их на один слой бумажного скотча. Запуск с бумажным скотчем оказался самым стабильным: мембрану перестало вытягивать внутрь, отчего шанс произвольного запуска стал минимальным.

2. Кораблик на чернилах: Форму двигателя я представил в виде кораблика, на карме которого расположился бассейн с топливом и скат. Модель кораблика я разработал в программе Blender для дальнейшей печати на 3D принтере.

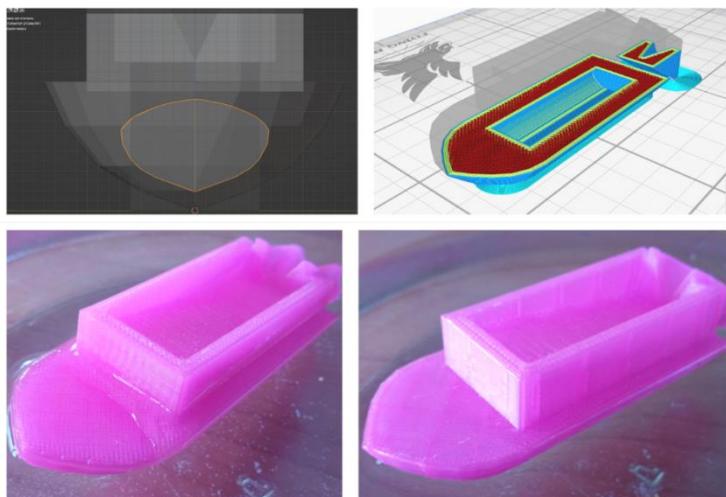
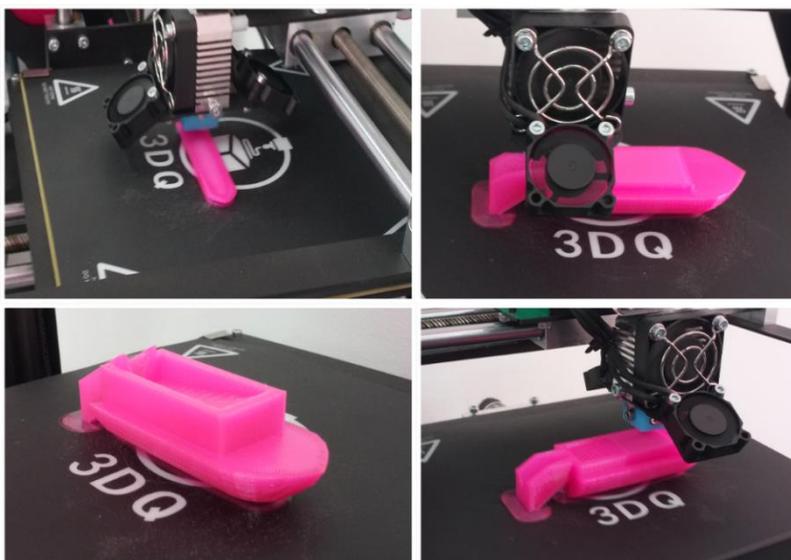
Полученный файл я экспортировал в формат STL и открыл его в программе Cura,

предназначенной для «нарезки» детали в gcode. Выставив длину кораблика 100 мм. и процентом заполнения 80, я отправил кораблик на печать.

К сожалению, кораблик оказался слишком тяжёлым, но это не помешало ему начать своё движение. Для облегчения веса я решил добавить внутрь модели воздушную полость и напечатать кораблик с процентом заполнения – 60 и позже с процентом – 10.

Третья модель показала себя лучше всех предыдущих!

Итак, проведя серию опытов с моделью поезда, я пришёл к следующим заключениям: купленная сантехническая труба отлично показала себя в роли тоннеля; самодельный насос, собранный из запчастей из зоомагазина, также оказался довольно эффективен. Однако объём шприца оказался крайне критичен, поэтому стоит брать его с максимально возможным объёмом. Для моей системы, где была важна



герметичность при доступных материалах, лучше всего показала себя связка бумажного скотча и полиэтиленового пакета: первый обеспечивал упругость мембранам, а второй – герметичность. Капсула обрела острую форму из-за особенностей конструкции. Лучше всего показала себя капсула, сделанная из бумаги и пластилина, с воткнутым в неё острым карандашом.

Кораблику сразу удалось придать нужную форму, но впоследствии пришлось добавить воздушную полость и скорректировать процент заполнения пластиком до 10, дабы уменьшить вес.

#### Заключение

Научный прогресс дал нам возможность создавать двигатели в домашних условиях, что я наглядно показал. Пусть не каждый из представленных двигателей имеет право на внедрение в нашу повседневную жизнь, зато некоторые, как поезд, уже проходят успешные испытания многими странами. Разработанные мной прототипы можно использовать при разработке моделей аналогичных двигателей и демонстрировать на уроках физики. Благодаря новому оборудованию, ПО и знаниям человечества я смог создать нечто похожее самостоятельно. В будущем я собираюсь улучшить созданные двигатели и дополнить их куда более сложными и интересными. Так уже приготовлены материалы для создания радиоуправляемой модели катера на воздушной подушке, где я смогу воспользоваться своими знаниями в новых областях, инструментами и способностями в твердотельном моделировании, программировании отладочных плат.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[Hyperloop](#), [Вакуумный поезд](#), [Поезд БУДУЩЕГО](#), [Вакуумная пушка](#)

### **ВОЗДУШНО-ПЛАЗМЕННАЯ УТИЛИЗАЦИЯ СУЛЬФАТНОГО ШЛАМ-ЛИГНИНА**

***Попова Анастасия Сергеевна***

*Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение лицей при ТПУ  
г. Томска, 10 класс*

Руководитель: Каренгин А.Г., канд. физ.-мат. наук, доцент ИЯТШ ТПУ

На целлюлозно-бумажных предприятиях в процессе сульфатной обработки (варки) щепы древесины образуется целевой продукт (целлюлоза), из которого после промывки, очистки и сортировки отделяются отходы в виде сульфатного шлам-лигнина. Применяемые технологии утилизации СШЛ многостадийны, экологически не безопасны, требуют значительных энергозатрат [2,3]. Воздушно-плазменная утилизация на данный момент является очень

перспективным направлением, это наилучший способ оперативно и безопасно бороться с отходами.

Цель данной работы является установление закономерностей влияния мощности воздушной плазменной струи, генерируемой ВЧФ-плазмотроном, на кинетику процесса воздушно-плазменной утилизации СШЛ. В составе установки «Плазменный модуль на базе высокочастотного генератора ВЧГ8-60/13» (рабочая частота – 13,56 МГц, колебательная мощность – 60 кВт).

Задачи данной работы:

1. Определить потери тепловой мощности на теплонапряженных элементах ВЧФ-плазмотрона (электрод, корпус) и ВЧ-генератора (анод генераторной лампы, сеточная и анодная индуктивность) при различных режимах его работы. Установить закономерности влияния анодного тока ВЧ-генератора на параметры воздушной плазменной струи, генерируемой ВЧФ-плазмотроном (мощность, среднemasсовая температура, К.П.Д. и др.).
2. Определить оптимальные режимы работы ВЧФ-плазмотрона.
3. Исследовать процесс воздушно-плазменной утилизация сульфатного шлам-лигнина в воздушной плазме, генерируемой ВЧФ-плазмотроном. Установить закономерности влияния мощности воздушной плазменной струи на кинетику исследуемого процесса.

Данный вид лигнина получается при сульфатном способе варки целлюлозы. Представляет собой раствор натриевых солей, характеризующихся высокой плотностью и химической стойкостью. Сульфатный лигнин в сухом виде представляет собой порошок коричневого цвета. Лигнин содержит 60 - 70 % частиц размером до 160 мкм, до 90 % размером менее 350 мкм и лишь около 10 % частиц размером от 350 до 5000 мкм. [1]

Термическая обработка сульфатного лигнина вызывает его разложение с образованием летучих веществ начиная с температуры 190°C. Сульфатный лигнин отнесен к практически нетоксичным продуктам, применяемый в виде влажной пасты не пылит и не пожароопасен.

Основным источником сульфатного лигнина является Байкальский Целлюлозно Бумажный Комбинат шлам-лигнина. Комбинат за 40 лет накопил огромное количество отходов (около 6.2 млн. т), которые складированы на полигонах в их близости от Байкала. [2]

Ниже представлена карта расположения полигонов со шламонакопителями (рис. 1)

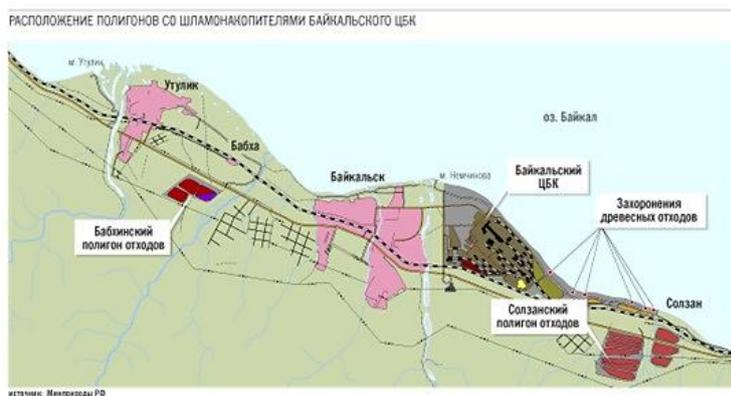


Рис.1

Если рассматривать схему 1 и разобраться в цикле производства сульфатной целлюлозы, можно отметить, что после подготовки древесины в котел загружают щепу и заливают белым щелоком, который содержит активную щелочью, необходимую для варки. Также в котёл попадает черный(отработанный) щелок. После всех операций по изготовлению нужных материалов ненужный щелок поступает на сортирование (для отделения от целлюлозной массы отходов) и промывку (для отделения черного щелока от сваренной целлюлозы).

Отходы от целлюлозной массы есть ничто иное, как шлам-лигнин, переработка которого представляет значительную трудность [3][4]

На берегу озера Байкал размещено свыше 6 млн. т СШЛ, который включает:

- гидролизный лигнин (40-88 %);
- трудногидролизуемые полисахариды (13-45 %);
- смолистые вещества (5-19 %);
- и золу (0,5-10 %), имеющую следующий состав:  $Al_2O_3$  (1,0 %);  $SiO_2$  (93,4 %);  $CaO$  (1,5 %);  $P_2O_5$  (1,5 %);  $Na_2O$  (0,3 %);  $K_2O$  (0,3 %);  $MgO$  (0,3 %);  $TiO_2$  (0,1 %) [5,6].

Такие данные заставляют задуматься о том, как можно переработать сульфатный шлам-лигнина или же свести его существование к минимуму. Так одним из решений является воздушно-плазменная утилизация. (Схема и фото установки «Плазменный модуль на базе ВЧ-генератора ВЧГ8-60/13» для воздушно-плазменной утилизации СШЛ. Рис.1)

На данном генераторе были проведены измерения и расчеты количества теплоты потребляемы на разные элементы, а также определена зависимость температур от силы плазменной струи и зависимость КПД от силы тока (таблица 1,2,3,4,5, график 1,2,3)

Таблица 1

Для корпуса плазматрона			
Деления	$Q_{ср}$ , кг/с	$\Delta Q^*$ , кг/с	$Q=Q_{ср} \pm \Delta Q^*$ , кг/с
20	0,040	0,004	0,040 $\pm$ 0,004
60	0,072	0,006	0,072 $\pm$ 0,006

100	0,103	0,006	0,103±0,006
-----	-------	-------	-------------

Таблица 2

Для сетки			
Деления	Q <sub>ср</sub> , кг/с	ΔQ*, кг/с	Q=Q <sub>ср</sub> ±ΔQ*, кг/с
20	0,030	0,002	0,030±0,002
60	0,060	0,005	0,060±0,005
100	0,094	0,005	0,094±0,005

Таблица 3

Для электрода			
Деления	Q <sub>ср</sub> , кг/с	ΔQ*, кг/с	Q=Q <sub>ср</sub> ±ΔQ*, кг/с
20	0,069	0,005	0,069±0,005
60	0,128	0,008	0,128±0,008
100	0,207	0,018	0,207±0,018

Таблица 4

Для анода			
Деления	Q <sub>ср</sub> , кг/с	ΔQ*, кг/с	Q=Q <sub>ср</sub> ±ΔQ*, кг/с
20	0,070	0,003	0,070±0,003
60	0,158	0,017	0,158±0,017
100	0,258	0,047	0,258±0,047

Таблица 5

№ опыта	I <sub>a</sub> , А	M <sub>0</sub> , г	Масса СШЛ после обработки, г						
			1 мин	2 мин	3 мин	4 мин	5 мин	6 мин	7 мин
1	2,5	30	22,8	19,9	3,2	1,35	0,8	0,35	0,1
2	3	30	22,05	2,35	1,85	0,4			



График 1

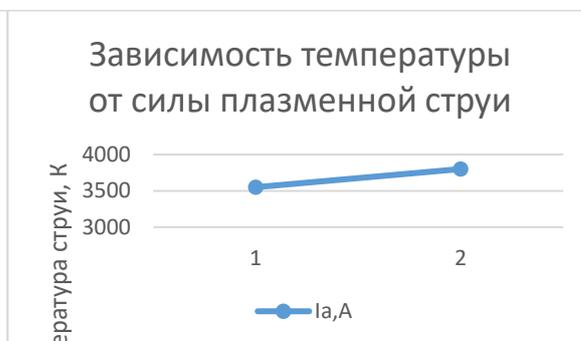


График 2

Был проведен опыт исследования процесса воздушно-плазменной утилизации СШЛ в результате которого мы получили следующие данные (таблица 6,7) (рис.4,5,6)



График 4

График 5

При токе 2,5А и 3А была выявлена зависимость что при большем токе время и масса шлама уменьшается. Это позволяет осуществлять переработку быстрее и при меньшем выходе шлама.

Также были произведены расчеты затрат на электроэнергию при воздушно-плазменной утилизации шлама (таблица 8)

Таблица 8

№ оп	Uа, кВ	Iа, А	Ро, кВт	t, мин	t, ч	Эобщ, кВт·ч	Мо, кг	Эуд, кВт·ч/кг	Р, руб/кгШЛ
1	11,4	2,5	28,5	7	0,1167	3,33	0,03	110,87	937,92
2	11,4	3	34,2	4	0,0667	2,28	0,03	76,04	643,28

1 кВт·ч = 8,460 руб.

R – денежные затраты на утилизацию 0,03 кг СШЛ

Выводы проекта:

- 1) Определены параметры воздушной плазменной струи, генерируемой ВЧФ-плазмотроном в составе установки «Плазменный модуль на базе высокочастотного генератора ВЧГ8-60/13»
- 2) Так увеличение анодного тока генератора с 2,0 до 3,5 А приводит при постоянном расходе плазмообразующего газа (3,0 г/с) к повышению мощности воздушной плазменной струи с 16,7 до 24,4 кВт, а ее среднемассовой температуры с 3400 до 4200 К.
- 3) Показано, что время плазменной прокалки образцов ОПВ с начальной массой 30 г при мощности воздушной плазменной струи 28,5 кВт ( $I_A=2,5$  А), 34,2 кВт составляет 7 и 4 минут.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кирюшина М.Ф., Федулина Т.Г., Зарубин М.Я. Кинетика щелочной деструкции препаратов лигнина и лигнин-углеводного комплекса в водных растворах высокоосновных органических растворителей/ СПб ЛТА. СПб, 2009.
2. Дамбинов Ю.А., Сутурин А.Н. Рекультивация полигонов промходов Байкальского ЦБК: проблемы и решения // Материалы международной научной конференции. – Новосибирск. – 10-15 июня 2013. — С. 91-93.
3. Шорыгина Н.Н., Колотова Л.И. Изв. АН СССР, отд. хим. Наук, 562 (1953).
4. Оболенская А.В., Ельницкая З.П., Леонович А.А. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы. М., 1991г. 65 с.
5. Сарканена К.В. Людвиг К.Х. Лигнины. – М.: «Лесная промышленность», 1975. – 632 с.
6. Богданов А. В., Русецкая Г. Д., Миронов А. П., Иванова М.А. Комплексная переработка отходов производств целлюлозно-бумажной промышленности. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2000. – 227 с.

Приложение:

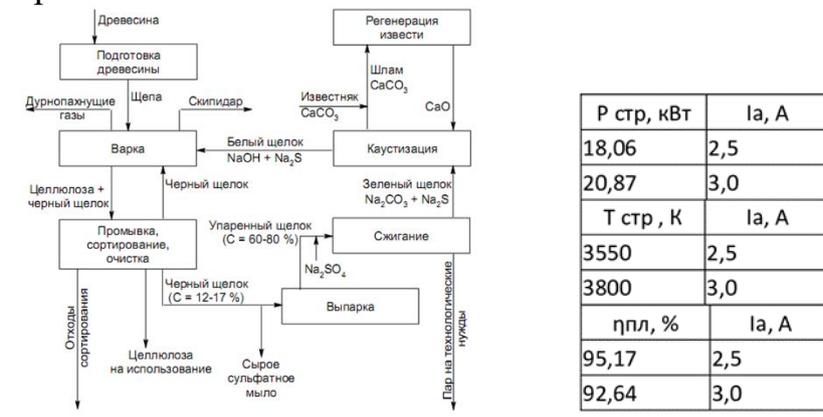


Схема 1. Структурная технологическая схема производства сульфатной ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

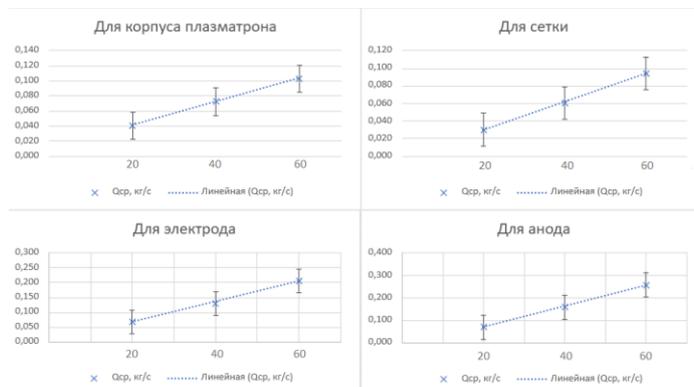


График 3



рис. 6

# ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ И РАСЧЕТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ В КАНАЛЕ КРУГЛОГО СЕЧЕНИЯ С МЕСТНЫМИ СОПРОТИВЛЕНИЯМИ

*Майорова Варвара, Прокудин Глеб Дмитриевич*

*Муниципальное автономное общеобразовательное учреждение Центр  
образования «Развитие» г. Новосибирск*

Руководитель: Полежаева Алла Валерьевна, учитель

Аннотация. Работа посвящена исследованию местного сопротивления находящихся в продаже современных гидравлических элементов (шарового крана).

Введение. Отопление частных и многоквартирных домов осуществляется при помощи батарей. При проектировании таких систем важно знать гидравлическое сопротивление всех труб, кранов и других гидравлических сопротивлений. Если сопротивления труб общеизвестны и есть в справочниках [1,2], то сопротивления в шаровых кранах приходится оценивать лишь приблизительно [2], т.к. характеристики новых кранов не документируются. При строительстве трубопроводов правильный расчет гидравлического сопротивления не только гарантия безопасности, но залог экономической выгоды. Наш проект направлен на изучение гидродинамики течения в канале круглого сечения с местными сопротивлениями.

Постановка задачи и методика исследования: провести комплексное экспериментальное исследование местного сопротивления труб и шарового крана. Исследования проводились при помощи математического и численного моделирования течения воздуха в трубе круглого сечения, компьютерного моделирования круглого канала для верификации. Создан экспериментальный стенд, для проведения экспериментов и модель отопительной системы для апробирования экспериментальных данных

Математическая модель. Отношение потерянного полного давления к динамическому давлению называют коэффициентом гидравлического сопротивления [1]. Число Re дает возможность сравнивать процессы течения разного рода жидкостей в достаточно широких пределах, до числа Маха  $M < 0.3$  [3]. Поэтому, можно сделать измерения  $\xi$  той средой, которая более удобна для экспериментатора, а затем просто пересчитать для другой среды. Кран с характерным размером проходного сечения  $d = 50[\text{мм}] = 0,050[\text{м}]$ , испытали воздухом, при среднерасходной скорости  $V_1 = 8 [\text{м/с}]$ . Получили  $\xi = 2$ . Пусть  $t = 20^\circ\text{C}$ , тогда физические свойства воздуха будут  $\mu_1 = 18.1 \cdot 10^{-6} [\text{Па} \cdot \text{с}]$ ;  $\rho_1 = 1.2 [\text{кг/м}^3]$ . Тогда число Re будет  $Re_1 = \frac{\rho_1 \cdot V_1 \cdot d}{\mu_1} = \frac{1.2 \cdot 8 \cdot 0.050}{18.1 \cdot 10^{-6}} \approx 265000$

Тогда для воды на этом же сопротивлении  $\xi=2$  при  $Re_2 = Re_1 = 265000$ . Все, что остается инженеру, это посчитать среднерасходную скорость, по ней уже узнать

массовый расход воды:  $Re_2 = \frac{\rho_2 \cdot V_2 \cdot d}{\mu_2} \rightarrow V_2 = \frac{Re_2 \cdot \mu_2}{\rho_2 \cdot d} = \frac{265000 \cdot 1004 \cdot 10^{-6}}{998 \cdot 0.050} = 5.33 \left[ \frac{\text{м}}{\text{с}} \right]$

Численное моделирование для круглой трубы. Численное моделирование потоков жидкости или газа опирается на решение дифференциальных уравнений в частных производных. Решение этих уравнений даст возможность вычислить гидравлическое сопротивление трубопровода. В результате моделирования процессов в Ansys нами получена зависимость вида  $\lambda = 0.747 \cdot Re^{-0.332}$ . Для достаточно больших чисел Рейнольдса ( $20000 < Re < 30000$ ) данные Блазиуса и численного моделирования практически совпадают (разница менее 3%). Однако, при понижении  $Re$ , ошибка численного моделирования увеличивается. Это можно связать с граничными условиями, ведь чем меньше число  $Re$ , тем толще пограничный слой. Течение, подходя к сечению, где размещается первый отборник давления, уже развитое, пограничный слой сомкнут. В численном моделировании из-за ударного профиля смыкание пограничных слоев происходит позже, а это влияет на касательные напряжения трения на стенке. Однако, длина трубопровода велика, больше участка стабилизации ( $L > 50d$ ), поэтому входным профилем можно пренебречь. Можно считать совпадение моделирования и литературных данных удовлетворительным.

Создание экспериментальной установки. (Прил. №1). Экспериментальное исследование гидравлических сопротивлений происходило в специализированном гидродинамическом канале разомкнутого типа, работающем на выдув. Схема и внешний вид представлены в Приложении №2. Рабочим газом в этом канале является воздух. Источником сжатого воздуха послужил поршневой компрессор (1). В качестве запорной арматуры использован кран игольчатый (2). Контроль расхода воздуха осуществляли расходомером СОЛО-300 (3). Для получения развитого пограничного слоя на входе в кран, перед краном установили входной участок (4). Такое решение также частично нивелирует отрыв пограничного слоя от патрубка (5) на входе во входной участок. Для отбора давления предусмотрено три отборника : (6),(7) и (12). Разность давлений, измеренная между (6) и (7) используется для получения значений гидравлического сопротивления шарового крана (8). А разность давлений между отборниками (6) и (12) – использовалась при верификации (проверке) эксперимента. Перепады давлений измерены дифференциальным манометром ДМ-2 (9). При помощи специального программного обеспечения, разработанного в ИТ СО РАН, данные с дифманометра (9) в цифровом виде записываются на компьютер (10), и в последствии обрабатываются. Датчик температуры и датчик атмосферного давления выполнены в одном приборе (11) фирмы «Рэлсиб». По этим температуре и давлению вычислялась плотность воздуха, при помощи уравнения Менделеева-Клапейрона.

Важные параметры при проектировании. Для проектирования установки нужно знать: внутренний диаметр трубопровода, длину трубопровода, ограничивающие факторы. Вначале была проведена оценка, при каких числах Рейнольдса  $Re$  и средних скоростях движения газа  $U_m$  мы имели возможность произвести эксперимент. Сдерживающими факторами являлись:

1. Сжимаемость газа – число Маха не должно превысить  $M=0.3$ . Скорость звука для воздуха равна  $a \approx 343$  [м/с]. Значит, среднерасходная скорость в самом узком сечении не должна превысить  $U_m < M \cdot a = 0.3 \cdot 343 = 102.9$  [м/с]

2. Диапазон измерения дифференциальных манометров – 4000 Па для дифференциального манометра «ДМ-2», 20000 Па для дифференциального манометра марки «Pressure»

3. Диапазон регулирования массового расхода газа расходомером Соло-300: у него  $0.3 \cdot 10^{-3} \leq G \leq 6.0 \cdot 10^{-3}$ . Зафиксируем некий расход  $G_0$ . Посмотрим, как влияет диаметр на число  $Re$  при фиксированном расходе. (Приложение №2) То есть, уменьшая диаметр в канале при фиксированном расходе, можно повысить  $Re$ . Поэтому в качестве трубы использовали трубу с наименьшим условным проходным диаметром 1/2". Внутренний диаметр этой трубы составляет  $d = 12,0$  мм.

Опытные испытания. Опыт №1 Верификация данных полученных при численном моделировании; Опыт №2 Экспериментальное определение потерь давления в шаровом кране при прохождении воздуха, кран полностью открыт; Опыт №3 Экспериментальное определение потерь давления в шаровом кране при прохождении воздуха, кран частично закрыт ( $\varphi=15^\circ$ ). (Схема установки в Приложении № 4).

Ход опытов.

1. Берется металлопластиковая труба, отрезается в размер. Полученную трубу делят на две части.

2. В каждой части сверлится по одному отверстию диаметром 0,8 мм.

3. Вклеиваются отборники давления – это иглы от шприцев 21G.

4. Монтируются переходники (“американки”) для штуцера к расходомеру.

5. В концы крана монтируют трубки и присоединяется расходомер, компрессор, компьютер, дифференциальный манометр.

6. К дифференциальному манометру присоединяется шланги, вторые концы идут к установке на приемники давления, включается компрессор, расходомером подаем воздух в трубу и выставляется нужный расход воздуха.

7. Поворачивается кран на  $15^\circ$ . Контроль угла – по транспортиру.

8. Делаем 150 измерений с интервалом 0,2 секунды по времени. Прибор пишет значения  $\Delta p$  в файл, меняем расход.

Результаты. Опыт №1. Результаты верификации данных представлены в Приложении №5. Точками обозначены экспериментальные измерения, черной кривой – зависимость, обобщающая опытные данные настоящей работы, остальные кривые – известные экспериментальные данные классиков (Блазиус, Конаков, Альтшуль). В результате получена зависимость вида:  $\lambda = 5.27 \cdot Re^{-0.603}$ . Вывод: Можно считать совпадение экспериментальных и литературных данных удовлетворительным только в диапазоне  $Re = 1000 \dots 5000$ . Далее применение полученной формулы приведет к значительным ошибкам.

Опыт №2. Результаты опыта представлены в Приложении №6. На графике по вертикальной оси отложено местное сопротивление  $\xi$ , по горизонтальной оси – число Рейнольдса  $Re$ . Точками обозначены экспериментальные измерения,

черной кривой – зависимость, обобщающая опытные данные работы. Получена зависимость для открытого крана:  $\xi = 73.08 \cdot \text{Re}^{-0.234}$  Проанализируем результат. Показатель степени при числе Рейнольдса -0,234 близок к показателю степени -0,25 для круглых труб. Это было ожидаемо, потому что в полностью открытом виде кран практически похож на трубу, не имеет значительных выступов во внутренней части. Вывод: Можно считать полученную зависимость приемлемой. Шаровой кран имеет сопоставимое с остальными кранами гидравлическое сопротивление.

