

**ТРУДЫ  
XXII МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РАБОТ ШКОЛЬНИКОВ  
«СТАРТ В НАУКУ»**

Московский  
физико-технический институт  
(национальный  
исследовательский университет)



Долгопрудный  
2020

## Оглавление

Секция астрофизики и аэрокосмических технологий.....	- 7 -
Оценка и прогноз состояния ледника с использованием данных дистанционного зондирования земли на основе ледника Джанкуат.....	- 7 -
Использование воздушных шаров для сбора космического мусора .....	- 8 -
Тепловой диаметр солнца .....	- 9 -
Разработка перспективного авиационного двигателя для гиперзвуковых ЛА.....	- 14 -
Применение эффекта Магнуса в авиации .....	- 17 -
Внедрение технологии экзоскелета в космический скафандр .....	- 20 -
Замкнутая автономная энергосистема с генерацией водорода от солнца на борту беспилотного летательного аппарата.....	- 24 -
Влияние аккреции на физику нейтронных звёзд .....	- 30 -
Организация жизни и строительство первых колоний на луне .....	- 31 -
Исследование строения клиновоздушного ракетного двигателя.....	- 31 -
Проект планетохода.....	- 33 -
Самолет-квадрокоптер .....	- 37 -
Солнечный ветер как источник питания в космосе.....	- 38 -
Разработка симуляции турбореактивного двигателя в среде Blender .....	- 39 -
Использование зондового сканирующего микроскопа для предупреждающей диагностики деталей летной техники .....	- 40 -
Влияние солнечной активности на околосолнечные кометы.....	- 41 -
Секция бизнес-инноваций и менеджмента .....	- 44 -
Технопарк как решение одной из проблем современности.....	- 44 -
Атом образование (Atom Edu). Образование, которое доступно каждому.....	- 45 -
Разработка рекомендаций по утилизации органических отходов в городских условиях с помощью эм-технологии на примере северного микрорайона г.Электросталь .....	- 46 -
Математические модели экономических пузырей .....	- 50 -
Оптимизация оборотного водоснабжения АО «Уралэлектромедь».....	- 53 -
Внедрение систем беспилотного общественного транспорта в городе Архангельске .....	- 56 -
Перспективы развитие газомоторного топлива .....	- 57 -
Как создаются компании.....	- 58 -
Секция биологической и медицинской физики.....	- 60 -
Инновационное антибактериальное нанопокрытие .....	- 60 -
Лазерный фотоэлектрический поляриметр для исследований биомедицинских хиральных сред .....	- 62 -
Анализ биодоступности антиоксидантов чайных сборов.....	- 64 -
Разработка датчиков мышечной активности .....	- 68 -

Биофизические факторы оптического излучения при фототерапии острых респираторных заболеваний .....	69 -
Исследование и модификация инкапсулированных и не инкапсулированных слоями полиэлектролитов цианобактерий и применение их свойств в виде нового способа генерации кислорода .....	74 -
Исследование влияния хелатных комплексов на основе глицина.....	75 -
на прорастание семян рапса.....	75 -
Изучение особенностей роста перца сорта Каролина Рипер (Carolina Reaper).....	76 -
Разработка прибора для диагностики сердечно-сосудистых заболеваний при помощи тонометра.....	87 -
Исследование возможности использования метиловых эфиров жирных кислот в качестве пластификаторов ПВХ.....	88 -
Исследование качественной зависимости скорости одиночного сокращения искусственной мышцы от нагрузки .....	91 -
Окислительный гомеостаз и антиоксидантный статус гриба <i>Aspergillus Niger</i> в зависимости от времени ультразвуковой обработки.....	95 -
Комплексное очищение рек (Устройства Гидроклетка и Аква Лустрали) .....	100 -
Разработка нового алгоритма поиска ортологичных групп генов на основе DBscan и MCL.....	101 -
Измерение скорости реакции человека с помощью собственного прибора «Кто быстрее?».....	103 -
Секция математических наук и программирования .....	104 -
Уникурсальные звезды и математический бильярд в экстремальных задачах на переливание .....	104 -
Периодические бильярдные траектории в правильном шестиугольнике .....	105 -
Трагедия общин: применение теории графов в решении экологических проблем....	107 -
Рекуррентные последовательности квадратных уравнений.....	109 -
Невозможные фигуры .....	111 -
Математика в гексагональных шахматах Глинского .....	115 -
Обучение оператора очистного устройства нефтеперерабатывающего завода с использованием VR-технологии .....	116 -
Геометрические методы решения полиномиальных уравнений.....	121 -
Мультиагентный peer-to-peer рынок электроэнергии для полигона REIDS в Сингапуре. Разработка оригинального алгоритма купли/продажи мультиагентами электроэнергии по правилам аукциона второй цены VCG .....	123 -
Магические прямоугольники на цилиндре .....	128 -
Визуализация понятий и фактов, связанных с индексом разносторонности треугольника-	129 -
«Программирование На Бегу»: поиск и воплощение идеи в приложении EasyHTML -	131

Задача о пожарных на бесконечных графах.....	- 133 -
Анализ эмоциональных проявлений человека.....	- 134 -
Разработка и внедрение экспертных систем .....	- 135 -
Последовательные квадраты с одинаковой суммой цифр.....	- 137 -
График движения как способ визуализации информации.....	- 138 -
Определение положения вершин ячеек расчетной сетки с использованием метода пружинной аналогии .....	- 143 -
Приложение для визуализации звука с помощью векторов магнитной индукции ....	- 147 -
Использование нейронной сети для экономного управления отоплением в системе «умный дом» .....	- 149 -
Фигура, которая не делится на две равные части.....	- 151 -
Новая магия квадратов .....	- 152 -
Моделирование распространения волны горения .....	- 154 -
Дополнение к списку Верника .....	- 158 -
Исследование корреляции успеваемости и баллов ЕГЭ с использованием методов Machine Learning .....	- 158 -
«Contact» - мобильное приложение для коммуникации с людьми с нарушениями речи... - 161 -	- 161 -
Разработка алгоритма адаптируемой нейронной сети для оптимизации работы маршрутизатора .....	- 163 -
Защита приложений-загрузчиков Windows.....	- 164 -
Умный будильник PS-WUQ (Physiology of Sleep - Wake Up Quickly) .....	- 166 -
Секция нано-, био-, информационных и когнитивных наук и технологий .....	- 170 -
Крахмалопласт как упаковка будущего.....	- 170 -
Экспресс способ оценки антибиотикорезистентности бактерий .....	- 174 -
Новая технология утилизации жидких отходов алюминиевого производства с получением товарной продукции - сульфата натрия .....	- 175 -
Получение нано катализатора водорода Ni/Pt-NP методом импульсной лазерной абляции Pt в жидкости.....	- 180 -
Синтез и исследование многофункциональных фосфатов церия(IV) .....	- 182 -
Изучение свойств тонкопленочных солнечных батарей на основе аморфного кремния... - 184 -	- 184 -
Исследование влияния кофеина на поведенческие реакции мышей .....	- 185 -
Исследование влияния пассивного курения электронных сигарет на живые объекты в условиях лабораторного моделирования .....	- 188 -
Система очистки водоемов от последствий теплового загрязнения .....	- 192 -
Разработка способа получения иммобилизованных форм лактобактерий на основе поливинилпирролидона.....	- 194 -
Разработка тонковолокнистых противоожоговых и раневых покрытий .....	- 196 -

Влияние наночастиц металлов на поведенческие реакции, структуру головного мозга и показатели крови животных .....	197 -
Использование дрожжей <i>SACCHAROMYCES CEREVISIAE</i> в качестве индикатора токсичности наноматериалов на основе соединений цинка.....	202 -
Способ очистки твердых поверхностей от микро- и нано-частиц.....	208 -
Повышение эффективности элементов Пельтье методом исследования нанесений различных нанопокровов на термопары.....	210 -
Синтез наночастиц меди для использования в ранозаживляющих мазях .....	214 -
Секция радио-, робототехники и компьютерных систем .....	216 -
Система умного пешеходного перехода.....	216 -
Универсальная плата управления и контроля моделей .....	217 -
Автоматизированная система контроля обеспечения газовой безопасности .....	218 -
Робот видеоприсутствия - промобот.....	221 -
Распознавание дорожных знаков на основе анализа контуров .....	223 -
Мультиперчатка .....	226 -
Фотоэлектрический энергетический накопитель .....	227 -
Возможности робототехники. Проект Amadeus .....	231 -
Подводный аппарат “Посейдон” .....	232 -
Электронная книга со шрифтом Брайля.....	237 -
Создание торгового автомата на основе монето-приемника.....	241 -
Подводный аппарат “Малахит 5М” .....	245 -
Автоматизированный комплекс по замене аккумуляторов.....	246 -
«Пустельга» - беспилотник для поиска и спасения людей.....	249 -
Многофункциональная система на основе контроллера Arduino Nano .....	250 -
Робот – чертежник с возможностью дистанционного управления смартфоном.....	251 -
«Умный» рюкзак.....	257 -
Разработка программно-аппаратного решения симметричного управления манипулятором.....	258 -
Система позиционирования и навигации для «Умного города» .....	259 -
Робототехническая платформа «Азимов» v 2.0 .....	267 -
Универсальная гусеничная платформа робота удаленного присутствия .....	268 -
Многофункциональная защитная каска для сотрудников спецподразделений .....	269 -
Исследовательская платформа для отработки алгоритмов и программ для самоходной буровой установки, работающей в условиях Марса .....	270 -
Микрогрид и организация децентрализованных информационных систем.....	271 -
Автоматические вертикальные грядки .....	273 -
W.E.L.L. – Water Earth Light Laboratory: робот для анализа верхних слоев почвы ...	278 -

Секция фотоники, квантовой и молекулярной физики .....	280 -
Синтез кислорода и изучение его газовых характеристик .....	280 -
Гидрофобный фильтр для ликвидации нефтяных загрязнений с водной поверхности-	280
-	
Стабилизация доменной границы градиентным магнитным полем в плёнках железо-иттриевых гранатов .....	282 -
Нахождение вектора состояния одиночного спина.....	284 -
Нелинейные оптические эффекты в сильно поглощающих средах.....	285 -
Гибкие солнечные элементы нового поколения.....	290 -
Измерение угловой скорости вращения с использованием кольцевого лазера.....	294 -
Получение и микроскопическое исследование никелевых плёнок на меди.....	298 -
Демонстрация принципа неопределенности Гейзенберга на примере фемтосекундного импульса .....	302 -
Секция фундаментальной и прикладной физики .....	305 -
Комплексное исследование характеристик музыкального звука на примере гитары-	305 -
Исследование заряд-разрядных кривых и определение емкости самодельных ионисторов .....	309
Изучение дефектов плёночного покрытия оптических элементов при помощи лазера.	314
Разработка конструкции ветряного электрогенератора для индивидуального хозяйства .....	316
Исследование экранирующего эффекта и спутного следа при обтекании тел воздушным потоком .....	317
Изучение свойств и применение тороидального соленоида .....	318
Исследование магнитогидродинамического эффекта в электролитах.....	320
Создание многофункционального автоматизированного устройства для рекуперации воздуха .....	325
Воздействие лазером постоянного излучения с длиной волны 532нм на старинную бумагу .....	326
Характеристики вращения эвольвентного конического маятника .....	328
Оптимальные условия восстановления магнитных свойств постоянных магнитов и способы длительного хранения .....	330
Исследования электромеханики и электрохимии живых растений.....	331
Разработка установки по измерению ускорения свободного падения в поле тяжести Земли .....	333
Исследование работы коронно-разрядного двигателя и возможностей его применения .....	336
Концентратор солнечных лучей.....	339
Механизм и закономерности извлечения воды «Супер ливером» .....	343

Влияние магнитного поля Земли на определение положения приемников глобальных навигационных спутниковых систем.....	347
Получение однопузырьковой сонолюминесценции в воде: сборка установки и измерительного комплекса .....	349
Кобра из палочек.....	353
Исследование бумаги А4 на прочность .....	354
Физика бумажного самолётика .....	356
Зависимость аэродинамического сопротивления тел различной обтекаемости от скорости 3d-печати .....	357
Автономная модель судна флеттнера для демонстрации эффекта магнуса .....	360
Оценка качества акустики учебных помещений .....	364
Распределение интенсивности в фокусе аберрационной цилиндрической линзы.....	368
Резонатор Гельмгольца для создания и поддержания комфорта с сопутствующим преобразованием «вредной» составляющей звуковой энергии .....	372
Радиационный фон г. Бийска Алтайского края .....	373
Цифровой микроскоп на основе веб-камеры .....	375
Исследование затопления сосуда .....	379
Автоматизация экспериментального исследовательского стенда для определения оптических свойств кристаллов KDP и DRDP.....	381

## Секция астрофизики и аэрокосмических технологий

### Оценка и прогноз состояния ледника с использованием данных дистанционного зондирования земли на основе ледника Джанкуат

*Куприянов Гавриил, Галахова Екатерина*

ГБОУ Инженерная школа 1581 г. Москвы

Цели и задачи исследования:

1. изучить теоретические материалы;
2. научиться работать с ГИС;
3. отобрать подходящие для работы снимки;
4. дешифровать космические снимки за 31 год;
5. выявить селеопасные районы на территории;
6. проанализировать причины таяния ледника;
7. спрогнозировать дальнейшие изменения ледника.

Исследование космических снимков ледников – альтернатива опасным и дорогостоящим пешим исследовательским экспедициям.

Используя основные дешифровочные признаки, можно выделить контур ледника, рассчитать его площадь и создать 3D модель рельефа. Обработав достаточно снимков за определенный период, можно судить о тенденции ледяного покрова ледника.

Годовой баланс масс является одним из основных инструментов для анализа состояния и динамики ледника на сегодняшний день. Представленный в работе метод может быть использован для примерной оценки годового баланса масс ледника. Точечное применение данного метода для одного года не даст достаточно точных данных, но при обработке данных большого промежутка времени можно проследить динамику изменения ледника.

Метод определения годового баланса масс с помощью космоснимков основывается на корреляции годового баланса масс и AAR. Результаты анализа похожих корреляций приведены в статьях организации World Glacier Monitoring Service, но в них использовались данные в рамках лишь одного года и приведены лишь для демонстрации того, что Bn и AAR взаимосвязаны [1]. В нашем случае, данные, используемые в корреляции, охватывают 19 лет.

В результате работы были сделаны следующие выводы:

1. для оценки ледника с помощью площади достаточно наличие данных ДЗЗ, полученные в конце периода абляции;
2. для анализа ледникового покрова с помощью баланса масс, помимо данных ДЗЗ, необходимо иметь результаты полевых измерений (AAR; Bn; высотные характеристики ледника; данные о плотности льда, фирна; процентное соотношение объемов льда и фирна).

### Литература

1. Интернет-ресурс World Glacier Monitoring Service

## **Использование воздушных шаров для сбора космического мусора**

*Г.И. Афанасенко*

МАОУ «Лицей инновационных технологий», город Хабаровск

*Науч.рук.: Е.А. Некрашевич, МАОУ «ЛИТ»*

Космический мусор, ступени ракет, разрушенные спутники и вещи, потерянные во время выхода людей в открытый космос, движутся вокруг Земли. Столкновение любого из этих объектов с действующим космическим летательным аппаратом может повредить его. Оптимальным решением может стать крупный воздушный шар, закрепленный в сложном состоянии на борту спутника. Когда спутник исчерпает свои возможности, шар наполнится гелием. Воздушный шар уводит спутник с орбиты и заставляет сгореть в атмосфере.

Цель работы: доказать преимущество использования воздушных шаров для сбора космического мусора над другими мерами обеспечения безопасности космических полетов в условиях техногенного загрязнения околоземного пространства.

Необходимость мер по уменьшению интенсивности техногенного засорения космоса становится понятной при рассмотрении возможных сценариев освоения космоса в будущем. Так существуют оценки, так называемый «каскадный эффект», который в среднесрочной перспективе может возникнуть от взаимного столкновения объектов и частиц «космического мусора», при экстраполяции существующих условий засорения низких околоземных орбит (НОО), даже с учетом мер по снижению в будущем числа орбитальных взрывов (42 % всего космического мусора) и других мероприятий по уменьшению техногенного засорения, может в долгосрочной перспективе привести к катастрофическому росту количества объектов орбитального мусора на НОО и, как следствие, к практической невозможности дальнейшего освоения космоса. Предполагается, что «после 2055 года процесс саморазмножения остатков космической деятельности человечества станет серьезной проблемой».

### **Литература**

1. Бурмакин А.Л. Электромагнетизм космических тел и его влияние на движение объектов в пространстве. Экскурс в проблему, Либроком, 2010
2. Рыхлова Л.В., Шустов Б.М. Астероидно – космическая опасность: вчера, сегодня, завтра, Москва, Физматлит, 2010
3. Смирнов А.В. Учёные отмечают рост объёма опасного космического мусора, Известия, № 3, 03.02.20011
4. Юбеляккер Э. Планеты и космические полёты, Москва, Мир книги, 2010
5. [www.synergetis.ru](http://www.synergetis.ru)
6. [www.inopressa.ru](http://www.inopressa.ru)
7. [www.wikipedia.ru](http://www.wikipedia.ru)
8. [www.chaskor.ru/news/zashchita\\_ot\\_kosmicheskogo\\_musora](http://www.chaskor.ru/news/zashchita_ot_kosmicheskogo_musora)

## Тепловой диаметр солнца

*В.В. Белков, П.С. Васильева*

ГБОУ Школа № 2007 ФМШ

*Науч. рук.: к.ф.-м.н. О.Г. Царькова, соцпедагог ГБОУ Школы № 2007 ФМШ*

Солнце – самое заметное из всех небесных тел – все еще хранит множество загадок. Несмотря на то, что Солнце – плазменно-газовый шар, четкой поверхности не имеющий, мы воспринимаем солнечный диск резко очерченным, его видимый диаметр определяется границами фотосферы. Это связано с тем, что фотосфера непрозрачна для собственного же света, в отличие от последующих слоев; поэтому львиная доля видимого света Солнца исходит именно отсюда [1]. Между тем, несмотря на свою разреженность, температура последующих слоев достигает миллионов градусов. По сравнению с фотосферой внешние слои атмосферы Солнца испускают видимый свет довольно слабо, но из-за высокой температуры излучение на другой длине волны в соответствии с законом Вина они могут испускать с другой интенсивностью. Иначе говоря, на небе мы видим Солнце в таком угловом размере, в каком оно испускает видимый свет; но если вместо света мы используем невидимое глазом излучение, полученный нами диаметр может оказаться другим.

Цель нашего фундаментального исследования состояла в измерении углового размера Солнца с использованием нагреваемых солнечным излучением сенсорных резисторов, поэтому полученный в наших экспериментах результат назван «тепловым размером Солнца» в отличие от видимого. Стоит заметить, что опубликованных данных об угловых размерах Солнца с поверхности Земли в разных диапазонах длин волн найдено не было. В соответствии с нашей гипотезой, тепловой размер может быть больше видимого. В ходе проведения намеченных работ необходимо было решить следующие задачи: обосновать теоретически гипотезу исследования и корректность измерений по выбранной методике; собрать, съюстировать экспериментальную установку, снять и обработать данные; проанализировать полученные данные и верифицировать гипотезу.

В эксперименте использовалось пассивное сканирование небесной сферы телескопом-рефлектором с параболическим зеркалом (рис. 1). В фокусной плоскости внутри измерительной головки расположены два сенсорных резистора, нагреваемых солнечным излучением в процессе естественного перемещения Солнца вдоль эклиптики. Резисторы, к тыльной стороне которых подключены датчики температуры, соединены в мосты Уитстона. С помощью специального аппаратного и программного обеспечения величины напряжения разбалансировки мостов Уитстона  $U_G$  и температуры термодатчиков  $T$  записываются синхронно в один массив данных, что позволяет построить графики зависимостей от времени и температуры  $U_G(t)$ ,  $T(t)$ ,  $U_G(T)$  для последующего анализа. При этом синхронные показания 2-х каналов разбалансировки мостов Уитстона и 2-х каналов термодатчиков позволяют минимизировать экспериментальную погрешность путем дублирования записи за один «проход» Солнца.

В работе продемонстрирована корректность измерений по выбранной методике с использованием мостов Уитстона и выведена формула линейной зависимости напряжения разбалансировки моста  $U_G$  от температуры сенсорного резистора  $T$ . В одном измерительном цикле резистор нагревался до максимальной температуры ( $\sim 100$  °С) и охлаждался до комнатной после прохождения по нему изображения диска Солнца. После чего телескоп вручную переводился в новое положение. За время записи файла таких максимумов могло быть несколько (рис. 2). Затенение Солнца облаками приводило к уменьшению нагрева датчиков и, соответственно, амплитуды  $T(t)$  и  $U(t)$ . Несмотря на это, данные зависимости

коррелировали друг с другом, что подтверждает предложенную модель пропорциональности измеренных температуры и напряжения. Таким образом, угловой тепловой диаметр Солнца  $D$  можно вычислить (рис. 3), зная время прохождения через резистор проекции диаметра Солнца  $\delta t$  и угловую скорость его передвижения по небосклону  $v$ :  $D=v \cdot \delta t-d_r$ , где  $d_r$  — размер резистора.

Выполненные в процессе работы теоретические исследования позволили сравнить величины излучения фотосферы и короны для оценки их вклада в размер изображения Солнца. Оказалось, что интегральная интенсивность излучения хромосферы и внутренней части короны может быть сравнима с интегральной интенсивностью фотосферы во всем видимом диапазоне. Это демонстрируют расчеты кривых Планка в соответствии с характерными температурами короны и меньшего вклада в интегральную интенсивность из-за ее разреженности (рис. 4). Для графического представления формул была использована программа GeoGebra. Исходя из графиков рис. 4 можно заметить, что, хотя интенсивность излучения короны в видимом диапазоне в сравнении с фотосферой мала, полная светимость в диапазоне, хорошо пропускаемом атмосферой (от 0,3 мкм до ~1,5 мкм) сравнима с той же у фотосферы. Кроме того, была проведена серия экспериментов с использованием различных стеклянных фильтров для выделения определенного спектрального диапазона (рис. 6-7).

Итак, в ходе исследований:

1. изучено и оценено возможное влияние излучения хромосферы и короны Солнца на его тепловые размеры с использованием модели абсолютно черного тела (рис.4);
2. обоснована корректность разработанной методики измерений;
3. выведена формула линейной зависимости напряжения разбалансировки моста Уитстона от температуры для построенной идеальной модели  $U_G = \frac{U\alpha}{4} T$  ;
4. получены, обработаны и проанализированы экспериментальные данные;
5. показано, что при хорошей корреляции экспериментальных данных с линейной моделью (рис. 2) на зависимости  $U_G(T)$  имеется петля гистерезиса, вызванная инерционностью системы «резистор-термодатчик» (рис. 5);
6. впервые рассчитано, что тепловой диаметр Солнца больше видимого не менее, чем на 10%, что согласуется с гипотезой и означает, что тепловая площадь Солнца больше видимой на ~20%.
7. проведена серия экспериментов с использованием стеклянных фильтров для выделения определенного спектрального диапазона, получены фотографии и наглядно подтверждена гипотеза о влиянии ультрафиолетовой части излучения короны на уширение измеренных экспериментально размеров Солнца (теплого диаметра) (рис. 7).

Практическая значимость при использовании солнечной энергии с помощью устройств, конструктивно рассчитанных именно на тепловой диаметр Солнца, может привести к осязаемому увеличению их выходной мощности и КПД по сравнению с устройствами, рассчитанными на видимый диаметр Солнца (например, в солнечных концентраторах). Кроме того, представленная экспериментальная методика может быть использована для улучшения ориентации в пространстве (в том числе для космических аппаратов) по отношению к Солнцу (или другим звездам) за счет большего размера короны по сравнению с размером фотосферы и влияния ее излучения на сенсорные датчики.

Результаты фундаментальных экспериментальных исследований по угловому размеру Солнца в диапазоне длин волн пропускания земной атмосферы были представлены школьниками на городских и международных конференциях [2-4] и научным руководителем на международном семинаре [5].

Авторы выражают признательность своим соавторам [2, 3, 5], принимавшим участие в первых экспериментах, а также благодарность д.ф.-м.н. Андрееву С.Н., инициировавшему в прошлом году цикл экспериментов по изучению теплового диаметра Солнца в рамках совместного договора ГБОУ школы № 2007 ФМШ и ИОФРАНа об академическом классе и предоставившему телескоп и электронику для проведения экспериментов в школе.

### Литература

1. An Introduction to Modern Astrophysics. V.W. Carroll, D.A. Ostlie, M. Friedlander. Physics Today 50 (5), 63-72, 1997.
2. В.В. Белков, Д.К.Кушнарв, П.С.Васильева, Н.Е. Кондратьев. Тепловой диаметр Солнца. Под рук. соцпедагога ГБОУ Школы № 2007 Царьковой О.Г. и уч. секретаря ИОФРАН Андреева С.Н. Материалы конкурса научных проектов школьников в рамках проекта «Академический класс в московской школе», 53-72, Москва, 2018.
3. В. Белков, П. Васильева, Н. Кондратьев, Д. Кушнарв, О.Царькова, С. Андреев, «Тепловой диаметр Солнца» Электронное научное издание Альманах Пространство и Время 16, 3-4 (2018). DOI: 10.24411/2227-9490-2018-12031. Стационарный сетевой адрес: 2227-9490e-aprov\_r\_e-ast16-3\_4.2018.31.
4. V.V. Belkov, P.S. Vasileva. Thermal diameter of the Sun. - International competition of research and engineering projects SCIENTISTS OF THE FUTURE. Moscow. 2019.
5. O.G. Tsarkova, S.N. Andreev, V.V. Belkov, P.S. Vasileva, N.E. Kondratyev. Thermal diameter of the Sun. XVIII International Seminar on Mathematical models and modeling in laser-plasma processes and advanced science technologies (LPpM3-2019). Montenegro. Program and abstracts. Pp.58-59. 2019. <https://lppm3.ru/files/histofprog/LPpM3-2019-Programme.pdf>

### Приложение

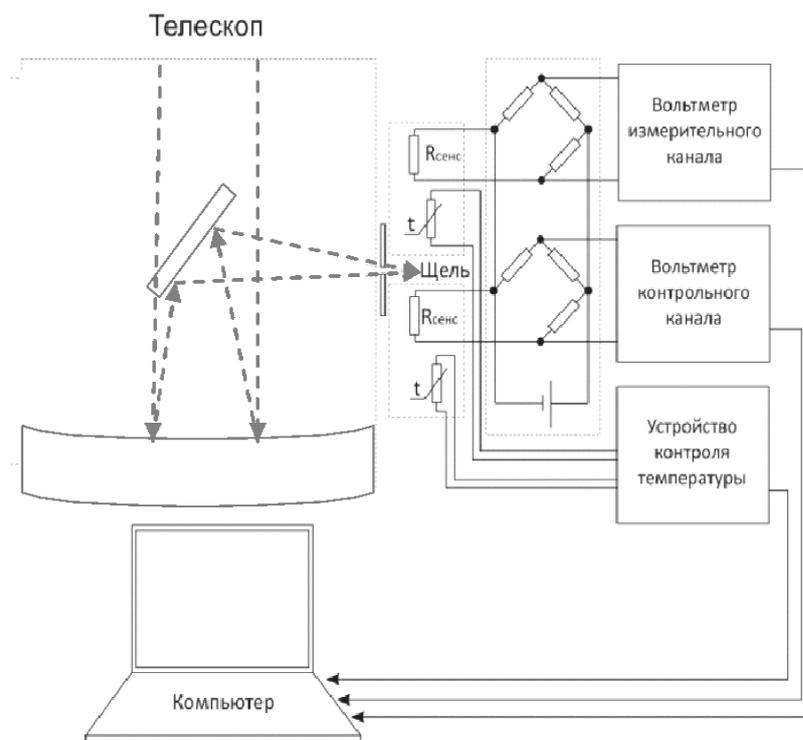


Рис. 1. Принципиальная схема измерений.

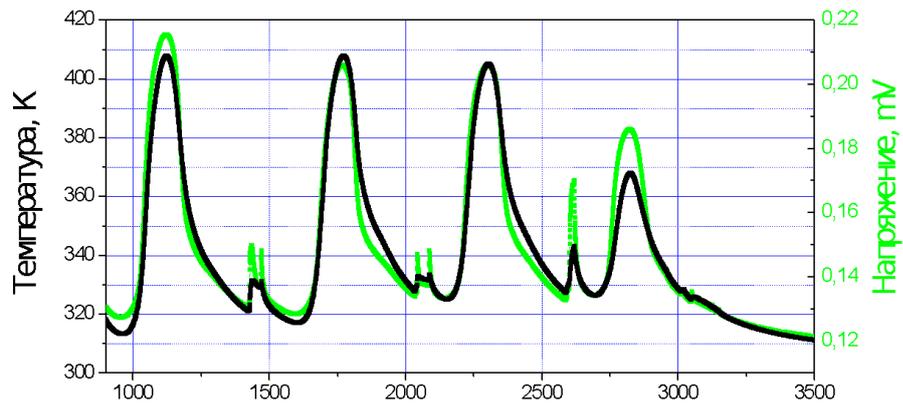


Рис. 2. Зависимости температуры от времени  $T(t)$  и напряжения от времени  $U(t)$  коррелируют друг с другом.

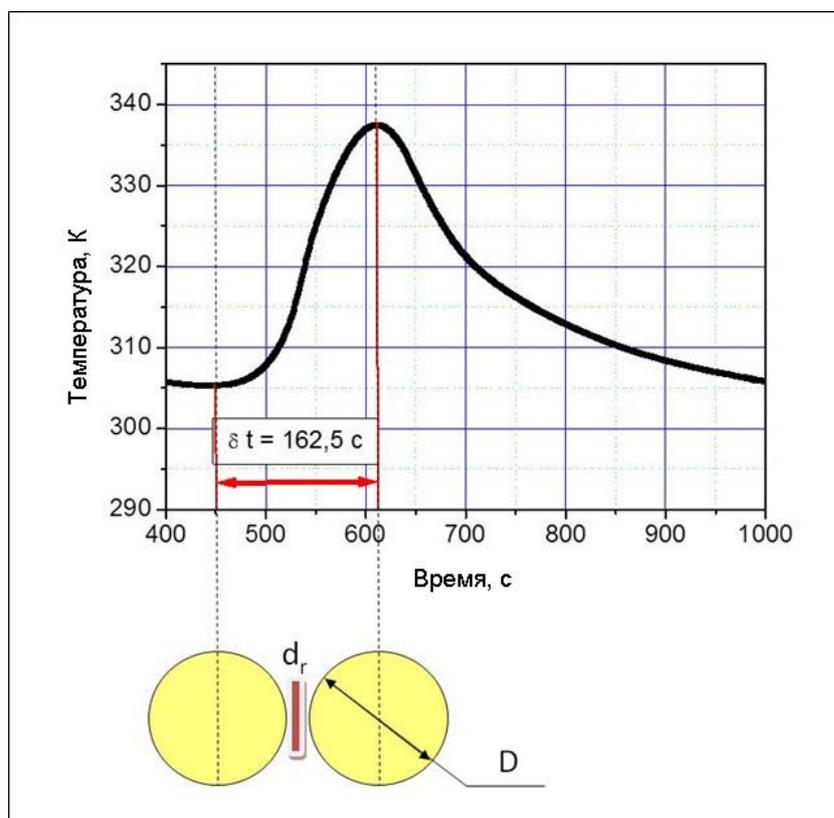


Рис. 3. Расчет теплового диаметра Солнца.

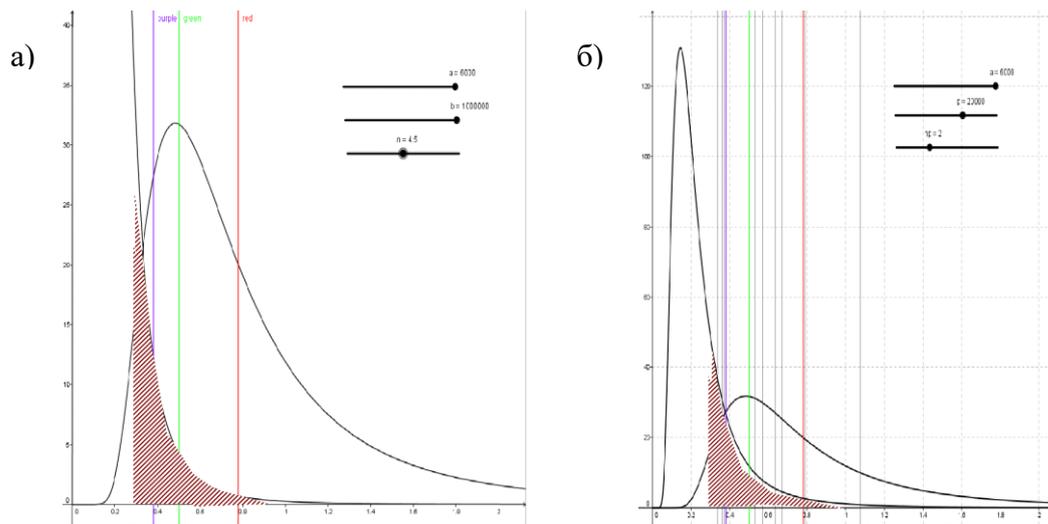


Рис. 4. Кривые Планка. а) для температур фотосферы 6000 К и короны  $10^6$  К с учетом меньшей плотности короны в  $10^n$  раз, где  $n=4,5$ . б) для температур фотосферы 6000 К и хромосферы  $2 \cdot 10^4$  К с учетом меньшей плотности короны в  $10^n$  раз, где  $n=2$ , вертикальные линии – эмиссионные линии в спектре короны. Штриховкой выделены области значительного вклада светимости короны в окне прозрачности атмосферы.

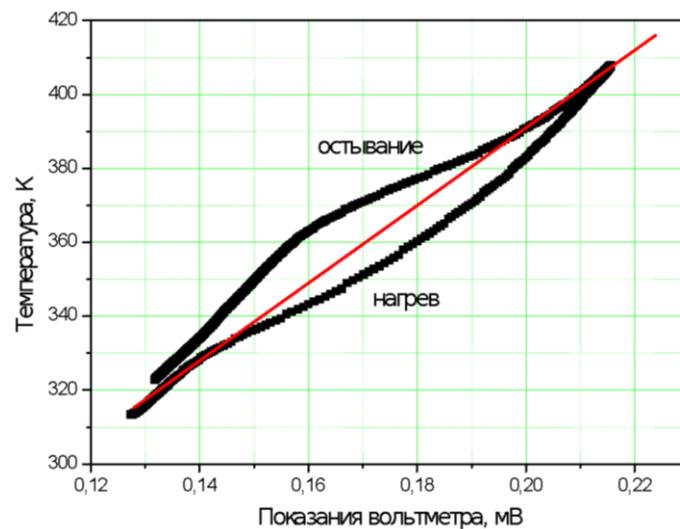


Рис 5. Гистерезисная экспериментальная зависимость температуры термодатчика  $T$  от напряжения разбалансировки  $U_G$ . Красной линией показана линейная зависимость идеальной модели.

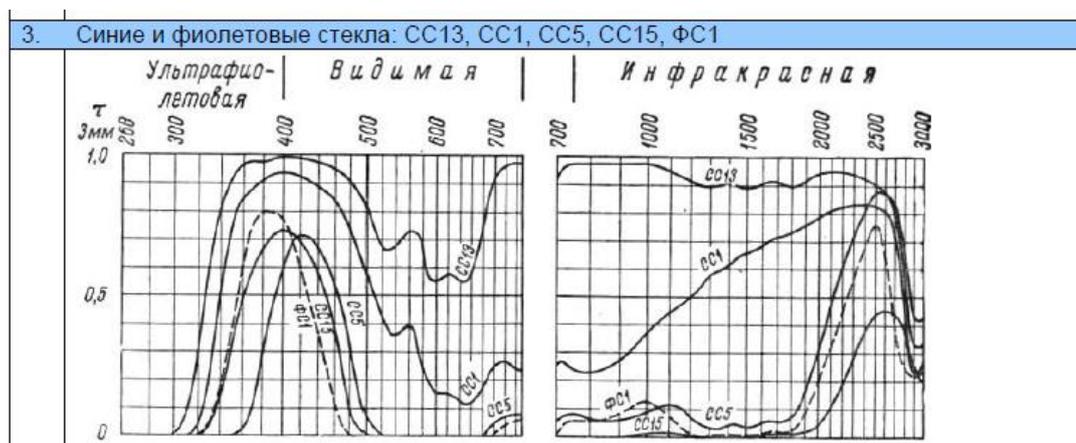


Рис. 6. Спектральная характеристика пропускания светофильтра ФС-1.

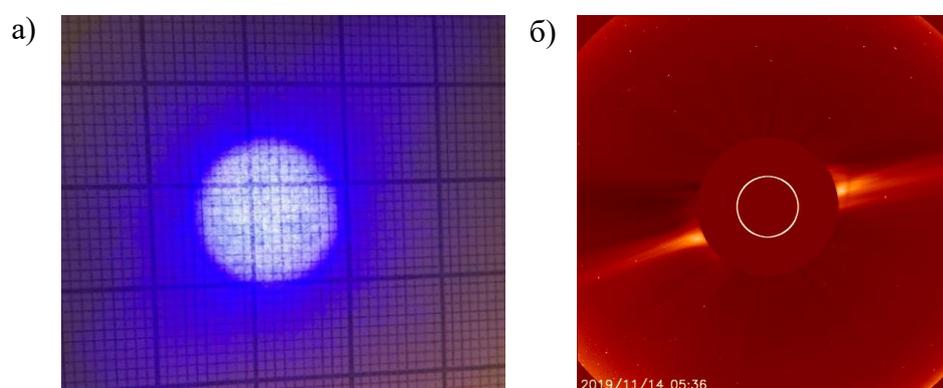


Рис. 7. а) Изображение, полученное в наших экспериментах (фильтр ФС-1) 14.11.2019. Вытянутая форма короны соответствует форме короны, полученной с помощью коронографа НАСА. б) Фото НАСА на дату проведения эксперимента (взято с сайта <https://www.nasa.gov/> 14.11.2019).

## Разработка перспективного авиационного двигателя для гиперзвуковых ЛА

*М.Ю. Воронкова*

ГБОУ города Москвы "Школа № 1601 имени Героя Советского Союза Е.К. Лютикова"

Целью данной работы является предложение направления совершенствования двигателя для гиперзвуковых самолетов и ГЗЛА.

Задачи:

1. Рассмотреть и проанализировать существующие двигатели для гиперзвуковых самолётов и ГЗЛА;
2. Используя источники информации из отечественной и зарубежной научной и патентной литературы, определить среди них наиболее выгодные двигатели для гиперзвуковых самолётов и ГЗЛА.

Современное состояние и перспективы развития отечественной и зарубежной науки и техники говорят о том, что возрастает значимость беспилотных летательных аппаратов (БЛА), высокоскоростных, высокоманевренных средств поражения, особенно крылатых ракет (КР) большой дальности, гиперзвуковых ракет (ГЗР), и в целом гиперзвуковых летательных аппаратов (ГЗЛА).

Для увеличения радиуса пуска КР наиболее широкие возможности предоставляет прямоточный воздушно-реактивный двигатель ПВРД, сверхзвуковой ПВРД (СПВРД) или гиперзвуковой ПВРД (ГПВРД), за счет повышенных удельных характеристик, превышающих характеристики РДТТ и ЖРД примерно в 5-ть раз [1] (Рис.1).

Прямоточный воздушно-реактивный двигатель (ПВРД) - единственный двигатель, способный обеспечить полет с гиперзвуковыми скоростями в атмосфере Земли и наиболее экономичный и экологичный полет за пределы атмосферы. Современные двухрежимные гиперзвуковые ПВРД способны работать в режимах как дозвукового, так и сверхзвукового горения, обеспечивая плавный переход из одного режима в другой.

Создание интегрального СПВРД (ГПВРД) достаточно сложная системная и многоплановая техническая задача, требующая проведения большого объема расчетных и экспериментальных исследований и выполнения большого объема конструкторских работ. Решение этой задачи возможно только в рамках опытно- конструкторского бюро (ОКБ) (со структурой без детализации рис.2).

Инновационными проектами авиационно-космических систем, которые связаны с гиперзвуком, являются: многоразовые космические корабли, пассажирские лайнеры-космопланы, гиперзвуковые разгонные ступени, гиперзвуковые орбитальные ступени космопланов, гиперзвуковые транспортные космопланы, одноступенчатые аэрокосмические космолёты, испытательные гиперзвуковые самолёты, БЛА. Существенное значение авиационного двигателя для гиперзвуковых ЛА приобретает двигатель вывода грузов за пределы атмосферы и в этом отношении незаменим. Необходимость создания больших транспортных мощностей для вывода грузов за пределы атмосферы Земли диктуется экологическими соображениями. По расчетам экологов получается, что результаты деятельности человека уже в первой трети 21-го столетия приведут к катастрофическим последствиям для среды обитания человека, и единственной возможностью преодоления этой трудности является вывод загрязнений и производств за пределы атмосферы [2].

Из всего выше сказанного нужно сделать вывод, что двигатель для ГЗЛА должен быть рассчитан совместно с самим ЛА, так как он является аэродинамическим телом, в котором происходят внутренние процессы. Сложность расчёта обусловлена требованием тесного согласования с ЛА, понимание что двигатель (ПВРД) может работать только начиная с больших скоростей полета, необходимостью изменения конфигурации и ЛА и двигателя в соответствии с режимом полета. Конкретный анализ и расчёт эффективности комбинированного, изменяющего конфигурацию ПВРД в полете является пока нерешенной проблемой.

Возрастает необходимость развития систем управления автономными КР и дистанционно управляемыми БЛА на принципах искусственного интеллекта, создания высокопрочных лёгких и жаростойких материалов для производства элементов конструкции ГЗЛА для уменьшения эффективной площади рассеяния (ЭПР) и веса ЛА, что позволит разместить на борту максимально мощную боевую часть. Основные достижения в разработках гиперзвуковой техники определяются возможностью создания новых гиперзвуковых прямоточных воздушно-реактивных двигателей (ГПВРД), разработки способов оптимизации взаимодействия воздушных потоков и тонкого слоя плазмы вблизи фюзеляжа и плоскостей ГЗЛА, создания алгоритмов устойчивого маневрирования ГЗЛА на гиперзвуковых скоростях в условиях турбулентности, увеличения дальности действия, диапазона скоростей, ускорений и высокой точности траекторного управления по линейным и угловым координатам.

## Литература

1. [https://vpk.name/news/77086\\_koncepciya\\_primeneniya\\_giperzvukovyih\\_tehnologii\\_chiisp\\_oseb\\_resheniya\\_zadachi.html](https://vpk.name/news/77086_koncepciya_primeneniya_giperzvukovyih_tehnologii_chiisp_oseb_resheniya_zadachi.html)
2. О. А. Артёмов. Прямоточные воздушно-реактивные двигатели (расчет характеристик): Монография. - М: Компания Спутник+, 2006. - 374 с.

### Приложение

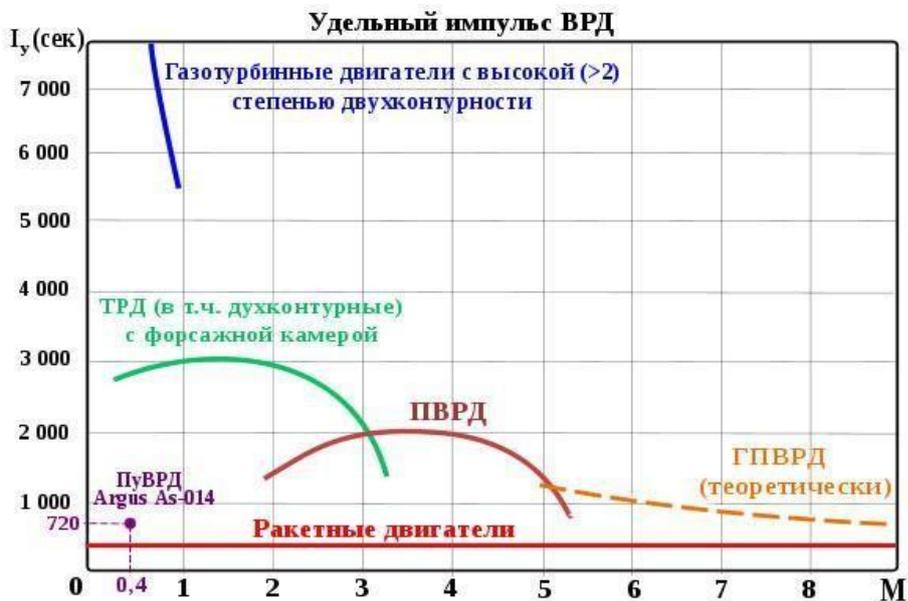


Рис. 1.

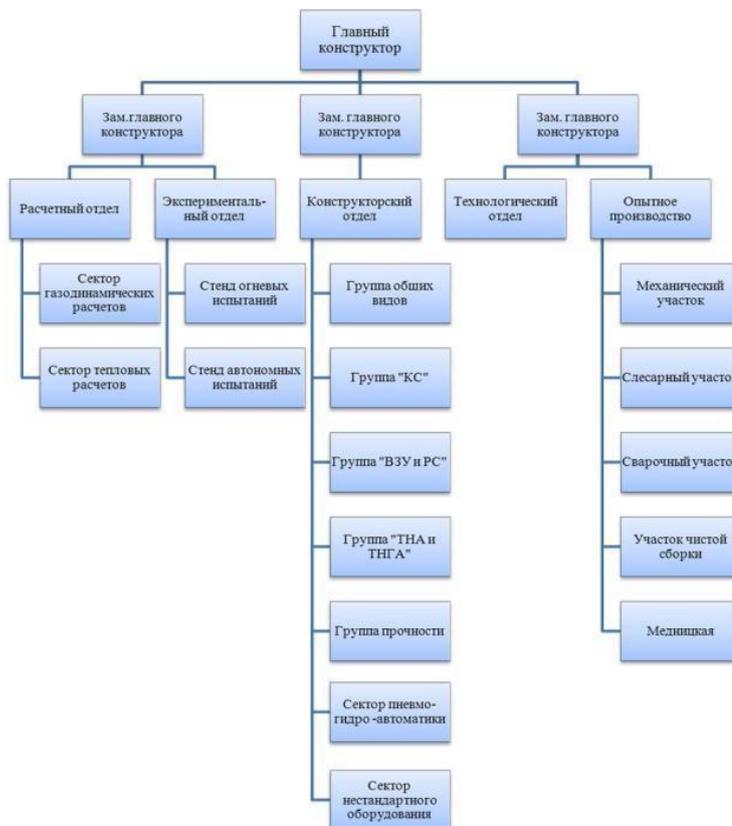


Рис. 2.

## Применение эффекта Магнуса в авиации

*И.Д. Дикань*

МАОУ «Лицей №38», г. Нижний Новгород

*Науч.рук.:* В.Ю. Битюрина, учитель физики МАОУ «Лицей №38»

Истощение природных ресурсов, используемых в энергетике, заставляет человечество искать различные подходы для повышения эффективности их расходования, в частности, на транспорте. Один из этих подходов - использование конструктивных решений, позволяющих задействовать природные силы и явления для усиления полезного действия. Классический пример такого решения – законцовки крыла самолета. Проводятся успешные эксперименты по установке парусов, основанных на эффекте Магнуса, на суда, оснащенные классическим дизельным двигателем.

Целью работы является предложить конструктивное решение, основанное на использовании эффекта Магнуса для повышения эффективности подъемной силы крыла.

В работе решаются задачи:

1. изучить области применения эффекта Магнуса;
2. провести экспериментальную демонстрацию подъемной силы крыла с помощью эффекта Магнуса;
3. выполнить теоретическое сравнение подъемной силы крыла Ан-2 и цилиндра, который мог бы быть расположен вместо крыла на том же самолёте;
4. предложить концепцию гибрида крыла Жуковского и цилиндра Магнуса;
5. построить макет фрагмента гибридного крыла.

Эффект Магнуса — физическое явление, возникающее при обтекании вращающегося тела потоком жидкости или газа. Образуется сила, воздействующая на тело и направленная перпендикулярно направлению потока (Рис. 1). Это является результатом совместного действия таких физических явлений, как эффект Бернулли и образования пограничного слоя в среде вокруг обтекаемого объекта.

Экспериментальная демонстрация эффекта Магнуса – быстро вращающийся цилиндр ставился на весы и помещался в поток воздуха, создаваемый феном. Сравнение показаний весов при вращении цилиндра в разных направлениях и при отсутствии вращения демонстрирует наличие эффекта (Рис. 2).

Проведенные в работе расчеты показали, что подъемная сила, действующая на крыло Жуковского в 10 раз выше силы Магнуса, возникающей при вращении цилиндра с сопоставимыми геометрическими размерами при разумной скорости вращения.

Использование предложенной в работе концепции гибридного крыла может повысить подъемную силу классического крыла на этапах взлета и посадки. Идея заключается в том, чтобы расположить вращающиеся цилиндры по рабочим поверхностям вдоль крыла Жуковского. Цилиндры должны по возможности заполнять большую площадь крыла. Цилиндры, расположенные по верхней поверхности должны вращаться таким образом, чтобы «ускорять» воздушный поток, обтекающий крыло, а нижние цилиндры, - наоборот, тормозить поток (Рис. 3). Можно сказать, что внутри крыла создается обратная циркуляция.

Представляется перспективным использование гибрида крыла Жуковского и цилиндра Магнуса в палубной и малой авиации, где критична длина разбега самолета.

На Рис. 4 показан процесс изготовления макета фрагмента гибридного крыла, демонстрирующего предложенную концепцию. На Рис. 5 – сам макет.

Для экспериментального обоснования концепции представляется целесообразным изготовление прототипа гибридного крыла и проведение его испытаний в аэродинамической трубе.

### Литература

1. Международный научный журнал «Наука через призму времени» №3 (12) 2018, Лубянко Андрей Анатольевич, «Формула силы, возникающей на шаре, вращающемся в потоке»
2. «Популярная механика» (№101, март 2011). «То ли мачта, то ли парус».
3. Фильм «Одиссея Жака Кусто — Алкиона: Дочь ветра» 1992-1993гг. Студия — The Cousteau Society, Inc., режиссёр — Филипп Кусто, Жак-Ив Кусто.
4. «ROTORWINGS вертикально и горизонтально вращающиеся цилиндры», [http://www.crazyplanes.de/u\\_rotators](http://www.crazyplanes.de/u_rotators).

### Приложение

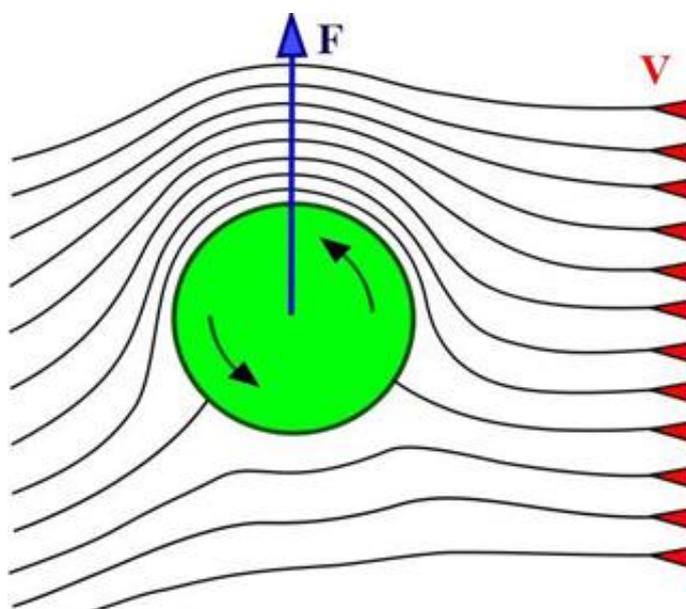


Рис. 1

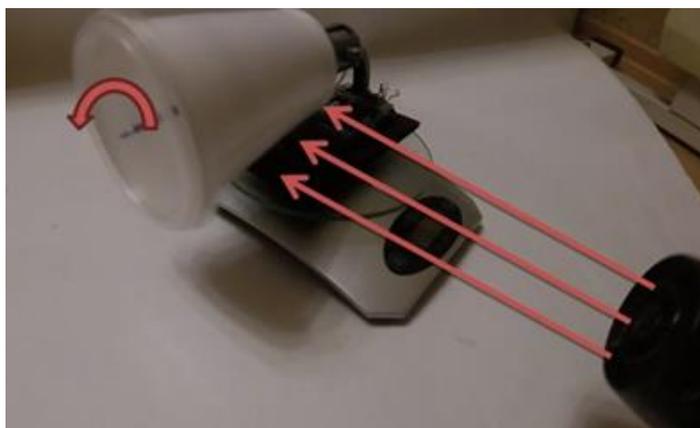


Рис. 2

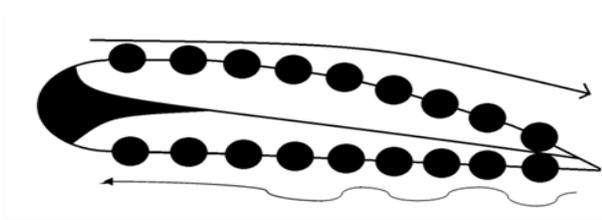


Рис. 3



Рис. 4



Рис. 5

## Внедрение технологии экзоскелета в космический скафандр

*Е.А. Ежова*

ГБОУ "Лицей-интернат "ЦОД", г. Нижний Новгород

*Науч.рук.:* М.В.Лазарева, учитель информатики ГБОУ "Лицей-интернат "ЦОД"

В настоящее время Госкорпорацией «Роскосмос» активно планируется лунная программа. Однако ни одна из моделей отечественных скафандров не приспособлена к лунной или напланетной деятельности [8,10]. В нем трудно ходить, нагибаться, невозможно сесть. В то же время лунная программа и программа по колонизации Марса активно реализовывают и NASA, и SpaseX, в октябре 2019 года был представлен прототип лунного скафандра xEMU, использующий для решения этих проблем поясной подшипник [3,5].

Индустрия экзоскелетов значительно шагнула вперед [1,2,7]. Устройство, повторяющее биомеханику человека для пропорционального увеличения усилий при движениях при внедрении в конструкцию скафандра способно снизить затрату энергии на преодоление раздутости оболочки, увеличить амплитуду движений и повысить их точность. Собрать же космический экзоскелет школьнику не под силу, следовательно, необходимо начать работать в этом поэтапно.

Начинать необходимо с совмещения перчатки скафандра и экзороуки[9]. Космонавтам, выполняющим выход в открытый космос, усложняет работу управление собственными руками: жесткая конструкция герметичной перчатки с газом делает трудным точное манипулирование ею вовремя внекорабельной деятельности [4]. При этом космонавты жалуются на отсутствие обогрева ладоней, поскольку спустя несколько часов работы пальцы перестают слушаться.

Планируется начать внедрение технологии с экзоскелета верхних конечностей, такой скафандр найдет свое применение на МКС. Далее расширить его до костюма-экзоскелета - будущего напланетного и лунного скафандров.

Цель работы: создать работающий прототип экзоперчатки, сделать план размещения конструкции экзоскелета в скафандре.

Задачи исследования:

1. Изучить историю изменения конструкции существующего скафандра.
2. Проанализировать существующие технологические решения.
3. Провести исследование примеров внедрения технологии экзоскелета в различные отрасли.
4. Спрогнозировать сложности и возможные проблемы.
5. Рассмотреть космическую перчатку и создать принцип внедрения в нее экзоскелета.
6. Разработать принцип работы и создать 3D-модель прототипа устройства.
7. Собрать рабочий прототип устройства, провести его калибровку и отладку.
8. Начертить эскиз размещения приводов и механизмов экзоскелета в скафандре.

В работе описывается принцип работы и процесс сборки экзоперчатки. Принцип работы прототипа основан на том, что на кончиках пальцев размещаются резистивные датчики давления и закрепляются шнуры, тянущиеся к приводам - шаговым моторчикам, размещенным на запястье.

Электронная схема (рис.2) включает возможность добавления дистанционного управления с помощью радиомодуля. Удаленное управление позволит смоделировать ситуацию, когда космонавт не будет способен управлять скафандром, но останется возможность управлять им со станции. Код написан в среде Arduino IDE (рис. 3)

В процессе работы было сделано несколько 3D моделей в САПР Компас 3D (внешняя оболочка), Fusion 360 (принцип работы) и Autodesk Inventor (детали для печати) (рис.1) и чертежей (рис.4). Собран и откалиброван прототип (рис.5). Сейчас при слабом нажатии, т.е. касании перчатка не сжимается, при увеличении давления возрастает скорость намотки шнура, при отсутствии прикосновения контроллер посылает сигнал на сматывание шнура, т.е. разжатие перчатки.

Результат проекта:

1. Проведено исследование конструкции скафандра и примеров внедрения технологии экзоскелета в различные отрасли;
2. Собран прототип экзоперчатки с отлаженным кодом;
3. Сделан чертеж и нарисована 3D-модель экзоперчатки;
4. Начерчен эскиз размещения конструкции экзоскелета на скафандре.

Работа над проектом продолжается. Планируется реализация вращения перчатки вокруг оси и дальнейшего расширения до полного пояса верхних конечностей.

### Литература

1. Воробьев А. А., Петрухин А. В., Засыпкина О. А. и др. // Современные технологии в медицине. – 2015. – Т. 7, № 2. – С. 185–197. (дата обращения 29.12.2019)
2. Knaepen K., Beyl P., Duerinck S., et al. // IEEE Trans. Neural. Syst. Rehabil. Eng. – 2014. – Vol. 22 (6). – P. 1128–1137. (дата обращения 20.12.2019)
3. Dava Newman “Building the future spacesuit” // Ask Magazine. 45s. p.37-40.
4. Патент RU 2424957 Российская Федерация, МПК В64G 6/00. Автор: Беляева Надежда Леонидовна. Патентообладатель: Открытое акционерное общество "Научно-производственное предприятие "Звезда" имени академика Г.И. Северина". №2010125738/11; заявл. 24.06.2010; опубл. 27.07.2011; Бюл. №21 - 3 с. (дата обращения 10.11.2019)
5. Jasmin Malik Chua “What We Will Wear on Mars?”. [Электронный ресурс]: URL: <https://www.racked.com/2018/6/18/17466150/mars-spacesuit> (дата обращения 14.12.2018)
6. NASA’s official site // about spacesuits [Электронный ресурс]: URL: <https://www.nasa.gov/suitup> (дата обращения 23.10.2018)
7. Ekso Bionics. [Электронный ресурс]: <https://eksobionics.com/> (дата обращения 10.10.2018)
8. Наталья Бурцева “Новая коллекция одежды от НПП “Звезда” // Статья журнала ВКС, №2 (87) октябрь 2016. [Электронный ресурс] URL: <http://www.vesvks.ru/vks/article/novaya-kollekciya-odezhdy-ot-npp-zvezda-16114> (дата обращения 10.10.2018)
9. Тимур Галчанов “Роботизированная рука экзоскелета (экзо-рука). [Электронный ресурс] <http://readweb.org/2306-robotizirovannaya-ruka-ekzoskeleta.html> (дата обращения 19.10.2019)
10. Ростех “Просто о сложном. Скафандр”. [Электронный ресурс] URL: <https://rostec.ru/analytics/10/> (дата обращения 10.10.2019)



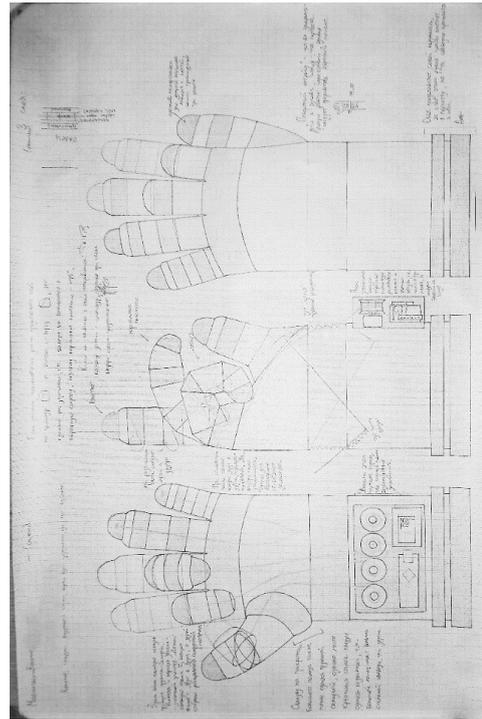
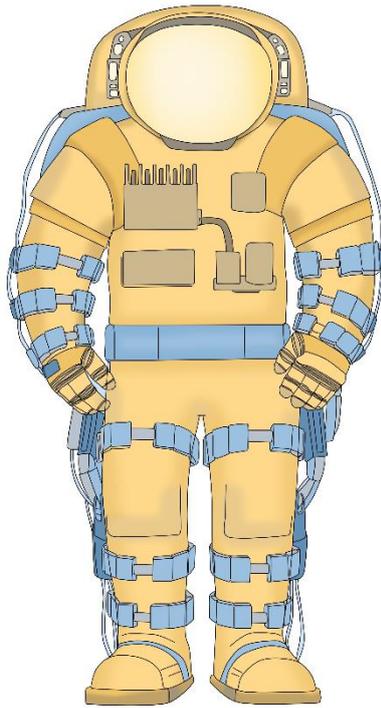


Рис.4

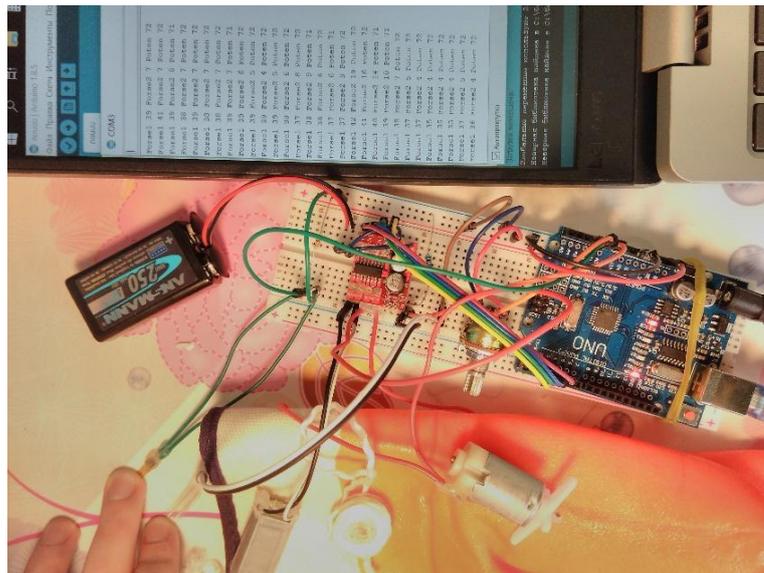


Рис.5

## **Замкнутая автономная энергосистема с генерацией водорода от солнца на борту беспилотного летательного аппарата**

***В.А. Касилова***

МБОУ средняя общеобразовательная школа №5сУИОП, г. Солнечногорск

*Науч.рук.:* В.В. Грудинина, к.пед.н., учитель физики и информатики МБОУ СОШ № 5, г. Солнечногорск

Исследование стратосферы, в том числе озонового слоя, с помощью беспилотных летательных аппаратов легче воздуха (БПЛАЛВ) предполагает разработку усовершенствованных способов контактного зондирования и эффективных методов энергообеспечения бортовой аппаратуры.

Цели исследования: разработать эффективный метод производства, аккумуляции, передачи и применения водорода на борту БПЛАЛВ; модернизировать стартовую конструкцию метеозонда путём дооснащения его буферной емкостью перераспределения  $H_2$ , электролизёром Гофмана и фотоэлектрическим преобразователем, обосновать продуктивность замкнутой по воде автономной энергосистемы. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: изучить конструктивные особенности БПЛАЛВ; рассмотреть способы получения водорода и преобразования солнечного излучения в электрическую энергию; познакомиться с устройством резервуаров высокого давления и принципом работы компрессорного оборудования; провести эксперименты и собрать модель системы электропитания бортовой аппаратуры; разработать меры безопасности, получить расчётные данные для планирования реального полёта.

Гипотеза. Применение замкнутой энергосистемы с генерацией водорода от солнца на борту эффективно для энергообеспечения бортовой аппаратуры метеозондов и бесперебойного функционирования БПЛАЛВ в условиях стратосферы.

Значимость и новизна исследования. Для получения реальной информации о состоянии озонового слоя контактным методом в региональном масштабе умеренных и полярных широт предлагаем концепцию беспилотного стратостата, способного по определённым параметрам терять и набирать подъёмную силу, выполнять рабочие функции между заданными высотами длительное время. Новизна устройства обусловлена тем, что предложенная схема циркуляции водорода создаёт условия для определённого маневрирования метео- и радиозондов в стратосфере, где плотность среды недостаточна для винтомоторной авиации, назначение реактивной техники иное, орбиты искусственных спутников земли гораздо выше.

Проектная работа продолжает авторскую разработку 2018-2019 г. «Применение электрохимического генератора на основе водородно-воздушных топливных элементов для энергообеспечения бортовой аппаратуры метеозондов в условиях стратосферы» (приложение 1 рисунок 1а). Расчёты стартового проекта показали, БПЛАЛВ взлетает до предельно возможного давления в метеооболочке, шар лопаётся, не имея возможности присутствовать на заданных высотах определённо долго. Эта проблема привела к решению дооснастить конструкцию буферной емкостью (приложение 1 рисунок 1б). Считаем правильным на предельно-max высоте (по показаниям датчика давления в шаре) перенаправлять из оболочки TOTEX TX-500 несущий газ сжатым в буферную емкость, снижаться до предельно-min высоты (по показаниям датчика давления в шаре) и возвращаться на прежний уровень, выпуская  $H_2$  из резервуара обратно в шар. Естественное перемещение воздушных масс обеспечит БПЛАЛВ горизонтальное движение. Цикл

перераспределения несущего  $H_2$  потребует восполнения утечек газообразного водорода в местах стыковки вспомогательного оборудования конструкции (трубки по передаче водорода, крепежи), а также диффузии  $H_2$  сквозь латексную оболочку шара-зонда. Производство водорода на борту путём электролиза, при наличии ТЭ в рабочей схеме обеспечит обратимый по воде характер процесса. Для промежуточного хранения выработанного газа в комплект полезной нагрузки метеозонда включаем ресивер  $H_2$  (буферную емкость высокого давления) и компрессорное оборудование. Технические решения перераспределения несущего газа оптимизируют процесс обеспечения стратостата подъёмной силой и топливом для ЭХГ.

Итоги исследования: изучены конструктивные особенности современных БПЛАЛВ; проведены эксперименты (приложение 2 таблицы), разработана система генерации, аккумуляции, передачи и практического применения водорода в условиях стратосферы; усовершенствована конструкция экспериментального стратостата буферной емкостью; рассмотрены меры безопасности конструкции в случае разгерметизации сосуда под высоким давлением с  $H_2$ ; обосновано использование фотоэлектрических преобразователей в БПЛАЛВ; описан способ генерации водорода на борту стратостата в установке Гофмана; показан замкнутый по  $H_2O$  цикл производства и использования водорода в системе (приложение 3 схема), выявлены положительные и отрицательные моменты; составлена функциональная схема и алгоритм запуска бортовой аппаратуры; собрана модель системы питания бортовой аппаратуры; написана программа для платы Arduino.

В результате исследования гипотеза подтвердилась: применение замкнутой энергосистемы с генерацией водорода от солнечной энергии на борту эффективно для энергообеспечения бортовой аппаратуры метеозондов и бесперебойного функционирования БПЛАЛВ в условиях стратосферы.

### Литература

1. С.Х. Карпенков. Концепции современного естествознания. Москва. Высшая школа 2003.
2. Иванов М. Ф., Киверин А. Д., Смыгалина А. Е. Воспламенение водородно-воздушной смеси вблизи нижнего концентрационного предела //Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия «Естественные науки». 2013. №.1
3. Межгосударственный стандарт. Атмосфера стандартная. Параметры. ГОСТ 4401-81;3.
4. ГОСТ Р 51594-2000 Нетрадиционная энергетика. Солнечная энергетика. Термины и определения
5. Bradford, Travis (2006). Solar Revolution: The Economic Transformation of the Global Energy Industry
6. Матвеев А.Н. Молекулярная физика. – М. Высшая школа, 2011.
7. Давыдов А.С., Антонченко В.Я., Ильин В.В. Основы физики воды. Киев 1991
8. Stolten, Detlef (2016). Hydrogen Science and Engineering: Materials, Processes, Systems and Technology
9. Галлямов М.О., Хохлов А.Р.Топливные элементы с полимерной мембраной: Материалы к курсу по основам топливных элементов.— М.: Физический факультет МГУ,2014г.;
10. <http://inenergy.ru/services/power-supply/energin/>.

## Приложение

Модернизация стартовой конструкции стратостата

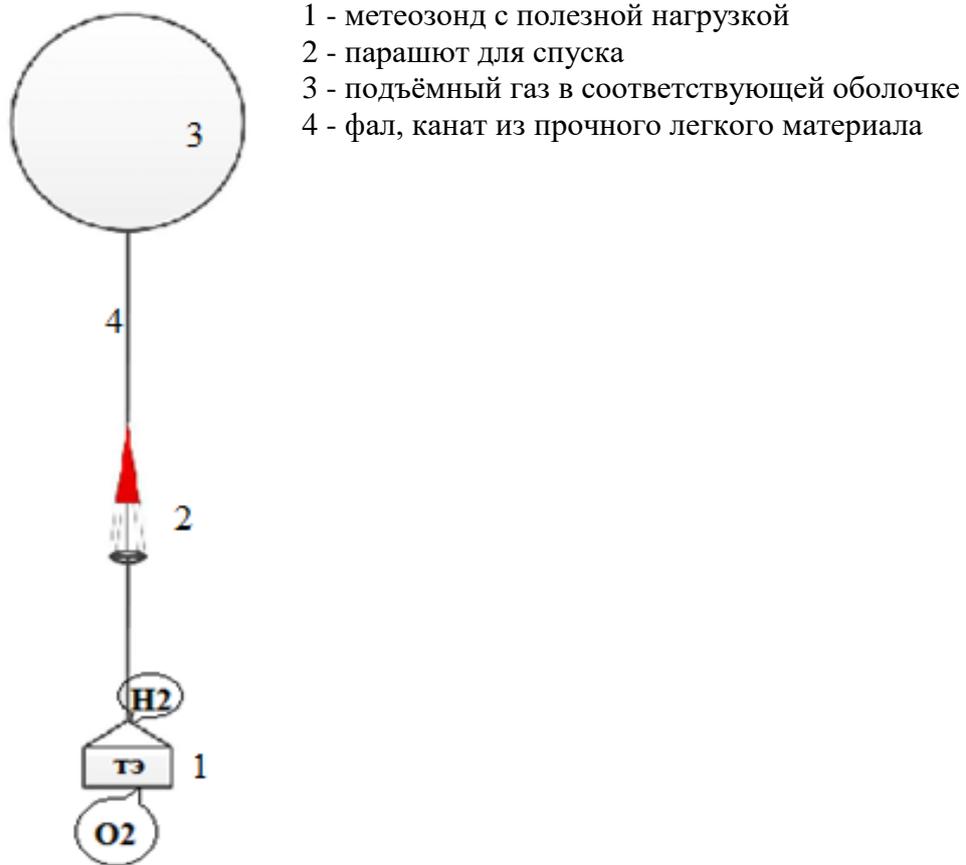


Рис. 1а. стартовая конструкция

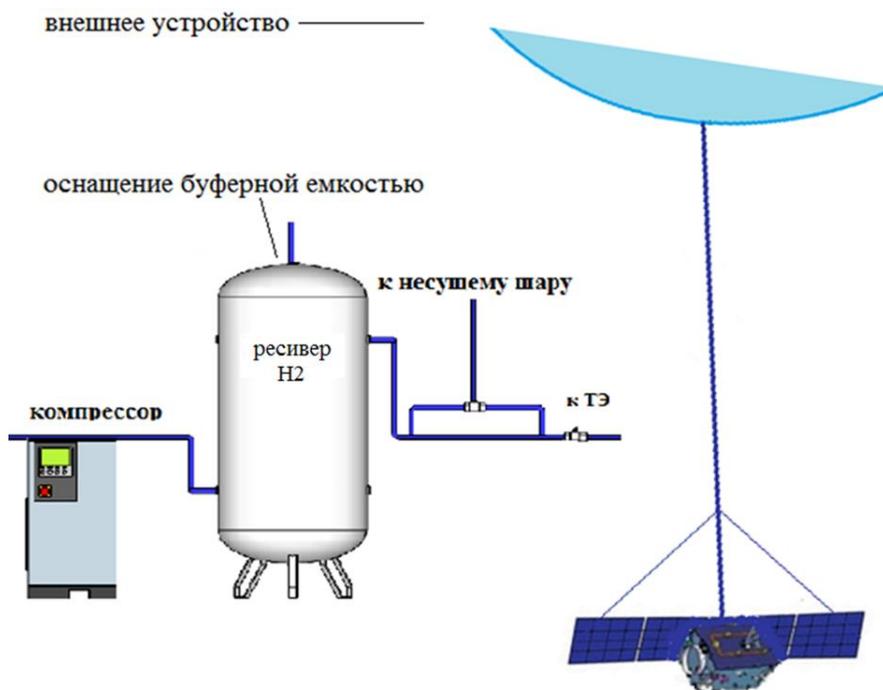


Рис. 1б. Модернизация конструкции стратостата.

Параметр	Показатели в начале эксперимента	Время проведения эксперимента	Итоговые показатели в конце эксперимента
Запас водорода	15л	60 минут	~11л
Напряжение на ЭХГ	0В		5,3В
Выработанная энергия на ЭХГ	0Вт*ч		4,2Вт*ч
Напряжение на буферной АКБ	7В		5В
Емкость буферной АКБ	1Вт*ч		0,7Вт*ч
Потребленная энергия на оборудовании (платы, камера)	0Вт*ч		4,3Вт*ч

Табл. 1. Экспериментальные данные работы системы (первый час работы)

Параметр	Показатели в начале эксперимента	Время проведения эксперимента	Итоговые показатели в конце эксперимента
Запас водорода	~11л	120 минут	6,5л
Напряжение на ЭХГ	5.3В		5В
Выработанная энергия на ЭХГ	4,2Вт*ч		9Вт*ч
Напряжение на буферной АКБ	5В		5В
Емкость буферной АКБ	0,7Вт*ч		0,7Вт*ч
Потребленная энергия на оборудовании (платы, камера)	4,3Вт*ч		9,1Вт*ч

Табл. 2. Экспериментальные данные работы системы (второй час работы)

Параметр	Показатели в начале эксперимента	Время проведения эксперимента	Итоговые показатели в конце эксперимента
Запас водорода	~6,5л	180 минут	0л
Напряжение на ЭХГ	5В		0В
Выработанная энергия на ЭХГ	9Вт*ч		14Вт*ч
Напряжение на буферной АКБ	5В		4,5В
Емкость буферной АКБ	0,7Вт*ч		0,6Вт*ч
Потребленная энергия на оборудовании (платы, камера)	9,1Вт*ч		14,2Вт*ч

Табл. 3. Экспериментальные данные работы системы (третий час работы)

**Схема.** Принципиальная схема комбинированной энергоустановки метеозонда

1. Электролизёр
2. Буферная емкость
3. Топливный элемент
4. Водородный электрод ТЭ - анод

5. Кислородный электрод ТЭ – катод
6. Мембрана
7. Катализатор
8. Полезная нагрузка
9. Фотоэлектрический модуль
10. Несущий шар

## **Проектирование энергоэффективного роботизированного комплекса для создания строительных блоков на космических объектах**

*Д.В. Козырицкий<sup>1,3</sup>, А.С. Минаев<sup>2,3</sup>*

<sup>1</sup>ГБОУ «Гимназия №8»

<sup>2</sup>ГБОУ «Гимназия №1 им. А.С. Пушкина»

<sup>3</sup>ГБОУ ЦДОД «Малая академия наук города Севастополя»

*Науч.рук.: С.О. Минаева<sup>1,2</sup>, педагог; С.Н. Пасеин<sup>1,2</sup>, педагог*

<sup>1</sup>ДО творческого объединения «Робототехника»,

<sup>2</sup>ГБОУ ЦДО «Малая академия наук»

В настоящее время разрабатываются программы по активной колонизации космических объектов путем строительства поселений для космонавтов. Эти поселения будут иметь высокий уровень автоматизации систем для обеспечения жизнедеятельности поселенцев. При строительстве внеземных умных городов будут применяться различные строительные роботы, которые будут управляться с помощью лунного интернета. Предполагается вести строительство используя местные ресурсы - лунную пыль (реголит). Планируется применить следующие технологии: 3D-принтеры, солнечные печи, а также лазерное плавление реголита. Изучение технологий и объектов строительства выявило проблему борьбы с лунной пылью, обладающую высокими абразивными свойствами. Под воздействием лунной пыли потерял работоспособность советский «Луноход - 2». Проблема агрессивного воздействия лунной пыли была констатирована американскими космонавтами, но не определены пути ее решения.

Цель работы заключалась в изучении свойств реголита и возможности его связывания при решении задачи борьбы с лунной пылью. Объектом исследования была структура реголита на поверхности Луны, ее изменения с глубиной, технологии обработки реголита.

Установлено, что лунная пыль имеет разный уровень плотности, увеличивающийся с глубиной залегания подобно уплотнению снега, верхний слой имеет наибольшую сыпучесть и мелкодисперстность частичек реголита, поэтому нами предлагается с помощью легкого мобильного робота спекать верхний слой реголита, создавая «реголитовый наст» толщиной 2 см. Энергоэффективность предлагаемого способа выше, чем при расплавлении реголита, потому что температура спекания значительно ниже, чем температура плавления реголита. А также энергоэффективность робота обеспечивается траекторией его движения по поверхности («траектория бесконечных квадратов»). Такое перемещение робота на модернизированных колесах Илона позволит уменьшить общее энергопотребление робота. Модернизация колес Илона заключается в замене монолитных роликов на сетчатно-спицевые ролики, конструктивно подобных колесам советских луноходов.

Разработанная конструкция лазерного узла позволяет концентрировать мощность излучения двух лазеров, входящих в двухстороннюю матрицу лазеров. Такая конструкция

позволит увеличить скорость спекания реголита и ширину спекаемой полосы. Разработан алгоритм управления колесами Илона и электроприводом лазерного узла, который перемещается в плоскости, перпендикулярной движению робота и может перемещаться в вертикальном направлении от рабочего состояния матрицы лазеров до положения движения по маршруту.

Новизна нового технического решения при разработке робота заключается в создании технологии лазерного спекания реголита, суть которой состоит в получении высокооднородных блоков из реголита. Для достижения высокой однородности спекания применяется технология спекания с заданным градиентом температур. Это невозможно получить при солнечном спекании и при применении технологии 3D-принтера. Технологический процесс спекания состоит в послойном спекании с заданной зоной прогрева. Предложенная технология спекания реголита с управляемым градиентом температуры в области разогрева названа «Ligth and Regolith» и находится на этапе патентования.

Энергоэффективность комплекса обеспечивается:

- эффективностью управления роботом на модернизированных колесах Илона;
- выбором энергосберегающих технологических процессов спекания реголита.

Обзор информации в интернете и доступных источниках информации позволяет сделать выводы, что такое лазерное спекание не имеет аналогов в перспективных разработках Роскосмоса, НАСА и Европейского космического агентства.

Макет робота «Ligth and Regolith Leonardo 2.0» собран на основе конструктора LEGO MINDSTORMS EV3.

В ходе выбора конструктивных решений для проектируемого робота были проведены и продемонстрированы эффективность функционирования ходовой части робота и работа одиночного лазерного узла по спеканию имитатора реголита.

Результаты исследований показали, что предложенный метод спекания лунной пыли и траектория движения робота с лазерным модулем позволят произвести формирование «реголитового наста» на больших поверхностях космических тел для создания инфраструктурных объектов, дорог, площадок, что снизит пылевое загрязнение взвешенным реголитом при строительстве умных городов на Луне и других планетах.

## Литература

1. Лоренс, Валк. Большая книга LEGO MINDSTORMS EV3. Пер. с англ. под ред. С.В. Черникова. Москва: Издательство «Э», 2017 г.;
2. Перельман Я.И. Межпланетные путешествия. - Библиотека «Роскосмоса», 2018-304с.:ил.;
3. Филиппов С.А. Робототехника для детей и родителей. – СПб.: Наука, 2013. 319 с.
4. <https://ru.wikipedia.org/wiki/> - Википедия
5. <http://eenergy.media/category/energosityemy/zelenaya-energetika/page/2/> - сайт Зеленая энергетика
6. <https://mooc.lektorium.tv/>- сайт Лекториум
7. <https://www.roscosmos.ru/> - сайт Государственной корпорации по космической деятельности «Роскосмос»
8. <https://www.nasa.gov/> - сайт национального управления по аэронавтике и исследованию космического пространства
9. <http://www.esa.int/ESA> - сайт Европейского космического агентства
10. <http://zoom.cnews.ru/> - информационный сайт о высоких технологиях

11. <https://eknigi.org/kultura/26823-leonardo-da-vinchi-arhitektor.html> электронная книга о Леонардо да Винчи
12. КиберЛенинка: <https://cyberleninka.ru/article/n/zaschitnyy-kupol-obitaemoy-stantsii-na-poverhnosti-luny> Защитный Купол Обитаемой Станции На Поверхности Луны, авторы научной работы — Пыжов Александр Михайлович, Синицин Дмитрий Андреевич, Янов Илья Владимирович, Лукашова Наталья Викторовна, Багров Александр Викторович, Леонов Владислав Александрович
13. <https://www.vesvks.ru/vks/article/sozdanie-kosmodroma-na-lune-metodom-naplavleniya-r-16382> - Создание космодрома на луне методом наплавления реголита на монолитную поверхность
14. <https://subscribe.ru/group/kosmos-galaktiki-nlo-i-inoplanetyane/14924903/>- Исследование ЕКА раскрывает подробности о токсичности Луны, 2018.
15. [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D1%81%D0%BE\\_%D0%98%D0%BB%D0%BE%D0%BD%D0%B0](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D1%81%D0%BE_%D0%98%D0%BB%D0%BE%D0%BD%D0%B0)- Колесо Илона

## Влияние аккреции на физику нейтронных звёзд

*Е.Н. Косицына*

ГБОУ Белгородский инженерный юношеский лицей-интернат

*Науч.рук.:* Е.А. Корнилова, учитель физики ГБОУ Белгородский инженерный юношеский лицей-интернат

Актуальностью работы является то, что ядро нейтронной звезды не полностью изученная материя, и именно она создает магнитное поле, на которое достаточно хорошо влияет аккреция нейтронной звезды. А значит возможно именно процесс аккреции сможет дать ответы на некоторые вопросы.

Целью данной исследовательской работы является из более ранних расчетных данных выявить формулу, содержащую данные магнитного поля в стадии аккреции и ее некоторые общие доступные данные, а также построить график зависимости для облегчения некоторых расчетов.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Рассмотрение системы взаимодействий;
2. Исследование что такое аккреция и ее влияние на нейтронную звезду.
3. Анализ расчетных формул, возможное их преобразование.
4. Выбор примеров используемых объектов.
5. Построение численного моделирования вида нейтронных звезд.

В начале исследования выдвигалась следующая гипотеза: в своей работе я предполагаю возможность нахождения формулы, совмещающей многие характеристические данные нейтронной звезды в ходе аккрецирующего процесса, и построение графиков этих зависимостей для облегчения расчета данных о нейтронных звездах.

Методы и приемы исследования: изучение разнообразных источников информации, анализ полученных сведений. численное моделирование.

Таким образом в ходе исследования рассмотрено взаимодействие аккреции и нейтронной звезды и ее влияние на ее магнитное поле, была выведена формула совмещающая многие характеристические данные нейтронной звезды, был построен график зависимости трех величин: момент инерции, напряженность магнитного поля,

радиус нейтронной звезды, благодаря чему в дальнейшем будет легче находить различные другие данные.

## **Организация жизни и строительство первых колоний на луне**

***В.М. Кутузов***

МБОУ СМАЛ г.о.Самара

*Науч.рук.:* А.А. Авраменко, профессор кафедры теоретической механики

Целью данной работы является изучение возможностей колонизации Луны для последующего переселения человечества. Основная часть: с самого начала освоения космического пространства писатели затрагивали тему колонизации чужих миров. Все это основывалось на теме преобразования, то есть использования земных технологий для нормализации температуры, экологии, атмосферы и т.д. Люди грезят покорением другой земли, и в настоящий момент самой перспективной такой является Луна. Когда встает вопрос терраформирования Луны, мы сталкиваемся с двумя основными проблемами. Первая – почти полное отсутствие атмосферы у луны (она настолько тонкая, что ее можно называть экзосферой). Вторая – крайне малое количество необходимых для жизни элементов (водород, азот, углерод). Возможное решение этой проблемы – паратерраформирование.

В работе также описаны варианты строительства колоний и доставки ресурсов на Луну, рассмотрены объемы необходимых материалов и способы их получения. При строительстве предполагается использование дронов и технологий 3-D печати. Также я изучил возможности снабжения лунных поселений энергией и особенности жизни человека в условиях космоса.

Данная работа актуальна, так как в настоящий момент человечество в огромных количествах использует природные ресурсы. Это приводит к их истощению, и ухудшению экологической обстановки на планете. Поэтому пора задумываться над возможностями расселения человека на другие космические объекты. Самый простой и подходящий вариант – Луна.

Как итог, в своей работе я описал аспекты строительства первых лунных поселений и существования людей в этих условиях. Также предложил вариант устройства и состава начальной экспедиции.

## **Исследование строения клиновоздушного ракетного двигателя**

***Е.В. Леченко***

Лицей БГУ

*Науч.рук.:* А.В. Леченко, ассистент, БГУИР

Целью работы является исследование работы сопла клиновоздушного ракетного двигателя. В рамках данной работы исследуется зависимость импульса истечения газов от формы клина и зависимость импульса от длины клина. На примере этих вариантов мы опишем методику исследования сопла КВРД, применимую для поиска оптимального решения по всему пространству решений.

Современные двигатели имеют ряд недостатков. Химический ракетный двигатель состоит из двух частей - камеры сгорания и сопла. Камера сгорания генерирует энергию, а

сопло должно максимально эффективно ее использовать. Сопло в ракетном двигателе используют для направление реактивной струи в нужном направлении. В камере сгорания смешиваются компоненты топлива и поджигаются. При сгорании топлива выделяется огромное количество тепла, которое нагревает газ. Из-за этого повышается давление в камере сгорания и молекулы газа выходят, через сопло, из камеры сгорания и после выхода из сопла их импульс равен импульсу ракеты. Реактивная струя газа должна выходить строго параллельно оси ракеты, в таком случае весь импульс молекул газа передаётся ракете.

Но при выходе газа из сопла, его встречает давление окружающей среды, которое как бы “прижимает” струю. Из-за этого меняется КПД двигателя. Чтобы струя беспрепятственно шла вдоль оси ракеты, ее давление должно быть равно давлению окружающей среды. Обычные ракетные двигатели используют колоколообразные сопла. Давление на выходе из сопла регулируют площадью выходного сечения этого сопла.

Клиновоздушный ракетный двигатель (КВРД) помогает избежать этой проблемы. При работе двигателя на уровне моря с одной стороны струю ограничивает клин, а с другой давление воздуха прижимает ее к клину. По мере уменьшения давления воздух начинает давить не так сильно и струя менее прижимается к клину, однако струя все также выходит вдоль оси ракеты.

Объектом исследования будет метановый КВРД. Должно наблюдаться повышение скорости газа при преодолении клина. Для сравнения различных вариантов клина требуется сравнить импульс истечения газов, т.к., согласно закону сохранения импульса, такой же импульс будет передаваться ракете.

Расход горючего в каждом двигателе, а следовательно и массу истечения газов, будем считать одинаковыми. В таком случае достаточно сравнить средние скорости истечения газов на выходе из сопла.

Исследования мы будем проводить в COMSOL Multiphysics 5.5 и использовался пакет High Mach Number Flow, k-ε.

Промоделируем работу КВРД с несколькими разными формами сопла. Для тестовых симуляций мы выберем 2D симуляцию с несколькими разными формами клина: Клин экспоненциальной формы и КВРД клинья, разработанные Rocketdyne [6].

Клин экспоненциальной формы. Экспонента является бесконечно дифференцируемой функцией, соответственно, ламинарный поток вдоль поверхности заданной экспонентой скорее всего будет более стабильным.

Вылет пламени направлен параллельно касательной к экспоненте. Использовался Углекислый газ при температуре 900К, давлении 40 атмосфер и со скоростью 1 Мах. Как мы видим из модели, скорость выхода газов из камеры сгорания равна 340 м/с, а после преодоления клина скорость равна приблизительно 890 м/с. Получилось достичь ускорение газа в 2.62 раз.

На совместном графике скорости и давления видно, что максимальная скорость достигается в области, где давление равно атмосферному. Итак, клин успешно выполняет свою функцию.

Rocketdyne клин [6]. Данный дизайн использовался в качестве студенческого проекта по созданию тороидального клиновоздушного ракетного двигателя Калифорнийского университета. В данном случае мы взяли все те же параметры: 40 атмосфер, 900К и 1 Мах. Скорость газа а выходе из камеры сгорания равна 340 м/с, а максимум - 950 м/с. Это означает, что данный клин увеличивает скорость практически в 2.79 раза.

При изменении угла выхода газа из камеры сгорания можно увидеть так называемые диски Маха. Они образуются, когда на выходе из сопла атмосферное давление

расширяет/сжимает недорасширенную/перерасширенную струю газа, что приводит к изменению направления движения внешних слоев газа от осевого к радиальному.

Таким образом, был исследован принцип работы клинообразных ракетных двигателей и описана методика исследования сопла КВРД, применимую для поиска оптимального решения по всему пространству решений.

Исходя из полученных данных установлено, что клин, разработанный Rocketdyne, лучше предложенного нами.

### Литература

1. Сивухин Д. В. Общий курс физики. — М.: Физматлит; Изд-во МФТИ, 2005. — Т. I. Механика. — С. 119-120. — 560 с. — ISBN 5-9221-0225-7.
2. <https://everydayastronaut.com/aerospikes/>
3. Курс Физические основы наукоёмких технологий, МФТИ, Лекция 1-2, [https://mipt.ru/upload/medialibrary/156/2\\_font-lektsii-1\\_2.pdf](https://mipt.ru/upload/medialibrary/156/2_font-lektsii-1_2.pdf)
4. <http://www.aerospaceweb.org/design/aerospike/main.shtml>
5. Huang D. H., Huzel D. K. Modern engineering for design of liquid-propellant rocket engines. — American Institute of Aeronautics and Astronautics, 1992.
6. Rao G. V. R. Spike nozzle contour for optimum thrust //Planetary and Space Science. 7. — 1961. — Т. 4. — С. 92-101.
8. Besnard E. et al. Design, manufacturing and test of a plug nozzle rocket engine //38th AIAA/ASME/SAE/ASEE Joint Propulsion Conference & Exhibit. — 2002. — С. 4038.
9. [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BE%D0%BF%D0%BB%D0%BE\\_%D0%9B%D0%B0%D0%B2%D0%B0%D0%BB%D1%8F](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BE%D0%BF%D0%BB%D0%BE_%D0%9B%D0%B0%D0%B2%D0%B0%D0%BB%D1%8F)

### Проект планетохода

#### *Нергадзе Нелли<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Муниципальное Бюджетное Учреждение Дополнительного Образования Дворец Творчества Детей и Молодёжи

<sup>2</sup>МБОУ города Ростова-на-Дону «Лицей многопрофильный № 69»

*Науч.рук.: О.В. Котова, п.д.о. МБУДО ДТДМ г. Ростов-на-Дону*

При изучении космического пространства человек не может обойтись без помощников. Этими помощниками стали роботы. Все они полезны и необходимы, но следует выделить одних из них, это – планетоходы.

На космических телах роботам придется столкнуться с большими перепадами температур, высоким или низким давлением, пылевыми бурями, жестким излучением в случае отсутствия атмосферы, недостаточным освещением. Поэтому для каждого случая надо делать особый проект робота-помощника.

Цель работы предложить проект аппарата-планетохода, способного передвигаться по небесному телу, на поверхности которого есть хрупкие образования (возможно ледяные).

В работе были проанализированы конструктивные особенности самоходных аппаратов для изучения Луны и Марса. Было выявлено, что у луноходов и марсоходов похожи движительные механизмы - колёсные, так как такой механизм практичен и энергосберегающий.

Конструирование данного планетохода основывалось на предположении, что он будет работать на поверхности небесных тел с ледяными образованиями и с дефицитом света.

С помощью программы AutoCAD был сделан чертёж планетохода в разных проекциях опираясь на который была спроектирована 3D модель планетохода. Далее по чертежу была спроектирована 3D модель с помощью графического редактора Blender.

Новизна работы состоит в том, что для улучшения проходимости аппарата будет использоваться явление резонанса для частичного разрушения хрупких конических структур небольшого размера и расплав с помощью лазера ледяных структур.

### Литература

1. Планетоходы. Электронный ресурс. Режим доступа:
2. [https://robotics.ua/shows/modernity/3003-the\\_development\\_of\\_the\\_universe\\_planetary\\_rovers\\_past\\_present\\_future](https://robotics.ua/shows/modernity/3003-the_development_of_the_universe_planetary_rovers_past_present_future)
3. Луноход-1. Электронный ресурс. Режим доступа:
4. <http://dosoaftor.ru/2017/04/23/lunohod-1-istoriya-sozdaniya-i-interesnyie-faktyi/>
5. Планетоходы. Электронный ресурс. Режим доступа:
6. <https://testpilot.ru/espace/bibl/ziv/1991/5/planetoh.html>
7. Планетоходы. Электронный ресурс. Режим доступа:
8. <https://aboutspacejournal.net/космические-аппараты/планетоходы/>
9. Планетоход. Электронный ресурс . Режим доступа
10. <http://enciklopediya-tehniki.ru/promyshlennost-na-p/planetohod.html>
11. Планетоходы. Электронный ресурс. Режим доступа:  
<https://aboutspacejournal.net/космические-аппараты/планетоходы/>
12. ПрОП-М. Электронный ресурс. Режим доступа:  
[https://ru.wikipedia.org/wiki/Прибор\\_оценки\\_проходимости\\_—\\_Марс](https://ru.wikipedia.org/wiki/Прибор_оценки_проходимости_—_Марс)
13. Спирит. Электронный ресурс. Режим доступа:
14. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Спирит\\_\(марсоход\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Спирит_(марсоход))
15. Марсоходы Спирит и Оппортьюнити. Электронный ресурс. Режим доступа:
16. <http://www.cosmos-journal.ru/articles/588/>
17. Исследование Марса. Электронный ресурс. Режим доступа:
18. <https://сезоны-года.рф/Curiosity.html>
19. Управление. Электронный ресурс. <https://metkere.com/2012/10/driveonmars.html>

# Приложение



Рис. 1

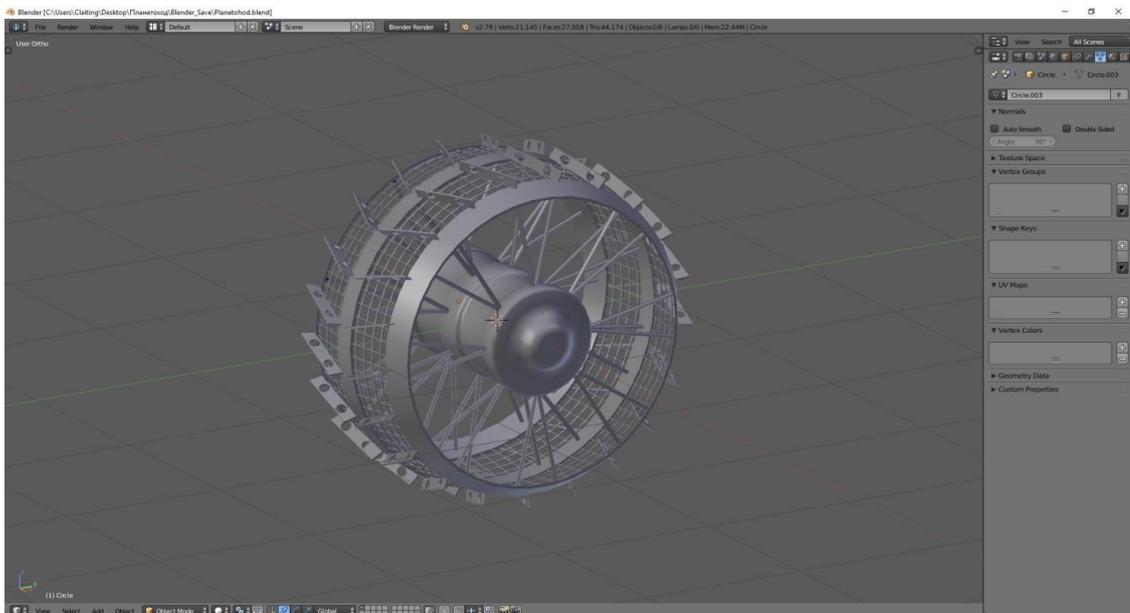


Рис. 2

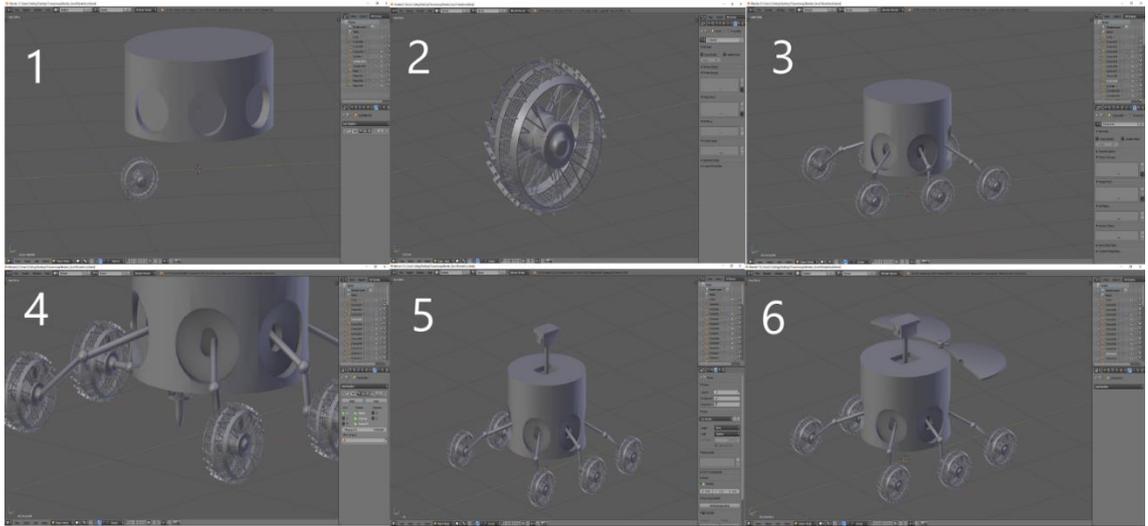


Рис. 3

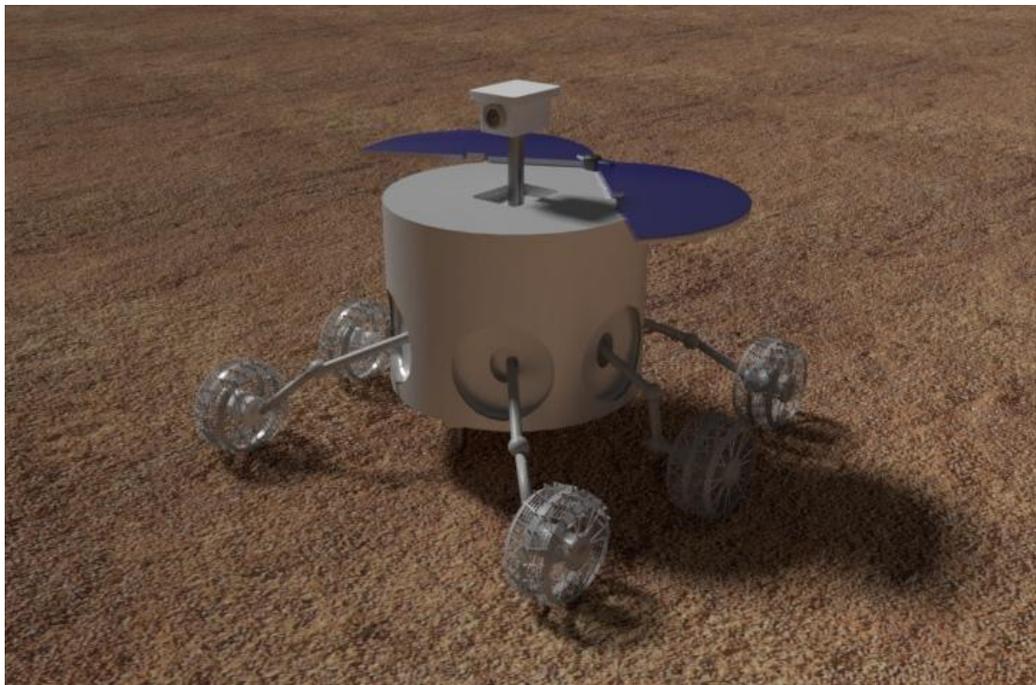


Рис. 4

## Самолет-квадрокоптер

*Радченко Максим, Новиков Дмитрий*

ГБОУ школа №1515, Москва

*Науч.рук.: И.И. Николаев, старший научный сотрудник НИЦ «Курчатовский институт»*

Мы решили спроектировать аппарат, который бы объединял достоинства как самолета, так и вертолета, т.е. мог бы быть способен зависать в воздухе и садиться на любую ровную площадку, но при этом мог бы и летать как самолет, опираясь на крылья и иметь большую скорость и длину полета, в некоторых случаях просто планировать.

Основная цель нашего проекта состоит в том, чтобы спроектировать с использованием современной 3D-графики и математически рассчитать основные летные параметры летающей модели самолета-квадрокоптера, а затем и изготовить его путем распечатки на современном 3D-принтере отдельных комплектующих частей.

Дополнительная цель проекта состоит в освоении современной программируемой электроники, используемой в моделях квадрокоптеров, и оснащении ей нашей летающей модели для придания ей всех необходимых летных качеств.

Для осуществления цели и задач нашего проекта мы изучили основы как вертикального полета вертолетного типа в режиме зависания, так и основы горизонтального полета самолета, опирающегося на подъемную силу крыла. На основе школьного курса физики а также опираясь на дополнительные сведения, почерпнутые в литературе и интернете мы вывели, что в простейшем случае ( без учета сложной аэродинамики винтов) мощность, необходимая для вертикального подъема самолета-квадрокоптера должна превышать величину (формула 1):

$$N = \sqrt{\frac{m^3 g^3}{\rho S}}$$

Где  $m$  – масса аппарата,  $g$  – ускорение свободного падения,  $\rho$  – плотность воздуха,  $S$  – площадь ометания винтов аппарата. Согласно этой формуле для разумных значений площади ометания и масс для моделей квадрокоптеров у нас получилась вертикальная подъемная сила 12 г на 1 ватт мощности моторов. Ввиду аэродинамических потерь на винтах разумно число следует сократить в 2 раза и рассчитывать, что 1 ватт мощности моторов может поднять вертикально примерно 6 грамм веса.

Далее мы вывели формулы для горизонтального полета с опорой на крыло с учетом подъемной силы крыла и лобового сопротивления аппарата. У нас получилась следующая формула (формула 2):

$$N = \frac{1}{K} \sqrt{\frac{2m^3 g^3}{C_y \rho S}}$$

Если учесть, что  $C_y \sim 1$  (коэффициент подъемной силы) то формула (2) для минимальной мощности поддержания горизонтального полета от формулы (1) для поддержания вертикального зависания в воздухе отличается на коэффициент аэродинамического качества  $K$ , равный отношению коэффициента подъемной силы к коэффициенту лобового сопротивления, обычно превышающий 10. Также следует учесть, что  $S$  тут не площадь ометания винтов, а эффективная площадь крыльев. Таким образом из формулы (2) прямо видно, что горизонтальный полет дает очень большой выигрыш в мощности в сравнении с вертикальным из-за большого значения коэффициента

аэродинамического качества вследствие работы подъемной силы крыльев. Таким образом есть все основания создать новый типа летательного аппарата, сочетающий преимущества самолета с его малой мощностью на горизонтальный полет и квадрокоптера с его возможность. Зависания и взлета и посадки в любом месте.

С помощью современной программы 3D-графики SolidWorks мы спроектировали модель с учетом особенностей аэродинамики крыла и напечатали ее на 3 D принтере. Модель весит порядка 100 граммов и поднимается в воздух четырьмя моторами суммарной мощностью 28 ватт. Пятый мотор предназначен для вертикального полета. Управляется модель посредством http-протокола по локальной сети-WiFi с помощью микросхемы ESP8266, которая принимает get-запросы, посылаемые с компьютера или смартфона и приводит в действие моторы с помощью ШИМ-модуляции на МОП транзисторах. В настоящее время модель находится в состоянии испытаний. Первоначально предполагается полет по кругу на корде, который поможет рассчитать всю аэродинамику модели и выявить практически рассмотренные выше теоретические преимущества.

### Приложение



### Солнечный ветер как источник питания в космосе

*Д.В. Полякова*

МБОУ «Гимназия №46», г. Чебоксары

Целью проекта является предложить способ использования солнечного ветра как источника энергии: изучить явление солнечного ветра и его физику, проработать варианты его использования, провести все необходимые расчеты и получить габариты устройства.

В данной работе проводится исследование солнечного ветра, причин его появления, его разновидности и характеристики. Также рассматриваются способы его применения для космических полетов или как источник питания на орбитальных лабораториях. Для этого было проведено исследование различных статей (список приведен ниже), интернет-источников.

Для доказательства гипотезы, что солнечный ветер может быть источником энергии, приводятся расчеты. Ниже представлено несколько формул, на которых базируется доказательство:

$$E = \frac{V_0}{\delta} = UB$$

где  $V_0$  – общее напряжение,  $\delta$  – стояние между электродами,  $U$  – скорость газа (плазмы),  $B$  – индукция магнитного поля

$$I = \frac{V_0}{R_g + R_L}$$

где  $R_g$  – сопротивление генератора,  $R_L$  – сопротивление нагрузки,  $I$  – общий ток

$$W_{max} = \frac{U^2 B^2 \sigma}{4} \cdot (\delta A)$$

где  $\sigma = 1.4 \cdot 10^8 \cdot \frac{T_e^{\frac{3}{2}}}{L}$ , где  $L$  – кулоновский логарифм

Значимость исследования: для питания ОБС или космических полетов нужен стабильный источник питания. Солнечные батареи имеют маленький КПД и достаточно быстро выходят из строя; использование большого количества аккумуляторов экономически невыгодно. Значит, нужен такой источник питания, который будет легкодоступен в космическом пространстве. Мое предложение может помочь в поиске такого источника.

В результате исследования были сделаны следующие выводы: солнечный ветер можно использовать в качестве источника энергии, с помощью МГД генератора можно вырабатывать мегаватты электрической энергии и использовать их в различных сферах.

### Литература

1. «Magnetohydrodynamic» Power Generation Ajith Krishnan R\*, Jinshah B S\*\* (International Journal of Scientific and Research Publications, Volume 3, Issue 6, June 2013)
2. «Astrospheres and Solar-like Stellar Winds» Brian E. Wood JILA, University of Colorado 440 UCB, Boulder (Published on 29 July 2004 (Revised on 13 July 2007))
3. «Kinetic Physics of the Solar Corona and Solar Wind» Eckart Marsch, Published on 27 July 2006
4. «Солнечный ветер» М.И. Пудовкин Санкт-Петербургский государственный университет (1996 г.)

### Разработка симуляции турбореактивного двигателя в среде Blender

*И.Л. Ткач*

ГБОУ Школа №2009

*Науч.рук.:* И.М. Кудряшов, учитель технологии; Н.Ф. Комбарова, учитель физики

Целью проекта является разработка виртуальной модели турбореактивного двигателя (ТРД) средствами программы для 3D моделирования Blender. Для решения поставленной цели необходимо:

1. Ознакомиться с принципом работы турбореактивных двигателей
2. Выбрать программу, в которой будет создаваться виртуальная модель
3. Освоить 3D моделирование в среде Blender
4. Создать виртуальную модель ТРД
5. Создать анимацию с симуляцией работы двигателя.

Для реализации проекта необходим набор возможностей среды: физика веществ и тел. Blender способен создать симуляцию дыма, который по физическим свойствам идентичен газу. Программа использует воксели вещества в заданной области, которые

двигаясь, взаимодействуют с твердыми телами. Можно настроить цвет, плотность и начальную скорость. Тем же твердым телам можно дать вес, упругость, прозрачность, прочность. Это все поможет сделать красивую и реалистичную анимацию.

В результате выполнения работы появились идеи по улучшению охлаждения горячих элементов двигателя.

Стенки корпуса и камеры сгорания можно сделать однородными, добавив кольцевой радиатор на камеру сгорания. Холодный поток воздуха во внешнем контуре корпуса будет обеспечивать хорошее охлаждения камеры сгорания, что очень важно для ресурса работы двигателя и его эффективности.

Также есть проблема в элементах задней части двигателя. Центральное тело на конце оси в сопле сильно нагревается от горячего воздуха. Чтобы тепло не распространялось на всю ось, нужно слоем вещества с низкой теплопроводностью (ниже теплопроводности воздуха). Совсем недавно в интернете нашел информацию о аэрогеле, его свойства очень необычны:

1. Образец аэрогеля может выдержать нагрузку в 2000 раз больше собственного веса.
2. Чрезвычайно низкая теплопроводность  $\sim 0,017 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$
3. Плотность 1,2 раза меньше плотности воздуха

Теплопроводность и плотность - очень важные параметры для материалов, которые используются в двигателях летательных аппаратов.

#### Приложение

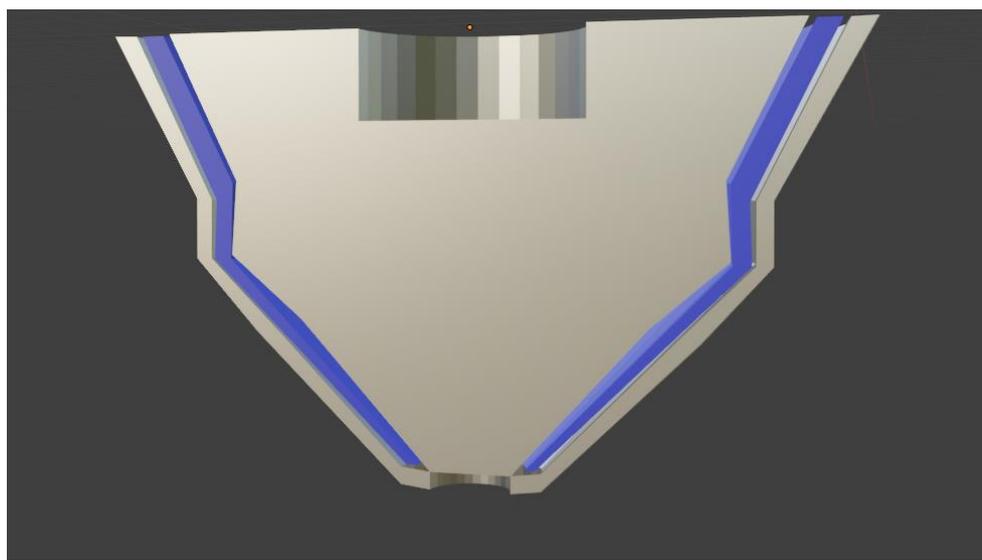


Рис. 1. Разрез центрального осевого тела

**Использование зондового сканирующего микроскопа для предупреждающей диагностики деталей летной техники**

*Д.Д. Учанова*

ГАОУ ТО «ФМШ»

*Науч.рук.: к.ф.-м.н О.А. Тарасов, учитель технологии ГАОУ ТО «ФМШ»*

Физико-математическая школа Тюменской области и Открытое акционерное общество «ЮТэйр-Инжиниринг» начали серию совместных проектных работ, направленных на повышение скорости и точности неразрушающей дефектоскопии деталей и узлов летной техники. Научно-техническое сотрудничество с ведущей российской авиационно-технической базой вертолетов запланировано на длительной основе с учетом реальных проблем эксплуатации винтокрылой техники в условиях Западной Сибири. Используются уникальные стенды для испытаний агрегатов и их узлов «ЮТэйр-Инжиниринг» и исследовательское оборудование нашей школы.

Данная работа посвящена контролю наличия наноцарапин, нанотрещин и нанокаверн в материале, связанных с его механическим износом, механической усталостью или химической деградацией, что позволяет обнаруживать дефекты еще на стадии их роста (пока нанодефекты не переросли в микродефекты, стремительно приводящие к разрушению изделия). С помощью зондового сканирующего микроскопа Наноэдьюкатор-2 были исследованы детали вертолетов МИ-8 из разных сплавов и с разной степенью износа, отобранные сотрудниками лаборатории дефектоскопии «ЮТэйр-Инжиниринг».

Установлено, что поскольку химическая эрозия и механический износ действуют одновременно, то по резкости углов царапины можно судить о времени их появления. Это позволяет отследить динамику механического износа пар трения и выполнить предупреждающий ремонт узла (двигателя, трансмиссии и т.п.) при резком росте числа новых царапин, который может быть связан только с критическим износом какой-либо детали узла. Высокое качество такой диагностики определяется тем, что на практике обнаруживаются царапины шириной и глубиной до 2-3 нм.

Изучена химическая эрозия и механический износ латуни, на примере 10-копеечной монеты, за несколько часов в лаборатории, был ускорен процесс разрушения и отслежена его динамика развития.

На примере медной проволоки изучен характер разрушения-изгиба. Выявлено, что с помощью зондового микроскопа, мы можем определить причину разрушения детали было - это разрушение из-за избыточной кратковременной нагрузки (скол по границам зерен) или из-за слабой периодической нагрузки, действующей длительный срок (скол по зернам металла).

Таким образом, показано, что с помощью зондового сканирующего микроскопа начального уровня, такого как Наноэдьюкатор-2, можно обнаружить и правильно классифицировать основные дефекты деталей, такие как наноцарапины, нанотрешины и нанокаверны в самом зародыше, что позволяет вести предупреждающий анализ состояния деталей и узлов летной техники.

## **Влияние солнечной активности на околосолнечные кометы**

***М.В. Юронин***

МБОУ г. Иркутск средняя общеобразовательная школа № 19

*Науч.рук.: В.Э. Капустин, ИСЗФ СО РАН*

Целью работы является изучить влияние солнечной активности на околосолнечную комету 96P/Макхольц-1 в период с 8 по 9 января 2002 года. Необходимо: определить плотность пыли комы кометы до и после взаимодействия с высокоэнергичными потоками плазмы, оценить влияние солнечной активности на комету вблизи Солнца. Изучение комет

имеет в настоящее время ряд перспективных направлений: они представляют интерес как объекты до сих пор до конца не разгаданной физической природы, кометы являются действующими факторами процессов эволюции звёзд и их планетных систем; лучшее понимание физических процессов в кометах позволит использовать их как естественные космические зонды.

В работе рассматриваются следующие проблемы:

1. недостаточно изучено проявления активности кометы, вблизи перигелия и на больших расстояниях от Солнца;
2. до конца не ясен процесс распада кометных ядер, проходящий без предвестника.
3. открытым вопросом остается взаимодействие потока корональной плазмы с плазменно-пылевой комой кометы.
4. мало изучены околосолнечные кометы семейства Крейтца вблизи Солнца.

В работе исследуется воздействие потоков солнечной плазмы на кометы, которые относятся к классу околосолнечных, носящих имя астронома XIX века Генриха Крейтца. Он первым выдвинул гипотезу о родстве таких космических объектов, образовавшихся в результате распада одной огромной кометы несколько столетий назад, а также механизмы выброса частиц высокой энергии и электромагнитных полей в окружающее его пространство.

Околосолнечные кометы семейства Крейтца – это семейство околосолнечных комет, названная в честь Генриха Крейтца (Kreutz), который в 1888 году показал их взаимосвязь. Предполагается, что все они являются частями одной большой кометы, которая разрушилась в 1106 году. Некоторые из этих комет стали большими кометами, которые были видны днём около Солнца.

В своей монографии О.В. Калиничева представила исследование динамической эволюции комет Крейтца, которые имеют исключительно малое перигейное расстояние – именно это обстоятельство и послужило тому, что эти кометы называют околосолнечными. Их также называют «царапающими Солнце».

На современном этапе развития науки эти кометы исследуют при помощи космической солнечной обсерватории SOHO, которая оборудована, в частности коронографами для исследования солнечной короны. За более чем 20 лет своей работы обсерватория обнаружила более трех тысяч комет – большинство из которых прекратила свое существование при близком подлёте к Солнцу.

Расчет в практической части работы производился по основной формуле:

$$L_{com} = ANl\pi r^2 L_{disk}$$

Были проанализированы наблюдательные данные коронографа SOHO/LASCO C2 и C3, что позволило оценить влияние солнечной активности на различные параметры «солнцецарапающих» комет.

В ходе работы самостоятельно изучены отдельные особенности влияния солнечной активности (вспышки, корональный выброс массы и т.д.) на кометы солнечной системы семейства Крейтца.

Сделан вывод, что влияние солнечной активности на кометы выражено в гораздо большей степени, поскольку они не защищены атмосферой и магнитным полем от воздействия солнечной плазмы и электромагнитных излучений.

В работе также было проведено сравнение комет и снежных сугробов. Изучение показало, что существует определенное сходство их с ядрами комет. Так, они имеют

примерно одинаковую плотность, структуру, снежные текстуры изменяются под действием солнечного излучения.

## Секция бизнес-инноваций и менеджмента

### Технопарк как решение одной из проблем современности

*А.Ф. Акмалова*

МБОУ «СОШ №13 им. А.Л. Широких», г. Сарапул

Задачами данной работы являются: провести маркетинговое исследование, выполнить моделирование и разработку здания комплекса в 3 вариациях (макет, 3D модель и чертеж), провести вычисления и выявить особенности данного комплекса, сделать вывод о проделанной работе.

В ходе проделанной работы была дана характеристика предприятия, с целью определения вектора развития, проведено маркетинговое исследование, благодаря которому были учтены точки зрения будущих посетителей многофункционального комплекса, выполнены три модели здания (виртуальная, объемная, чертежная), определены цели и миссия предприятия, а также выявлены функциональность и инновации, основанные на европейском и скандинавском опыте.

Идея работы не имеет в мире аналогов. Она возникла на наблюдении за людьми маленьких и средних городов России. Суть комплекса заключается в следующем: благодаря привлечению внимания людей средством организации развлечений (мест досуга и отдыха) и сосредоточению данного средства в объекте, содержащем научные центры, посетители становятся ближе к науке. Также аренда сдаваемых площадей местам отдыха и досуга способствует окупаемости данного комплекса. Возведение данного МФК определенно будет улучшать моральный облик города, увеличивать бюджет и его инновационное развитие.

Целью данного бизнес-проекта является его разработка. Цель успешно выполнена, благодаря поставленным задачам и правильной организации времени. 1,5 года разработки проекта улучшили мои навыки тайм- менеджмента, моделирования, коммуникации (в ходе работы опрошено 500 чел.), усовершенствовал память, умение делегировать задачи осознанность и способность полностью сфокусироваться на выполняемой задаче.

### Литература

1. Стив Джобс/Уолтер Айзексон: пер. с англ. Д.Горяниной, Ю.Полешук, А.Цырульниковой, А. Чередниченко. – Москва: Издательство АСТ: CORPUS, 2017. – 688 с. ISBN:978-5-17-077871-3
2. Google Maps – Карта Сарапула
3. Площадка для моделирования (web-документ)
4. <https://www.tinkercad.com/dashboard>
5. Технопарк (web-документ) - <https://ru.wikipedia.org/wiki/Технопарк>
6. Выбор наименования (web-документ) - <https://www.gestion.ru/news/gestion/vybor-naimenovaniya-ooo-chto-nelzya-ispolzovat-v-nazvanii/>
7. Документы для разрешения строительства (web-документ) - <https://stroimprosto-msk.ru/>
8. Сарапул (web-документ) - [http://sarlib.ru/electronic\\_library\\_sarapul\\_quot/list.php?SECTION\\_ID=11](http://sarlib.ru/electronic_library_sarapul_quot/list.php?SECTION_ID=11)
9. Самый высокий небоскреб Европы (web-документ) - <http://lakhta.center/ru/about/forspb/>

## **Атом образование (Atom Edu). Образование, которое доступно каждому**

*Ю.К. Забудько*

СШ №33 с углубленным изучением отдельных предметов, город Петропавловск-Камчатский

*Науч.рук.: А.В. Коротков, МФТИ*

Целью данного проекта является разработка образовательной онлайн-платформы в 2020 году с системой тестирования и подбора персонализированной программы обучения для школьников с ОВЗ, проверкой качества знаний, а также возможностью каждому стать наставником. Необходимо: изучить проблемы, которые возникают в школьном образовании; проанализировать проблемы, предложить гипотезы, которые смогут решить проблемы; протестировать гипотезы на реальных людях, найти и проанализировать решения, которые уже существуют; сформулировать концепцию идеи; сформулировать гипотезу ценности продукта; разработать концепцию минимально жизнеспособной версии продукта; подать заявку на патент; найти способы продаж; разработать прототип; найти инвестора для реализации.

Концепция идеи:

1. Онлайн курсы от учителей и учеников;
2. p2p обучение (ученики могут быть менторами друг у друга);
3. Система тестирования;
4. Создания цифрового профиля по стандарту университета НТИ;
5. Система подбора персонализированной программы обучения с помощью ИИ;
6. Самостоятельное изучение теоретической части;
7. Применение теории на практике путем проектных работ;
8. Система рейтингов ученик-учитель и учитель-ученик.

При анализе потребности жителей Камчатского края во внедрении в повседневную жизнь IT-технологий, мной было найдено современное технологическое решение проблемы общедоступности среднего образования - проект "Atom Edu" (далее - Проект), позволяющий получить качественное школьное образование дистанционно и в удобной для понимания форме.

Наиболее значимой целевой аудиторией моего проекта являются дети с ограниченными возможностями здоровья, для которых получение среднего образование является сложным, а порой практически невозможным.

По результатам проведенного опроса, респондентами выделены следующие категории проблем в современной системе школьного образования:

1. Проблемы, отнесенные к категории компетенции преподавателя и руководящего состава образовательного учреждения в целом;
2. Проблемы, отнесенные к возможностям ученика;
3. Проблемы, отнесенные к инфраструктурным.

Разрабатываемый мной Проект нацелен на реализацию вышеуказанных решений, что позволит изменить современную систему школьного образования путем внедрения передовых разработок IT-технологий.

## **Литература**

Вся используемая литература, а также ссылки на внешние источники находятся в общей папке Google Drive - <https://drive.google.com/drive/folders/1GWF1LvsziNaEfEfvT3DRXptkDMsl8OOr?usp=sharing> (С проблемами и их анализом можно ознакомиться по ссылке: Проблемы и их анализ или в папке со всеми дополнениями и приложениями: МФТИ старт в науку)

**Разработка рекомендаций по утилизации органических отходов в городских условиях с помощью ЭМ-технологии на примере северного микрорайона г.Электросталь**

**Зверева Алина**

МОУ «СОШ №11», г. Электросталь

*Науч.рук.:* О.В.Сидоренко, учитель биологии МОУ «СОШ №11» г. Электросталь

Производство биогумуса на основе ЭМ-технологий решает сразу несколько актуальных проблем: позволяет утилизировать растительные и пищевые отходы в пределах города, снижать нагрузку на свалки и полигоны и получать ценное органическое удобрение, применение которого способствует улучшению качественных свойств городских почв.

Целью работы является разработать рекомендации по утилизации органических отходов в городских условиях с помощью ЭМ-технологий. В связи с поставленной целью в ходе работы решались следующие задачи:

1. По литературным данным и другим источникам информации сформулировать представление об объекте исследования.
2. Подобрать методики, которые позволят провести исследование качества растительного опада в Северном районе города.
3. Выбрать тестовые участки и методом химического анализа оценить количество тяжелых металлов в листовом опаде на этих территориях. Систематизировать полученные данные и провести их анализ.
4. Разработать технологию компостирования органических отходов с использованием биопрепарата «Байкал ЭМ-1» и обосновать рекомендации по производству биогумуса.
5. Оценить экономическую сторону реализации проекта: произвести расчёты затрат и возможной прибыли от производства и продажи биогумуса.
6. Наметить перспективные направления дальнейших исследований.

Для решения поставленных задач использовались следующие методы исследования: сбор данных по литературным источникам информации, химический анализ для исследования качества растительного опада, экономический расчёт.

Гипотеза проекта: в начале исследования было выдвинуто предположение, что из городских органических отходов путём компостирования с использованием микробиологических препаратов можно получить ценное органическое удобрение.

Обзор литературных данных позволил выявить, что в настоящее время растительные и пищевые отходы с территории города вывозят на свалки и полигоны, тогда как из них можно получить ценное органическое удобрение. Найден наиболее безопасный способ утилизации органических отходов – компостирование, в процессе которого образуется питательная биомасса – её можно использовать для восстановления городских почв. Изучены особенности процесса переработки органических отходов с помощью ЭМ-технологий. Выяснено, что их практическое применение возможно в условиях г. о. Электросталь.

Из существующих методов исследования качества растительного опада для оценки состояния городских почв выбран химический анализ — обнаружение примесей тяжелых металлов способом Государственной Фармакопеи РФ.

Для лабораторного исследования были отобраны пробы растительного опада в 4-х выбранных тестовых участках г. о. Электросталь, расположенных в 3-х зонах с разной степенью антропогенной нагрузки на природные экосистемы (см. приложение 1). Результаты оценки качества образцов представлены в Таблице 1 (приложение 2).

Сравнительный анализ полученных данных позволил сделать следующие выводы:

1. В г. о. Электросталь на природной, рекреационной территории, в зоне зелёных насаждений, растительный опад наименее подвержен загрязнению как тяжелыми металлами, так и механическим мусором. На этих территориях почвы не нуждаются в восстановлении с помощью искусственных удобрений.
2. На территориях общего пользования в результате антропогенного воздействия нарушается процесс почвообразования, почвы подвержены обеднению и разрушению, необходимо предпринять комплекс мер по их восстановлению.

Разработаны предложения на основе технологии производства биогумуса и технологии обращения с отходами. Администрации г. о. Электросталь рекомендуется:

1. Организовать отдельный сбор, переработку пищевых отходов и отходов, образующихся при уходе за зелёными насаждениями, с последующей реализацией полученного биогумуса.
2. Предусмотреть финансирование на поэтапное создание городской системы отдельного сбора и переработки органических отходов путём включения в программу благоустройства г. о. Электросталь соответствующих мероприятий.

Подсчитаны финансовые издержки, выручка и возможная прибыль за один цикл производства (см. приложения 3, 4). Затраты на переработку 100 куб. метров органических отходов составят примерно 48 тыс. руб. При продаже всего объёма образованного биогумуса сумма прогнозируемой выручки составит около 485 тыс. руб.

Планируется продолжить дальнейшее исследование проблем рационального использования ресурсов и загрязнения почв тяжёлыми металлами.

Таким образом, можно считать, что цель работы достигнута, а гипотеза оправдалась.

### Литература

1. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв / Е. В. Аринушкина – М: Изд-во МГУ, 1970. - 471 с.
2. Богатырев Л.Г. Образование подстилок – один из важнейших процессов в лесных экосистемах / Л.Г. Богатырев - Почвоведение, 1996. – 489 с.
3. Государственная Фармакопея Российской Федерации -Министерство здравоохранения РФ, 2008.
4. Методы полевых экологических исследований: учеб. пособие /авт. коллектив: О.Н. Артаев, Д.И. Башмаков, О.В. Березина; ред. А.Б. Ручин. - Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2014. - 412 с.
5. Муравьев А.Г. Оценка экологического состояния почвы / А.Г. Муравьев, Б.Б. Каррыев, А.Р. Лянзберг. - СПб.: Кримас + ,2000.
6. Почвоведение / Под ред. И. С. Кауричева. Изд. 2-е. - М.: Изд-во «Колос», 1975. - 496с.
7. Прожорина Т.И. Химический анализ почв. Часть 1: Лабораторный практикум для вузов [Электронный ресурс] / Т.И. Прожорина, Е.Д. Затулей. – Электрон. текстовые дан. – Воронеж: ВГУ, 2008. – Режим доступа:
8. <http://window.edu.ru/catalog/pdf2txt/573/65573/36950?>

9. Федорец Н. Г. Методика исследования почв урбанизированных территорий / Н. Г. Федорец, М. В. Медведева - Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2009. - 84 с.
10. Ткаченко А. В. Определение тяжелых металлов в фитомассе и метод ее утилизации [Электронный ресурс]. Режим доступа:
11. [https://revolution.allbest.ru/ecology/00791546\\_0.html](https://revolution.allbest.ru/ecology/00791546_0.html)
12. Книга о ЭМ-препарате [Электронный ресурс]. Режим доступа: Книга ЭМ-технологии.doc
13. Экологический обзор города Электросталь [Электронный ресурс]. Режим доступа:
14. [http://www.e-  
ng.ru/ekologiya\\_i\\_oxrana\\_prirody/ekologicheskii\\_obzor\\_goroda\\_elektrostal.html](http://www.e-<br/>ng.ru/ekologiya_i_oxrana_prirody/ekologicheskii_obzor_goroda_elektrostal.html)

### Приложение

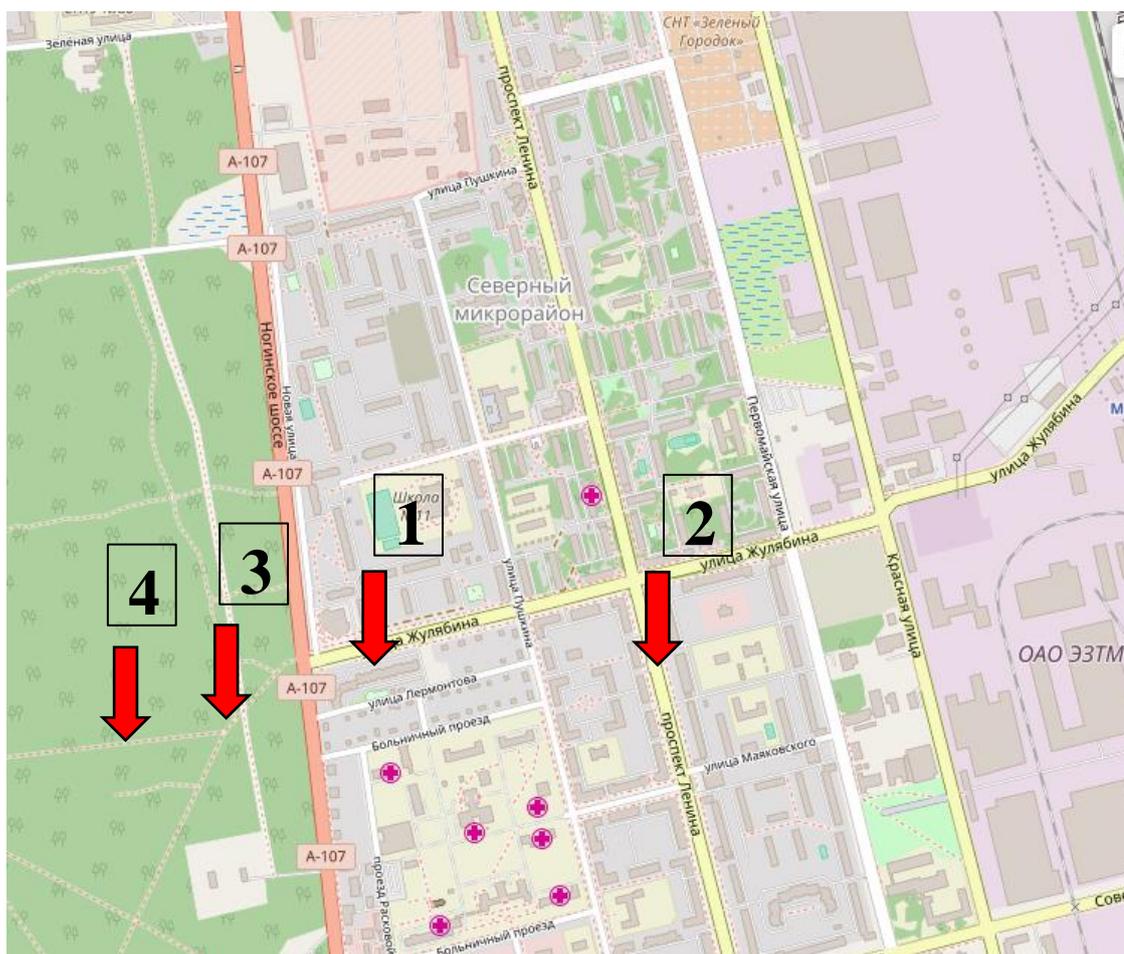


Рис.1. Расположение 4-х тестовых участков на территории г. о. Электросталь (точки № 1-4), где произведён отбор образцов растительного опада для лабораторного химического анализа.