Опыт №3. При проведении эксперимента наблюдали свист из трубы при  $\text{Re} > 20000$ . Это свидетельствует о локальном превышении скорости звука, нарушении исходных допущений. Принято решение не приводить полученные данные в работе. Вывод: Шаровые краны не допускается использовать в промежуточном режиме – они используются только при включенном и выключенном режимах. В результате кавитации и повышенной турбулентности происходит повышенный износ полуоткрытых кранов

Учебная модель печной системы отопления частного дома. В качестве примера использования зависимости  $\xi = 73.08 \cdot \text{Re}^{-0.234}$  построена учебная модель печной системы отопления дома. Она состоит из насоса максимальной производительностью  $Q=50$  литров в минуту, и перепадом давлений в  $P=10$  бар. В доме 60 метров металлопластиковых труб диаметра  $d = 12$  мм, 5 батарей отопления и 8 шаровых кранов. *Вопрос – хватит ли мощности насоса на прокачку теплоносителя, или нужен насос мощнее?* Построим напорно-

расходную характеристику. Число  $\text{Re}$ :  $\text{Re} = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d \cdot v} = \frac{4 \cdot 25 \cdot \frac{10^{-3}}{60}}{3.141 \cdot 0.012 \cdot 0.478 \cdot 10^{-6}} = 92489$

Скорость в трубе  $V = \frac{4Q}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 25 \cdot \frac{10^{-3}}{60}}{3.141 \cdot 0.012^2} = 3,68 \left[ \frac{\text{м}}{\text{с}} \right]$

Потери давления от труб:

$$\Delta P_{\text{труб}} = \frac{\lambda L}{d} \cdot \frac{\rho V^2}{2} = \frac{0.3164}{\text{Re}^{0.25}} \cdot \frac{60}{0.012} \cdot \frac{1000 \cdot V^2}{2} = \frac{0.3164}{92489^{0.25}} \cdot \frac{60}{0.012} \cdot \frac{1000 \cdot 3,68^2}{2}$$

$\Delta P_{\text{труб}} = 6.16 \cdot 10^5$  [Па] Потери давления от радиаторов [4]:

$$\Delta P_{\text{батарей}} = n \cdot \xi \cdot \frac{\rho V^2}{2} = 5 \cdot 2.4 \cdot \frac{1000 \cdot 3,68^2}{2} = 81437$$
 [Па] И наконец-то

приходим к шаровым кранам. Раньше это слагаемое оценивалось весьма приблизительно. Сейчас же  $\xi$  вычислим по полученной зависимости  $\Delta P_{\text{кранов}} = n \cdot \xi \cdot \frac{\rho V^2}{2} = 8 \cdot 73.08 \cdot \text{Re}^{-0.234} \cdot \frac{1000 \cdot 3,68^2}{2}$ .  $\Delta P_{\text{кранов}} = 8 \cdot 73.08 \cdot (92489)^{-0.234} \cdot \frac{1000 \cdot 3,68^2}{2} = 97615$  [Па]. Итого суммарный перепад давлений составит

$$\Delta P_{\text{труб}} + \Delta P_{\text{батарей}} + \Delta P_{\text{кранов}} = 7.95 \cdot 10^5$$
 [Па] = 7.5 [бар] < 10 [бар]

Вывод: насос может прокачать систему, так как требуемый перепад давления меньше располагаемого.

Заключение: До настоящего момента не было ясно, как меняется сопротивление шарового крана в зависимости от числа  $\text{Re}$ . В пределах измерений значение  $\xi$  составило 6,5...10,5. Это сопоставимо с другими типами кранов. Получена критериальная зависимость местного сопротивления шарового крана от числа

Рейнольца  $\xi = 73.08 \cdot Re^{-0.234}$ . Показатель степени  $n = -0.234$  близок к показателю степени для гладкой трубы, у которой  $n = -0.25$ . Можно предположить, что такое сходство не случайно – внутренняя часть шарового крана в полностью открытом состоянии не отличается от трубы. Сравнительно высокий коэффициент местного сопротивления  $\xi$  получился из-за входного и выходного соединения крана с трубой. Они представляют собой внезапное сужение и расширение, в которых происходит, отрыв потока, генерирующий потери давления. Данная формула поможет проектировщикам гидравлических систем и систем отопления. Теперь можно точно рассчитывать потери давления, подбирать экономично насосы. Кроме того, проектировщики могут не переживать, если нет возможности поставить шаровый кран. Ведь разница в  $\xi$  между разными типами кранов мала, некоторым шаровый кран даже проигрывает. Учебная модель печной системы отопления частного дома экспериментально подтвердила возможности практического расчёта влияния гидравлического сопротивления на выбор мощности насоса.

В продолжении проекта хотелось бы:

- Получить более точные данные. Это желание связано с неточностями при эксперименте с круглой трубой (верификации). Возможно, следует применять не только электронные, но и жидкостные дифференциальные манометры.
- Расширить числа  $Re$ , т.е. увеличить диапазон скоростей в трубе. Для этого требуется расходомеры с большим массовым расходом, которыми на данный момент мы не располагаем.
- Нужно проверить потери давления при других флюидах, в первую очередь для капельных жидкостей – воды, нефти и прочих. Несмотря на то, что теория подобия гарантирует постоянство местных сопротивлений при сохранении одного  $Re$ , могут все-равно проявляться отличия.
- Нужно проверить масштабируемость эксперимента: испытать крупные краны (диаметром 3/4", 1"), свериться с полученными ранее данными.

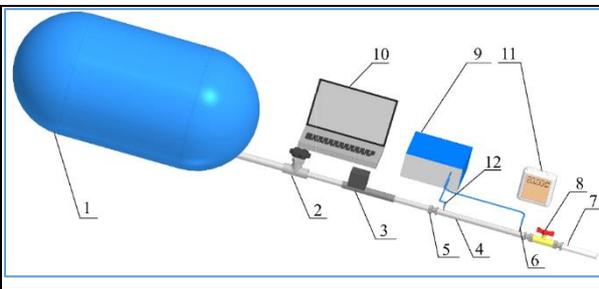
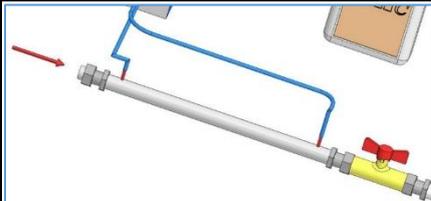
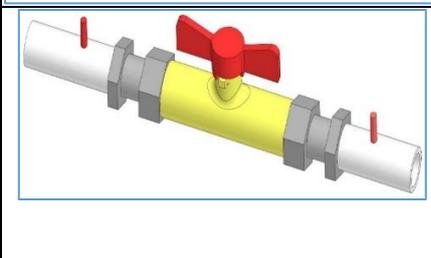
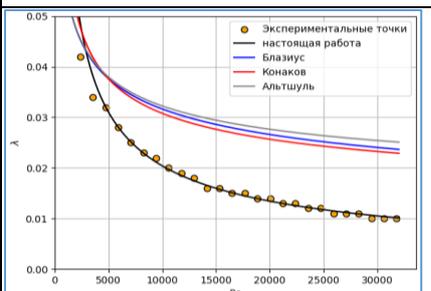
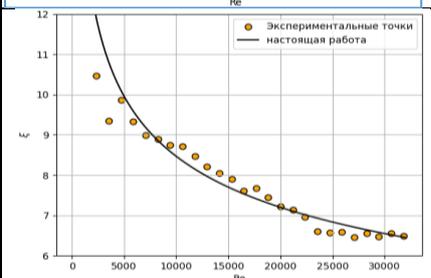
Также нераскрытым остался вопрос взаимного влияния кранов: два подряд стоящих крана могут влиять друг на друга, снижая или повышая гидравлическое сопротивление. В первом приближении этим пренебрегают. В точных расчетах нужно учитывать такие эффекты. На наш взгляд данные полученные в результате экспериментов будут полезны инженерам-проектировщикам трубопроводов, проектировщикам отопительных система как отдельно стоящих домов, отопительных систем многоэтажных домов и города в целом.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. И.Е.Идельчик. Справочник по гидравлическим сопротивлениям/Под редакцией М.О.Штейнберга.-3-е изд., перераб. и доп.- М.:Машиностроение,1992.-672 с.:илл.
2. И.И.Агроскин, Г.Т. Дмитриев, Ф.И.Пикалов. Гидравлика, под общей редакцией проф. И.И. Агроскина, изд. четвертое. 352 с. с черт.,1964
3. А.В. Лепешкин, А.А. Михайлин, С.Д. Пхакадзе. Расчет элементов гидравлических систем. Учебное пособие по выполнению контрольных заданий

по дисциплине «Гидравлика и гидропневмоприводы» для студентов заочной формы обучения по специальности 150100 «Автомобиле- и тракторостроение». М., МАМИ, 1998г., 36с., ил.

Приложение

1		<p>Схема экспериментальной установки.</p>
2	$G_0 = \rho \cdot U_m \cdot S = 0.25 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot \rho \cdot U_m = \text{const} \Rightarrow U_m \cdot d = \frac{4 \cdot G_0}{\pi \cdot d \cdot \rho}$ $Re = \frac{U_m \cdot d}{\nu} = \frac{4 \cdot G_0}{\pi \cdot d \cdot \rho \cdot \nu} \sim \frac{1}{d} \Rightarrow Re \sim \frac{1}{d}$	<p>Влияние диаметра на число Re при фиксированном расходе.</p>
3		<p>Участок для проверки потерь давления.</p>
4		<p>Участок гладкого трубопровода с полностью открытым краном.</p>
5		<p>Результаты опыта №1.</p>
6		<p>Результаты опыта №2.</p>

# ИЗУЧЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЛАЗЕРНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ РЕЖИМОВ ГЛУБОКОЙ ГРАВИРОВКИ НА ЛТУ «МИНИМАРКЕР 2»

*Пронин Владимир Андреевич, Ильин Василий Игоревич*

*МБОУ Лицей при ТПУ, 10 класс, г. Томск*

Руководитель: Зыков Илья Юрьевич, к.ф.-м.н., доцент ОМ ИШНПТ

Целью работы было изучение параметров лазерного воздействия при обработке режимов глубокой лазерной гравировки на ЛТУ «МиниМаркер 2»

Задача: Найти оптимальные параметры лазера для обработки детали

Актуальность. Данная проблема является актуальной, так как во время обработки детали лучше знать оптимальные параметры. Иначе можно поставить сильно высокие параметры, из-за которых лазер будет перегреваться, и придется тратить время ожидая, пока он остынет. Или можно поставить низкие параметры из-за которых будет очень много времени уходить на обработку детали.

Данная работа будет полезна людям пользующимся ЛТУ «МиниМаркер 2».

Основная часть. Чтобы найти оптимальные параметры лазера мы решили делать гравировку размером 5\*5мм на детали из алюминиевого сплава. Гравировку мы проводили благодаря ЛТУ «МиниМаркер 2». «МиниМаркер 2» это компактное высокотехнологичное оборудование для лазерной маркировки и гравировки на базе волоконного лазера [1]. ЛТУ «МиниМаркер 2» изображена на фотографии 1.

Фотография 1. ЛТУ «МиниМаркер 2».



Для начала мы решили изменять такие параметры, как время импульса и мощность, а скорость прохода и их количество оставить неизменным. После чего мы измерили глубину обработки. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты измерений при изменении времени импульса и мощности.

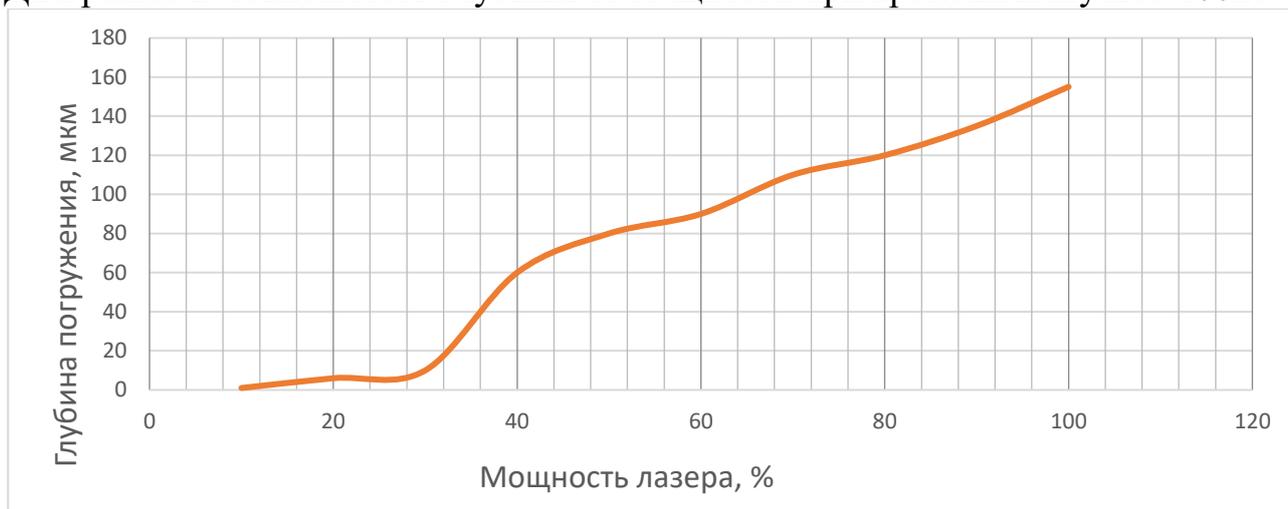
Время импульса	Мощность, %	Глубина, мкм	Скорость, мм/с	Кол-во повторений в цикле
200нс	100	260	500	30
	90	240	500	30
	80	220	500	30
	70	205	500	30
	60	170	500	30
	50	140	500	30
	40	110	500	30
	30	70	500	30
	20	10	500	30
	10	2	500	30
100нс	100	155	500	30
	90	135	500	30
	80	120	500	30
	70	110	500	30
	60	90	500	30
	50	80	500	30
	40	60	500	30
	30	10	500	30
	20	6	500	30
	10	1	500	30

Затем мы решили посмотреть зависимость глубины от мощности. На диаграмме 1 и 2 представлена зависимость глубины от мощности.

Диаграмма 1. Зависимость глубины от мощности при времени импульса 200нс.



Диаграмма 2. Зависимость глубины от мощности при времени импульса 100нс.



Из данных диаграмм мы поняли:

- Что глубина зависит от мощности не линейно, что не позволяет утверждать точность измерений.
- Измерения показали что лучше всего работать на 100% мощности и время импульса 200нс.

Затем мы решили изменять такие параметры, как плотность и скорость. Дальше мы измерили время одного слоя, глубину и скорость выполнения углубления. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты измерений при изменении плотности и скорости.

Время импульса	Плотность, линий/мм	Скорость, мм/с	Кол-во слоев	Время одного слоя, с	Глубина, мкм	Скорость выполнения углубления, мкм/с
200нс	20	1000	30	2	20	0,33333333
	40	500	30	37	45	0,04054054
	60	333	30	82	520	0,21138211
	80	250	30	239	680	0,09483961
	100	200	30	367	960	0,08719346

Из данной таблицы мы поняли, что оптимальными параметрами являются скорость перемещения лазера 1000мм/с и плотность 20 линий/мм.

Вывод: Оптимальными параметрами лазера для обработки детали оказались: время импульса – 200нс, мощность лазера – 100%, плотность – 100линий/с и скорость перемещения лазера – 1000мм/с.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. «МиниМаркер 2» [Электронный ресурс]-режим доступа: <http://www.minimarker.ru> (дата обращения: 15.03.2023)

# УМНЫЙ СВЕТИЛЬНИК НА ОСНОВЕ СВЕТОДИОДА, ФОТОРЕЗИСТОРА, РЕЗИСТОРА, ТРАНЗИСТОРА И ИСТОЧНИКА ТОКА

Раитина Вероника Евгеньевна

Муниципальное автономное общеобразовательное учреждение Гимназия №3 в  
Академгородке, 9 класс, г. Новосибирск

Руководители: Карелин Вадим Александрович, Ахметьянова Ирина  
Григорьевна

Аннотация. Суть работы состоит в создании макета умного светильника, а также проведении некоторых экспериментов с этим макетом. Были рассмотрены: история создания лампочки, компоненты умного светильника, принцип работы умного светильника. Также были проведены эксперименты: “Изучение влияния интенсивности освещения в комнате на работу светильника и вида света”.

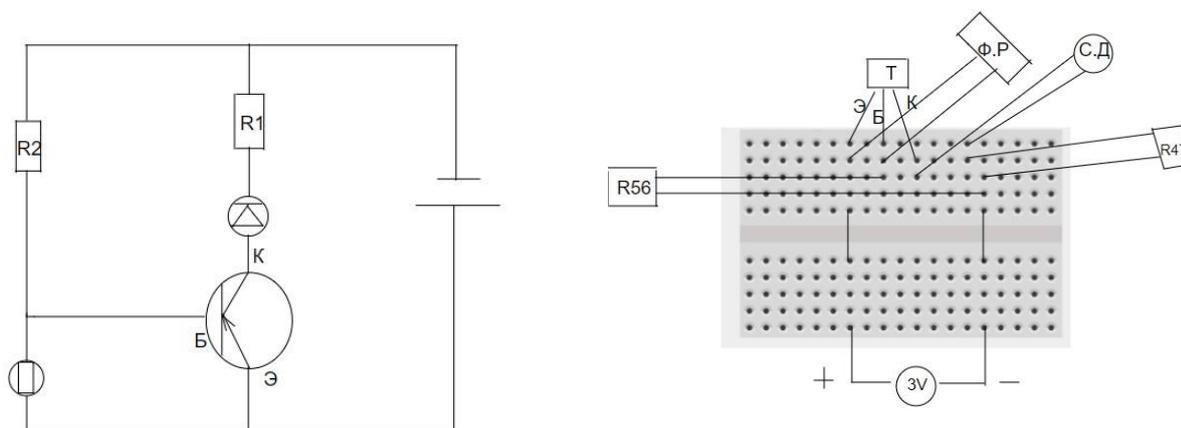
Ключевые слова. Умный светильник, лампочка, транзистор, фоторезистор, светодиод, свет, яркость

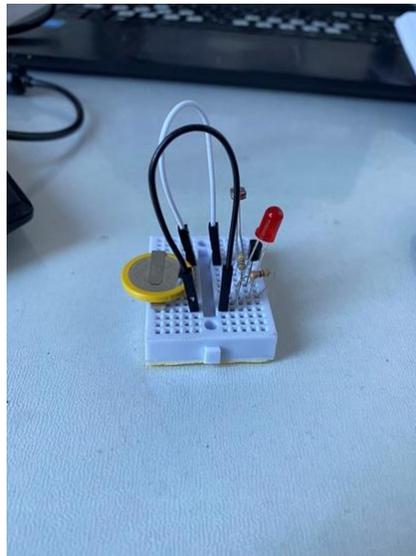
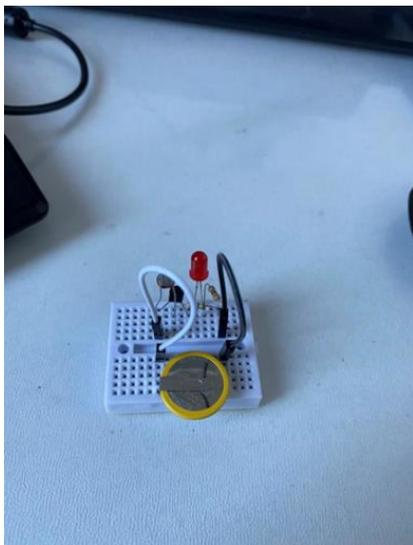
Введение. Актуальность создания “умного светильника” состоит в следующем:

- Экономия энергии
- Бытовое удобство
- Возможность дальнейшей постройки “умного” дома.

Обзор аналогов. По данным интернет-ресурсов в настоящее время существует немало аналогов Умного светильника. Есть разные способы создания макета: с помощью паяльника, с помощью Arduino, сборка на макетной плате. Мною был выбран метод: сборка на макетной плате, так как для меня он самый удобный, и при неправильном расположении компонентов их можно легко переставить.

Основная часть. В ходе проекта был создан макет умного светильника, для этого была изучена история создания лампочки, были рассмотрены принципы работы компонентов и самого светильника, а также была собрана цепь и схема макета.





Были проведены эксперименты: “Изучение влияния интенсивности освещения в комнате на работу светильника и вида света”. В ходе экспериментов было выявлено, что созданный макет светильника реагирует на интенсивность освещения, а также на вид света.

Любой человек может быть заинтересован в проведении этой работы, люди, которые хотят приобрести предметы умного дома себе в квартиру, могут пользоваться результатами этой работы. Стоимость проекта составила около 200 рублей.

Выводы и дальнейшие перспективы проекта.

В ходе реализации данного проекта мною были рассмотрены: история создания лампочки, принцип работы компонентов светильника, а также осуществлена сборка светильника. В ходе экспериментов было выявлено, что созданный макет светильника реагирует на интенсивность освещения, а также на вид света. Чем ниже интенсивность освещения, тем меньше расстояние от светильника, на котором загорается лампочка макета. Также выявлено, что под воздействием холодного света лампочка макета загорается на более дальнем расстоянии, чем под воздействием теплого, а под воздействием смешанного света – на более дальнем расстоянии, чем под воздействием холодного. Следовательно, холодный свет более яркий, чем теплый, а смешанный – более яркий, чем холодный.

Перспективами данного проекта являются:

1. Внедрение макета в быт
2. Использование умных светильников в уличных фонарях, освещение подъездов

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <https://www.asutpp.ru/pnp-tranzistor.html>
2. <https://vamfaza.ru/istoria-lampi/>
3. <https://principraboty.ru/fotorezistor-princip-raboty/#h2-1>
4. <https://principraboty.ru/princip-raboty-svetodioda/>

## **РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОБЪЕКТИВНОЙ ОЦЕНКИ ЦВЕТОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НОВЫХ СОРТОВ РАСТЕНИЙ**

*Рейс Ангелина*

*Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение лицей при ТПУ,*

*10 класс*

*г. Томск*

Руководитель: Туранов Сергей Борисович, к.т.н

Каждый год в мире выводят тысячи новых сортов цветов. При регистрации нового сорта необходимо обязательно указывать его цвет. Оценка цвета производится субъективным методом – визуальным сравнением цвета растения и цвета специализированной бумажной палитры. Такой метод зависит от условия освещения помещения, в котором проводится оценка и от особенностей зрения и цветового восприятия человека, который производит анализ. Восприятие цвета человеком определяют следующие факторы: длина цветовой волны, интенсивность светового потока, количественное присутствие чистого спектрального цвета (насыщенность), окружающая цветовая среда, через которую мы смотрим на исследуемый объект, расстояние от наблюдателя до объекта, размер объекта, геометрическая форма поверхности, характер объема объекта, фактура поверхности, угол падения света на объект [1,2]. Люди способны видеть красочный мир благодаря рецепторам (палочки и колбочки), которые расположены в сетчатке наших глаз [2]. Палочки позволяют нам воспринимать изменение яркости до достижения определенной интенсивности света. От них зависит зрение как в светлое, так и в темное время суток. Колбочки отвечают за цветовосприятие. Они содержат три основных пигмента. Каждый из них способен воспринимать один основной цвет, а два других его раздражают, из-за этого и происходит смешение красок и создание нового цвета из трех главных [2].

Свет в жизни растений играет важную роль. От света, который поглощают, отражают и пропускают растения зависит пигмент, который влияет на цвет растений [5]. Поэтому для определения цвета растений мы пользуемся методами спектроскопии. Спектроскопия изучает взаимодействие между веществом и электромагнитным излучением в зависимости от длины волны или частоты излучения [6,7]. Спектральный анализ - один из наиболее распространённых методов по определению элементного состава вещества. Он помогает исследовать энергетическую структуру атомов, молекул и макроскопических тел, образованных из них. Спектроскопия используется в физической и аналитической химии, поскольку атомы и молекулы имеют уникальные спектры. В результате эти спектры могут быть использованы для обнаружения, идентификации и количественной оценки информации об атомах и молекулах [6]. Спектр пропускания — это зависимость коэффициента пропускания от длины волны или частоты излучения [7]. Спектр поглощения — это зависимость

показателя поглощения вещества от длины волны излучениям [7]. Спектр отражения — это зависимость коэффициента отражения от длины волны или частоты излучения [7]. Исследования, связанные со спектральными характеристиками, показали повышенное различие спектральных характеристик между растениями. Цвет растения зависит от пигмента, содержащегося в его клетках. Пигменты способны поглощать свет только в определенной части спектра, остальные световые волны отражаются. В зависимости от спектрального состава отраженного света пигменты приобретают ту или иную окраску [8,10,11]. Для исследования спектрального распределения света, пропускаемого, поглощаемого и отражаемого образцом, предназначены спектрометры.

Но для перехода от графического анализа цвета к математическому необходимы дополнительные методики оценки цветовых характеристик. Одними из самых перспективных из них являются методы колориметрии. Цвет в колориметрии есть трехмерная векторная величина, характеризующая группу световых визуально неразличимых излучений [3]. Измерить цвет – значит обозначить его через какие-то объективные величины и субъективные ощущения и тем самым определить его место в рамках некоей теоретической колориметрической системы их выражения и математического описания [3]. Колориметрия - наука, занимающаяся количественным выражением цветов, расчетами и измерением цвета [3,4]. Колориметрия широко применяется в аналитической химии, в том числе для гидрохимического анализа, в частности — для количественного анализа содержания биогенных веществ в природных водах, для измерения рН, в медицине, а также в промышленности при контроле качества продукции. С помощью колориметрии возможно определить наиболее точный цвет исследуемого объекта. Несмотря на активное развитие колориметрии и большое количество научных исследований в этой области науки, методы колориметрии практически не используются при оценке цветовых характеристик растений. Вероятно, это связано с отсутствием единого подхода и методики проведения такой оценки.

В связи с этим целью данной работы является обоснование необходимости применения методов колориметрии и спектроскопии для объективной оценки цвета растений. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) Измерить и провести сравнение спектров отражения, поглощения и пропускания пяти различных белоцветковых сортов азалий;
- 2) Рассчитать относительные координаты цветности пяти различных белоцветковых сортов азалий;
- 3) Сравнить результаты визуального анализа цвета экспериментальных образцов и анализа методами колориметрии и спектроскопии;

Эксперимент проводился на пяти цветах с одинаковым цветом лепестков – белый (рис.1). На каждом цветке измерили от 54 до 75 спектров отражения, пропускания и поглощения. Измерения проводились не менее, чем на трех лепестках в пяти-шести точках для минимизации погрешности и получения достоверных данных. Для измерения спектральных характеристик растений использовали портативный миниспектрометр CI-710s SpectraVue. Прибор обладает чувствительностью по всему диапазону видимого света и детектирует свет после его взаимодействия с листом (рис. 2) [9].



Рисунок 1 – Экспериментальный образец Азалии



Рисунок 2 - Миниспектрометр CI-710s

Полученные результаты были обработаны в Microsoft Excel (рис. 3-4) для построения спектрограмм отражённого и поглощённого света сортов азалий с белыми лепестками. Видно, что спектрограммы отличаются не только по характеру отражения и поглощения, но и по интенсивности отражения/поглощения света.

Любая колориметрическая система определения цвета основана на возможности воспроизведения данного цвета путем аддитивного смешения трех соответственно выбранных основных цветов. Всеобщим признанием сегодня пользуется система координат, основными цветами которой являются три нереальных теоретических невозпроизводимых цвета, обозначенных через XYZ, играющих роль математически удобных символов. Эта колориметрическая система МКО (Международная комиссия по освещению) XYZ принята как стандартная Международная система для количественной оценки цвета [3, 7, 8].

Для характеристики цветности излучения пользуются относительными значениями координат цвета, называемыми координатами цветности  $x$ ,  $y$  и  $z$ :

$$x = \frac{x'}{x' + y' + z'} \quad y = \frac{y'}{x' + y' + z'} \quad z = \frac{z'}{x' + y' + z'}$$

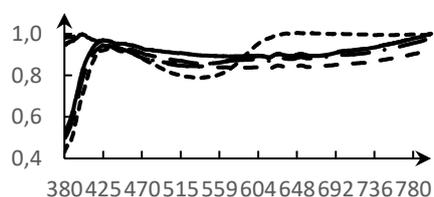
где  $x'$ ,  $y'$ ,  $z'$  – относительные координаты цветности.