Образец	Место отбора	Результат
№1	Территория общего пользования (2м от Ногинского шоссе)	Содержит наибольшее количество мусора и примесей тяжелых металлов: ионов свинца, железа и меди.
№2	Селитебная территория (жилая застройка) – зона зелёных насаждений	Содержит меньшую концентрацию загрязнителей.
№3, 4	Лесопарковая зона «Авангард»	Механического мусора не обнаружено, а концентрация ионов тяжелых металлов минимальная.

Табл. 1

Вид затрат	Количество	Цена за единицу	Стоимость
Раздельный сбор отходов	100 куб. метров	7,03 руб. / куб. метр	703 руб.
Рытьё траншей	100 куб. метров	250 руб. / куб. метр	25 000 руб.
Транспортировка, укладка, извлечение и доставка	100 куб. метров	125 руб. / куб. метр	12 500 руб.
Раствор «Байкал ЭМ-1», необходимый для обработки 100 куб. метров субстрата	40 л	250 руб. / л	10 000 руб.
Итого:	48 203 руб.		

Табл. 2

Вид продукции	Количество	Цена за единицу	Выручка
Биогумус	27 т	21 руб. / 1 кг	567 000 руб.
Налог в размере 6% от дохода		34 020 руб.	
Затраты		48 203 руб.	
Прибыль (с вычетом затрат и налога)		484 777 руб.	

Табл. 3

# Математические модели экономических пузырей

Я.В. Иванова

МАОУ СШ № 149, г. Красноярск

Науч.рук.: к.ф.-м.н. В.А.Степаненко, доцент высшей математики СФУ

Целью данной работы было изучить экономический пузырь: причины возникновения, жизненные фазы, характеристики, историю и т.д., а также изучить математическое описание экономических пузырей. Задачи же стояли следующие:

1. Изучить необходимую литературу по данной теме.
2. Изучить экономический пузырь, как явление общественное, так и как явление математическое.
3. Пронаблюдать сегодняшний рынок, «выискать» экономический пузырь.

Объектом исследования были экономические пузыри, а предметом исследования были мартингалы.

Экономический пузырь (также называемый «спекулятивным», «рыночным», «ценовым», «финансовым») — это процесс, когда рыночные цены зашкаливают по сравнению со справедливыми. Это явление существовало столько же, сколько существует экономика. Многих «пузырей» мы не можем увидеть, т.к. они незначительно влияют на нашу жизнь, но так или иначе каждый человек ощущал на себе его воздействие, например, многие столкнулись с развивающимся «пузырём», который непосредственно связан с криптовалютой «Bitcoin» (рассуждение на эту тему можно увидеть в моей работе).

Прямоком на наших глазах развивается ещё один пузырь! Названия ему ещё, конечно же, не существует, т.к. только 04.02.2020 года обнаружила развитие экономического пузыря коммерческой компании «Tesla»(рис.1.).Ещё не известно до каких размеров он может разрастись, и как это повлияет на экономику, на благосостояние граждан.

Чтобы однозначно дать ответ на выше поставленные вопросы, стоит обратиться к математике и попытаться продвинуться хоть на шаг к разгадке этого таинственного и непредсказуемого явления.

Данное явление описывается мартингалом. Чтобы перейти к описанию экономических пузырей с помощью мартингалов, нужно понять, что из себя представляет мартингал. В своей работе я даю несколько трактовок, а также там, где это нужно, присутствует доказательство.

Но в тезисах (из-за ограниченности кол-ва страниц) представлю общепринятое определение «мартингал»:

Опр. Процесс  $(x_t, t \in T)$  называется мартингалом относительно фильтрации  $F = (F_t, t \in T)$ , если выполняются следующие условия:

1.  $x_t$  согласован с  $F$
2.  $x_t$  является  $L^1$ -процессом, т.е.  $\forall t \in T \ E|x_t| < +\infty$
3.  $E(x_t | F_s) = x_s$ , для  $\forall s, t \in T, s \leq t$ , т.е. с ростом времени условное среднее  $x_t$  в точности  $x_s$  - процесс в момент времени  $s$ .

Если вместо 3 пункта выполняется следующее:

1.  $E(x_t | F_s) \geq x_s$ , для  $\forall s, t \in T, s \leq t$   
 $x_t$ , то такой процесс называется субмартингал
2.  $E(x_t | F_s) \leq x_s$ , для  $\forall s, t \in T, s \leq t$ , то такой процесс называется супермартингал

К сожалению, пока что нет каких-либо книг на русском языке на данную тему, но мы решили не отчаиваться, а попытаться прочитать книгу «A Mathematical Theory of

Financial Bubbles», написанную в 2012 году Филиппом Поттером. В ней представлены теоремы и объяснение экономических пузырей законами математики, что несомненно приближает нас к разгадке данного явления.

В моей работе представлены 3 теоремы, а также их доказательства (чаще всего замена переменных), с которыми вы можете ознакомиться в главе 2.

Новизна моей работы заключается в том, что я независимо, автономно выдвинула гипотезу о том, что на рынке «созревает» экономический пузырь, также в данной работе представлена систематизация данных об экономическом пузыре, как объект социального познания, так и точного познания, естествонаучного.

Рассматривая материалистическую теорию К.Маркса и Ф.Энгельса, мы можем заметить, что самое большое значение в процессе формирования общества они отводят экономике. Экономику также называют фундаментом всякого общества, а все остальные сферы общества - надстройками. Неслучайно экономике отводится значимая роль в жизни человека. Именно поэтому человеку требуются фундаментальные знания о процессах, протекающих непосредственно в экономике. Владея знаниями о каких-либо процессах, люди смогут предотвращать некоторые негативные последствия, тем самым сохранив своё благосостояние, уровень жизни.

## Литература

1. «A Mathematical Theory of Financial Bubbles», Филиппом Поттером, 2012 год..
2. Щеглова Л.В. Экономические пузыри в современной экономике // Современные научные исследования и инновации. 2017. № 6

## Приложение



Рис. 1.



## Оптимизация оборотного водоснабжения АО «Уралэлектромедь»

*В.К. Крохалева*

МАОУ «СОШ №2», г. Верхняя Пышма, Свердловской области

*Науч.рук.:* В.Р. Курдюмов, научный сотрудник АО «Уралэлектромедь»; Е.А. Крохалева, учитель ВКК по биологии и географии МАОУ «СОШ №22»

Оборотное водоснабжение – это система водоснабжения, обеспечивающая многократный оборот одной и той же воды в технологическом процессе. Применение оборотного водоснабжения позволяет существенно уменьшить расход природной воды и предотвратить загрязнение окружающей среды. При реализации систем оборотного водоснабжения возникает ряд проблем, недоучет которых приводит к нерациональному использованию воды в системе оборотного водоснабжения за счет более частого вынужденного сброса ее из системы (продувки), быстрому выходу из строя конструктивных элементов охладителей, трубопроводов, теплообменной аппаратуры. При ухудшении качества оборотной воды особенно бурно протекают процессы коррозии. В оборотных циклах АО «Уралэлектромедь» также наблюдается коррозионная агрессивность и нестабильность оборотной воды.

В связи с этим целью настоящей работы является подготовить техническое предложение по улучшению работы оборотных циклов в части снижения влияния на них коррозионных процессов и обеспечения более стабильного качества оборотной воды.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи: проанализировать литературу по выбранной теме и подобрать методы исследования; определить скорость коррозии конструкционной стали в водах ГОЦ и ЧОЦ НД и сравнить со скоростью в модельных растворах и деионизованной воде; оценить микроструктурные изменения стали в процессе коррозии; определить наиболее важный критерий, определяющий скорость коррозии; определить способ контроля состава оборотной воды для уменьшения влияния коррозионных процессов на работу оборотных циклов и ритмизации вывода продувочных вод на очистку.

Объектом данного исследования была выбрана оборотная вода. Предметом исследования – коррозионные свойства оборотной воды. При анализе литературы была выдвинута следующая гипотеза: если контролировать качество оборотной воды, то можно увеличить срок службы трубопроводов, теплообменной аппаратуры предприятия и т.п., а также снизить различные прямые и косвенные затраты, в т.ч. затраты на переработку продувочных вод оборотных циклов.

Результаты исследования позволяют рекомендовать данную систему оптимизации оборотного водоснабжения в целях повышения экономической эффективности производства и уменьшения расхода природной воды, что приводит к более рациональному ее использованию.

Для дальнейшего исследования была выбрана конструкционная углеродистая сталь марки «Ст3», из которой были изготовлены образцы стальных купонов. Размеры купонов были определены с помощью штангенциркуля. Взвешивание проводили на весах марки «SARTORIUS MSE1202S». Стальные купоны поместили в следующие растворы: продувочные воды ГОЦ (исходная, упаренная в 2 раза, разбавленная в 2 раза), продувочная вода ЧОЦ НД (исходная, упаренная в 2 раза, разбавленная в 2 раза), модельные сульфат-содержащие растворы (содержание сульфат-ионов от 20 до 500 мг/дм<sup>3</sup>), модельные хлорид-содержащие растворы (содержание сульфат-ионов от 20 до 500 мг/дм<sup>3</sup>) и деионизованная вода. При помощи портативного кондуктометра «HM DIGITAL COM 100» были также

определены значения электропроводности исследуемых растворов. Стальные купоны выдерживали в представленных растворах в течение 23 суток, причем четвертую часть данного времени осуществлялось их легкое встряхивание при помощи перемешивающего устройства «ЭКРОС ПЭ-6410» со скоростью 40 об/мин. Микроскопические исследования осуществляли на аппарате «VEGA TESCAN 3». Данные обработали методами математической статистики.

В результате работы: выяснилось, что с ростом показателя соледержания вод обратных циклов увеличивается и скорость разрушения металла; установлено, что в грязном оборотном цикле наибольшие коррозионные разрушения вызывают сульфат-ионы, а в чистом оборотном цикле низкого давления – в равной мере и сульфат-, и хлорид-ионы; была выявлена прямая зависимость между соледержанием оборотной воды и ее электропроводностью; выяснилось, что для воды чистого оборотного цикла низкого давления рекомендуется поддерживать соледержание на уровне не более 550 мг/дм<sup>3</sup> или до 700 мкСм/см в пересчете на электропроводность; выяснилось, что одним из наиболее предпочтительных способов контроля соледержания в оборотной воде – установка промышленных стационарных кондуктометров (предлагается установить кондуктометры как на входе (выходе) оборотной воды в (из) градирню энергоцеха в совокупности с автоматизированной системой управления продувками, так и в производственных подразделениях). Проект в указанном выше объеме может окупить себя за 6,6 месяцев (0,55 года).

### Литература

1. Пальгунов П.П. Санитарно-технические устройства и газоснабжение зданий: 2-е издание / П.П. Пальгунов, В.Н. Исаев. М.: Стройиздат, 1991. 696 с.
2. Ред. Беликов С.Е. Водоподготовка. Справочник для профессионалов. М.: Аква-Терм, 2007. 240 с.
3. Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки. ГОСТ 380-2005. М.: Стандартиформ, 2009. 11 с.
4. Методы коррозионных испытаний. Общие требования. ГОСТ Р 9.905-2007. М.: Стандартиформ, 2007. 20 с.
5. Металлы, сплавы, покрытия металлические. Методы удаления продуктов коррозии после коррозионных испытаний. ГОСТ Р 9.907-2007. М.: Стандартиформ, 2007. 19 с.
6. Ермолов И.Н. Методы и средства неразрушающего контроля качества / И.Н. Ермолов, Ю.А. Останин. М.: Высшая школа, 1988. 368 с.
7. Рекомендации по устройству и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов. Приказ Ростехнадзора от 27.12.2012 № 784
8. Идельчик Б.М. Защита от коррозии компрессорных машин / Б.М. Идельчик, А.Е. Лященко. Л.: Машиностроение, 1984. 119 с.
9. Методические указания по применению кондуктометрического контроля для ведения водного режима электростанций. МУ 34-70-114-85. М.: Союзтехэнерго, 1986. 37 с.
10. Радин М.А. Химическое сопротивление материалов и защита от коррозии / М.А. Радин, И.С. Михайлова, Т.Л. Луканина. СПб.: изд-во СПбГТУРП, 2014. 210 с.

## Приложение

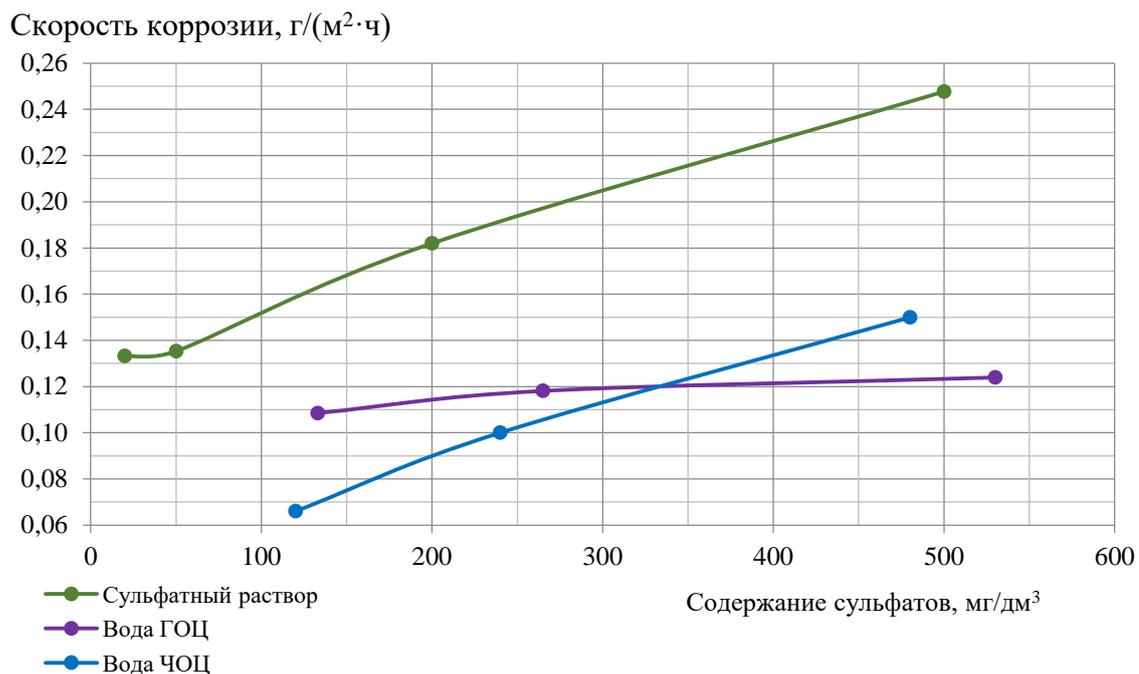


Рис. 1. Зависимость скорости коррозии от содержания сульфатов в водах ГОЦ и ЧОЦ, сульфат-содержащем растворе.

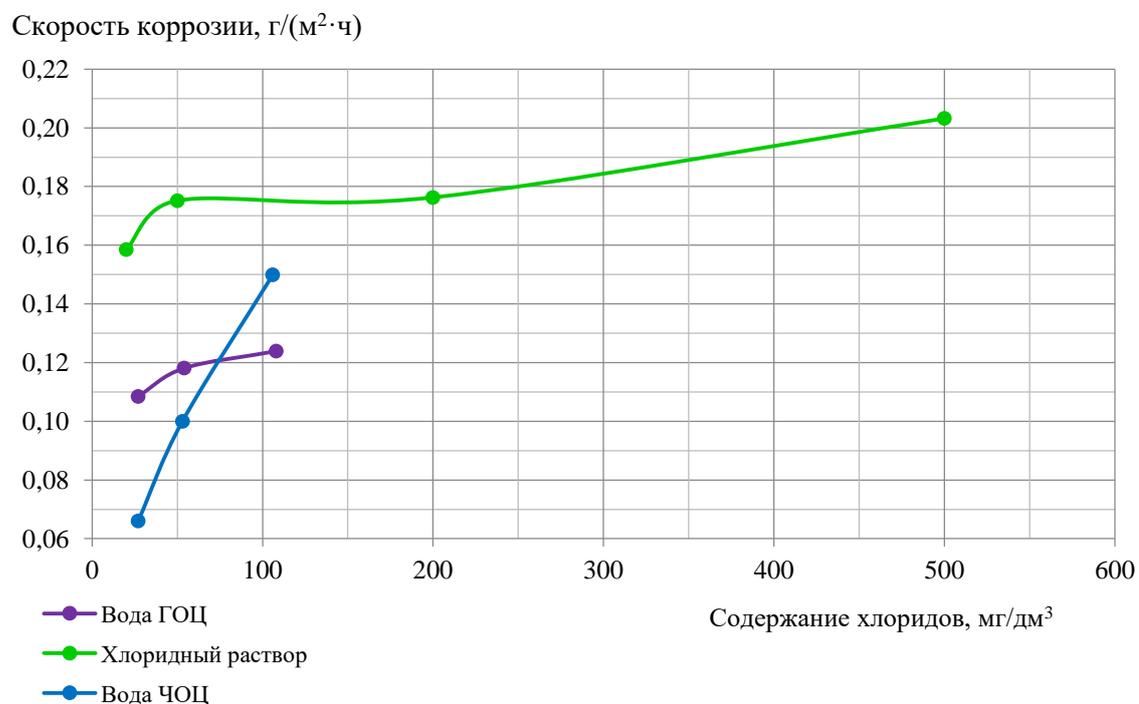


Рис. 2. Зависимость скорости коррозии от содержания хлоридов в водах ГОЦ и ЧОЦ, хлорид-содержащем растворе.

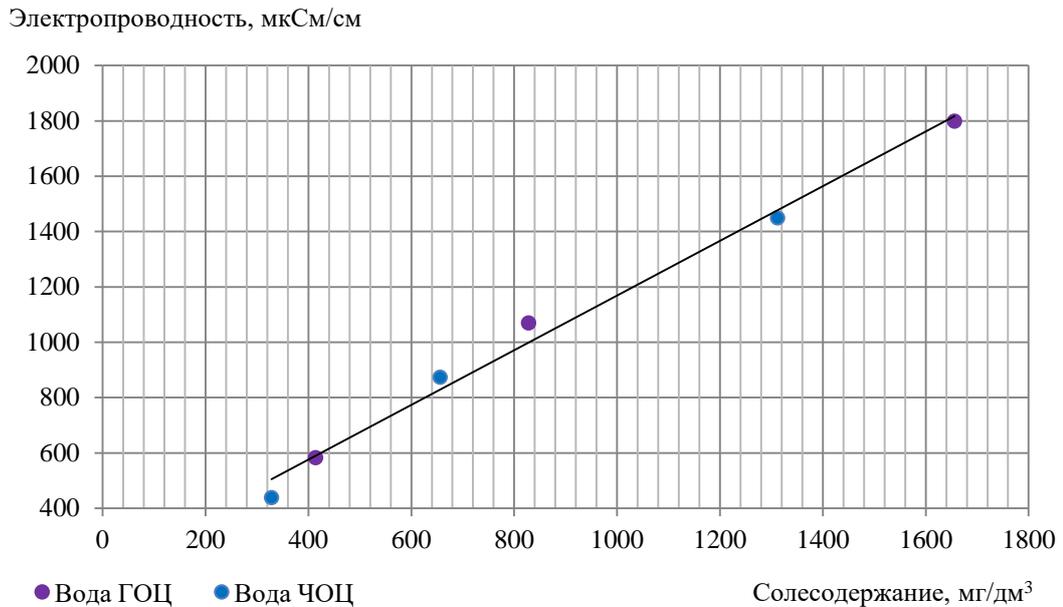


Рис. 3. Зависимость электропроводности от солесодержания вод ГОЦ и ТЭЦ.

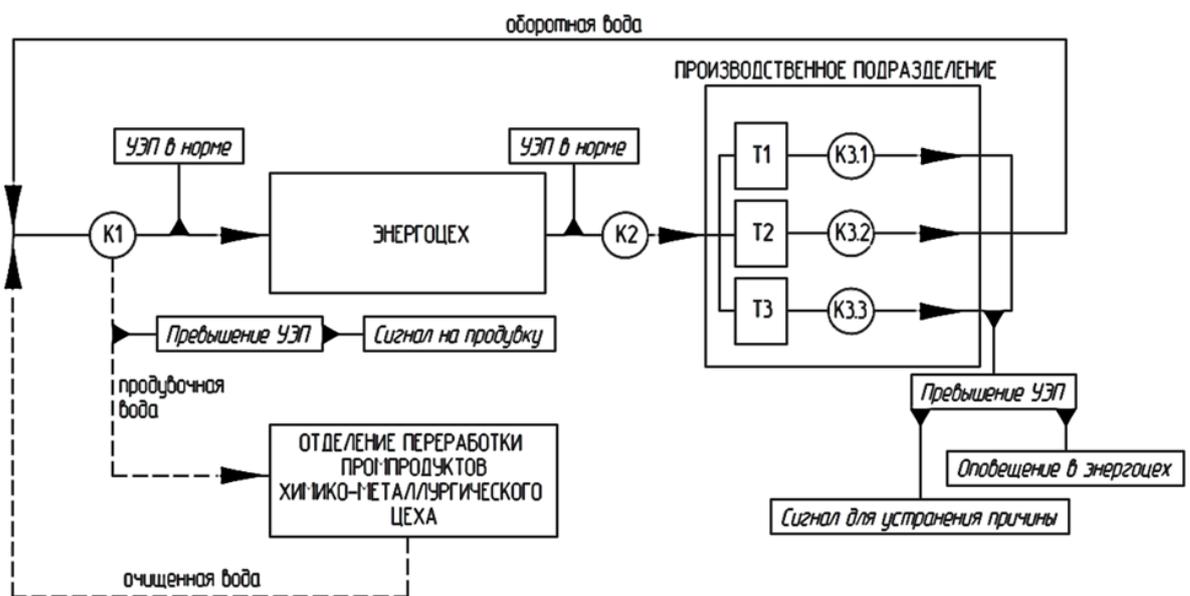


Рис. 4. Схема управления чистым оборотным циклом низкого давления в цепочке поставщик-потребитель.

## Внедрение систем беспилотного общественного транспорта в городе Архангельске

*Т.Е.Малышкин*

Государственное Нетиповое Образовательное Учреждение Архангельской области  
«Архангельский Государственный лицей имени М.В.Ломоносова».

Науч.рук.: А.Е. Ежова, учитель экономики ГБНОУ АО «АГЛ им. М.В.Ломоносова».

Целью работы является создание плана внедрения технологий беспилотного общественного транспорта на территории города Архангельска и его пригородах.

Задачи исследования:

1. Оценить состояние общественного транспорта и его системы в городе Архангельске.
2. Выявить и устранить недостатки в системах транспорта и дорожной сети.
3. Выбрать поставщиков транспортных средств и другого оборудования.
4. Построить объекты, необходимые для функционирования беспилотных систем.
5. Определить маршруты для новых транспортных средств.
6. Обучить персонал и произвести прием на соответствующие учебному курсу должности.
7. Запустить беспилотный общественный транспорт.

С каждым годом мы можем наблюдать увеличение количества прототипов беспилотного транспорта, начиная с маленького дрона, заканчивая тяжёлым грузовиком. На сегодняшний день, для коммерческих целей используется минимум беспилотников, в основном в Европе и США. Россия ответила на брошенный вызов и имеет в своем арсенале достаточно амбициозных проектов. Запуск их планируется в таких крупных городах как Москва, Санкт-Петербург, Казань. Поэтому данный проект актуален.

В моей работе, я проведу исследование, как будет выглядеть город Архангельск после внедрения беспилотного общественного транспорта и что для этого потребуется сделать.

Основным методом исследования является сбор и анализ научно-популярных статей с использованием карт местности и наглядных изображений, проведение опроса жителей города.

Значимость проекта трудно не понять. Внедрение беспилотных технологий сделает наземные пассажироперевозки безопаснее и дешевле как для потребителей, так и компаний, имеющих в своём распоряжении беспилотники.

Итогом работы станет вариант бизнес-плана по внедрению беспилотного общественного транспорта в региональные центры России.

### **Литература**

1. [www.habr.com](http://www.habr.com) -технологии беспилотного транспорта
2. [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org) – МА3 206, ПА3 3205
3. <http://www.skyelectronics.ru/autoconductor>
4. <https://29.ru/text/auto/60486321/>

### **Перспективы развитие газомоторного топлива**

*Р.Е. Сингур*

МБОУ Новопортовская школа – интернат имени Л. В. Лапцук

*Науч.рук.: Р.Х. Аскарлов, учитель физики МБОУ Новопортовская школа – интернат имени Л. В. Лапцук*

Целью работы является исследование перспективы развитие газомоторного топлива. Исследовать рынок газомоторного топлива, исследовать траекторию развития системы питания двигателей на газомоторном топливе, сделать вывод.

После рассмотрения всех плюсов и минусов эксплуатации транспорта на разных видах топлива, а также учитывая развитие заправочных сетей, приходим к выводу о том, что: компании Газпром экономически целесообразнее изменить траекторию развития сети заправок газомоторного топлива. Природный попутный газ преобразовывать на основе каталитического риформинга в сжиженный нефтяной газ (пропан-бутан), тем самым реализовывать свой основной продукт метан в виде сжиженного нефтяного газа.

Доводы:

1. Более развитая сеть заправочных станций сжиженным нефтяным газом, в сравнении с компримированным газом.
2. Возможность построить на основе существующей, ранее построенной развитой сети газопроводов, заводы по переработки метана в пропан в экономически выгодном географическом месте, тем самым оптимизировать логистику, уменьшить энергетические и сырьевые затраты нежели с ранее выбранным путем, увеличить долю рынка своего продукта в транспортной сфере.

На сегодняшний день существуют продукты и разработки системы питания двигателя внутреннего сгорания, позволяющие использовать одно топливные двигатели на сжиженном нефтяном газе практически в любых климатических условиях.

## **Как создаются компании**

*Д.А.Холопов*

ГБОУ школа №1518

*Науч.рук.: Д.В. Колыганов, учитель географии, ГБОУ школа 1518*

Целью исследования является создание описания шагов, которые необходимы для построения компании. Задачи исследования: выявить все основные шаги, необходимые для создания компании, установить последовательность действий, изложить весь порядок шагов в виде текста так, чтобы им можно было пользоваться для создания компании.

Анализ литературы (см. Приложение 1 в тексте работы) позволил выявить важнейшие шаги, необходимые при создании компании.

Построение компании можно разделить на четыре функционально разные этапа.

1. формулирование идеи и создание команды;
2. проверка идеи на практике и тестирование продукта;
3. расчеты и планирование;
4. запуск бизнеса;

Каждый из этапов состоит из нескольких шагов (полный список см. в разделе "Итоги"). Иногда шаги приходится повторять на следующих этапах: например, изменять идею, снова собирать команду или заново производить расчеты. Некоторые события могут очень сильно изменить весь проект. Например, если предприниматель привлекает инвесторов, то придется прислушиваться к их требованиям, и, чаще всего, уступить часть прав на компанию. В работе описаны те шаги, которые совершенно необходимы в любом проекте. Полученный порядок шагов позволяет сокращать количество ошибок.

Методы исследования и план работ:

1. анализ литературы и интернет-источников;
2. выделение шагов, приводящих к созданию компании;

3. группирование шагов в этапы, которые позволят проще представлять план создания компании и легче контролировать его выполнение;
4. создание последовательного описания всего пути построения компании.

Создание нового бизнеса имеет огромное значение для экономики и для тех людей, которые в нем работают. Однако часто человек, придумавший что-то новое, не может превратить свое изобретение или интерес в бизнес. Существует множество книг и статей на эту тему, однако большинство из них посвящено лишь отдельным сторонам создания компании, а не всему процессу в целом.

Я решил исследовать, как создают компании, чтобы получить четкий порядок действий, на который можно было бы ориентироваться от рождения идеи бизнеса и до начала работы компании.

Впервые удалось описать более-менее полную последовательность шагов создания компании, охватывающую весь цикл от замысла и до начала производства, что не встречается в современных работах.

В пути создания компании выявлены 4 этапа, отличающиеся друг от друга функционально, что позволяет более эффективно планировать развитие и оценивать готовность стартапа.

Для создания компании предприниматель должен пройти 12 шагов, объединенных в четыре функционально разные этапа:

1. Формулирование идеи и создание команды
  - формулирование идеи для себя;
  - формулирование идеи для клиентов;
  - формулирование идеи для команды;
  - юридическая защита;
  - создание команды.
2. Проверка идеи на практике или тестирование продукта
3. Расчеты и планирование
  - бизнес-модель;
  - план запуска.
4. Запуск бизнеса
  - регистрация компании, названия и всех необходимых документов
  - набор персонала;
  - создание рабочего пространства и организация деятельности;
  - старт деятельности.

Каждый этап создания компании имеет свою цель, функцию и готовит последующий. При создании компании шаги могут уточняться, их может быть нужно проходить заново, переделывать. Но полученный порядок шагов может позволить не совершать действия несвоевременно и сокращать количество ошибок.

### **Литература**

1. Остервальдер А. Твоя бизнес-модель: Системный подход к построению карьеры/Тим Кларк в сотрудничестве с Александром Остельвальдером и Ивом Пинье; Пер. с англ. - М.: Альпина Паблишер, 2013.
2. Кавасаки Г. Стартап. - М.: ООО «Юнайтед Пресс», 2011.
3. Инновационное предпринимательство: как работает венчурная «лестница» / Сборник статей. - М.: ОАО «Российская венчурная компания», «Бизнес-журнал», 2010.
4. Как создать компанию с нуля. Пошаговое руководство. <https://businessman.ru/post/kak-sozdat-kompaniyu-s-nulya-poshagovoe-rukovodstvo.html>, 20.10.2019.

5. Джим Коллинз. От хорошего к великому. - Стокгольмская школа экономики в Санкт-Петербурге, 2001.
7. Как открыть ИТ-компанию с нуля.
8. <https://www.beboss.ru/start/18-it-company/1-s-chego-nachat>, 20.10.2019.
9. BusinessChain. Технология запуска бизнес-акселераторов. - IPE Lab, Москва, 2019.
10. Стив Бланк. Четыре шага к озарению. Стратегии создания успешных стартапов. - М.: «Альпина Паблишер», 2014.
11. Стив Бланк, Боб Дорф. Стартап: настольная книга основателя. Пошаговое руководство по построению великой компании с нуля. - М.: «Альпина Паблишер», 2013.
12. М. Р. Зобнина. Стартап-гайд. Как начать... и не закрыть свой интернет-бизнес. М.: «Альпина Паблишер», 2015.
13. Эрик Рис. Бизнес с нуля. - М.: «Альпина Паблишер», 2013.
14. Джон Маллинс, Рэнди Комисар. Поиск бизнес-модели. - М.: Манн, Иванов и Фербер, 2012.
15. Как запустить успешный стартап за пять шагов. <https://rb.ru/opinion/startap-za-pyat-shagov>, 28.12.2019.
16. С чего начинается технологический стартап? Интервью Максима Чеботарева. Часть 1.
17. <https://lpgenerator.ru/blog/2015/01/19/s-chego-nachinaetsya-tehnologicheskij-startap-intervyu-maksima-chebotareva-chast-1/>, 28.12.2019.
18. Как создать стартап с нуля. Бизнес-план и стадии стартапов.
19. <https://pro-internetmarketing.ru/business-consalting/1249-kak-sozdat-startap-s-nulya-biznes-plan-i-stadii-startapov.html>, 28.12.2019.

## **Секция биологической и медицинской физики**

### **Инновационное антибактериальное нанопокрывтие**

*А.А.Банков*

ГАОУ ТО "Физико-математическая школа"

*Науч.рук.:* О.А. Тарасов, учитель технологии ГАОУ ТО "Физико-математическая школа"

Целью работы является создание комбинированных антибактериальных нанопокрывтий, совмещающих в себе механически и химически способы воздействия на бактерии.

Задачи:

1. Проанализировать источники литературы,
2. Приобрести навыки работы на Наноздюкаторе-II и установке по напылению покрытий,
3. Создать необходимый рельеф подложки,
4. Провести апробацию предложенного метода фиксации антибактериальных веществ,
5. Протестировать покрытия на различных штаммах бактерий.

Для создания комбинированных антибактериальных покрытий мы решили объединить структурное (механическое) и химическое (антибактериальное) воздействие, тем самым сделать покрытия эффективнее.

Механическое воздействие оказывается за счет специфического рельефа поверхности, который будет контактировать с бактериями с двух сторон, а не с одной.

Для оказания химического воздействия мы наносили на поверхность слепка антибактериальные вещества (цинк, серебро, золото и диоксид титана), из коллоидного раствора наночастиц.

После на покрытия наносились бактерии *Bifidobacterium Longum* MC-42 путем осаждения. Для большего токсического воздействия покрытия на бактерии их площадь контакта должна быть как можно больше. Т. к. размер бактерий порядка нескольких микрометров, то наиболее подходящие оказалась структура с высотой 560 нм, в связи с тем, что охват бактерий этой структурой больше. При падении бактерии оказываются между выступами рельефа, поэтому после взаимодействия с веществом они гибнут и проваливаются вниз.

Для проверки антибактериального эффекта использовались подложки с нанесенными антибактериальным веществом (Ag), а для контроля служили подложки без напыления покрытия. Результаты показали, что покрытие с периодичностью эффективнее по сравнению с покрытием имеющего гладкую поверхность.

Эволюционно все живые организмы привыкли приспосабливаться к окружающей среде и внешним раздражителям, а современное человечество всё чаще сталкивается с тем, что бактерии и прочие микроорганизмы поколение за поколением вырабатывают терпимость к различным видам антибактериальных веществ. Остро стоит вопрос создания новых эффективных комбинированных методов для борьбы с бактериями в повседневной жизни, а также клинической применимости существующих технологий, противодействующих бактериям в конкретных случаях.

В ходе выполнения работы мы достигли поставленной цели: совместили физическое и химическое воздействие на бактерии. Мы выбрали наиболее подходящий рельеф подложки и протестировали его с одним типом антибактериального покрытия. Благодаря простой технологии изготовления предложенных подложек и их эффективности, они могут широкое применение на практике. В перспективе развития проекта мы планируем протестировать различные антибактериальные вещества для подбора более эффективного по соотношению цена/качество.

## Литература

1. Анализ результатов микробиологического мониторинга антибиотикорезистентности микроорганизмов, выделенных в хирургическом стационаре Абдулова Г.Б., Нурахова А.Д., Катаева Х.Т.
2. Natural Bactericidal Surfaces: Mechanical Rupture of *Pseudomonas aeruginosa* Cells by Cicada Wings
3. ZnO Nanopillar Coated Surfaces with Substrate-Dependent Superbactericidal Property Guangshun Yi, Yuan Yuan, Xiukai Li, Yugen Zhang
4. Selective bactericidal activity of nanopatterned superhydrophobic cicada *Psaltoda claripennis* wing surfaces Jafar Hasan, Hayden K. Webb, Vi Khanh Truong, Sergey Pogodin
5. СЗМ NanoEducator. Руководство пользователя. [http://nano.donstu.ru/labrab/szm\\_nanoeducator.\\_rukovodstvo\\_polzovatelya\\_mac\\_os\\_.pdf](http://nano.donstu.ru/labrab/szm_nanoeducator._rukovodstvo_polzovatelya_mac_os_.pdf)

# Лазерный фотоэлектрический поляриметр для исследований биомедицинских хиральных сред

*Быкова Василиса*

МБОУ «Лицей №40» ШЮИИПФ РАН, г. Нижний Новгород

*Науч.рук.:* к.ф.-м.н. М.А. Новиков, ведущий научный сотрудник ИФМ РАН

В настоящее время проявляется большой интерес к исследованию поляризации света. Внимание данному предмету обусловлено прежде всего фактом гомохиральности жизни[2-3]. Науке известны способы измерения количества левых и правых энантиомеров глюкозы в растворах при помощи прибора поляриметра, фиксирующего угол поворота плоскости поляризации. Однако известные поляриметры обладают рядом несовершенств. В частности, положения минимума проходящего излучения при скрещенной поляризации определяется исключительно визуально; велика погрешность механических лимбов; для проведения измерений необходим большой объем вещества (до  $10\text{см}^3$ ); в качестве источников используются натриевые лампы, дающие свет только одной частоты. В результате такой прибор не позволяет в полной мере исследовать хиральность очень важных классов хиральных биомедицинских объектов малого объема. Кроме того, в ряде случаев нужно иметь данные на разных частотах света с повышенной точностью.

Целью данной работы является создание лазерный фотоэлектрический поляриметр для высокочувствительного измерения оптической хиральности в биологических и медицинских растворах. В перспективе: внедрение прибора в больницы в качестве медицинского оборудования для измерения оптической хиральности крови, а также других биомедицинских жидкостей (слезная жидкость, слюна, и др.) и биологически активных продуктов питания, что позволит развить новые неинвазивные методы ранней диагностики диабета.

Настоящий проект является продолжением моего предыдущего исследования, в котором был создан прибор «лазерный фотоэлектрический эллипсометр» (Рис.1), позволяющий измерять изменение поляризации, которую свет приобретает, проходя сквозь оптически анизотропную среду. Важным шагом стала модернизация эллипсометра из визуального в фотоэлектрический: к установке был подключен мультиметр и фотодиод, а в качестве источника излучения - лазер ( $\lambda=532\text{ нм}$ ). Это позволило существенно упростить оптическую часть прибора, увеличить чувствительность, пространственное разрешение и оперативность.

В рамках настоящего проекта я интегрировала систему фотоэлектрической регистрации и в устройство поляриметра (Рис.2), но с некоторыми изменениями. Основное отличие данного прибора заключается в использовании дифференциального принципа регистрации излучения. С этой целью в установку интегрированы поляризационный расщепитель и два фотодетектора. В качестве расщепителя используется двойное лучепреломление в пластинке из кристалла кальцита. В этом случае линейная поляризация на выходе из образца разлагается на взаимно перпендикулярные составляющие, которые регистрируются отдельными фотодиодами, затем измеряется разность напряжений на этих фотодиодах. Для более точной регистрации вместо механического угломера положение скрещенной поляризации можно определять с помощью фарадеевского компенсатора (катушка с регулируемым током, внутри которой стекло с известной фарадеевской константой) по нулевому разностному сигналу на выходе. Источником излучения служит лазер. Осуществлены этапы настройки прибора: устранение проблемы насыщения фотодиодов, калибровка, тестирование и доработка. Планируется помещение прибора в

корпус для удобной эксплуатации в биомедицинских исследованиях. В части работы с биомедицинскими объектами предполагается сотрудничество с представителями Нижегородского мединститута.

Таким образом, исследованы особенности фотоэлектрической регистрации света и на этой основе спроектирован и создан портативный, демонстрационный лазерный фотоэлектрический поляриметр, позволяющий измерять оптическую хиральность и анизотропию материалов и веществ с повышенной чувствительностью и точностью. Произведены проверки работоспособности прибора, оценена точность. Проведены предварительные исследования хиральности в растворах глюкозы и фруктозы в соках и фруктах. Кроме того прибор может быть использован и для исследования эффекта вращения поляризации света за счет других оптических эффектов, например магнитооптического эффекта Фарадея. Доказано, что первоначальные идеи вполне реализуемы. Продолжаются исследования с целью получения оптимальных характеристик прибора.

### Литература

1. Н.Д. Жевандров, Поляризация света, 1969, стр. 43-49.
2. William A. Bonner, Topics in Stereochemistry Origins of Chiral Homogeneity in Nature, 1988, 18, Pages 1-96.
3. Luciano Caglioti, Károly Micskei, Gyula Pályi, First molecules, biological chirality, origin(s) of life, 2010, 23, Pages 65-68.
4. Г.С. Ландсберг, Оптика, 1976, стр. 769-811.
5. Е.Л. Бубис, А.З. Матвеев, Методы создания и анализа поляризованного света, 2011, стр. 3-26

### Приложение

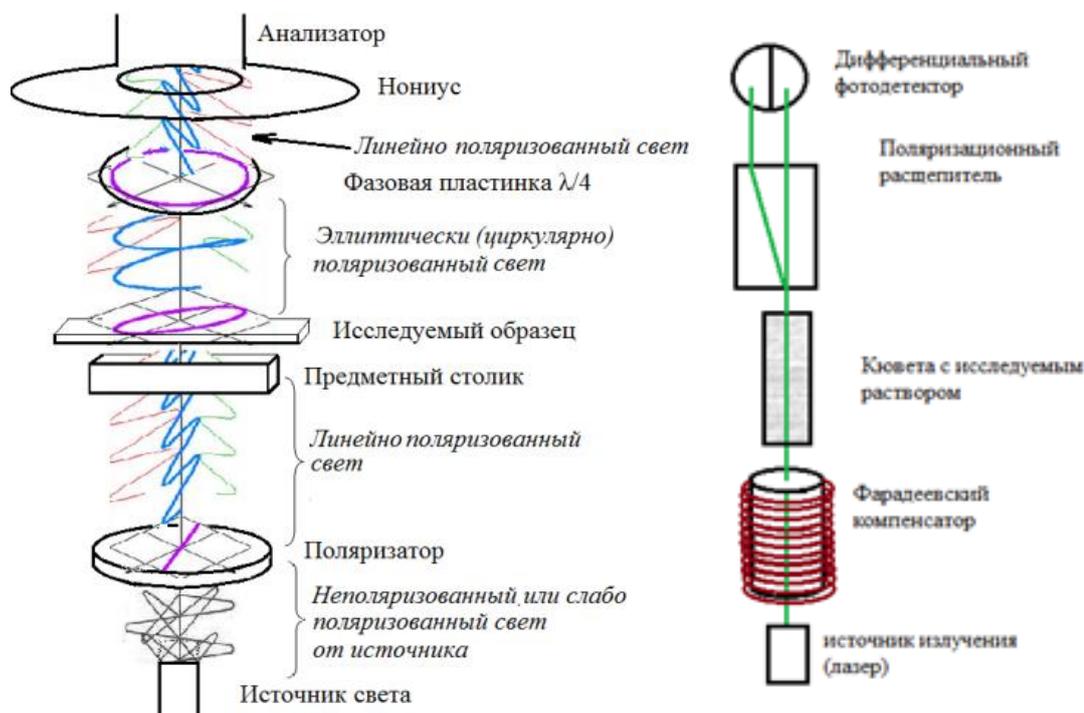


Рис.1. Оптич.устройство эллипсометра

Рис.2. Оптич.устройство поляриметра

## Анализ биодоступности антиоксидантов чайных сборов

*А.В. Серегина, М.В. Зорин*

МАОУ лицей №23, г. Калининград

*Науч.рук.:* к.б.н. П.В. Масленников, доцент института живых систем БФУ им. И. Канта

Доказано, что активные формы кислорода оказывают токсическое действие на организм, повреждая мембранные липиды, белки и ДНК. Усиливающееся негативное действие окружающей среды на современного человека повышает актуальность разработки новых способов профилактики оксидативного стресса.

В последние годы большое внимание уделяется изучению антиоксидантной активности ряда продуктов питания [1, 2]. Эти соединения обладают способностью к прямому ингибированию свободных радикалов и хелатированию металлов, включая железо, оказывая тем самым выраженный антиоксидантный эффект [3]. Популярным продуктом питания, употребляемым подавляющим большинством населения и богатым растительными антиоксидантами, является чай [3]. Исследование биохимических и фармакологических свойств чайных сборов с использованием методических возможностей современной науки имеет большую теоретическую и практическую значимость.

Целью настоящей работы - оценка биодоступности растительных антиоксидантов, содержащихся в чайных сборах. Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи: определить содержание биологически активных веществ (аскорбиновая кислота, рутин, антоцианы, суммарное содержание фенольных водорастворимых антиоксидантов) в чайных сборах различных торговых марок; оценить биологическую доступность водорастворимых антиоксидантов различных видов чайных сборов.

Уровень антоциановых пигментов определяли спектрофотометрически в 1% солянокислом водном экстракте. Содержание суммы антоцианов рассчитывали по формуле с применением удельного показателя поглощения цианидин-3,5-дигликозида в 1% водном растворе соляной кислоты (453) [4]. Количественное определение каротиноидов проводили спектрофотометрическим методом без предварительного разделения в 100 %-ной ацетоновой вытяжке, с последующим расчетом по формуле Хольма [4]. Количественное определение аскорбиновой кислоты проводили титрационным методом [4]. Количественный уровень рутина определяли по методике Кушмановой методом титра [4]. Содержание водорастворимых антиоксидантов определяли амперометрическим методом [4].

Проведенное нами исследование показало, что чайные смеси существенно различаются по содержанию биологически активных веществ с антиоксидантными свойствами. При этом различия наблюдаются не только между чайными смесями разных типов (травяные, зеленые, черные чай), но и между чаями в составе одной группы. Максимальное количество водорастворимых фенольных антиоксидантов характерно для образцов зеленого чая с лимоном (Lemon Gree Tee, Winckler GmbH, Германия) и зеленого листового чая «Marco Tea» (Venture Tea Ltd, Sri Lanka), минимальное – для фиточая «Амарант» и чайного травяного сбора из мяты (табл. 1). Все исследованные сорта зеленого и черного чая содержали сходное количество рутина, тогда как травяные сборы существенно различались по этому показателю. Максимальное количество аскорбиновой кислоты содержит чайный травяной сбор из мяты. Максимальное количество каротиноидов - чайные смеси на основе черного чая. Максимальное содержание антоцианов характерно для цветочного чай «Суданская роза».

Кроме оценки содержания биологически активных веществ в образцах чайных смесей нами была проведена оценка биологической доступности антиоксидантов зеленого, черного и травяного чая (рис. 1- 4). Было показано увеличение уровня антиоксидантов в слюне после употребления черного и зеленого чая у лиц с исходно низким антиоксидантным статусом. Травяной чай «Амарант» подобного эффекта не оказывал. При этом следует отметить, что даже после употребления данного чая уровень антиоксидантов в слюне испытуемых (с низким уровнем АОА) оставался значительно ниже, чем у лиц с высоким антиоксидантным статусом. Данная проблема требует дальнейшей разработки как в направлении анализа путей усвоения биологически активных веществ чая в организме человека, так и в направлении усовершенствования составов чайных смесей.

### Литература

1. Feduraev P., Chupakhina G., Maslennikov P. и др. Variation in phenolic compounds content and antioxidant activity of different plant organs from *Rumex crispus* L. and *Rumex obtusifolius* L. at different growth stages. 2019 //Antioxidants. 8(7), P. 237.
2. Чупахина Г.Н., Панасин В.И., Масленников П.В. и др. Овощеводство и его перспективы в Калининградской области Калининград. Монография. Изд-во БФУ, 2018.
3. Чупахина Г.Н., Масленников П.В., Скрыпник Л.Н. Природные антиоксиданты (экологический аспект). Монография. Изд-во БФУ, 2011.
4. Чупахина Г.Н., Масленников П.В. Методы определения витаминов: Практикум. Калининград: Изд-во КГУ, 2004. 36 с.

### Приложение



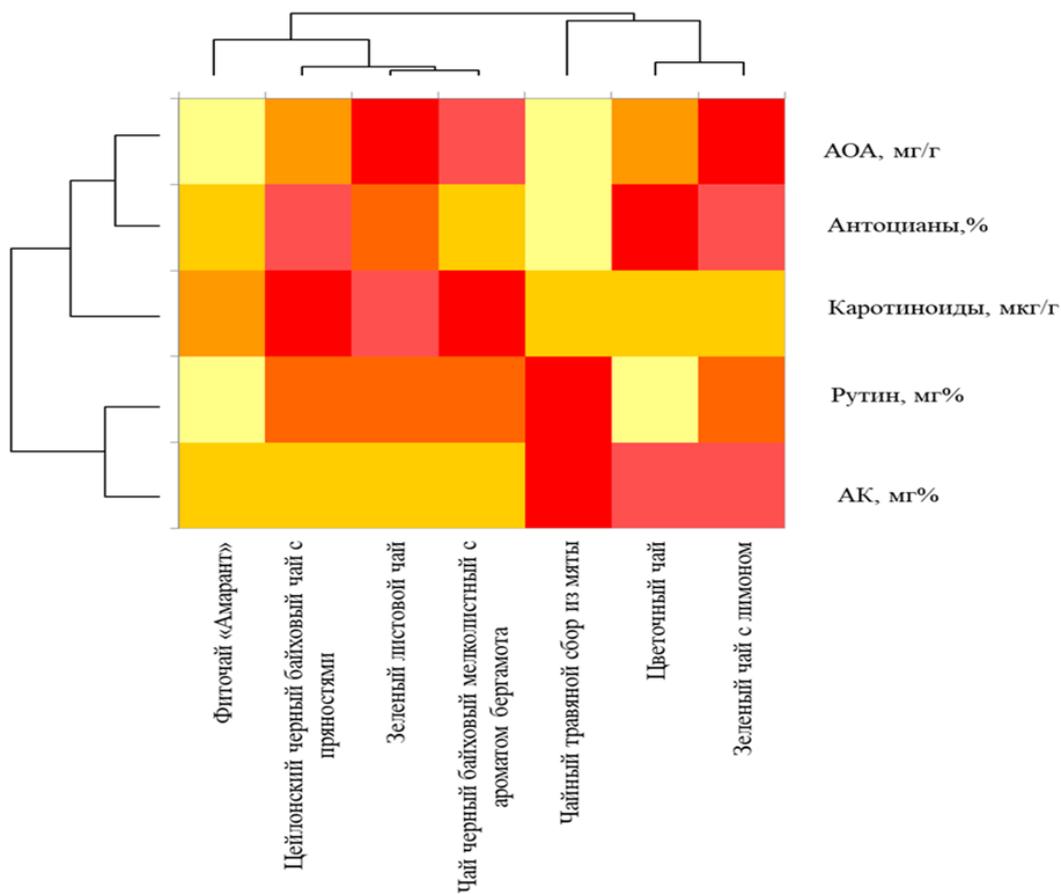


Рис. 1. Теплокарта (heat map) (темное - высокое значение, светлое - низкое значение) с кластерами для классификации экстрактов разных видов чайных сборов по содержанию в них различных антиоксидантов.

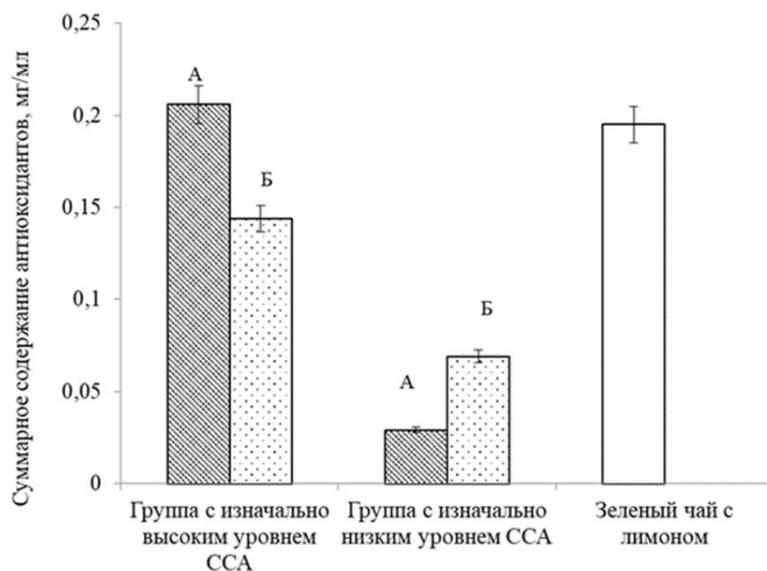


Рис. 2. Биодоступность антиоксидантов зеленого чая с лимоном (Lemon Gree Tee, Winckler GmbH, Германия) А- CCA до употребления напитка; Б - CCA после.



Рис. 3. Биодоступность антиоксидантов цейлонского черного байхового чая с пряностями (Greenfield tea Ltd, Англия) А- ССА до употребления напитка; Б - ССА после.

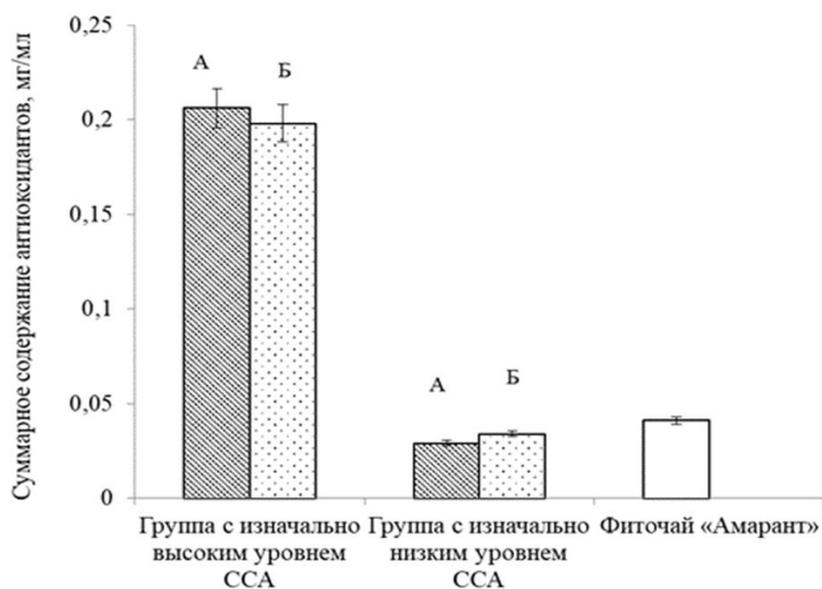


Рис. 4. Биодоступность антиоксидантов Фиточая «Амарант», Россия. А- ССА до употребления напитка; Б - ССА после.

Содержание фенольных антиоксидантов в различных чайных и травяных сборах.

Сорт чая	Содержание водорастворимых антиоксидантов, мг/100мл (экстракт)	Содержание водорастворимых антиоксидантов, мг/г (сухая смесь)
Цветочный чай (Суданская роза, Египет)	10,81±0,92	21,67±1,24
Зеленый чай с лимоном (Lemon Gree Tee, Winckler GmbH, Германия)	<b>19,52±1,23</b>	<b>39,01±2,54</b>
Фиточай «Амарант», Россия	4,16±0,41	8,25±0,87
Цейлонский черный байховый чай с пряностями (Greenfield tea Ltd, Англия)	11,34±1,01	22,69±1,89
Зеленый листовый чай «Marco Tea», Venture Tea Ltd, Sri Lanka	<b>18,01±1,74</b>	<b>36,13±3,12</b>
Чай черный байховый мелколистный с ароматом бергамота, Ahmad Tea Ltd, Англия.	15,01±1,42	30,11±2,58
Чайный травяной сбор из мяты (Калининградская область, Россия)	5,32±0,62	10,67±1,05

### Разработка датчиков мышечной активности

*Керимов Нураддин Масуд оглы*

ГБОУ гор. Москвы "Лицей № 1580 при МГТУ имени Н.Э.Баумана"

Актуальность:

1. Использование ЭМГ в травматологии как инструмент диагностики.
2. Использование человек – компьютерного интерфейса в бытовых устройствах с помощью датчиков мышечной активности
3. Необходимы в робототехнических соревнованиях, где нужно управлять роботом с помощью электрических сигналов с мышц.

Целью данной работы является разработка малогабаритной, портативной, недорогой схемы датчиков мышечной активности (электромиографа).

Задачи:

1. Изучить физиологию сокращения мышц и принципы работы электромиографа.
2. Разработать схему и плату устройства
3. Собрать действующий прототип, провести испытания и сравнить с аналогами.

Методы:

Поиск и анализ материалов по данной теме.

1. Моделирование и конструирование.
2. Проведение испытаний модели электромиографа.

Полная схема устройства предоставлена в Приложении (рис. 1). Собрана действующая модель электромиографа по упрощённой схеме. Полученная модель намного дешевле аналогов. Датчик нуждается в доработках, которые не были введены раньше из-за недостатка времени и ресурсов. Модель функциональна и может быть использована для снятия ЭМГ и даже ЭКГ в домашних условиях.

Анализ схемы:

1. Сверхгибкая - большинство элементов имеют аналоги (в том числе и российские), схему можно гибко настраивать, элементы можно изменять по своему усмотрению меняя соотношение цена/качество.
2. Низкая цена.
3. Работая от аккумулятора, шанс смерти от электрического удара равен 0%.
4. Низкая, но приемлемая точность
5. Схема требует тонкой частой настройки потенциометров или резисторов.

### Литература

1. Basmajian J. V. "Muscles Alive : Their Functions Revealed by Electromyography by Basmajian", 1979
2. Vigreux V., Snockart J.C., Pertuzon E. "Factors influenced quantified surface EMG"// Journal Applied Physiology 1979, Vol. 41, № 4, p. 119-129.
3. Алипов Н. Н. «Основы медицинской физиологии»
4. Паспорт микросхемы «Ad620» от Analog devices  
<https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD620.pdf> (Дата обращения: 17.07.2019)
5. Кабанов А. А. "Разработка схемы аналоговой фильтрации сигнала электромиографии"
6. Лукьянов М.В. "Клиническая электромиография. История и перспективы"

### Приложение

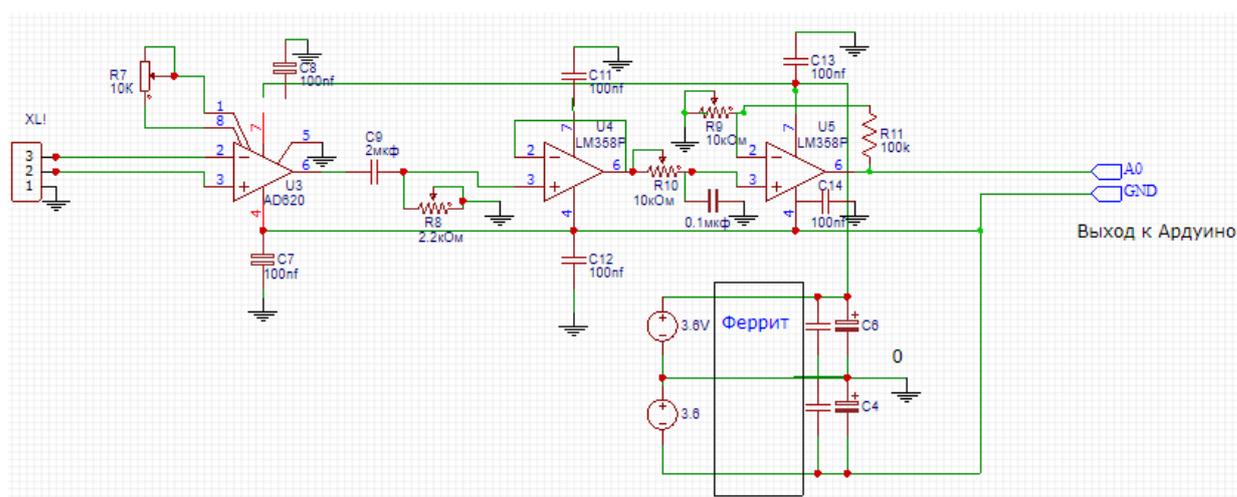


Рис. 1 Схема датчиков мышц. Она состоит из первичного усилителя, фильтра и конечного усилителя. Была собрана и протестирована плата.

## Биофизические факторы оптического излучения при фототерапии острых респираторных заболеваний

*Г.С. Конышко*

СОГБОУИ "Лицей имени Кирилла и Мефодия", г. Смоленск

Науч.рук.: д.м.н. Конышко Н.А., ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова, кафедра  
Общей врачебной практики ИПО

Цель исследования: проанализировать биофизические факторы оптического излучения, используемые при фототерапии острых респираторных заболеваний и мнения о них врачей и пациентов.

Задачи исследования:

1. Определить факторы острых респираторных заболеваний, биофизические эффекты фототерапии.
2. Охарактеризовать контингент врачей и пациентов и их информированность о фототерапевтических факторах воздействия на возбудителей и на звенья патогенеза острых респираторных заболеваний, оценить эффективность и переносимость методов.

Значимость и новизна исследования. Острые респираторные заболевания (ОРЗ) разной этиологии и грипп, по данным ВОЗ, как и прежде, занимают одно из первых мест среди всех инфекционных заболеваний. Представленный в данной работе комплексный анализ применения физиотерапевтических факторов воздействия на микро- и макроорганизмы позволяет в дальнейшем совершенствовать эффективные персонализированные лечебно-профилактические программы.

Методы проведения исследований. С указанной выше целью проведен анализ результатов медико-социологического сплошного опроса серийных выборок пациентов физиотерапевтических отделений с диагнозом «Острое респираторное заболевание» (группа Ф, n =50, проводилась стандартная медикаментозная терапия и фототерапия), контрольную группу составили пациенты поликлиник с диагнозом «Острое респираторное заболевание», не получающих физиотерапевтическое лечение (группа К, n=50, проводилась стандартная медикаментозная терапия); врачей-терапевтов и врачей общей практики (n=10), врачей физиотерапевтических отделений (n=10). Опрос проведен путём полужакрытого анонимного анкетирования. Все полученные данные занесены в таблицы программ Microsoft Excel и Statgraf автоматизированным способом.

Итоги исследования. Воспаление – типовой патологический процесс, развивающийся в васкуляризованных органах и тканях в ответ а любое местное повреждение и проявляющееся в виде поэтапных изменений микроциркуляторного русла, крови и стромы органа или ткани, направленных на локализацию, разведение, изоляцию и устранение агента, вызвавшего повреждение и на восстановление повреждённой ткани.

К видам физиотерапевтической фототерапии, рекомендованной для лечения острых респираторных заболеваний относятся ультрафиолетовое, инфракрасное облучение и лазеротерапия.

Лечебные эффекты фототерапии: пигментообразующий, иммуностимулирующий, фотосенсибилизирующий, витаминообразующий, трофостимулирующий, противовоспалительный, анальгетический, десенсибилизирующий, бактерицидный и микоцидный, метаболический, коагулокорректирующий. Противопоказания для облучения: повышенная чувствительность кожи и слизистых к излучению, онкологические, психические заболевания, болезни желудочно-кишечного тракта, сердечно-сосудистой системы и почек, гипокоагуляция.

Итоги исследования. Пациенты и врачи недостаточно осведомлены и редко применяют фототерапевтические методы. Целесообразно повышать информированность врачей и их пациентов о фототерапии острых респираторных заболеваний путём информационных стендов, брошюр, активной работе СМИ, тематических лекций. Значительная часть пациентов имеют факторы риска ОРЗ: работу в коллективах, курение табака и хронические заболевания. Фототерапевтические методы исследования повышают эффективность лечения и являются профилактическими методами, повышающими

защитные свойства организма и редко приводят к развитию побочных и нежелательных эффектов при применении их в терапевтических дозах под контролем опытного врача.

### Литература

1. Высшая математика и математическая статистика: учебное пособие для вузов /под общ. ред. Г.И.Попова.- М.: Физкультура и спорт. 2007.- 368 с.
2. Горенков Р.В., Круглов В.А. Диагностика и лечение острых респираторных заболеваний Эффективная фармакотерапия. Пульмонология и оториноларингология. № 1.С. 6-12.
3. Карнеева О.В., Дайхес Н.А., Поляков Д.П. Протоколы диагностики и лечения острых тонзиллофарингитов. Русский медицинский журнал. Оториноларингология. 2015. № 6: с. 307-311
4. Клинические рекомендации Острый тонзиллофарингит. Острый ларингит. 2016 г.
5. Интернет-ресурс: <https://mkb-10.com/>
6. WHO checklist for influenza pandemic preparedness planning. Geneva, World Health Organization. 2005.

### Приложение

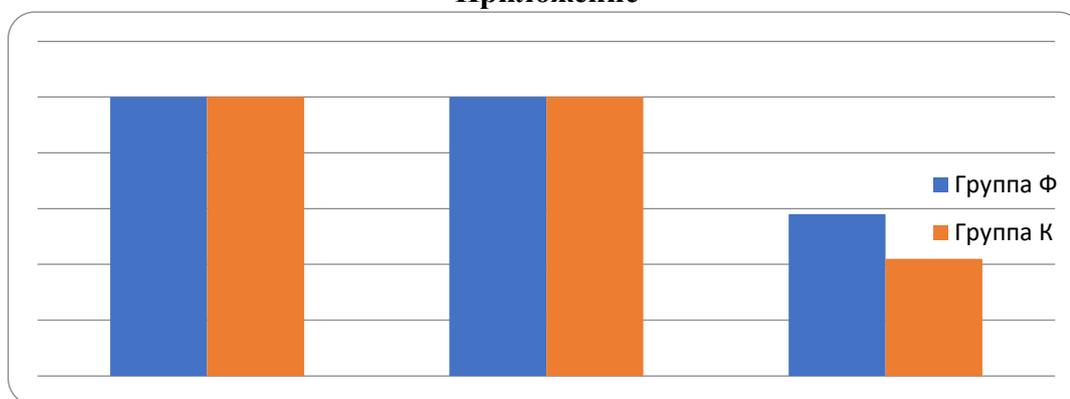


Рис. 1. Информированность пациентов об их показаниях для назначения фототерапии.

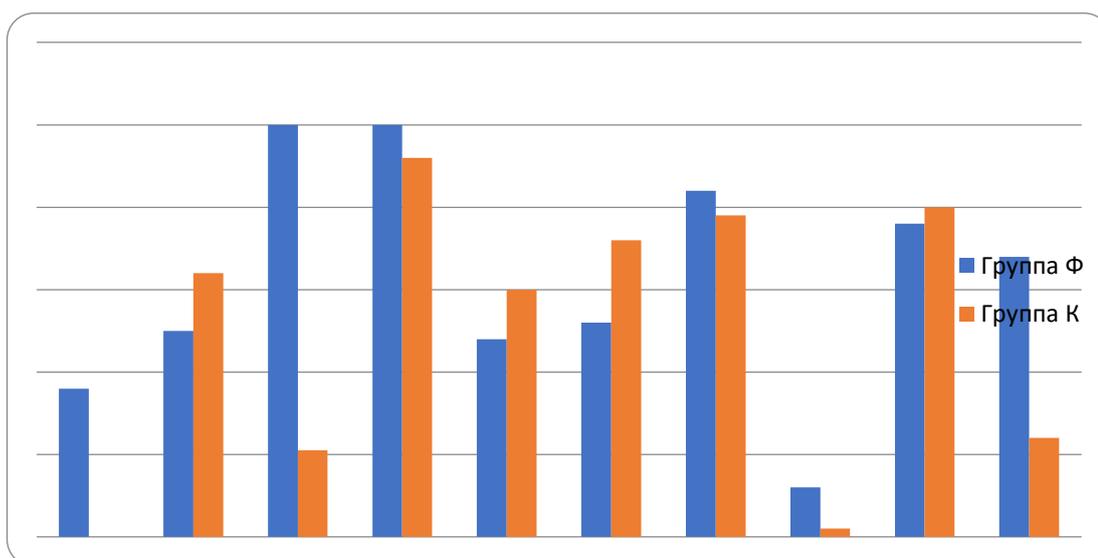


Рис. 2. Эффекты проводимой терапии ОРЗ у пациентов основной и контрольной групп.