Далее, по данным спектрограмм с помощью методики [3, 7, 8] были рассчитаны относительные координаты цветности исследуемых цветков (таблица 1) и построены диаграммы цветности растений (рис.4). Результаты

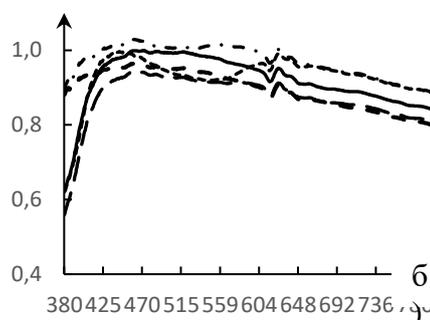
показали, что все цветы имеют разные цветовые характеристики, отличные от белого. При этом три независимых эксперта визуально идентифицировали эти образцы, как цветы белого цвета.

Таблица 1 (координаты цвета растений)

№	CIE x	CIE y	Peak	Peak Intensity
1	0,329	0,3273	796	129
2	0,3425	0,32	622	47
3	0,3269	0,3238	397	141
4	0,3319	0,326	797	129
5	0,3312	0,3247	399	151



— Азалия cv. Mevrouw Edmont Troch  
 - - - - Азалия cv. Paestrina  
 - · - · Азалия cv. Polarstern  
 - - - Азалия cv. Princess Matilda



— Азалия cv. Mevrouw Edmont Troch  
 - - - - Азалия cv. Paestrina  
 - · - · Азалия cv. Polarstern  
 - - - Азалия cv. Princess Matilda  
 - · · · Азалия cv. Schaeme Alba

Рисунок 3 Спектры отражения (а) и поглощения (б) исследуемых образцов

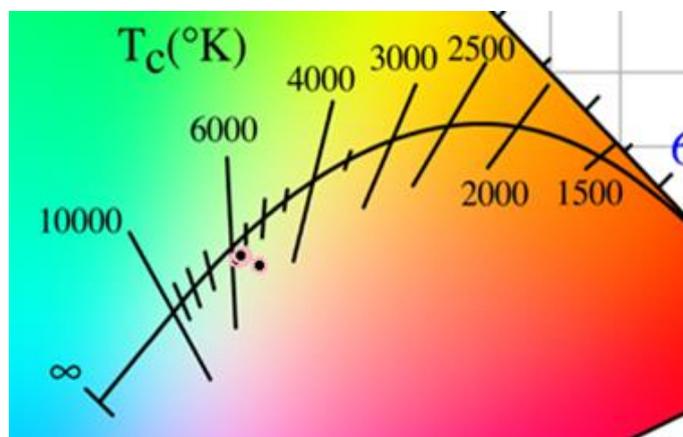


Рисунок 4 Общая диаграмма цветности исследуемых образцов

В заключении, стоит отметить, что требования к сортооценке декоративных растений практически не менялись на протяжении 50 лет и содержат много субъективных показателей. На основании проведенного мной исследования, можно сделать вывод, что спектрофотометрическое определение цвета с помощью прибора SpectraVue CI-710s дает объективные результаты, которые даже у белоцветковых сортов позволяют выявить маркерные особенности в отраженном и поглощенном лепестками свете, четко и однозначно дифференцировать близкие цвета лепестков и дать им сортоотличимую цветовую характеристику.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Особенности восприятия цвета. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://nazart.ru/> свободный (дата обращения: 15.02.23)
2. Л. Ф. Добро, Н. М. Богатов БИОФИЗИКА //Лабораторный практикум Часть 2, 2010 г.
3. И. В. Мигалина, Расчет цветности излучения //Учебно-методические указания к курсовой расчетно графической работе №7 от 31.01.11
4. Горбунова Е.В., Чертов А.Н. ТИПОВЫЕ РАСЧЕТЫ ПО КОЛОРИМЕТРИИ ИСТОЧНИКОВ ИЗЛУЧЕНИЯ // Учебное пособие 2014 г.
5. Ю. П. Федулов, Ю. В. Подушин ФОТОСИНТЕЗ И ДЫХАНИЕ РАСТЕНИЙ //Учебное пособие 2019 г.
6. М.О. Марычев, А.П. Горшков Практическое руководство по оптической спектроскопии твердотельных наноструктур и объемных материалов //Учебно-методические материалы по программе повышения квалификации «Физико-химические основы нанотехнологий» 2007 г.
7. Федорова О.А., Кулакова И.И., Сотникова Ю.А., Жиленко М.П., Крутяков Ю.А., Оленин А.Ю., СПЕКТРОСКОПИИ //Методическое пособие к задачам спецпрактикума кафедры химии нефти и органического катализа 2015 г.
8. How Much Pigment Should Flowers Have? Flowers With Moderate Pigmentation Have Highest Color Contrast Casper J. van der Kooi 2021 г.
9. SID Bio-Science. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://cid-inc.com/> свободный (дата обращения: 12.02.23)
10. How to colour a flower: on the optical principles of flower coloration Casper J. van der Kooi, J. Theo M. Elzenga, Marten Staal and Doekele G. Stavenga 2016 г.
11. The coloration toolkit of flowers van der Kooi, Casper Jonathan 2015 г.

# ИЗУЧЕНИЕ ЗАКОНОВ ФИЗИКИ ПРИ ДВИЖЕНИИ ЛЯГУШКИ И ЕЁ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ

*Е. Е. Савкова, Т. А. Попел*

*Физико - математическая школа – интернат при СФУ  
660074, Российская Федерация, Красноярск, ул. Борисова, д. 5*

В школьном курсе задач по физике в качестве физических тел в основном рассматриваются неживые организмы. В разрабатываемом сборнике будет рассматриваться живой организм – лягушка, имеющая свои особенности передвижения.

Сборник задач по физике предназначен для тренировки своих умений в решении и рассмотрении задач с физическим телом, имеющим свои особенности. В сборнике представлены задачи, в которых рассматривается лягушка как материальная точка, а также задачи, в которых сделан упор на взаимодействие лягушек с окружающей средой

Приводится теоретическая сводка, в которой представлены основные законы, формулы и особенности лягушек, которые потребуются для решения задач.

Что такое сборник задач?

Решение физических задач является одним из процессов обучения в школе. Задачи для решения выбраны из самых разных сборников, отличных друг от друга содержанием и годом редакции и издания. Также задачи были составлены только с опорой на теорию, приведенную в теоретической сводке.

Сначала задачников как таковых не существовало. Были лишь пособия для решения задач по определенным разделам физики, либо пособия для практических работ по физике. Пособием называют «Учебно-теоретическое издание, содержащее подготовительный материал для создания учебника или материал, дополняющий уже имеющийся учебник».

Но что же такое сборник задач в настоящее время? Сборником задач считают: «учебно-практическое издание, содержащее задачи и ответы к ним в объеме определенного курса (или его раздела). Может содержать также решения задач, методические рекомендации по ним или подсказки». Данное определение дает Самарский государственный социально – педагогический университет.

Как составить сборник задач?

а) Выбрать сборники, с проверенными временем задачами, имеющие регулярную редактуру. Например, сборники авторами, которых являются научные сотрудники МФТИ, МГУ, также составители сборников задач для ЕГЭ.

б) Из выбранных сборников сделать выборка прототипов задач.

с) На основе выбранных сборников составить содержание, в котором темы задач соответствуют физическому телу - лягушке.

д) Составить задачи повышенного и углубленного уровня сложности, прорешивание которых поможет укрепить знания в области школьной физики.

е) Оформить решение для каждой задачи, предложенной в сборнике.

f) Составить теоретическую сводку, которая поможет ученику в решении. Также в сводке представить теория для решения задач с особенностями лягушки.

С какими проблемами пришлось столкнуться в процессе создания сборника задач, и как они были решены:

1. Проблема с формулированием текста задач. Решение: просмотр видеоряда жизни лягушек в окружающей среде и чтением статей и книг о жизни лягушки в естественной среде обитания.

2. Составление рисунков. Решение: составить схемы в тетради с подробным описанием схем для задач.

#### Заключение

По завершении работы сборник был представлен для ознакомления учителям физики и предложен ученикам школы ФМШ СФУ, в результате чего были получены отзывы о проекте. По окончанию анализа отзывов были сделаны следующие выводы:

✓ Что понравилось: понятные условия задач, пояснения каких-то моментов, удобные чертежи, удобство самопроверки, полезный теоретический материал.

✓ С чем возникли сложности: У некоторых учеников возникли сложности при решении задач, так как часть задач из сборника предполагают решение олимпиадными методами. Кроме того, в сборнике представлены оригинальные задачи на влияние окружающей среды на лягушку, не имеющих аналогов.

✓ Неоднозначные моменты: Часть школьников склонилась к тому, что решение, приведённое в сборнике, недостаточно подробное, так как в процессе решения опущены некоторые математические преобразования, в то время как другая часть школьников высказалась о достаточности представленного решения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Henry C. Astley and Thomas J. Roberts, the article: Evidence for a vertebrate catapult: elastic energy storage in the plantaris tendon during frog jumping/ 16 November 2011
2. Dan A. Greenberg and Wendy J. Palen, the article: Hydrothermal physiology and climate vulnerability in amphibians/ 17 February 2021
3. Г.С. Ландсберг. Элементарный учебник физики: Учеб.пособие. В 3 т. Т. 1. Механика. Теплота. Молекулярная физика / Под ред. Г.С. Ландсберга – 14-е изд. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2018. – 612 с. - ISBN 978-5-9221-1256-7 (Т. 1.)
4. Физика. Задачник-практикум для поступающих в вузы [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / В. А. Макаров, С. С. Чесноков. — Эл.изд. — Электрон. текстовые дан. (1 файл pdf : 368 с.). — М. : Лаборатория знаний : Лаборатория Базовых Знаний, 2016. — (ВМК МГУ — школе).

i. ISBN 978-5-93208-207-2

5. ЕГЭ. Физика. Сборник заданий для подготовки к ЕГЭ / Г.А. Никулова, А.Н. Москалев. – М.: - Издательство «Экзамен», 2017. – 352с. (Серия «ЕГЭ.Задачник»)
  - i. ISBN 978-5-377-11277-8
6. Сборник задач для подготовки к физическим олимпиадам [Электронный ресурс]: учеб.пособие / К. А. Гаврилов, А. С. Маякина; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Электрон.дан. – Пермь, 2019. – 461 Кб; 73 с.
7. Игорь Вячеславович Яковлев: электронный ресурс –mathus!

## КАТУШКА ТЕСЛА

*Садчикова Злата*

*БОУ г.Омска Средняя общеобразовательная школа № 24, 11 класс*

*Руководитель: Новак Елена Николаевна, учитель физики*

«Пусть будущее рассудит и оценит каждого по его трудам и достижениям. Настоящее принадлежит им, будущее, ради которого я работаю, принадлежит мне» - эти слова принадлежат Николу Тесла. На страницах газет, научных журналов, телевидении и в Интернете, можно увидеть множество информации, которая описывает принцип работы высокочастотного трансформатора Тесла. А правда ли всё это? Нас очень заинтересовал данный прибор, и мы решили самостоятельно изготовить этот трансформатор и провести с ним опыты, наглядно показывающие его работу. Около 120 лет назад, в 1893-м году на Всемирной выставке в Чикаго, Тесла продемонстрировал беспроводную передачу электричества, зажигая ряд фосфорных лампочек в процессе, называемом электродинамическая индукция. Он мечтал о том, что в один прекрасный день такая технология поможет нам передавать электричество на большие расстояния в атмосфере, обеспечивая отдаленные районы необходимой энергией для комфортного проживания. Теперь, по прошествии более века, такие крупные компании как Intel и Sony заинтересовались применением безызлучательной передачи энергии к таким вещам, как мобильные телефоны, чтобы мы могли заряжать батареи без проводов электропитания.

Меня заинтересовал этот вопрос и я захотела сама найти в интернете схему катушки Тесла и собрать ее в домашних условиях.

«Нет ничего, что в большей степени могло бы привлечь внимание человека и заслужило бы быть предметом изучения, чем природа. Понять ее огромный механизм, открыть ее созидательные силы и познать законы, управляющие ею, - величайшая цель человеческого разума». Этими словами начал Тесла свое выступление в Американском институте инженеров 20 мая 1892 года, где он прочел одну из своих лучших лекций по теме: «Опыты с переменными токами весьма высокой частоты и их использование для искусственного освещения»

Результат работы носит просветительный характер, это позволит, повысит заинтересованность к углубленному изучению таких предметов, как физика, к исследовательской деятельности, и возможно для кого-то определит область дальнейшей деятельности.

Цель: Создать действующую модель катушки Тесла и провести ее апробацию.

Задачи:

1. Изучить материал по данному вопросу, используя дополнительный материал и ресурсы интернета
2. Подобрать схему трансформатора Тесла
3. Выбрать наиболее подходящие материалы, инструменты и оборудование для изготовления изделия
4. Изготовить трансформатор Тесла
5. Провести эксперименты с катушкой Теслы

Подбор материалов, конструктивно пригодных для создания составных частей и механизмов устройства.

Детали:

1. Медный обмоточный провод (диаметр 0,2 мм) - 35 метров
2. Медный обмоточный провод (диаметр 1 мм) - 20 см.
3. Транзистор биполярный NPN (подойдет практически любой, например, SS8050, 2N2222. Главное, чтобы допустимый ток был не менее 1 Ампера)
4. Резистор 20-50 кОм
5. Шприц 20 мл

Дополнительно:

6. Батарейка "Крона"
7. Колодка для батарейки "Крона"
8. Кусок наждачной бумаги
9. Ножницы/нож
10. Скотч

Сборка катушки Теслы

Процесс сборки:

1. Вторичная катушка. Небольшим кусочком скотча зафиксировать тонкий медный провод на шприце и произвести намотку, виток к витку, без нахлестов, очень аккуратно! Высота катушки должна составлять 4-5 см (это 200-250 витков). По завершению намотки зафиксировать скотчем обе стороны намотки. Снизу нужно оставить торчащим провод, длиной около 7 см. С кончика провода (1,5 см) необходимо снять прозрачный изоляционный лак с помощью наждачной бумаги или ножика. Это будет заметно по изменившемуся цвету провода.
2. Первичная катушка. Обернуть вокруг шприца толстую медную проволоку. Должно получиться 2 витка. С обоих концов провода (1,5 см) счистить изоляционный лак (как в п.1)
3. Транзистор. У него есть три ножки. Нужно понять, какая из них коллектор. Ее присоединяем к одному из концов провода первичной обмотки. Можно скруткой, можно спайкой.

4. Резистор. Присоединяем одну ножку ко второму концу первичной обмотки, вторую ножку - к центральной ножке транзистора (это база). Опять же, скруткой или спайкой. Резистор поллярности не имеет, ножки равнозначны.

5. Подключение вторичной катушки. Вдеваем вторичную катушку в первичную. Торчащий провод вторичной катушки подсоединяем к базе транзистора (скруткой или спайкой).

6. Подключение питания. Положительный контакт (красный провод) присоединяем к контакту первичной обмотки, к которой подсоединен резистор. Отрицательный контакт подсоединяем к свободной ножке транзистора (эмиттер). Подключаем батарейку.

Схема (см. приложение 3)

Возможные проблемы при сборке:

1. Если лампа не светится, проверьте, все ли контакты надежны, нет ли лишних контактов между деталями

2. Если лампа все еще не светится, то необходимо поменять местами контакты первичной обмотки (повернуть ее на 180 градусов), аккуратно отсоединив детали, и собрав все обратно. Можно не менять, но тогда первичную обмотку нужно будет поместить сверху вторичной, что не всегда удобно.

Зажжение электрической лампы беспроводным способом

Цель: Проверить на опыте возможность беспроводного зажигания электрической лампы

Приборы и материалы: изготовленная катушка Теслы, электрическая лампа

Ход эксперимента:

1. Поднести электрическую лампу к катушке Теслы, не касаясь её

2. Наблюдать за процессом

Вывод: Лампочка загорается беспроводным способом, благодаря применению катушки Теслы

Зажжение электрических ламп разной мощности беспроводным способом

Цель: Проверить на опыте возможность беспроводного зажигания электрических ламп разной мощности

Приборы и материалы: изготовленная катушка Теслы, набор электрических ламп

Ход эксперимента:

1. Поднести поочередно электрические лампы к катушке Теслы, не касаясь ее

2. Наблюдать за процессом

Вывод: Лампочки загорается беспроводным способом, благодаря применению катушки Теслы

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы я столкнулась с определенными трудностями, заключающимися в следующем:

1. Во время испытания собранной модели катушки Теслы я поняла, что вторичная обмотка выполнена неаккуратно, с нахлестами. В связи с этим происходили короткие замыкания, что не позволяло эксплуатировать собранную модель. Вторичная обмотка была переделана;

2. Далее, продолжая эксперимент, я повредила источник питания – батарейку «Крона» и ее колодку. Вследствие этого, я предположила, что вместо батарейки можно использовать стабилизированный источник питания.

После внесенных исправлений, а также замены источника питания я получила результат эксперимента в виде работающей катушки Теслы.

Трансформатор Теслы является простым в изготовлении и настройке прибором. С помощью трансформатора Теслы можно продемонстрировать множество красивых и эффектных экспериментов. Устройство является безопасным для использования в учебных целях при соблюдении правил техники безопасности. Люди собирают трансформаторы Теслы ради того, чтобы посмотреть на впечатляющие, красивые явления. Думаю, что учителям физики можно взять на заметку результаты моих исследований и ввести лабораторные работы с использованием трансформатора Теслы, для более подробного изучения конкретных тем из курса физики. Это значительно повысит у учащихся интерес к данным темам. В ходе работы я изучила материалы о трансформаторе Теслы, собирать прибор по схеме.

Можно подвести некоторые итоги.

Мои гипотезы подтвердились: 1) лампочки светятся вблизи катушки, следовательно, вокруг установки действительно существует электромагнитное поле высокой напряженности; 2) лампочки загорались сами по себе у меня в руках на определенном расстоянии, значит, электрический ток может передаваться без проводов.

Необходимо отметить и еще одну важную вещь: действие этой установки на человека:

Как Вы заметили при работе меня не било током: токи высокой частоты, которые проходят по поверхности человеческого организма не причиняют ему вреда, наоборот, оказывают тонизирующее и оздоровительное действие, это используется даже в современной медицине. Однако надо заметить, что электрические разряды, которые Вы видели, имеют высокую температуру, поэтому долго ловить молнию руками не совету!

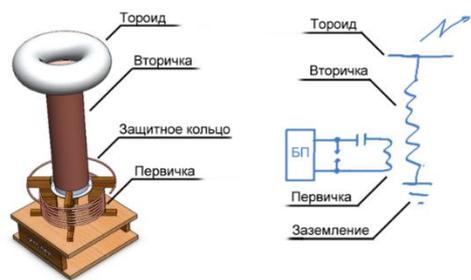
#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Желько Сарич. Посвящённый. Роман о Николе Тесле.- М: Дельфис, 2010
2. Марк Сейфер Абсолютное оружие Америки. - М: Эксмо, 2005.
3. Никола Тесла: Мои изобретения, 1919
4. Пиштало В. Никола Тесла. Портрет среди масок. - М: Азбука-классика, 2010
5. Ржонсницкий Б. Н. Никола Тесла. Жизнь замечательных людей. Серия биографий. Выпуск 12. - М: Молодая гвардия, 1959.
6. Церава Г. К. Никола Тесла, 1856-1943. - Ленинград. Наука. 1974.
7. Фейгин О. Никола Тесла: Наследие великого изобретателя. - М.: Альпина нон-фикшн, 2012.
8. Интернет ресурсы:
  - 1) <http://bsvi.ru/kak-rabotaet-transformator-tesla-na-palcah-chast-1/>

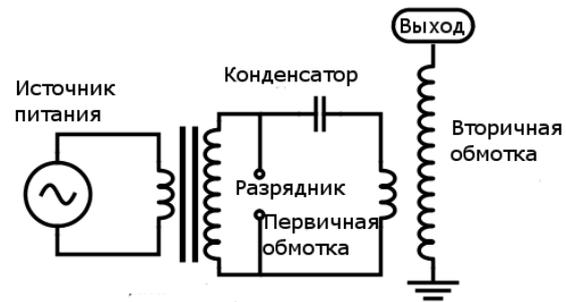
- 2) <https://ru.wikipedia.org/wiki/>
- 3) <https://nsportal.ru/ap/library/nauchno-tehnicheskoe-tvorchestvo/2013/02/21/issledovatelskaya-rabota-pribory-i-metody>

## ПРИЛОЖЕНИЯ

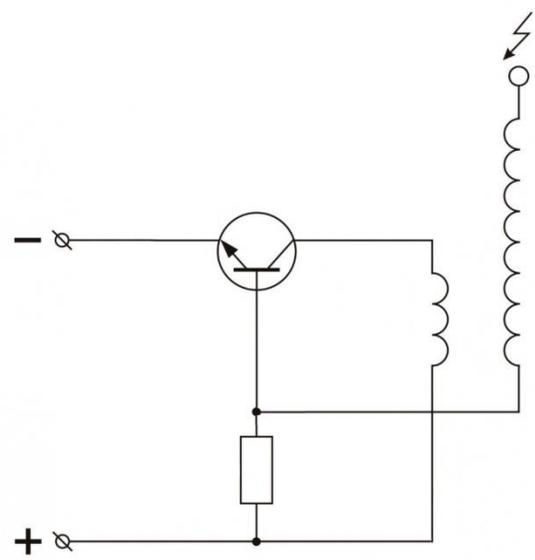
Приложение 1



Приложение 2



Приложение 3



# ИЗУЧЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ ТЕЛА БРОШЕННОГО ПОД УГЛОМ К ГОРИЗОНТУ

*Таликова Анна*

*БОУ г. Омска Средняя общеобразовательная школа № 24, 10 класс*

*Руководитель: Новак Елена Николаевна, учитель физики*

Полученные результаты могут быть использованы на уроках физики, физической культуры и ОБЖ в средней школе.

Тема, движение тела, брошенного под углом к горизонту очень актуальна в настоящее время во многих областях: в военной технике, чтобы рассчитать траекторию движения снарядов; в спорте: на тренировках и на соревнованиях по прыжкам в длину, высоту, в метании снарядов; в спортивных играх: волейбол, баскетбол и т.д.

Цель работы: доказать закономерности баллистического движения от угла, массы и воздушных потоков, и их влияние на траекторию движения тела.

Задачи:

1. Изучить имеющиеся литературные и интернет-источники по данному вопросу.
2. знакомство с историей и видами баллистики.
3. экспериментальное исследование закономерностей баллистического движения.

Целевая аудитория проекта: Учащиеся общеобразовательных учреждений, изучающие кинематику.

Результаты и их обсуждение.

*Зависимость дальности полета от угла бросания тела*

*Таблица 1. Длина полета тела под разным углом*

№ Опыта	30°	45°	60°
Длина полета (см)			
1	75	73	62,5
2	75,5	78	63
3	77	79	66
4	77	80	64
5	79,5	82,5	66,5
Среднее значение	76,8	78,5	64,4

*Зависимость дальности полета от массы тела*

*Таблица 2. Длина полета с разной массой тел*

№ Опыта	Белый шар	Розовый шар
Длина полета (см)		
1	80	165
2	81,5	164
3	80	167

4	79	162
5	80,5	159
Среднее значение	80,2	163,4

### Зависимость дальности полета от воздушных потоков

Таблица 3. Длина полета тела под действием воздушных потоков

№ Опыта	Белый шар	Розовый шар
Длина полета (см)		
Воздушные потоки направлены на встречу	80	151
Воздушные потоки сонаправлены	80	182

#### Заключение:

В ходе данной работы был рассмотрен теоретический материал по теме движение тела, брошенного под углом к горизонту, а именно движение тела под действием силы тяжести в отсутствии сопротивления воздуха.

В ходе проведения экспериментов мы подтвердили выдвинутые мной гипотезы:

- дальность полёта тела при одной и той же массе и начальной скорости зависит от угла, под которым тело брошено к горизонту.
- дальность полета тела при одинаковом угле и начальной скорости зависит от направления воздушных потоков.

И не подтвердили:

- дальность полёта тела при одинаковой начальной скорости и одинаковом угле под которым тело брошено к горизонту, не зависит от массы

тела.  $S = \frac{v_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{g}$ .

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРА

1. В. Дроздов. Парабола как баллистическая кривая, Журнал «Физика». 2008, № 12
2. Касьянов В. А. Физика 10 кл. Углубленный уровень: учебник. Дрофа - 2016
3. Баллистика (наука) <http://knowledge.su/b/ballistika-nauka>
4. Википедия. Баллистика  
<https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B0%D0%BB%D0%BB%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0>
5. Энциклопедия Кругосвет  
[http://www.krugosvet.ru/enc/nauka\\_i\\_tehnika/voennaya\\_tehnika/BALLISTIKA.html?page=0,0](http://www.krugosvet.ru/enc/nauka_i_tehnika/voennaya_tehnika/BALLISTIKA.html?page=0,0)

# ПОЛУЧЕНИЕ ТОНКОЙ ПЛЁНКИ ОКСИДА ИТТРИЯ МЕТОДОМ МАГНЕТРОННОГО НАПЫЛЕНИЯ

*Соболев Егор, Толстов Илья*

*Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение лицей при ТПУ,*

*11 класс*

*г. Томск*

Руководитель: Сиделёв Дмитрий Владимирович, канд. техн. наук

В настоящее время получение пленок оксида иттрия методом магнетронного распыления имеет высокую актуальность благодаря широкой области применения данного вида плёнок в различных отраслях, таких как: электроника, оптика, солнечная энергетика, биомедицина и т.д. Тонкие плёнки можно получить с помощью магнетронного распыления. Одним из наиболее важных преимуществ этого метода является возможность получения пленок с высокой степенью чистоты и однородности по толщине, что обеспечивает повышенную стабильность и долговечность их работы в различных условиях эксплуатации. Кроме того, магнетронное распыление позволяет получать пленки с заданными толщинами и свойствами, что делает этот метод очень удобным и гибким для решения различных технических задач. Таким образом, получение пленок оксида иттрия методом магнетронного распыления имеет большую актуальность в настоящее время и является одним из самых эффективных способов получения высококачественных пленок для различных технических приложений [1]. Однако получение плёнок оксида иттрия имеет ряд серьёзных ограничений, а именно: низкие скорость осаждения и повторяемость (стабильность параметров процессов распыления). Требуется найти параметры для стабильного и скоростного осаждения плёнок оксида иттрия. Это может быть сделано, если процесс осаждения покрытия организовать следующим образом. Во-первых, процесс формирования оксида иттрия нужно проводить только на поверхности материала подложки. Во-вторых, необходимо выполнять распыление иттриевой мишени, не допуская её окисления. На первом этапе работы необходимо найти условия для выполнения второго процесса.

Цель: определить условия распыления иттриевой мишени в среде аргона и кислорода, исключая окисление иттриевой мишени.

Задачи:

1. Подготовка вакуумной установки для магнетронного распыления;
2. Выполнение серии экспериментов по распылению иттриевой мишени в среде аргона и кислорода, применяя различные экспериментальные схемы.
3. Построение кривых гистерезиса и их анализ.
4. Определение экспериментальной схемы распыления иттриевой мишени в среде аргона и кислорода, исключая окисление иттриевой мишени.