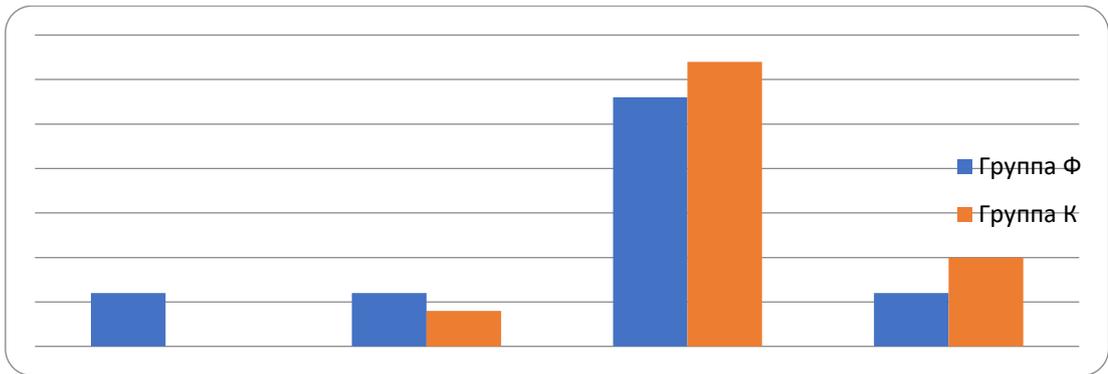


Рис. 3. Нежелательные и побочные эффекты терапии у пациентов основной и контрольной групп.

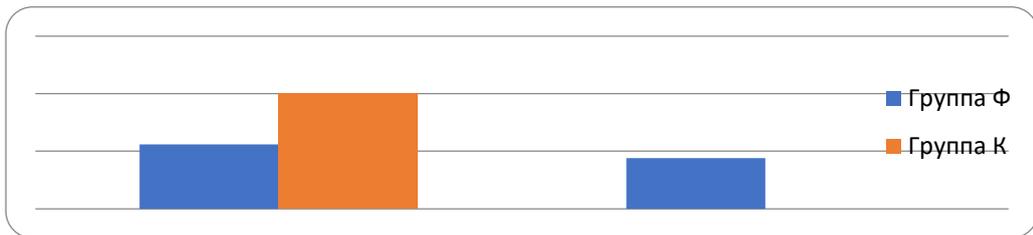


Рис. 4. Частота проведения фототерапии у пациентов основной и контрольной групп.

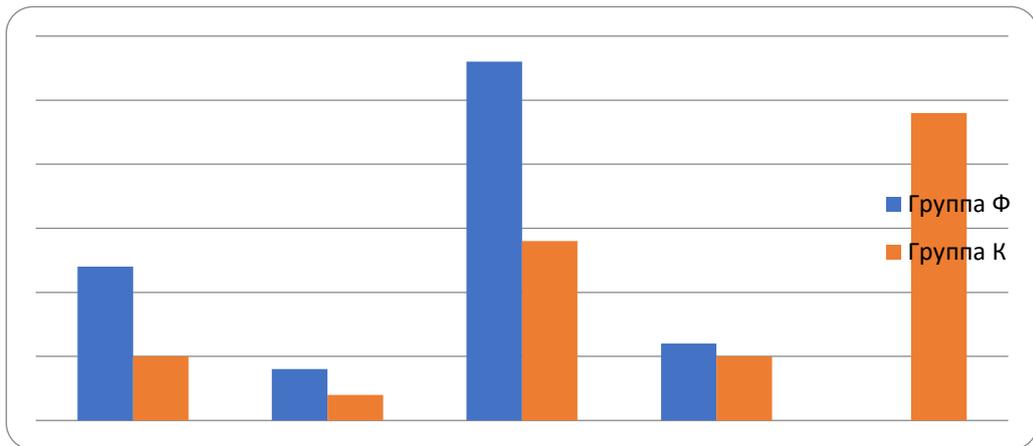


Рис. 5. Источник информации о фототерапевтических методах исследования у пациентов.

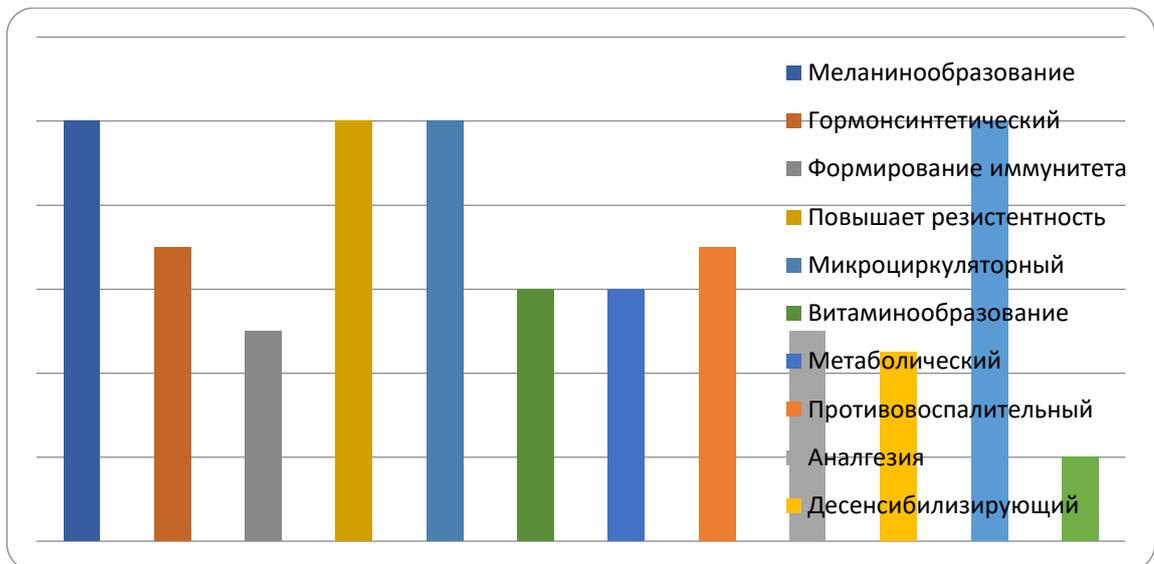


Рис. 6. Информированность врачей о лечебных эффектах УФ-излучения.

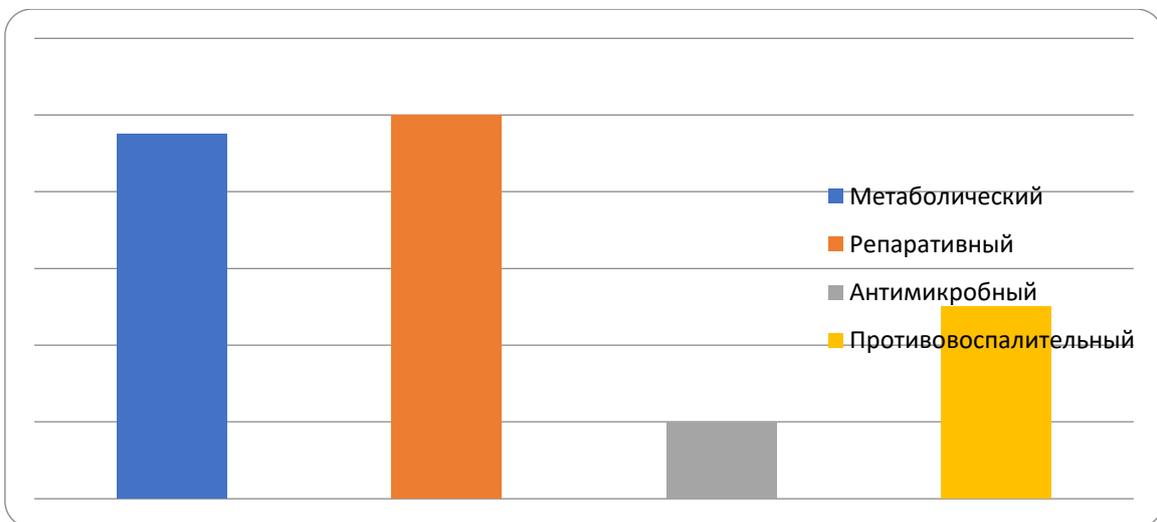


Рис. 7. Информированность врачей о лечебных эффектах лазеротерапии

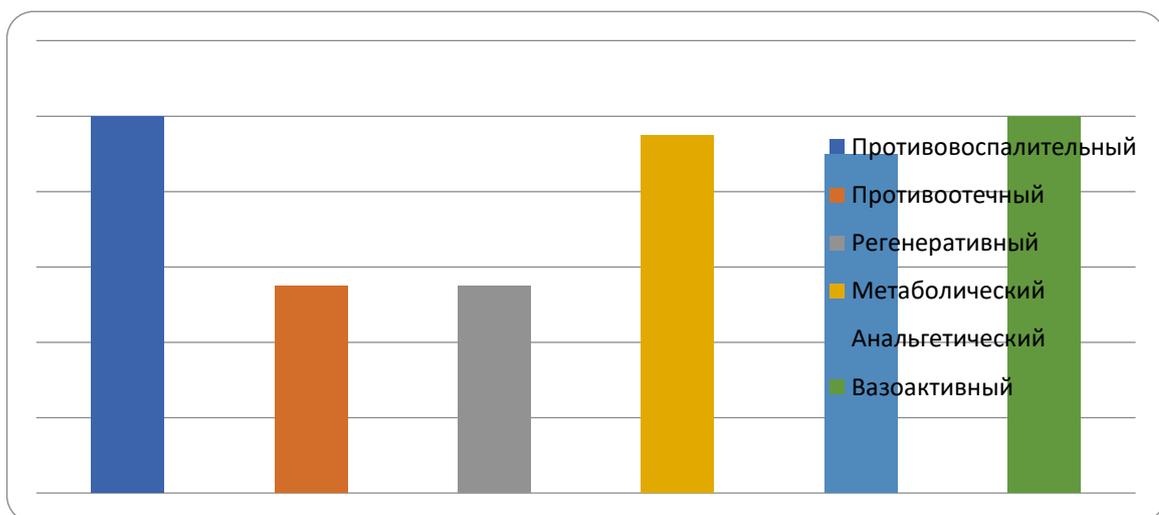


Рис. 8. Информированность врачей о лечебных эффектах инфракрасного излучения

# **Исследование и модификация инкапсулированных и не инкапсулированных слоями полиэлектролитов цианобактерий и применение их свойств в виде нового способа генерации кислорода**

*Д.А. Коцев<sup>1,2,3</sup>, А.И. Бакшеев<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>МБОУ Лицей при ТПУ, <sup>2</sup>АНО ДО «Детский Технопарк Кванториум», <sup>3</sup>НИ «Томский Политехнический Университет»

*Науч.рук.: д.ф.-м.н. Ю.Ю.Крючков, НИ «Томский Политехнический Университет»*

Одной из главных потребностей современного общества является чистый воздух, играющий особую роль в сохранении экологии и освоении космоса. В современном мире источники и способы получения кислорода обретают особую значимость в создании эко-городов, проектировании орбитальных станций, планировании пилотируемых полётов к Марсу, устранения негативных эффектов промышленности на экологию, улучшения качества воздуха в помещениях и предприятиях, а также других сферах деятельности человечества. Цианобактерии – автотрофные прокариоты, которые способны генерировать молекулярный кислород (схожим способом с высшими растениями). Цианобактерии обитают в пресных и соленых водоёмах, а также на влажных субстратах в воздушной среде. Инкапсуляция и модификация с помощью физико-химических методов цианобактерий может позволить их использование в достаточно агрессивных средах, а также средах непригодных для их жизни, например, в применении их в условиях космоса или на больших глубинах океана или переработка ими пластика.

Целью данной работы является проведение инкапсуляции цианобактерий слоями полиэлектролитов, а также модификация и исследование инкапсулированных и не инкапсулированных цианобактерий с помощью физико-химических методов. Конструирование реактора для создания условий, благоприятных для выделения кислорода цианобактериями.

В результате экспериментов с не инкапсулированными и инкапсулированными цианобактериями было выявлено, какой объём кислорода выделяют цианобактерии находясь в инкапсулированном и не инкапсулированном состоянии, при какой массе, в течение какого времени, при какой температуре, под какой энергией ионизирующего излучения, сняты дифрактограммы на рентгеновском дифрактометре.

Создан реактор, поддерживающий условия выделения кислорода цианобактериями, рассчитаны параметры электросхемы, которая отвечает за условия выделения кислорода цианобактериями, и создано программное обеспечение к ней. Создана ферма для массового выращивания цианобактерий.

Проведено сравнение с аналогами, выявлена научная новизна и ценность проекта.

## **Литература**

1. Цианобактерии в биосфере Б.В.Громов. Электронный ресурс. Режим доступа: [http://www.pereplet.ru/nauka/Soros/pdf/9609\\_033.pdf](http://www.pereplet.ru/nauka/Soros/pdf/9609_033.pdf) [ Дата обращения: 12.12.18].
2. Яценюк А. М. Наноструктурированные многофункциональные системы для доставки и детектирования биологически активных веществ. Диссертация на соискание ученой степени доктора физико-математических наук. Электронный ресурс. Режим доступа: [https://www.sgu.ru/sites/default/files/dissertation/2016/09/27/dissertacija\\_yashchenok\\_19092016.pdf](https://www.sgu.ru/sites/default/files/dissertation/2016/09/27/dissertacija_yashchenok_19092016.pdf) [Дата обращения: 02.01.19 ].
3. Наглядная биохимия/ Я. Кольман, К.-Г . Рём :Лаборатория знаний, 2019. -509 с. : ил.

4. Рентгеноструктурный анализ. Электронный ресурс. Режим доступа: [http://www.ibmcm.sk.ru/content/Education/w-o\\_pass/ММoB/11.pdf](http://www.ibmcm.sk.ru/content/Education/w-o_pass/ММoB/11.pdf). [Дата обращения: 04.01.20].

## **Исследование влияния хелатных комплексов на основе глицина на прорастание семян рапса**

**С.А. Красникова**

МБОУ СШ №70

*Науч.рук.:* к.х.н. Е.М.Красникова, доцент кафедры химии ЛГТУ

Цель работы - исследовать влияние хелатных комплексов глицина с медью, цинком, магнием, марганцем на прорастание семян рапса. Впервые исследовано влияние хелатных комплексов на основе глицина на прорастание семян рапса. Объект исследования: семена рапса, хелатные комплексы Mn, Mg, Zn, Cu с глицином. Предмет исследования: влияние различных концентраций растворов хелатных комплексов Cu, Zn, Mg, Mn с глицином на прорастание семян рапса.

В чашки Петри помещали по 50 семян рапса, обрабатывали растворами исследуемых комплексов с концентрацией 0,1% и 0,05% и проращивали в течение семи суток. Контроль – семена, пророщенные в воде.

Далее было принято решение уменьшить концентрацию для оправдания результатов до 0,025%. Данная концентрация не показала должных результатов, поэтому было принято решение сделать комплексное микроудобрения из Zn, Mn, Mg с концентрацией 0,05%, для достижения лучшего результата.

В ходе работы определены энергия прорастания, всхожесть, длина ростка и длина корешка. По полученным данным рассчитана биологическая активность исследуемых хелатных комплексов в различной концентрации. Полученные результаты представлены на рисунке 1.

В ходе исследования выявлено, что хелатный комплекс Zn, Mn, Mg с концентрацией 0,05% обладает высокой биологической активностью в отношении рапса и может быть использован в качестве источников микроэлементов при его выращивании.

### **Литература**

1. Н.С. Матюк, А.И. Беленков, М.А. Мазиров. Экологическое земледелие с основами почвоведения и агрохимии. – М.: Лань, 2014. 248 с.
2. М.В. Каталымов. Микроэлементы и микроудобрения. М.-Л.: Химия, 1965. 331 с.
3. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести (с Изменениями 1, 2, с Поправкой). Межгосударственный стандарт.
4. <https://agrostory.com/info-centre/agronomists/vzaimozamenaemy-li-mikro-i-makroelementy-v-pitanii-rasteny/>
5. [https://gileya.kherson.ua/ru/enciklopediya/poleznaja\\_informatsija/mikroelementi](https://gileya.kherson.ua/ru/enciklopediya/poleznaja_informatsija/mikroelementi)

## Приложение

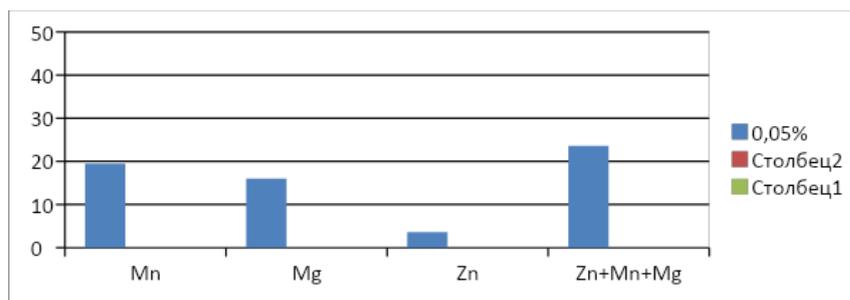


Рис. 1. Сравнение суммарных показателей биологической активности хелатных комплексов микроудобрения на исследуемых культурах.

### Изучение особенностей роста перца сорта Каролина Рипер (Carolina Reaper)

*А.И. Кустова*

Муниципальное бюджетное учреждение дополнительного образования  
“Дом детского творчества «Изобретариум»”

*Науч.рук.: В.С. Федий, консультант: Д.П. Посевин*

Перец «Каролина Рипер» применяется в разных сферах жизнедеятельности: травля моллюсков (капсаицин – вещество относящееся к классу Ирриганты, вызывающее раздражение на поверхности кожи и слизистой оболочки, может помочь в травле моллюсков и отпугиванию других живых существ, обладающих более-менее развитой нервной системой и рецепторами[1],[2]), фармакологическое (капсаицин также обладает обеззараживающим и обезболивающим свойством, что способствует его применение и в области фармакологии[2], [3], [4]), пищевое (в основном использовался в соревнованиях по поеданию, что у некоторых участников вызвало печальные последствия, про использование в других целях достоверные данные неизвестны[4]), военно-оборонное (может использоваться для создания слезоточивого газа из-за высокого содержания ирриганта, имеющего название капсаицин – вещество, обладающее раздражающим эффектом при попадании на слизистую любого организма [3],[4],[5],[6]).

Целью данной работы является изучение особенности выращивания перца сорта Каролина Рипер (Carolina reaper) и выделение из него капсаицина. Необходимо: провести анализ литературы по применению капсаицина, выделенного из перца сорта Каролина Рипер; провести анализ литературы по выращиванию перца Каролина Рипер (Carolina Reaper) и определить требования к его выращиванию в лаборатории; вырастить в условиях отличных от страны произрастания опытную партию жгучего перца Каролина Рипер, измеряя количественные показатели его роста и условий произрастания; изучить методики выделения капсаицина и их применение.

Практическая значимость данной работы заключается в разработке и анализе научно-обоснованных элементов технологии получения высококачественной продукции жгучего перца, анализ выращивания жгучих перцев для нужд народного хозяйства и науки на территории Московской области.

Исторической родиной растений «Каролина Рипер» (англ. Carolina Reaper) рода Стручковый являются субтропические районы США, Мексики и Гватемалы. Жгучий перец культивировался из диких растений.

Древние племена майя и ацтеков активно использовали жгучие перцы в хозяйстве и быту. Данный род растений упоминается в ацтекских кодексах под названием «чиле» (Перец кайенский, чили). Богом этого растения, согласно Кодексу Теллериано-Ременсис, был Каушолотль (Шолотль), или Чантико, изображение которой представлено на рисунке 1 [1].

Чантико супруга бога огня Шиутекутли. Такое божественно-огненное происхождение подчеркивает жгучесть перца

Согласно некоторым источникам, во время одного из сражений индейцы встали с наветренной стороны, а затем вынесли глиняный поднос с тлеющими углями и стали посыпать их «неким порошком» (острым перцем). Когда дым достиг испанцев, у них начали слезиться глаза, и они лишились способности обороняться. Так индейцы одержали победу.

Сорт «Каролина Рипер» (англ. Carolina Reaper) — сорт перца чили из рода Капсикум выведен садоводом Эдом Карри, владельцем компании PuckerButt Pepper (Форт-Милл, Южная Каролина, США) на сегодняшний день признан самым жгучим перцем в мире.

В результате работы был проведён анализ научной литературы и нормативных актов по применению капсаицина; были найдены оптимальные условия для выращивания перца Каролина рипер в условиях лаборатории; в условиях лаборатории, без дополнительной подсветки в виде фитоламп перец удалось вырастить до стадии цветения (более 5 цветков на 4 из 5 растений, участвующих в эксперименте). Средняя скорость роста по пяти растениям перца в день составляет 0,08 см/сут и колеблется от 0,02 см/сут до 0,2 см/сут; найдена оптимальная для нашей лаборатории методика выделения капсаицина. Графики, иллюстрирующие данные о росте перца указаны в приложении.

Обобщая данные, полученные в результате анализа источников литературы нами были найдены следующие факты:

Этот перец вывели с помощью селекции в Южной Каролине. Стручки перца высушив, и растерев в порошок, очень осторожно используют, как приправу. Но порошок можно применять и в охранных целях, как основу спрея для отпугивания воров и собак. Употребление в сыром виде опасно!

Сорта перцев, содержащие капсаицин (жгучие на вкус), используют как пряность и для изготовления лекарственных препаратов. Наибольшее количество капсаицина (до 2 %) содержится в семеносцах[11]. Сорт был выведен садоводом Эдом Карри, владельцем компании PuckerButt Pepper (Форт-Милл, Южная Каролина, США). Жгучесть данного вида колеблется между 1,15 млн и 2,2 млн единиц по шкале Сквилла. Средняя величина жгучести составляет 1,57 млн единиц по шкале Сквилла; это абсолютный рекорд, который ранее принадлежал сорту «Trinidad Scorpion Moruga Blend» [1], где он был одомашнен древними майя и ацтеками. Они использовали плоды острых перцев вместо соли, которая им была недостаточно известна. Сладкие перцы использовались как овощи. Данный род растений упоминается в ацтекских кодексах под названием «чиле» (Перец кайенский, чили). Богом этого растения, согласно Кодексу Теллериано-Ременсис, был Каушолотль (Шолотль) или Чантико[10].

Извлечённый из перца капсаицин употребляют в медицинских целях, он используется также для производства слезоточивых газов.

Интерес к употреблению плодов этого сорта распространён среди смельчаков, которые из года в год пытаются побить рекорд по скорости поедания данного перца.

Мировой рекорд от 24 апреля 2016 года принадлежит ямайцу Уэйну Алдженио[5], которому удалось съесть 22 плода (119 г) за 60 секунд.

Поедание может вызвать острую боль в желудке, стресс и сильную головную боль. Перец Carolina Reaper обладает, по мнению ценителей, фруктовым вкусом с некоторыми нотками шоколада и корицы. Однако удостовериться в этом сложно, поскольку даже прикоснуться к стручку Carolina Reaper можно только в перчатках. В сыром виде этот сорт перца употреблять не стоит, он находит активное применение в создании супер-острых соусов.

«Жгучие перцы» Капсикумы в настоящее время распространены и культивируются по всему земному шару.

В процессе же практической части исследования нами были найдены общая значимость в данной области исследования: Перец сорта Каролина Рипер (Carolina reaper) имеет важное хозяйственное значение как источник капсаицина. В природе он растёт в жарком тропическом климате юга США. В нашей работе мы проверяем возможность выращивания его в искусственных лабораторных условиях. Для этого проводили поиск оптимальных для перца значений параметров окружающей среды, измеряли аналогичные параметры в помещении, где выращивали перец и фиксировали параметры роста перца.

Наше исследование поможет в проектировании искусственных помещений для выращивания перцев сорта Каролина Рипер как ценного сырья для получения капсаицина.

### Литература

1. Золотарёв В. А., Ноздрачёв А. Д. Капсаицин-чувствительные афференты блуждающего нерва // Росс. Физиол. журнал. — 2001. — Т. 87, № 2. — С. 182—204.
2. Химическая энциклопедия. — Т. 2. Даффа реакция — Меди сульфат. — стр. 616—617. — цитировано с «Википедия»
3. Pompu Patowary, Manash Pratim Pathakab, Kamaruz Zaman, P.S.Raju, Pronobesh Chattopadhyay – Research progress of capsaicin responses to various pharmacological challenges.
4. Satish Kumar Boddhula, Sowmya Boddhula, Kulothungan Gunasekaran, Edward Bischof – An unusual cause of thunderclap headache after eating the hottest pepper in the world - "The Carolina Reaper".
5. Т. Голикова – Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 22 октября 2008 г. N 583н "О разрешении к применению слезоточивых и раздражающих веществ в составе патронов к газовому оружию, механических распылителей, аэрозольных и других устройств гражданского оружия самообороны"
6. Александров В. Н., Емельянов В. И. Отравляющие вещества. Учебное пособие (2-е изд), 1990, стр. 202 – цитировано с «Википедия»
7. William B. Richardson, LSU Vice President for Agriculture – Vegetable gardening tips: Growing Information for the Home Gardener Series
8. Henrique Kuhn Massot Padilha and Rosa Lía Barbieri, 2016 Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 10(15) October 2016, Pages: 148-154 – Plant breeding of chili peppers(Capsicum, Solanaceae) – A review
9. Lars Duelund, Ole G.Mouritsen – Contents of capsaicinoids in chillies grown in Denmark
10. Yu SUNG\*, Yu-Yun CHANG, and Ni-Lun TING – Capsaicin biosynthesis in water-stressed hot pepper fruits
11. Alberto González-Zamora, Erick Sierra-Campos, J. Guadalupe Luna-Ortega, Rebeca Pérez-Morales, Juan Carlos Rodríguez Ortiz and José L. García-Hernández – Characterization of Different Capsicum Varieties by Evaluation of Their Capsaicinoids Content by High

## Performance Liquid Chromatography, Determination of Pungency and Effect of High Temperature

12. Данные полученные с гелиосистемы МБУ ДО "Дом детского творчества" детский технопарк «Изобретариум» г. Реутов Московская область
13. V. S. Govindarajan and M. N. Sathyanarayana – Capsicum — production, technology, chemistry, and quality. Part V. Impact on physiology, pharmacology, nutrition, and metabolism; structure, pungency, pain, and desensitization sequences - Pages 435-474
14. John Granfield, Jami Onnen and Charles S. Petty, M.D. Pepper Spray and In-Custody Deaths International Association of Chiefs of Police, Inc.
15. Рудометова Н.В., Ким И.С. Исследование экстракции капсаицина из плодов острого перца рода *Capsicum* // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств» № 1, 2019.

### Приложение



Рис.1. Богиня Чанतिकо



Рис.2. Ботаническая иллюстрация из книги Köhler's Medizinal-Pflanzen, 1887



## Schaal van Scoville

Scovillewaarde	Soort peper
15.000.000–16.000.000	Pure capsaïcine
9.100.000	Nordihydrocapsaicine
2.000.000–5.300.000	Pepperspray
2.200.000	Carolina Reaper (max. waarde)
1.569.300	Carolina Reaper (gemiddelde waarde)
855.000–1.041.427	Naga Jolokia
876.000–970.000	Dorset Naga
350.000–577.000	Rode Savinapeper habanero
100.000–350.000	Habaneropeper, Madame Jeanette
100.000–200.000	Jamaicaanse hete peper
50.000–100.000	Thaise peper, Malagueta peper
30.000–50.000	Cayennepeper, Tabascopeper
10.000–23.000	Serranopeper
7.000–8.000	Tabascosaus (habanero)
5.000–10.000	Waspeper
2.500–8.000	Jalapenopeper
2.500–5.000	Tabascosaus (tabascopeper)
1.500–2.500	Rocotillopeper
1.000–1.500	Poblanopeper
600–800	Tabascosaus (groene peper)
500–1.000	Anaheimpeper
100–500	Pimento, pepperoncini
0	Geen scherpte, paprika

Рис.3. Шкала жгучести Сковилла

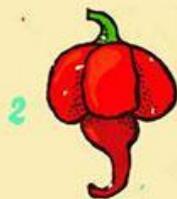


Рис. 4. Перец Carolina Reaper

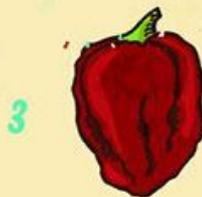
# ТОП ЖГУЧИХ ПЕРЦЕВ



**Каролинский жнец Эда**  
Средн. 1,500,000+ ЕШС  
Макс. 2,000,000 ЕШС  
Южная Каролина, США  
В 2014 году попал в Книгу Рекордов Гиннеса, как самый горький перец в Мире.  
Создан Эдом Холдером из Puckerbutt Pepper Company



**Тринидад Моруга Скорпион**  
Средн. 1,200,000+ ЕШС  
Макс. 2,000,000 ЕШС  
Тринидад и Тобаго  
Нежный фруктовый вкус с жжением, которое постепенно нарастает.



**Перец 7 Pot**  
Средн. 1,169,058 ЕШС  
Макс. 1,853,396 ЕШС  
Тринидад  
Один стручок подострит 7 горшков тушеного мяса



**Тринидад Скорпион Бутч Т**  
1,463,700 ЕШС  
Миссиссипи, США/Австралия  
Выведен Бутчем Тейлором, выращивается на Фабрике Чили.



**Перец Нага Вайпер**  
1,382,118, ЕШС  
Англия  
Уникальный гибрид трех самых жгучих сортов перца  
Невозможно воспроизвести  
Создан Джеральдом Флауером в Компании Перца Чили.



**Бхут Джолокия  
Перец-привидение**  
1,041,427 ЕШС  
Индия и Бангладеш  
В 125 раз острее, чем халапеньо.



**Шоколадный Бхут Джолокия**  
1,040,000 ЕШС  
Индия  
Природный вариант бхут джолокия  
Сладкий и немного терпкий вкус, переходящий в привкус дыма.



**Перец Нага Морич**  
1,000,000 ЕШС  
Индия и Бангладеш  
Сладкий и терпкий на вкус, с переходом в привкус древесного дыма. Хорошо подходит для жареного мяса на гриле.



**Перец Дорсет Нага**  
876,000 ЕШС  
Англия  
Подвид Перца-привидения  
Терпкий и свежий вкус с древесным послевкусием.



**Перец Рэд Савина Хабанеро**  
577,000 ЕШС  
Калифорния, США  
Один грамм придает ошутимую горечь 1,272 фунтам соуса. Создан Фрэнком Гарсией из GNS Spices.

Рис.5. Топ самых Жгучих перцев в мире

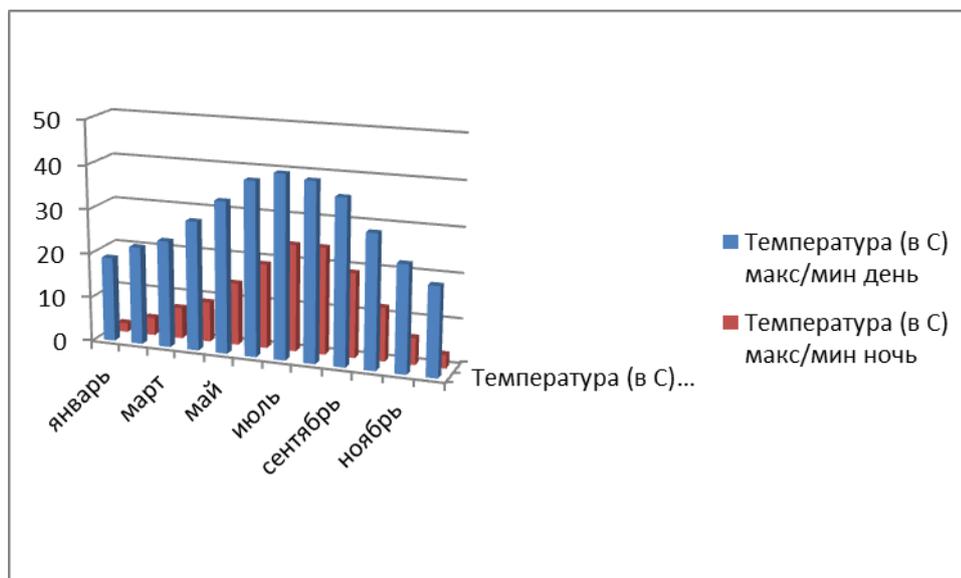


Рис.6. Суточные температурные изменения за год

Месяц	Температура (в С) макс/мин		Дождь (дни)	Осадки (мм)	Световой день (часы)
	день	ночь			
январь	19	2	3	3	10
февраль	22	4	2	2	11
март	24	7	3	3	12
апрель	29	9	1	1	13
май	34	14	0	0	14
июнь	39	19	0	0	14,5
июль	41	24	2	2	14
август	40	24	3	3	13,5
сентябрь	37	19	2	2	12,5
октябрь	30	12	2	2	11,5
ноябрь	24	6	1	1	10,5
декабрь	20	3	2	2	10

Табл. 1. Природно-климатические условия страны произрастания.

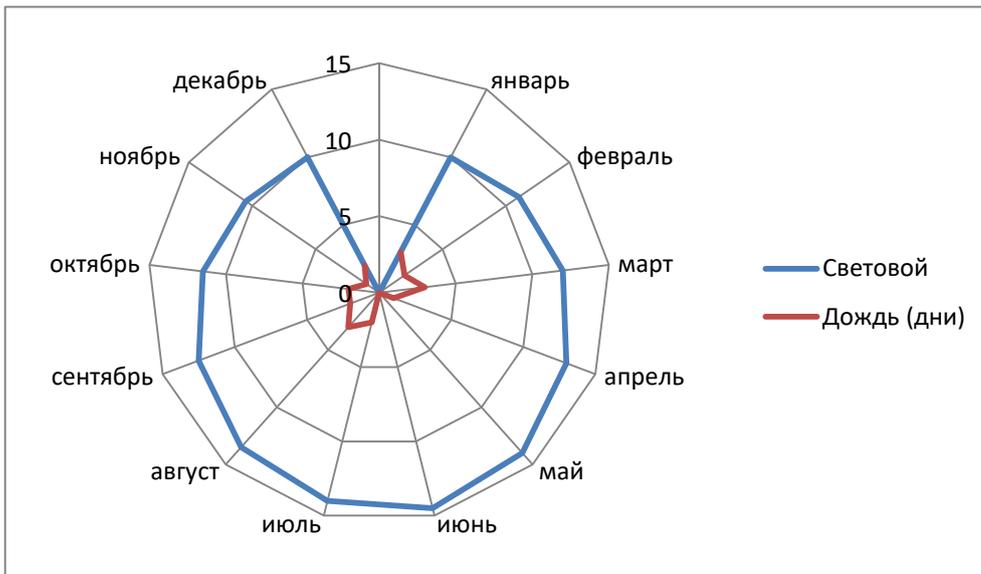
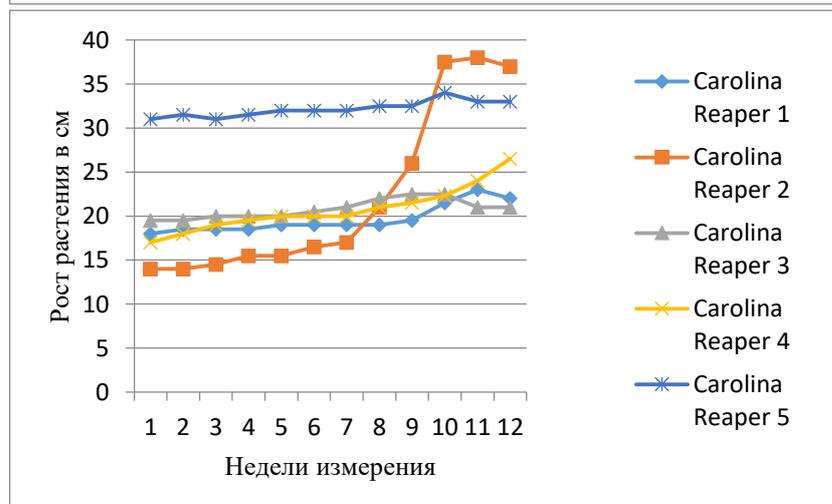
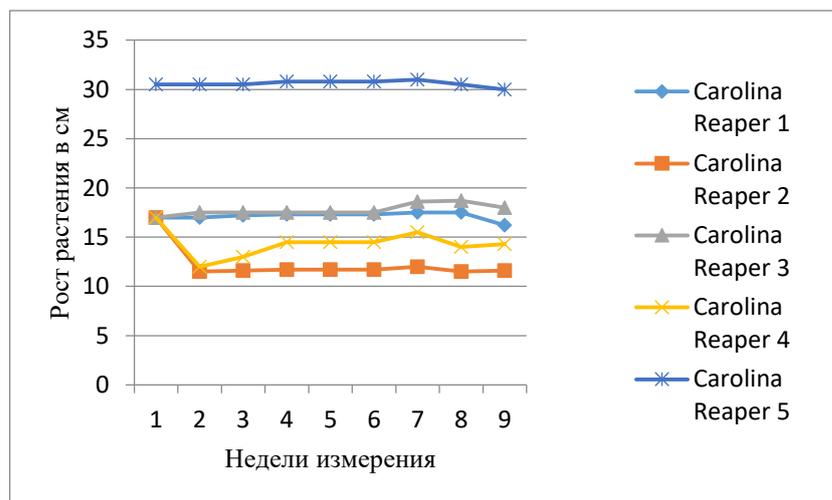


Рис.7. Соотношение светового дня и количества дождливых дней по месяцам

### Графики роста перца Carolina Reaper







Перец использованный в качестве источника семян



Процесс выращивания и измерения



Процесс извлечения семян

## **Разработка прибора для диагностики сердечно-сосудистых заболеваний при помощи тонометра**

*А.М. Макаров, Д.К. Запорожченко*

ГБОУ «Школа 2107»

*Науч.рук.: Б.А.Матвеев, аналитик, проект Пульс Жизни*

Целью данного проекта является создание диагностического устройства в дополнение к тонометру для диагностики симптомов заболеваний сердечно-сосудистой системы. Необходимо: провести анализ медицинских исследований и диссертаций для понимания зависимостей между измерениями и заболеваниями, разработать прототипирование прибора-дополнения к тонометру, создание ПО (интерфейс), разработать диагностическую систему, проанализировать рынок и выработать стратегию вывода продукта.

Тонометр показывает артериальное давление, частоту сердечных сокращений (пульс) и в некоторых моделях приборов аритмию. Получаем всего 3 цифры. Но если пристальнее рассмотреть осцилляции, которые записывает тонометр, чтобы вывести значения давления, то о состоянии здоровья человека, на самом деле, можно сказать гораздо больше. На основе результатов научных исследований в совокупности с возможностями алгоритмов машинного обучения позволило создать продукт, который сделает из обычного тонометра более эффективный диагностический прибор, доступный каждому.

Новизна методики заключается в комбинации 3 методов анализа сигнала в манжете тонометра (объемная компрессионная осциллометрия, тахоосциллография и анализ скорости пульсовой волны), результаты которой используются при построении аналитической системы на основе алгоритмов машинного обучения. Исследование представляет интерес в области изучения возможностей преждевременной диагностики заболеваний сердца и сосудов. Новизна заключается в принципиально новом подходе к расшифровке сигнала артериального давления, который снимается обычным тонометром. Помимо показаний давления и пульса, появляется возможность оценки состояния сердечно-сосудистой системы при помощи таких факторов как скорость пульсовой волны, время наполнения желудочка, время ударного выброса и т.д.

В результате работы был разработан прибор, написано ПО и подтверждены гипотезы по определению маркеров, которые соответствуют некоторым заболеваниям сердечно-сосудистой системы.

### **Литература**

1. Всемирная Организация Здравоохранения - Глобальное резюме по гипертонии "Безмолвный убийца, глобальный кризис общественного здравоохранения", 2013 г.
2. Гаткин Е.Я., Сударев А. М. - Патент RU 2482787, 2011 г.
3. Пурыгина М.А. - Автореферат и диссертация по медицине на тему: Роль эластических свойств сосудов в развитии ишемической болезни сердца, 2013 г.
4. Страхова Н.В. - Объемная компрессионная осциллометрия в прогнозировании клинического течения артериальной гипертонии в общей врачебной практике (семейной медицине), 2013 г.
5. Федеральная Служба Государственной статистики - "Заболеваемость населения по основным классам болезней", 2017 г.
6. Discovery Research Group - Аналитический отчет "Рынок тонометров в России", 2017 г.

7. Manuja Sharma 1, Karinne Barbosa 1, Victor Ho - Cuff-Less and Continuous Blood Pressure Monitoring: A Methodological Review, 2017 г.

## **Исследование возможности использования метиловых эфиров жирных кислот в качестве пластификаторов ПВХ**

*А.Д. Павлова*

МБОУ «Гимназия №38», г. Дзержинск

*Науч.рук.:* к.х.н. А.С. Белоусов, доцент кафедры «Химические и пищевые технологии» Дзержинского политехнического института (филиала) НГТУ им. Р. Е. Алексеева

Целью настоящей работы является исследование возможности применения пластификаторов на основе метиловых эфиров жирных кислот (МЭЖК) при производстве изделий из поливинилхлорида. Необходимо: исследовать и сравнить свойства диоктилфталата (ДОФ) и МЭЖК по ГОСТу 8728-88; изготовить ПВХ-плёнки с применением ДОФ и МЭЖК; проанализировать физико-механических и физико-химических свойств полученных плёнок.

При производстве поливинилхлорида для улучшения его эксплуатационных свойств, таких как гибкость, упругость, долговечность используются пластификаторы. Основная часть используемых в настоящее время пластификаторов (около 80%) приходится на различные фталаты. Пластифицированный ПВХ может содержать до 60% по массе фталатов. Наиболее часто при производстве изделий из поливинилхлорида в качестве пластификатора применяют ДОФ. Однако стоит отметить, что в процессе эксплуатации фталаты могут легко высвободиться в окружающую среду из ПВХ-изделий, что оказывает пагубное влияние на здоровье человека и окружающую среду. В связи с высокой токсичностью и канцерогенностью фталатов большой интерес в последнее время привлекают экологически чистые пластификаторы, полученные на основе растительного сырья. Одним из таких видов пластификаторов являются МЭЖК.

В ходе работы были исследованы свойства ДОФ и МЭЖК по ГОСТу 8728-88, проведен анализ ПВХ-плёнок, полученных на их основе. При сравнении свойств ДОФ и МЭЖК было установлено, что по цветности (Метод фотометрического определения цветности, фотоколориметр) и кислотному числу (Титриметрический метод, колба для титрования, бюретка) показатели этих веществ практически идентичны. Незначительное превышение нормы массовой доли летучих веществ (Метод определения массовой доли летучих веществ, термошкаф, термометр на 200°C, эксикатор, весы лабораторные) для МЭЖК объясняется наличием воды. Однако МЭЖК по сравнению с ДОФ имеет гораздо более низкую вязкость (Метод вискозиметрии, вискозиметр, груша, секундомер, термостат) и плотность (Метод определения плотности, набор ареометров, термостат, термометр), что приводит к образованию менее вязких растворов при смешении с ПВХ. А относительно высокая температура застывания (Метод определения температуры застывания, криостат, пробирка плоскодонная, стеклянная муфта, термометр) МЭЖК осложняет применение в зимний период. Для исследования были приготовлены несколько типов смесей следующего состава: (ПВХ + ДОФ); (ПВХ + МЭЖК); (ПВХ + МЭЖК:ДОФ (50:50)); (ПВХ + МЭЖК:ДОФ (80:20)); (ПВХ + МЭЖК:ДОФ (20:80)). При исследовании физико-механических свойств полученных ПВХ-плёнок на основе МЭЖК и ДОФ было замечено, что при увеличении концентрации МЭЖК происходит резкое снижение вязкости смеси ПВХ с пластификатором. Стоит так же отметить, что во всех образцах практически

не происходило нарастания вязкости смеси со временем. Добавление МЭЖК к ДОФ приводило к увеличению твердости получаемого полимера. При этом получались менее прочные и эластичные образцы, о чем свидетельствовало уменьшение значений относительного удлинения и прочности. При исследовании физико-химических свойств полученных ПВХ-плёнок на основе МЭЖК и ДОФ было замечено, что при увеличении концентрации МЭЖК образец больше подвержен влиянию химических сред (10%-раствор лимонной кислоты, 1%-раствор на основе хозяйственного мыла, дистиллированная вода), в отличие от образцов с высоким содержанием ДОФ. ПВХ-плёнка на основе чистого ДОФ оказалась наиболее устойчивой. Для образца ПВХ+МЭЖК не удалось измерить прочность и относительное удлинение из-за хрупкости полученной плёнки. Полученный образец характеризовался высоким выпотеванием пластификатора, о чем свидетельствовали образующиеся на бумаге маслянистые жёлтые капли. При определении термоустойчивости полученных образцов ПВХ-плёнок было замечено, что значительно меньшей термоустойчивостью обладает образец, содержащий в своем составе 80% МЭЖК. Данное явление объясняется тем, что МЭЖК при высоких температурах характеризуется большей летучестью по сравнению с ДОФ. Два других образца с использованием МЭЖК в качестве пластификатора при нагревании до 100°C проявляют схожую с ДОФ термическую устойчивость. Наибольшую термическую устойчивость продемонстрировал образец с использованием ДОФ в качестве пластификатора.

Практическая значимость работы состояла в получении новых экологически безопасных пластификаторов ПВХ, которые смогут в будущем послужить альтернативой используемым канцерогенным фталатам, оказывающим негативное влияние на окружающую среду.

Научная новизна заключается в том, что в России были впервые проанализированы пластифицирующие свойства МЭЖК.

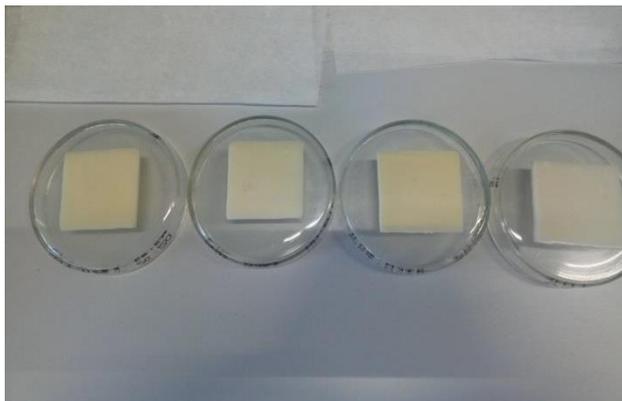
На основании проведенных опытов было доказано, что в чистом виде МЭЖК не может полностью заменить ДОФ, так как ПВХ-плёнки на его основе имеют ряд недостатков по сравнению с плёнками на основе ДОФ. Однако МЭЖК может использоваться в качестве вторичного пластификатора в ПВХ-изделиях. Это позволит частично заменить при производстве вредный диоктифталат, а также снизить стоимость конечного продукта.

### Литература

1. Chen J., Liu Z., Jiang J., Nie X., Zhouab Y., Murray R.E. A novel biobased plasticizer of epoxidized cardanol glycidyl ether: synthesis and application in soft poly (vinyl chloride) films // The Royal Society of Chemistry -2015- Vol. 5. P. 56171-56180. –ISSN: 0069-3030.
2. Bueno-Ferrer C., Garrigós M.C., Jiménez A. Characterization and thermal stability of poly(vinyl chloride) plasticized with epoxidized soybean oil for food packaging // Polymer Degradation and Stability -2010- Vol. 95. P. 2207-2212. –ISSN: 0141-3910.
3. Waldo L.S. Synthetic rubber-like composition and method of making same // United States patent office № 1929453. 1933.
4. URL: <https://ihsmarkit.com/products/plasticizers-chemical-economics-handbook.html> // Chemical Economics Handbook Report on Plasticizers. (Дата обращения: 12.03.2019)
5. Bradlee C.A., Thomas P. Aquatic toxicity of phthalate esters // The Handbook of Environmental Chemistry -2003- Vol. 3. Part Q. P. 263-298. –ISSN: 1616-864X.
6. Dedov A.V. Modeling of plasticizer extraction from polyvinyl chloride with vegetable oil // Fibre Chemistry -2013- Vol. 45, № 2. P. 104-106. -ISSN: 0015-0541.

7. X. Zhao, J. Courtney. Blood response to plasticized PVC: Dependence of fibrigen adsorption on plasticizer selection and surface plasticizer level // *Journal of materials in medicine* -2003- Vol. 14. P. 905-912. –ISSN: 1573-4838.
8. Helm D. DEHP Di2-ethylhexylphthalat: Parallelität zwischen produktionsmengen und täglicher aufnahme // *Umweltwissenschaften und Schadstoff-Forschung (UWSF) – Z Umweltchem Ökotox* -2008- Vol. 20, № 1. P. 94-96. –ISSN: 1614-7499.
9. Gong Y., Gao M., Sun C. Study on Biological Effect of Plasticizer // *Informatics and Management Science I* -2012- Vol. 204 series Lecture Notes in Electrical Engineering. P. 679-684.
10. Grossman E. Plasticizers. Health risks or fifty years of denial of data? // *Chasing Molecules* - 2012- P 83-98. –ISSN: 1433-7851.
11. Godwin A.D., Krauskopf L.G. Monomeric Plasticizers // -2008- P. 173-238.
12. Arendt W.D., McBride E.L., Hanes R.D. New dibenzoate plasticizer blends for PVC applications // *Journal of Vinyl and Additive Technology* -2014- P. 137-142. –ISSN: 1548-0585.
13. Arendt W.D., Strepka A.M., Petrovich D.C., Joshi M. Optimizing performance of benzoate and phthalate blends for vinyl applications // *Journal of Vinyl and Additive Technology* - 2005- P. 150-154. –ISSN: 1548-0585.
14. Bolton D. Suppliers going DEHP-free, it's easier than you think // Eastman Chemical Company. 2013.
15. Benecke. Plasticizers derived from vegetable oils // United States patent office № 6797753 B2. 2004.
16. L.P. Witnauer, Knight H.B., Palm W.E., Koos R.E., Ault W.C., Swern D. Epoxy esters as plasticizers and stabilizers for vinyl chloride polymers // *Industrial and Engineering Chemistry*. Vol. 47. 2304-2311. –ISSN: 0888-5885.
17. Zheng T., Wu Z., Xie Q., Fang J., Hu Y., Lu M., Xia F., Nie Y., Ji J. Structural modification of waste cooking oil methyl esters as cleaner plasticizer to substitute toxic dioctyl phthalate // *Journal of Cleaner Production* -2018- Vol. 186. P. 1021-1030. - ISSN: 1879-1786.
18. Asadauskasa S., Erhan S.Z. Depression of pour points of vegetable oils by blending with diluents used for biodegradable lubricants // *Journal of the American oil Chemists' Society* - 1999- Vol. 76. P. 313-316. -ISSN: 1558-9331.
19. Kamalakar K., Sai Manoj G.N.V.T., Prasad R.B.N., Karuna M.S.L. Influence of structural modification on lubricant properties of salfat-based lubricant base stocks // *Industrial Crops and Products* -2015- Vol. 76. P. 456–466. – ISSN: 1872-633X.
20. Verma S., Aila M., Kaul S., Jain S.L. Immobilized oxo-vanadium Schiff base on graphene oxide as an efficient and recyclable catalyst for the epoxidation of fatty acids and esters // *The Royal Society of Chemistry Adv.* 2014. Vol. 4. P. 30598-30604. -ISSN: 2046-2069.
21. Khatri P.K., Aila M., Porwal J., Kaul S., Jain S.L. Industrial resin “INDION 130” modified with vanadyl cations as highly efficient heterogeneous catalyst for epoxidation of fatty compounds with TBHP as oxidant // *New Journal of Chemistry* 2015. Vol. 39. P. 5960-5965. -ISSN: 1144-0546.
22. Moser B.R., Sharma B.K., Doll K.M., Erhan S.Z. Diesters from oleic acid: synthesis, low temperature properties, and oxidation stability // *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 2007. Vol. 84. P. 675-680. – ISSN: 0003-021X.
23. Moser B.R., Erhan S.Z. Preparation and evaluation of a series of a-hydroxy ethers from 9, 10-epoxystearates // *European Journal of Lipid Science and Technology* 2007. Vol. 109. P. 206-213. –ISSN: 1438-9312.

## Приложение



Образцы полученных ПВХ-плёнок (ПВХ + ДОФ; ПВХ + МЭЖК:ДОФ (50:50); ПВХ + МЭЖК:ДОФ (20:80); ПВХ + МЭЖК:ДОФ (80:20) справа налево)



Образцы полученных ПВХ-плёнок после термического воздействия (ПВХ + ДОФ; ПВХ + МЭЖК:ДОФ (50:50); ПВХ + МЭЖК:ДОФ (20:80); ПВХ + МЭЖК:ДОФ (80:20) слева направо)

### **Исследование качественной зависимости скорости одиночного сокращения искусственной мышцы от нагрузки**

***В.П. Панурченко***

МБОУ «Физико-математический лицей №31 г. Челябинска»

*Науч.рук.: О.Р. Сухова, учитель МБОУ «ФМЛ №31 г. Челябинска»*

Широко известна проблема создания искусственной мышцы, которая может использоваться в медицине как составная часть бионических конечностей или как самостоятельный имплант.

На данный момент разработано несколько видов искусственных мышц: используемая только в робототехнике гидравлическая мышца, основанная на работе гидравлических систем [1]; искусственная мышечная ткань из пропитанных воском и скрученных по спирали углеродных нанотрубок [2] и искусственные мышечные ткани из нейлона, меняющие форму при нагревании.

В феврале 2014 года учёные из MIT (Массачусетский технологический университет) обнаружили, что скрученные по спирали волокна нейлона сжимаются при нагревании [3]. Так, контролируя количество теплоты и направление нагрева нейлона, исследователи

смогли перемещать волокна по определенным шаблонам. Отличительной особенностью скрученных нейлоновых волокон является дешевизна, простота в изготовлении, способность к совершению механической работы. В рамках школьной лаборатории дешевле и удобнее в качестве объекта исследования взять скрученные по спирали волокна нейлона.

Возникает проблема сравнения характеристик сокращения биологических и нейлоновых мышц. С одной стороны, во всех изученных нами работах о поведении скрученных из нейлона мышц описывается зависимость способности сокращаться от температуры нагревателя. [4, 5] С другой стороны, с точки зрения биофизики, основными характеристиками биологической мышцы являются зависимости скорости одиночного сокращения и развиваемой мышцей мощности от нагрузки.[6, 7] Но для использования нейлоновой мышцы как эффективного аналога биологической необходимо получить зависимости скорости сокращения нейлоновой мышцы от нагрузки при разных температурах нагрева.

Актуальность нашего исследования заключается в изучении характеристик искусственной мышцы, которое будет способствовать изобретению новых и оптимизации существующих устройств, основанных на технологии управляемого сокращения нейлонового волокна.

Цель исследования: выяснение зависимости скорости одиночного сокращения искусственной нейлоновой мышцы от нагрузки при разной мощности нагрева.

Задачи исследования: создание искусственных мышц; создание установки, обеспечивающей равномерный нагрев мышцы; выявить качественную зависимость средней скорости одиночного сокращения нейлоновой мышцы от нагрузки при разных мощностях нагрева в изотоническом режиме сокращения

Объекты исследования: более 30 различных искусственных мышц из нейлоновых лесок.

Предмет исследования: зависимость скорости одиночного сокращения нейлоновых мышц от массы груза при разных мощностях нагрева.

Метод получения зависимости скорости сокращения от нагрузки. На установке (рис.1) нагрев осуществляется с помощью проволочного спирального нагревателя из нихрома. В стеклянной трубке, обвитой проволокой, находится мышца (рис.2), к нижнему концу которой прикреплен диск отражателя с грузом. Расстояние измеряется датчиком расстояния «VL53LOX». Данные передаются на компьютер и записываются в текстовый файл. Для получения скорости сокращения мышцы по полученным данным строится график зависимости координаты груза от времени в Excel. Определяется линейный участок графика, который соответствует подъёму груза, и отсекаются все точки правее. Далее выбранный участок аппроксимируется линейной функцией тренда и определяется её уравнение. Производная по времени от функции линии тренда является скоростью одиночного сокращения. Для каждой массы проводится не менее пяти опытов и определяются скорости сокращения. Средняя арифметическая скорость из пяти полученных является средней скоростью одиночного сокращения для некоторой массы.

Сокращение нейлоновых мышц объясняется совокупностью факторов: отрицательным коэффициентом осевого температурного расширения, положительным коэффициентом радиального температурного расширения нейлона и геометрией гомохиральной пружины. Коэффициенты температурного расширения объясняют раскручивание первичной закрутки полимерных цепочек при нагреве, а геометрия гомохиральной пружины объясняет при этом сокращение длины вторичной закрутки, то есть сокращение мышцы в целом.

В результате работы созданы более 30 рабочих мышц из нейлоновой лески диаметром 0,3 мм, описано явление сокращения искусственной мышцы на 10-15% от начальной длины мышцы и замечено, что чем больше мощность нагрева, тем больше относительное сокращение мышцы и скорость сокращения (рис.3). Однако, скорость сокращения растёт с увеличением мощности нагрева, только если температура нейлона ниже температуры деструктуризации полимерных цепочек. Научная новизна исследования заключается в получении зависимостей скорости одиночного сокращения искусственной мышцы из нейлоновой лески в изотоническом режиме от нагрузки при различных мощностях нагрева (Рис.4). Данная зависимость имеет выраженный максимум. Вес нагрузки, соответствующий максимуму, не зависит от мощности нагрева. Практическая значимость: разработан метод определения скорости сокращения мышцы с помощью датчика расстояния с использованием анализа полученных данных инструментами Excel; разработаны установки, обеспечивающие сокращение мышц: с неравномерным нагревом при обдуве горячим воздухом; с равномерным нагревом при помощи проволочного нагревателя.

### Литература

1. Гидравлические искусственные мышцы. - <https://www.techcult.ru/robots/3930-gidravlicheskie-myshtsy>
2. Искусственные мышцы из углеродных нанотрубок. - <https://sell-off.livejournal.com/2268924.html>
3. Artificial Muscles from Fishing Line and Sewing Thread. Carter S. Haines et al. Science 343, 868 (2014)
4. Щетников А.И., Матюнин В.И. Искусственные мышцы из нейлоновой лески//Наука из первых рук, №4, 2015. - <https://scfh.ru/papers/iskusstvennye-myshtsy-iz-nylonovoy-leski/> (Дата и время обращения: 20.10.2017 15:40)
5. В.С. Стерехова, А.А. Протопопов, Разработка искусственной мышцы из нейлона для реабилитационного тренажера.
6. [http://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/52582/1/conference\\_tpu-2018-C04\\_p356-357.pdf](http://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/52582/1/conference_tpu-2018-C04_p356-357.pdf)
7. Биофизика: Учеб. Для студ. высш. учеб. Заведений/ Под ред. проф. В. Ф. Антонова. – 2-е изд., испр, и доп. – М.: Гуманит. изд. Центр ВЛАДОС, 2003. – 288 с.
8. Агаджанян, Н. А. Основы физиологии человека: Учебник для студентов вузов, обучающихся по медицинским и биологическим специальностям/ В. И. Торшин, В. М. Власова; Н. А. Агаджанян, 2-е издание, исправленное. - М.: РУДН, 2001.- 408с.

## Приложение

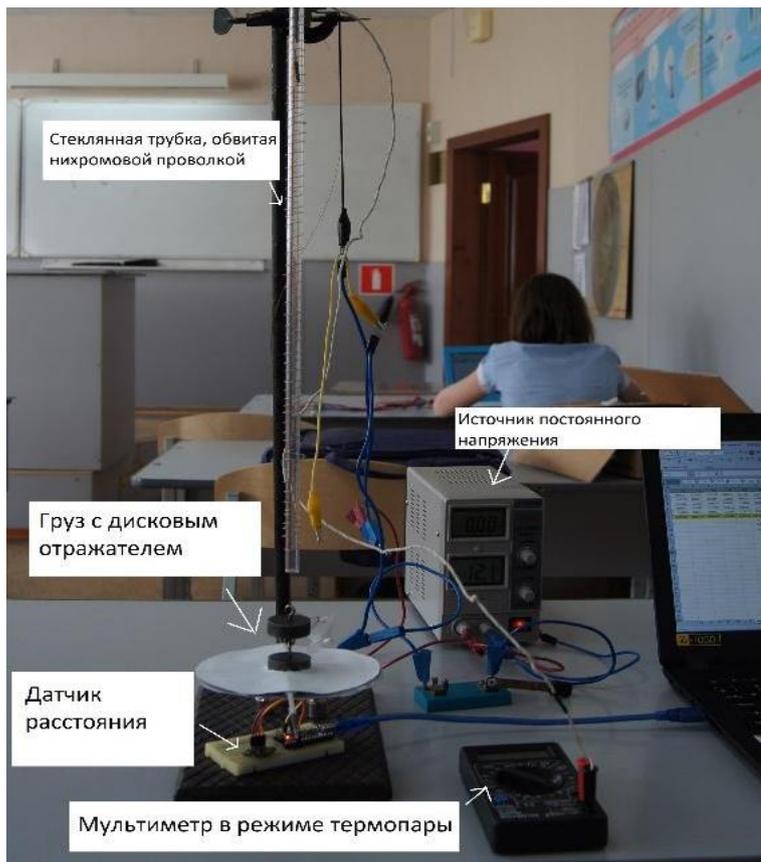


Рис.1. Установка

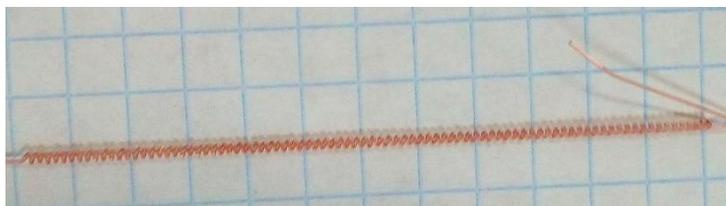


Рис.2. Искусственная мышца из скрученного нейлонового волокна

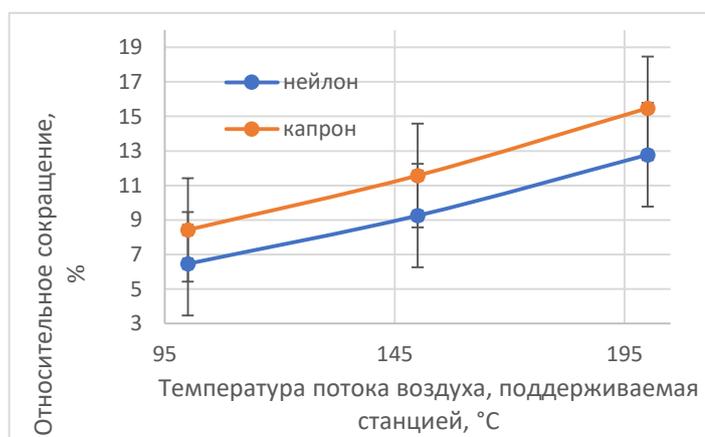


Рис.3. Зависимость относительного сокращения мышцы от температуры потока воздуха, поддерживаемой паяльной станцией (усреднённые значения для каждого материала мышц)

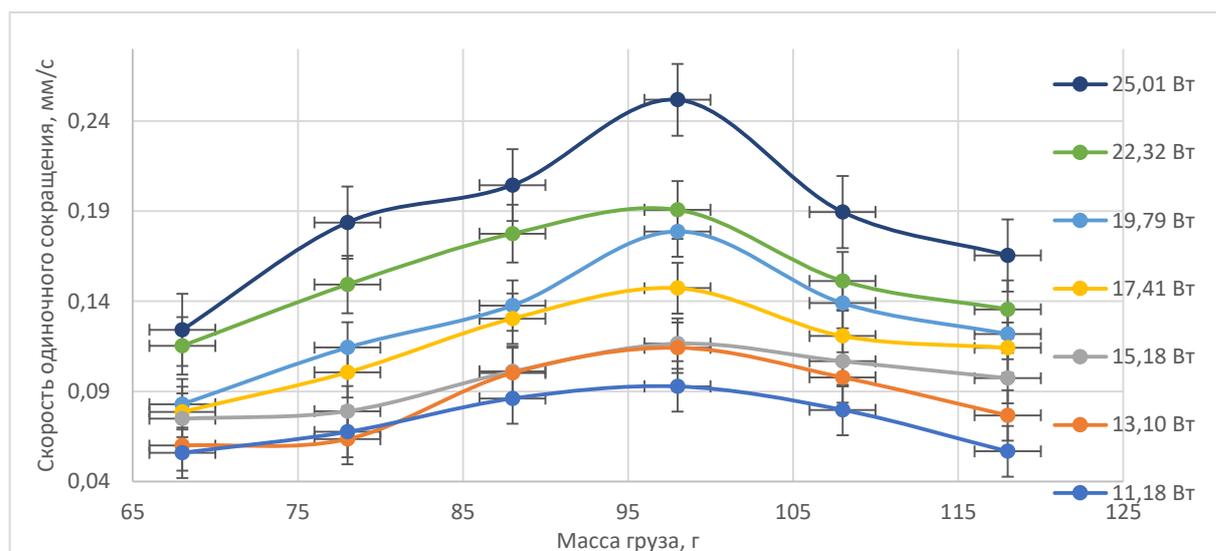


Рис.4. Зависимости скорости сокращения от массы груза при разных мощностях нагрева

### Окислительный гомеостаз и антиоксидантный статус гриба *Aspergillus Niger* в зависимости от времени ультразвуковой обработки

*Е.М. Попов*

ГБУ ДО "Центр молодёжных инженерных и научных компетенций Кванториум",  
г.Нижний Новгород

Науч.рук.: С.С. Тарасов, старший преподаватель кафедры «Ботаника, физиология и защита растений» ФГБОУ ВО Нижегородская ГСХА, педагог ДО ГБУ ДО «ЦМИНК»  
Кванториум

Цель исследования: определить состояние окислительного гомеостаза, и антиоксидантного статуса, в мицелии гриба *Aspergillus niger* в зависимости от времени ультразвукового воздействия.

Задачи исследования: определить содержания окисленных метаболитов в процессе перекисного окисления липидов (ПОЛ) и окислительной модификации белков (ОМБ) в мицелии гриба *Aspergillus niger* в зависимости от времени ультразвукового воздействия; изучить активность антиоксидантных ферментов – супероксиддисмутаза и каталаза в мицелии гриба *Aspergillus niger* в зависимости от времени ультразвукового воздействия; определить уровень экспрессии генов Cu/Zn SOD, Mn SOD и КАТ в мицелии гриба *Aspergillus niger* в зависимости от времени ультразвукового воздействия; сделать биоинформатический анализ нуклеотидных и аминокислотных последовательностей генов Cu/Zn SOD, Mn SOD и КАТ и установить их филогенетические связи.

Исследовали влияние разного времени обработки ультразвуком на содержания продуктов ПОЛ, ОМБ, активность каталазы, СОД и экспрессии их генов в мицелии гриба, данные интервалы выбраны не случайно, 5 минут – кратковременное воздействие, 10 – средне временное и 20 – долговременное действие. Показатели фиксировали через 14 суток после начала культивирования, сразу же после обработки ультразвуком. Все исследования проводили в трех биологических и трех биохимических повторностях. Колбы с

питательной средой и грибами помещали в специальную ультразвуковую емкость (ультразвуковая мойка) с водой и накрывали крышкой. Далее через 5 минут обработки ультразвуком одну колбу убрали, а вторую оставляли ещё на 5 минут, а затем на 10 соответственно. Для выполнения работы использовали как *in vitro*: методика посадки и культивирования исследуемого объекта на жидкой ПС; методика обработки ультразвуком, спектрофотометрическая методика определения продуктов ПОЛ; методика определения малонового диальдегида (МДА); Методика определения уровня окислительной модификации белков с помощью 2,4-динитрофенилгидрозина; методика определения супероксиддисмутазы (СОД); газометрическая методика определения активности каталазы в мицелии грибов (модифицированная); методика определения уровня экспрессии генов антиоксидантной защиты, так и *in silico* методы: методика поиска генетических конструкций в базе данных NCBI (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>), методика выравнивания нуклеотидных последовательностей и выявления филогенетических связей с использованием программы Crustal W, на платформе MEGA (<https://www.megasoftware.net/>), методика определения консервативных участков исследуемых генов и поиск РАМ последовательностей вблизи данных участков, методика подбора праймеров для определения количества транскриптов по кодирующему участку гена в программе Primer-BLAST (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/tools/primer-blast>).

Значимость и новизна исследования. Работа представляется важной, актуальной и новой с нескольких позиций: во первых позволяет понять механизмы действия ультразвук на уровень окислительного гомеостаза и антиоксидантного статуса исследуемого гриба в условиях *in vitro*, во вторых понять взаимосвязь функционирования антиоксидантных ферментов и генетического аппарата – кодирующий данные ферменты, в третьих позволит выявить возможность применения ультразвука для борьбы с плесневыми грибами, в том числе микозами человека и животных, в четвёртых позволяет установить гены - мишени для редактирования с применением CRISPR/Cas9 системы, что может быть использовано как основа для разработки новых препаратов в борьбе с микромицетами.

Итоги исследования: Результаты эксперимента показали зависимость исследуемых параметров от времени ультразвукового воздействия. Установлено усиление процессов ПОЛ, что подтверждается увеличением количества первичных – ДК, ТК и вторичных – МДА продуктов ПОЛ. Так при 5 и 10 минутном воздействии зафиксировано увеличение ДК примерно на 15% относительно контроля, содержание ТК и МДА увеличивается не менее чем на 30% ( $P \leq 0,05$ ). В мицелии гриба обработанному ультразвуком в течении 20 минут содержание продуктов ПОЛ ещё выше, относительно предыдущих образцом, так содержание ДК, ТК и МДА увеличивается более чем в 2 раза (рис. 1А).

Зафиксировано увеличение всех продуктов ОМБ в мицелии гриба *A. niger* подверженных ультразвуковому воздействию в течение 5 и 20 минут. Наблюдается снижение продуктов ОМБ у гриба, обработанного в течение 10 минут, что может свидетельствовать об усилении активности гидролаз и коррелируется с нашими данными, полученными по изучению активности антиоксидантных ферментов (рис. 1Б).

Установлено увеличение активности СОД в мицелии гриба *A. niger* при 5 минутном воздействии ультразвуком. Дальнейшее ультразвуковое воздействие снижает активность фермента относительно образцам обработанных в течении 5 минут, но все же остаётся выше контрольного значения (рис. 2А). Показано усиление активности каталазы в мицелии гриба *A. niger* подверженного ультразвуковому воздействию, максимальная активность зафиксирована при 10 минутном воздействии, 20 минутная обработка угнетает активность фермента, что может свидетельствовать о нарушении конформаций молекул каталазы. (рис. 2Б). Показано усиление активности каталазы в мицелии гриба *A. niger* подверженного

ультразвуковому воздействию, максимальная активность зафиксирована при 10 минутном воздействии, 20 минутная обработка угнетает активность фермента, что может свидетельствовать о нарушении конформаций молекул каталазы. Выявлено стимулирующее влияние ультразвука на накопление транскриптов иРНК всех исследуемых генов, показан ингибирующий эффект долговременного воздействия (20 минут) изучаемого фактора на уровень экспрессии генов антиоксидантной защиты (рис 3).

Найдены консервативные участки гена Cu/Zn SOD и КАТ рода *Aspergillus*, которые можно использовать для редактирования их генов с применением CRISPR/Cas9 системы, с целью борьбы с микозами (рис. 4,5).

### Литература

1. Аникина Н.А. Аутэкологические характеристики микромицетов деструкторов лакокрасочных материалов, используемых в радиоэлектронике. Диссертация на соискание учёной степени кандидата биологических наук по специальности 03.02.08 – экология. Н. Новгород. 134 с.
2. Беккер З.Э. Физиология и биохимия грибов М.: Изд. МГУ, 1988, 230 с.
3. Биохимия. 2009. под редакцией Е. С. Северина, М. 768 с.
4. Биссвангер Х. Практическая энзимология. М.: издательство БИНОМ, Лаборатория знаний, 2014. 331 с.
5. Викторов И.А. Физические основы применения ультразвуковых волн Рэля и Лэмба в технике. М.: Наука, 1966
6. Гланц С. Медико-биологическая статистика. М.: Практика. 1999. 459 с.
7. Голямина И.П. (ред.). Ультразвук. Маленькая энциклопедия. М.: Советская энциклопедия, 1979.
8. Дубинина Е.Е., Бурмистров С.О., Ходов Д.А., Поротов И.Г. Окислительные модификации белков сыворотки крови человека, метод ее определения // Вопросы медицинской химии. 1995. 41. № 1. С. 24-26.
9. Дубининой Е.Е. «Продукты метаболизма кислорода в функциональной активности клеток (жизнь и смерть, созидание и разрушение). Физиологические и клинико-биохимические аспекты» – СПб.: Медицинская пресса, 2006. – 400 с.
10. Дьяков Ю. Т. Введение в микологию и альгологию М.: 2000 г.
11. Ермаков А. И. Методы биохимического исследования растений Изд. 2-е, перераб. и доп. — Ленинград: Колос. Ленингр. отд-ние, 1972. — 456 с.
12. Каган В. Е., Орлова О. Н., Прилипко Л. Л. Проблемы анализа эндогенных продуктов перекисного окисления липидов. – М.: издательство ВИНТИ АН СССР, 1986. 136 с.
13. Карташов А.В., Радюкина Н.Л., Иванов Ю.В., Шевякова Н.И., Кузнецов Вл. В. Роль систем антиоксидантной защиты при адаптации дикорастущих видов растений к солевому стрессу // Физиология растений. – 2008. – Т. 55. – С.516-522
14. Касатова Е.С., Стручкова И.В., Аникина Н.А., Смирнов В.Ф. Действие слабого низкочастотного электромагнитного поля на активность экстрацеллюлярных оксидоредуктаз *Trichoderma virens* // Микология и фитопатология. 2017. Т. 51. № 2. С. 99-103.
15. Кретович В. Л. Биохимия растений. М.: издательство "Высшая школа". 1980. 445 с.
16. Кряжев Д. В. Физиологические и биохимические аспекты действия ультразвука на оппортунистические микромицеты / Д.В. Кряжев, А.А. Ичеткина, В.Ф. Смирнов // Вестник Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского. 2012. №2(3). С. 56-63

17. Методы экспериментальной микологии / под редакцией В.И. Билай. Киев: Наукова Думка, 1982 г., С. – 45
18. Миллер Э., Лёфлер В. Микология, М.: Мир – 1995 г. 344 с.
19. Мирошниченко, О. С. Биогенез, физиологическая роль и свойства каталазы / О. С. Мирошниченко // Биополимеры и клетка. – 1992. – Т. 8 (6). – С. 3–25.
20. Нетрусов А. И. Экология микроорганизмов: учебник для бакалавров /А. И. Нетрусов. – М.: Юрайт, 2013. – 268 с.
21. Полевой В. В. Физиология растений. Изд-во Высшая школа. 1989. 464 с.
22. Смирнов В. Ф. Экологические и биологические аспекты деструкции промышленных материалов микроорганизмами: Учебное пособие /В. Ф. Смирнов, А. П. Веселов, А. С. Семичев, О. Н. Смирнова, Е. А. Захарова. – Н. Новгород: Изд-во ННГУ, 2002. – 99 с.
23. Рубцова М.С. Практикум по физиологии растений / М.С. Рубцова. - Издательство НГСХА, 2003. 127 с.
24. Скулачев В.П., Богачев А.В., Каспаринский Ф.О. 2010. Мембранная биоэнергетика. М.: издательство МГУ. 365 с.
25. Стальная И.Д., Гаришвили Т.Г. Метод определения малонового диальдегида // Современные методы в биохимии / под ред. В.Н. Ореховича. М.: Медицина, 1977. С. 66–68.
26. Стручкова И.В. Анализ методов оценки биостойкости /И. В. Стручкова, М. А. Шляпникова // Биоповреждения в промышленности: тез. докл. конф. – Пенза, 1993. – Ч. 1. – С. 83–84.
27. Ультразвук [электронный документ]. Режим доступа:
28. <https://electrosam.ru/glavnaja/jelektrotehnika/ultrazvuk/> , 2018.
29. Li-Juan Quan, Bo Zhang, Wei-Wei Shi and Hong-Yu Li. 2008. Hydrogen peroxide in plants: a versatile molecule of the reactive oxygen species. Network Journal of Integrative Plant Biology, Vol. 50 (1): P. 2–18
30. Patterson B. D., Paune L. A., Chen Yi-Zhu, Graham P. An inhibitor of catalase induced by cold in chilling-sensitive plants // Plant Physiology. 1984. № 4. Vol. 76. P. 1014–1018.
31. Veselin D. P., Frank Van Breusegem. 2012 Hydrogen peroxide a central hub for information flow in plant cells // AoB PLANTS: P. 1-13.
32. Beauchamp, Ch. Superoxide dismutase improved assays and an assay applicable to acrylamide gels / Ch. Beauchamp, I. Fridovich // Anal. Biochem. – 1971. – Vol. 44 (1). – P. 276–287.
33. Seiler N., Raul F. Polyamines and apoptosis // J Cell Mol Med. – 2005. – Vol. 9. – P. 623-642.

## Приложение

Приложение 1.

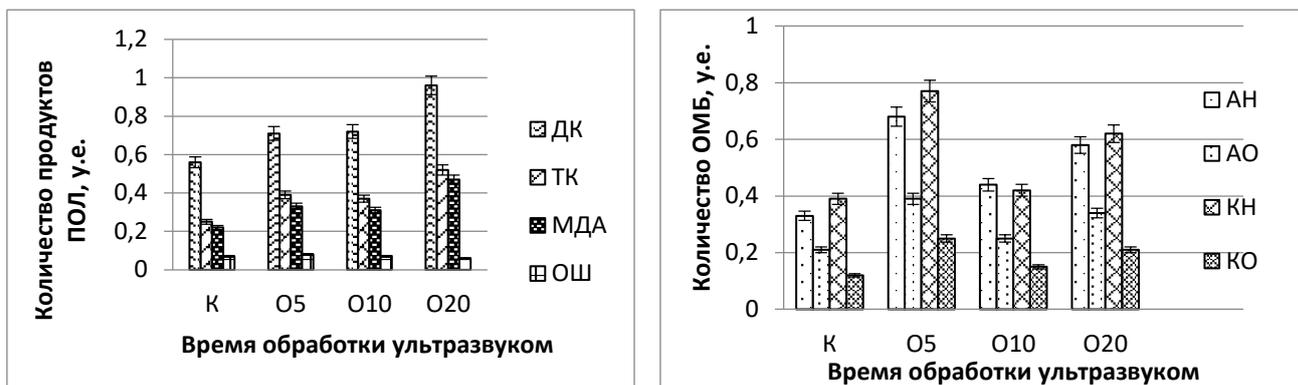


Рис.1. Содержание продуктов ПОЛ (а) и ОМБ (б) в мицелии гриба *Aspergillus niger* в зависимости от времени ультразвукового воздействия

ДК – диеновые конъюгаты, ТК – триеновые конъюгаты, МДА – малоновый диальдегид, ОШ – основания Шиффа, АН - алифатические альдегид-денитрофенилгидразоны нейтрального характера; АО - алифатические альдегид-денитрофенилгидразоны основного характера; КН - алифатические кетон-денитрофенилгидразоны нейтрального характера; КО - алифатические кетон-денитрофенилгидразоны основного характера. К – контроль, О 5,10 и 20 – время ультразвукового воздействия на грибы, в минутах.

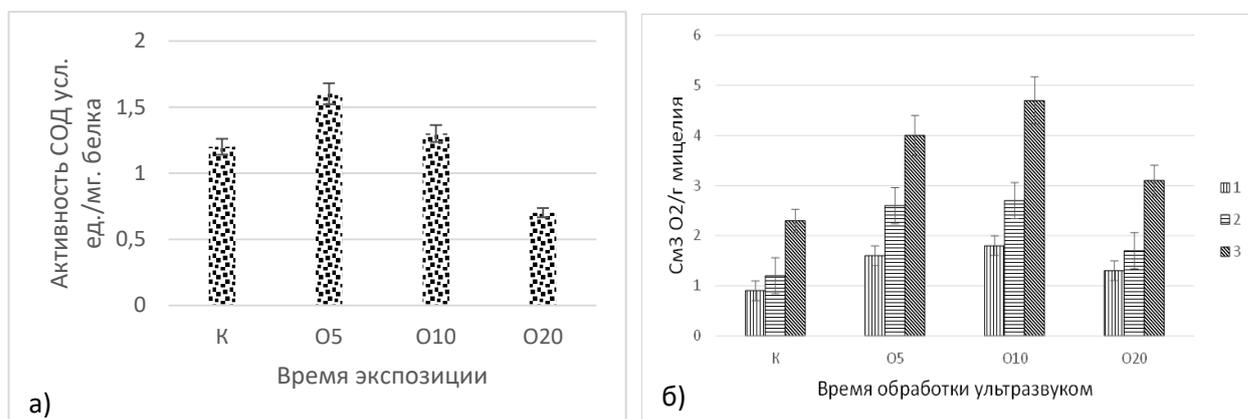


Рис.2. Влияние ультразвуковой обработки на активность СОД (а) и каталазы (б) в мицелии гриба *Aspergillus niger*, где 1,2 и 3 время фиксации активности в минутах. (прочие обозначения см. рис. 1)

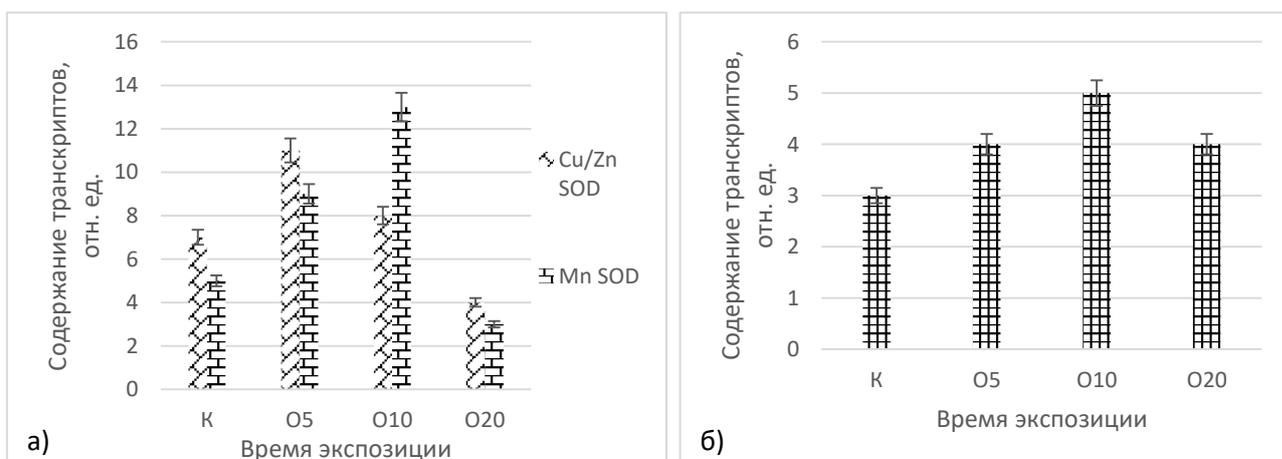


Рис.3. Влияние ультразвука на содержание транскриптов генов антиоксидантов: СОД (а) и САТ(б) (прочие обозначения см. рис. 1).

Species/Abbrv	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1. XM 025712631.1 Asp	C	T	A	C	C	T	T	G	A	G	G	A	C	C	A	A	G	G	A	T	A	A	C	C	A	C	T	G	T	C	C	C	G	G	G	T	C	T	G	A	C	C	A	T	T	C	C	C	T	A	A	G	T	C	A	G	C	G	G	C	T	G	G	G	T	G	C	T	T	G	T	T	C	G	G	C	A	C	T	T																				
2. XM 001392469.2 Asp	T	C	T	A	C	T	A	C	G	C	C	A	G	G	A	T	A	A	C	C	A	C	A	C	A	G	T	C	C	C	G	G	G	T	C	T	G	A	C	C	A	T	T	C	C	C	T	A	A	G	T	C	A	G	C	G	G	C	T	G	G	G	T	G	C	T	T	G	T	T	C	G	G	C	A	C	T	T																						
3. XM 025622175.1 Asp	C	T	A	C	T	A	C	G	C	C	A	G	G	A	T	A	A	C	C	A	C	T	G	T	C	C	C	G	G	G	T	C	T	G	A	C	C	A	T	T	C	C	C	T	A	A	G	T	C	A	G	C	G	G	C	T	G	G	G	T	G	C	T	T	G	T	T	C	G	G	C	A	C	T	T																									
4. XM 025604628.1 Asp	T	C	T	A	C	T	A	C	G	C	C	A	G	G	A	T	A	A	C	C	A	C	A	G	T	C	C	C	G	G	G	T	C	T	G	A	C	C	A	T	T	C	C	C	T	A	A	G	T	C	A	G	C	G	G	C	T	G	G	G	T	G	C	T	T	G	T	T	C	G	G	C	A	C	T	T																								
5. XM 025681477.1 Asp	C	T	A	C	T	A	C	G	C	C	A	G	G	A	T	A	A	C	C	A	C	T	G	T	C	C	C	G	G	G	T	C	T	G	A	C	C	A	T	T	C	C	C	T	A	A	G	T	C	A	G	C	G	G	C	T	G	G	G	T	G	C	T	T	G	T	T	C	G	G	C	A	C	T	T																									

Рис.4. Наиболее консервативные участки гена Cu/Zn SOD грибов рода *Aspergillus*.

DNA Sequences	Translated Protein Sequences
Species/Abbrv	
1. XM 026775572.1 Asp	C T A C C C T G T G G A G G A C T T T A T C T T C C G T C A G A A G C T C A G C G G T T C G A C C A T G A G C G T G T C C C G A G C G C G T G G T C C A C C C C G T G G T G C C G G T G C A T A T G
2. XM 025638717.1 Asp	C A A C C C T T T T G A G G A C T T T A T C T T C C G C A G A A G C T C A A C G C T T C B A T G A G C C A G T C C C G A A C A G T G T G C A C C C G G T G G T G C C G G T G C G T A C G
3. XM 025614265.1 Asp	C T A C C C T T T G G A G G A C T T T A T C T T C C G T C A G A A G C T C A A C G G T T T G A C C A T G A G C G T G T C C C G A G C A G A G C G T C C A C C C C G T G G T G C T G G A C A T A C G
4. XM 025657870.1 Asp	C T A C C C T G T G G A G G A T T T T A T C T T C C G T C A G A A G C T C A A C G G T T C G A C C A T G A G C G T G T C C C G A G C G T G C G C C A C C C C G T G G T G C C G G T G C A T A T G
5. XM 001388584.2 Asp	C T A C C C T G T G G A G G A C T T T A T C T T C C G T C A G A A G C T C A A C G G T T C G A C C A T G A G C G T G T C C C G A G C G T G C G C C A C C C C G T G G T G C C G G T G C A T A C G
6. XM 025629259.1 Asp	C T A C C C T G T G G A G G A C T T T A T C T T C C G T C A G A A G C T C A A C G G T T C G A C C A T G A G C G T G T C C C G A G C G T G C G C C A C C C C G T G G T G C C G G T G C A T A C G
7. XM 025597289.1 Asp	C T A C C C T G T G G A G G A C T T T A T C T T C C G T C A G A A G C T C A A C G G T T C G A C C A T G A G C G T G T C C C T A G C C G T G C G C C A C C C C G T G G T G C C G G T G C A T A T G
8. XM 025724128.1 Asp	C A C C C T G T G G A G G A C T T T A T C T T C C G T C A G A A G C T C C C G G T T T A C C A T G A G C G G A T T C C C G A G C G T G G G T T C A C C C C C G T G G C C T G G C C A T A C G
9. XM 025530145.1 Asp	C T A C C C T G T G G A G G A C T T T A T C T T C C G T C A G A A G C T C A A C G G T T C G A C C A T G A G C G T G T C C C G A G C G T G C G C C A C C C C G T G G T G C C G G T G C A T A C G
10. XM 025679223.1 Asp	C T A C C C T G T G G A G G A C T T C A T C T T C C G T C A G A A G C T C A A C G G T T C G A C C A T G A G C G T G T C C C G A G C G T G C G C C A C C C C G T G G T G C C G G T G C A T A C G

Рис. 5. Наиболее консервативные участки гена CAT грибов рода *Aspergillus*.

## Комплексное очищение рек (Устройства Гидроклетка и Аква Лустрали)

*М.С. Тютюников*

ГБОУ «Школа 2030»

ЧОУ «Кембриджская Международная Школа»

*Науч.рук.:* Н.П. Селиванов, Член Высшего Инженерного Совета РФ, Вице-президент РИА

Целью данной работы: описать метод работы, доказать возможность и преимущества использования предлагаемых устройств в комплексном очищении рек. Главная задача данной работы решить проблему загрязнения рек, являющуюся очень важной и актуальной в современном мире. Область охраны окружающей среды определенно требует новых идей и технологий для глобального, коренного решения проблем.

Предлагаемый метод очищения рек является значительно дешевле и эффективнее существующих устройств, так как очистка рек будет осуществляться в автоматическом режиме без ручного управления. Также устройство Аква Лустрали является абсолютно экологически чистым, так как использует гелиоэнергетическую установку (солнечные батареи), что также выделяет его среди имеющихся устройств.

Работа включает в себя два устройства.

Первое устройство - Устройство Аква Лустрали очищает поверхность воды. Оно рассчитано на мусор среднего размера: банки, бутылки, речная тина. Устройство состоит из двух уровней. На первом уровне располагается двигатель, работающий за счет выработанной солнечной энергии. Солнечные батареи находятся на крыше устройства. Также возможно использование запасного источника энергии – электрического генератора. Насос нужен для того, чтобы качать воду, тем самым всасывая загрязненную мусором воду. Устройство будет как бы всасывать воду в свои проницаемые мембраны (выделены на диаграмме серым цветом) по тому типу, по которому вентиляторы всасывают воздух. Дальше вода по насосным трубам будет доставлена до насоса-фильтра, где будет осуществлена очистка воды.

Второе устройство - устройство Гидроклетка будет очищать реки уже на глубине. Оно будет обладать детекторами, распознающими мусор. Аккумулятор будет заряжаться от электроэнергии. Камера даст возможность ориентироваться под водой, а также передавать информацию о состоянии дна водоема. Устройство будет всасывать

загрязненную воду, бытовые отходы и мусор. Очищенная вода будет возвращена обратно в реку.

В настоящее время одна из самых актуальных проблем экологии: загрязнения рек - требует быстрого и эффективного решения с помощью современных технологий. Устройства Аква Лустрали и Гидроклетка созданы для комплексного, коренного решения поставленной проблемы.

### **Литература**

1. Евразийский портал по управлению речными бассейнами. [Электронный ресурс]
2. Ветошкин, А.Г. Инженерная защита гидросферы от сбросов сточных вод: учебное пособие / А.Г. Ветошкин. – 2-е изд. испр. и доп. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2016. – 296 с.: ил., табл., схем. –Текст: электронный.
3. Сметанин В.И., Согин А.В., Согин И.А. «Очистка водоемов и русел малых рек с помощью отечественных технических средств»// Экономические стратегии. – 2010. – 25/06 – С. 88-91.
4. Ветошкин, А.Г. Основы инженерной защиты окружающей среды: учебное пособие / А.Г. Ветошкин. – 2-е изд. испр. и доп. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2016. – 456 с.: ил., табл., схем. Текст: электронный.
5. А. Л. Ивчатов., В. И. Малов. Химия воды и микробиология. – Москва, Инфра-М, 2013, С. 218.

### **Разработка нового алгоритма поиска ортологичных групп генов на основе DBscan и MCL**

*К.К. Хорунжева*

СУНЦ НГУ

*Науч.рук.:* Д.К.Константинов, младший научный сотрудник, институт цитологии и генетики СО РАН (ИЦиГ)

На сегодняшний день в биологии накоплены огромные массивы информации – отсеквенированные последовательности геномов разных организмов. Однако о функциях многих генов информация отсутствует. Экспериментальное выявление функции генов требует много времени и ресурсов. Одна из задач биоинформатики – «предсказывание» функций генов. Для этого неопределенный ген сравнивают с другими генами, функции которых нам известны. Чем больше сходство, тем вероятнее ген имеет аналогичные функции. На сегодняшний день существуют различные методы кластеризации генов, но все они имеют свои недостатки. MCL (марковский способ кластеризации) хорошо кластеризует группы небольшого размера, но оставляет кластера, состоящие из нескольких или даже одного гена. DBscan объединяет маленькие группы генов в большие, но плохо справляется с кластеризацией групп средних размеров. В данной работе на основании существующих методов кластеризации DBscan и MCL разработан новый алгоритм выявления ортологичных групп генов.

Материалы и методы. Из базы данных сравнительной геномики растений PLAZA4.5 была взята выборка ортологичных белков, содержащая более 1500 элементов. Была составлена матрица сходства белковых последовательностей. Были подобраны параметры для DBscan для качественного разделения компактных кластеров. Были подобраны параметры для MCL для качественного разделения близких кластеров. Результаты работы

алгоритмов DBscan и MCL были объединены для наиболее точного поиска ортологических генов.

Результаты. Реализован алгоритм, верно выделяющий кластера на тестовых выборках. Среднее количество кластеров, состоящих из одного гена, в предложенном методе меньше по сравнению с MCL. Новый метод хуже кластеризовал трансмембранные белки по сравнению с глобулярными, возможно это связано с особенностями эволюции данного класса белков. Трудоемкость алгоритма порядка  $O(n^3)$ , где  $n$  количество белков.

## **Измерение скорости реакции человека с помощью собственного прибора «Кто быстрее?»**

***А.А. Якимова***

ООЧУ «Московский лицей Ступени»

*Науч.рук.:* В.Ю. Шегурова, учитель физики ООЧУ «Московский лицей Ступени»

Целью данного исследования является разработка, конструирование и тестирование портативного прибора для измерения скорости реакции. Необходимо: разработать схему, написать и отладить программу, сконструировать прибор, провести исследования скорости реакции своих одноклассников.

Измерение времени реакции актуально вдвойне. Важно изучить влияние на быстроту реакции различных внешних факторов: тренировки, утомления, условий питания, работы, возраста, особенностей профессионального труда. Это позволит улучшить качество работы там, где оно зависит от этих факторов. Время реакции является важным показателем развития любого человека. Это учитывают врачи, психологи.

В моей работе представлена действующая модель портативного измерителя скорости реакции, работающая в двух режимах: простой и сложной реакции, - программа, написанная на языке C, по которой работает прибор, а также результаты исследований, проведенных среди лицеистов и учителей Московского лицея «Ступени» (Рис. 1).

Как устроен мой прибор? Мой прибор включает в себя: 4 разноцветные кнопки, RGB светодиод, биппер, микроконтроллер, жидкокристаллический индикатор, переключатель сложности задания (Рис.2).

Как действует мой прибор? Простая реакция: когда загорается светодиод красного цвета, испытуемый как можно быстрее нажимает на красную кнопку. Микроконтроллер вычисляет результат и выводит на жидкокристаллический индикатор время реакции в миллисекундах. Сложная реакция: RGB светодиод загорается разными цветами, нужно нажать на кнопку соответствующего цвета, а когда включается биппер, то нажать на жёлтую кнопку. Микроконтроллер вычисляет результат и выводит на жидкокристаллический индикатор время сложной реакции в миллисекундах.

Я написала программу на языке C. Для простой реакции: машина зажигает красный светодиод, ждёт, пока не нажмут на кнопку, вычисляет результат (Рис.8). Для сложной реакции: программа загадывает случайное число от 0 до 4. Если получен правильный ответ, мы видим время реакции. Если участник ошибся, мы видим ERROR.

Исследование скорости реакции учеников моей школы. В моём исследовании участвовал 31 человек. Каждый участник проходил тестирование на простую реакцию (15 попыток) и на сложную реакцию (15 попыток). Для каждого я разработала протокол исследования, куда заносила результаты для дальнейшей обработки (Рис.3). Затем я обработала результаты каждого из участников в программе Excel (Рис.4) и вывела средние показатели (Рис.5). До проведения тестирования я предполагала, что все испытуемые будут проходить тестирование по-разному. Я убедилась в этом в ходе исследования. В случае простой реакции выявились 3 группы: 1. те, у кого скорость реакции улучшается; 2. скорость реакции не меняется от попытки к попытке; 3. те, у кого скорость реакции сначала улучшается, потом ухудшается и снова улучшается (Рис.6). А при исследовании сложной реакции моя гипотеза подтвердилась. Были выявлены 4 группы: 1. те, у кого скорость реакции улучшалась, 2. те, у кого она ухудшалась, 3. те, у кого она не менялась, 4. те, у кого она сначала улучшалась, потом ухудшалась, а затем снова улучшалась (Рис.7). Я заметила,

что мой прибор с мигающими светодиодами привлекает внимание ребят. Они все хотят попробовать пройти тест.

Практическая важность такого прибора заключается в том, что его можно использовать, например, для оценки степени утомляемости работников некоторых профессий, например, водителей, сотрудников, отвечающих за безопасность, людей, работающих на конвейере. Такой прибор пригодился бы для профессионального отбора на специальности, требующие хорошей реакции. Его также можно использовать для изучения динамики реакции человека в процессе обучения.

## **Секция математических наук и программирования**

### **Уникурсальные звезды и математический бильярд в экстремальных задачах на переливание**

*Л.Б. Альжанов*

МАОУ «МАОУ Лицей № 97 г. Челябинска»

*Науч.рук.:* к.ф.-м.н. Р.М. Нигматуллин, доцент кафедры математики и методики обучения математике, ФГБОУ ВО ЮУрГГПУ

Работа посвящена исследованию экстремальной задачи на переливание: используя два данных сосуда объемами  $x$  и  $x - 1$  литров требуется отмерить отмерить объем  $y$  литров ( $y < x - 1$ ) за наименьшее количество действий. Как правило, в школе при решении задач на переливание вопрос о наименьшем (или наибольшем) количестве переливаний не рассматривается и в задачах не требуется найти какие-либо закономерности, связи между объемами сосудов и числом переливаний. С таких общих позиций рассматриваемая в работе задача уже не является простой, а ее решение не укладывается в стандартные схемы, таблицы и методы. Именно поэтому работа является исследовательской, а решение задачи имеет несомненный теоретический интерес.

В связи с этим, была поставлена цель: выявить зависимости между объемами сосудов и наименьшим (наибольшим) числом действий в задачах на переливание с помощью метода математического бильярда и уникарсальных звезд.

При выполнении работы был изучен необходимый теоретический материал, выходящий за рамки школьного курса математики 7 класса. Кроме того, на языке Python 3.7 была написана программа, позволяющая получать решения для любых объемов двух сосудов. Использование этой программы позволило эффективно организовать вычислительные эксперименты, проверять решения и предположения, возникающие в процессе исследования.

Полученные в работе формулы и закономерности позволили выявить интересные особенности при решении задач на переливание.

Полученные результаты могут использоваться для дальнейшего исследования задач на переливание большим числом сосудов, а также для выявления других особенностей таких задач.

## Периодические бильярдные траектории в правильном шестиугольнике

*З.А. Барышева*

МОУ “Университетского лицея” г. Петрозаводска

*Науч.рук.:* Р.В. Алькин, преподаватель ПетрГУ

В работах [1], [2] исследуются бильярдные траектории в многоугольниках, где поставлен ряд задач касаясь описания поведения траекторий:

1. алгоритмизация поиска периодических траекторий в правильном шестиугольнике;
2. критерий существования периодических бильярдных траекторий в тупоугольных треугольниках;
3. проверка экспоненциального роста периодических траекторий в выпуклых бильярдных столах с гладкой границей.

Целью настоящей работы является изучение механизмов построения всех периодических  $n$ -звенных бильярдных траекторий в правильном шестиугольнике, их комбинаторных свойств и описание алгоритма их подсчета.

Задачи:

1. Изучение уже существующих в теории математического бильярда методов;
2. Введение собственного математического аппарата;
3. Разработка алгоритма построения и подсчета периодических  $n$ -звенных бильярдных траекторий в правильном шестиугольнике;
4. Поиск закономерностей и выведение формул количества периодических  $n$ -звенных траекторий.

Изучена тематическая литература. Обнаружена проблема использования шестиугольной решетки на плоскости для изучения поведения траекторий с помощью их разверток на решетке (глава 1). Для решения проблемы введено собственное кодирование траекторий и выявлены необходимые свойства кода возможной развертки периодической траектории (глава 2). Сформулированы необходимые леммы и теоремы. На рис. приведен пример двух корректных разверток 4-звенных периодических бильярдных траекторий. На основе кода разработан и реализован алгоритм подсчета реальных разверток периодических траекторий (Глава 3). Асимптотическая сложность алгоритма улучшена с использованием собственного кодирования. Полученные экспериментальным путем данные исследуются. Код и некоторые его свойства обобщены для всех правильных  $2 \cdot n$ -угольников (глава 4).

Тема работы является актуальной на данный момент, задачи по бильярдам чаще всего находятся на стыке нескольких областей математики, ее рассмотрение имеет определенный научный интерес в исследовательских кругах. Например, в книге [3] описаны решения нескольких задач на переливания с помощью метода математического бильярда, также бильярды применяются для кодирования информации (см. [5]) и решения уравнений (см. [6]). Кроме того, большое применение имеет теория бильярдов в физике (см. [7]).

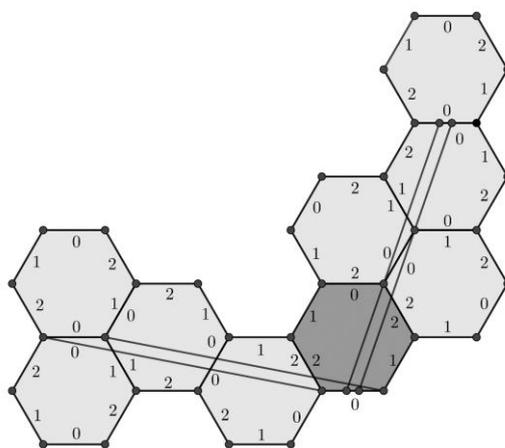
В ходе работы было изучено поведение бильярдных траекторий в правильном шестиугольнике, были поставлены эксперименты, в том числе с использованием программы GeoGebra, а также собственными программами, написанными на C++, введен новый математический аппарат для описания периодических бильярдных траекторий в правильном шестиугольнике. Кратко опишем достигнутые результаты:

1. Введено кодирование траекторий, позволяющее описать комбинаторные типы траекторий и улучшить асимптотическую сложность работы наивного алгоритма перебора с  $O(5^n \cdot n)$  до  $O(3^{n-2} \cdot n)$ .
2. Сформулированы необходимые свойства кода траектории для получения возможной развертки реальной периодической траектории (Лемма 3, Лемма 5)
3. Разработана и реализована (на языке C++) программа для генерации и подсчета количества различных хороших алгебраических кодов и проверки корректности зафиксированной геометрической интерпретации алгебраически хорошего кода, для оптимальной реализации которой было сформулировано и доказано несколько утверждений (Теорема 1, Теорема 2).
4. Доказана универсальность разработанного для правильных шестиугольников алгебраического кода и его свойств по отношению ко всем правильным многоугольникам с четным количеством сторон (Лемма 6, Теорема 4).
5. Выведена аналитическая формула для количества алгебраически хороших кодов (Теорема 3).

### Литература

1. Воробец Я. Б., Гальперин Г. А., Степин А. М. Периодические бильярдные траектории в многоугольниках: механизмы рождения УМН. 1992. Т. 47, № 3. С. 9–74.
2. Кириллов А. Н., Алькин Р. В. Устойчивость периодических бильярдных траекторий в треугольнике Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Математика. Механика. Информатика, 18:1 (2018), 25–39
3. Гальперин Г. А., Земляков А. Н. Математические бильярды.-М Наука. Библиотечка «Квант». 1990. Вып. 77
4. В. Ю. Протасов. Максимумы и минимумы в геометрии. — М.: МЦНМО, 2005.
5. Д. А. Лачинов, А. Ф. Ляхов Криптосистема с открытым ключом, созданная на основе математического бильярда. Матем. обр., 2011, No 2(58), 19–28
6. Шан-Гирей А., Флоринский Г. Графическое решение уравнений. Способ Лилля (рус.) В.О.Ф.Э.М.. — 1889. — No 61. — С. 6—10.
7. S. Tabachnikov, Remarks on magnetic flows and magnetic billiards, Finsler metrics and a magnetic analog of Hilberts fourth problem, Dynamical systems and related topics, Cambridge Univ. Press, 2004, pp.233-252.

### Приложение



## Трагедия общин: применение теории графов в решении экологических проблем

*Галеева Мария*

МБОУ «Лицей №1» г. Перми

*Науч.рук.:* Н.В. Котельникова Наталья Васильевна, аспирант каф. ММСП ПНИПУ

Цель данной работы - создание новой модели управления общими ресурсами на основе теории расписаний и теории графов. Необходимо: исследовать проблему «трагедии общин», методы решения, актуальность проблемы бесконтрольной вырубki деревьев; разработать алгоритм раскраски графов; создать расписание при помощи созданной программы; проанализировать полученные результаты; оценить возможность применения теории графов в решении проблемы бесконтрольной вырубki деревьев как частного случая «трагедии общин».

Для выяснения актуальности были проанализированы работы, посвященные математическому моделированию лесных экосистем и трагедии общин; были сопоставлены два противоположных подхода к решению трагедии общин в работах Гаретта Хардина и Элино́р Остром; изучено актуальное состояние лесов в России и тенденции в российской лесной промышленности.

Динамическая модель:

1. Чтобы продемонстрировать негативное влияние бесконтрольных вырубок, была решена подзадача моделирования динамики лесных объемов в среде Mathematica;

Составленная программа представляет собой логистическую модель («модель Ферхюльста»), которая отображает популяционную динамику с учётом факторов, увеличивающих и ограничивающих рост популяции;

Полученные графики отражают стремительное истощение ресурса, что соотносится с результатами исследований всемирных организаций (Рисунок 1).

Теория расписаний:

1. Для построения модели в данной работе используется теория расписаний; Модель представляет собой оптимальное расписание вырубki леса на определённой территории для некоторого количества лесозаготавливающих компаний;

Для решения задачи из теории расписаний используется метод теории графов;

Теория графов:

1. Решение задачи методом теории графов сводится к решению задачи о раскраске графов;

Задача раскраски графов решается путём реализации «жадного алгоритма (Рисунок 3);

На основе полученной раскраски составляется итоговое расписание (Рисунок 2).

Значимость и новизна исследования заключается в следующем: экологическая проблема в работе рассматривается как следствие социальной дилеммы, что редко встречается в русскоязычных источниках; результаты работы нетривиальны и противоречат распространённому мнению о наилучших методах управления общими ресурсами; новый подход к исследованию трагедии общин.

В результате работы: было показано, что теория графов хорошо применима для моделирования и решения оптимизационных задач в области экологических проблем; была составлена модель, позволяющая создавать расписание вырубок, тем самым смягчая наносимый ущерб; модель хорошо соотносится с результатами исследований Элино́р Остром; подтверждена необходимость кооперации для достижения оптимума в социальных дилеммах.

## Литература

1. Garrett Hardin The Tragedy of the Commons (Science, 1968)
2. Остром Э. Управляя общим: эволюция институтов коллективной деятельности / пер. с англ. — М.: ИРИСЭН, Мысль, 2010.
3. Рыжкова М.В. , Иваненкова Е.Д. Экспериментальная проверка «Трагедии общин» (Современные проблемы науки и образования(2013))
4. Luis López, Gemma del Rey A mathematical model for the TCP Tragedy of the Commons (Theoretical Computer Science, 2005)
5. Tróndur J. Kragestein , Knud Simonsen Optimal salmon lice treatment threshold and tragedy of the commons in salmon farm networks (Aquaculture, 2019)
6. Березовская Ф.С. Возможно ли предотвратить «трагедию общего ресурса»? (Математическая биология и биоинформатика, 2012.)
7. Чумаченко С.И. Имитационное моделирование многовидовых разновозрастных лесных насаждений(Московский государственный университет леса(2006))
8. Е. П. Кузьмичев, И. Г. Трушина, Е. В. Лопатин Объемы незаконных рубок лесных насаждений в Российской Федерации (Лесохозяйственная информация, 2018)
9. Лазарев А.А, Гафаров Е.Р. Теория расписаний. Задачи и алгоритмы М.: Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (МГУ), 2011. — 222 с
10. Алексеев В.Е, Захарова Д.В. ТЕОРИЯ ГРАФОВ: Учебное пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2017. –119 с.

## Приложение

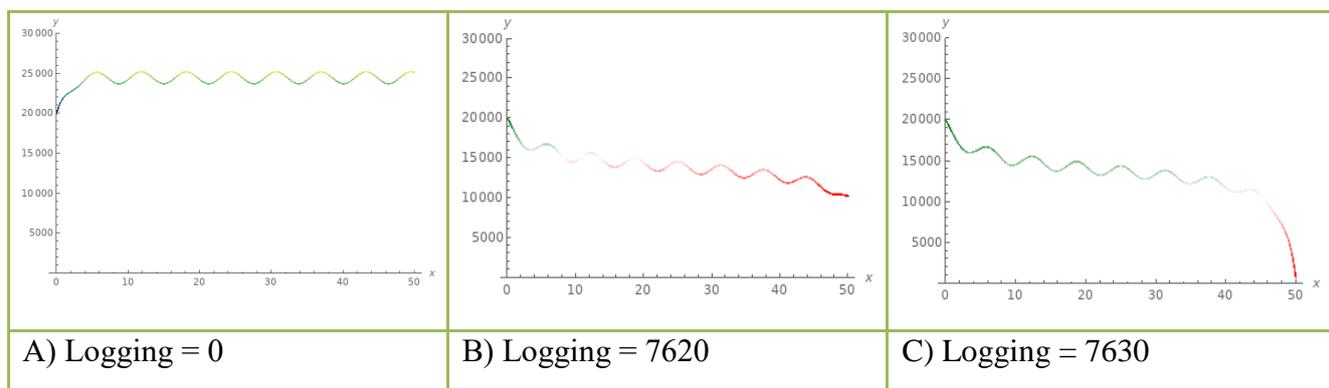


Рис. 1. Графики зависимости объема древесины в некотором лесу от объема вырубки.

4 фирмы, 7 площадок				
	Фирма А	Фирма В	Фирма С	Фирма D
желтый(0)	1	2	3	4
серый(4)	5	6	7	---
зелёный(1)	2	1	4	3
красный(13)	---	7	6	5
оранжевый(3)	4	3	2	1
фиолетовый(6)	7	---	5	6
розовый(2)	3	4	1	2
коричневый(5)	6	5	---	7

Рис. 2. Пример итогового расписания, составленного на основе раскраски графа.

```

"C:\Users\Мария Галеева\AppData\Local\Programs\Python\Python37-32\python.exe" "C:/Users/Мария Галеева/Desktop/python/whySoSerious/hellYeah.py"
Количество командий: 4
Количество площадок для вырубки: 7
2 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0
0: [8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 27]
1 2 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0
1: [7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 27]
1 1 2 1 1 1 1 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0
2: [7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 27]
1 1 1 2 1 1 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0
3: [7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 25, 26, 27]
1 1 1 1 2 1 1 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0
4: [7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 27]
1 1 1 1 1 2 1 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0
5: [7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27]
1 1 1 1 1 1 2 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0
6: [7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 26]
1 0 0 0 0 0 0 2 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0
7: [1, 2, 3, 4, 5, 6, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 27]
0 1 0 0 0 0 0 1 2 1 1 1 1 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0
8: [0, 2, 3, 4, 5, 6, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27]
0 0 1 0 0 0 0 1 1 2 1 1 1 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0
9: [0, 1, 3, 4, 5, 6, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 27]
0 0 0 1 0 0 0 1 1 1 2 1 1 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0
10: [0, 1, 2, 4, 5, 6, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 25, 26, 27]
0 0 0 0 1 0 0 1 1 1 1 2 1 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0
11: [0, 1, 2, 3, 5, 6, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 27]
0 0 0 0 0 1 0 1 1 1 1 1 2 1 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0
12: [0, 1, 2, 3, 4, 6, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27]
0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 2 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0
13: [0, 1, 2, 3, 4, 5, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 26]
1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 2 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0
14: [1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 22, 23, 24, 25, 26, 27]
0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 2 1 1 1 1 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0
15: [0, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 21, 23, 24, 25, 26, 27]
0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 1 2 1 1 1 1 0 0 0 1 0 0 0 0
16: [0, 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 21, 22, 24, 25, 26, 27]
0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 1 1 2 1 1 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0
17: [0, 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 21, 22, 23, 25, 26, 27]
0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 1 1 1 2 1 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0
18: [0, 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 21, 22, 23, 24, 26, 27]
0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 1 1 1 1 2 1 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0
19: [0, 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 21, 22, 23, 24, 25, 27]
0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 1 1 1 1 2 1 0 0 0 0 0 1 0 0 0
20: [0, 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 21, 22, 23, 24, 25, 26]
1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 2 0 0 0 0 0 0 0 0 1
21: [1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20]
0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 2 1 1 1 1 1 1 1 1
22: [0, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20]
0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 2 1 1 1 1 1 1
23: [0, 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20]
0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 1 2 1 1 1 1 1
24: [0, 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20]
0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 1 1 1 2 1 1 1 1
25: [0, 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20]
0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 1 1 1 1 1 1 2 1 1
26: [0, 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20]
0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 1 1 1 1 1 1 2 1
27: [0, 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19]

[0: ['A1', 'B2', 'C3', 'D4'], 1: ['A2', 'B1', 'C4', 'D3'], 2: ['A3', 'B4', 'C1', 'D2'], 3: ['A4', 'B3', 'C2', 'D1'], 4: ['A5', 'B6', 'C7'], 5: ['A6', 'B5', 'D7'], 6: ['A7', 'C5', 'D6'], 13: ['B7', 'C6', 'D5']]

```

Рис. 3. Пример результата работы программы, реализующей жадный алгоритм для раскраски графа.

**Рекуррентные последовательности квадратных уравнений**

*Е.А. Городецкая*

МБОУ лицей «Технический» г.о. Самара

*Науч.рук.:* к.ф.-м.н. В.А. Алякин, доцент кафедры функционального анализа и теории функций Самарского университета

Задачи на квадратные уравнения являются классическими в тематике математических олимпиад любого уровня. Имеется огромное количество красивых задач, простых и сложных, по теме «Квадратные уравнения»

Соединение двух популярных сюжетов – квадратных уравнений и рекуррентных последовательностей – впервые осуществлено, видимо, в задаче M1679 из Задачника Кванта (Квант, 1999, N 4, с. 22).

Рекуррентное определение последовательности квадратных уравнений осуществляется по следующей общей схеме: два корня n-ного квадратного уравнения порождают два каких-то коэффициента n+1 –го уравнения (третий коэффициент принимается равным 1). При этом возникает основная проблема – будет ли этот процесс бесконечным? Т.е. нужно найти такие условия на вид квадратного трехчлена и выбор корней квадратных уравнений, чтобы процесс рекуррентного определения квадратных уравнений продолжался бесконечно. После этого возникает естественная задача о сходимости последовательностей корней и/или коэффициентов уравнений.

Одно такое условие найдено в работе. Авторами задачи M 1679 рассмотрен случай рекуррентной последовательности приведенных квадратных уравнений с корнями разного знака. Открытым оставался вопрос о возможности определения бесконечной рекуррентной последовательности приведенных квадратных уравнений с двумя положительными корнями. В настоящей работе дается положительный ответ на этот вопрос для определенного вида уравнений.

Актуальность темы определяется значимостью квадратичной функции в математике. Целью настоящей работы является нахождение условий, при которых

рекуррентная последовательность приведенных квадратных уравнений, каждое из которых имеет два положительных корня, будет бесконечной.

В работе решаются следующие основные задачи:

1. доказать бесконечность рекуррентной последовательности вида  $x^2 - 2a_nx + b_n^2 = 0$  где  $a_n$  и  $b_n$  – корни квадратного уравнения  $x^2 - 2a_{n-1}x + b_{n-1}^2 = 0$ ,  $a_0 > b_0$ ;
2. доказать бесконечность рекуррентной последовательности вида  $x^2 - 2a_nx + b_n = 0$  где  $a_n$  и  $b_n$  – корни квадратного уравнения  $x^2 - 2a_{n-1}x + b_{n-1} = 0$ ,  $a_0 > b_0$ ;
3. доказать монотонное возрастание последовательности  $\{a_n\}$ ;
4. доказать монотонное убывание последовательности  $\{b_n\}$ ;
5. найти предел последовательности  $\{a_n\}$ ;
6. найти предел последовательности  $\{b_n\}$ .

В задачнике «Квант» был найден вид уравнения, в котором процесс порождения коэффициентов  $n+1$ -го уравнения корнями  $n$ -ного уравнения будет продолжаться бесконечно, при корнях разного знака. Так же были найдены пределы последовательностей:  $A = 1$ ,  $B = -2$ .

$$x^2 - 2a_nx + b_n = 0.$$

В работе мы нашли новые условия на вид квадратного члена в случае с двумя положительными корнями:

Теорема 1. В случае  $x^2 - 2a_nx + b_n^2 = 0$ , где  $a_n > b_n$ ,  $a_n > 0$ ,  $b_n > 0$  процесс порождения коэффициентов  $n+1$ -го уравнения корнями  $n$ -го уравнения бесконечен. Последовательности  $\{a_n\}$  и  $\{b_n\}$  задаются следующим образом. Выбираются два произвольных числа  $a_n > 0$ ,  $b_n > 0$ . Числа  $a_{n+1}$  и  $b_{n+1}$  принимаются равными, соответственно, большему и меньшему корням уравнения  $x^2 - 2a_nx + b_n^2 = 0$ .

Теорема 2.  $a_n$  стремится к бесконечности, а  $b_n$  стремится к нулю в уравнении  $x^2 - 2a_nx + b_n^2 = 0$ .

Теорема 3. Если  $a_0 > 2 + t$ , а  $0 < b_0 \leq t$ ,  $t > 0$ ,  $x^2 - 2a_nx + b_n = 0$

Процесс порождения коэффициентов  $n+1$ -го уравнения корнями  $n$ -го уравнения бесконечен. Процесс бесконечен,  $b_n \rightarrow 0$

Встаёт задача о нахождении предела для  $a_n$ , он будет иметь вид  $a_n \rightarrow 2 + x$

Этот вопрос является открытой проблемой.

Новизна настоящей работы заключается в том, что мы нашли два новых случая, когда процесс построения рекуррентных последовательностей квадратных уравнений является бесконечным. При этом первый случай исследован полностью, а именно найдены пределы последовательностей коэффициентов квадратных уравнений. Во втором случае показано, что процесс бесконечен и найден предел одной последовательности коэффициентов, предел второй последовательности квадратных уравнений пока не найден. Этот вопрос оказался сложным.

Рекуррентные процессы очень часто встречаются и на практике. Первый и самый известный пример – это последовательность кроликов Фибоначчи. В книге Андерсона [4] огромное внимание уделено решению линейных соотношений. В нашей работе рекуррентные последовательности не являются линейными. Известные методы решения линейных рекуррентных соотношений нам не подходят. Таким образом, в работе идея рекуррентности объединяется с классической темой квадратных уравнений, поэтому тема работы представляет интерес.

Основные цели поставленной работы выполнены. Найдены несколько новых бесконечных рекуррентных последовательностей квадратных уравнений. Доказано, что последовательности коэффициентов сходятся и найдены их пределы. Направление дальнейшего исследования связано с поиском других примеров и нахождения формулы

общего вида бесконечных рекуррентных последовательностей квадратных и кубических уравнений.

### Литература

1. Математика. Всероссийские олимпиады. Вып. 1./ Агаханов Н.Х. и др. – М.: Просвещение, 2008. -192 с.
2. Васильев Н.Б., Егоров А.А. Задачи всесоюзных математических олимпиад. – М.: Наука, 1988. -288 с.
3. Агаханов Н.Х., Подлипский О.К. Математические олимпиады Московской области. – М.: Издательство МФТИ, 2003. -224 с.
4. Андерсон Дж. Дискретная математика и комбинаторика. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 960 с.
5. Задача М 1679 // Квант, 1999, N 4, с. 22.

### Невозможные фигуры

*П.А. Дони*

МАОУ «Лицей №3» г. Чебоксары

*Науч.рук.:* И.И. Ильина, учитель математики, МАОУ «Лицей №3» г. Чебоксары

Цель работы заключается в анализе возможности создания невозможной фигуры в реальном мире и создание ее трехмерной модели. Необходимо: изучить историю появления невозможных фигур; изучить наиболее известные невозможные фигуры; изучить области их применения; изучить рисование невозможных фигур в программе на компьютере; выбрать редкую невозможную фигуру и нарисовать в программе; на примере известных фигур понять, как создаются их трехмерные модели на бумаге; сделать по рисунку невозможной фигуры развертку ее трехмерной модели и собрать модель; провести опрос в классе и познакомить одноклассников с невозможными фигурами.

В ходе работы над проектом изучены ряд сайтов и статей, в которых описаны история появления направления импоссибиализма, примеры невозможных фигур, применение невозможных фигур в качестве гимнастики для ума в психологии и математике, направления в искусстве.

Описаны самые известные невозможные фигуры, способы создания их моделей, а также их деление на несколько видов. Опробованы программы для рисования невозможных фигур и выбрана Impossible Constructor.

В результате исследования были выявлены особенности создания невозможных фигур, которые заключаются в невозможности их полноценного существования в реальном мире.

Выяснено, что трехмерная модель соответствует нарисованной фигуре только с одного ракурса.

Получен опыт создания трехмерных бумажных моделей невозможных фигур. Выполнены трехмерные модели первой невозможной фигуры - трибара, балочных невозможных фигур Рутесворда.

Освоена методика получения разверток моделей невозможных фигур, за счет невозможного соединения реальных трехмерных фигур.

В ходе работы выбрана придуманная Анатолием Кононенко [5] невозможная фигура.

С помощью программы Invisible Constructor она нарисована набором аксонометрических кубиков. (Приложение 1)

В литературе не найдена методика создания трехмерной модели невозможной фигуры, поэтому на основании опыта сборки трехмерных моделей невозможных фигур разработана своя методика.

Методика создания трехмерной модели невозможной фигуры (Приложение 2): разбить невозможную фигуру на части, которые существуют в реальном мире; изготовить отдельно каждую часть фигуры; при невозможности совмещения двух реальных частей на одной из частей следует продублировать элемент другой части и склеить так, чтобы под определенным углом зрения двойной элемент совмещался.

В открытых источниках приведены развертки трехмерных моделей наиболее известных невозможных фигур, но отсутствует общая методика создания трехмерной модели невозможной фигуры. Автором разработана методика создания трехмерной модели невозможной фигуры.

В результате работы получен опыт по созданию трехмерной модели невозможной фигуры сначала уже существующих моделей самых распространенных фигур, а затем на примере выбранной невозможной фигуры. Нарисована модель выбранной невозможной фигуры в программе Impossible Constructor. Разработана собственная методика создания трехмерной модели для невозможной фигуры и сделана трехмерную модель из бумаги.

### Литература

1. Алексеев В. Невозможные фигуры, Квантик, 2013, Выпуск 2.- 208с.
2. Коненко А. Тайны невозможных фигур. -Омск, Левша, 1994 -105с.
3. Рутерсворд О. Невозможные фигуры.- М.: Стройиздат,1990 -128с.
4. <http://www.im-possible.info>
5. <http://www.konenko.net>
6. <http://www.King-step.ru> -создаем невозможный треугольник
7. <http://www.orator.ru>

### Приложение

#### Приложение 1.

Работа над моделированием невозможных фигур

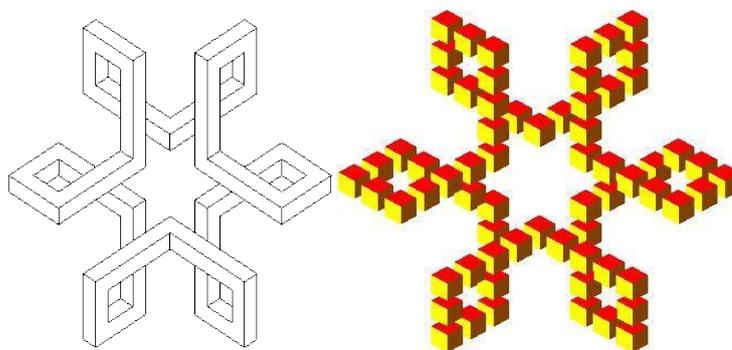


Рис. 1. Невозможная фигура, выбранная для создания трехмерной модели и ее рисунок в программе Impossible Constructor

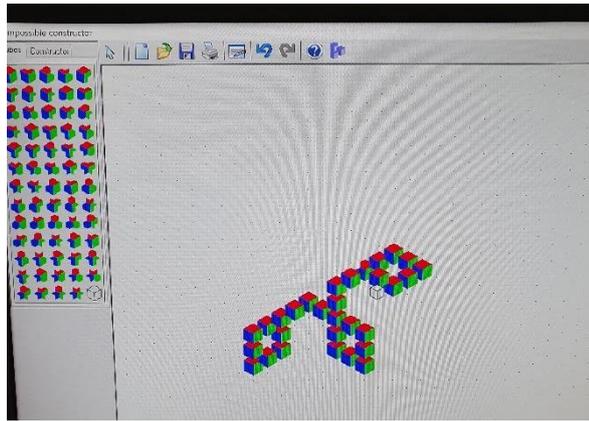


Рис. 2. Рисование в программе Impossible Constructor

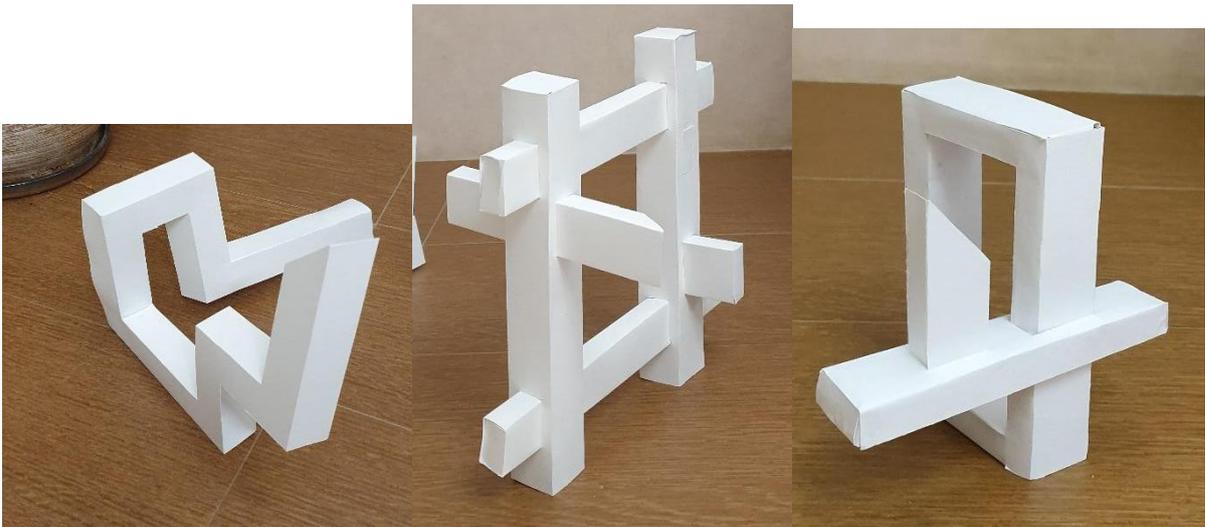


Рис. 3. Фото трехмерных моделей невозможных фигур, сделанных мной по чертежам разверток

#### Приложение 2.

Создание трехмерной модели невозможной фигуры по разработанной методике

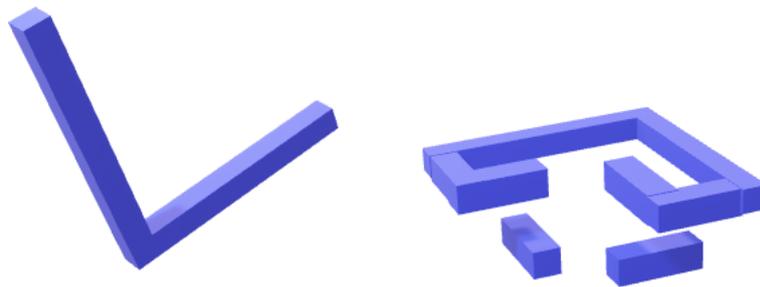


Рис. 4. Элементы фигуры, существующие в реальном мире

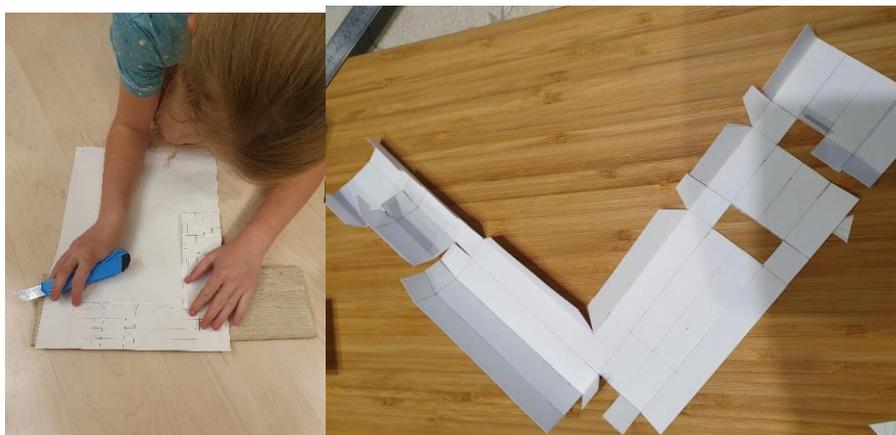


Рис. 5. Процесс изготовления разверток элементов невозможной фигуры

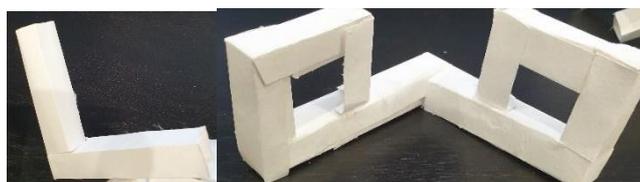


Рис. 6. Элементы фигуры, выполненные из бумаги

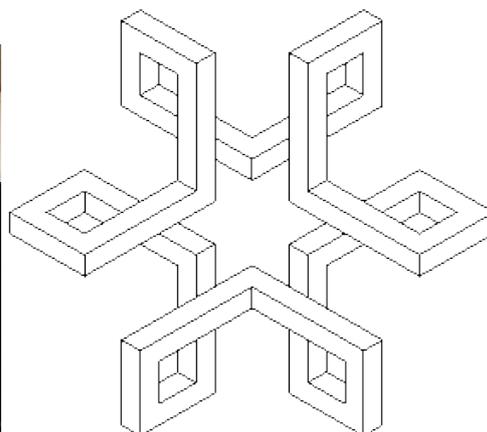


Рис. 7. Готовая трехмерная модель невозможной фигуры и ее изображение

# Математика в гексагональных шахматах Глинского

*В.И. Дроздов*

МОУ «Лицей №1» г. Петрозаводск

*Науч.рук.:* В.Б. Ефлов, преподаватель ПетрГУ

Целью данной работы является поиск шахматно-математических закономерностей в гексагональных шахматах Глинского. Необходимо: изучить математические закономерности в обычных шахматах; исследовать присутствие математических закономерностей в гексагональных шахматах Глинского; обобщить результаты исследования.