В зависимости от состава и свойств пленки, магнетронное распыление может быть реактивным или нереактивным. Реактивное осаждение используется для получения пленок с добавлением реактивных газов в камеру осаждения,

которые реагируют с распыленными атомами или ионами и образуют соединения на подложке. Нереактивное осаждение происходит без участия реактивных газов, и результатом является осаждение элементарных материалов на подложку. Для анализа реактивных процессов фиксируются кривые гистерезиса, они показывают зависимость между параметрами процесса распыления и величиной потока реактивного газа в камеру в процессе магнетронного распыления. Эта кривая может быть использована для определения оптимальных условий осаждения тонкой пленки [2] (см. приложение 1)

Теперь давайте рассмотрим случай получения конкретно покрытия из оксида иттрия. Для его получения методом магнетронного распыления необходимо выполнить несколько шагов. Сначала поверхность, на которую будет нанесено покрытие, должна быть очищена и подготовлена для обеспечения хорошего сцепления. Затем необходимо подготовить целевой материал - иттрий, который будет использоваться для получения оксида иттрия. Целевой материал загружается в распылительную камеру и устанавливается на держатель целевого материала. Далее распылительная камера должна быть откачана до низкого давления для создания условий, необходимых для распыления материала. После этого плазма создается с помощью подачи электрического потенциала на поверхность распыляемой мишени. Электроны, которые находятся перед иттриевой мишенью, ускоряются в направлении от неё и сталкиваются с атомами среды (газа, который мы напустили в рабочую камеру). Происходит столкновительная ионизация, когда ускоренные электроны выталкивают электроны с внешней оболочки атомов, с которыми они сталкиваются. Таким образом формируются ионы, имеющие положительный заряд. Положительные ионы ускоряются в обратном направлении, к иттриевой мишени, на которую мы подали отрицательный потенциал. При столкновении ионов с мишенью происходит распыление материала мишени на отдельные атомы. Атомы иттрия покидают мишень и далее попадают на поверхность (катод), на которой нужно получить покрытие. Атомы целевого материала (иттрия) взаимодействуют с газами, находящимися в распылительной камере, и образуют оксиды иттрия на поверхности, если в камеру мы подадим кислород.

Однако работа с иттрием в качестве распыляемого металла сопряжена с некоторыми трудностями. Так как основной задачей является получение на подложке плёнки оксида иттрия, то в качестве реагента в камеру также вводится какое-то количество кислорода, вступающего в реакцию не только с распылёнными атомами иттрия, но и с иттриевой мишенью. Вследствие взаимодействия кислорода и иттрия образуется оксид иттрия, являющийся отличным диэлектриком при низких температурах (до 1000 К). Наличие соединений оксида иттрия на мишени, предназначенной для распыления, сильно нарушает процесс распыления.

Поэтому было предложено и экспериментально исследовано несколько способов для предотвращения окисления иттриевой мишени при её распылении в среде аргона и кислорода.

Для откачки определённого количества кислорода используется вакуумный насос, мощностей которого, согласно изначальной гипотезе, должно было хватить для того, чтобы вывести из области взаимодействия то количество кислорода, которое необходимо для вступления мишени иттрия в процесс окисления. В ходе проведения практического эксперимента выяснилось, что увеличение скорости откачки за счёт добавления второго насоса в процессе распыления не позволило решить проблему окисления мишени.

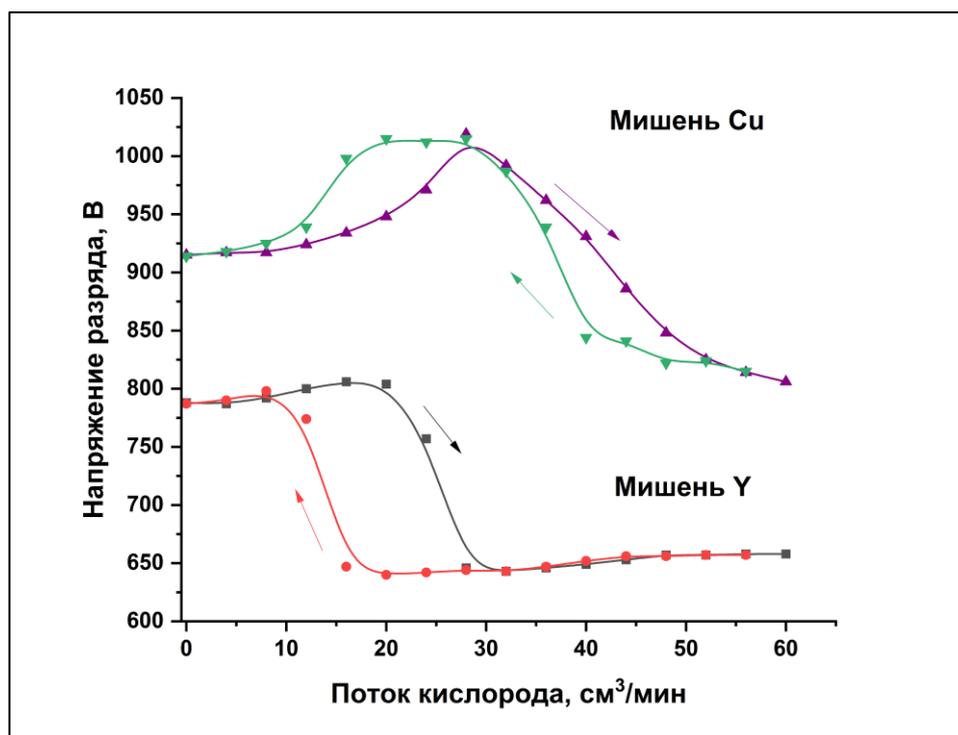
Реакция окисления иттрия не является самой активной реакцией окисления металлов (есть более активные металлы, например, алюминий), вследствие чего можно рассматривать решение данной проблемы химическо-физическими методами, например, осуществлением дополнительных химических реакций для препятствия процессу окисления иттриевой мишени. Было предложено данное решение проблемы: на линии между магнетроном с установленной иттриевой мишенью и насосом закрепляется второй магнетрон с медной мишенью и заслонкой, предотвращающий возможное попадание в область напыления подложки потока распылённых атомов меди. В процессе бомбардирования ионами мишеней меди и иттрия, установленных на разных магнетронах, кислород будет поглощаться плёнкой, растущей на стенках камеры. Таким образом, давление кислорода в области магнетрона будет снижено, однако его должно хватать для формирования оксида иттрия на поверхности подложки. Последний эксперимента показал, что данный подход даёт необходимые результаты: иттриевая мишень не окисляется. Теперь остаётся проверить какое покрытие мы получили на поверхности подложки. (см. приложение 2)

В заключение можно сказать, что получение пленок оксида иттрия методом магнетронного распыления является достаточно непростым способом создания тонких пленок с высокой степенью чистоты и хорошими физическими свойствами. Требуется использовать различные приёмы для эффективного осаждения плёнок оксида иттрия. В работе рассмотрено несколько практических способов по организации процесса осаждения плёнок оксида иттрия. Использование второго магнетрона с медной мишенью позволило обеспечить распыление иттриевой мишени в среде аргона и кислорода без окисления иттриевой мишени.

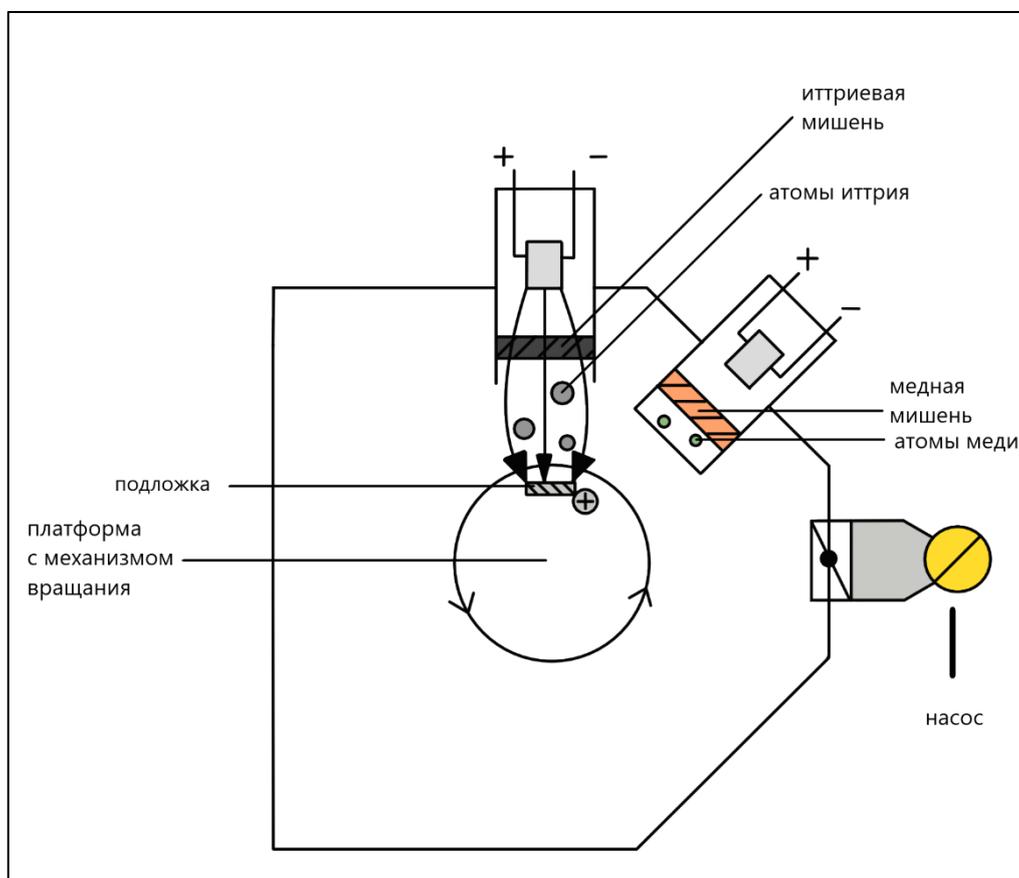
#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Берлин, Е.В., Сейдман, Л.А. (2014). ООО «Лаборатория Вакуумных технологий». ИФЯЭ НИЯУ «МИФИ». / Получение тонких плёнок реактивным магнетронным распылением.
2. Воронина, Е.Д., Сиделёв, Д.В. (2022) / Осаждение плёнок оксида меди при магнетронном распылении в металлическом режиме.

## ПРИЛОЖЕНИЯ



Приложение 1: кривая гистерезиса, полученная экспериментальным путём для иттрия и меди



Приложение 2: схематичное представление процесса получения на подложке плёнки оксида иттрия



Приложение 3: фотография камеры для проведения реактивного магнетронного распыления

## **ВОЗДУШНО-ПЛАЗМЕННАЯ УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ ПОДГОТОВКИ ВОДЫ ИЗ ПОДЗЕМНЫХ ИСТОЧНИКОВ**

***Трофимова А.А.***

*Лицей при Томском политехническом университете, Россия  
г. Томск, ул. Аркадия Иванова, 4, 634028*

Руководитель: Каренгин А.Г., к. ф.-м. н., доцент ОЯТЦ ИЯТШ

На Томском подземном водозаборе при подготовке воды для использования в пищевой сфере из подземных источников регулярно образуется огромное количество (до 3000 т) отходов подготовки воды (ОВП) в виде осадков из гидроксидов металлов, включающих железо (30,3 %), марганец (4,5 %), кремний (4,0 %), кальций (1,0 %), магний (0,26 %), алюминий (0,1 %), медь (0,05 %), вода – остальное [1,2].

Такие же отходы появляются на станциях по «смягчению» воды в городах Стрежевой, Кедровый и др., где вода берется напрямую из подземных источников.

Эти отходы с большим содержанием железа и марганца могут стать серьезной сырьевой базой для применения в металлургии (концентраты для производства

сталей и сплавов, противопожарные краски), а также для изготовления конкурентноспособной продукции и товаров народного потребления (красящие пигменты, тротуарная и облицовочная плитка).

Применяемые традиционные термические технологии переработки ОВП протекают во много стадий, не являются энергоэффективными и экологически безопасными [3].

Перспективным является применение для утилизации ОВП воздушной плазмы, генерируемой высокочастотным факельным плазмотроном (ВЧФ-плазмотроном) в составе установки «Плазменный модуль на базе высокочастотного генератора ВЧГ8-60/13» (рабочая частота – 13,56 МГц, колебательная мощность до 60 кВт), представленной на рис.1

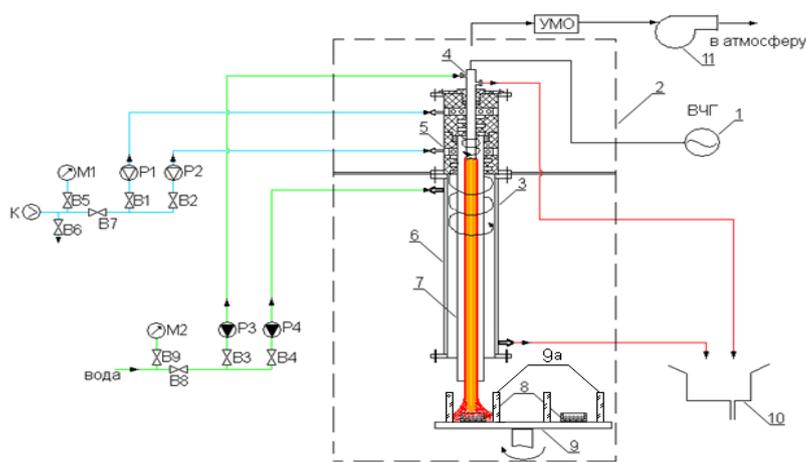


Рис.1

Цель работы – установление закономерностей влияния мощности воздушной плазменной струи, генерируемой ВЧФ-плазмотроном, на кинетику процесса плазменной утилизации ОВП.

В ходе исследований определены параметры воздушной плазменной струи, генерируемой ВЧФ-плазмотроном в составе установки. Так увеличение анодного тока высокочастотного генератора (ВЧГ) с 2,0 до 3,5 А приводит, при постоянном расходе плазмообразующего газа (3,0 г/с), к повышению мощности воздушной плазменной струи с 16,7 до 24,4 кВт, а ее среднemasсовой температуры с 3400 до 4200 К.

Установлено, что время плазменной прокалки образцов ОВП с начальной массой 30 г при мощности воздушной плазменной струи 18,9 кВт ( $I_A=2,5$  А), 22,9 кВт (3,0 А) и 24,4 кВт (3,5 А) составляет 14, 8 и 5 минут соответственно.

Полученные в работе результаты могут послужить основой для создания технологии утилизации отходов водоподготовки в условиях воздушной плазмы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лисецкий В.Н., Брюханцев В.Н. Андрейченко А.А. Улавливание и утилизация осадков водоподготовки на водозаборах г. Томска. – Томск: Изд-во НТЛ, 2003. – 164 с.

2. Патент 2471836 РФ. МПК С09С1/24. Способ получения железоксидных пигментов / Л.В. Герб, О.Д. Лукашевич, Н.Т. Усова. Заявлено 23.06.2011; Оpubл. 10.01.2013, Бюл. № 1.– 6 с.

3. Беленький Е. Ф., Рискин И. В. Химия и технология пигментов. – Л.: Ленгосхимиздат, 1949. – 624 с

## **ТРАНСФОРМАТОР ТЕСЛА**

***Федоров Максимилиан***

*Муниципальное Автономное Образовательное Учреждение Средняя*

*Образовательная Школа №47, 10 класс*

*г. Томск*

Руководитель: Хайруллин Александр, ПДО АНО ДО «Детский технопарк Кванториум»

Электричество изучают с начала 19 века, с тех пор это важный элемент человечества. Главным идеологом передачи электроэнергии беспроводным путем был Никола Тесла, его работу повторил и сделал безопаснее Качер В. Бровин. Передача электроэнергии без использования проводов уже внедряется в мире. Однако она имеет высокую стоимость так как зачастую применяется технология закладывания передатчиков под асфальтированное дорожное полотно. В 2020 году Новозеландская компания успешно провела систему передачи электроэнергии беспроводным путем.

**Актуальность**

Беспроводная передача энергии на ряду с проводной также может стать важной и востребованной технологией для возобновляемых источников энергии, которые, зачастую вырабатывают энергию далеко от потребителя. А специфика проводной передачи электроэнергии не позволяет передавать такой тип энергии без существенных потерь.

Проблема передачи электроэнергии беспроводным способом может быть опасна для живых существ.

Цель: передать электричество беспроводным способом с помощью Трансформатора Тесла.

**Задачи:**

1. Ознакомиться с имеющейся информации о принципе работы.
2. Создать макеты трансформатора тесла (передатчика и приемника).
3. Провести эксперимент, сделать вывод о передачи электричества.

Гипотеза: возможность передачи электричества беспроводным способом без вреда для живых существ возможна при высоком напряжении и низкой силе тока согласно работам Николы Теслы и Качер В. Бровина.

Методы исследования:

1. Теоретический – анализ и сбор данных.
2. Практический – эксперименты, опрос.

Аналоги

1. Точной схемы и конструкции Трансформатора Тесла не существует до сих пор. Да и сам трансформатор выглядит как-то необычно: трансформатор не имеет железного сердечника, его первичная обмотка из очень толстого провода находится снаружи, а вторичная внутри, в первичную цепь включается высокочастотный разрядник, который надо настраивать в резонанс с контуром, образованным первичной обмоткой и конденсатором. [1]

2. Качер Бровина – это разновидность генератора, собранного на одном транзисторе и работающего, со слов изобретателя, в нештатном режиме. Прибор демонстрирует таинственные свойства, которые восходят к исследованиям Николы Теслы. Они не вписываются ни в одну из современных теорий электромагнетизма. По всей видимости, качер представляет собой своеобразный полупроводниковый разрядник, в котором разряд электрического тока проходит в кристаллической основе транзистора, минуя стадию образования электрической дуги (плазмы). Самое интересное в работе устройства - это то, что после пробоя кристалл транзистора полностью восстанавливается. [2]

3. Новозеландский стартап разработал систему беспроводной передачи электроэнергии на дальние расстояния.

В системе используется передающая антенна, ряд реле и приемная ректенна (выпрямляющая антенна, способная преобразовывать микроволновую энергию в электричество). Каждый из этих компонентов выглядит на этих изображениях просто как большие старые квадраты на шестах. Его лучи используют неионизирующий промышленный, научный и медицинский диапазон радиоспектра, включая частоты, обычно используемые в Wi-Fi и Bluetooth. [3]

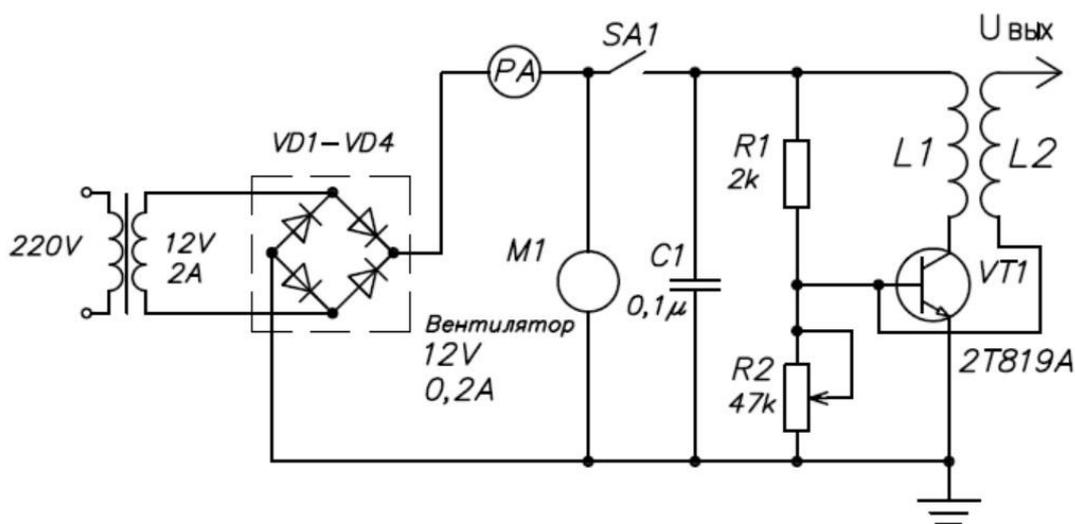
В отличие от мечты Теслы о доступной во всем мире бесплатной энергии, энергия здесь передается непосредственно между определенными точками, без излучения вокруг луча, а «лазерная защитная завеса малой мощности» немедленно отключает передачу энергии перед любым объектом, таким как птица, дрон, вор власти или вертолет, может коснуться основного луча. На этот раз не возникнет трудностей с определением места установки счетчика.

Практическая часть.

Для изготовления трансформатора Теслы использовались следующие материалы и инструменты.

- Бокорезы
- Паяльник
- Мультиметр
- Осциллограф
- 3D-принтер
- Филамент для принтера
- Медная лакированная проволока 0,18 миллиметр
- Медный провод 3 миллиметра
- Медный провод 1,5 миллиметра
- Транзистор КТ819А
- Резисторы: 2кОм, 10кОм, 100кОм(переменный)
- Конденсаторы: 1мкФ 400в, 1 мкФ 2000в
- Диод HER508
- Блок питания 24 вольта 2 Ампера
- Канализационная труба диаметр 50 миллиметров
- Соединительный провод
- Радиатор для транзистора
- Алюминиевая фольга

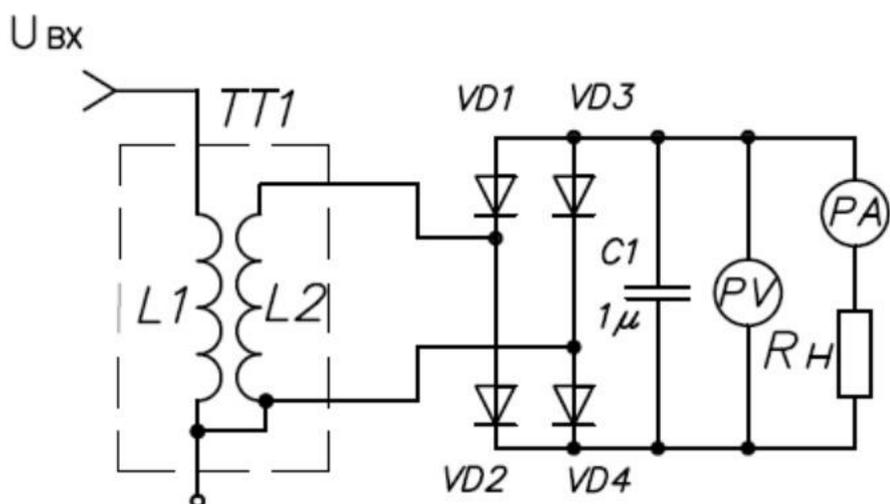
Установка была собрана по схеме Качер Бровина.



*L1—2,5 витка, провод  $\varnothing$ 3мм (у самого основания L2)*

*L2—1000 витков, провод  $\varnothing$ 0,21мм (намотка виток к витку), каркас  $\varnothing$ 50мм*

Рисунок 1. Схема трансформатора Теслы (передатчика).



*L1—1000 витков, провод  $\varnothing 0,21$  мм, каркас  $\varnothing 50$  мм  
L2—80 витков, провод  $\varnothing 1,5$  мм, каркас  $\varnothing 75$  мм.*

Рисунок 2. Схема приемника.

Собранную установку подключили к источнику питания и проводили изменения напряжения что позволило создать небольшие разряды электрического тока при поднесении токопроводящих элементов, небольшие галогеновые лампочки и светодиоды начали светиться, а в лампочках большего размера начали образовываться электрические разряды.

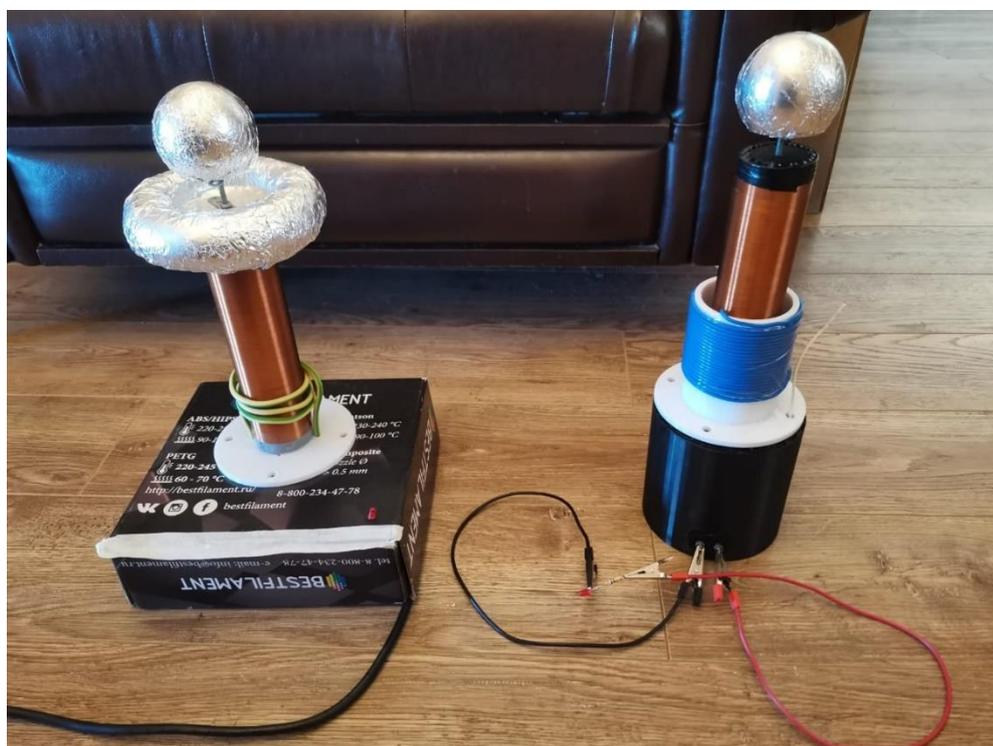


Рисунок 3. Трансформатор Теслы версии Качера Бровина.

В процессе испытания производился контроль синусоиды и частоты образующегося электрического поля, посредством вывода графического сигнала

на осциллографе. Также производился замер напряжения на выходе приемника, напряжение варьируется от 2 до 120 вольт, в зависимости от расстояния между приёмником и передатчиком, и по подключенной нагрузке к нему. Максимальную мощность, которую удалось получить на расстояние больше 70 сантиметров – 0,05 Ватт.

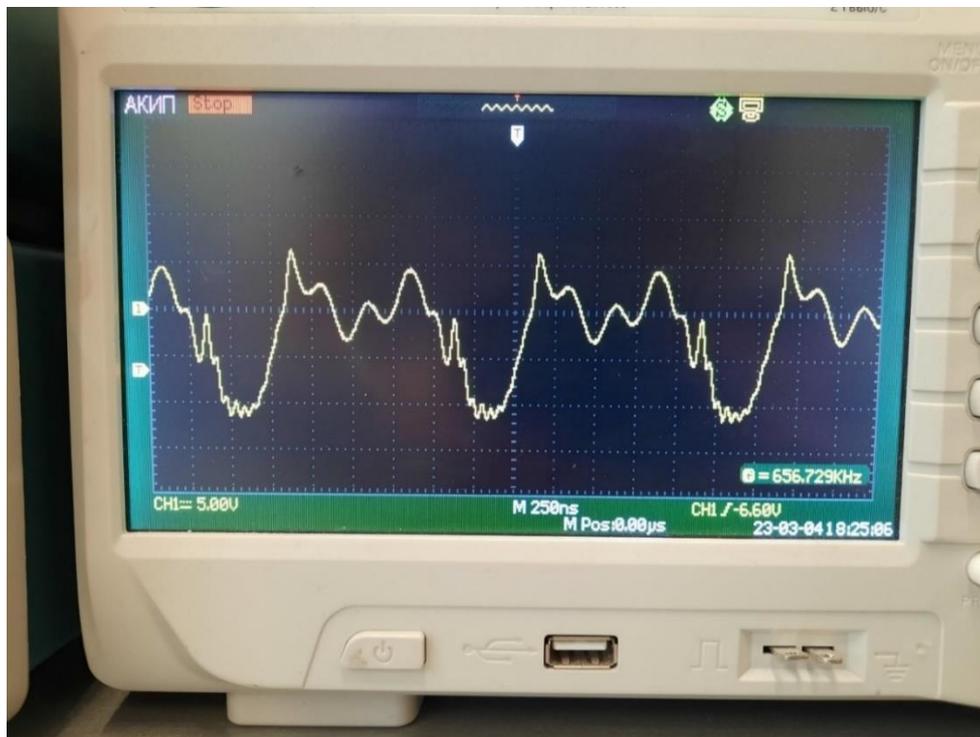


Рисунок 4. Синусоида выходного сигнала.