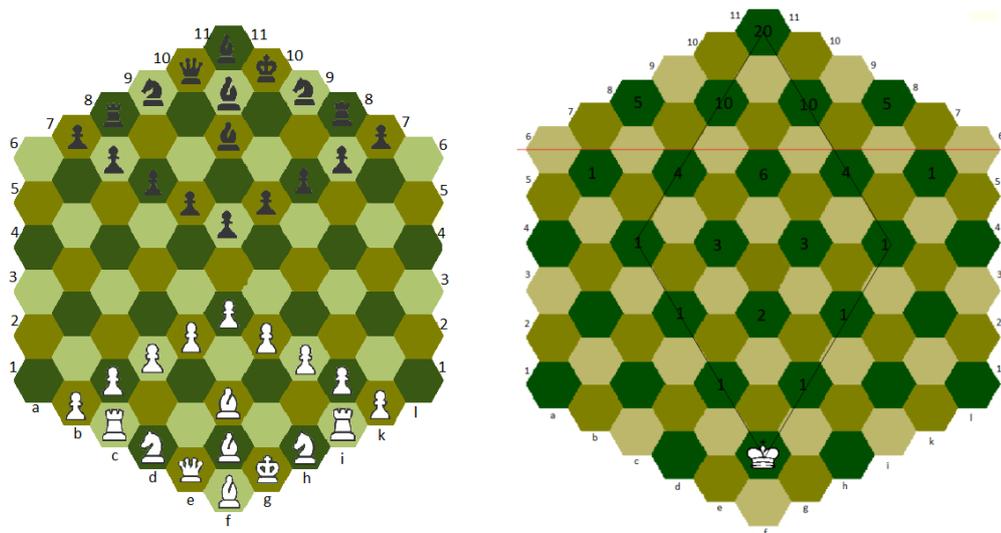
Во многих олимпиадных задачах по математике встречаются задачи на шахматной доске. Значит, у математики и шахмат много общего. Е. Я. Гик в своей книге «Математика и шахматы» привел некоторые закономерности между шахматами и математикой. Я решил углубиться в шахматную математику и понять, есть ли в гексагональных шахматах Глинского математика. Методы исследования: работа с источником информации, математические расчеты, анализ полученных данных.

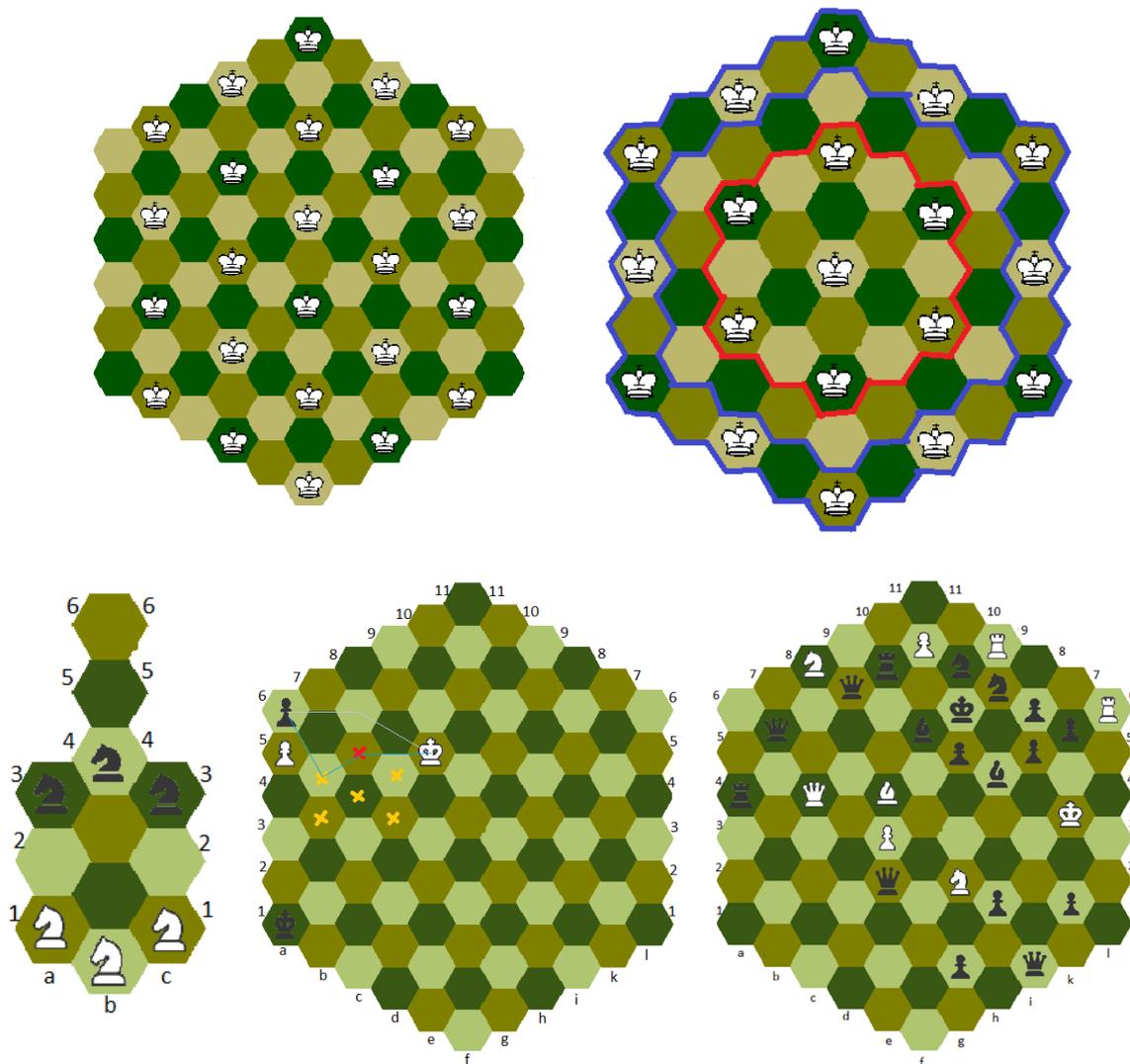
Итоги исследования: мы исследовали шахматно-математические связи в гексагональных шахматах Глинского и доказали, что они есть. Гексагональные шахматы, как и обычные, порождают разные математические модели, например одну задачу мы решили при помощи треугольника Паскаля. Решение задач, подобным задачам Е. Я. Гика, в гексагональных шахматах похожее, но имеет множество отличий. Решение шахматных задач и этюдов тоже имеет много общего с математикой, ведь, прежде чем решить шахматную задачу или этюд, нужно составить алгоритм действий и анализ позиции.

## Литература

1. Е. Я. Гик Математика и шахматы. Москва: Библиотечка "Квант". Вып. 115. Приложение к журналу "Квант" №2/2010, 2010. 175 с.

## Приложение





## Обучение оператора очистного устройства нефтеперерабатывающего завода с использованием VR-технологии

*В.Е. Елькин, М.А. Коновалов*

БОУ г.Омска "Лицей №92"

*Науч.рук.:* Е.Н. Початкова, Почетный Работник Общего Образования РФ, учитель физики, БОУ г.Омска "Лицей №92"

На НПЗ существуют множество установок и сооружений, в частности очистные. На данных установках работает оператор очистного сооружения, который руководствуется в своей деятельности: Законодательством РФ, Уставом организации, Правилами внутреннего трудового распорядка организации.

Конечно на такую важную должность возложена большая ответственность, поэтому он отвечает за устройство и нормальную работу установки.

Каждый день в нефтяные компании приходят новые кадры и приступая к работе каждый сотрудник, должен не только пройти обучение, но и приобрести навык работы. На сегодняшний день актуально обучение оператора при помощи тренажёра, ведь каждая ошибка может причинить вред или даже стоить оператору жизни.

В настоящее время проблема обучения кадров очень актуальна и её нельзя недооценивать, ведь охрана здоровья трудящихся и обеспечение безопасных условий труда — это значимая часть организационного и технологического процесса. Чем выше безопасность, тем больше у работников уверенности, что с ними ничего, угрожающего здоровью, в процессе работы не случится.

Очистные сооружения нефтяной промышленности необходимы для очистки стоков после технологических процессов от остатков нефтепродуктов, нефти, примесей и различных веществ.

Также не менее актуальной является проблема строительства очистных сооружений для нефтяной промышленности. Это позволяет существенно уменьшить количество вредных выбросов, предотвратить загрязнение окружающей среды и нерациональное использование природных ресурсов. Например, это необходимо для получения возможности использовать очищенную воду на предприятиях повторно для технологических нужд, для сброса воды в водоем, не нарушая санитарных норм, а также для того, чтобы сократить нанесение ущерба окружающей среде.

Для очистки стоков применяют различные методы очистки: механический, физико-механический и биологический. Изучив принцип работы и виды очистных сооружений, мы убедились, что применение тренажеров является необходимой стороной обучения каждого специалиста: оператора очистных сооружений.

На Омском НПЗ «Газпром нефти» завершается монтаж резервуарного блока новых биологических очистных сооружений «Биосфера». Это один из ключевых проектов второго этапа программы модернизации предприятия, которую с 2008 года ведет «Газпром нефть». «Биосфера» повысит эффективность очистки сточных вод до 99.9%, обеспечит практически замкнутый цикл использования воды и снизит нагрузку на городские очистные сооружения. Строительство планируется завершить к 2021 году.

Таким образом мы поставили для себя цель: создать тренажёр для обучения оператора очистного устройства. Для выполнения цели мы поставили для себя несколько задач: проанализировать работу очистного устройства и установок; составить алгоритм действий оператора очистного устройства; научиться работать в программах по 3d моделированию(Unity).

Для начала работы мы выяснили, что тренажёр – комплекс систем моделирования и симуляций. Инженеры воссоздают в нем реальную среду: цех, конвейер, кабину транспортного средства. Как вариант — имитируют аварийную ситуацию на рабочем месте. Сотрудник получает очки виртуальной реальности и погружается в VR-среду, где привычным способом взаимодействует с окружающими предметами, изучает технологические процессы, многократно повторяет операции, запоминает расположение оборудования или обслуживает его. В экстренных ситуациях в VR-тренажере есть время сориентироваться в пространстве, определить направление движения во время эвакуации, запомнить последовательность действий, которые помогут сохранить здоровье и даже спасти жизнь. Из этого можно сделать вывод, что, работая только на тренажере можно научиться работать с реальными механизмами и устройствами.

Прежде всего, тренажёр должен включать в себя сценарий обучения – последовательность действий, которые нужно выполнить для успешного прохождения задач. В сценарий также нужно включить не только что можно и нужно делать, но и нельзя забывать о последствиях невыполненных или неправильно исполненных действий. На основе работы очистного устройства мы составили сценарий запуска, который станет основой нашего тренажёра (Приложение 1). Далее для создания тренажёра сначала мы

взяли модель очистного устройства и перенести её из 2d (представленную в Приложении 2) в 3d.

Выполняя кейс проекта, мы познакомились с методологиями создания тренажеров. Разработанный нами тренажёр позволяет пользователю не только научиться запускать очистное устройство с нуля, но и закрепить свои навыки. Также при допуске пользователем ошибки, тренажёр укажет ему неверно выполненный шаг.

При разработке тренажёра мы пользовались стандартными инструментами Unity, а именно: набором стереометрических фигур, AssetStore, ParticleSystem, ParticleSystem и Animator.

Таким образом мы можем проанализировать эффективность тренажёра. В нашем тренажёре можно симитировать реальную работу на НПЗ, а именно на очистном сооружении (можно увидеть в Приложении 3). С помощью «эффекта взаимодействия», мы сможем контактировать с находящимися рядом объектами. Из этого можно сделать вывод, что наш тренажёр отвечает всем необходимым требованиям.

Для написания кода для работы тренажёра нам потребовалась программа Unity 3d, которая имеет бесплатную лицензию и открытый исходный код. Текст программы с отладочными механизмами представлен в Приложении 4.

Таким образом, мы впервые познакомились с 3d моделированием в программе Unity и, с её помощью 3D мы создали тренажёр, который поможет начинающему специалисту очистных установок пройти обучение и приобрести необходимые навыки работы. Это не входит в рамки школьной программы и является для нас новым и очень интересным опытом, который, надеемся, пригодится и в дальнейшем.

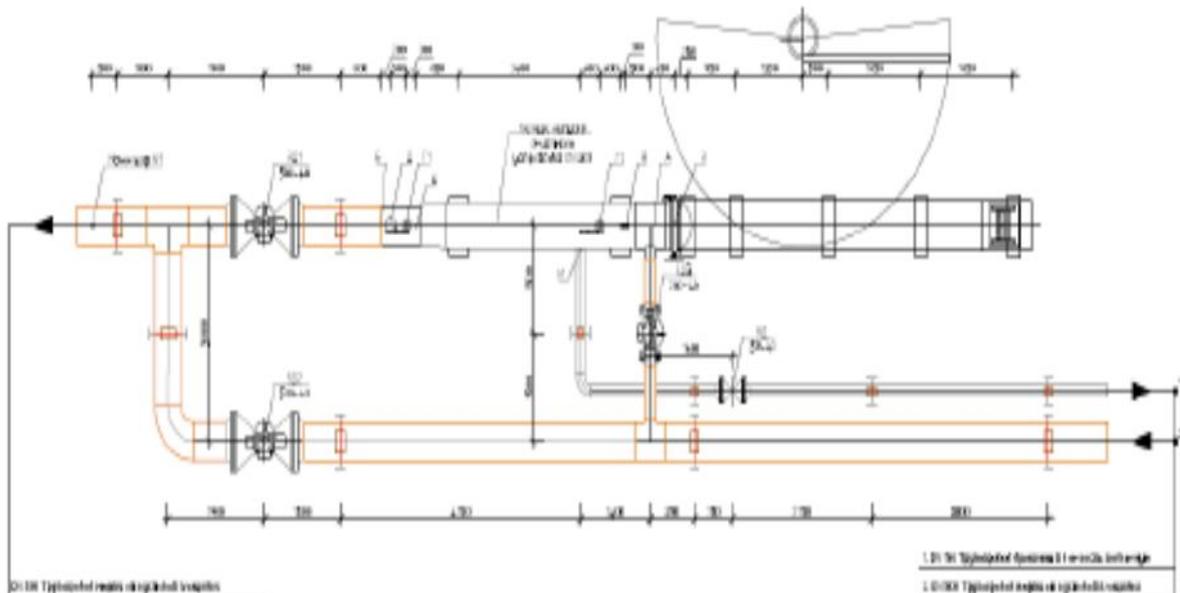
## Приложение

### Приложение 1. Сценарий запуска очистного устройства:

Действия	Последствия
1. К штуцеру Е подключается баллон с инертным газом (азот).	Если продувку не выполнить – в камере могут остаться пары нефтепродуктов, которые оказывают отравляющий и наркотический эффект на человека. Непосредственно в камере и на не большом расстоянии от нее будет взрывоопасная концентрация паров.
2. В камеру засовывается очистное устройство, закрывается байонетный затвор (З).	Если не убедиться в плотном закрытии затвора (все запирающие элементы плотно прилегают друг к другу) – возможно фонтанирование нефти через не плотно прилегающие уплотнения.
3. Выполняется перекрытие задвижки ЗД2, открываются воздушники (Г1, Г2), открывается задвижка ЗД3.	Если вытеснение воздуха не контролировать – получится фонтан нефти из воздушника при несвоевременном его закрытии.

<p>4. Контролируется давление по манометру (штуцер В) и манометру №1, в обвязке камеры запуска очистного устройства. После выравнивания давления открывается задвижка ЗД1.</p>	<p>Если давление не выровнять есть риск того, что скребок прижмет к байонетному затвору, всю процедуру запуска придется повторить после извлечения скребка из камеры.</p>
<p>5. При получении сигнала о прохождении скребка (сигнализатор - штуцер Д) закрывается задвижка ЗД3, затем ЗД1, открывается задвижка ЗД2.</p>	<p>Если задвижку ЗД3 не закрыть, то при открытии байонетного затвора как минимум будет фонтанирование нефти из камеры запуска.</p>

Приложение 2. Схема очистительного устройства в 2d



### Приложение 3. Фотография момента прохождения тренажёра.



### Приложение 4. Часть кода программы, тренажёра.

```
GameEvents.cs
1 using System.Collections;
2 using System.Collections.Generic;
3 using UnityEngine;
4 using UnityEngine.UI;
5 using UnityEngine.SceneManagement;
6
7 public class GameEvents : MonoBehaviour
8 {
9     public int sceneId = 1;
10    public void sceneId();
11    public void sceneId();
12    public void sceneId();
13    public bool needRestart = false;
14    public int sceneId = 1;
15    public bool airValveNeed1 = false;
16    public Text text;
17    public float timer = 0;
18    public GameObject gameCamera;
19    public GameObject textCamera;
20
21    private string task12 = "Откройте трубопровод ЗД ведущий к подземной ёмкости и подсоедините ёмкость с азотом.";
22    private string task13 = "Подожгите, найдите проходку трубопровода (10 секунд).";
23    private string task14 = "Закройте трубопровод ведущий к подземной ёмкости и отсоедините ёмкость с азотом.";
24    private string task21 = "Откройте байпасный затвор и запустите очистное устройство, затем закройте байпасный затвор.";
25    private string task31 = "Перекройте задвижку ЗД1.";
26    private string task32 = "Откройте воздушники Г1 и Г2.";
27    private string task33 = "Подожгите, найдите вытеснение воздуха из трубопровода (6 секунд).";
28    private string task34 = "Закройте воздушники, ищите через них произойдет фонтанирование нефти (10 секунд).";
29    private string task35 = "Откройте задвижку ЗД2-2.";
30    private string task41 = "Откройте задвижку ЗД1-1.";
31    private string task51 = "Очистное устройство прошло по трубопроводу, закройте задвижку ЗД1.";
32    private string task52 = "Закройте задвижку ЗД1-2.";
33    private string task53 = "Откройте задвижку ЗД2.";
34    private string error11 = "Поздравляем, вы запустили очистное устройство! Если хотите начать заново, нажмите R.";
35    private string error21 = "Для начала выключите продувку.";
36    private string error22 = "Сначала запустите очистное устройство.";
37    private string error31 = "Вы не перекрыли задвижку ЗД1.";
38    private string error32 = "Вы не открыли воздушники Г1 и Г2.";
39    private string error33 = "Вы не открыли задвижку ЗД1-1.";
40    private string error34 = "Вы не перекрыли воздушники Г1 и Г2.";
41    private string error35 = "Произошло фонтанирование нефти через воздушники.";
42    private string error36 = "Сначала вытесните воздух.";
43    private string error41 = "Вы не открыли задвижку ЗД1-1.";
44    private string error51 = "Сначала перекройте задвижку ЗД1-1.";
45    private string error52 = "Вы не перекрыли задвижку ЗД1-1.";
46    private string error = "!!!";
47
48    void Update()
49    {
50        if (sceneId == 1) changeScene();
51        if (sceneId == 5)
52        {
53            letsParty();
54            needRestart = false;
55        }
56        if (Input.GetKeyDown(KeyCode.Escape)) Application.Quit();
57        if (needRestart || sceneId == 5)
58        {
59            for (int i = 0; i < scenes.Length; i++)
60            {
61                if (i == sceneId) continue;
62                if (sceneId == 2 || sceneId == 3 || sceneId == 4)
63                {
64                    for (int j = 0; j < scenes[i].scene.Length; j++)
65                    {
66                        if (sceneId == 2)
67                        {
68                            if (i == 4)
69                            {
70                                if (j == 0 || j == 2) continue;
71                            }
72                        }
73                    }
74                }
75            }
76            else if (sceneId == 3)
77            {
78            }
79            }
80        }
81    }
82}
```

Рис. 1. Объявление переменных

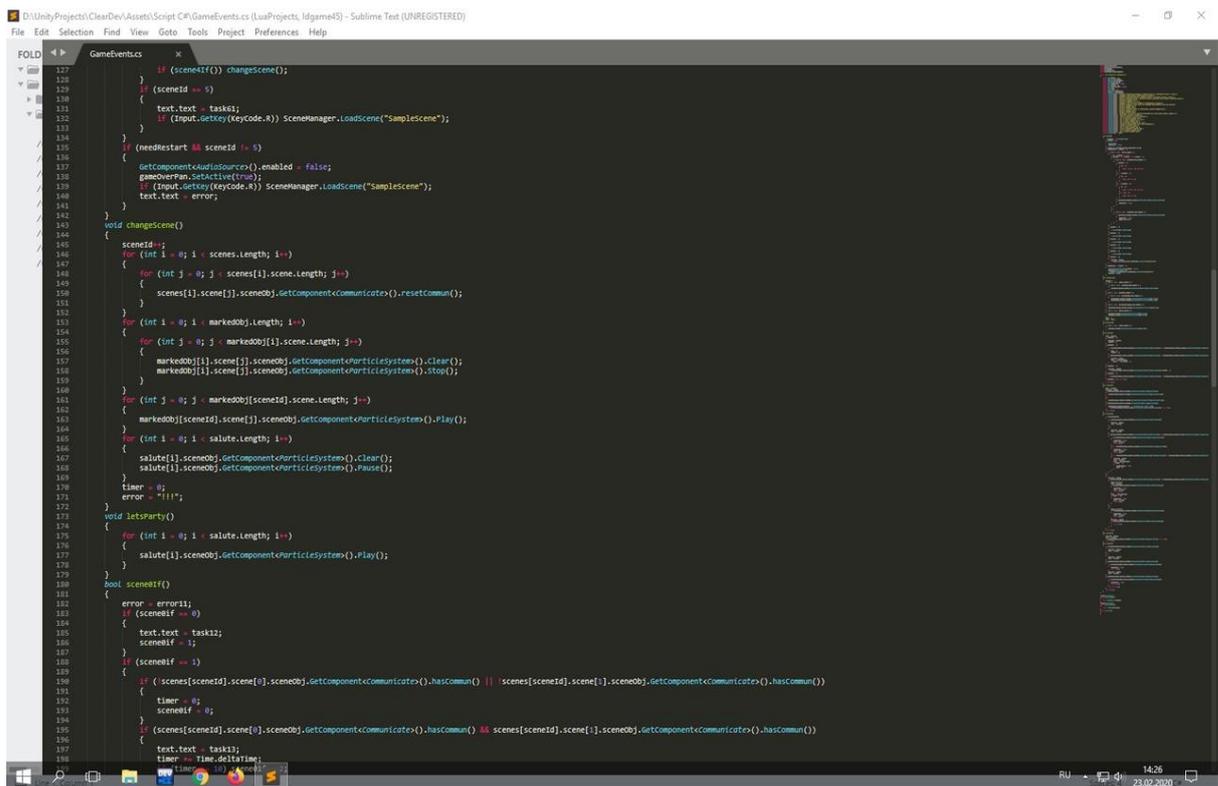


Рис. 2. Обработка алгоритма тренажёра.

## Геометрические методы решения полиномиальных уравнений

*И.Ю. Зобова*

МАОУ СОШ № 17 с УИОП ГОЩ, г. Щёлково

*Науч.рук.:* Н.В.Батхина, учитель математики, школа № 17 г. Щёлково

Несмотря на широту рассматриваемых современной математикой вопросов и их постоянное усложнение, некоторые основные математические задачи остаются нерешёнными. К ним относится и задача о решении алгебраического уравнения с одним или несколькими неизвестными.

Целью настоящего исследования является применение методов степенной геометрии к исследованию особых точек алгебраических кривых и к поиску приближенных значений корней многочленов. Задачи исследования:

1. Исследовать алгебраические кривые вблизи их особых точек методами степенной геометрии;
2. Сравнить полученные данные с точными решениями;
3. Найти приближенные решения алгебраических уравнений от одной переменной методами степенной геометрии, в том числе уравнений с кратными корнями.

Рассматривается алгебраическое уравнение от двух переменных с произвольными коэффициентами. Каждому его моному ставится в соответствие двумерный целочисленный вектор показателей степеней входящих в него переменных. Множество этих векторов называется носителем многочлена. Далее строится выпуклая линейная оболочка носителя

– многоугольник Ньютона. Каждому ребру этого многоугольника соответствует укороченное уравнение, которое обладает следующим свойством: если исходное уравнение имеет решение в виде ряда по степеням переменной, то первый член этого ряда есть решение некоторого укороченного уравнения. Этот подход используется для определения типа особых точек некоторых алгебраических кривых и разложения в ряды их ветвей в окрестности особой точки. Если первое приближение ветвей кривой в укороченном уравнении есть степень какого-либо выражения от двух переменных, то для устранения неточности используется итерационный метод. Для тех кривых, которые допускают рациональную параметризацию, полученные разложения сравниваются с разложением точной рациональной параметризации кривой.

Для алгебраического уравнения от одной переменной можно рассматривать ломаную Адамара – некоторый аналог многоугольника Ньютона, учитывающий не только показатели степеней одночленов, но и их коэффициенты. Укороченные уравнения в этом случае имеют малые степени, корни которых проще найти, и которые будут начальными приближениями корней исходного уравнения. Этот метод применяется к нахождению первых приближений корней многочленов различных степеней. В процессе исследования многочленов с кратными корнями получен ряд результатов, указывающих на проблемы в границах применимости ломаной Адамара. Было также выдвинуто предположение о том, что корни кратности  $n$  дают  $n$  соответствующих приближений; к нему были найдены различные контрпримеры.

Научная новизна исследования заключается в следующих результатах: во-первых, впервые был рассмотрен частный случай многочленов с кратными корнями и особенности их приближений, полученных с помощью ломаной Адамара; во-вторых, было проведено сравнение точности приближений от многоугольника Ньютона с точной рациональной параметризацией алгебраической кривой.

Теоретическая значимость исследования состоит в том, что его результаты могут быть полезными при изучении алгебраических кривых в рамках степенной геометрии. На практике отдельные выводы исследования могут найти применение при построении графиков алгебраических кривых или при нахождении корней многочленов, а также при разработке компьютерных программ, выполняющих такие задачи.

К основным итогам исследования можно отнести оценку точности используемых методов и рассмотрение ряда частных случаев, в которых приближения от ломаной Адамара или многоугольника Ньютона получаются недостаточно точными.

### Литература

1. Брюно, А. Д. Степенная геометрия в алгебраических и дифференциальных уравнениях А. Д. Брюно.— М.: Наука. Физматлит, 1998.— 288 с.
2. Уокер, Р. Дж. Алгебраические кривые / Р. Дж. Уокер, пер. с англ. А. И. Узков.— 3-е изд.— М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009.— 240 с.
3. Чеботарев, Н. Г. Многоугольник Ньютона и его роль в современном развитии математики / Н. Г. Чеботарев // „Исаак Ньютон".— АН СССР, 1943.— С. 99—126.
4. Савелов, А. А. Плоские кривые. Систематика, свойства, применения / А. А. Савелов.— М.: Физматлит, 1960. — 294 с.

# **Мультиагентный peer-to-peer рынок электроэнергии для полигона REIDS в Сингапуре. Разработка оригинального алгоритма купли/продажи мультиагентами электроэнергии по правилам аукциона второй цены VCG**

*А.В. Израилева*

МБОУ «БГЛ №2 им. М. В. Ломоносова»

*Науч.рук.:* В.Я. Израилев, доцент кафедры информатики и программного обеспечения БГТУ

Целью проекта является разработка мультиагентного peer-to-peer рынка электроэнергии для пилотного применения на полигоне автономных микрогридов REIDS (Renewable Energy Integration Demonstrator – Singapore) на о. Семакау в Сингапуре, где в настоящее время реализуется российский пилотный проект по установке транзакционной системы. Необходимо: проанализировать проблему потерь энергии при использовании возобновляемых источников электроэнергии; провести анализ существующих решений; разработать математический алгоритм проведения торгов между агентами-участниками рынка; определить факторы ценообразования на рынке электроэнергии; разработать полный программный алгоритм проведения раунда торгов между агентами энергетического рынка; ознакомиться с технологиями, необходимыми для реализации алгоритма; программная реализация алгоритма одного раунда торгов; рассчитать экономические эффекты программного решения; разработать прототип интерфейса программы.

Для обеспечения электроэнергией районов и даже государств, в которых применение централизованной системы энергообеспечения нецелесообразно, используется микрогенерация. Но, при использовании естественных источников энергии, таких как солнечные батареи и ветрогенераторы генерация неравномерная. Например, пик генерации энергии солнечными батареями приходится на день. Таким образом происходит перевыработка энергии, избыток которой нигде не используется. А ночью из-за недостатка электроэнергии приходится подключать дизельные генераторы. Графике нагрузки на полигоне REIDS представлен в приложении(рис. 1).

В результате анализа успешных разработок было выявлено два самых крупных рынка электроэнергии. Особенности и недостатки аналогов представлены в таблице 1 приложения. В обоих аналогах решение о купле/продаже принимает человек, что замедляет процесс заключения сделок и не гарантирует максимально возможную экономическую выгоду транзакций. Решением проблемы являются мультиагентные системы, состоящие из агентов, способных самостоятельно принимать решения на основе множества заданных критериев.

Программная система реализована в виде кроссплатформенного приложения с использованием стека технологий Java. Применяемая среда разработки – IntelliJ Idea Community 2019.3. Для создания продукта был использован framework JADE (Java Agent Development Environment). В ходе работы над проектом был разработан оригинальный алгоритм торгов, основанный на алгоритмах торговли интернет рекламой в Google (Google.AdWords) и Яндекс (Яндекс.Директ).

Агенты-покупатели сегментируются на 9 подгрупп в зависимости от регулярности и объёма запрашиваемой электроэнергии. Принципы сегментации объяснены в таблице 2 приложения. От занимаемой покупателем позиции зависит цена, предложенная продавцом.

Аукцион второй цены позволяет получить выгоду и продавцу, и покупателю.

Продавец поставит наибольшее количество энергии тем покупателям, которые предлагают наибольшую цену за единицу энергии. Таким образом, получит максимальную выгоду из одной транзакции.

Цена, по которой покупатель в конце торгов приобретает 1 киловатт-час меньше цены, предложенной покупателем при начале торгов на столько, на сколько упала бы суммарная ценность всех участников аукциона, если бы покупатель не участвовал в торгах. Факторы ценообразования: объем покупок; кол-во покупателей на рынке в данный момент; кол-во продавцов; кол-во вырабатываемой в данный момент электроэнергии (определяется коэффициентом солнечной мощности); предыдущая цена; погодные условия. Полный программный алгоритм описан в тексте работы и представлен на блок-схеме (рис.2 приложения).

Значимость и новизна проекта заключается в следующем: мультиагентный peer-to-peer рынок электроэнергии решает проблему потерь электроэнергии при использовании ВИЭ; участники рынка будут тратить меньше денег, покупая у других, вместо использования дизельного топлива, а также будут получать прибыль от продажи избыточной энергии другим участникам рынка; уникальность проектного решения по сравнению с аналогами заключается в использовании мультиагентных систем. Это позволяет свести к минимуму участие человека в совершении транзакций, значительно ускорить заключение сделок по поставкам/закупкам электроэнергии, поможет эффективнее распоряжаться энергоресурсами и зарабатывать на ее продаже/хранении.

Продукт, получившийся в результате работы над проектом может использоваться для симуляции рынка электроэнергии с неограниченным количеством участников, которые могут быть продавцами или покупателями, и менять свой статус или свои данные в любой момент работы мультиагентной системы.

В данной версии программы сделаны следующие допущения: требуется полное совпадение запроса покупателя и предложения продавца для заключения сделки.

### Литература

1. Bellifemine, Fabio Developing multi-agent systems with JADE / Fabio Bellifemine,. Giovanni Caire, Dominic Greenwood. - The Atrium, Southern Gate, Chichester: John Wiley & Sons, Ltd, 2007. – 303 с.;
2. Хорстманн, Кей С. Java. Библиотека профессионала. Том 1. Основы.-Москва: Диалектика, 2019 г. – 864 с.
3. Хорстманн, Кей С. Java. Библиотека профессионала. Том 2. Расширенные средства программирования.- Москва: Вильямс, 2020 г. – 864 с.

## Приложение

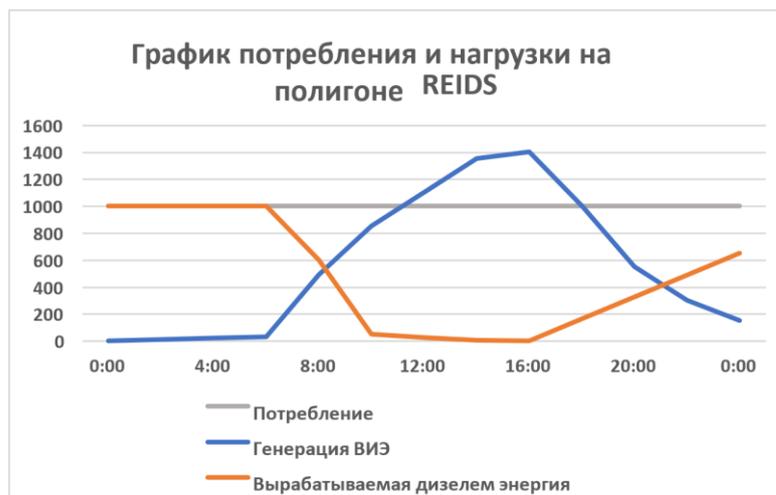


Рис. 1. График потребления и нагрузки на полигоне REIDS

Компания	Energy Web	Piclo Flexibility Marketplace
		
Страны партнеры	Швейцария, Германия, США	Великобритания
Количество участников рынка	Более 100 партнеров-участников рынка	Заключено 6 контрактов
Алгоритм торгов	Торги посредством тендера;	Blockchain алгоритм Proof of Authority
Особенности	Учет отсрочки подкрепления сети, планового технического обслуживания и незапланированных перебоев;	Большее количество транзакций в секунду;
		Выбор участника рынка достойного доверия;
		Контроль над децентрализованными участками энергосистемы

Недостаток	В обоих аналогах решение о купле/продаже принимает человек. Как следствие, меньшая скорость заключения сделок, сложность расчёта наиболее выгодной экономической стратегии
------------	--

Табл. 1. Сравнительная характеристика аналогов

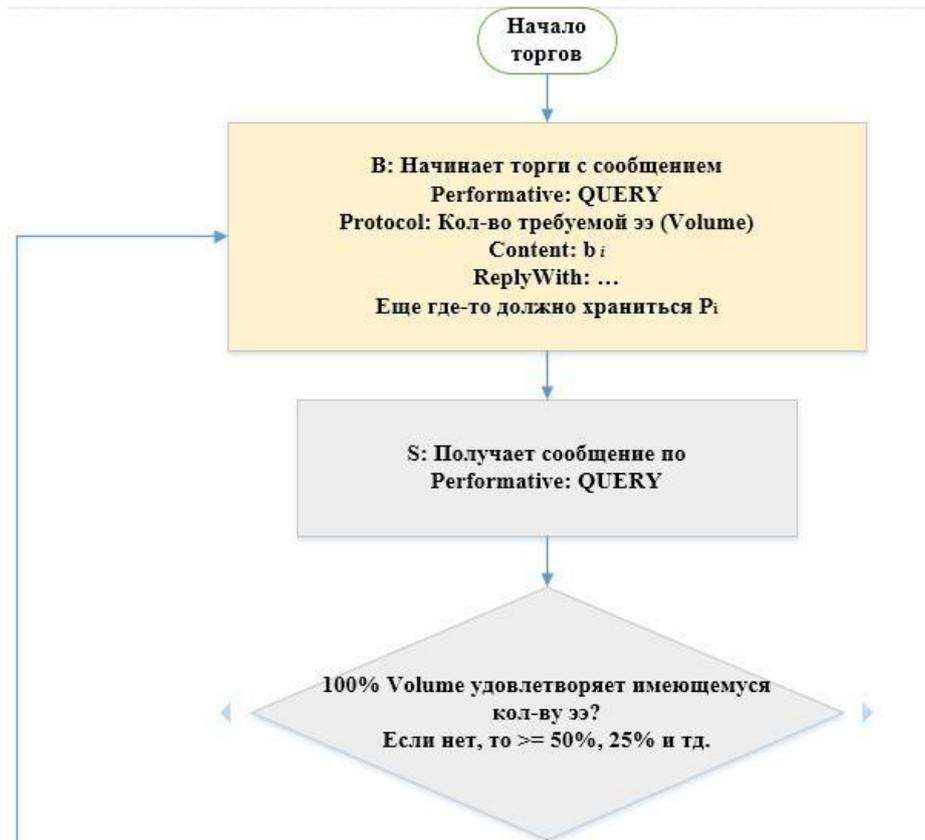




Рис. 2. Блок-схема алгоритма проведения одного раунда торгов между агентами энергетического рынка

		регулярность		
о б ъ е м		А	В	С
	Х	9	$p_i = 8$	3
	У	7	6	2
	Z	5	4	1

Табл. 2. Сегментация агентов-покупателе

## Магические прямоугольники на цилиндре

*Казеев Валерий*

МБОУ «Лицей «Технический» имени С.П. Королева» городского округа Самара

Науч.рук.: к.ф.-м.н. В.А. Алякин, доцент кафедры функционального анализа и теории функций СНИУ им. С.П. Королёва

Магические квадраты [1–7] в XX в. перестали быть объектом только занимательной математики и изысканной интеллектуальной игрушкой, и полигоном для тестирования возможностей программ и вычислительных возможностей новых компьютеров. Они нашли применения в современных областях теории информации.

Классическими магическими квадратами называются квадраты, составленные из последовательных натуральных чисел, начиная с 1. Имеются различные обобщения классических магических квадратов. Например, имеется пример магического шестиугольника [6]. Были попытки определения магического прямоугольника (см. [6]), но их нельзя признать удачными, поскольку магические суммы по строкам и столбцам в магическом прямоугольнике с необходимостью различны.

Определение магического прямоугольника становится корректным, если рассматривать суммы не по строкам и столбцам, а по диагоналям, в том числе ломаным диагоналям.

Если склеить правый и левый края прямоугольника, то получаем цилиндр. На цилиндре ломаные диагонали превращаются в обычные диагонали, см. рис. 1.

Под магическим прямоугольником на цилиндре мы понимаем прямоугольники размера  $m \times n$ ,  $m \leq n$ , в которых суммы чисел на всех  $n$  диагоналях с наклоном вправо и всех  $n$  диагоналях с наклоном влево равны. В связи с вышеизложенным тема настоящей работы является актуальной.

Целью исследования является исследование магических прямоугольников на цилиндре. Отметим, что в литературе встречались магические квадраты размера  $3 \times 3$  на цилиндре [8]. Необходимо: провести анализ литературы по теме исследования; изучить терминологию и условия существования магических прямоугольников; рассмотреть алгоритм построения магических прямоугольников.

Практическая значимость исследования заключается в том, что освоение методов построения магических прямоугольников расширяет математический кругозор и обогащает арсенал средств, используемых в решении разнообразных задач.

В результате проведенного исследования были выявлены условия существования магических прямоугольников размера  $m \times n$  на цилиндре. Нами был составлен алгоритм и написана программа, которая строит магические прямоугольники заданной размерности. Нами были приведены примеры магических прямоугольников размера  $3 \times n$  и  $4 \times n$  для разных значений  $n$ . Анализ теоретического и практического материала по исследуемой теме позволяет сделать вывод: в работе предложен новый математический объект, сравнимый с классическими магическими квадратами. Этот новый математический объект в силу следующих двух основных причин: в предложении имеются нерешённые теоретические проблемы о магических прямоугольниках; компьютерное построение возможно только относительно небольших размеров.

### Приложение

0	x		s						
x		s							0
	s							0	x

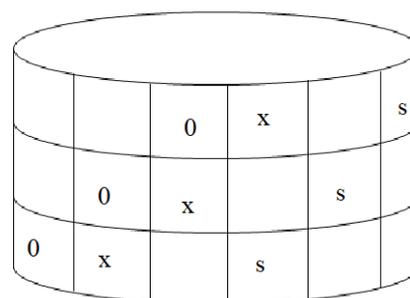


Рис. 1

### Визуализация понятий и фактов, связанных с индексом разносторонности треугольника

*С.А. Камушкин*

школа № 33 г. Ярославля

*Науч.рук.:* А.В. Ястребов, доктор педагогических наук, профессор Ярославского государственного педагогического университета им. К. Д. Ушинского

Настоящая работа вытекает из статьи [1]. Дело в том, что она обладает свойствами, которые кажутся «противоречивыми». С одной стороны, статья носит геометрический характер и содержит целый ряд геометрических теорем. С другой стороны, в ней крайне мало чертежей (3 штуки), причем один из них связан не с доказательством теоремы, а с теми причинами, которые заставляют вводить понятие индекса разносторонности. Именно

это делает данную работу актуальной и новой, ведь все чертежи и рисунки были построены впервые. Получаем основную цель работы.

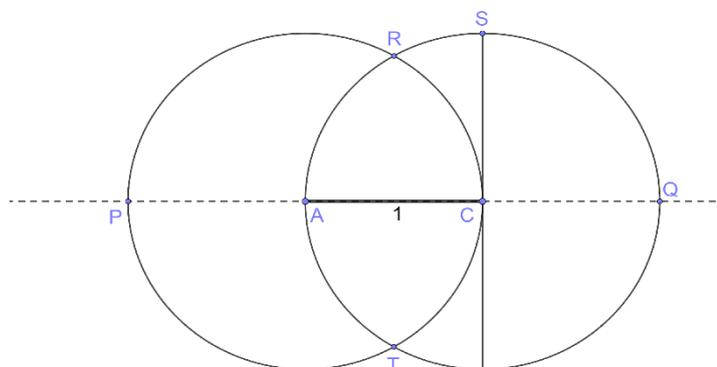
Целью данной работы является построение серий чертежей, которые будут иллюстрировать некоторые важные факты, связанные с индексом разносторонности треугольника.

Работа состоит из нескольких этапов. Во-первых, иллюстрируются стандартные обозначения: нарисовав *среднюю по длине* сторону  $AC$ , строится та Основная Область (рис. 1), в которой может лежать вершина  $B$ , и которая разбивается на части, соответствующие различным треугольникам. Затем так называемый ассоциированный треугольник строится циркулем и линейкой, с применением шаблона единичного отрезка (рис. 2). Затем строится линия равноиндексных треугольников (рис. 3), которая разбивает Основную Область на две части, в одной из которых индекс меньшего угла оказывается меньше индекса большего угла, а в другой наоборот. Обобщенным методом интервалов определяется, в какой области выполняется то или иное соотношение индексов (рис. 4). Отметим, что линия равноиндексных треугольников строится двумя методами, экспериментальным и теоретическим. Наконец, дается графическая иллюстрация того факта, доказанного в статье [1], что не существует треугольника, имеющего наибольший индекс разносторонности (рис. 5).

## Литература

1. Ястребов, А. В. Числовая мера разносторонности треугольника // Математическое образование. – 2017. – № 3. – С. 51–59.

## Приложение



- CRQC - Основная область
- CS - линия прямоугольных треугольников
- CRSC - область остроугольных треугольников
- CSQC - область тупоугольных треугольников
- R - точка равносторонних треугольников
- CR U RQ - дуги равнобедренных треугольников

Рис. 1.

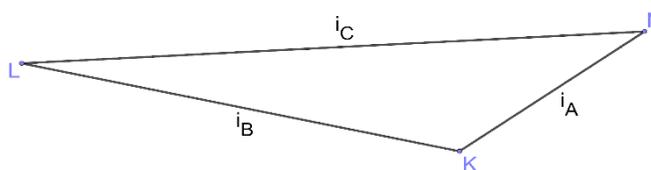


Рис. 2

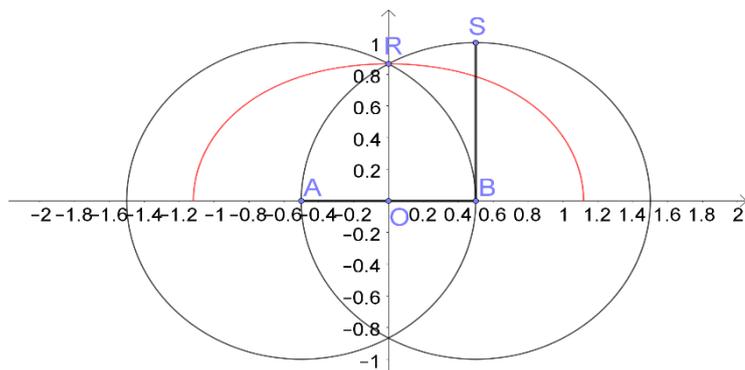


Рис. 3.

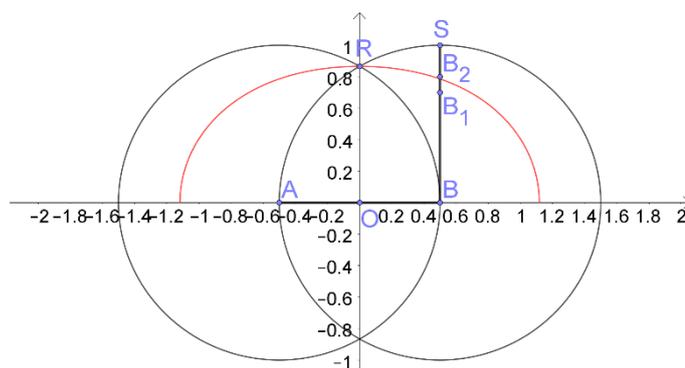


Рис. 4.

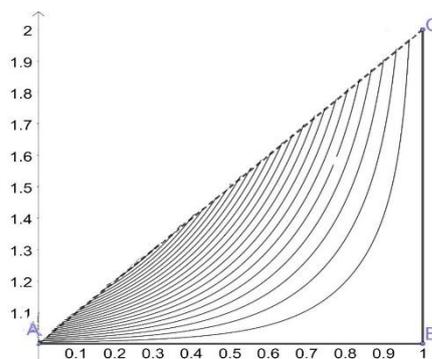


Рис. 5.

## «Программирование На Бегу»: поиск и воплощение идеи в приложении EasyHTML

*А.Ю. Климов*

ГБОУ города Москвы "Школа № 1133"

Науч.рук.: к.т.н. Н.С. Береславская, учитель информатики, ГБОУ города Москвы "Школа № 1133"

Целью данной работы является поиск варианта значительного улучшения динамики образовательного процесса в области информационных технологий, в частности - методам и практике программирования на современных языках высокого уровня.

В современном мире потребность в программистах растет экспоненциально вместе с потребностью в новых приложениях для новых устройств, сменяющих друг друга все быстрее и быстрее. Подготовка нового специалиста по программированию – процесс длительный и кропотливый. Использование традиционных методов обучения в этой сфере демонстрирует в лучшем случае линейный рост количества выпускников, сдерживаемый необходимостью параллельного развития всей сопутствующей инфраструктуры (строительство новых учебных заведений, расширение уже имеющихся, подготовка преподавательского состава и т. д.) Индустрия обучения начинает отставать от потребностей IT-индустрии.

Одним из возможных выходов из этой ситуации представляется использование важной особенности самого изучаемого предмета: ментальность людей, увлеченных программированием, такова, что они готовы заниматься любимым делом буквально везде: в дороге, в паузах между занятиями, в очереди, в кафе, везде, где находится свободная минутка. Если предоставить увлеченным людям соответствующий инструмент, а именно – полноценную среду разработки, в которой можно не только писать исходный код, но и отлаживать, отправлять на сервер, запускать и сопровождать достаточно сложные программные проекты, и все это – непосредственно на смартфоне, который всегда под рукой, то интенсивность и эффективность обучения значительно возрастут. Так родилась концепция «Программирования на бегу» (Development On The Run). Она включает в себя три основных положения:

1. мобильность в процессе обучения программированию за счет встроенных в приложение развитых средств содействия разработчику.
2. удаленная поддержка WEB-сайтов непосредственно с мобильных устройств благодаря встроенной в приложение поддержки протоколов FTP, FTPS и SFTP.
3. мобильная разработка игр, сайтов, учебных задач, других небольших проектов во время поездок при отсутствии стационарного компьютера или ноутбука, без подключения к сети Интернет.

Программная реализация предложенной концепции представляет собой законченное приложение, разработанное на сегодняшний день для операционной системы iOS. Приложение называется EasyHTML (от англ. easy - просто, легко, и HTML - HyperText Markup Language - язык, на котором пишется разметка сайта, дословно - легко создавать сайты). Приложение имеет множество полезных функций и позволяет вести полноценный процесс разработки проектов на языке JS.

На рынке представлено несколько программ, позволяющих в той или иной мере вести удаленную разработку на мобильных устройствах. Наиболее известные из них были опробованы и изучены в процессе исследования, проведен их сравнительный анализ, выявлены их достоинства и «минусы». Полученный в ходе исследования опыт лег в основу собственной разработки. Отличительной особенностью проекта EasyHTML является изначальная ориентация на широкую аудиторию учащихся и студентов: полноценная система отладки программных проектов на JS, сопоставимая по функциональности с настольными инструментальными системами, интегрированные протоколы доступа к внешним серверам, встроенный колорпикер, удобное средство импорта наиболее популярных библиотек CSS и JS. Эти и многие другие возможности в совокупности с полным отсутствием рекламы, встроенных покупок и платных версий, позволили создать принципиально новое приложение, судя по отзывам и динамике скачиваний, пользующееся популярностью у студентов всего мира.

Приложение впервые опубликовано в феврале 2018 г. Оно было хорошо встречено пользователями и в первые же несколько дней получило средний рейтинг в пять звезд.

Единственная рекламная кампания привела 1500 пользователей в первый день, 600 во второй, 300 в третий, и в конечном счёте дала приложению 3-4 скачивания ежедневно. Отзывы пользователей были в основном положительными.

Сейчас, два года спустя, приложение имеет более 33 000 скачиваний, в среднем 140 скачиваний в день и рейтинг 4.5 звезды в AppStore. Никаких дополнительных рекламных акций более не проводилось.

Как следует из большого количества полученных развернутых отзывов, приложение оказалось действительно востребовано программистами, причем не только студентами, изучающими программирование, но и профессионалами. Планируется дальнейшее развитие приложения, дополнение его новой функциональностью. Судя по реакции пользователей, оно реально помогает им в процессе учебы и работы над проектами. Это подтверждает актуальность выбранного направления исследования и правильность принятых архитектурных решений.

Размещение приложения в сети Интернет:

<https://itunes.apple.com/ru/app/easyhtml/id1344902528>

### **Литература**

1. <https://itunes.apple.com/ru/app/kodex/id1038574481>
2. <https://www.web-canape.ru/business/vsya-statistika-interneta-na-2019-god-v-mire-i-v-rossii/>

### **Задача о пожарных на бесконечных графах**

*Е.А. Колесникова*

МБОУ «Лицей №11» г. Россоши

*Науч. рук.: М.А. Герасимова, научный сотрудник университета университета Бар-Илан (Израиль)*

В данной работе разобрана одна из задач математического моделирования. А именно, рассмотрена и изучена модель распространения огня на некоторых бесконечных графах.

Данная модель может быть применена для изучения распространения не только огня, но также инфекций или компьютерного вируса по сети, поэтому в условия современного мира данная задача невероятно актуальна.

Цель работы: изучить задачу о распространении огня на некоторых бесконечных графах; получить оценки на минимальное число пожарных, необходимых для локализации пожара. Необходимо: изучить случай ограниченного распространения огня на прямой; найти минимальное количество пожарных, которое необходимо для локализации огня; изучить случай распространения огня на бесконечной квадратной решётке на плоскости; найти минимальное количество пожарных, необходимое для локализации огня; сравнить изученные модели; изучить случай неограниченного распространения огня на прямой; придумать примеры олимпиадных задач, опирающихся на вышеописанную модель.

Предположим, что существует граф, вершинами которого являются целые числа, причём степень вершины меньше 10, такой что одного пожарного недостаточно, чтобы локализовать пожар.

В этой модели в начальный момент времени в графе загорается какая-то вершина, а на следующем шаге пожарные могут защитить любые вершины в графе, после чего огонь

распространяется на соседние незащищенные вершины, соединенные с загоревшейся вершиной ребром. После этого пожарные делают ответный ход, и процесс продолжается.

В этой работе изучен вопрос о минимизации числа пожарных, необходимых для того, чтобы через некоторое конечное число шагов запретить огню распространяться дальше. Я рассматриваю случаи распространения огня на прямой, где огонь распространяется с конечной скоростью, то есть за каждый шаг огонь распространяется только на вершины, находящиеся на расстоянии не больше, чем  $n$  от загоревшейся ( $n$  – некоторое натуральное число), а также случай распространения огня на квадратной решетке на плоскости. Я доказываю, что эти случаи принципиально различны. А именно, на прямой для такой модели распространения огня всегда оказывается достаточно одного пожарного, в то время как на плоскости одного пожарного уже недостаточно.

С помощью этого наблюдения я доказываю следующее утверждение: существует граф, вершинами которого являются целые числа, причём степень вершины меньше 10, на котором одного пожарного недостаточно, чтобы локализовать пожар.

Для доказательства основного результата были проанализированы различные модели распространения огня на бесконечных графах, приведены оптимальные стратегии.

Данная работа может иметь практическое применение в компьютерных науках, а также она представляет отдельный интерес при выработке стратегии решения олимпиадных задач.

В результате данной работы:

1. был изучен случай ограниченного распространения огня на прямой и доказали, что одного пожарного всегда достаточно, если огонь распространяется с конечной скоростью
2. также был изучен случай распространения огня на бесконечной квадратной решётке на плоскости и выяснили, что одного пожарного всегда недостаточно, чтобы локализовать огонь, но двух будет достаточно

Используя модель распространения огня на плоскости, был построен граф с заданной степенью вершин, для которого 1 пожарного недостаточно

практическая часть: придуманы примеры олимпиадных задач, опирающихся на вышеописанную модель.

Таким образом, мы изучили задачу о распространении огня на некоторых бесконечных графах; получили оценки на минимальное число пожарных, необходимых для локализации пожара.

### **Анализ эмоциональных проявлений человека**

*М.Ю. Кондрашин<sup>1,3</sup>, В.Д. Лучкин<sup>2,3</sup>*

<sup>1</sup>МБОУ СШ 33

<sup>2</sup>МБОУ Гимназия 12

<sup>3</sup>Детский технопарк “Кванториум” Липецкой области

*Науч.рук.:* Шуйкова И.А., доцент кафедры прикладной математики ЛГТУ

Эмоции исследовали такие известные ученые, как Шлосберг, Пол Экман, Вудвортс Роберт. В первую очередь эмоции упрощают процесс коммуникации между людьми: мы лучше понимаем человека, когда видим, как он реагирует на нас, на то, что мы ему говорим, как он реагирует на свою собственную речь. Тяжело представить человека, который не имеет эмоций. Не проще представить, как с ним общаться. Именно поэтому важно помогать людям, у которых отсутствует умение показывать эмоции вследствие болезни или

расстройства психологического характера. Целью нашей работы является создание программы с пользовательским интерфейсом, которое будет распознавать и развивать способность управления проявлениями эмоций. Для этого необходимо изучить литературу по теме нашего исследования.

Нами была предложена идея создания программы, которая будет восстанавливать способность показывать эмоции. Эта программа должна обучать людей правильно распознавать эмоции, а также показывать их. В ходе нашей работы была создана программа – психоэмоциональный тренажер. При разработке был использован язык программирования Python3. В тренажер мы включили 2 разных тренажера для развития проявления эмоций. В первом тренажере человек учится распознавать эмоции, запоминает детали каждой эмоции. Во втором человек сам показывает эмоции, так он учится самостоятельно их показывать.

Репозиторий можно найти по ссылке <https://github.com/MichailKon/EmotionTrainer>

### **Литература**

1. <https://www.paulekman.com/about/paul-ekman/>
2. <https://github.com/npinto/fer2013>
3. <https://itnan.ru/post.php?c=1&p=41815>

### **Разработка и внедрение экспертных систем**

*Х.А. Кондрашков*

МБОУ “СОШ №53” г. Курска

*Науч.рук.:* Т.Н. Вострикова, учитель математики МБОУ СОШ №53

Целью данной работы являются создание экспертной системы ANGEL, спроектированной для диагностирования заболеваний, и сайт, как способ её демонстрации, предоставить к ANGEL открытый доступ, ознакомить аудиторию с принципом работы экспертных систем.

Экспертная система (ЭС, англ. expert system) — компьютерная система, способная частично заменить специалиста-эксперта в разрешении проблемной ситуации. Её главная цель предсказать некоторый набор заболеваний с определённой вероятностью и назначить возможное лечение на основе вопросов, заданных пациенту, и своей базы данных.

Впервые я узнал об экспертных системах из книги “Как построить свою экспертную систему”, написанной Нейлором. Меня очень заинтересовал проект MYCIN, который определял бактериальные заболевания у пациентов на основе ответов на простые вопросы. Программа задавала вопросы, на которые пользователь должен был отвечать “да” или “нет”. Точность прогнозирования заболеваний была порядка 70%, что оказалось чуть выше чем у опытных экспертов в данной области. В сравнении со студентами или не квалифицированными специалистами результаты MYCIN были на более высоком уровне. К сожалению, в то время, когда проект активно разрабатывался компьютерная промышленность была недостаточно развита, чтобы внедрить MYCIN в медицину даже в самых развитых странах. Впоследствии работа над проектом была остановлена. На сегодняшний день в Интернете невозможно найти полноценные экспертные медицинские систем в открытом доступе.

Я определил для себя цель разработать экспертную систему подобную MYCIN, и внедрить её в Интернет, чтобы любой человек мог ею воспользоваться. Название своей системе я дал - ANGEL.

Предполагается, что она будет использоваться как цифровой ассистент врача. Пациент на приёме отвечает на вопросы программы. Она в свою очередь выводит список заболеваний, где у каждого из них есть своя вероятность наличия. Врач уже на основании вывода программы должен поставить диагноз или назначить дополнительные исследования. ANGEL также может использоваться самостоятельно, если квалифицированная медицинская помощь недоступна, например, в случае ЧС, или, если медицина в данной стране доступна не всем.

Пример её работы:

1. Возраст пациента? > **32**  
Пол пациента? > **М**  
Есть жалобы на дыхательную систему? > **Нет**  
Проблемы со зрением? > **Да**  
Зудят глаза? > **Да**  
...
2. Болезнь1, вероятность: 0.81
3. Болезнь2, вероятность: 0.63
4. Болезнь3, вероятность: 0.52

Для получения информации о диагностике и лечении заболевания, введите название болезни, а затем вопрос “почему”, чтобы понять причину, по которой было предложено данное заболевание.

Плюсом моего проекта является то, что система может объяснить, на основе каких выводов она предложила список заболеваний, указав симптомы, и данные, на которые она опиралась. Также ANGEL может, используя свою базу данных, предложить лечение, даже при отсутствии врача.

Экспертные медицинские системы доказали свою эффективность ещё в 1970-их годах. Так MYCIN - экспертная система, разработанная Эдвардом Шортлиффом, превзошла по эффективности экспертов по инфекционным болезням. Несмотря на это, подобные системы почти никогда не применялись на практике в силу недостаточно развитых технологий, некоторых юридических и правовых трудностей. Но сегодня подобные проблемы больше не актуальны. Искусственный интеллект исключает человеческий фактор при постановке диагноза. Применение данных систем сегодня позволило бы существенно поднять уровень медицины во всём мире. Проект актуален одновременно для стран, где не хватает квалифицированных специалистов и для государств, где хорошо развита медицинская промышленность. Подобная экспертная система может быть использована, как цифровой помощник врача во время осмотра пациента, так и работать автономно при отсутствии медика. Новизна исследования обусловлена тем, что на сегодняшний день полноценных экспертных медицинских систем в открытом доступе нет.

В результате изучен и описан в тексте работы принцип устройства экспертной системы MYCIN. На основе тех же принципов, описанных в книге “Computer-Based Medical Consultations: MYCIN”, был создан прототип экспертной системы ANGEL, размещённой в сети “INTERNET. В данный момент ведётся работа по созданию база данных, что является последним пунктом, завершающим научно-исследовательскую работу

## Последовательные квадраты с одинаковой суммой цифр

*Никита Кордо*

МБОУ «Лицей «Технический» имени С. П. Королёва» городского округа Самара

*Науч.рук.:* к.ф.-м.н. В.А. Алякин, доцент кафедры функционального анализа и теории функций СНИУ им. С.П. Королева

В теории чисел сумма цифр натурального числа имеет важные применения в известных признаках делимости на 3 и 9. Имеются и другие применения, в том числе и неэлементарные (см. [1] - [4]).

В настоящей работе ставится новая задача с использованием суммы цифр. Пусть  $N$  - натуральное число. Через  $s(N)$  будем обозначать сумму цифр числа  $N$ . Мы будем сравнивать суммы цифр квадратов последовательных натуральных чисел  $N$  и  $N+1$ . Общая задача: найти все натуральные числа  $N$  такие, что числа  $N^2$  и  $(N+1)^2$  имеют одинаковую сумму цифр:

$$s(N^2) = s((N+1)^2) \quad (1)$$

Эта задача является сложной и вряд ли может быть решена в полном объеме. Но в рамках общей задачи возникает несколько интересных частных вопросов и подзадач: найти наибольшее количество последовательных квадратов с одинаковой суммой цифр; найти наименьшее натуральное число  $N$  такое, что выполняется равенство (1); найти все двузначные последовательные квадраты с одинаковой суммой цифр; доказать бесконечность множества таких  $N$ , для которых выполняется равенство (1). Ответы на вопросы 1) -4) дают следующие теоремы, доказанные в работе.

**Теорема 1.** Наименьшими последовательными квадратами с одинаковой суммой цифр являются числа 4 и 5.

**Теорема 2.** Парами последовательных двузначных чисел, квадраты которых имеют одинаковую сумму цифр, являются числа 13 и 14, 22 и 23, 49 и 50, 58 и 59, 76 и 77 и только они.

**Теорема 3.** Трех последовательных квадратов с одинаковой суммой цифр не существует.

**Теорема 4.** Для любого  $n > 2$  существует два последовательных  $n$ -значных натуральных числа, квадраты которых имеют одинаковую сумму цифр. Эти числа суть  $10 \dots 03$  и  $10 \dots 04$  (с одинаковым числом нулей).

**Теорема 5.** Множество последовательных квадратов с одинаковой суммой цифр бесконечно. Подчеркнем, что все результаты работы получены в десятичной системе счисления. Вопрос об их справедливости в других системах счисления остается открытым.

### Литература

1. Спивак А. В. Тысяча и одна задача по математике. - М.: Просвещение, 2002. - 207 с.
2. Серпинский В. 250 задач по элементарной математике. - Москва-Ижевск: НИЦ «РХД», 2004. - 160 с.
3. Журавлев В. М., Самовол П. И. Экспоненциальные диофантовы уравнения и сумма цифр числа // Математическое просвещение. Сер. 3. 2016. Вып. 20. С. 167-199.
4. Генкин С. А., Итенберг И. В., Фомин Д. В. Ленинградские математические кружки. - Киров: «АСА», 1994. - 272 с.

## График движения как способ визуализации информации

*И.В. Кочагин*

ГБОУ города Москвы Школа №1568 имени Пабло Неруды

*Науч.рук.:* А.М. Радин, учитель информатики ГБОУ города Москвы Школа №1568 имени Пабло Неруды

Целью данной работы является разработка компьютерной программы для построения графика движения тела в реальном времени. Необходимо: изучить научно-техническую литературу по теме работы; отобрать технические устройства измерения расстояния до тела; сконструировать устройство для измерения расстояния до движущегося тела в реальном времени; осуществить передачу информации от цифрового устройства на компьютер, собрать данные, полученные в результате измерений; получить графическое представление результатов измерений на экране компьютера; создать банк заданий по теме “Анализ графиков движения”.

Идея работы состояла в том, чтобы получить на экране компьютера графики реального движения тела. Данные для построения графика мы хотели получать путем измерения физических величин в реальном времени. Нам было важно, чтобы была возможность влиять на характер движения тела и графики движения моментально соответствовали этим изменениям. В таком случае, у наблюдателя устанавливается связь между характером движения тела и графиком, который его описывает.

Было сконструировано устройство, производящее измерение расстояния до движущегося объекта, подключающееся к компьютеру и передающее данные о расстоянии для построения графика движения тела. Устройство создано на основе платы Arduino uno с использованием датчика расстояния HC-SR04 и Bluetooth-модуля HC-06 для передачи измеренных значений расстояния до объекта в COM-порт компьютера. Bluetooth-модуль позволяет избежать использования проводов, а его дальность связи – до 30 метров дает возможность проводить измерения на удалении от компьютера. Датчик расстояния Arduino является прибором бесконтактного типа и обеспечивает высокоточное измерение и стабильность. На рисунке 1 приведена фотография собранного устройства. Электронная схема устройства в программе Quick Copier на Рис. 2. Для снижения количества возможных ошибочных измерений было сделано пакетирование передаваемых данных с Arduino.

Для графического отображения полученных данных с датчика была написана программа на языке Python (3.x), считывающая с COM-порта компьютера полученные данные и позволяющая преобразовывать их из числовой формы представления в графическую. Для получения данных с COM-порта использовалась библиотека serial, для создания графического интерфейса использовались библиотеки matplotlib, pylab, tkinter.

Банк заданий по теме “Анализ графиков движения” представляет собой набор файлов, каждый из которых включает в себя множество записей вида (время, координата) для построения графика и последующего сравнения с графиком, построенным в режиме реального времени. Банк заданий разделен по типам движения (равномерное и неравномерное). Возможности устройства позволяют использовать его в двух режимах работы. При *первом режиме* работы устройства строится один график – график реального движения тела. Блок-схема этого режима приведена на рисунке 3. При *втором режиме* работы можно построить график в режиме реального времени и сопоставить его с графиком из банка заданий в одной системе координат (Рис. 4).

Работа с программой: в файл test\_even\_movement помещается название файла из банка заданий (папки tests\_even) без расширения, аналогично с файлом

test\_uneven\_movement. При запуске программы first.py появляется окно с тремя кнопками для выбора типа графика движения из банка заданий (равномерное/неравномерное), а также кнопка, при нажатии на которую производится только построение графика без его сопоставления с графиком из банка заданий. При выборе одной из трех кнопок начинается построение графика в реальном времени. При запуске программы generator\_even\_tests.py или generator\_uneven\_tests.py банк заданий дополняется новыми файлами, программа generator\_even\_tests.py добавляет новые задания в папку tests\_even, а программа generator\_uneven\_tests.py добавляет новые задания в папку tests\_uneven. Коды программ приведены на рисунках 5-7 Приложения.

Сконструировано устройство для измерения расстояния до движущегося объекта на базе платы Arduino. Данное устройство является прототипом. Создана компьютерная программа на языке Python (3.x) для получения на экране компьютера графика движения тела на основе измерений, проводимых устройством в режиме реального времени (совмещена с операционными системами Linux, MacOS, Windows). Создан банк графических заданий на движение «Анализ графиков движения», в котором хранятся различные образцы графиков.