На рисунке 4 мы видим наиболее эффективное работы установки на входе 24 вольта, на выходе было получено примерно 15000 вольт и частота 656,7 кГц. Выводы.

В процессе работы было проведено испытание схемы Качера Бровина. Она показала свою работоспособность однако она имеет ряд существенных недостатков которые ограничивают ее эффективность, а также если изменить масштаб установки она будет весьма опасна для живых существ оказавшихся между источником и приемником, контролировать данную систему в данном исполнении не представляется возможным.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. В.А.Ацюковский. / Трансформатор Тесла: Энергия из эфира (2004) 8-12
2. Качер Бровина – как альтернативный способ беспроводной передачи энергии / <https://rosuchebnik.ru/material/kacher-brovina-kak-alternativnyuy-sposob-besprovodnoy-peredachi-energii--7739/>
3. NZ to trial world-first commercial long-range, wireless power transmission / <https://newatlas.com/energy/long-range-wireless-power-transmission-new-zealand-emrod/>

4. Н. И. Кошкин, М. Г. Ширкевич. / Справочник по элементарной физике (1963) 156-180
5. Исследование беспроводного способа передачи электроэнергии с использованием Качера. / <http://technoattic.by/sstc1-kacher/>

## ЭЛЕКТРОЛИЗЕР

*Холодняк Иван*

*Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение Копьёвская средняя общеобразовательная школа с углубленным изучением отдельных предметов, 9 класс, п. Копьёво*

Руководитель: учитель физики Семенова Оксана Сергеевна

Актуальность: Подойдя к учителям, физики и химии мы узнали, что в школе можно проводить некоторые эксперименты, но для этих экспериментов не хватает некоего оборудования или реагентов (веществ).

Гипотеза – попытаемся в условиях школьной лаборатории модернизировать и доработать уже имеющийся электролизер.

Проблема: После эксплуатации электролизера нашлись недостатки, которые можно скорректировать

- 1) Нехватка мощности блоков питания.
- 2) Из-за большого корпуса процесс набора давления очень долгий.
- 3) Вследствие того что лезвия подвержены коррозии, их нужно своевременно менять на новые. Данный процесс требует много времени поэтому мне нужен метод сокращающий это время.
- 4) Трубка от капельницы часто переламывается из-за этого пламя горелки не стабильно.
- 5) Пламя горелки не стабильно и горит с перебоями, часто затухает.

Цель: доработка и модернизация электролизера для того чтобы увеличить безопасность его использования, расширить спектр его возможностей.

Задачи, которые мы поставили для достижения цели это:

- 1) Уменьшить размер корпуса реактора
- 2) Сделать водный клапан
- 3) Научиться запасать водород в баллоны
- 4) Сделать водородную горелку как отдельный прибор
- 5) Придумать, как сделать трубку сменой
- 7) Убрать некоторые проблемы электролизера.

Методы исследования: изучение литературы физические эксперименты, обработка результатов, наблюдение.

Аналоги Российских и зарубежных приборов: росатом разработал две линии электролизеров, которые вырабатывают 50 Нм<sup>3</sup> водорода чистотой 99.9%

В Европе не так давно был запущен самый большой электролизер, он может производить до 1300 тонн зеленого водорода в год. Чистота водовода не упоминается.

Теоретическая часть проекта

История электролиза: Явление электролиза было открыто в начале 19 века. Первое систематическое исследование электрических токов в электролитах было сделано Фарадеем в 1833-1834 гг. В этот период Фарадей провел пятую серию своих знаменитых опытных работ по электричеству, посвященных законам электролиза. Он устанавливает «весьма важный принцип, что количество воды, растворенной под действием электрического тока, точно пропорционально количеству прошедшего через нее электричества». Кроме этого, «продукты разложения могут быть собраны очень точно, что является отличным и ценным средством измерения электричества, связанного с излучением». Фарадей ввел первую электрическую единицу, «степень электричества». Имеет соответствующее стандартное оборудование. 10 декабря Фарадей записал первый закон электролиза: «Химическая сила прямо пропорциональна абсолютному количеству прошедшего электричества». Иначе масса материала, образовавшегося на электроде, прямо пропорциональна количеству электричества, прошедшего через расплав. Фарадей установил, что электрохимические эквиваленты постоянны для каждого вещества и пропорциональны химическим эквивалентам. Отсюда он приходит к основному обобщению. Обычное химическое родство есть просто результат электрического притяжения частиц веществ разной природы. Возможности электролизеров: Электролизеры можно использовать для получения водорода, соляной кислоты и т.д.

Основная концепция: Электролиз - это окислительно-восстановительный процесс, происходящий на электродах при пропускании электрического тока через расплав или раствор. Электролит – это раствор, проводящий электричество. Чтобы получить желаемый продукт (газ, металл или неметалл), нам нужно правильно подобрать электрод и электролит. Электродами могут быть любые материалы, проводящие электричество. В основном применяют металлы и сплавы, из неметаллов, например, электродами служат графитовые стержни (или углерод). Положительно заряженный электрод является анодом. Отрицательно заряженный электрод является катодом. На поверхности электрода, подключенного к отрицательному полюсу источника постоянного тока (катоду), ионы, молекулы или атомы присоединяют электроны.

Практическое описание модели

Теперь перейдем к планам доработки нашего электролизера.

Материалы для модернизации: большое количество наборов для капельницы, пустой газовый баллон, деревянные шпажка и зубочистки, изоляционная лента, блок питания. Трубка от капельницы часто переламывается из-за этого пламя горелки не стабильно: поиски более подходящей трубки. Нехватка мощности блоков (их было три) питания: заменить на 1 более мощный

или добавить еще один такой же мощности. Из-за большого корпуса процесс набора давления очень долгий: с помощью полотна пилы для металла отпилим излишки, длинны болта которые мешают пройти блокам в банки меньшего размера. Придумать способ более просто пересобрать блоки: для более удобной сборки блоков заменим толстые шпайки на более тонкие зубочистки тем самым облегчим задачу сборки блоков, а также увеличим скорость реакции. Научиться запасать водород в болон: примкнув газа отводную трубку к клапану болон и открыв его водород должен поступать в болон.

Трубка от капельницы часто переламывается из-за этого пламя горелки не стабильно: поиски более подходящей трубки не увенчались успехом поэтому используем резиновую насадку с капельницы в качестве переходника для трубки. (см. прил. № 4)

Нехватка мощности блоков 3 питания: после добавления 4 блока схожей мощности производительность увеличилась незначительно. После замены 3 блоков питания малой мощности на один от компьютера мощность выросла в разы. (см. прил. № 1)

Из-за большого корпуса процесс набора давления очень долгий: за счёт укорачивания болтов корпус удалось уменьшить продуктивность работы увеличилась. (см. прил. № 3)

Придумать способ более просто пересобрать блоки: внесенные изменения не сильно упрощают сборку блоков. (см. прил. № 2)

Научиться запасать водород в болон: Конструкция клапана на газовом болоне не удобна для этой цели, приходится вручную удерживать клапан и газовую трубку но, не смотря на эти трудности у нас получилось запастись водород в болон.

Водородная горелка как отдельный прибор: так как модернизация дола возможность снимать трубку водородная горелка стала отдельным элементом.

Сделать водный клапан: сделал клапан, благодаря которому электролизер стал более безопасным в эксплуатации. (см. прил. №5)

Исследовательское описание модели

Нерешённые проблемы:

- 1) Так и не разработан способ более удобного сбора блоков.

Решённые проблемы:

- 1) Корпус слал меньше.
- 2) Переломленные трубки можно заменить.
- 3) Решена проблема электроснабжения.
- 4) Пламя горелки стало более стабильным.
- 5) Мы смогли запастись водород в газовый болон.
- 6) Создан водный клапан.

Внеплановый плюс: при взрывах водорода звук получается чистым не лающим что означает водород получился хорошего качества.

Вывод

После проделанной нами модернизации значительно выросла эффективность электролизера, водород получается хорошего качества, водородная горелка стала более стабильной.

В нынешних реалиях водород является очень перспективным топливом из-за того что он более экологичный и конкурентоспособен пропану.

Потенциальным потребителем является школа, так как электролизер создавался в качестве школьного оборудования.

#### Заключение

В теоретической части работы мы создали план модернизации электролизера расписали, что и как будет улучшено и доработано.

В практической части работы согласно ранее построенному плану, мы проводили эксперименты, усовершенствовали электролизер.

Хоть некоторые задачи и небыли достигнуты электролизёр стал работать лучше. Добыча пропана более опасна для человека и окружающей среды, чем добыча водорода. Расходы при добыче пропана и водорода примерно равны, но пропан через несколько сотен лет может закончиться, а водород нет.

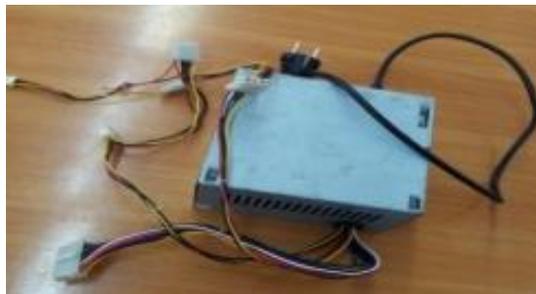
#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник. “Водород. Свойства, получение, хранение, транспортирование, применение”. Москва “Химия” - 1989 г.
2. Ю.М. Буров “Сверхадиабатические обжиговые печи” стр.6-7. “Машиностроитель”1995г. №12.
3. Канарёв Ф.М. Начала физхимии микромира. Третье издание. Краснодар 2003.
4. Канарёв Ф.М. Низкоамперный электролиз воды.
5. Канарёв Ф.М. Водозлектрические генераторы тепла.

#### Ссылки

1. <http://cotlix.com/kak-poluchit-gaz-brauna>
2. <https://tokzamer.ru/novosti/princip-dejstviya-elektrolizera>
3. [https://ekolog.org/books/37/2\\_4.htm](https://ekolog.org/books/37/2_4.htm)
4. <https://www.eduspb.com/node/1854>
5. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Законы\\_электролиза\\_Фарадея](https://ru.wikipedia.org/wiki/Законы_электролиза_Фарадея)

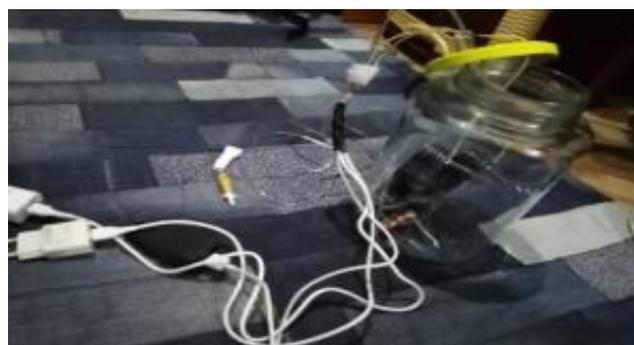
#### Приложение 1



## Приложение 2



## Приложение 3



## Приложение 4



# ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОСВЕЩЕНИЕМ И ШТОРАМИ В ШКОЛЬНОЙ АУДИТОРИИ

Чумак Виолетта

*Муниципальное бюджетное образовательное учреждение «Лицей №2»*

Каждый год школьники в Российской Федерации сталкиваются с проблемами зрения, которые также обусловлены нарушением функционального состояния зрительного анализатора (светощущения). Бывают случаи, когда ребёнок не может сфокусировать свой взгляд на задании, расплываются буквы и цифры, независимо от того, имеются ли проблемы со зрением. Вследствие чего снижается темп и уровень усваивания полученной информации учеником, появление дискомфорта.

По данным Департамента Министерства здравоохранения, за 10 лет обучения у школьников зрение ухудшается в среднем вдвое. Причиной этому чаще всего служат неравномерное освещение школьной аудитории, имеющее не постоянную степень освещения, не соответствующее нормам СНиП. А также актуальны проблемы с энергосбережением, сложный процесс переработки светильников в аудиториях и безопасностью учащихся в помещении.

Несмотря на это, каждый обучающийся хочет иметь хорошую успеваемость в школе и сохранить своё зрение.

Чтобы преодолеть возникающие неудобства, обеспечить комфорт и сохранить здоровье обучающихся, у меня появилась идея, создать масштабированную модель школьной аудитории, с интеллектуальной системой управления освещением и шторами, которая наглядно покажет, как обеспечить аудиторию равномерным световым потоком и уберечь здоровье каждого из учеников.

Цель работы: разработка и создание масштабированной модели школьной аудитории, с интеллектуальной системой управления освещением и шторами для борьбы с дискомфортом при обучении у школьников.

Задачи:

1. Поиск источников информации.
2. Изучение различных способов, корректирующих школьное освещение.
3. Анализ источников информации.
4. Расчёт оптимальной силы освещенности 1 рабочего места, учитывая его расположение относительно окна, влияние времени суток.
5. Разработка таблицы освещенности класса.
6. Обеспечить равномерный световой поток по аудитории.
7. Создание масштабированной модели школьной аудитории, с интеллектуальной системой управления освещением и шторами.

Методы:

1. Изучение и анализ
2. Измерение

3. Сравнение
4. Моделирование
5. Выводы

Прибор для измерения освещенности парт в классе:

Люксметр-переносной прибор для измерения освещённости. (приложение 1)

С его помощью я сняла показания освещенности в кабинете физики при дневном и утреннем освещении, занесла полученные результаты в таблицу. (приложение 2)

Нормативный документ СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНИП 23-05-95» сообщает, о требованиях: не менее 400 лк на партах. Сравнив взятые мной показания с документом СНИП, я пришла к выводу, что освещение в кабинете не соответствует стандартам САНПИН. (приложение 3)

Для создания люксметра потребовались: микроконтроллер Arduino UNO(приложение 4); датчик уровня освещенности ВН-1750(диапазон измерений: от 1 до 65535 люкс); LCD дисплей, бывают разного размера, самый популярный – 1602 (16 столбцов 2 строки); тумблер отключения питания; элемент питания «Крона» 9 вольт; зеленый светодиод (индикатор включенного питания); соединительные провода

Создание модели класса:

Для создания макета использовались материалы, входящие в состав люксметра: микроконтроллер Arduino UNO; датчик уровня освещенности ВН-1750(приложение 5); LCD дисплей, бывают разного размера, самый популярный – 1602 (16 столбцов 2 строки); тумблер отключения питания; элемент питания «Крона» 9 вольт; зеленый светодиод (индикатор включенного питания); соединительные провода.

- Картонная коробка – для создания макета аудитории в ней были вырезаны отверстия с одной стороны для имитации окон. (приложение 6)

- Сердцем проекта является - Микроконтроллер Arduino UNO.

Микроконтроллер расположен сверху в распределительной коробке, внутри которой установлен дисплей, отображающий текущую информацию об освещенности.

- Используются также датчик освещенности, установленный на партах. В качестве источника света (модель светильников) были использованы LED светодиоды мощностью 5W белого цвета (приложение 7). А так как данные светодиоды достаточно мощные, для управления силой света были использованы сборки с MOSFET транзисторами (приложение 8), которые позволяют коммутировать ШИМ (Широтно-импульсную модуляцию) высокой мощности от контроллера к светодиоду, без опасности вывести его из строя. Были изготовлены самодельные жалюзи с сервоприводом.

Для имитации уличного света (Солнца) используется сборка из 12 светодиодов, которая в свою очередь также подключается к контроллеру. Для передачи команд управления «Солнцем», используется «ИК» приемник «ИК» пульт. (приложение 9)

Для того, чтобы решить проблему, а именно создание комфортных рабочих условий с соответствием с САНПИН, я создала схему, которая наглядно показывает, как должен выглядеть класс в идеале. (приложение 10). В зоне каждого рабочего места имеется свой светильник, с регулируемым уровнем освещённости, и датчик, а также светильник в зоне школьной доски, и жалюзи с сервоприводом. Для автоматизации управлением светом используется запрограммируемый микроконтроллер.

Программирование -FLProg

FLProg — это альтернативная среда разработки, позволяющая программировать и задавать логику микроконтроллеру. FLProg позволяет выполнять визуальное программирование Ардуино и может стать хорошим подспорьем, для освоения языка программирования в школах.

В проекте я остановилась на применении ПИД регулятора в коде.

Пропорционально-интегрально-дифференцирующий (ПИД) регулятор — устройство в управляющем контуре с обратной связью. ПИД-регулятор формирует управляющий сигнал, являющийся суммой трёх слагаемых, первое из которых пропорционально разности входного сигнала и сигнала обратной связи (сигнал рассогласования), второе — интегралу сигнала рассогласования, третье — производной сигнала рассогласования.

Принцип работы программы (приложение 11)

Пропорциональная составляющая

Пропорциональная составляющая вырабатывает выходной сигнал, противодействующий отклонению регулируемой величины от заданного значения, наблюдаемого в данный момент времени.

Он тем больше, чем больше это отклонение. Если входной сигнал равен заданному значению, то выходной равен нулю.

Интегрирующая составляющая

Интегрирующая составляющая пропорциональна интегралу по времени от отклонения регулируемой величины. Её используют для устранения статической ошибки. Она позволяет регулятору со временем учесть статическую ошибку.

Дифференцирующая составляющая

Дифференцирующая составляющая пропорциональна темпу изменения отклонения регулируемой величины и предназначена для противодействия отклонениям от целевого значения, которые прогнозируются в будущем.

Сравнительная характеристика светодиодных и люминесцентных ламп:

В некоторых учреждениях до сих пор используют люминесцентные лампы. Данные лампы обладают свойством- производят низко частотный гул(50герц), вызывающий головные боли. Наличие паров ртути; большие затраты на электроэнергию; короткий срок эксплуатации (10-15тыс.ч); сложный процесс утилизации.

Поэтому действительно светодиодные лампы выигрывают, т. к., КПД выше, потребляемая мощность меньше, срок службы в 2 раза больше (30-50тыс.ч), утилизация проще, почти не греются.

Проблема, которую мне предстояло решить в данной работе-неравномерное освещение школьной аудитории, вызывающее дискомфорт при обучении у учащихся, усиленную потерю зрения, снижение работоспособности учеников вследствие повышенной утомляемости.

Решая поставленную передо мной задачу, оказалось, что попутно решаются еще две проблемы: экономия электроэнергии, снижение уровня опасности при переходе от люминесцентных ламп на LED лампы. Также в проекте предусмотрено использование светильников, которые работают в режиме диммирования (т. е. с изменяемой мощностью излучения), на практике подобные светильники служат в 2 раза больше, чем светодиодные лампы, работающие на полном режиме постоянно. Следовательно, заменять LED лампы придется меньше, а это экономия электроэнергии.

Я считаю, что с поставленными передо мной вопросами я успешно справилась. Цель работы выполнена: создана масштабированная модель школьной аудитории, с интеллектуальной системой управления освещением и шторами, которая обеспечивает аудиторию равномерном световым потоком, учитывая зональность освещения.

Обратимся к полученным характеристикам продукта и проведём его самооценку:

1. Благодаря равномерному потоку света нагрузка на глаза стала меньше;
2. Значительная экономия электроэнергии;
3. Гарантированная безопасность обучающихся в аудитории.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Джереми Блюм – Изучаем Arduino. Инструменты и методы технического волшебства.
2. Саймон Монк – Програмируем Arduino
3. Улли Соммер – Электроника. Програмирование Arduino
4. Юрий Менщиков – Ардуино на пальцах
5. <https://utilit.ru/pererabotka-lyuminestsentnyh-lamp/>-переработка люминесцентных ламп
6. <https://seppeb.ru/node/145>-люминесцентные лампы
7. <https://arduino.ru/> - сайт Ардуино
8. <https://lampaexpert.ru/vidy-i-tipy-lamp/energoberegayushhie/osobennosti-i-sravnenie-lyuminestsentnyh-i-svetodiodnyh-lamp/> характеристика ламп
9. <https://econet.ru/articles/106008-energoeffektivnoe-osveschenie-v-shkole-pochemu-eto-tak-vazhno-dlya-detey> - освещение в школе
10. <https://flprog.ru/>- програмирование
11. <https://docs.cntd.ru/document/5200307>- документы СНИП

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение 1:



### Приложение 2:

Замеры сделанные днем (люкс)				
доска				
	№парты	1 ряд	2 ряд	3 ряд
О К Н О	1	440	460	330
	2	840	570	450
	3	1006	820	490
	4	1168	830	650

Замеры сделанные в темное время суток (люкс)				
доска				
	№парты	1 ряд	2 ряд	3 ряд
О К Н О	1	260	290	198
	2	243	280	174
	3	236	264	172
	4	204	250	177

### Приложение 3:

Параметр	Требование	Нормативный документ
Освещенность	Не менее 400 лк на партах (в школах дополнительно не менее 500 лк на середине доски)	СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95», пр. Л, строки 25, 26. СанПин 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий», таблица 2, строки 33 и 34
Индекс цветопередачи $R_a$ (CRI)	$R_a \geq 80$	
Коэффициент пульсации освещенности $K_p$	$K_p \leq 10\%$	
Объединенный показатель дискомфорта UGR	$UGR \leq 21$	

### Приложение 4:



### Приложение 5:



### Приложение 6:



### Приложение 7:



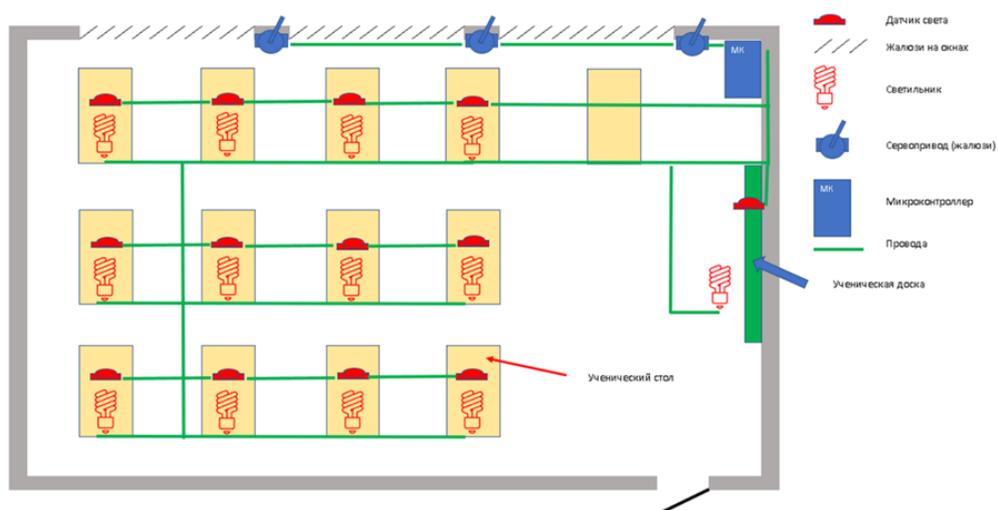
Приложение 8:



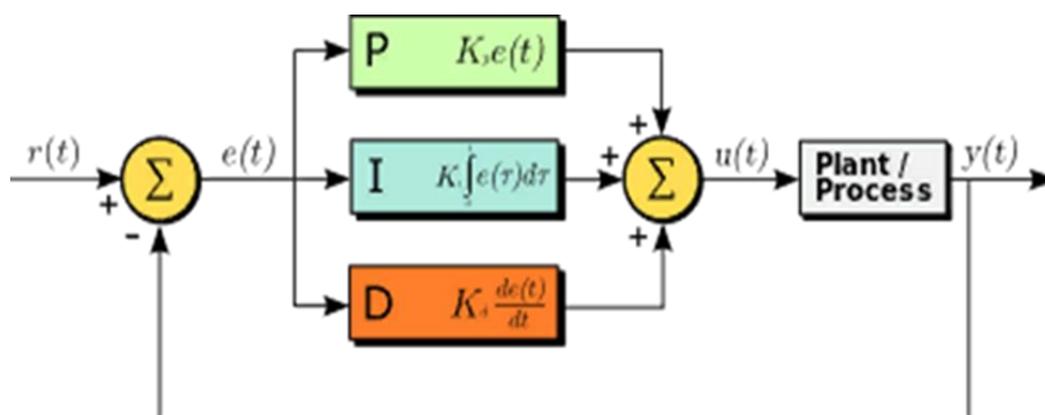
Приложение 9:



Приложение 10:



Приложение 11:



## ПРОЯВЛЕНИЕ ТЕОРИИ ПРОТЕКАНИЯ (ПЕРКОЛЯЦИИ) В ТОСТОПЛЕНОЧНЫХ РЕЗИСТОРАХ

Шамсиддинов Акбаршоҳ Дилишодович, Шарипов Иброхим Музаффарович

ООО «Alfakom study»

11 класс

Республика Узбекистан, г. Ташкент

Руководители: Вохидова Г.С., доцент, кандидат технических наук,  
Абдурахманов Г.А, доктор физ.- мат наук, профессор Национального  
университета Узбекистана

Теория протекания – это математическая теория, описывающая поведение неоднородной системы вблизи критической точки. В этой точке резко меняются свойства системы. Теория протекания имеет место в различных областях науки: физика, химия и др., например, исчезновение ферромагнитных свойств ферромагнетика при температуре Кюри, просачивание газа в пористом материале и т.д. В [1] описывается опыт с экранной сеткой с двумя медными проводами, припаянными к ее противоположным краям, и включаемых в электрическую цепь. При блокировании узлов этой сетки изучали зависимость электрического сопротивления от доли заблокированных узлов. Блокировка узлов заключалась в том, что прорезались все четыре проволоки, которые связывались этим узлом. По мере увеличения блокировки узлов сопротивление возрастало. Если обозначить отношение неблокированных узлов  $N$  к общему числу узлов  $N_{об}$ , то при некотором значении  $x$ , которое будем называть пороговым или порогом протекания ( $x_c$ ) сопротивление резко возрастает. Определение величины  $x_c$  и являлось одной из задач эксперимента [1]. Было найдено, что  $x_c = 0,59$ .

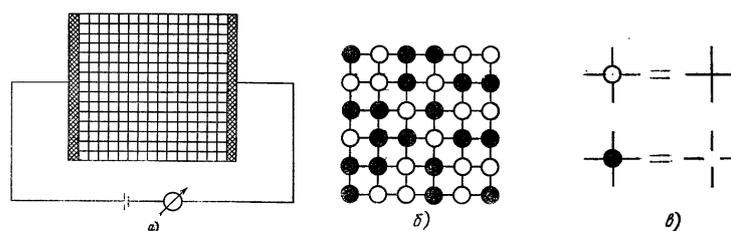


Рис. 1. Схема эксперимента из [1]. Число узлов уменьшено. а) Исходная сетка; б) кусок сетки с заблокированными узлами; в) черный узел – разрыв контакта между четырьмя проволоками, светлый узел сохраняет контакт

Все эксперименты показывают, что электропроводность таких сеток отлична от нуля при  $x > x_c$  и обращается в нуль на пороге протекания  $x_c$ . Порог протекания при  $x = x_c$  означает образование кластера, то есть проводящей цепочки от контакта к контакту. Такой кластер называется бесконечным, так как расстояние между контактами может быть как угодно большим. Если в эксперименте электрический ток сделать достаточно большим, то проволока, по которой течет ток, будет светиться и в темноте можно наблюдать скелет бесконечного

кластера, (система каналов протекания – цепочки из неблокированных узлов, в случае кристаллических решеток в диэлектрической матрице – это система одинаковых атомов, расположенных от контакта к контакту, с ответвлениями). Вдали от порога протекания сетка светится более или менее равномерно, вблизи порога протекания расстояние между освещенными каналами увеличивается, и при пороге протекания свечение прекращается - ток через систему не течет. Немного о строении бесконечного кластера. Структура бесконечного кластера делится на скелет и мертвые концы. Считается, что точка принадлежит скелету бесконечного кластера, если по крайней мере имеется два пути, выходящие из нее в разные стороны, и позволяющие уйти на бесконечное расстояние, например, это точка С на рис. 2, если путь протекания только один, то точка принадлежит мертвому концу. На рис. 2 это точка D.

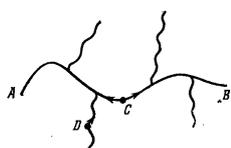


Рис.2. Скелет и мертвые концы бесконечного кластера

Электрический ток протекает только по бесконечному кластеру, причем именно по его скелету, это видно, как мы говорили ранее, при больших токах на плоской сетке, когда проволока светилась под действием тока.

Электропроводность отлична от нуля при  $x > x_c$ , и обращается в нуль на пороге протекания. Экспериментальные данные, а также расчеты показывают, что удельная электропроводность обращается в нуль по закону:

$$\sigma = \sigma_0 (x - x_c)^t,$$

где множитель  $\sigma_0$  равен удельной проводимости сетки без блокированных узлов. Величина  $t$  называется критическим индексом, вычисляется теоретически. Для двумерных решеток величина  $t$  равна 1,3, а для трехмерных - 1,6 – 1,7.

Если рассматривать объемную структуру, то порог протекания будет определяться  $(1-0,59)^2 = 0,168$ . То есть при содержании проводящих частиц примерно 17% в диэлектрической матрице проводимость должна резко возрасти. Все эти рассуждения применимы для систем, где нет взаимодействия между компонентами, как, например, в работе [2] для композиции на основе углерода (проводящая фаза) и парафина (диэлектрическая матрица). Зависимость проводимости этой системы от содержания углерода показана на рисунке 3, где четко проявляется порог протекания при 16 объемных процентах согласно теории.

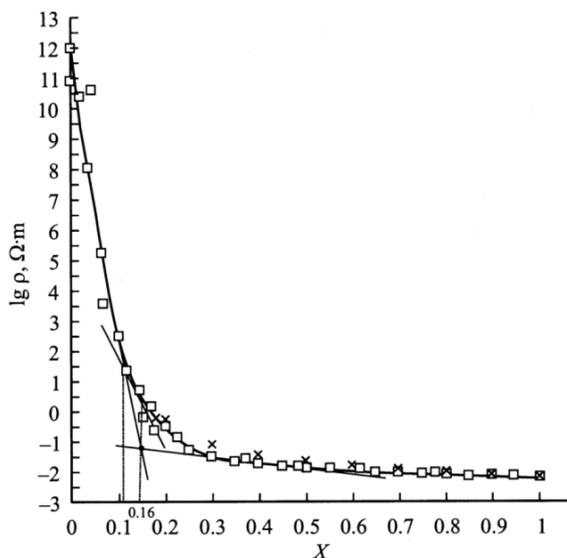
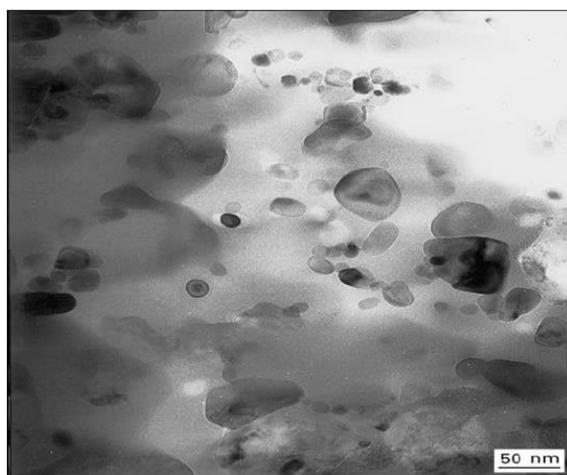


Рисунок 3. Зависимость удельного сопротивления парафин – графит от объемного содержания графита (в полулогарифмическом масштабе) □- эксперимент, × – теория [3]. Порог протекания составляет 16%

#### Эксперимент.

В системах с взаимодействующими компонентами порог протекания может сдвигаться к низкому содержанию проводящей фазы или вовсе исчезнуть. Одной из таких систем является толсто пленочный резистор, состоящий из порошков стекла (изолятор) и  $\text{RuO}_2$  (проводящая фаза), спекаемых при

температуре около  $850^\circ\text{C}$  в течение 10 мин. Во многих работах [3]-[8], посвященных свойствам толсто пленочных резисторов, считается, что стекло не взаимодействует с  $\text{RuO}_2$ . Нам представляется, что именно вследствие этого не удастся объяснить влияние состава стекла и температуры спекания на удельное сопротивление толсто пленочного резистора. Поэтому в настоящей работе мы изучаем проявление протекания в толсто пленочных резисторах, состоящих из стекла разных составов и  $\text{RuO}_2$ . Структура толсто пленочного резистора, наблюдаемая в электронном микроскопе, показана на рис. 4, где видны вкрапления округлых частиц  $\text{RuO}_2$  с размерами около 50 нм в стеклянной матрице.



Основные преимущества этих материалов – стабильность свойств в широком диапазоне температур, отсутствие окисления, возможность изменения удельного сопротивления в широком диапазоне добавлением одного из компонентов (стекла или легирующего оксида металла). Не менее важно также, что все технологические операции при производстве изделий выполняются на воздухе.

Рисунок 4. Структура толсто пленочного резистора в электронном микроскопе [9]

Порошки выбранных нами стекол оплавляются при разных температурах, образуя сплошную стеклянную пленку. Поэтому можно предполагать, что взаимодействие этих стекол и частиц  $\text{RuO}_2$ , зависящее от температуры спекания, будет при низких температурах спекания меньше, чем при высоких, и это должно проявляться на зависимости удельного сопротивления толсто пленочного резистора от содержания  $\text{RuO}_2$ .

Образцы толсто пленочных резисторов готовились из смеси порошков стекла и  $\text{RuO}_2$ , к которой добавлялась органическая связка (10 % раствор этилцеллюлозы в терпинеоле). Полученную пастообразную смесь порошков наносили на керамическую подложку с металлическими контактами (серебро) через сетчатый трафарет и спекали. Размеры полученных образцов были  $5 \times 5 \times 0,025$  мм. На рис.5 показан внешний вид толсто пленочного резистора.



Рис. 5. Внешний вид толсто пленочного резистора. Черным показан слой стекла с  $\text{RuO}_2$

Удельное сопротивление определялось через измеренное цифровым омметром Щ-300 общее сопротивление  $R$  и геометрические размеры толсто пленочного резистора:  $\rho = R \cdot w \cdot d / l$ . Поскольку в наших образцах длина и ширина одинаковы ( $w = l$ ), то эта формула упрощалась и содержала только толщину  $d \approx 25$  мкм, задаваемую трафаретной сеткой.

Результаты и их обсуждение.

Зависимость удельного сопротивления  $\rho$  от объемного содержания  $C$  в полулогарифмическом масштабе для исследованных стекол приведены на рис.6.

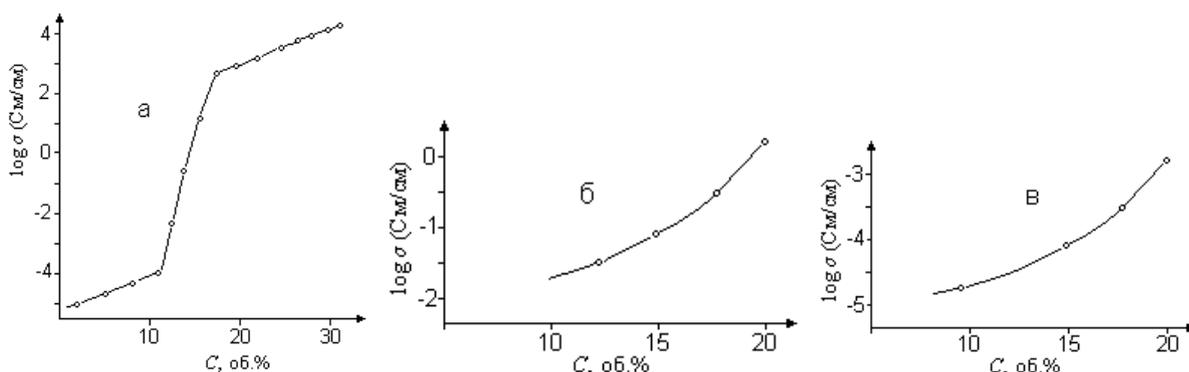


Рис.6. Зависимость проводимости легированного стекла от объемного содержания проводящей фазы для стекол: СЦНК-77-2 (а), С82-3 (б), С71-К (в)

Отметим, что низкотемпературный стеклоцемент СЦНК имеет температуру оплавления  $450^\circ\text{C}$ , а стекла С82-3 и С71-К –  $850^\circ\text{C}$ . Последние два стекла с одинаковой температурой оплавления имеют разный химический состав и разную плотность. Из рис. 6 видно, что в композиции на основе стекла СЦНК порог протекания проявляется четко в соответствии с теорией протекания, подтверждая наше предположение об отсутствии взаимодействия стекла и  $\text{RuO}_2$  при температуре  $450^\circ\text{C}$ , а в композициях на основе стекол С71-К и С82-3 порог протекания сместился к очень низким содержаниям  $\text{RuO}_2$  или вовсе отсутствует.

Закключение:

1. Показано, что при отсутствии взаимодействия стекла (СЦНК) и  $\text{RuO}_2$  порог протекания наблюдается четко при том содержании проводящей фазы, которое соответствует критическому значению теории протекания.
2. Если в смеси стекла (С82-3 и С71-К) и  $\text{RuO}_2$  имеет место взаимодействие, то порог протекания смещается к очень низким значениям или может вообще исчезнуть.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Эфрос А. Л. «Физика и геометрия беспорядка» М., изд-во «Наука», Гл. редакция физ.- мат. литературы, (1992) (Библиотечка «Квант», выпуск 19)
2. Соцков В. А., Карпенко С. В. «Общие закономерности процессов электропроводности в бинарных макросистемах» журнал технической физики (2003), т.73, вып.1, с.106-109.К.
3. K. Borban at al / Int. J. Eleetkroniks, (1995), Vol. 78, No. 1, 113-119
4. G. E. Pike and C. H. Seager / J. Appl. Phys 48(12). (1977), 5152-5169.
5. C. Grimaldi, I. Balberg / Physical Review Letters March, 96 066601(4) (2006).
6. Sonia Vionnet-Menot at al. / Physical Review B71, 064201 (2005)
7. Ming Wena at al. / Sensors and Actuators A: Physical 301 (2020) 111-119
8. L. Prudenziati at al./ IL Nuovo Ciento VoL.2 D, N. 3 Maggio-Giugno 1983, 697-711.
9. F. Johnson / J. Materials Science: Mat. In Electronics, 1997. vol. 8, N 1. – pp. 29-37.

### РАСЧЕТ РЕЗУЛЬТАТОВ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ФИЗИКЕ 10 КЛАСС В СРЕДЕ EXCEL

*Шведчиков Роберт*

*МОУ СОШ №3, г.Стрежевой, 11 класс*

Руководители: Сагитова Виктория Васильевна, учитель физики

Валова Наталья Анатольевна, учитель информатики

Во время обучения в школе вам наверняка приходилось выполнять лабораторные работы по физике. При выполнении таких работ обучающиеся очень много времени тратят на обработку результатов измерений (обычно – это вычисления на калькуляторе) и их оформление (заполнение таблиц в тетради и построение графиков). Времени на анализ полученных результатов, очень часто, остается мало или вообще не остается. Поскольку школьникам выполнять лабораторные работы по физике приходится часто и эта проблема им хорошо знакома, предложенный проект “ Разработка лабораторных работ по физике в

среде Excel ” вызвал интерес. Рутинную работу по расчетам и оформлению результатов было предложено переложить на “плечи” компьютера, для выполняющего лабораторную работу оставить возможность сделать выводы по результатам и, при необходимости, провести еще раз необходимые измерения.

Актуальность проекта заключается в том, что на сегодняшний день невозможно представить себе ни одно серьезное физическое исследование без предварительного моделирования процессов на компьютере. Поэтому обучение компьютерному моделированию физических процессов является необходимой и неотъемлемой составляющей обучения физике.

Microsoft Excel (входит в пакет Microsoft Office) – программа, предназначенная, прежде всего, для экономических расчетов. Выбор этой программы для обучения компьютерному моделированию обусловлен следующими причинами:

Несмотря на экономическую направленность, Excel является весьма мощной программой, включающей в себя более 400 функций. Интуитивно-понятный «дружественный» интерфейс, подробная справка на русском языке и широкая интеграция с другими программами от Microsoft делают освоение и использование Excel легким, удобным и приятным. Благодаря этому в Excel можно заниматься физикой. В отличие от сложных профессиональных математических и физических пакетов, требующих длительного изучения, Excel осваивается за пару занятий и позволяет в дальнейшем заниматься исключительно физикой, не отвлекаясь на изучение самой программы.

Целями моей работы является разработка лабораторных работ по физике в среде Excel, ознакомиться с возможностями программы Excel и использование его на практике, привитие интереса к физике и информатике.

Особое внимание уделено технологии создания лабораторных работ: оформление бланков, используя операции заливки и объединения ячеек, использование встроенных функций и вычислений, связь с другими программами, например Word.

Задачи проекта: связь теоретического материала с практическими навыками, углубление знаний в области физики и информатики, развитие общую культуру пользования современной компьютерной техникой, показать минимальную затрачиваемость времени для выполнения лабораторных работ. Структура каждой лабораторной работы включает в себя:

- 1 Цели и задачи.
- 2 Теоретическую часть по теме работы.
- 3 Разделы к приведенной теме, а в каждом разделе краткие теоретические сведения и задания в рамках раздела.
- 4 Дополнительные задания в рамках темы лабораторной работы.
- 5 Вопросы для самоконтроля.

Построение структуры отдельно взятой лабораторной работы направлено на самостоятельную работу обучаемого. Предполагается, что по завершении работы, для получения отметки о ее выполнении, ученик демонстрирует окончательный результат преподавателю в виде готового документа с

выполненными заданиями. Стоит также отметить, что краткие теоретические сведения, пошаговые инструкции, представленные на изображениях результаты работы позволяют учащимся с разным уровнем подготовки в полной мере освоить материал.

Лабораторные работы выполнены с помощью программы Microsoft Office Excel (т. к. документ в данном формате открывается на любых устройствах с любыми операционными системами в том виде, в котором был создан).

Внешний вид одной из лабораторных работ:

**Лабораторная работа №1**  
Изучение движения тела по окружности

**Цель работы:** определить центростремительное ускорение шарика при его равномерном движении по окружности.

**Теоретическая часть**

Эксперименты проводятся с коническим маятником. Небольшой шарик движется по окружности радиусом  $R$ . При этом нить  $AB$ , к которой прикреплен шарик, описывает поверхность прямого кругового конуса.

На шарик действуют две силы: сила тяжести  $mg$  и сила натяжения нити  $F$ , которую можно разложить на две составляющие: горизонтальную  $F_1$  и вертикальную  $F_2$ .

Уравнение движения:  $ma = mg + F_1 + F_2$ .

Для нормального ускорения получаем:

$$a_n = \omega^2 R = \frac{4\pi^2 R}{T^2}$$

$$a_n = \frac{F_1}{m}$$

$$a_n = \frac{mgR/h}{m} = \frac{gR}{h}$$

Убедимся, что числовые значения, полученные по всем трем формулам, примерно одинаковы.

**Оборудование:** штатив с муфтой и лапкой, лента измерительная, циркуль, динамометр лабораторный, весы с разновесами, шарик на нити, кусочек пробки с отверстием, лист бумаги, линейка.

**Порядок выполнения работы**

**Формулы вычисления значений и их погрешностей**

**Результаты измерений и вычислений**

№ опыта	R, м	h, м	Δh, с	Δt, с	Δt, мс	Δt, мс	Δt, мс
1							
2							
3							

**Погрешности измерений:**

ΔR=Δh=	см=	0 мм
Δt=	с	
ΔF=	Н	
Δm=	кг	

**Итоговые результаты**

№ опыта	ω, рад/с	ω², рад²/с²	ω²R, м/с²	ω²R, м/с²	ω²R, м/с²
1					
2					
3					

**Вывод**  
Полученные результаты экспериментов доказывают, что величины центростремительного ускорения, полученные тремя способами, приблизительно одинаковы.

**Порядок выполнения работы (Лабораторная работа №1)**

1. Определите массу шарика на весах с точностью до 1 г.
2. Нить проденьте сквозь отверстие в пробке и зажмите пробку в лапке штатива.
3. Начертите на листе бумаги окружность, радиус которой около 20 см. Измерьте радиус с точностью до 1 см.
4. Штатив с маятником расположите так, чтобы продолжение нити проходило через центр окружности.
5. Взяв нить пальцами у точки подвеса, вращайте маятник так, чтобы шарик описывал такую же окружность, как и начерченная на бумаге.
6. Отсчитайте время, за которое маятник совершает заданное число (например, в интервале от 30 до 60) оборотов.
7. Определите высоту конического маятника. Для этого измерьте расстояние по вертикали от центра шарика до точки подвеса (считаем  $h \approx l$ ).
8. Найдите модуль центростремительного ускорения по формулам  $a_n = \frac{4\pi^2 R}{T^2}$  и  $a_n = \frac{gR}{h}$ .
9. Оттяните горизонтально расположенным динамометром шарик на расстояние, равное радиусу окружности, и измерьте модуль составляющей  $F_1$ . Затем вычислите ускорение по формуле  $a_n = \frac{F_1}{m}$ .
10. Результаты измерений (в СИ) и вычислений занесите в таблицу. Сравнивая полученные три значения модуля центростремительного ускорения, убеждаемся, что они примерно одинаковы.

### Формулы искомых величин и их погрешностей

$$a_n = \frac{4\pi^2 R}{T^2}$$

Абсолютная погрешность:  $\Delta a_n = \frac{4\pi^2 R}{T^2} \left( \frac{\Delta R}{R} + \frac{2\Delta T}{T} \right)$ .

Относительная погрешность:  $\varepsilon = \frac{\Delta R}{R} + \frac{2\Delta T}{T}$ .

$$a_n = \frac{gR}{h}$$

Абсолютная погрешность:  $\Delta a_n = \frac{gR}{h} \left( \frac{\Delta R}{R} + \frac{\Delta h}{h} \right)$ .

Относительная погрешность:  $\varepsilon = \frac{\Delta R}{R} + \frac{\Delta h}{h}$ .

$$a_n = \frac{F_1}{m}$$

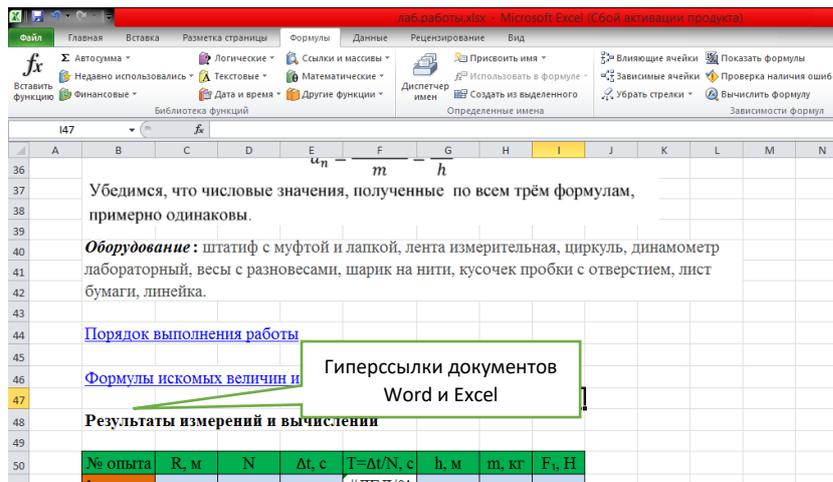
Абсолютная погрешность:  $\Delta a_n = \frac{F_1}{m} \left( \frac{\Delta F_1}{F_1} + \frac{\Delta m}{m} \right)$ .

Относительная погрешность:  $\varepsilon = \frac{\Delta F_1}{F_1} + \frac{\Delta m}{m}$ .

Перечислим основные функциональные возможности современных табличных процессоров в рамках данного проекта, которыми пользовались.

**Связывание данных.** Абсолютная и относительная адресации являются характерной чертой всех табличных процессоров, в современных системах они дают возможность работать одновременно с несколькими таблицами, которые могут быть тем или иным образом связаны друг с другом.

Создание динамической связи между документами Word и Excel, а также их слияние.



**Вычисления.** Для удобства вычисления в табличных процессорах имеются встроенные функции, а именно: математические, статистические, финансовые, функции даты и времени, логические и другие. Менеджер функций позволяет выбрать нужную функцию и, проставив значения, получить результат.

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following structure:

Результаты измерений и вычислений							
<b>Результаты измерений</b>							
№ опыта	R, м	N	Δt, с	T=Δt·N, с	h, м	m, кг	F <sub>1</sub> , Н
1				=E51/D51			
2				=E52/D52			
3				=E53/D53			
№ опыта	$a_n = \frac{4\pi^2 R^2}{T^2} \cdot \frac{m}{c^2}$	$a_n = gR/h, \text{ м/с}^2$	$a_n = F_1/m, \text{ м/с}^2$				
1	=4*pi^2*C51/F51^2	=9.8*C51/G51	=F51/H51				
2	=4*pi^2*C52/F52^2	=9.8*C52/G52	=F52/H52				
3	=4*pi^2*C53/F53^2	=9.8*C53/G53	=F53/H53				
<b>Погрешности изм.</b>							
ΔR=Δh=		см=	=C61/100	м			
ΔT=		с					
ΔF <sub>1</sub> =		Н					
Δm=		кг					
№ опыта	ΔR, Р	Δh, h	ΔT, T	ΔF <sub>1</sub> , F <sub>1</sub>	Δm, m		
1	=SE561/C51	=SE561/G51	=SC562/F51	=SC563/H51	=SC564/H51		
2	=SE561/C52	=SE561/G52	=SC562/F52	=SC563/H52	=SC564/H52		
3	=SE561/C53	=SE561/G53	=SC562/F53	=SC563/H53	=SC564/H53		
№ опыта	$a_n = \frac{4\pi^2 R^2}{T^2} \cdot \frac{m}{c^2}$	Δ	$a_n = gR/h, \text{ м/с}^2$	Δ	$a_n = F_1/m, \text{ м/с}^2$	Δ	ε
1							

**Деловая графика.** Трудно представить современный табличный процессор без возможности построения различного типа двумерных, трехмерных и смешанных диаграмм. Насчитывается более 20 различных типов и подтипов диаграмм, которые можно построить в современной системе данного класса. А возможности оформления диаграмм также многообразны и доступны, например, вставка и оформление легенд, меток данных; оформление осей — возможность вставки линий сеток и другие. Помимо этого, современные системы работы с электронными таблицами снабжены такими мощными средствами построения и анализа деловой графики, как вставка планок погрешностей, возможность построения тренда и выбор функции линии тренда.

**Моделирование.** Подбор параметров и моделирование — одни из самых важных возможностей табличных процессоров. С помощью простых приемов можно находить оптимальные решения для многих задач. Методы оптимизации варьируются от простого подбора (при этом значения ячеек-параметров изменяются так, чтобы число в целевой ячейке стало равным заданному) до метода линейной оптимизации со многими переменными и ограничениями. При моделировании иногда желательно сохранять промежуточные результаты и варианты поиска решения. Это можно делать, создавая сценарии, которые представляют собой описание решаемой задачи.

Среди достоинств программы Excel в рамках исследования можно выделить следующие: *Расширение возможностей таблиц Excel.*

В Office Excel 2016 можно использовать новый пользовательский интерфейс для быстрого создания, форматирования и расширения таблицы Excel в целях более удобной организации данных в листе. Новая улучшенная функциональность таблиц включает следующие элементы. Вычисляемые столбцы. Вычисляемый столбец использует одну формулу, которая применяется к каждой строке. Он

автоматически расширяется, включая дополнительные строки, так что формула немедленно распространяется и на эти строки.

Строки итоговых значений. В строке итоговых значений теперь можно использовать ввод пользовательских формул и текста

Лабораторные работы были полностью оформлены в табличном редакторе Microsoft Excel. Работа была размещена на пяти листах, в работе были использованы картинки, таблицы и формулы. Были рассчитаны искомые значения. При проведении лабораторных работ, достаточно изменить экспериментальные результаты, рассчитываемые значения будут получены автоматически, что является очень удобным и быстрым методом расчета.

Преимущество составления лабораторных работ с помощью программы Microsoft Excel заключается в возможности научиться самостоятельно составлять *программу обработки результатов*. Эта программа позволяет также включать графические изображения. Но по сравнению с обычным тестом программа Microsoft Excel сложнее в применении и требует большего времени на составления работы.

В результате апробации была доказана эффективность проведения лабораторного практикума с использованием MS Excel.

Таким образом, следует считать, что задачи работы полностью выполнены и цель проекта достигнута.

## **УНИПОЛЯРНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ**

***Шведчикова Юлия и Маслов Алексей***

*Муниципальное общеобразовательное учреждение*

*«Лицей №1», 10 класс*

*г. Ачинск*

Руководитель: Нерода Ирина Павловна, учитель физики

*Актуальность.* На сегодняшний день с экологической обстановкой нашей планеты, в особенности в нашем регионе, всё довольно плохо [1]. Несмотря на обилие различных альтернативных источников энергии и других устройств, способных предотвращать загрязнение окружающей среды, экологическая ситуация, по мнению большинства россиян, не улучшается. Это наводит нас на мысли о том, что пока способов, которые сделают наш мир чище, не достаточно, или они не совсем эффективны. Необходимо действовать, менять ситуацию и искать новые пути, которые смогут сохранить нашу хрупкую природу. Поэтому тема нахождения альтернативных двигателей сейчас очень актуальна.

*Постановка проблемы.* В последнее время в нашей стране, как и во всем мире, увеличивается количество автомобилей, работающих на дизельных или бензиновых двигателях; для снабжения электроэнергией частных домов и других

объектов применяются дизельные и бензиновые генераторы. Из-за сгорания топлива, генераторы и двигатели загрязняют наш окружающий мир, помимо этого, они работают на топливе, которое пока что невосполнимо. Поэтому люди все чаще начинают задаваться вопросом: «Как улучшить экологическую обстановку, не ограничивая себя в электроэнергии?» В нашей работе мы рассматриваем использование альтернативного двигателя, более экологичного, который мог бы заменить нынешние.

*Разработанность исследовательской проблемы.* Униполярный двигатель – это разновидность электродвигателей постоянного тока, состоящая в основном из источника тока, оси или рамки, магнита [2]. При условии, что намагниченное тело - проводник, то свободные электроны перемещаются под действием силы Лоренца внутри тела перпендикулярно векторам скорости и магнитной индукции. Происходит вращение рамки или источника вокруг оси вследствие униполярной индукции, возникающей под углом к оси намагничивания [2,3]. Первой моделью являлся колесо Барлоу, выполненный в виде диска, присоединённый к контактам источника постоянного тока, между полюсами магнита [4]. Дешевизна и доступность очень сильных постоянных магнитов в виде редкоземельных магнитных сплавов, таких как неодим-железо-бор (NdFeB) - так называемых неодимовых магнитов - возродила интерес к проектированию и разработке все более простых форм этого очень старого двигателя. Современные униполярные двигатели могут достигать мощности 19 МВт [5]. Униполярные двигатели уже применяются на практике: в транспортных средствах для транспортировки грузов, при электросварке, в электрохимии. Причем возможно расширить спектр их применения, для этого необходимо исследовать данную тему в дальнейшем.

В интернете мы нашли исследовательскую работу по нашей теме [6], но в ней, в отличие от нашей, нет исследования, она в основном построена на теории. Новизна нашего исследования заключается в том, что проведены эксперименты с самодельным униполярным двигателем, и выведена формула нахождения КПД таких устройств.

Перед началом исследования выдвинули *гипотезу*: у простейшего униполярного двигателя есть перспективы использования не только в развлекательных целях.

Поставили *цель исследования*: выявить перспективы использования простейшего униполярного двигателя. Определили задачи: 1) изучить литературу по теме; 2) провести эксперименты на изучение характеристики простейшего униполярного двигателя; 3) определить перспективы использования униполярного двигателя.

*Объект исследования*: униполярный двигатель.