Созданное устройство, компьютерная программа и банк заданий могут быть использованы для учащихся 8-9 классов при изучении графиков движения (как для демонстрации, так и для интерактивного использования). С их помощью ученики смогут научиться считывать информацию о движении тел в графическом виде, что приведет к лучшему пониманию характеристик движения тела и успеху при решении физических задач на движение.

В результате работы получены следующие продукты:

1. устройство, производящее измерение расстояния до движущегося объекта на базе платы Arduino; подключается к компьютеру и передает ему данные для построения графика;
1. компьютерная программа на языке Python (3.x) для графического отображения полученных с устройства данных;
2. банк графических задач на движение «Анализ графиков движения».

Результаты работы были представлены на открытой конференции проектных и исследовательских работ «Наука для всех» в апреле 2019 года в школе № 1568 им. Пабло Неруды (г. Москва), доклад получил премию на информационно-технологической секции. Результаты работы были опубликованы в сборнике научных трудов «Проблемы учебного физического эксперимента» в разделе «Компьютер в учебном физическом эксперименте».

### Литература

1. Аппаратная платформа Arduino [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://arduino.ru/hardware/arduinoboarduno>, [https://arduinomaster.ru/datchiki-arduino/ultrazvukovoj-dalnomer-hc-sr04/#\\_HC\\_SR04](https://arduinomaster.ru/datchiki-arduino/ultrazvukovoj-dalnomer-hc-sr04/#_HC_SR04)(дата обращения 10.09.2019).
2. Измеритель скорости с видеофиксацией «БИНАР» [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://elekt-m.ru/categories/izmeriteli-skorosti> (дата обращения 10.11.2019).
3. Камалеева А.Р. Кинематика в графиках: учебно-методическое пособие / А.Р. Камалеева, С.Ю. Грузкова, О.Б. Русскова. – Казань: Отечество, 2017.– 52 с.
4. Лазерное излучение – красный и зеленый лазер, безопасность лазеров [Электронный ресурс]. // Первое измерение. Измерительные приборы и оборудование. – Режим доступа <https://izm.by/lazernoe-izluchenie.html> (дата обращения 10.09.2019).

5. Обзор Android-приложения «Мои треки» (My tracks) [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://amblog.ru/obzor-android-prilozheniya-moi-treki-my-tracks/> (дата обращения 10.09.2019).
6. Перышкин А.В. Физика 8. Учебник. Вертикаль. – М.: Дрофа, 2018. – 240 с.
7. Приложения GooglePlay. SmartToolsCo [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://play.google.com/store/apps/developer?id=Smart+Tools+co.&hl=ru> (дата обращения 10.09.2019).
8. Россум Г. Язык программирования Python // Г. Россум, Ф.Л.Дж. Дрейк, Д.С. Откидач и др. – М, 2001 – 454 с.
9. Fizmat.by. Механика. Графики движения [Электронный ресурс]. – Режим доступа [http://fizmat.by/kursy/kinematika/grafiki\\_dvizhenija](http://fizmat.by/kursy/kinematika/grafiki_dvizhenija) (дата обращения 10.09.2019).
10. Runkeeper.com [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://runkeeper.com> (дата обращения 10.09.2019).

### Приложение

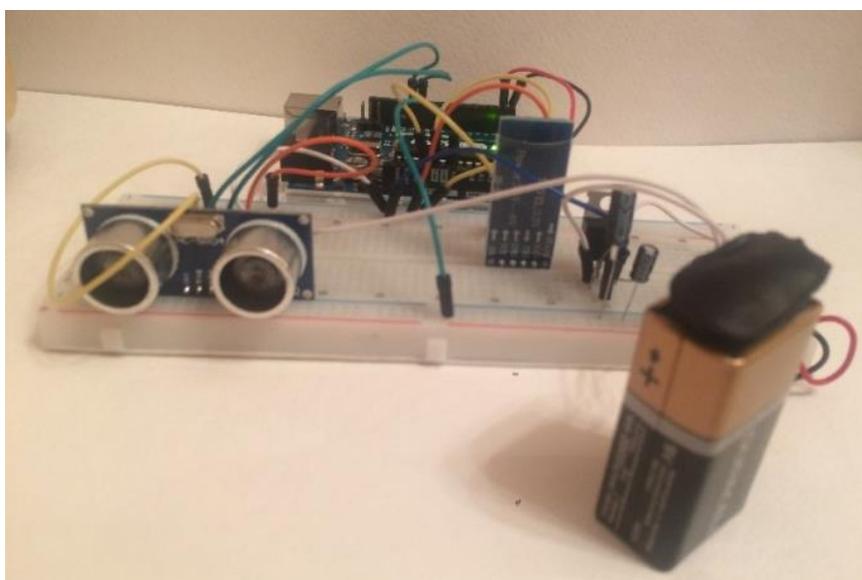


Рис. 1. Фотография устройства для измерения расстояния до движущегося тела

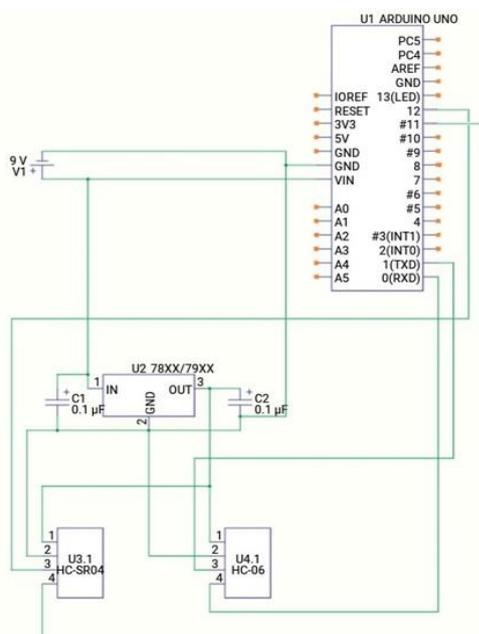


Рис. 2. Схема устройства для измерения расстояния до движущегося тела

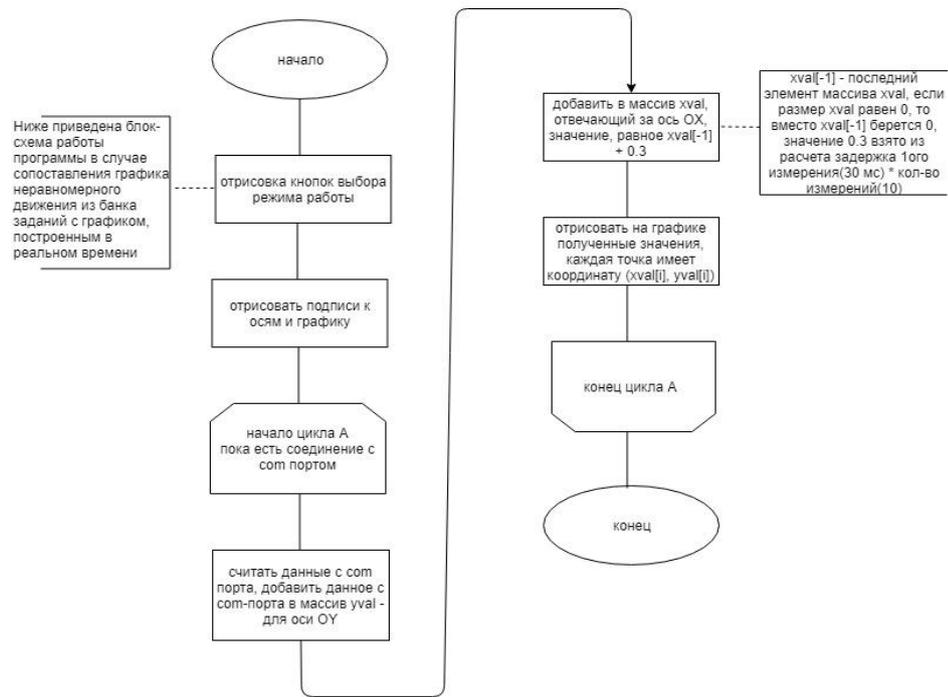


Рис. 3. Блок-схема первого режима работы устройства

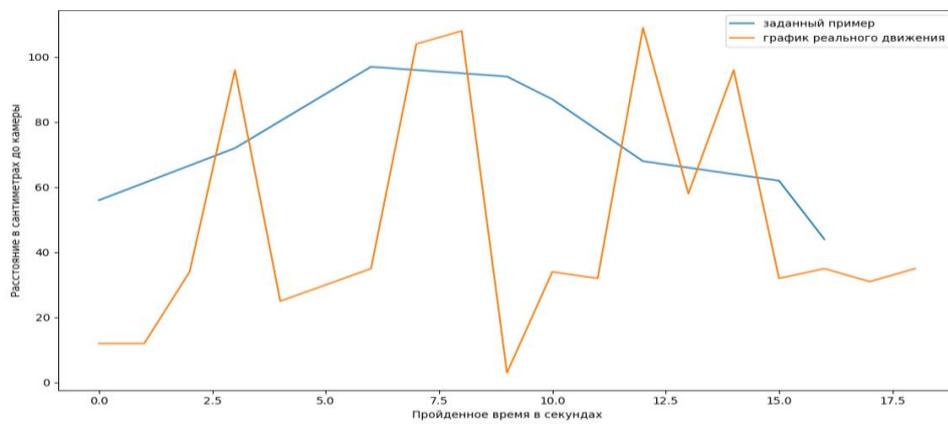


Рис. 4. Результаты работы программы (второй режим) на экране компьютера

```

from random import randint
import os.path
def sol():
    t = 1
    file_path = "tests_uneven/input" + str(t) + ".txt"
    while(os.path.isfile(file_path)):
        t += 1
        file_path = "tests_uneven/input" + str(t) + ".txt"
    f = open(file_path, "w")
    k = randint(7, 10)
    a = []
    a.append(0)
    l = 1
    r = 3
    for i in range(k):
        w = randint(1, r)
        a.append(w)
        l = w + 1
        r = l + 2
    #print(*a)
    b = []
    l = 0
    r = 100
    b.append(randint(1, 100))
    for i in range(k):
        w = randint(1, r)
        while abs(w - b[-1]) > 30:
            w = randint(1, r)
        b.append(w)
    #print(*b)
    for i in range(len(a)):
        f.write(str(a[i]) + ',' + str(b[i]) + '\n')
    f.close()

for i in range(10):
    sol()

```

Рис. 5. Генератор данных для построения графика неравномерного движения

```

root = Tk()
b1 = Button(root, text="Не Равномерное движение", width=30, height=3)
b2 = Button(root, text="Равномерное движение", width=30, height=3)
b3 = Button(root, text="Только построение графика", width=30, height=3)
fig, ax1 = pylab.subplots()
xval2 = []
yval2 = []
xval = []
yval = []
p = [0]

def refresh():
    ser = serial.Serial('COM5', 9600)
    print("connected to: " + ser.portstr)
    ser.flushInput()
    s = ser.readline().decode('utf-8')
    t = ''
    for i in s:
        if '0' <= i and i <= '9':
            t += i
    if t == '':
        return
    print(t)
    xval.append(p[0])
    yval.append(int(t))
    p[0] += 1
    ax1.clear()
    ax1.plot(xval2, yval2)
    ax1.plot(xval, yval)
    ax1.set_title('График пройденного расстояния от времени')
    ax1.set_ylabel('Расстояние в сантиметрах до камеры')
    ax1.set_xlabel('Пройденное время в секундах')
    pylab.legend(("заданный пример", "график реального движения"))

    if len(line) > 1:
        x, y = line.split(",")
        xval2.append(int(x))
        yval2.append(int(y))
    ax1.plot(xval2, yval2)
    ax1.set_title('График пройденного расстояния от времени')
    ax1.set_ylabel('Расстояние в сантиметрах до камеры')
    ax1.set_xlabel('Пройденное время в секундах')
    ani = animation.FuncAnimation(fig, refresh, interval=300)
    plt.show()

```

Рис. 6. Код взаимодействия с датчиком

```

def even_test():
    q = open("test_even_movement.txt", "r")
    qq = q.readline()
    qq = "tests_even\\" + qq + ".txt"
    if(not os.path.isfile(qq)):
        print("Такого пути файла " + qq + " в папке tests_even не существует")
        exit(0)
    grdata = open(qq, "r").read()
    lines = grdata.split("\n")
    for line in lines:
        if len(line) > 1:
            x, y = line.split(",")
            xval2.append(int(x))
            yval2.append(int(y))
    ax1.plot(xval2, yval2)
    ax1.set_title('График пройденного расстояния от времени')
    ax1.set_ylabel('Расстояние в сантиметрах до камеры')
    ax1.set_xlabel('Пройденное время в секундах')
    ani = animation.FuncAnimation(fig, refresh, interval=300)
    plt.show()

def main():
    b1.config(command = uneven_test)
    b1.pack()
    b2.config(command = even_test)
    b2.pack()
    b3.config(command = refresh)
    b3.pack()
    root.mainloop()
main()

```

Рис. 7. Код построения графика в режиме реального времени, а также графика равномерного движения из банка заданий

## Определение положения вершин ячеек расчетной сетки с использованием метода пружинной аналогии

*Т.С. Куканова*

МБОУ "Лицей № 3" города Сарова

*Науч.рук.:* М.Н. Глазунова, учитель математики МБОУ "Лицей № 3" города Сарова

Целью исследования является разработка и апробация алгоритма определения положения узлов ячеек расчетной сетки с использованием метода пружинной аналогии в формулировке, приводящей к решению систем линейных алгебраических уравнений. В соответствии с поставленной целью определены следующие задачи исследования: вывести математическую формулировку метода пружинной аналогии; разработать и оформить в виде блок-схем алгоритм определения положения узлов расчетной сетки с использованием метода пружинной аналогии; выполнить программную реализацию разработанного алгоритма; провести проверку работоспособности алгоритма и корректности его программной реализации путем решения тестовых задач.

С использованием основных соотношений векторной алгебры и закона Гука, устанавливающего взаимосвязь между растяжением спиральной пружины и приложенной силой, выведена математическая формулировка метода пружинной аналогии. В двумерном случае он сводится к определению коэффициентов и решению двух систем из  $n$  линейных алгебраических уравнений с  $n$  неизвестными каждая, где  $n$  – количество узлов расчетной сетки:

$$\begin{aligned}
 \{a_{11}u_1^x + a_{12}u_2^x + \dots + a_{1n}u_n^x &= b_1^x \quad a_{21}u_1^x + a_{22}u_2^x + \dots + a_{2n}u_n^x \\
 &= b_2^x \quad \dots \quad a_{n1}u_1^x + a_{n2}u_2^x + \dots + a_{nn}u_n^x = b_n^x
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \{a_{11}u_1^y + a_{12}u_2^y + \dots + a_{1n}u_n^y &= b_1^y \quad a_{21}u_1^y + a_{22}u_2^y + \dots + a_{2n}u_n^y \\
 &= b_2^y \quad \dots \quad a_{n1}u_1^y + a_{n2}u_2^y + \dots + a_{nn}u_n^y = b_n^y
 \end{aligned}$$

Неизвестными в приведенных системах являются смещения узлов расчетной сетки вдоль осей  $Ox$  и  $Oy$ , обозначенные соответственно как  $u_i^x$  и  $u_i^y$ , где  $i$  – номер узла. Значения коэффициентов СЛАУ  $a_{ij}$  и свободных членов  $b_i^x$  и  $b_i^y$  определяются следующим образом:

1. если в узле  $i$  принудительно заданы перемещения  $U_i^x$  и  $U_i^y$ , то  $a_{ii} = 1$ , остальные  $a_{ij} = 0$ ,  $b_i^x = U_i^x$ ,  $b_i^y = U_i^y$ ;
2. если в узле  $i$  не заданы перемещения, то  $a_{ii} = -\sum_{j=1}^n k_{ij}$ , остальные  $a_{ij} = k_{ij}$ ,  $b_i^x = b_i^y = 0$ . Здесь  $k_{ij}$  – жесткость пружины, соединяющей узлы с номерами  $i$  и  $j$ .

В соответствии с заданными исходными данными и описанной математической формулировкой метода пружинной аналогии составлены укрупненная блок-схема алгоритма и подробные блок-схемы его составных частей. Согласно разработанным блок-схемам, на высокоуровневом языке программирования Python [1] написана программа для определения положения узлов расчетной сетки. В качестве решателя СЛАУ в программе используется функция `linalg.solve` из библиотеки SciPy [2, 3].

Проверка работоспособности программы выполнена для ряда тестовых задач, в которых используются регулярные и нерегулярные сетки, в том числе для тел с полостями. Результаты проверки показали корректность работы программы для всех рассмотренных вариантов сеточных моделей.

Значимость настоящего исследования обусловлена необходимостью поиска алгоритмов, позволяющих увеличить быстродействие модуля ЛОГОС-Тепло. Новизна исследования заключается в разработке алгоритма определения положения узлов ячеек расчетной сетки, отличающегося от применяемого в настоящее время в модуле ЛОГОС-Тепло возможностью использования встроенного в ПП ЛОГОС решателя СЛАУ [4]. По результатам исследования можно сделать следующие выводы:

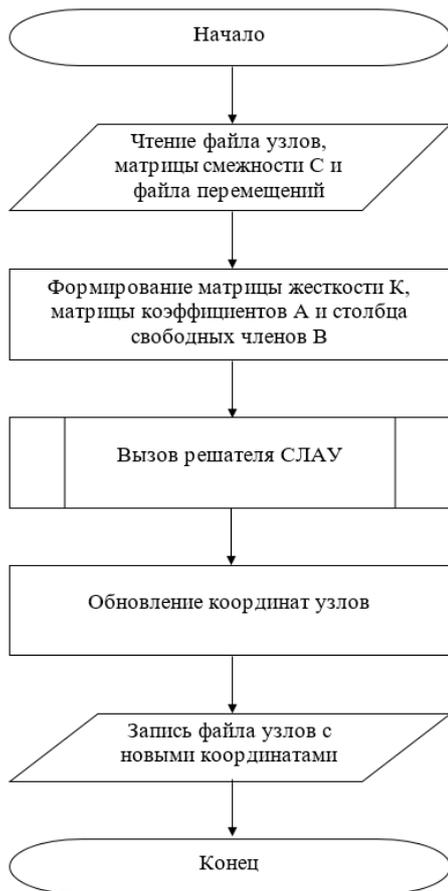
1. Метод пружинной аналогии для определения положения узлов расчетной сетки в двумерном случае сводится к определению коэффициентов и решению двух систем из  $n$  линейных алгебраических уравнений с  $n$  неизвестными каждая.
2. Функциональные возможности высокоуровневого языка программирования Python и встраиваемых библиотек NumPy и SciPy значительно облегчают написание программ, работающих с численными данными в виде матриц.
3. Разработанный и программно реализованный алгоритм перестроения расчетной сетки методом пружинной аналогии при заданных смещениях части ее узлов функционирует корректно.

Результаты исследования переданы разработчикам модуля ЛОГОС-Тепло, входящего в состав пакета программ ЛОГОС математического моделирования физических процессов, для использования при разработке алгоритмов перестроения расчетных сеток.

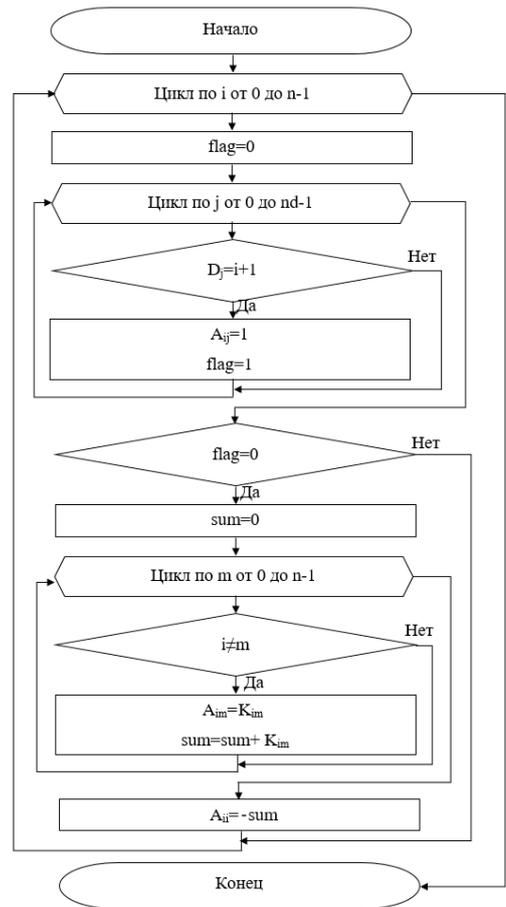
### Литература

1. Основы программирования на языке Python. – Курс образовательного проекта «ЯНДЕКС.ЛИЦЕЙ»
2. NumPy Tutorial
3. <https://coderlessons.com/tutorials/python-technologies/uchitsia-numpy/numpy-tutorial>
4. SciPy Tutorial
5. <https://coderlessons.com/tutorials/python-technologies/uchitsia-stsipi/scipy-tutorial>
6. Пакет программ ЛОГОС. Руководство пользователя. ФГУП РФЯЦ-ВНИИЭФ, Саров, 2019 г.

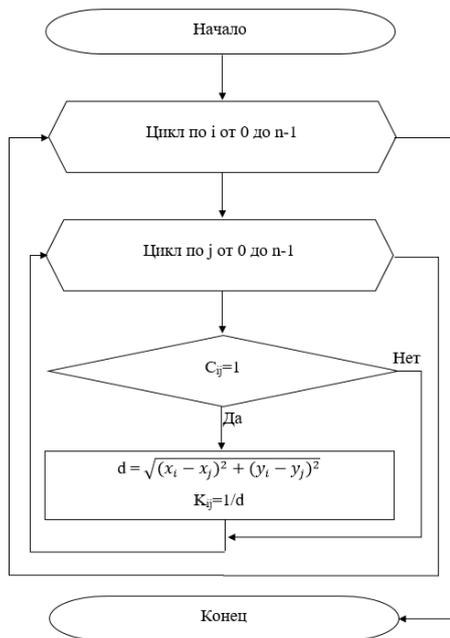
### Приложение



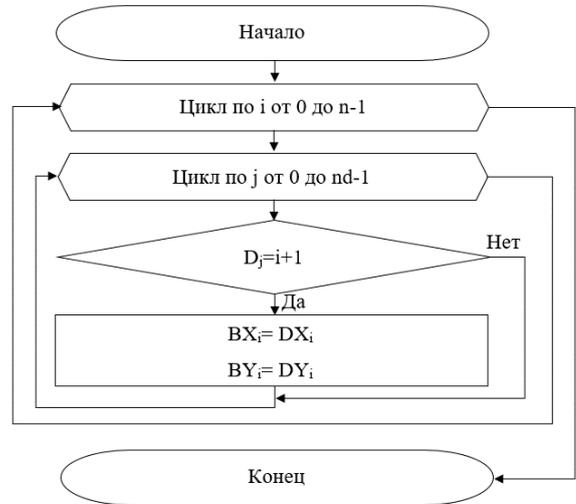
Укрупненная блок-схема алгоритма



Блок-схема формирования матрицы А



Блок-схема формирования матрицы К



Блок-схема формирования столбцов свободных членов ВХ и ВУ

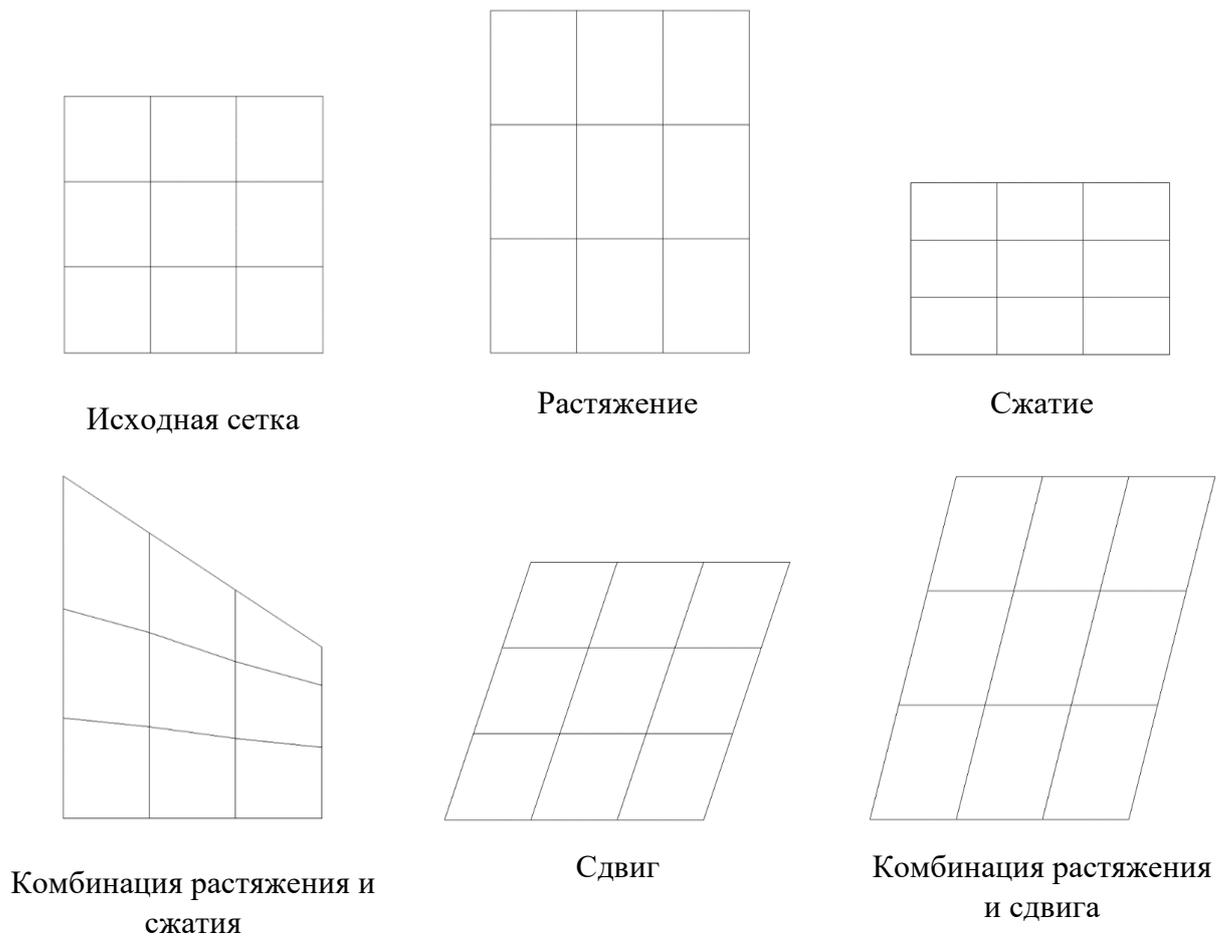


Рис. 1 – Результаты работы программы для регулярной сетки

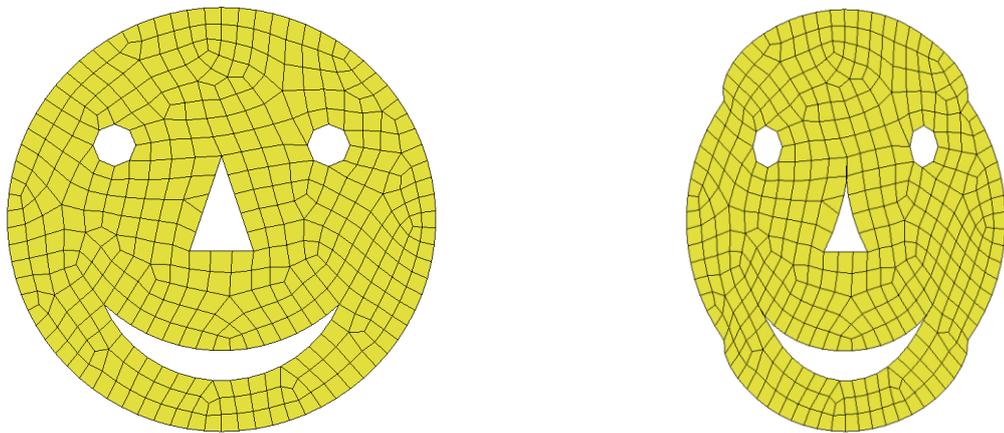


Рис. 2 – Результаты работы программы для нерегулярной сетки с полостями

## Приложение для визуализации звука с помощью векторов магнитной индукции

*Л.И. Марков*

Школа №1533, г. Москва

*Науч. рук.:* Н.К. Завриев, преподаватель дополнительного образования школы №1533

Целью проекта была разработка программы, визуализирующей аудиосигнал при помощи векторов магнитной индукции проводников с током. Новизна данного проекта заключается в том, что принцип визуализации построен на изменении величины и направления векторов магнитной индукции.

Технологическое искусство – наиболее быстро развивающийся подвид искусства в современном мире. Технология здесь – такой же инструмент, как кисть художника или зубило скульптора. Музыка всегда была частью более традиционного искусства, но быстро прижилась и переплелась с технологическим искусством. Одной из наиболее развитых смежных областей музыки и технологического искусства является визуализация звука, которую используют музыканты и артисты во многих плоскостях своей деятельности. Разработанный комплекс может быть использован как часть аудиовизуального перформанса, например, концерта электронного музыканта.

В результате проектной работы разработано оконное приложение, обрабатывающее входящий аудиосигнал и визуализирующее его на экране. Принцип визуализации построен на изменении координат векторов магнитной индукции проводников с током. Магнитные линии проводников с током – это концентрические расширяющиеся окружности, а векторы магнитной индукции – касательные к ним.

Пользователь выбирает количество проводников с током и расставляет их на поле, устанавливает параметры проводников: частоты фильтров (lowpass, highpass), направление тока в проводнике, силу тока. Также можно выбрать цвет поля и векторов. Сама визуализация представляет из себя построение векторов магнитной индукции проводников с током из точек, хаотично разбросанных на поле. Когда программа получает звуковой фрагмент, каждый проводник фильтрует этот фрагмент по-своему и в зависимости от характеристик нового фрагмента задает величину вектора магнитной индукции.

При работе были использованы следующие алгоритмы: алгоритм построения векторов магнитной индукции, использованный для визуального отражения изменения состояния модели, придуманный в процессе разработки; алгоритмы фильтрации звука из библиотеки Accord.NET framework для выделения определённого диапазона частот.

Оконное приложение для Windows написано с использованием языка C#. Для работы со звуком была использована библиотека Accord.NET framework, написанная на C#. Для создания интерфейса программы была использована библиотека Windows Forms.

Задачи проекта: обеспечение визуализации на концертах и на небольших мероприятиях; возможность получения разных визуализаций для одной композиции.

### Литература

1. Теория звука. Что нужно знать о звуке, чтобы с ним работать. Опыт Яндекс.Музыки – URL: <https://habr.com/ru/company/yandex/blog/270765/> (дата обращения: 16.06.2019)
2. Магнитное поле – URL: [http://fizmat.by/kursy/magnetizm/magnit\\_pole](http://fizmat.by/kursy/magnetizm/magnit_pole) (дата обращения: 16.06.2019)

Целью данной работы является описание всех  $k$ -транзитивные графов, а также  $k$ -пополнения произвольных графов, исследование данных вопросов и для  $k$ -транзитивных ориентированных графов и произвольных ориентированных графов соответственно.

Определение  $k$ -транзитивного графа: граф  $G = (V, E)$  будем называть  $k$ -транзитивным, если для любых  $k+1$  различных вершин  $a_0, a_1, a_2, a_3 \dots a_k \in V$ , таких что  $\{a_0; a_1\}, \{a_1; a_2\}, \{a_2; a_3\} \dots \{a_{k-1}; a_k\} \in E$  выполнено  $\{a_0; a_k\} \in E$ .

В ходе решения задачи, графы были поделены на несколько групп, в зависимости от длины диаметра для упрощения рассуждений и работы с  $k$ -транзитивными графами и произвольными графами. В работе были рассмотрены поочерёдно данные группы, что в итоге даёт полноценное описание всех рассматриваемых графов. Основные теоремы полученные в ходе выполнения работы:

Теорема 2.12. Критерий  $k$ -транзитивности:

1. Если  $k$ -четное, то граф является  $k$ -транзитивным тогда и только тогда, когда он  $k$ -компактный,  $S_{k+1}$  или  $K_n$  для любого  $n$ .
2. Если  $k$ -нечетное, то граф является  $k$ -транзитивным тогда и только тогда, когда он  $k$ -компактный,  $S_{k+1}$ ,  $K_n$  или  $S_{n,m}$  для любых  $n$  и  $m$ .

Теорема 2.13 (Теорема о  $k$ -пополнении графа).

1.  $k$ -пополнение  $k$ -компактного графа совпадает с самим графом.
2.  $k$ -пополнение  $S_{k+1}$  совпадает с самим графом.
3. Если  $k$  нечетно, то  $k$ -пополнение двудольного графа — полный двудольный граф, доли которого совпадают с долями исходного графа.
4. Во всех остальных случаях  $k$ -пополнение графа — полный граф на том же множестве вершин.

Теорема 5.8 Если граф  $k$ -четный, то он либо полный двудольный, либо полный граф, либо объединение двух полных графов.

В ходе работы, были описаны все  $k$ -транзитивные графы, а также  $k$ -пополнения произвольных графов. Так же было положено начало исследованиям данных вопросов и для  $k$ -транзитивных ориентированных графов и произвольных ориентированных графов соответственно.

Если говорить о значимости исследований данной темы, то, на данный момент, в биоинформатике используются 2-транзитивные ориентированные графы для классификации заболеваний в клинически значимых подразделениях на основе молекулярных характеристик.

Новизна данной работы заключается в том, что в ней были описаны все  $k$ -транзитивные графы, а также  $k$ -пополнения произвольных графов и положены идеи для изучения  $k$ -транзитивных ориентированных графов. Пласт работы для исследования  $k$ -транзитивных ориентированных графов пока ещё остаётся довольно обширным. Исследование  $k$ -транзитивных ориентированных графов открывает новые и возможности и даёт новые инструменты для работы в такой сферы как биоинформатика. Рассмотрения структуры  $k$ -транзитивных графов, а также  $k$ -пополнений произвольных графов можно существенно помочь при исследовании  $k$ -транзитивных ориентированных графов.

## **Использование нейронной сети для экономного управления отоплением в системе «умный дом»**

**Парфенова Екатерина**

МБОУ Гимназия №4, г. Самара.

*Науч.рук.:* Григорова Елена Сергеевна, учитель информатики МБОУ Гимназия №4, г. Самара

Цель работы: разработать компьютеризированную систему обеспечения комфортной температуры в многоквартирной квартире с минимизацией затрат на электро – и – тепло ресурсы. Самое важное – обеспечение заданной комфортной температуры в доме. На втором месте – экономичность. Не жертвуя комфортом, экономить затраты на обогрев или охлаждение.

Алгоритм управления температурой:

1. Выбор интервала температур – дневного, ночного, и «экономного» на время отсутствия;
2. Выбор диапазона в зависимости от времени суток и присутствия людей;
3. Вычисление управляющего воздействия в зависимости от текущей температуры в помещении, температуры на улице и целевого диапазона температур;
4. Выбор исполняющего устройства (по доступности и стоимости) и отправка команды.

Компоненты системы:

1. Электрический обогреватель + управляющая умная розетка или реле;
2. Батарея центрального отопления + электропривод для шарового водяного крана + управляющая умная розетка или реле;
3. Кондиционеры (охлаждающие и греющие) + универсальный wi-fi пульт ДУ;
4. Беспроводной термометр;
5. Центральный (мини) компьютер с управляющей программой.

Описанный алгоритм реализован на языке Python. Для управления устройствами реализована интеграция с открытой системой «умный дом» - Home Assistant (см. прил. 2)

В отсутствие хозяев дома система переходит в экономичный режим, и включает снова обычный при их возвращении. Определять присутствие или отсутствие людей можно по геопозиционированию в сотовом телефоне. Для этого использована бесплатная программа – OwnTracks (есть для iOS, Android).

Но требуется существенное время после включения, пока нагреватель нагреет воздух в помещении до заданной температуры. Можно предсказывать возвращение человека по его текущему положению и изменению положения за последние полчаса и начинать греть заранее.

Разработана нейронная сеть для предсказания прихода хозяев в течении ближайшего времени (полчаса). Нейросеть состоит из 3 слоев: входной (9 входов), промежуточный (13 нейронов) и выходной (1 выход). Входной сигнал(ы): местоположение– текущее и за последние полчаса с разницей в 5 мин. (7 шт.), текущее время, день недели. Выходной сигнал: от 0 до 1 – вероятность прихода человека в ближайшие полчаса домой.

Для обучения сети были самостоятельно составлены наборы данных передвижений в течении дня, на каждый день недели. Из них сформировали обучающие наборы, содержащие историю передвижений за полчаса и результат (факт возвращения хозяина). Проведено обучение на подготовленных наборах, 10 000 итераций.

Сделана реализация на языке Python, с использованием библиотек numphy и TensorFlow. Полученная обученная сеть использована в алгоритме управления температурой для предупреждающего включения устройства отопления \ нагревания. (прил.1)

Для отладки алгоритма и отработки различных сценариев была реализована имитационная программа, которая имитирует управление устройствами, и рассчитывает изменение температуры. Для расчета изменения температуры от нагревания устройствами, и остывания от наружного холодного воздуха, использовались формулы теплообмена.

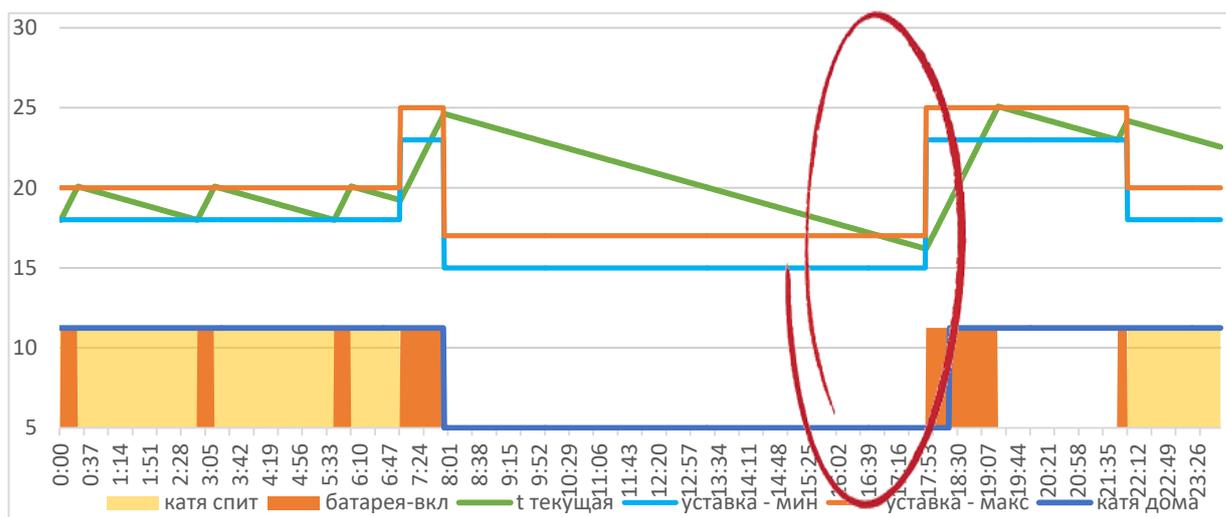
Итоговый расчет модели для одной комнаты за 1 сутки занимает 50 сек.

Написана система, которая может управлять температурой в квартире, в разных комнатах независимо друг от друга. Система взаимодействует со сторонней системой «умный дом» для получения данных и передачи управляющих команд. С помощью нейронной сети система заранее готовит заданную температуру точно к приходу хозяев. В результате удалось совместить два требования – сделать температуру в доме комфортной для всех, при этом экономить электро-и-теплоэнергию. Средняя стоимость компонент описанной системы для 4-х комнатной квартире – 12 000 руб. Это существенно меньше аналогов на рынке, и обеспечивает более гибкие сценарии управления климатом.

## Приложение

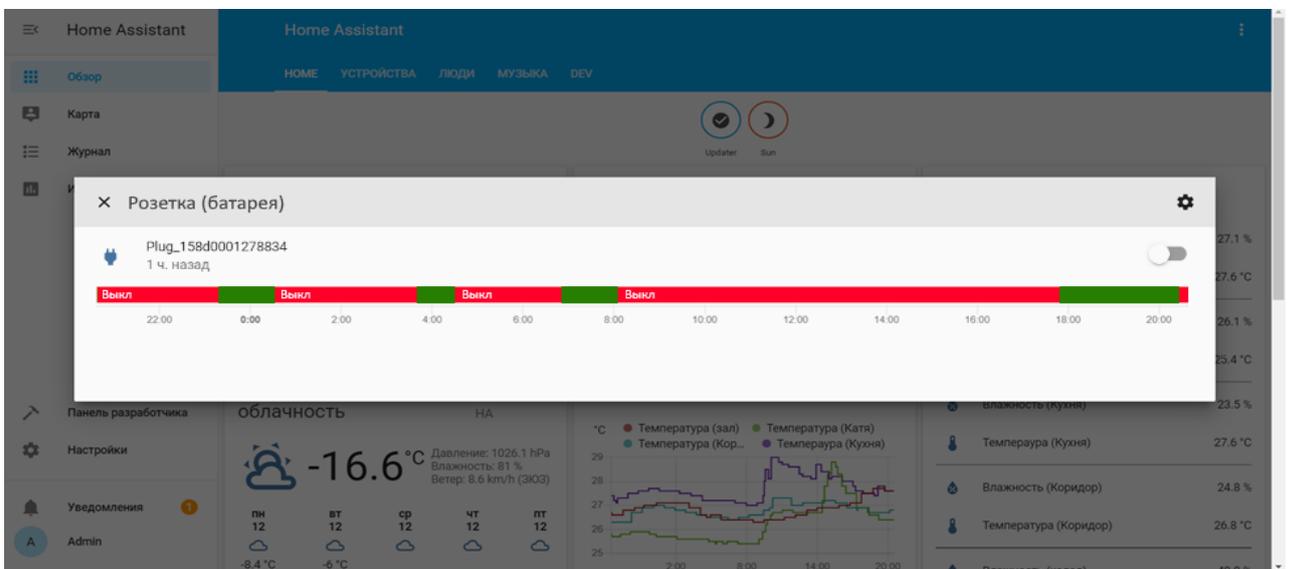
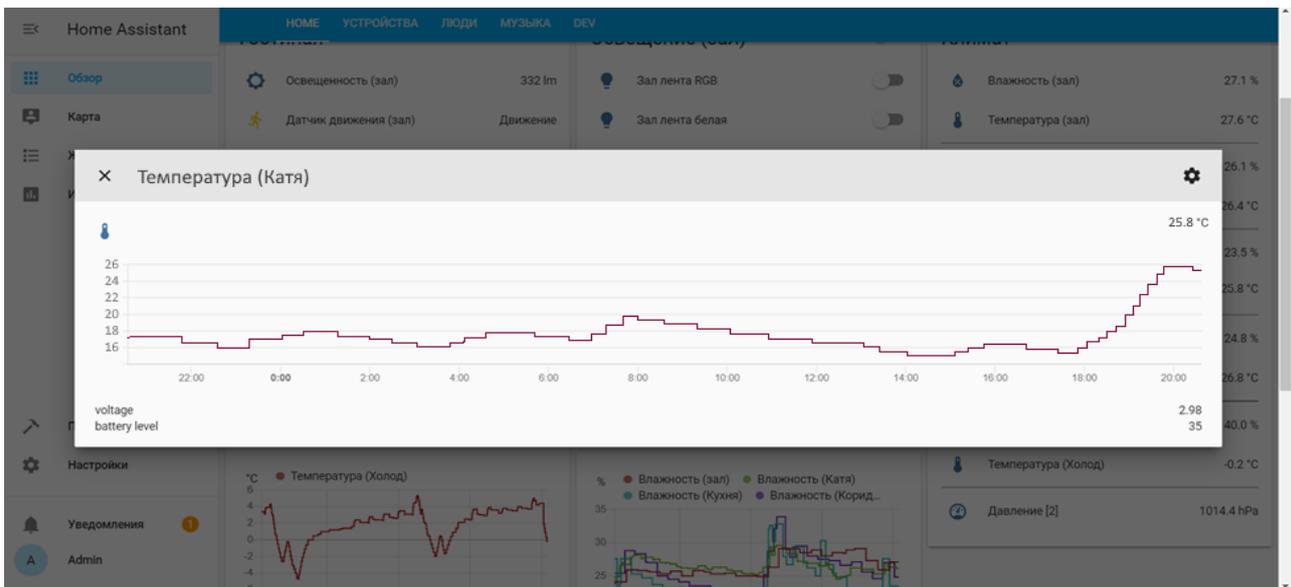
### Приложение 1

График изменения температуры в помещении в зависимости от местоположения жильца с предсказанием времени возвращения



### Приложение 2

Пример интеграции с системой «умный дом» Home Assistant



## Фигура, которая не делится на две равные части

*Е.А. Первак*

ГБОУ Школа имени Маршала В.И. Чуйкова г. Москвы

*Науч.рук.:* А.А. Заводов, учитель математики, ГБОУ Школа имени Маршала В.И. Чуйкова

Задачи на разрезание являются малоисследованной областью математики со множеством проблем и неопределенностей. Одна из них – разрезание фигуры на равные части. Рассматривая эту задачу применительно к треугольнику, легко заметить, что она имеет единственное решение для равнобедренного треугольника, а в случае равностороннего треугольника – даже 3 варианта решения.

Поставим цель: найти фигуру, которая не может быть поделена на две равные части сечением в виде отрезка прямой или ломаной линии и доказать, почему разносторонний треугольник нельзя разрезать на две равные части сечением в виде ломаной.

Существующие разработки по этой теме в основном представляют собой сборники головоломок и решений отдельных задач по поиску вариантов разрезания фигур [1, 2]. Универсальных методов решения таких задач не существует, и иногда в процессе работы над ними рождаются серьезные математические исследования, например, теорема Бойаи–Гервина и третья проблема Гильберта. Большинство задач посвящено поиску вариантов разрезания фигур на равные части. Целью данного проекта является решение обратной задачи: найти фигуры, которые не делятся на равные части и доказать их существование. Показано, что такой фигурой является разносторонний треугольник. При этом были рассмотрены все возможные случаи расположения сечений в границах треугольника и доказано, что ни в одном из этих случаев деление треугольника на равные части невозможно.

В результате исследования установлены 7 случаев расположения начала и конца сечений:

1. Из вершины в противоположную сторону
2. Из вершины в другую вершину
3. Из стороны в ту же сторону
4. Из вершины в прилегающую сторону
5. Из стороны в другую сторону
6. Из вершины в ту же вершину

Сечение расположено внутри треугольника и не касается его сторон и вершин

В дальнейшем планируется решение задачи для других видов многоугольников, поиск закономерностей и классификация таких «неделимых» фигур. Личный вклад участника определяется постановкой и успешным решением нетривиальной задачи в данной области.

## Литература

1. Шевяков В. Разрезание на две равные части. Части 1–3.
2. <https://habr.com/ru/post/178341/>
3. Екимова М. А., Кукин Г. П. Задачи на разрезание.—М.: МЦНМО, 2002.

## Новая магия квадратов

*Н.Д. Поплевин*

МБОУ СОШ №1 имени Героя Советского Союза Ивана Сивко

*Науч.рук.:* Л.В. Нирян, учитель математики МБОУ СОШ №1 имени Героя Советского Союза Ивана Сивко

Цель данной работы заключается в создании магических квадратов (3x3) нового вида, и связи с этим - изучение возможности существования и поиск всех таких троек трехзначных чисел, в записи которых каждая цифра (кроме нуля) встречается только один раз и эти числа подобраны по какому-то новому, наперед выбранному, математическому правилу. Такая математическая картинка носит имя «Магический квадрат». Самым распространенным и известным из них является квадрат, в котором используются также все

цифры (кроме нуля) и расположены они так, что сумма цифр по горизонталям, вертикалям и даже по диагоналям одна и та же и она равна 15.

В справочнике по математике я увидел огромный набор таблиц с числами, каждая из которых – это набор чисел, собранных по какому-то математическому правилу. Три цифры в ряд в головоломке – это трехзначное число. Необходимо было найти три таких трехзначных числа, являющихся квадратами целых чисел, которые могут быть составлены из всех известных цифр (кроме нуля), и каждая цифра при этом используется только один раз. Для этого я выделил в этой таблице все трехзначные квадраты чисел. Их оказалось 22. А далее, применив придуманный мной надежный метод перебора, я обнаружил единственный такой набор.

Далее я обратился к трёхзначным кубам натуральных чисел и убедился, что такого набора здесь не существует. Я вычленил из простых чисел только трёхзначные. Их оказалось 143. Я нашел целых 136 таких групп трехзначных простых чисел, которые заполняют магический квадрат с девятью неповторяющимися цифрами (кроме нуля). Поставленная задача имеет 136 решений.

Существуют ли среди 136 квадратов хотя бы один такой, у которого простые числа читались бы и по вертикальным направлениям, пусть для этого пришлось бы менять местами числа по горизонтальным линиям? В ходе исследования установлено, что это возможно, ведь удалось обнаружить среди всех двадцати двух трехзначных чисел, являющихся квадратами целых чисел, единственную тройку трехзначных чисел, составленных из всех девяти цифр (кроме нуля) и доказать, что среди пяти имеющихся трехзначных кубов натуральных чисел такой тройки не существует. Но самое главное, что из достаточно большого количества трехзначных простых чисел (143) удалось собрать 136 таких набора (без учета их возможной перестановки), которые выкладываются в квадрате  $3 \times 3$ , создавая поле с неповторяющимися цифрами (кроме нуля). И, учитывая, что самих различных полей из девяти цифр можно собрать  $9!$  (факториал) или 362880 видов, то очевидно, что приблизительно в каждом 2668 поле получается тройка трехзначных простых чисел, а, значит, наблюдается своеобразная «магия».

Таким образом, в ходе исследования установлено, что действительно существуют такие тройки трехзначных чисел, в записи которых каждая цифра (кроме нуля) встречается только один раз и эти числа подобраны по какому-то, наперед выбранному, математическому правилу. Так, удалось обнаружить, что среди всех двадцати двух трехзначных чисел, являющихся квадратами целых чисел, существует единственная тройка чисел, составленных из всех девяти цифр (кроме нуля). А вот среди пяти имеющихся трехзначных кубов натуральных чисел такой тройки - не существует.

Тогда как из достаточно большого количества трехзначных простых чисел (143) мне удалось собрать 136 таких наборов (без учета их возможной перестановки). А значит, в копилке различных математических редкостей (таких как:  $48 * 159 = 7632$ , где каждая цифра, кроме нуля, повторилась только один раз) появились свои новые представители.

В будущем планируется рассмотреть квадрат теперь уже  $4 \times 4$  и провести в нем аналогичное исследование.

### Литература

1. Выгодский М.Я., Справочник по элементарной математике, М.: Наука, 1976г.
2. Источник: <http://uchim.org/matematika/tablica-prostyx-chisel>
3. Постников М.М., Магические квадраты, Издательская группа URSS, 2010г.
4. Ru.wikipedia.org

### Приложение



## Моделирование распространения волны горения

*Сат Ай-Темир Александрович*

СУНЦ НГУ

*Науч.рук.:* Э.Р. Прууэл, Институт Гидродинамики им. Лаврентьева СО РАН

В настоящее время при изучении физических явлений удобно рассмотреть модели, которые с некоторой точностью описывают эти явления. В связи с этим определяющее место занимает создание компьютерных программ, которые будут моделировать физический процесс на основе выбранной модели. Поэтому разработка такой программы актуальна.

Целью данной работы явилась разработка программы, которая моделирует процесс горения.

Для достижения вышеуказанной цели необходимо было решить следующие задачи: разработать модель, описывающую горение; рассмотреть одномерный случай  $T(x, t)$ ; рассмотреть двумерный случай  $T(x, y, t)$ ; изучить язык программирования C++ и библиотеку MPPG; написать программу.

Используя довольно простые модели, можно качественно описать многие реальные особенности горения. В работе рассматривается среда, которая обладает теплопроводностью и возможностью протекания экзотермической реакции, скорость которой зависит от температуры. Предлагается рассмотреть среду с учетом теплопроводности, в которой возможна экзотермическая химическая реакция. Численно решая систему дифференциальных уравнений, можно исследовать различные режимы горения в одномерном и двумерном случаях.

Описанные явления моделировались системой дифференциальных уравнений в частных производных: уравнением химической реакции по закону Аррениуса (1) и уравнением теплопроводности (2):

$$\frac{\partial N}{\partial t} = -\frac{N}{\tau} \exp\left(\frac{-E}{RT}\right), \quad (1)$$

$$\rho c \frac{\partial T}{\partial t} = k \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + k \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} - \rho Q \frac{\partial N}{\partial t}, \quad (2)$$

где  $\rho$  — плотность,  $c$  — удельная теплоемкость,  $Q$  — удельное энерговыделение при химической реакции,  $T$  — температура в данной точке,  $k$  — коэффициент теплопроводности,  $N$  — доля непрореагировавшего вещества, меняющаяся от 1 - исходное состояние, до 0 - все прореагировало,  $E$  — энергия активации химической реакции,  $\tau$  — константа характеризующая скорость реакции.

В данной работе представленная система уравнений решается численно, с использованием явной разностной схемы.

Язык программирования C++ и MPPG

C++ - язык программирования широко используемый для разработки программного обеспечения. Область его применения включает создание разнообразных прикладных программ, драйверов устройств, приложений для встраиваемых систем, высокопроизводительных серверов, а также игр.

MPPG(Modeling Physical Phenomena Graphical User Interface) — графическая C++ библиотека для создания пользовательского интерфейса при численном моделировании физических процессов. Разработана в Институте Гидродинамики им. Лаврентьева СО РАН. Библиотека направлена на отладку расчетной программы или на тестирование численного метода. Находиться в свободном доступе.

Были подобраны начальные и граничные условия и смоделировано распространение волны горения в одномерном случае. При малых значениях энергии активации  $E=6$  получено стационарное распространение волны горения (Приложение 1). Рассматривается температура для данного участка  $T(x, t)$  ( $x$  — координата вдоль горизонтальной прямой). Красным цветом показано количество вещества для данного участка. По умолчанию количество вещества равно безразмерной величине 1. То есть волна горения распространяется слева-направо на рисунках 1 и 2. Белым цветом показано температура для данного участка вещества.

Были подобраны начальные и граничные условия и смоделировано распространение волны горения в двумерном случае. При малых значениях энергии активации  $E=5$  получено стационарное распространение волны горения (Приложение 2). Рассматривается температура для данного участка  $T(x, y, t)$  ( $x$  — координата вдоль горизонтальной прямой,  $y$  — координата вдоль вертикальной прямой). По умолчанию количество вещества равно безразмерной величине 1. Белым цветом показана температура для данного участка вещества, где белый цвет — температура большая (равна безразмерной величине 1), черный - температура достаточно малая для данной задачи.

В ходе данной работы:

1. Разработана модель, описывающая процесс горения в одномерных и двумерных случаях;
2. Изучен язык C++ и библиотека для создания графических интерфейсов MPPG;
3. Написана программа, моделирующая процесса горения для одномерного случая;

### Литература

1. Медведев Д. А., Куперштох А. Л., Прууэл Э. Р., Сатонкина Н. П., Карпов Д. И. Моделирование физических процессов и явлений на ПК: Учеб. пособие / Новосибирск: Новосиб. гос. Ун-т., 2010. — 101 с.
2. Керниган Б., Ритчи Д. Язык программирования C, 2-е издание. - М.: Издательский дом "Вильямс", 2009. - 304 с.
3. Документация к Mppg. C++ библиотека для создания интерфейса при численном моделировании физических процессов. Прууэл Э. Р.

# Приложение

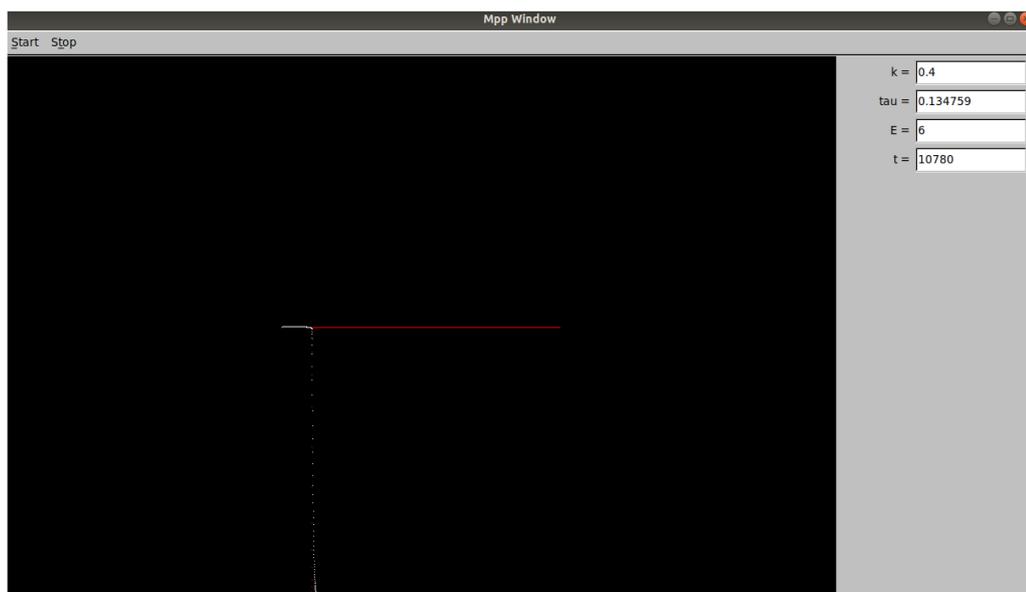


Рис. 1.

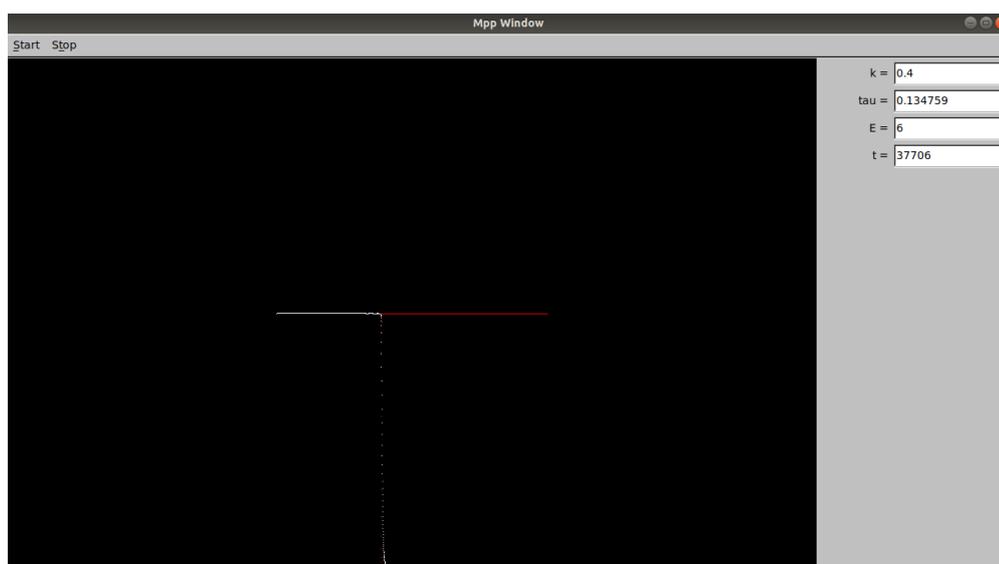


Рис. 2.

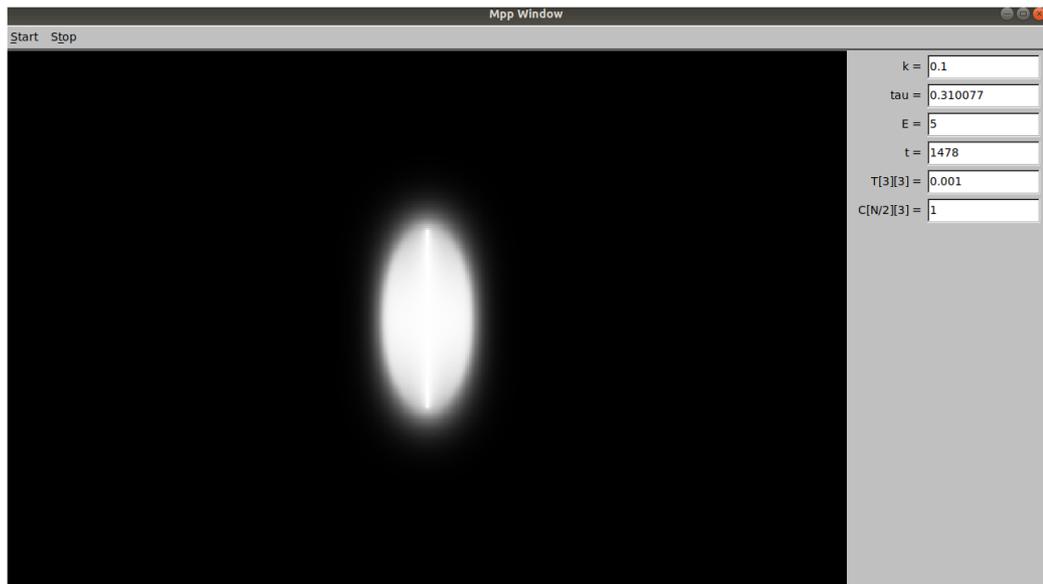


Рис. 3.

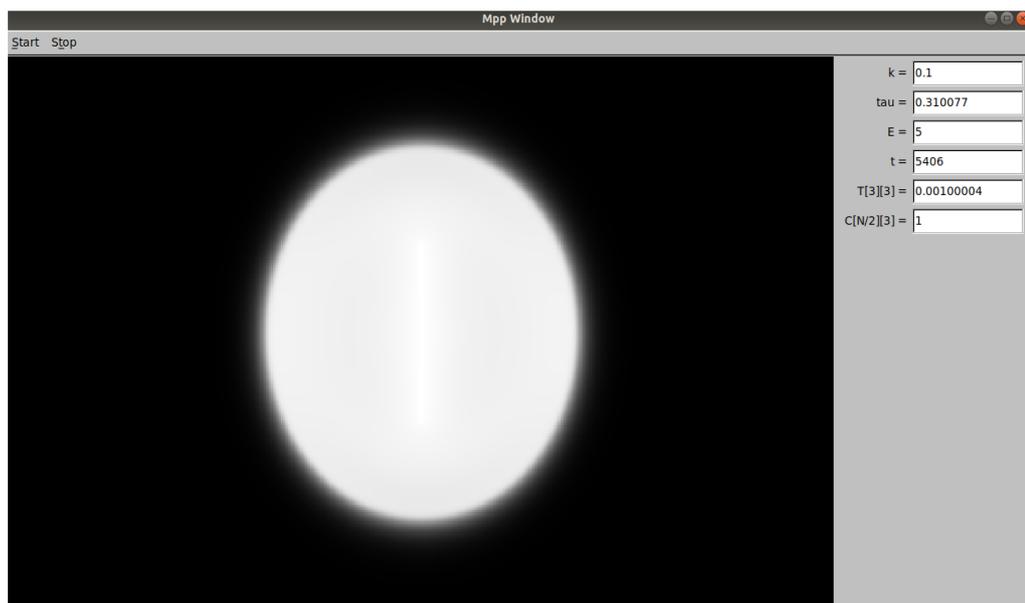


Рис. 4.

## Дополнение к списку Верника

*Федоренко Екатерина*

МБОУ “Физико-математический лицей”, г. Сергиев Посад

*Науч.рук.:* В.Н. Забавин, начальник лаборатории 12 ЦНИИ МО РФ; старший научный сотрудник

В 1982 году Верник составил список задач на восстановление треугольника по трем точкам из следующих шестнадцати[1]:  $A, B, C, O$  — вершины треугольника и центр описанной окружности;  $M_a, M_b, M_c, G$  — середины сторон треугольника и центр масс;  $H_a, H_b, H_c, H$  — основания высот треугольника и ортоцентр;  $T_a, T_b, T_c, I$  — основания биссектрис треугольника и центр вписанной окружности. Построения должны быть выполнены при помощи циркуля и линейки.

К настоящему времени все задачи решены (т.е. либо указан способ построения треугольника, либо доказано, что построение невозможно) [2]. Решения задач, где построение возможно, приведены в [3].

Обращает на себя внимание отсутствие в списке центров вневписанных окружностей ( $I_a, I_b, I_c$ ). Их добавление в несколько раз увеличит количество задач, поэтому ограничимся точками:  $A, B, C, O, I, I_a, I_b, I_c$ .

Цель работы - решить задачи на построение треугольника по трем точкам из набора  $A, B, C, I, O, I_a, I_b, I_c$  (указать способ построения или доказать, что это невозможно).

Три точки из 8 можно выбрать 56 способами. Из них 14 троек дают принципиально разные задачи:  $ABC, ABI, ABI_a, ABI_c, AII_a, AII_b, AI_aI_b, AI_bI_c, II_aI_b, I_aI_bI_c, AOI_a, AOI_b, OI_aI_b, OII_a$ . Первые две присутствуют в списке Верника, поэтому мы их не рассматриваем.

В результате решены все задачи на построение треугольника по трем точкам из набора  $A, B, C, O, I, I_a, I_b, I_c$ , дополняющего список Верника. В большинстве задач установлены необходимые и достаточные условия существования искомого треугольника (в виде требования к взаимному расположению точек). В восьми задачах он единственный, в четырех их бесконечно много. Указаны способы построения треугольника. Во всех рассмотренных задачах построение возможно.

### Литература

1. Wernick W. Triangle Constructions with Three Located Points. — Math. Mag., 55 (1982), 227–230.
2. <http://hydra.nat.uni-magdeburg.de/wernick/>
3. Беляев С.А. Восстановление треугольника по трем точкам// Математическое просвещение. Третья серия, вып. 19. – М.: МЦНМО, 2015. С. 109-137.