*Предмет исследования*: характеристики простейшего униполярного двигателя

*Методы исследования*: наблюдение, эксперимент, измерение, сравнение.

*Теоретическая значимость*: углубление знаний у обучающихся об униполярном двигателе и его принципах действия. *Практическая значимость*:

материал, полученный в ходе работы, может помочь учащимся в дальнейших исследованиях на тему альтернативной энергетики.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Изучив литературу [7], сконструировали униполярный двигатель (рис.1). Для этого использовали: проволоку, батарейку (алкалиновая, напряжением 1,5 В), неодимовые магниты (сила сцепления 39 Н). Из проволоки были сделаны рамки простейшего униполярного двигателя, материал которых обязательно должен быть проводником, касаться магнитов (или быть замкнутой) и полюса батарейки. Видео работы униполярного двигателя вы можете увидеть по ссылке: <https://clck.ru/33oUqx>

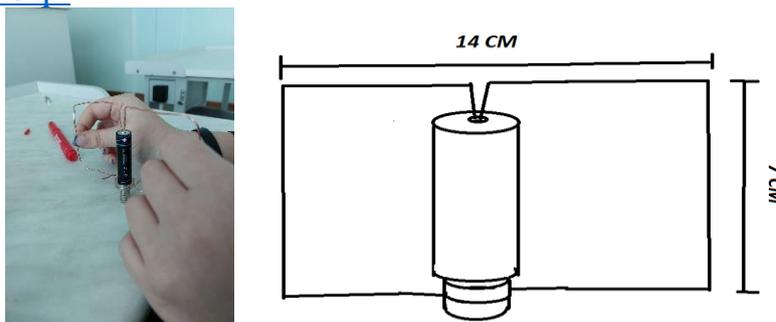


Рис 1. Фото и схема униполярного двигателя

При подборе материалов для двигателя столкнулись с тем, что солевая батарейка не подходит для проведения экспериментов, так как батарейку выталкивает с магнита к самым краям, из-за чего между рамкой и магнитом неравномерно проходят магнитные линии, что приводит к скорой остановке рамки (не совершается даже один оборот).

Работа нашего униполярного двигателя - отличный пример применения правила правой руки (правило буравчика), используемого для определения направления действия магнитной силы на токопроводящий проводник в присутствии внешнего магнитного поля. Таким образом, меняя направление силы тока, т. е. переворачивая батарейку, меняется направление вращения рамки.

Для начала проводили исследование для незамкнутой рамки 14\*7 см из медной проволоки сечением 1,5 мм<sup>2</sup> и длиной 50 см. Время измеряли при помощи секундомера на телефоне. При наблюдении заметили, что со временем период одного обращения до какого-то момента сокращается, поэтому было принято решение исследовать этот эффект. За 2 минуты наблюдения потребление энергии составило 0,05 В/мин. По результатам измерения рассчитали частоту и скорость для каждого оборота и построили график зависимости частоты оборотов от времени. График представляет из себя степенную зависимость.

Повторили опыт для замкнутой рамки 6\*6,5 см из медной проволоки сечением 2,5 мм<sup>2</sup> и длиной 30 см. Построили график зависимости частоты оборотов от времени.

Из эксперимента можем сделать вывод, что частота оборотов зависит от поперечного сечения рамки.

Далее взяли замкнутую медную рамку 7\*14 см, сечением 1,5 мм<sup>2</sup> и длиной 50 см, но уже с двумя последовательно соединенными батарейками, построили

график зависимости частоты оборотов от времени по 30-секундному наблюдению.

Таким образом, из наших опытов следует, что частота оборотов униполярного двигателя практически не зависит от напряжения.

Позже был проведён эксперимент с замкнутой алюминиевой рамкой 6\*6,5 см, сечением 2,5 мм<sup>2</sup> и длиной 30 см, построили график зависимости частоты оборотов от времени.

Вывод: эксперимент показал, что частота оборотов униполярного двигателя напрямую зависит от материала рамки, что показано в сравнении графиков зависимостей частоты оборотов алюминиевой и медной рамок от времени.

Вы можете ознакомиться с результатами исследования (графики и таблицы) по ссылке: <https://clck.ru/33oUBe>

Найдем КПД двигателя с медной рамкой 14\*7 см и сечением 1,5 мм<sup>2</sup> по формуле:

$$\eta = \frac{A}{Q} * 100\% = \frac{A}{Q_1 + Q_2} * 100\% \quad (1),$$

где  $A$  — полезная работа, совершенная двигателем;  $Q_1$  — количество теплоты, полученное батареей при нагревании;  $Q_2$  — количество теплоты, полученное проволокой при нагревании.

$$\eta = \frac{A}{Q_1 + Q_2} * 100\% = \frac{IUt}{C\Delta t + cm\Delta t} * 100\% = \frac{IUt}{C\Delta t + c\rho lS\Delta t} * 100\%$$

(2), где  $I$  — сила тока в батарее;  $U$  — изменение напряжения на батарее;  $t$  — время работы двигателя;  $C$  — теплоёмкость алкалиновой батареи;  $\Delta t$  — изменение температуры батареи;  $c$  — удельная теплоёмкость меди;  $\rho$  — плотность меди;  $l$  — длина проволоки;  $S$  — сечение проволоки

$$\eta = \frac{4,5A * (1,5B - 1,25B) * 300с}{61 \frac{Дж}{°C} * (33°C - 25°C) + (380 \frac{Дж}{кг * °C} * 8900 \frac{кг}{м^3} * 0,5м * \frac{1,5}{1000000} м^2 * 8°C)} * 100\% = 66,47\%$$

После расчётов принято решение о рассмотрении иных способов нахождения КПД. Взяли формулу:  $\eta = \frac{P_2}{P_1} * 100\% \quad (3),$

где  $P_2 = F_{л} * v$ ;  $P_1 = IU$

При помощи других формул выведена формула:  $\eta = \frac{v\mu_a\pi r S_{сеч}}{\rho l^2} \quad (4),$  где  $v$  — скорость,  $\mu_a$  — постоянная Генри,  $r$  — радиус окружности, по которому вращается рамка (половина ширины рамки),  $S_{сеч}$  — сечение проволоки,  $\rho$  — удельное сопротивление меди,  $l$  — длина проволоки. При расчётах для одной рамки (14\*7 см и сечением 1,5 мм<sup>2</sup>) получили одно и то же значение, что доказывает истинность формулы (4). По этой формуле провели расчёты остальных двигателей. Результаты представлены в таблице №1.

Таблица 1. Коэффициенты полезного действия двигателя для разных рамок

Материал рамки/ размер	Медь/ 14*7 см	Медь/ 6*6,5 см	Медь/ 7*14 см	Алюминий/ 6*6,5 см
КПД, %	66,47	87,80	31,80	89,50

Вывод: из сравнения видим, что КПД зависит от материала, сечения и длины провода, а также параметров рамки (ширины), что подтверждается формулой  $\eta = \frac{v\mu_a\pi r S_{\text{сеч}}}{\rho l^2}$ .

Получаем, что КПД простейшего униполярного двигателя сравнимо с современными электродвигателями постоянного тока (70-95%), формы могут быть различными и не обязательно замкнутыми, что позволяет нам сделать вывод о том, что развитие униполярных двигателей для промышленных нужд (например, перемешивание магнитных смесей, гребные механизмы, ударные механизмы, крутящие механизмы (ротор двигателя) и др.) вполне перспективно и может заменить некоторые части на более экологичные, со сгорания топлива на электричество, а возможность демонстрации некоторых электромагнитных процессов делает его перспективным для образовательного процесса.

Экономическая составляющая: медный провод сечением 1,5 и длиной 0,5 м – б/у; медный провод сечением 2,5 и длиной 1 м – 35 руб.; алюминиевый провод сечением 2,5 и длиной 1 м – 25 руб.; батарейки FLARX щелочные (2 шт.) – 28 руб.; батарейка FLARX солевая (1 шт.) – 8 руб.; батарейка ERGOLUX щелочная (1 шт.) – 15 руб.; магниты неодимовые с Wildberries (10 шт.) – 234 руб. Итого: 345 руб.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в ходе исследования гипотеза подтвердилась: у простейшего униполярного двигателя есть перспективы использования не только в развлекательных целях. Задачи исследования выполнены: литература изучена, проведены эксперименты на изучение технических характеристик униполярного двигателя, выявлены перспективы использования униполярного двигателя.

Проведя исследовательскую работу, пришли к следующим выводам: график зависимости частоты оборотов униполярного двигателя от времени представляет из себя степенную зависимость; частота оборотов зависит от поперечного сечения и материала рамки и практически не зависит от напряжения; КПД зависит от материала, сечения и длины провода, а также параметров рамки (ширины); развитие униполярных двигателей для промышленных процессов перспективно, т.к. они являются более экологичными.

Наша работа имеет практическую значимость, потому что материалы нашего исследования могут помочь специалистам, занимающимся проектировкой двигателей; а также данный материал могут использовать учителя физики на уроках и во внеурочной деятельности, а также поможет

ученикам в выборе профильного класса, дальнейшему самоопределению в будущей профессии.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Как россияне оценивают экологию в стране и что думают о расширении строительства в заповедных зонах [Электронный ресурс]: <https://iom.anketolog.ru/2022/04/15/ekologiya-v-rossii-2022> (Дата обращения 03.02.2023)
2. Тамм И. Е., Основы теории электричества, 8 изд., М., 1966. [Электронный ресурс]: <https://www.booksite.ru/fulltext/1/001/008/114/174.htm> (Дата обращения 25.01.2023)
3. Малыгин, В. М. Физические основы электромеханики: специальная теория относительности и особенности симметрии системы уравнений Максвелла [Текст] / В.М. Малыгин // Пространство и Время. — 2016 (Дата обращения 15.01.2023)
4. Пермитин Г. В., Чугунов Ю. В., Физическая энциклопедия, т.5, , статья «Униполярная индукция» [Электронный ресурс]: [http://www.physicum.narod.ru/vol\\_5/224.pdf](http://www.physicum.narod.ru/vol_5/224.pdf) (Дата обращения 31.01.2023)
5. Румянцев А. Ю., Самосейко В.Ф., Саушев А.В., Перспективы применения униполярных машин в гребных электрических установках. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41192712> (Дата обращения 20.01.2023)
6. Униполярный двигатель [Электронный ресурс]: <https://pandia.ru/text/82/087/27799.php> (Дата обращения 17.03.20023)
7. Простой униполярный двигатель в домашних условиях [Электронный ресурс]: <https://usamodelkina.ru/20566-prostoj-unipoljarnyj-dvigatel-v-kachestve-uchebnogo-posobija.html> (Дата обращения 15.01.2023)

#### ИЗМЕРЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ СРЕД

*Шевченко Сергей*

*Муниципальное автономное общеобразовательное учреждение ангарский лицей №2 имени М.К. Янгеля, 8 класс, г. Ангарск*

Руководитель: Гончарова Наталья Владимировна, учитель физики высшей категории

Свет является неотъемлемой частью жизни всего живого на планете – животных, растений, человека. Невозможно представить мир без солнечных лучей. Лучи дают нам свет, согревают, способствуют осуществлению жизненно необходимых процессов во многих организмах.

Данная работа посвящена изучению явления преломления света. В теоретической части рассмотрены физические основы данного явления. В практической части проведен ряд экспериментов с различными прозрачными телами из разных веществ. Проведено сравнение теоретических данных и данных экспериментов. Сделаны соответствующие выводы.

Цель: Изучить законы преломления света.

Задачи:

1. Изучить информацию по данной теме.
2. Определить физические закономерности при прохождении света через различные среды.
3. Провести ряд экспериментов.
4. Сделать соответствующие выводы.

Актуальность темы: Свет окружает нас повсюду, с явлениями преломления мы сталкиваемся постоянно. Законы преломления используется в основе работы телескопов, микроскопов, окуляров и т.д.

Гипотеза: Предположим, что разные вещества обладают разным коэффициентом преломления.

Методы исследования: теоретический и эмпирический.

Объект исследования: свет.

Предмет исследования: преломление света.

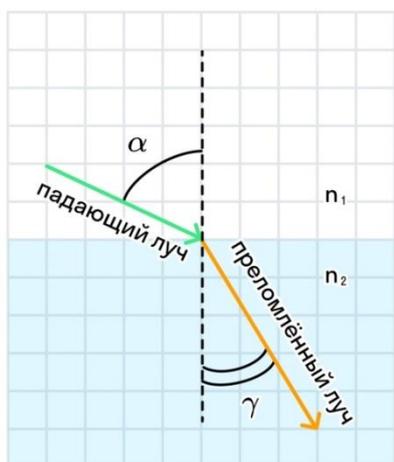
Проходя сквозь всевозможные прозрачные материалы, световые лучи отклоняются - происходит их преломление. Причиной тому служит разница в скоростях света, с которой он движется в разных средах. На границе, например, между воздухом и водой скорость света слегка меняется, и его лучи отклоняются от прямой линии. Когда свет падает на поверхность воды, он не только отражается. Часть света проходит в воду, освещает дно и рыб, поэтому мы их видим. При этом световые лучи немного меняют своё направление, преломляются. Отражённые дном лучи, выходя из воды в воздух, тоже меняют своё направление. Поэтому ручей всегда кажется менее глубоким, а рыбы - ближе к поверхности.

Древнегреческий ученый Клеомед, первым изучавший явление преломления, установил, что луч света, входя по косому направлению в более плотную среду из менее плотной, отклоняется этой средой ближе к отвесному направлению, тогда как при обратном переходе луч уклоняется в обратную сторону от этого направления. Другой древнегреческий ученый Клавдий Птолемей пытался определить преломления луча света при переходе из воздуха в воду, из воздуха в стекло, из воды в стекло. И ему это удалось. Но теоретическое обоснование закона открыл голландский ученый Снеллиус:

1. Падающий и преломленный лучи, а также перпендикуляр к границе раздела двух сред, восстановленный в точке падения луча, лежат в одной плоскости.

2. Отношение синуса угла падения  $\alpha$  к синусу угла преломления  $\gamma$  есть величина, постоянная для двух данных сред, равная относительному показателю

преломления:  $\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = \frac{n_2}{n_1} = n_{21}$



### Применение явления преломления.

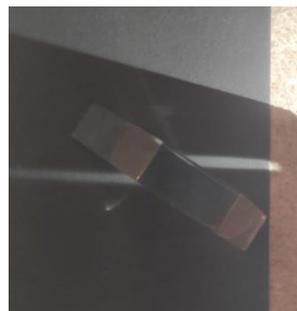
Явления преломления используются очень широко в современном мире. Явление лежит в основе работы телескопов-рефракторов, в том числе подавляющей доли зрительных труб, биноклей и других приборов наблюдения, объективов фото-, кино- и телекамер, микроскопов, увеличительных стёкол, очков, проекционных приборов, приёмников и передатчиков оптических сигналов, концентраторов мощных световых пучков, призмённых спектроскопов и спектрометров, призмённых монохроматоров, и многих других

оптических приборов, содержащих линзы или призмы.

#### Практическая часть.

##### 1. Опыты.

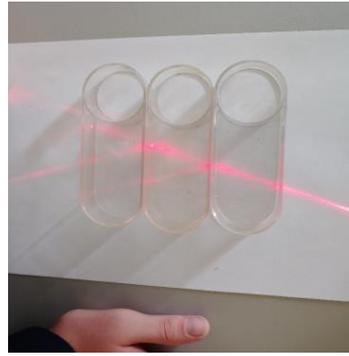
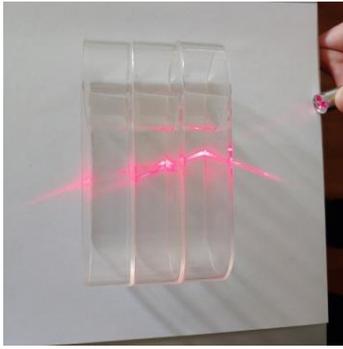
В первом опыте я положил стеклянную призму на чёрный картон под определённым углом и посветил фонарём на грань призмы через сделанную из картона загородку для фокусирования света. После чего я наблюдал преломление света на определённый угол.



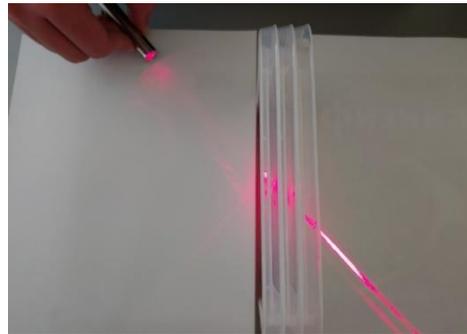
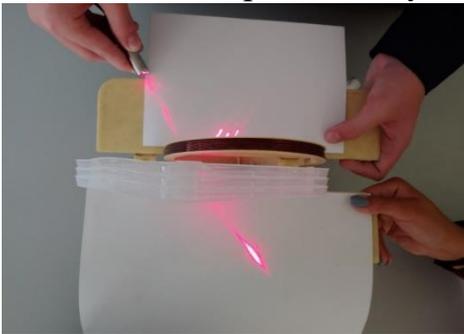
Я решил продолжить эксперимент и провести этот опыт с водой. В прозрачную пластиковую ёмкость я налил немного воды и посветил сквозь загородку фонарём под определённым ракурсом. В результате я наблюдал преломление света, отличное от результатов предыдущего опыта.



Для третьего опыта я взял оргстекло, в качестве подложки использовал белый лист бумаги и светил лазерной указкой сквозь несколько ёмкостей в разных положениях. Наблюдаем не только преломление, но и частичное отражение луча.

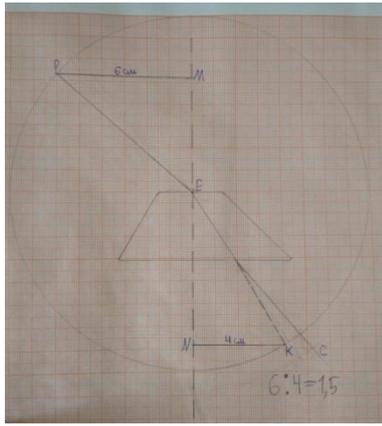


Для последнего опыта я взял пластиковые коробки (полиэтилен), в качестве подложки использовал лист бумаги и светил лазерной указкой сквозь несколько коробок под разным ракурсом. Наблюдаем не только преломление, но и частичное отражение луча.



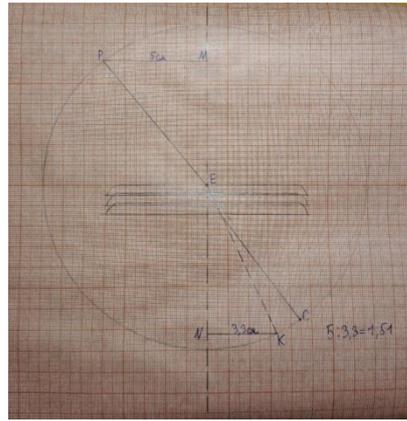
По окончании опыта я решил отразить свой результат на схеме и вычислить коэффициент преломления призмы. Я нашёл формулу и метод нахождения показателя преломления. Формула:  $n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$ , где  $\alpha$  - угол падения пучка света на грань пластины;  $\beta$  – угол преломления светового пучка в веществе (стекло). Для определения коэффициента преломления стекла я положил призму на миллиметровую бумагу, обрисовал контур на бумаге. После этого я ещё раз посветил фонарём на грань призмы через загородку под определённым углом, вдоль падающего на поверхность и вышедшего из неё световых пучков я карандашом поставил точки. Затем, убрав всё оборудование, кроме бумаги, я прочертил линии по точкам - входящий, выходящий и преломлённый лучи. Далее через точку Е провёл перпендикуляр через схему призмы, провёл с помощью циркуля окружность с центром в точке Е и построил прямоугольные треугольники РМЕ и КНЕ. Так как  $\sin \alpha = \frac{PM}{PE}$ ,  $\sin \beta = \frac{NK}{EK}$ , а  $PE = EK$ , то формула для определения преломления стекла будет:

$$n_{\text{пр}} = \frac{PM}{NK};$$



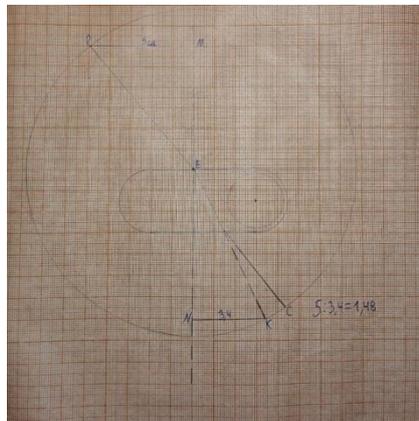
PM=6 см; NK=4 см;

$$n_{\text{пр}} = 6:4 = 1,5$$



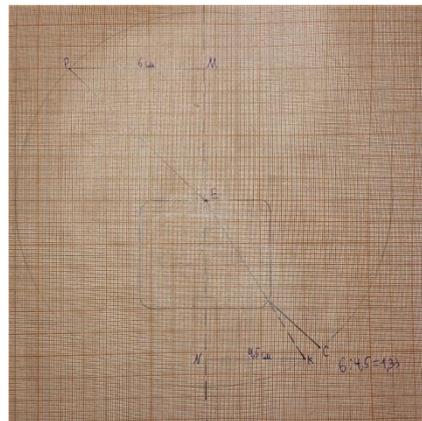
PM=5 см; NK=3,3см

$$n_{\text{пр}} = 5:3,3 = 1,51$$



PM=5 см; NK=3,4см

$$n_{\text{пр}} = 6:4,5 = 1,33$$



PM=6 см; NK=4,5 см

$$n_{\text{пр}} = 5:3,4 = 1,48$$

Цель моего исследования достигнута. Я изучил законы преломления света. Моя гипотеза подтвердилась. Практическим путём я доказал, что разные вещества обладают разным коэффициентом преломления, научился измерять показатели преломления для разных прозрачных сред (стекло, оргстекло, полиэтилен, вода). В дальнейшем, я планирую продолжить эту тему и попробовать собрать установку из подручных материалов, позволяющую измерять показатель преломления и определять вещество с этим показателем, что поможет определить любое прозрачное вещество даже в домашних условиях.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЗВУКОВОГО ЛОКАТОРА

*Шелепов Артём Юрьевич, Корзун Никита Александрович*

*МБОУ лицей при ТПУ, 10 класс, г.Томск*

Руководитель: Солдатов Алексей Иванович, д.т.н.

**Введение.** В настоящее время бурно развивающиеся технологии упрощают жизнь не только обычным людям, но и учёным. Одной из описываемых технологий стала технология, связанная с использованием ультразвука. Ультразвук — это волны, частотой более 20 000 герц, которые не воспринимаются ухом. Одной из задач этой технологии является измерение расстояния до интересующего объекта или регистрация появления объекта в зоне «поля зрения» датчика. В настоящее время звуковая локация широко используется в различных сферах: гидролокация, скважинные глубиномеры, измерители уровня сыпучих и жидких материалов. Каждый из них имеет различную погрешность.

Главными достоинствами акустической локации является:

- Относительно невысокая стоимость
  - Определяют движение вне зависимости от материала объекта
  - Имеют высокую работоспособность в условиях высокой влажности или запылённости
- а недостатками:
- Ограничение дальности действия реакция на существенные сдвиги отраженного сигнала (быстрое или резкое движение).
  - Ультразвуковые частоты с беспокойством и раздражением воспринимаются домашними животными.

**Цели и задачи.** Основная цель данной работы - определение характеристики звукового локатора и выработка методики для улучшения его работы.

**Задачи работы:**

- 1) Исследование влияния ракурса излучения на результат измерения.
- 2) Исследование влияния угла наклона отражателя на результат измерения.
- 3) Исследование влияния размера отражателя на результат измерения.
- 4) Обработать полученные данные для изучения

**Обзор литературы.** На точность данных влияет огромное количество факторов, которые можно предвидеть и предотвратить [1]. Исследования показывают, что при использовании локатора для измерения уровня жидких и сыпучих веществ существует определенная погрешность, которую можно учесть [2]. Также ультразвуковые датчики широко применяются для изучения интересующих человека вопросов в водной среде. Вопрос изучения морского дна стоит довольно остро, ведь такое знание позволяет прогнозировать сейсмические риски и риски цунами, а также выявлять природные объекты и рыбные ресурсы, которые нуждаются в защите [3].

Ультразвуковые датчики имеют некоторые существенные недостатки в сравнении с, например, камерами технического зрения, связанные с особенностью работы ультразвуковых датчиков и самого ультразвука.

Например, необходимо работать на низкой частоте, чтобы достичь рабочего расстояния в примерно один метр. Это связано с затуханием ультразвуковых волн в воздухе, также на распространение ультразвука в воздухе влияют свойства среды и частота сигнала. Поэтому необходимо использовать низкочастотные датчики, которые имеют низкую степень направленности [4].

Материалы. Ультразвуковой дальномер HC-SR04, Микроконтроллер Arduino Uno, макетную плату Arduino Breadboard, соединительные провода, среда разработки Arduino IDE 2.0.3. Инструментами измерения были: транспортир, линейка, рулетка длиной 5 м. Набор отражатель разного размера.

Методы. Главным методом в нашей работе является метод экспериментального изучения.

Ход работы. Сначала на базе Arduino был собран акустический дальномер, который выводил получаемые данные на экран компьютера. Затем начали проводиться измерения. В этой части исследования был использован отражатель размерами 9 см x 8,9 см. На ровной поверхности была размещена рулетка, перпендикулярно ей мы расположили локатор. На дистанции в 300 см, с шагом в 5 см мы измеряли расстояние до отражателя и заносили их в таблицу. После этого поменяли угол на 30 градусов и 60. Были проведены аналогичные измерения. Вторая часть работы состояла из сбора данных об изменении угла отражателя, в ней мы использовали отражатель размерами 5,6 мм X 53,98 мм. Дистанция была, как и в первой части исследования. Измерения проводились под углами отражателя: 15, 30, 45, 60 градусов. Угол излучения был равен 0 градусов. В третьей части мы исследовали влияние размера отражателя. Так же была использована дистанция в 300 метров, шаг – 5 см. Отражатели были сделаны из плотного картона и имели диаметры: 10 см, 8 см, 6 см, 4 см, 2 см. Изучение проводились под углом 0 градусов. Для каждой части исследования был сделан цикл из 3-х измерений.

Обработка результатов. По итогам измерений была вычислена погрешность для каждого измерения:  $X = X_0 - X_{п}$ , где  $X$  - погрешность,  $X_0$  - расстояние до отражателя, измеренное по рулетке,  $X_{п}$  - результат измерения, полученный локатором. Затем была вычислена средняя погрешность для 3-х измерений:  $X_{ср} = (X_1 + X_2 + X_3) / 3$ , где  $X_{ср}$  - средняя погрешность.  $X_1, X_2, X_3$  - значения погрешности в 1, 2 и 3 попытку соответственно. Исходя из полученных данных было сформировано три диаграммы (рис.1, рис.2, рис.3).



Рис.1. Зависимость погрешности вследствие изменения угла между локатором и отражателем

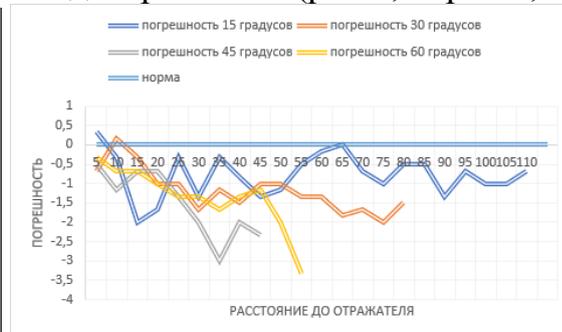


Рис.2. Зависимость погрешности вследствие изменения угла отражателя.

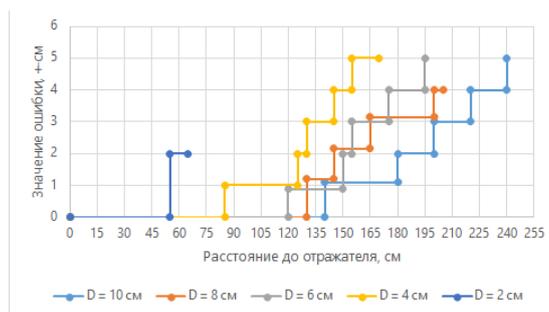


Рис.3. Зависимость погрешности в зависимости диаметра отражателя.

Выводы. В ходе проведенных измерений была исследована погрешность ультразвукового лоатора в различных условиях. Исходя из полученных данных можно сделать вывод, что наблюдается прямая зависимость между расстоянием до отражателя и погрешностью: чем дальше отражатель, тем больше погрешность. При увеличении угла расположения отражателя уменьшается расстояния действия лоатора. Также возрастание погрешности также связана с размерами отражателя: чем меньше отражатель, тем раньше начинается ошибка и быстрее её увеличение.

Способы увеличения точности измерений:

- 1) Использование максимально большого отражателя.
- 2) Для того, чтобы увеличить дистанцию измерений, нужно располагать отражатель на оси датчика, а также уменьшить угол наклона отражателя к оси датчика.

В дальнейшей работе предполагается провести исследования по использованию двух канального лоатора для уменьшения погрешности.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ашанин, В. Н. К вопросу о повышении точности эхолокационных средств измерения уровня разделения сред в резервуарах / В. Н. Ашанин, А. А. Мельников, С. Г. Исаев, С. А. Цуриков // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2020. – № 3 (55). С. 78–87.[1]
2. К.Г. Дударев, И.М. Бондарь, Л.Н. Ананченко, Е.С. Сахно. Исследование отражающих свойств ультразвука с разработкой парктроника автомобилей // международный научный журнал «Символ науки» - 2021. - № 4. – С. 26-27.[2]
3. Esther G. Sarabia, Jose R. Llata, Sandra Robla, Carlos Torre-Ferrero, Juan P. Oria. Accurate Estimation of Airborne Ultrasonic Time-of-Flight for Overlapping Echoes. November 13, 2013[3]
4. Esther G. Sarabia , Jose R. Llata, Sandra Robla, Carlos Torre-Ferrero and Juan P. Oria. Accurate Estimation of Airborne Ultrasonic Time-of-Flight for Overlapping Echoes // Sensors. – 2013. - №13. – p. 15466 -15488.[4]
5. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%A3%D0%BB%D1%8C%D1>

[%82%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%B2%D1%83%D0%BA&stable=1](#)

(дата обращения: 18.12.22)

6. [Электронный ресурс] – режим доступа:

7. <https://amperka.ru/product/hc-sr04-ultrasonic-sensor-distance-module> (дата обращения 23.11.22)

## **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННЫМ ДВИГАТЕЛЕМ МАЛОЙ МОЩНОСТИ**

*Петров Роман, Шендеров Владислав*

*Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение  
лицей при ТПУ, 10 класс*

*г. Томск*

Руководитель: Шестакова Вера Васильевна, канд. техн. наук.

Одной из важных актуальных задач энергетики является автоматизация процессов управления объектами электроэнергетических систем. Примерами таких объектов являются двигатели переменного тока. В энергетике они используются повсеместно, они есть на любой электростанции, в системах электроснабжения нефтегазовых предприятий и т.д.

Важно отметить, что принципы управления не зависят от размеров и мощности двигателей. В данной работе объектом управления является лабораторная модель трехфазного асинхронного двигателя (АД), изготовленная на заводе в 20-м веке, во времена Советского Союза.

Цель работы: рассчитать параметры и собрать систему питания и управления трехфазным АД мощностью 6 Вт.

Задачи проекта:

- рассчитать параметры схемы, преобразующей однофазную схему питания от лабораторного трансформатора (ЛАТР) в трехфазную;
- провести ряд экспериментов, определяющих характеристики двигателя;
- провести ряд экспериментов, определяющих характеристики системы управления.

Обзор аналогов систем управления АД

Информационный поиск показал, что в настоящее время практически все двигатели применяются в комплекте с системами управления [1]. Существуют два типа систем управления: релейно-контакторная система; микропроцессорная система. В данной работе было принято решение применить релейно-контакторную систему, которая имеет низкую стоимость и высокую ремонтпригодность.

Целевая аудитория проекта. Маломощный трехфазный АД с напряжением питания ~25 В может быть использован в качестве учебного пособия в ВУЗах

для студентов направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Наиболее вероятно использование системы управления АД при изучении дисциплины «Электрические машины».

Используемые материалы, методы, оборудование.

Для расчетов параметров системы питания и управления применялся метод математического моделирования, расчеты проводились в ПК Mathcad.

Для определения характеристик АД применялся экспериментальный метод. При запуске АД проводилось непосредственное измерение токов фаз в обмотке статора при заданном напряжении. Активное сопротивление  $R_A = 4.7$  Ом и индуктивность  $L = 0,052$  Гн фазы АД были измерены цифровым LCR-тестером. Индуктивное сопротивление фазы двигателя

$$X_A = X_B = X_C = \omega L = 314 \cdot 0,052 = 16 \text{ Ом.}$$

Система питания включает в себя конденсаторы и резисторы с параметрами:  $C_1 = C_2 = 40$  мкФ,  $R_1 = R_2 = 46$  Ом. Емкостное сопротивление переменному току

$$X_{C1} = X_{C2} = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{314 \cdot 40 \cdot 10^{-6}} = 80 \text{ Ом.}$$

Описание этапов выполнения проекта.

На первом этапе работы по законам Кирхгофа была составлена система из 8-ми уравнений, по которой были рассчитаны 8 неизвестных токов в схеме рис. 1.

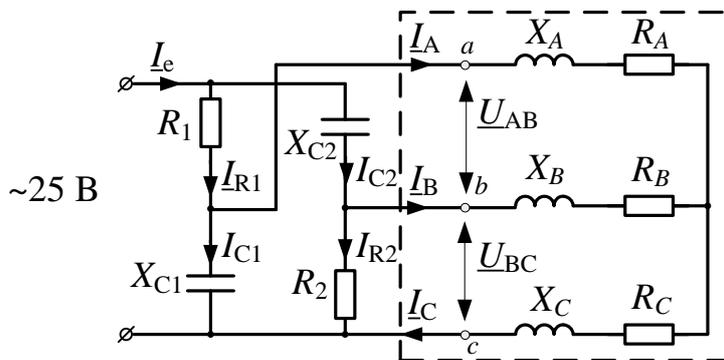


Рис. 1. Схема подключения трехфазного двигателя от одной фазы

Второй этап работы заключался в сборке схемы, запуске АД и снятии его характеристик. Погрешность между рассчитанными и измеренными токами и напряжениями не превышает 10%.

Результат проектирования – система питания и управления АД с характеристиками: напряжение питания  $\sim 25$  В, частота вращения вала 1700 об/мин., номинальный ток 0.3 А, пусковой ток около 1 А, вес 4 кг, габаритные размеры 15x20x35 см. Реле отключает двигатель при токе выше 0.5 А.

Заключение. Разработанная схема однофазного питания позволяет осуществить запуск трехфазного АД. Схема может быть использована только для двигателей мощностью до 10 Вт.

Выводы. Характеристики системы управления позволяют полноценно управлять лабораторной моделью трехфазного АД.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Системы управления асинхронным двигателем. – Текст : электронный // Engineer. – URL: <https://www.pnr-s.ru/commissioning/starters/> (дата обращения: 03.03.2023).

## БЕЗВАКУУМНЫЙ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ СИНТЕЗ КАРБИДА ХРОМА

*Шукина Валерия Владимировна*

*Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение лицей при ТПУ,*

*10 класс*

*г. Томск*

Руководитель: Поваляев Павел Вадимович, старший лаборант ИШЭ ТПУ

Карбид хрома - это керамическое соединение, наиболее известными фазами являются следующие соединения:  $\text{Cr}_3\text{C}_2$ ,  $\text{Cr}_7\text{C}_3$  и  $\text{Cr}_{23}\text{C}_6$ . В нормальных условиях ( $0^\circ$  по Цельсию, 1 атм.) данное соединение имеет серый цвет. Карбиды хрома обладают перспективными характеристиками, что позволяет широко использовать их в промышленности: изделия из данного материала имеют высокую коррозионную стойкость и жаростойкость, а также обладают повышенной износостойкостью. Указанные характеристики характерны для соединения  $\text{Cr}_3\text{C}_2$ , который обладает наилучшими показателями среди вышеперечисленных карбидов хрома [1].

Химические соединения карбидов хрома востребованы для современной промышленности. Данные соединения могут использоваться для создания износостойких покрытий, штампов горячей штамповки, изнашиваемых узлов, а также конвейерных скребков. Карбид хрома может применяться в качестве добавки к карбиду вольфрама для изготовления режущего инструмента, предотвращая рост зерен WC при спекании, что приводит к повышению качества инструмента и улучшению эксплуатационных свойств [1,2]. Существует множество способов получения карбидов хрома, которые могут иметь достоинства и недостатки. Для синтеза карбидов хрома требуется достижение высоких температур (до  $1400-1800^\circ\text{C}$ ), помимо этого во многих известных на данное время методов требуется дополнительное оборудование для создания

защитной среды (вакуум или инертная среда), что приводит как к энергетическим, так и временным затратам [3]. В исследовательской работе изучен способ получения карбида хрома с использованием безвакуумного электродугового синтеза металлов на основе хрома. Этот метод позволяет производить синтез данного соединения в коротких временных промежутках (от 10 до 90 секунд), а также происходит в атмосфере воздуха, что позволяет значительно снизить как энергетические затраты, ввиду отказа от оборудования по созданию вакуума или закупки инертного газа, а также снизить временные затраты, нежели у существующих способов получения карбида хрома и других соединений.

Актуальность исследования состоит в том, что на сегодняшний день синтез металлов, происходящий в электродуговых реакторах, проходит с большими затратами материалов, энергии и времени. А наш метод позволяет проводить синтез с помощью экологически полученных материалов, с меньшей затратой электроэнергии и в малом количестве времени.

Цель работы: изучение способа получения карбида хрома с использованием безвакуумного электродугового синтеза металлов на основе хрома.

Задачи:

1. Получить карбид хрома методом безвакуумного электродугового синтеза.
2. Исследовать свойства полученного карбида с помощью рентгеновской дифракции.

Электродуговой синтез или плазмохимический синтез нанопорошков — химический метод получения высокодисперсных порошков, заключающийся в протекании реакции в плазме дугового разряда [4]. Такой метод генерирования плазменной дуги с использованием электрического тока может применяться для синтеза карбидов, боридов и нитридов [5]. Данная методика синтеза реализуется с использованием дуговых реакторов, в которых зона реакции состоит из двух электродов, установленных горизонтально или вертикально; один из которых (катод) заполненный исходным порошком, а другой электрод (анод) обычно представляет собой стержень из чистого графита. Обычно, зона реакции заполняется газом или погружена внутрь жидкой среды, что предотвращает окисление порошка, но в данном исследовании используется безвакуумный дуговой реактор.

Синтез порошка карбида хрома производился с использованием безвакуумного электродугового реактора постоянного тока. В реакторах такого типа используется сварочный инвертор с возможным значением силы тока 200 А. Источники постоянного тока имеют положительный и отрицательный выводы. В данной системе графитовый тигель, куда помещается смесь, является катодом, а графитовый стержень анодом. При взаимодействии анода с катодом происходит короткое замыкание в системе и при отведении его от катода инициируется дуговой разряд. Регулировать разряд можно путем увеличения/уменьшения разрядного промежутка. Окисление порошка не происходит ввиду эффекта самоэкранирования газами CO и CO<sub>2</sub>.

Процесс синтеза в таких реакторах обычно происходит следующим образом: после включения источника питания (переменного или постоянного тока) электроды соприкасаются для образования дуги и затем отводятся на расстояние 1–2 мм для создания разрядного промежутка, что приводит к созданию устойчивого дугового разряда. Постоянный ток поддерживается через электроды, чтобы получить стабильный дуговой разряд, для стабильности дуги необходимо поддерживать заданный разрядный промежуток между электродами. При горении дугового разряда в месте инициации дуги происходит появление высоких температур  $\sim 10000 - 12000$  К, что и обеспечивает синтез соединений.

Для синтеза карбида хрома были использованы порошок чистого хрома (ПХ1С (99,1% чистота)) и углерод, полученный из резинотехнических отходов (обеззоленный). При смешивании исходной смеси порошки смешивали с различными соотношениями (1:1, 1:1,05, 1:1,1). Исходя из предыдущих опытов было выявлено, что при электродуговом синтезе карбидов при высоких температурах может произойти дефицит углерода. Для исключения наличия чистого порошка и завершения реакции по синтезу карбида хрома, было проведено 3 опыта. Смешивание порошков производилось в вибрационной мельнице Retsch 500 nano, помол производился в течение 15 минут при частоте 30 Hz в стальном размольном стакане и размольными телами (шары диаметром 10 мм). Взвешивание продуктов происходило на весах Ньютон ГЛС.

Для проведения эксперимента в малый графитовый тигель засыпали вещество массой  $\sim 1,5$  грамма. Тигель закрывали графитовой крышкой и помещали в графитовый тигель большего размера. Тигли с порошком перемещали на подложку лабораторного электродугового реактора вертикального типа. После этого, малый графитовый тигель подвергали воздействию электродугового разряда путем проведения к нему графитового стержня с использованием автоматического привода. Полученный порошок измельчали в агатовой ступке. Далее полученные порошки исследовали с помощью рентгенофазного анализа на дифрактометре Shimadzu XRD-7000S. Также во время эксперимента было проведено измерение напряжения и тока в различные промежутки времени (рис.1).

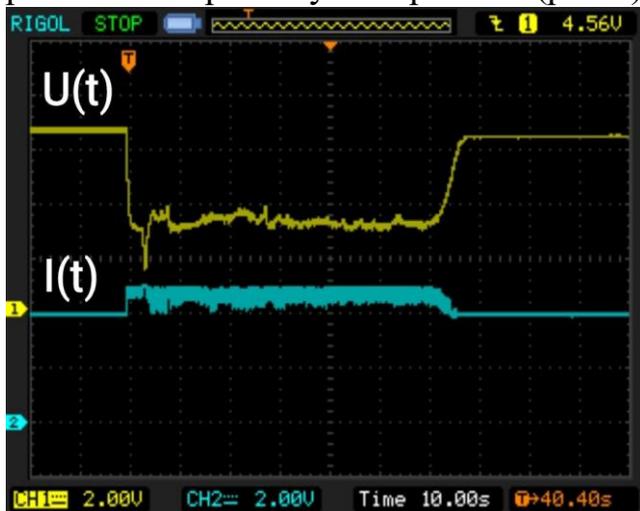


Рис. 1. Типичные характеристики процесса электродугового синтеза:

$U(t)$  - напряжение на источнике питания в процессе синтеза;

$I(t)$  - зарегистрированные значения тока в процессе синтеза.

На рисунке 2 (см. приложение) приведена картина рентгеновской дифракции. С помощью программного обеспечения Search-Match полученные рентгенограммы сравнили с известными эталонами из баз данных.

По результатам рентгеновской дифрактометрии выявлено, что был получен порошок  $\text{Cr}_3\text{C}_2$ , но такой порошок содержит примеси, а также  $\text{Cr}_7\text{C}_3$ . Фаза  $\text{Cr}_7\text{C}_3$  вероятней всего является промежуточной, влияние данной фазы в данном порошке на всю смесь требуется изучать далее.

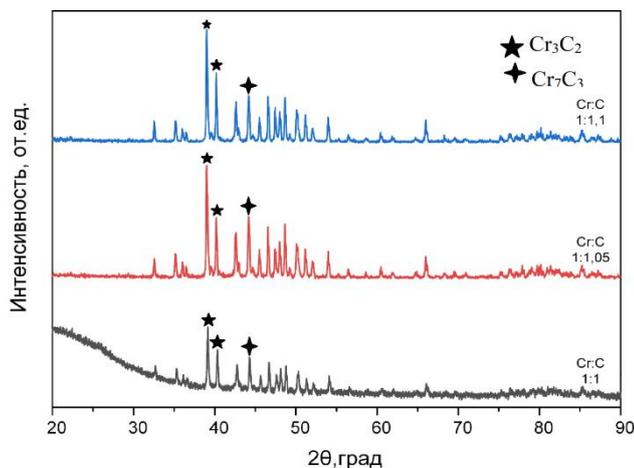


Рис. 2. Рентгенограммы полученных порошков  $\text{Cr}:\text{C}$  в различных соотношениях (1:1.1; 1:1.05; 1:1)

Также дальнейшие исследования планируются по синтезу карбида хрома с использованием углерода, полученного из нефтяных отходов (асфальтенов) и сравнение характеристик полученного карбида хрома с порошками полученными в данной работе.

#### Выводы:

1. Показана возможность получения карбида хрома  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  с помощью электродугового синтеза.
2. В полученном веществе был обнаружен  $\text{Cr}_7\text{C}_3$ , который является побочным продуктом при синтезе.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карбид хрома: свойства, получение, применение [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://fb.ru/article/462758/karbid-hroma-svoystva-poluchenie-primeneni> (дата обращения: 13.12.2022)
2. Ю.Л. Крутский, К.Д. Дюкова, А. Г. Баннов, А.В. Ухина, В.В. Соколов, А.Ю. Пичугин, Т.М. Крутская, О.В. Нецкина, В.В. Самойленко. Синтез высокодисперсного порошка высшего карбида хрома с использованием нановолокнистого углерода// Порошковая металлургия и функциональные покрытия. – 2014. - №3. – С. 3-8.
3. О.Н. Приписнов, Е.В. Шелехов, С.И. Рупасов, А.С. Медведев. Механизм фазообразования и особенности механохимического синтеза карбидов хрома // Порошковая металлургия и функциональные покрытия. – 2014. - №3. – С. 8-15.
4. Материалы и методы нанотехнологий: учеб. пособие / А.А. Ремпель, А.А. Валеева.— Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2015.— 136 с.
5. Краснов А.Н., Слепцов В.М. Дуговая плазма в порошковой металлургии // Спрингер. - 1965. - № 1. С. 59-65.

# СОЗДАНИЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННОГО ГИДРОФОБНОГО ПОКРЫТИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ АЛЮМИНИЕВОЙ ФОЛЬГИ

*Ярыгина Полина Данииловна*

*Государственное бюджетное общеобразовательное учреждение лицей №533,  
г. Санкт-Петербург, 10 класс*

Руководитель: Болдырева Валерия Викторовна

Алюминий - широко используемый материал в различных сферах машино- и авиастроения. Этот цветной металл легко добывается, его сплавы нужны во всех сферах промышленности. Из-за чего ученые ищут различные способы улучшения свойств алюминия. [1-7] Одним из таких способов является наноструктурирование поверхности с дальнейшим созданием на ней гидрофобного покрытия. Такая модификация алюминия улучшает его устойчивость к коррозии, обледенению и биообрастанию. [5] Такие свойства необходимы, во многих сферах промышленности. Супергидрофобные характеристики наноструктурированного алюминия повышают его функциональные характеристики, при этом являются экологичными и экономичными.

Гипотеза. При помощи легкодоступных материалов можно создать наноструктурированное покрытие.

Цель. Разработать технологию создания наноструктурированного покрытия на алюминии, при помощи доступных материалов и методов.

Проблема. Получение пор определенного диаметра на поверхности алюминия важно для его последующего гидрофобизирования. В методических материалах нет информации по зависимости размера пор от условий электролиза.

Актуальность. Я предлагаю технологию анодирования алюминия, сделанную с помощью легкодоступных электролитов, которая позволяет получить на поверхности алюминия поры диаметром 200 нм. Такие поры создают однородную сетчатую структуру. Такой размер пор положительно влияет на различные характеристики алюминия. ссылка

Задачи

1. Рассмотреть аналоги решения проблемы.
2. Изучить научную литературу по анодированию
3. Разработка технологии обработки поверхности легкодоступными материалами
4. Экспериментальная проверка
5. Рассмотреть варианты возможного использования
6. Подвести итоги проекта

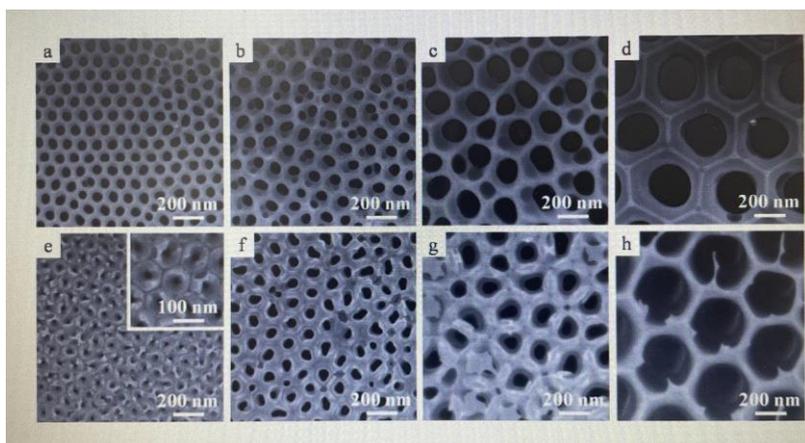
Аналогичные решения проблемы:

Одним из способов создания наноструктурированного покрытия является многоступенчатое анодирование в основе этого процесса лежит последовательно выполняемое анодирование. [6] Еще один метод - это мягкое анодирование. оно

проводится в течение длительного времени (2-4 часа), в результате такого анодирования получается однородная наноструктура с порами 60-280 нм. [7]

#### Технология обработки поверхности

В основе создания наноструктурированного покрытия лежит методика анодирования, внутри которой можно варьировать различные параметры для достижения лучших результатов. При помощи этого метода на алюминии образуются наноразмерные поры. Эти поры образуются, когда вода расщепляется высвобождая кислород на поверхности алюминия образует покрытие в виде сетки из пор.



На рис.1 представлены изображения верхней и задней поверхностей мембран из аморфного оксида алюминия с различным диаметром пор. (Анодирование в  $\text{H}_3\text{PO}_4$  0.2М с разным напряжением и временем анодирования) [7]

Рис. 1 изображение сетчатой структуры наноструктурированной поверхности

Размер пор влияет на цвет оксидной пленки, чем

больше диаметр пор, тем ближе цвет поверхности к красному

Технология создания наноструктурированного гидрофобного покрытия:

1. Обезжиривание с помощью ацетона
2. Травление поверхности
3. Анодирование
  - a. в фосфорной кислоте ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ )
  - b. в щавелевой кислоте ( $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$ )
  - c. в серной кислоте ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )

#### Используемые материалы и оборудование

Материалы. Алюминиевая фольга, серная кислота (р-р 3М), фосфорная кислота (р-р 3М), щавелевая кислота(тв), дистиллированная вода.

Оборудование. Стенд электрохимический (гальванический) мощностью 3кВт и 0,3кВт с возможностью давать постоянное напряжение в диапазоне 0-300 В и 0-100 В. Наносканер Nanoiducator LE. Микроскоп.

Обезжиривание. Процесс необходим для очищения поверхности. Производится в основном при помощи спиртов, в данном случае - ацетона.

Травление поверхности. Этот этап убирает следы механических повреждений. Для травления используется 1М раствор  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , алюминий необходимо травить в течение 30 секунд, после чего промыть дистиллированной водой и высушить. [2]

Анодирование. Это процесс создания пористой оксидной пленки на поверхности металла. Благодаря анодированию, у алюминия появляется сетчатая наноструктура. От режима анодирования зависит размер пор. [1-6]

Характеристика/и спользуемая кислота	Концентрация электролита	Напряжение на электролизере	Время анодирования
H3PO4	0,2M	110В	5 мин
C2H2O4	0,075M	100В	5 мин
H2SO4	20%	20В	20 мин

Табл.1 Характеристика и режим анодирования для разных электролитов (для получения пор размером 200 нм) [1-5]

#### Экспериментальное подтверждение

Представленные электролиты являются самыми доступными и распространенными. Процесс анодирования происходит в несколько этапов: заполнение электрохимической ячейки электролитом, опускание электродов в ячейку. После прохождения процесса анодирования согласно таблице 1 на алюминии образовалась оксидная пленка из пор размером 200 нм - алюминий приобрел красноватый отлив. (см. рис.2) Далее размеры пор были измерены методом силовой микроскопии с помощью наносканера.



Рис. 2

#### Варианты использования наноструктурированного гидрофобного покрытия

Наноструктурированные покрытия предназначены для обработки гидрофобизатором(модификатором). В моем случае я их обработала октадеканом. Средний краевой угол на анодированной алюминиевой фольге получился 120 градусов. (измерения проводились на микроскопе)

Супергидрофобные покрытия необходимы для продления сроков работы оборудования нефтегазовой, авиационной, атомной, машиностроительной, металлургической, строительной и др. отраслей промышленности. В частности, покрытия защищают от коррозии буровых платформ, мостов и металлоконструкций. Такое покрытие можно использовать в авиационной промышленности для защиты от обледенения и коррозии или для улучшения влагонепроницаемых свойств. Например, обледенение - оно происходит при столкновении агрегатов летательного аппарата с переохлажденными каплями (капли жидкости, имеющие температуру ниже температуры кристаллизации). Капли сталкиваясь с самолетом мгновенно кристаллизуются и образуют наросты льда. Однако если покрыть детали самолета наноструктурированным гидрофобным покрытием капли не смогут “прикрепиться” к самолету и будут слетать с самолета. Также такое покрытие можно использовать в строительстве мостов, в котором тоже

используют алюминий. Наноструктурированное гидрофобное покрытие увеличит срок использования мостовых строений.

Наноструктурированную гидрофобизированную поверхность можно использовать во всех направлениях промышленности, где используется алюминий, так как такая поверхность повышает не только износостойкость, но и улучшает устойчивость к ультрафиолетовому излучению, а также на гидрофобизированном алюминии плохо конденсируются жидкости. Эти свойства можно использовать в космической индустрии. Увеличивая тем самым срок использования космических станций и ракет. [4]

Вывод. В результате работы я создала технологию изготовления наноструктурированной поверхности алюминия с использованием легкодоступных реагентов. В основе технологии лежит анодирование алюминия, в результате которого на поверхности алюминия получается структура из пор размером 200 нм. Которую впоследствии можно обработать гидрофобизатором и получить супергидрофобную наноструктурированную поверхность.

Наноструктурированные супергидрофобные покрытия могут быть использованы в авиастроении и судостроении. Потенциальными заказчиками могут быть компании, связанные со строительством и/или сборкой кораблей и самолетов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Takahashi H., Fujimoto K., Nagayama M. Effect of pH on the Distribution of Anions in Anodic Oxide Films Formed on Aluminum in Phosphate Solutions. // Journal of the Electrochemical Society. 1-1-1988. V.135. N.6. P.1349-1353.
2. Martin T., Hebert K.R. Atomic Force Microscopy Study of Anodic Etching of Aluminum: Etching Morphology Development and Caustic Pretreatment. // Journal of the Electrochemical Society. 1-1-2001. V.148. N.2. P.B101-B109.
3. Masuda H., Nagae M., Morikawa T., Nishio K. Long-range-ordered anodic porous alumina with reduced hole interval formed in highly concentrated sulfuric acid solution. // Japanese Journal of Applied Physics Part 2-Letters & Express Letters. 2006. V.45. N.12-16. P.L406-L408.
4. Priya Varshney, Soumya Sanjeeb Mohapatra & Aditya Kumar (2016) Superhydrophobic coatings for aluminium surfaces synthesized by chemical etching process, International Journal of Smart and Nano Materials, 7:4, 248-264, DOI: 10.1080/19475411.2016.1272502
5. Morozova P.A., Petukhov D.I. Preparation of Au/TiO<sub>2</sub>/Ti memristive elements via anodic oxidation // Nanosystems: Physics, Chemistry, Mathematics. 2017. V.8. P. 823-829
6. НАНОСТРУКТУРИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ ©© 2015 Н. М. Яковлева, А. Н. Кокатев, Е. А. Чупахина, К. В. Степанова, А. Н. Яковлев, С. Г. Васильев, А. М. Шульга
7. Fabrication and Characterization of Single Phase  $\alpha$ -Alumina Membranes with Tunable Pore Diameters