## Исследование корреляции успеваемости и баллов ЕГЭ с использованием методов Machine Learning

*А.А. Холопова*

ГАОУ школа №1518

*Науч.рук.:* Л.С. Сапрыкина, ГАОУ школа №1518, В.В. Михайлов, Центр проектного творчества «Старт-Про» - МГПУ

Целью данной работы является исследование зависимости между успеваемостью и баллами ЕГЭ, используя методы Machine Learning (ML). Необходимо: провести исследование доступных материалов по теме; построить графики успеваемости учащихся из обезличенной таблицы данных; выявить зависимости между успеваемостью и итоговым баллом на экзамене; найти «обрушенные» участки графиков, которые могут говорить о темах (выявленных по временному графику прохождения материала в школе), требующих большего внимания со стороны учащихся; выявить возможности построения прогностических и рекомендательных сервисов на основе анализа успеваемости методами ML.

Исследование заключается в изучении зависимостей (не всегда очевидных), возможности программным путем прогнозировать баллы ЕГЭ, контролировать прогнозируемые результаты и, в случае необходимости, целесообразным образом скорректировать подготовку по конкретным темам, более углубленно и подробно изучить материал, который важен для будущего экзамена.

Методы исследования: анализ литературы и интернет-источников; анализ таблиц с данными, обучившихся 11 классов и сдавших экзамен; построение графика зависимости среднего балла учащихся в течение года; сопоставление графиков и баллов каждого из учащихся; нахождение участков графиков, которые имеют наиболее частое «падение» среди всех учащихся; упорядочивание «проблемных» участков графиков; поиск участков и характеристик графиков, имеющих прогностическое значение; обобщение полученных данных в виде визуализированной зависимости для более удобного считывания её пользователем.

Результаты проведенных исследований позволяют ученикам: сориентироваться в подготовке к ЕГЭ; прогнозировать результаты ЕГЭ при текущей успеваемости и методах подготовки; оценить шансы на поступление в конкретный ВУЗ; усилить подготовку по наиболее целесообразным темам. Результаты проведенных исследований позволяют учителям: скорректировать учебную программу в целях более эффективной подготовки к ЕГЭ.

На данный момент не существует других исследований корреляций между успеваемостью школьника в течение учебного года и его итоговыми баллами ЕГЭ.

Итоги исследования:

1. Machine Learning действительно удобно использовать в определении зависимостей результатов ЕГЭ от успеваемости;
2. Построены графики зависимостей оценок от времени;
3. Найдены «проблемные» точки;
4. Подтвердилась гипотеза о неравномерном влиянии некоторых участков и "рисунка" графика успеваемости на результаты экзамена.

Дальнейшая перспектива проекта:

1. полное исследование оценок, выявление зависимостей результатов ЕГЭ от временных участков, форм графиков успеваемость, некоторых других выявленных параметров, данных успеваемости нецелевых/факультативных предметов;
2. построение графиков по классу с прогнозом его среднего балла;
3. выявление прогностических возможностей анализа успеваемости для целей коррекции программы обучения/самообучения.

## Литература

1. Wes McKinney & PyData Development Team «pandas: powerful Python data analysis toolkit Release 0.25.3». <https://pandas.pydata.org/pandas-docs/stable/pandas.pdf>, 07.02.2020.

2. Indexing. <https://numpy.org/devdocs/user/basics.indexing.html>, 07.02.2020.
3. Введение в анализ данных с помощью Pandas.
4. <https://habr.com/ru/post//196980>, 07.02.2020.
5. Введение в pandas: анализ данных на Python.
6. <https://khashtamov.com/ru//pandas-introduction>, 07.02.2020.
7. Библиотека Numpy. Полезные инструменты. <https://devpractice.ru/numpy-useful-functions>, 07.02.2020.
8. pandas Использование .iloc.
9. <https://riptutorial.com/ru/pandas/example/23772//0>, 07.02.2020.

## Приложение

```

In [4]: check = grades_1[['Дата', 'Тема']]

In [5]: themes = pd.DataFrame(columns = ['Дата', 'Тема'])
a = 0
for i in range(len(check)):
    if type(check.iloc[i]['Тема']) == str and check.iloc[i]['Тема'] != 'Тема':
        themes.loc[a, 'Дата'] = check.iloc[i]['Дата']
        themes.loc[a, 'Тема'] = check.iloc[i]['Тема']
        a += 1

In [6]: themes

```

	Дата	Тема
0	04.09	Преобразование выражений с радикалами
1	05.09	Преобразование степенных выражений
2	05.09	Преобразование тригонометрических выражений
3	06.09	Преобразование логарифмических выражений
4	11.09	Иррациональные уравнения
5	12.09	Логарифмические уравнения и неравенства
6	12.09	Показательные уравнения и неравенства

Рис. 1. Часть программы, определяющий дату и тему

The screenshot shows a Jupyter Notebook window titled "Untitled" with a last checkpoint from "Last Friday at 9:05 PM (autosaved)". The interface includes a menu bar (File, Edit, View, Insert, Cell, Kernel, Help) and a toolbar with icons for file operations and execution. The code cells and their outputs are as follows:

```

In [1]: import pandas as pd
import numpy as np

In [2]: grades_1 = pd.read_csv("tet.csv", delimiter=',')

In [3]: grades_1

```

5	4	5.1	4.1	4.2	3	5.2	2	5.3	4.3	3.1	5.4	4.4	2.1	4.5
---	---	-----	-----	-----	---	-----	---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

In [ ]:

Рис. 2. Первоначальная проверка работы программы на предварительно подготовленных данных

In [7]: first

Out[7]:

	№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
0	1	5	NaN	NaN	4	NaN	NaN	NaN	н	NaN	NaN	н	н	н	3	NaN	NaN	NaN
1	1	н	н	н	NaN	NaN	н	н	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	н	NaN	NaN	NaN	NaN
2	1	NaN	NaN	NaN	NaN	4	NaN	3	NaN	NaN	NaN	NaN	4	NaN	NaN	NaN	4	NaN
3	1	NaN	4	5	NaN	NaN	5	5	5	5	5	NaN	5	NaN	NaN	NaN	5	NaN
4	1	NaN	NaN	5	NaN	NaN	5	NaN	4	5	NaN	NaN	4	NaN	NaN	NaN	5	NaN
5	1	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	5	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	4	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
6	1	NaN	NaN	5	NaN	5	5	NaN	н	NaN								
7	1	н	н	н	н	н	н	н	н	н	н	NaN	4	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
8	1	NaN	5	5	5	NaN												

Рис. 3. Пример промежуточных обработанных данных

**«Contact» - мобильное приложение для коммуникации с людьми с нарушениями речи**

*А.А. Царикович*

ГУО «Средняя школа №11 г. Слуцка»

*Науч.рук.: В.А. Жук, учитель информатики ГУО «Средняя школа №11 г. Слуцка»*

Огромное количество людей в мире страдают патологиями дефекта речи. Основные тому причины - аварии, врожденные или приобретенные заболевания. Например, инсульт – очень распространенная болезнь, которой страдают более 15 миллионов человек ежегодно согласно ВОЗ, провоцирующая как частичный паралич, так и полную потерю речи. Человек, перенесший любое из вышеперечисленных потрясений, может быть прикован к постели, потерять возможность управлять некоторыми конечностями тела и неспособен общаться с другими людьми при помощи речи. На данный момент существуют два способа решения этой проблемы. Первый – нанять частного сурдопереводчика (дорого), второй – механическая перчатка или электронный браслет (до сих пор ни одно из этих двух приспособлений не поступило в обиход и это дополнительная трата денег). Таким образом, можно полностью сформулировать главную проблему нашей работы: в мире до сих пор нет дешевого и портативного устройства, которое бы помогло людям с ограниченными возможностями общаться с другими людьми.

Цель работы - создать мобильное приложение “Contact”, которое без помощи дополнительной аппаратуры научится распознавать жесты человека с ограниченными возможностями при помощи камеры в смартфоне и предоставит минимальный словарный запас пользователю.

Выдвигаемая гипотеза: с помощью камеры в смартфоне, красной перчатки и алгоритмов компьютерного зрения и распознавания изображений возможно создать мобильный сурдопереводчик, который обеспечит удобную среду для работы, обеспечит минимальным словарным лексиконом и покажет высокий процент распознавания жестов.

Исследовались особенности методов коммуникации с людьми с нарушениями речи; проанализированы и составлен необходимый словарный запас для удовлетворительной коммуникации; рассмотрены технологии обработки и сегментации изображений; изучены и сравнены различные алгоритмы распознавания изображений.

В процессе исследования принято решение отказаться от всей дополнительной аппаратуры и в качестве «датчика» была выбрана камера смартфона, в силу широкой доступности и легкости пользования. Для достижения действительно высокой точности распознавания жестов, способной конкурировать с точностью распознавания при использовании нательных датчиков, нами был выбран алгоритм сегментации изображения по цвету с использованием красной перчатки. Следующим этапом было определение опорного алгоритма. Были рассмотрены три алгоритма распознавания изображений: KNN, Feature Search и Neural Network с собственной архитектурой. Созданы 15 классов жестов по 5000 изображений в каждом классе и был протестирован каждый из этих алгоритмов. Нами была выбрана нейронная сеть, как лучший алгоритм для Contact (качество распознавания жестов 98%).

Была создана платформа RSigns предоставляющая готовые алгоритмы для работы с жестами рук, с движениями глаз и мимикой губ посредством технологий компьютерного зрения и машинного обучения. Написан свой сайт [tsarikovich.github.io/RSigns/index.html](https://tsarikovich.github.io/RSigns/index.html) и предоставлена документация для работы с одноименной библиотекой RSigns на языке Python. Таким образом Contact функционирует на данной библиотеке.

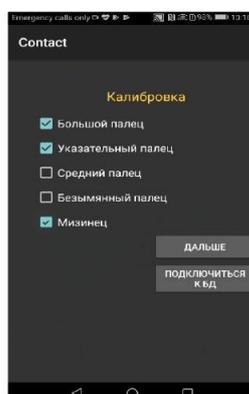
Как работает Contact? Пользователю нужно скачать приложение Contact, затем он должен выбрать подконтрольные ему конечности, и приложение автоматически фильтрует и предлагает ему возможные для демонстрации жесты. Пользователь может задать свои индивидуальные значения каждому жесту. После этого можно начинать распознавание. Пользователь при помощи QR-кода делится своей базой данных жестов с человеком, с которым он намеревается общаться, и тот получает всю базу данных жестов большого с их значениями. Для полноценного общения одних только статических жестов может не хватить, именно поэтому был создан алгоритм “Safe Dinamic”, который распознает динамические жесты. Его особенностью является то, что порядок демонстрации статичных жестов в динамическом не имеет значения для конечного результата, что значительно упрощает запоминание комбинаций. В основе данного алгоритма лежит сложение одноканальных матриц изображений.

Приложение является серверным, что обеспечивает высокую скорость работы и низкие требования вычислительных мощностей телефона. Сервер был написан на языке Python. Мобильное приложение написано на языке Java.

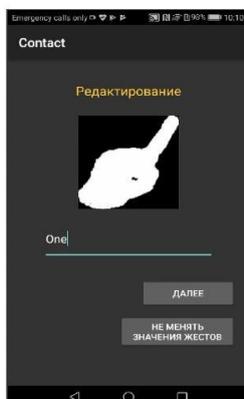
В результате нами была подтверждена выдвинутая гипотеза, проанализированы методы распознавания жестов, рассмотрены и протестированы известные алгоритмы, а также написана архитектура собственного алгоритма на основе нейронной сети VGG-16, реализован алгоритм “Safe Dinamic”. Они были использованы в созданном умном мобильном приложении Contact, которое без помощи дополнительной аппаратуры, лишь при помощи камеры в смартфоне распознает жесты, а также размещены на собственной платформе RSigns с полной документацией пользования алгоритмами.

## Приложение

### Выбор используемых пальцев



### Просмотр и редактирование жестов



### Генерация qr-кода



### Распознавание жеста



Предлагаемые приложением жесты для выбранных пальцев

## Разработка алгоритма адаптируемой нейронной сети для оптимизации работы маршрутизатора

*С.Я. Васильев, С.Р. Четин*

Назарбаев Интеллектуальная школа физико-математического направления г. Алматы

*Консультанты:* С.А. Хохлов, PhD, КазГУ им. Аль-Фараби; Б.А. Кизбаева, учитель физики, НИИШ ФМН г. Алматы

Целью научного проекта является оптимизация работы маршрутизатора, при помощи искусственных нейронных сетей

Гипотеза: искусственные нейронные сети могут решить проблемы современных маршрутизаторов и оптимизировать процесс маршрутизации.

Методика эксперимента: моделирование маршрутизирующей нейронной сети на языке программирования Python.

Этапы исследования:

1. Поиск информации о существующих протоколах маршрутизации данных, и общих сведениях о нейронных сетях.
2. Исследование проблем современных маршрутизаторов, и определение алгоритма нейросети для их устранения.
3. Разработка модели нейронной сети способной решать задачу маршрутизации.
4. Анализ эффективности построенной модели.
5. Разработка альтернативной модели.
6. Сравнение созданных моделей.

Задачи: исследовать актуальные проблемы маршрутизации; создать работающие модели нейросетевых маршрутизаторов; сравнить эффективность созданных моделей.

Процедура исследования: на первом этапе определяется архитектура нейронной сети, а также форму (размеры) и вид векторов её входа и выхода. Далее нужно настроить такие параметры сети как скорость обучения, время обучения, функция активации и количество слоёв. На завершающем этапе тестируется точность полученной модели.

Новизна исследования: применение нейронных сетей с архитектурами многослойного персептрона и Карты Кохонена в решении задачи маршрутизации.

Результаты работы: были созданы две модели нейронной сети, способные выполнять задачи маршрутизации. Посредством этого были решены такие проблемы современных протоколов, как большие вычислительные и временные затраты, прекращение работы при изменении топологии сети, а также автоматизация установки приоритетов.

Выводы: использование нейросетей в сфере маршрутизации имеет широкие перспективы.

Практическая ценность: маршрутизаторы, основанные на работе нейронных сетей, могут быть использованы в любых сферах, где ранее использовались стандартные протоколы маршрутизации.

## **Защита приложений-загрузчиков Windows**

*Д.Е. Шаблыко*

МАОУ «Математический лицей», г. Хабаровск

Целью данной работы является создание защищенного и оптимизированного приложения, загружающего модуль в сторонний процесс. Необходимо: создать приложение-загрузчик; разработать систему авторизации пользователей; создать серверное приложение, необходимое для работы с приложением-загрузчиком; внедрить систему защиты от взлома.

В условиях конкуренции между издателями различного программного обеспечения, многие из них прибегают к нечестным методам борьбы с конкурентами и заказывают взломы или воруют их программное обеспечение, в следствие чего, издатели, продукт которых был взломан, нередко терпят крах и закрываются, что приводит к прекращению поддержки пользователей, которые уже приобрели их продукцию, а значит и конечный потребитель теряет свои деньги, которые он отдал за определенное программное обеспечение.

В ходе данной работы мы создадим приложение-загрузчик, которое будет хорошо защищено и оптимизировано. У приложений-загрузчиков достаточно большая область применения, но в нашем случае мы будем создавать приложение, загружающее модификацию в компьютерную игру, при этом доступ к приложению будет только у авторизованных пользователей, имеющих активную подписку или необходимые права.

Алгоритм программы выглядит следующим образом:

1. Авторизация пользователя, получение данных о нем;
2. Загрузка модуля модификации для игры (dll);
3. Запись модуля в процесс игры, вызов входной точки;
4. Обработка ошибок при записи или вывод информации о том, что модификация применена.

Первым шагом в создании данного приложения стало изучение PE-формата и возможностей работы с ним. У PE-формата есть заголовки, без которых изображение программы не может быть записано в оперативную память, у каждого заголовка свое предназначение. Так, например, NT-заголовки содержат данные для записи формата, характеристики файла и множество других не менее важных полей.

Самой первой идеей противодействия недоброжелателям было шифрование модуля на сервере и отправка зашифрованного формата на клиент, в свою очередь клиент должен расшифровать формат после получения. Таким образом, мы лишаем взломщиков возможности попросту подменить функции получения и отправки данных.

После получения бинарного формата клиент расшифровывает его и записывает в процесс, после чего применяются действия, необходимые для исполнения PE-файла: получают его PE-заголовки, все секции формата поочередно записываются в процесс, после записи производятся перемещения изображения и присвоение адресов импортируемым функциям, затем в процессе создается отдельный поток, из которого и исполняется код нашего загруженного модуля. Также я решил, что неплохой идеей будет и затирать память, в которой находится входная точка модуля, с помощью `RtlZeroMemory` после вызова OEP.

Казалось бы, теперь получаемый модуль зашифрован, а значит и взломать программу и получить бинарный файл сложно, ведь нужно искать ключ шифрования и расшифровывать все вручную, но, к сожалению, не все так однозначно. С помощью VEN-отладчиков недоброжелатель может найти вызовы записи в память приложения и получить бинарный формат после расшифровки, то есть он может найти в отладчике процесс расшифровки формата, дождаться его выполнения, а потом попросту получить уже расшифрованный файл. Из-за того, что файл передается полностью вместе с PE-заголовками, злоумышленник, получив его, может пользоваться модулем даже без наличия активной подписки на его аккаунте, ведь файл полностью цел и может быть записан в оперативную память.

Выходом из сложившейся ситуации было решение передавать файл без PE-заголовков с сервера. Но из-за особенности структуры PE невозможно будет записать и исполнить файл из оперативной памяти пользователя. Тогда мне пришла идея попробовать выполнить все изменения файла до его загрузки в процесс. Передо мной стояло две задачи: исправить таблицу импорта до загрузки файла в процесс и произвести перемещения.

Для произведения перемещений я решил передавать на сервер адрес, по которому выделена память в процессе. Таблица импорта же в свою очередь проверяется на сервере, все необходимые функции записываются в строку и передаются на клиент. Клиент разбирает строку и вызывает функцию `GetProcAddress` из удаленного процесса с помощью шеллкода, затем все полученные адреса записываются в последовательность и отправляются на сервер. Сервер получает запрос и изменяет PE-формат в соответствии с полученными данными, после чего отправляет бинарный формат на клиент.

В итоге на клиент приходит бинарный формат, который не содержит PE-заголовков, ведь он уже заранее загружен в процесс. При получении файла тем же путем, что и ранее, злоумышленник останется с файлом, формат которого не пригоден для каких-либо действий.

Таким образом, я создал прогрессивную защиту от взлома, которая подойдет для любых загрузчиков, работающих на Windows. Защита обеспечивается путем приготовления файла для загрузки в процесс на сервере, соответственно у каждого пользователя будет всегда разный формат и разные данные для загрузки.

В результате я создал программу-загрузчик, которая надежно защищена от взломов. В программе есть авторизация и загрузка модуля в процесс, которая производится на удаленном сервере. Из-за того, что загрузка модуля происходит на сервере, данные, необходимые для загрузки модуля, постоянно меняются и имеют разное значение, а это значит, что у каждого пользователя будет разный формат в разное время, соответственно взломать такое приложение гораздо сложнее.

## **Умный будильник PS-WUQ (Physiology of Sleep - Wake Up Quickly)**

***С.В. Щетинин***

МОУ «Лицей №5 имени Ю. А. Гагарина Центрального района Волгограда»

*Науч.рук.:* Е.Н. Ульченко, старший преподаватель кафедры информатики и методики преподавания информатики ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный социально-педагогический университет», учитель информатики МОУ «Лицей №5 имени Ю. А. Гагарина Центрального района Волгограда»

Цель исследования: разработка архитектуры, функционала и дизайна мобильного приложения «PS-WUQ» (Physiology of sleep – wake up quickly), которое является умным будильником, подбирающим эффективный звуковой сигнал в зависимости от фазы сна, в которой находится пользователь

Задачи исследования: рассмотреть фазы и стадии сна человека; выяснить какие звуковые сигналы наиболее подходят для того, чтобы разбудить человека в определенной фазе сна; выяснить, как можно определить в какой фазе сна в данный момент находится человек; провести сравнительный анализ мобильных будильников, которые учитывают фазы сна; разработать функциональные возможности интерфейса мобильного приложения «Умный будильник PS-WUQ»; разработать архитектуру мобильного приложения «Умный будильник PS-WUQ».

Всего существует две фазы сна (медленная и быстрая) и 4 стадии медленной фазы (дремота, легкий сон, умеренно глубокий сон, глубокий сон). Проанализировав их, мы выяснили, что острота слуха зависит от глубины сна, чем глубже сон, тем человек слышит хуже, следовательно, разбудить его труднее. Также мы выяснили, что если во время сна включать разные звуки, то человек на них будет по-разному реагировать: могут заставить стать человека беспокойным, раздражительным, некоторые могут привести и вовсе к бессоннице. Мы выяснили еще, что существует специальный звуковой сигнал, который может перевести человека из глубокого сна в быструю фазу. Озадачившись вопросом о том, как нам выяснить в какой фазе и стадии сна в данный момент находится пользователь, мы нашли самый оптимальный для нас способ – определение фазы и стадии сна по пульсу.

После исследования сна мы решили проанализировать приложения-будильники и поняли, что существующие умные будильники, отслеживающие фазы сна («Sleep as Android», «Sleepzy: Будильник и фазы сна» и т.п.), будят в быстрой фазе (самой оптимальной фазе для пробуждения), подстраиваясь под организм, а наш будильник будет будить зависимо от времени выставленным пользователем. Будильников с такой же идеей мы не нашли. Также проанализировав эти приложения, мы учли их недочеты и при разработке заострим внимание на том, чтобы этих недочетов не допустить в нашем приложении.

В качестве пульсометра мы хотели использовать фитнес-трекер подобно приложению Mi Fit, но оказалось, что доступ к подключению сторонних приложений к фитнес-трекерам заблокирован, поэтому мы будем делать свой пульсометр.

В умном будильнике PS-WUQ реализован минималистический интерфейс (приложение, рис. 1), не отвлекающий внимание пользователя от его основных функций будильника и просмотра статистики сна.

Общий алгоритм работы приложения (приложение, рис. 2):

После установки времени срабатывания будильника, приложение начинает по данным пульсометра отслеживать момент, когда человек уснет. После этого каждые 5 минут в приложение поступает информация с пульсометра, которая передается на обработку, зная пульс, приложение узнает в какой момент времени, в какой фазе находился человек, сколько времени осталось до звонка будильника, а также передает данные в статистику.

Когда до времени пробуждения остается 30 минут, приложение прогнозирует, в какой фазе сна будет человек вовремя звонка будильника. Если это будет глубокая фаза сна, то с этого момента включается специальный звуковой сигнал, выводящий человека из состояния глубокого сна. Далее за 2 минуты до звонка будильника определяется окончательная фаза и стадия сна, в которой находится человек и если фаза и стадия сна изменились, то включается звук в соответствии с данными о новой стадии и фазе, если нет, то включается звук, будящий человека из глубокой фазы.

На момент первого использования PS-WUQ приложение опирается на усредненные научные данные по фазам и стадиям сна - «холодный» старт, в последующие разы приложение будет опираться на базу из данных пользователя.

Android приложение-будильник было написано на Java. Мы решили, что будем делать свой пульсометр на Arduino. Детали, которые потребуются для сборки пульсометра:

1. Датчик пульса – аналоговый датчик, фиксирующий пульс
2. Double Shield – это расширенная плата, которая упрощает процесс подключения Shield'ов к Arduino.
3. Trema Shield – расширенная плата, которая упрощает процесс подключения модулей к Arduino.

На данный момент мы разработали архитектуру, интерфейс и демо версию мобильного приложения-будильника. Нужно сделать свой пульсометр и можно начинать тестирования разработки.

## Литература

1. Sleep as Android: Отслеживанием циклов сна [Электронный ресурс]. URL: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.urbandroid.sleep&hl=ru> (Дата обращения – 26.12.2019)
2. Sleepzy: Будильник и фазы сна [Электронный ресурс]. URL: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.apalon.alarmclock.smart&hl=ru> (Дата обращения – 26.12.2019)
3. Как звуки влияют на наш сон и продуктивность [Электронный ресурс]. URL: <https://www.audiomania.ru/content/art-4963.html> (Дата обращения – 24.12.2019)
4. Как управлять сном: методы прямого воздействия на активность мозга [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/company/mailru/blog/402313/> (Дата обращения – 23.12.2019)

5. Как фитнес браслет определяет фазы сна [Электронный ресурс]. URL: <https://fitnessbraslet.com/trekery-sna/braslet-fazy-sna.html#i> (Дата обращения – 22.12.2019)
6. Наука сна: часть 1 [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/post/411931/> (Дата обращения – 20.12.2019)
7. Структура сна: фазы, стадии и циклы? [Электронный ресурс]. URL: <https://sleepguide.ru/son/struktura> (Дата обращения – 21.12.2019)
8. Фаза глубокого сна: сколько длится и как увеличить? [Электронный ресурс]. URL: <https://yandex.ru/turbo?text=https%3A%2F%2Fbez-sna.ru%2Ffaza-glubokogo-sna%2F> (Дата обращения – 21.12.2019)
9. Фазы сна — искусство просыпаться правильно [Электронный ресурс]. URL: <https://matrasum.ru/son/zdorove/fazy-sna/> (Дата обращения – 20.12.2019)
10. Фазы сна у человека по времени [Электронный ресурс]. URL: <http://pravilasna.ru/wiki/fazy-sna-u-cheloveka.html> (Дата обращения – 20.12.2019)
11. Фликкер-шум [Электронный ресурс]. URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/24488> (Дата обращения – 25.12.2019)
12. Что такое быстрый и медленный сон [Электронный ресурс]. URL: <https://sladson.ru/vidy-sna/bystryj-i-medlennyj.html> (Дата обращения – 23.12.2019)
13. Урок 27. Пульсометр [Электронный ресурс].
14. URL: [https://ampermarket.kz/base/arduino\\_family/](https://ampermarket.kz/base/arduino_family/) (Дата обращения – 27.12.2019)

## Приложения

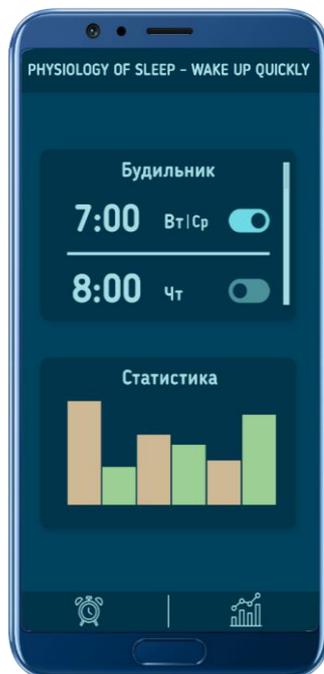


Рис. 1. Интерфейс приложения «Умный будильник PS-WUQ»

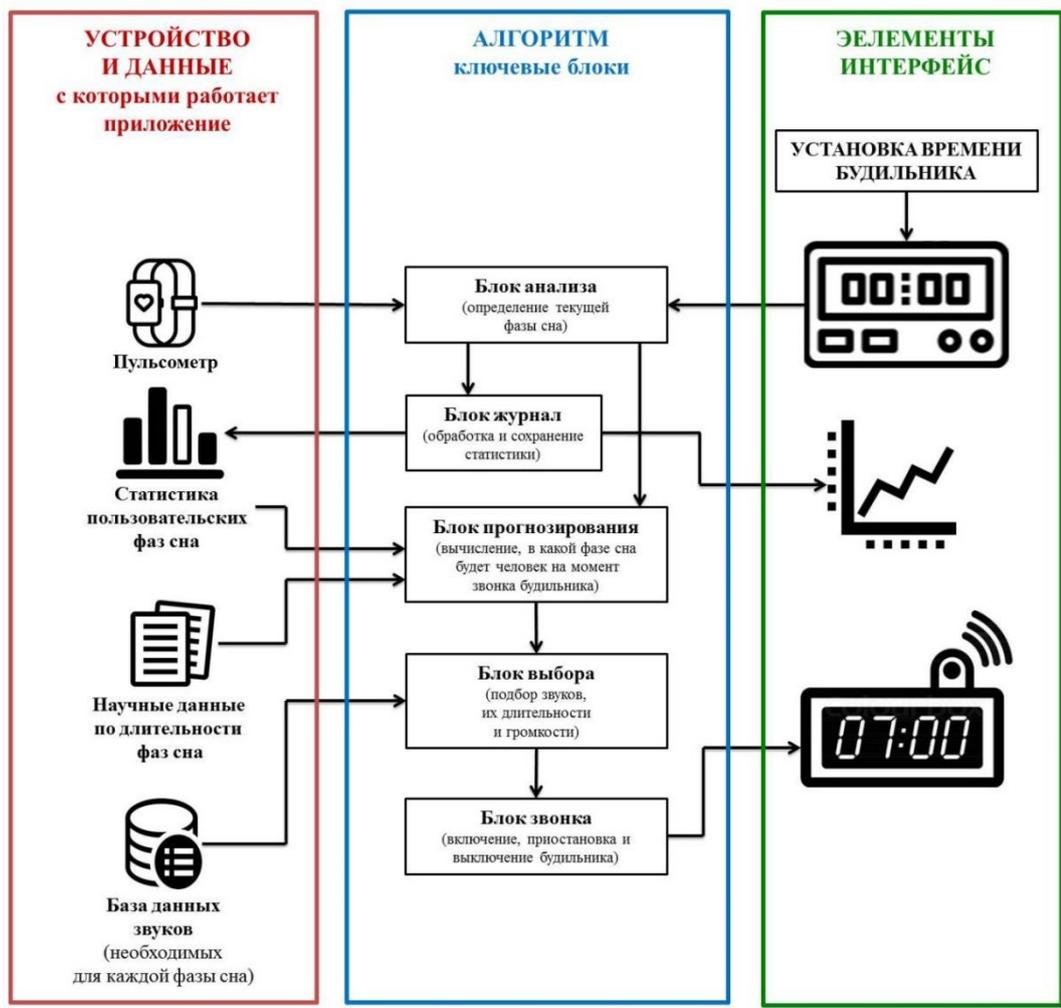


Рис. 2. Структурные составляющие

# Секция нано-, био-, информационных и когнитивных наук и технологий

## Крахмалопласт как упаковка будущего

*Я.Е. Афанасенкова, Т.С. Безбородкина*

МБОУ «Гимназия №3 г. Брянска

*Науч.рук.:* Е.Л. Меркушева Елена Леонидовна, учитель химии и биологии высшей категории МБОУ «Гимназии №3» г. Брянска

Пластмассы или пластики – материалы, основой которых являются синтетические или природные высокомолекулярные соединения (полимеры).

Синтетические полимеры имеют массу плюсов, но также можно выделить весомые минусы: вещества содержат токсины и аллергены; проблематичность утилизации; природный газ и нефть (то, из чего получают синтетические полимеры) – это невозобновляемые природные ресурсы.

Проанализировав плюсы и минусы, мы пришли к выводу, что актуальной проблемой является спасение и защита окружающей среды от столь большого объема пластиковой продукции.

Цель: создание экологичной и биоразлагаемой альтернативы промышленному пластику.

Задачи: найти рецепты органического пластика; изучить технологию изготовления; изучить механизмы протекающих реакций; узнать больше об экологическом состоянии нашей планеты; протестировать полученные образцы и выбрать самый оптимальный из них; найти область применения полученных образцов. Методы: изучение литературы, эксперимент, наблюдение.

Перед началом работы мы выделили критерии конечного продукта: прост в создании; легко придавать форму; экономичен; способен разлагаться; можно использовать в быту.

Крахмал состоит в основном из двух видов полисахаридов: линейной амилозы и ветвистого амилопектина. Для получения пластика намного лучше подходят линейные молекулы, именно поэтому в рецептах присутствуют кислоты и соли. Ионы в растворе способствуют гидролизу связей, соединяющих ветви амилопектина, разрывая его на множество более коротких цепочек амилозы. Эти длинные молекулы перепутываются и образуют прочные связи. Такие крепкие переплетения приводят к образованию достаточно твердого и жесткого пластика. Для того чтобы обеспечить некоторое скольжение между цепочками и сделать материал достаточно гибким, во многих рецептах присутствует глицерин. Он исполняет роль смазки в структуре полученного пластика и делает его мягким и гибким.

Было выделено 3 наиболее оптимальных по составу рецепта [Таблица №1 (рецепты и технология приготовления)].

Вывод: укусный крахмалопласт самый оптимальный вариант для дальнейшего изучения [Таблица №2 (сравнение качеств образцов)].

Была выделена продукция, в создании которой теоретически можно использовать биоразлагаемый пластик: пластиковая посуда, пакеты, канцелярия и др.

Заливка в форму крахмалопласта имеет свои плюсы и минус. Плюсы: возможность создания отдельных деталей и в будущем соединение их вместе, при заливании в форму масса не растекается и засыхает в нужном положении. Минусы: при застывании размер образца уменьшается в 2 раза, следовательно, это нужно учитывать при дальнейшей работе с материалом, для получения объемных фигур нужно ограничение с двух сторон.

Мы решили рассмотреть способность крахмалопласта к адгезии ( пригодится в формировании продукции). Вывод: крахмалопласт способен на адгезию с фольгой. Дерево помогает получить наиболее выгодный в дальнейшем использовании материал. Крахмалопласт с вазелином не прилип и легко снимался с любой поверхности

Изучение поведения образцов укусного крахмалопласта в различных средах

Вывод: крахмалопласты легко разлагаются в жидкостях, жиры не вредят. Можно использовать для хранения сухой и жирной пищи.

Созданный крахмалопласт разлагается в любой среде, в отличие от полиэтиленового пакета (он остался нетронутым). Разложение лучше происходило в кислотной среде. Укусный крахмалопласт самый оптимальный вариант для дальнейшего изучения.

В ходе исследования была найдена альтернатива пластику, которую можно использовать в производстве. В дальнейшем планируется улучшение рецептуры и придание ей универсальности, т.к. данный способ пока применим преимущественно к сухим материалам.

### Литература

1. А. Лешина «Пластики биологического происхождения», «Химия и жизнь» №9, 2012
2. Касьянов Г.И. «Биоразрушаемая упаковка для пищевых продуктов». Вестник науки и образования Северо-Запада России, 2015

### Приложение

Рецепты крахмалопластов			
1	<b>Укусный</b>	1) 1 ст. ложка (10 г) крахмала; 2) 4 ст. ложки (60 мл) воды; 3) 1 ч. ложка (5 мл) уксуса; 4) 1 ч. ложка (5 мл) глицерина	
2	<b>Содовый</b>	1) 1 чашка крахмала; 2) 2 стакана соды; 3) 0,5 стакана воды	

3	<i>Солевой</i>	1) 1 ч. ложка (3 г) крахмала; 2) 45 мг поваренной соли; 3) 2/3 чашки (160 мл) 1%-ного раствора глицерина	
<b>Технология приготовления:</b>			
1) Все ингредиенты смешиваются в холодной воде; 2) Полученная смесь помещается в кастрюлю, где при постоянном помешивании нагревается до состояния липкой массы; 3) Далее получившаяся масса тонким слоем распределяется по формам, процесс высыхания в среднем занимает 1-3 дня.			

Табл. 1

<b>Сравнение свойств полученных крахмалопластов</b>					
Название	Цвет	Консистенция	+	-	Обобщение
<b>Солевой</b>	Белый	Кристаллизуется, хрупкий, ломкий	Без запаха	Невозможно придать форму (растекается), долго затвердевает	НЕ ПРИГОДЕН
<b>Содовый</b>	Белый	Очень плотный, схож с цементом	Легко придать нужную форму, быстро застывает	Хрупкий, крошится	ВОЗМОЖНО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ, НО НЕ В РОЛИ ПЛАСТИКА
<b>Уксусный</b>	Прозрачный	Плотный, тягучий, схож с резиной	Эластичный, сложно повредить	Резкий запах	БОЛЕЕ ПОДРОБНОЕ ИЗУЧЕНИЕ

Табл. 2

## Поведение крахмалопласта в различных средах

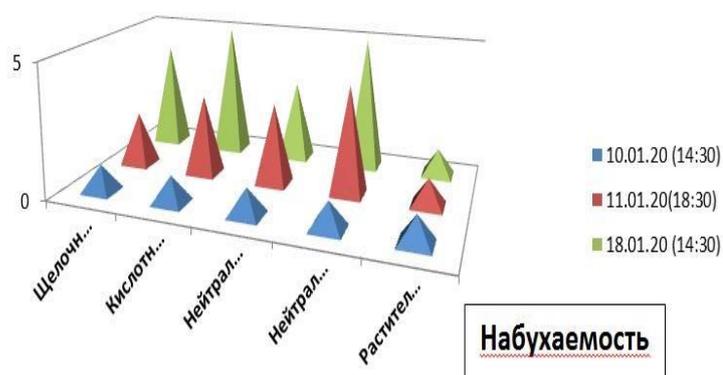


Рис. 1: Поведение крахмалопласта в различных средах. «Набухаемость»

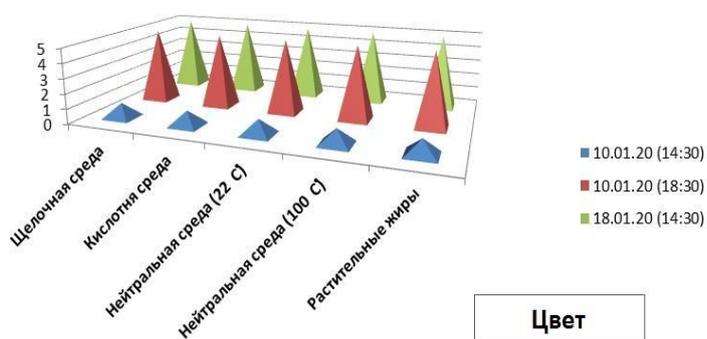


Рис. 2: Поведение крахмалопласта в различных средах. «Цвет»

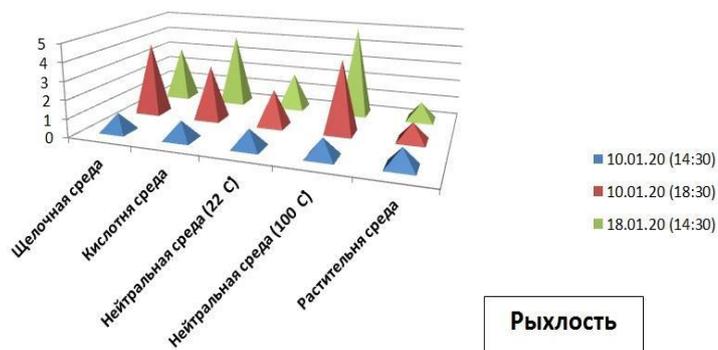


Рис. 3: Поведение крахмалопласта в различных средах. «Набухаемость»

## Экспресс способ оценки антибиотикорезистентности бактерий

А.А. Банков

ГАОУ ТО "Физико-математическая школа"

Науч.рук.: О.А. Тарасов, учитель технологии, ГАОУ ТО "Физико-математическая школа"

Целью проекта является разработать и практически реализовать экспресс метод оценки антибиотикорезистентности бактерий. В ходе проекта решались следующие задачи: проанализировать источники литературы, касающиеся использования зондового сканирующего микроскопа (ЗСМ) для исследования бактерий; ознакомиться с теоретическими основами зондовой микроскопии и приобрести навыки работы на ЗСМ Наноэдукаторе-II; провести экспериментальную апробацию предложенного метода на разных типах антибиотиков; подготовить методичку по лабораторной работе, демонстрирующей наш способ для учащихся Физико-математической школы Тюменской области и студентов Тюменского госуниверситета направлений «Нанотехнологии» и «Биология».

Геометрические размеры бактерий при заданных внешних условиях являются характеристиками морфотипа, а при изменении внешних условий и воздействии различных факторов (например, антибиотиков) величина и динамика изменения геометрии мембран бактерий являются интегральными параметрами этого воздействия. Определить с высокой точностью размеры бактерий и состояние их стенок способна техника зондовой сканирующей микроскопии, которая в последние 5-10 лет стала гораздо доступнее широкому кругу пользователей.

Исследование проведено с помощью зондового сканирующего микроскопа Наноэдукатор-2 на примере лактобактерий с использованием трех типов антибиотиков - нарушающего синтез клеточной стенки, нарушающего синтез белка и нарушающего целостность клеточной стенки (разрывающий её), соответственно. Бактерии осаждались на специальную подложку, а затем сканировался участок размером 100 мкм \* 100 мкм, на котором находилось несколько сотен бактерий. Для получения результатов необходимо упорядоченное и без перекрытия расположение бактерий на подложке. Такое расположение достигалось за счёт периодической модуляции в пространстве сил межмолекулярного притяжения между поверхностью подложки и мембранами бактерий.

Использовался контрольный образец осажденных на подложку бактерий (*Bifidobacterium Longum* MC-42) без воздействия антибиотика, и тестовые образцы с теми же бактериями, на которые действовал какой-либо один из выбранных антибиотиков в заданной концентрации в течение часа. Пока сканировался контрольный образец (около часа) на тестовый образец действовал антибиотик, тем самым время не терялось.

После сравнения аспектно-отношения (длины и ширины) у контрольного и тестового образца делался вывод о чувствительности (нерезистивности) данной бактерии к данному антибиотику.

Эволюционно все живые организмы привыкли приспосабливаться к окружающей среде и внешним раздражителям. Современное человечество всё чаще сталкивается с тем, что бактерии, вызывающие различные заболевания, поколение за поколением вырабатывают терпимость к различным видам антибиотиков. Из-за того, что не успевают подобрать подходящий антибиотик, ежегодно погибает около 1 млн. человек, а к 2050 году число жертв возрастет в 10 раз. Основная проблема заключается в долгом определении необходимого антибиотика в связи с тем, что существующие методы требуют выращивания колоний бактерий, что занимает 1-7 суток, а счёт человеческой жизни иногда идет на часы.

Установлено, что статистически достоверный результат нашим методом можно получить в течение всего 2 часов, когда первый час уходит на сканирование контрольного образца, а второй – образца, подверженному воздействию антибиотика.

Полученный результат позволяет говорить о принципиальной возможности разработки экспресс метода определения антибиотиков резистивности бактерий, по крайней мере, к трем типам антибиотиков имеющих явное воздействие на мембрану клеток.

### Литература

1. Микробиология учебник - Воробьев А.В., Быков А.С., Пашков Е.П., 2003.
2. Effects and applications of sub-lethal ultrasound, electroporation and UV radiations in bioprocessing Article in Annals of Microbiology · October 2012
3. СЗМ NanoEducator. Руководство пользователя. [http://nano.donstu.ru/labrab/szm\\_nanoeducator.\\_rukovodstvo\\_polzovatelya\\_mac\\_os\\_.pdf](http://nano.donstu.ru/labrab/szm_nanoeducator._rukovodstvo_polzovatelya_mac_os_.pdf)
4. Афанасьев К. Н., Волостников В. Г., Воронцов Е. Н., Коробцов А. В., Котова С. П., Лосевский Н. Н., Майорова А. М., Разуева Е. В. Манипуляция биологическими микрообъектами оптическими пинцетами различных типов // Альманах клинической медицины. 2008.
5. Абдулова Г. Б., Нурахова А. Д., Катаева Х. Т. Анализ результатов микробиологического мониторинга антибиотикорезистентности микроорганизмов, выделенных в хирургическом стационаре // Вестник хирургии Казахстана. 2016.
6. Агеев О.А., Коноплев Б.Г., Смирнов В.А. и др. Зондовая фотонно-стимулированная нано-литография структур на основе пленки титана // Микроэлектроника. – 2007. – Т. 36, № 6.– С. 403-408.
7. Егупова Е.Ю., Багмет В.Б., Абдуллин Ш.Р. Воздействие антибиотиков и фунгицидов на цианобактерию *Nostoc punctiforme* (Kutz.) Hariot и сопутствующие микроорганизмы // Вестник Башкирск. ун-та. 2017. №1.

### Новая технология утилизации жидких отходов алюминиевого производства с получением товарной продукции - сульфата натрия

*Е.Д. Барышников*

МБОУ «Лицей №2» г. Братск Иркутской области

*Науч.рук.:* А.Г. Сорокин, член Всероссийской Ассоциации политических наук, учитель географии и биологии высшей квалификационной категории МБОУ «Лицей №2» г. Братск Иркутской области; И.В. Филичева, учитель физики высшей квалификационной категории МБОУ «Лицей №2» г. Братск Иркутской области; *консультант:* к.т.н. Л.В. Гавриленко, ведущий технолог ПАО «Русал-Братск».

Целью данной работы является поиск способа получения полезных ресурсов из жидких производственных отходов. Необходимо: изучить различные источники информации по данной теме; выявить особенности организации обращения с отходами на предприятии; выявить особенности химических соединений, перешедших из газовой фазы в жидкую; изучить процесс образования солей из насыщенных растворов газоочистки; на основании лабораторных исследований получить опытную партию пробы для проведения эксперимента; определить качественный состав полученного материала; подобрать оптимальные параметры процесса кристаллизации материала из насыщенных растворов газоочистки; выполнить сравнительный анализ искусственного и природного материала;

определить возможность применения полученного продукта в качестве сырья для целлюлозно-бумажной промышленности, заменив свежее сырье; подготовить заключение по технологии кристаллизации сульфата натрия из растворов газоочистки и применения его в качестве сырья в ОАО «ИЛИМ-ПАЛП»; подготовить расчёт экономической эффективности проекта.

Научная новизна данной работы отличается новаторством в исследуемой тематике, так как выведение серы и ее соединений из электролизных газов является актуальной проблемой для алюминиевых заводов, работающих по технологии Содерберга, и применяющих анодную массу с высоким содержанием серы. Высокое содержание серы в растворе позволило провести испытания по ее извлечению и переводу в товарный продукт - сульфат натрия.

Разработана новая технология кристаллизации сульфата натрия из растворов газоочистки с применением наружного воздуха в холодный период года (в Сибири 7 месяцев температура воздуха от  $-5^{\circ}\text{C}$  до  $-45^{\circ}\text{C}$ ). Полученное вторичное сырье имеет высокое качество, а именно: содержание  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  до 98% против 90% в свежем сырье.

В проектно-исследовательской работе проведена практическая разработка методов формирования попутной продукции в производстве алюминия, отличающаяся тем, что основным ее объектом является насыщенный раствор газоочистки, содержащий химические соединения:  $\text{NaF}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  и  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . По результатам проведенных исследований предложен процесс получения попутной продукции путем кристаллизации сульфата натрия, который образуется при взаимодействии окислов серы в газовой фазе с содовым раствором в системе газоочистки. Способ кристаллизации сульфата натрия из растворов газоочистки позволит исключить накопление жидкой фазы на шламовом поле, сэкономить соду кальцинированную и получить товарный продукт – сульфат натрия, который можно использовать в целлюлозно-бумажной, химической и в текстильной промышленности, в цветной металлургии, в производстве стекла, в строительной отрасли и др.

Данная технология получения сульфата натрия позволит получить вторичное сырье, что позволит снизить экологическую нагрузку, и прекратить поставки свежего сырья-сульфата натрия в город, а также, повысить технико-экономические показатели алюминиевого производства.

Основное содержание работы – исследование мероприятий по подавлению вредных воздействий на окружающую среду, позволяющих снизить давление на экологию за счет уменьшения выхода производственных отходов на действующем металлургическом предприятии, попутно сократить расход материальных ресурсов в других отраслях.

Комплексное использование сырья служит основой комбинирования предприятий. При этом возникают новые производства, перерабатывающие отходы основного предприятия, что дает высокий экономический эффект и является важнейшим элементом народного хозяйства.

Работа проводилась на действующем металлургическом предприятии:

1. проведены лабораторные испытания при получении сульфата натрия из технологических растворов газоочистки,
2. представлены бланки химических анализов и учёт химизма процесса;
3. для анализа технических решений выбраны разработанные варианты схем вывода сульфата с технологией выделения сульфата натрия при охлаждении растворов,
4. представлена аппаратурно-технологическая схема;
5. проведён расчет воздуха для переохлаждения раствора;
6. представлена экономическая эффективность проекта (срок окупаемости 1,3 месяца).

На сегодняшний день, по результатам проведённой работы, на Братском алюминиевом заводе выпущена первая производственная опытная партия сульфата натрия из вторичного сырья. Новая технология получения товарной продукции из техногенных отходов алюминиевого производства может использоваться в алюминиевой промышленности для улучшения экологической обстановки в стране.

### Литература

1. Ржечицкий Э. П. Новые направления и перспективы утилизации фтористых и серных соединений на алюминиевых заводах. / Техничко-экономический вестник «Русского Алюминия». № 1, 2002 г. с 50 – 52.
2. Моисеев. В.Н., Кошик И.М., Гавриленко Л.В., Фефелов Ю.Н./Патент РФ 2064891. Способ выделения сульфата натрия из растворов газоочистки электролитического производства алюминия. / Зарегистрировано в Гос. реестре изобр. 10.08.1996 г.
3. Баранцев А.Г., Гавриленко Л.В., Чупров В.В. /Патент РФ 2215689. Способ кристаллизации сульфата натрия из растворов газоочистки электролитического производства алюминия/ Зарегистрировано в Гос. реестре изобр. 30.07.2001 г.

### Приложение

Приложение №1: Бланк химического анализа

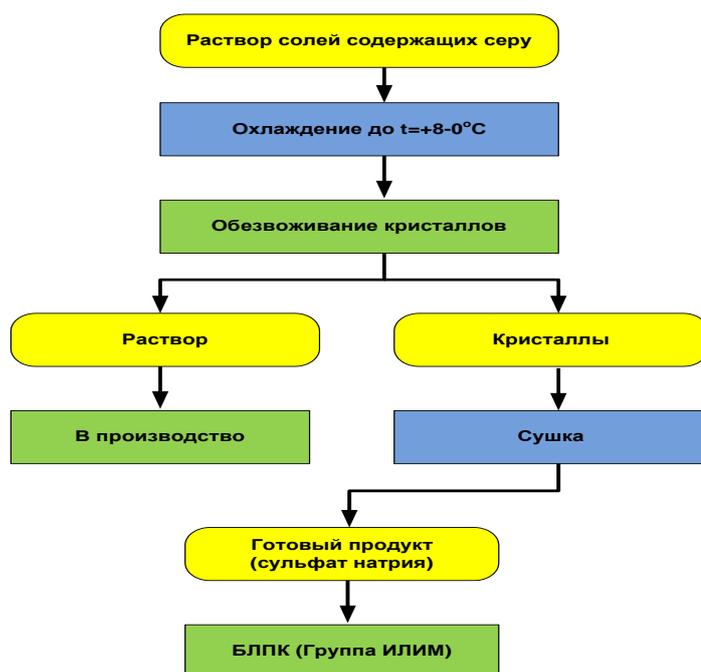
№ пробы	Наименование материал	Определяемые компоненты			
		Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	NaF	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	н/ост
15.11.2019	Сульфат натрия раствора				
1	маточного	8,9	ост	90,4	0,33
2	осветлённого	4,7	ост	94,4	0,24
3	осветлённого	3,2	ост	96,4	Нет пробы

Примечание:

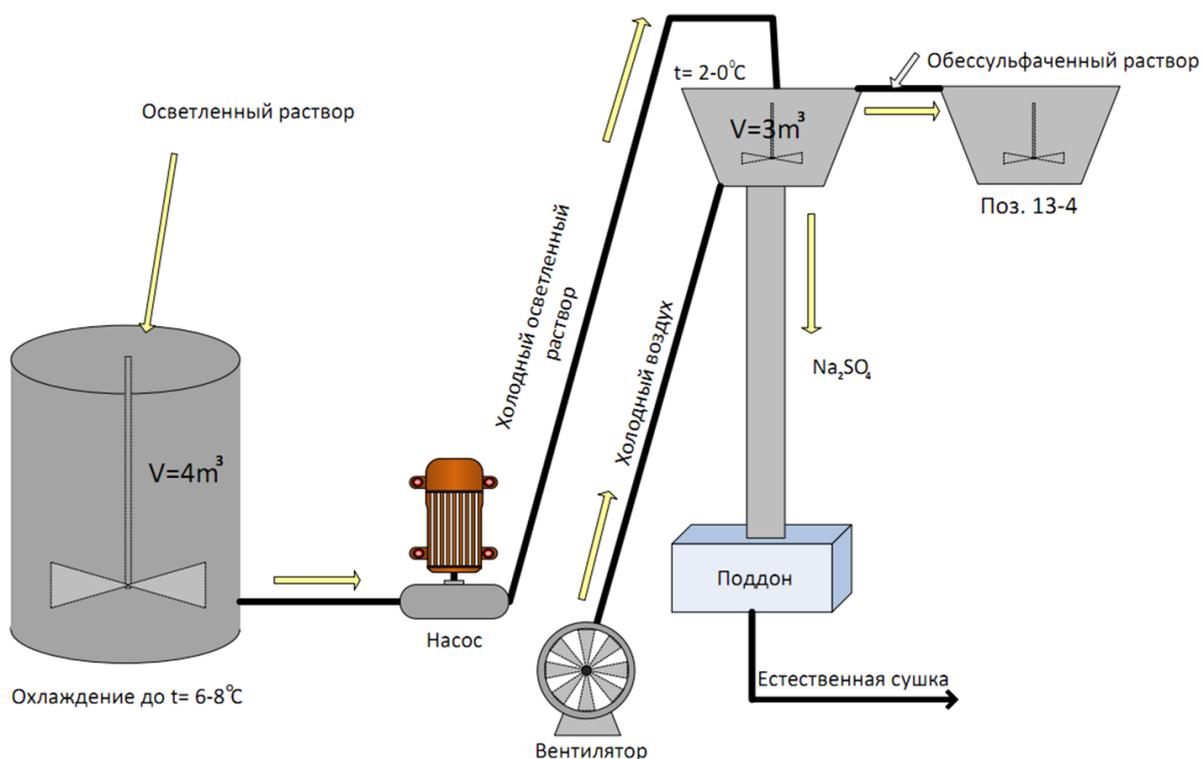
1. реактив сульфат натрия после выдержки при температуре 800<sup>0</sup>С остался без изменения, при температуре 884<sup>0</sup>С расплавился  
Температура 884<sup>0</sup>С - это температура плавления сульфата натрия (справочник).
2. анализируемые пробы при температуре 800<sup>0</sup>С частично спеклись, а при температуре 884<sup>0</sup>С пробы расплавились.
3. нерастворимый остаток представляет собой порошок чёрного цвета.

Дата поступления	Номер пробы	Наименование материала	Определяемые компоненты				
			Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	С	н/ост	NaF
		Сульфат натрия	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	С	н/ост	NaF
18.11.2019		Осветлённый раствор, отмытый водой комнатной температ.	98,6	1,0	0,1	0,2	отс.

Приложение №2: Принципиальная технологическая схема вывода сульфата натрия с получением товарного продукта



Примечание. По существующей технологической схеме раствор сбрасывается на шламовое поле.



Приложение №3. Экономическая эффективность проекта  
Период окупаемости

Период окупаемости проекта показывает за какой срок предприятию возвратятся денежные средства, вложенные во внедрение нового технологического процесса.

Период окупаемости определяем по формуле:  
 $T=K/P$ , где  $T$  – период окупаемости, год;  
 $K$  – инвестиции на основные фонды и их внедрение, тыс.руб.;  
 $P$  – прибыль за счет реализации готовой продукции, тыс.руб.  
 $T=20048.114/163043.326= 0.13$  года или 1.3 месяца

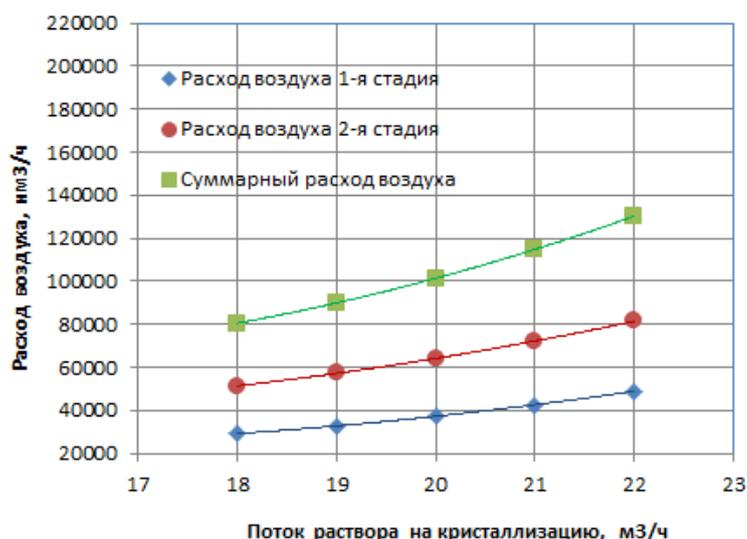
Наименование статьи	Ед.	Результат внедрения
Выпуск сульфата натрия	т/год	12307
Экономия соды кальцинированная	т/год	8056
Снижение потерь криолита	т/год	894
Цена 1т соды кальцинированной	руб./т	15647
Цена 1т вторичного криолита	руб./т	30000
Себестоимость сульфата натрия	руб./т	5620.34
Цена 1т сульфата натрия	руб./т	13000 (информ. в Интернете)
Срок окупаемости	год	0.13
Прибыль после 1 года внедрения	тыс. руб./год	163043.326

Табл. 8: Результаты расчета экономического эффекта

Таким образом, данные расчеты доказали экономическую эффективность внедрения производства сульфата натрия без учета экологических платежей.

#### Приложение №4. Расчет воздуха для переохлаждения раствора

В процессе расчета установлено, что расход воздуха растет по полиномиальной зависимости от потока раствора, поступающего на вымораживание (охлаждение с последующей кристаллизацией), При потоке 18 м<sup>3</sup>/ч суммарный расход воздуха на охлаждение составит 80,4 тыс. нм<sup>3</sup>/ч, а при увеличении исходного потока раствора до 22 м<sup>3</sup>/ч – 130,4 тыс. нм<sup>3</sup>/ч.



## Получение нано катализатора водорода Ni/Pt-NP методом импульсной лазерной абляции Pt в жидкости

*М.Е. Васильев<sup>1</sup>, А.М. Цветков<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>МБОУ лицей №5, г. Королёв

<sup>2</sup>МБОУ гимназия №3, г. Королёв

*Науч.рук.:* к.х.н. Н.А. Расторгуева, учитель химии и биологии МБОУ лицея №5

Целью работы является разработка процессов импульсной лазерной абляции мишени из платины (Pt) в жидкости с образованием нано частиц (Pt-NP) и их переносом на пористый носитель из никеля (Ni) для формирования высокоэффективных электрокатализаторов (Ni/Pt-NP) выделения водорода с низким содержанием платины, для этого нам нужно решить следующие задачи: найти экономически выгодный, доступный и высокоэффективный катализатор с большой площадью поверхности (для более эффективного использования этого материала как катализатор). Выявить наиболее удобный для нас вид напыления платины на найденный объект. Провести исследования и сравнить экземпляр до и после обработки его нано частицами платины.

Наиболее распространенный способ получения нано частиц — импульсная лазерная абляция (ИЛА) твердых мишеней в жидкости, газе или вакууме(рис.1). Главным преимуществом импульсной генерации является возможность достижения максимальной пиковой мощности.

В качестве мишени в работе использовалась пластина из слитка платины чистотой 99,98%. В качестве жидкости, в которой осуществлялась абляция мишени, применялся изопропиловый абсолютный спирт безводный (99,7%)Осаждение нано частиц Pt-NP из коллоидного раствора на носитель происходило методом пропитывания никелевой пены в получаемом растворе и дальнейшим высушиванием в сушильной камере.

Ввиду серьезного загрязнения окружающей среды в наши дни, чистые и устойчивые источники энергии и технологии преобразования энергии привлекают все большее внимание. Создание высокоэффективной альтернативной энергетики является одним из основных трендов развития мировой научной и технической мысли. Одно из наиболее перспективных - развитие водородной энергетики, для эффективного функционирования которой требуются высокопроизводительные и экономически выгодные способы получения и хранения водорода. Электрохимическое расщепление воды на водород и кислород высокой чистоты - это экологический и эффективный метод преобразования электрической энергии в химическую, которая может быть сохранена для дальнейшего использования. Однако его применение сдерживается необходимостью использования дорогостоящих катализаторов из редких металлов платиновой группы.

Каталитические свойства полученных образцов измерялись в трех электродной электрохимической ячейке (рис. 9а, б) в 0.5 молярном растворе серной кислоты H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Электрохимические измерения проводились в режиме измерения линейной вольт амперной зависимости(граф.2), (табл.1).

Использованный метод позволил нам получить катализатор с малым содержанием платины в виде нано частиц Pt-NP, обладающий отличными каталитическими свойствами, необходимыми для повышения энергоэффективности процесса эволюции водорода, который не значительно уступает характеристикам чистой платины. При этом, стоимость получаемого катализатора значительно ниже т.к. содержание платины в нём составляет не более 14% от всей площади поверхности носителя.

## Литература

1. Synthesis, Characterization, and Catalytic Activity of Platinum Nanoparticles on Bovine-Bone Powder: A Novel Support . S. A. Gama-Lara,<sup>1</sup> Raúl. A. MoralesLuckie, <sup>1</sup> L. Argueta-Figueroa, <sup>1</sup> Juan P. Hinestroza,<sup>2</sup> I. García-Orozco, <sup>1</sup> and R. Natividad
2. Pt nanoparticles hold hollow appeal for catalysis, Nano today, Volume 10, Issue 5, October 2015, Pages 536-537
3. Catalytic activity of shaped platinum nanoparticles for hydrogenation: a kinetic study (Catal. Sci. Technol., 2014,4, 3290-3297). Xiaodi Li, Guozhu Li, Wanting Zang, Li Wanga and Xiangwen Zhanga
4. Введение в методы получения пленочных электролитов для твердооксидных топливных элементов: монография / Л.А. Дунюшкина. – Екатеринбург: УРО РАН, 2015. – 126 с.
5. Импульсная лазерная абляция в жидкости фемто и наносекундными источниками. Особенности процесса/ УДК 621.375.826. А.Н. Савкин, Т.Ю. Сидоровнина, В.А. Тимошенко, Ю.В. Голубенко

## Приложение

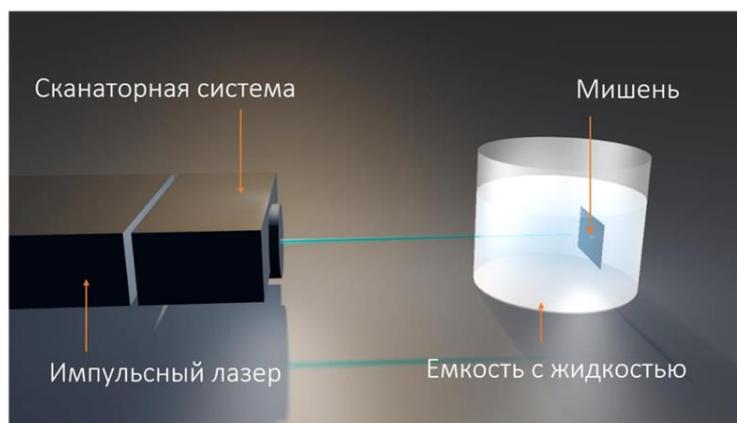


Рис. 1. Импульсно лазерная абляция в жидкости

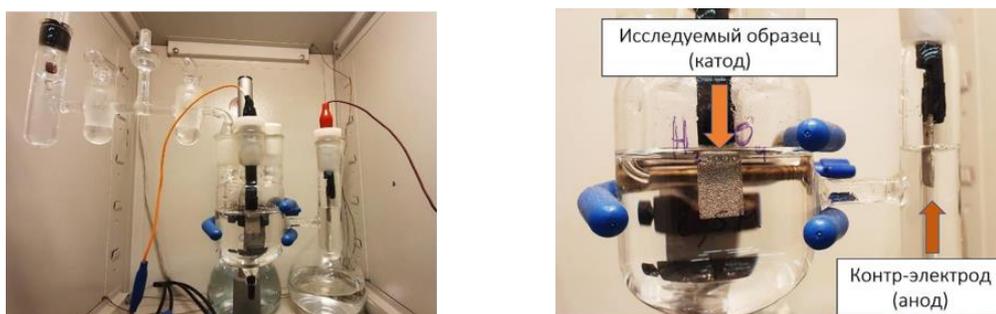


Рис. 9(а,б). Трех электродная электрохимическая ячейка

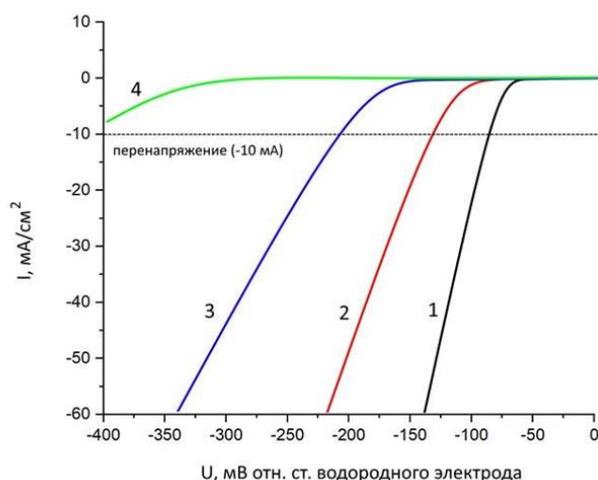


График 2. Режим измерения линейной вольт амперной зависимости в платине (1), пористом никеле с частицами платины (2), пористом никеле (3), графите (4)

Образец	Перенапряжение, мВ
1	-80
<u>2</u>	<u>-131</u>
3	-208
4	-420

График 1. Показатели перенапряжения платины (1), пористого никеля с частицами платины (2), пористого никеля (3), графита (4).

## Синтез и исследование многофункциональных фосфатов церия(IV)

*Л.С. Родина, А.В. Двирняк*

ГБОУ Школа № 1568 им. Пабло Неруды

*Науч.рук.:* Т.О. Козлова, младший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт общей и неорганической химии им. Н.С.

Курнакова Российской академии наук

Целью данной работы стало предложить потенциальные области применения аморфных и кристаллических ортофосфатов церия(IV). Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи:

1. Синтез аморфных церийсодержащих фосфорнокислых гелей, в том числе допированных тербием.
2. Получение кристаллических ортофосфатов церия(IV) с использованием гелей в качестве прекурсоров.
3. Анализ продуктов комплексом методов физико-химического анализа.

4. Выявление у синтезированных продуктов ценных с точки зрения практического применения свойств.

Основным материалом в работе служил церийсодержащий фосфорнокислый раствор, при помощи которого были получены гели, а из них – кристаллические продукты. Были проведены исследования, направленные на оценку перспективности применения полученных продуктов составе солнцезащитной косметики – для этого был выполнен анализ токсичности синтезированных материалов. Также было обнаружено, что допированные тербием ортофосфаты церия(IV) способны люминесцировать вследствие термического отжига.

Ортофосфаты Ce(IV) практически не исследованы. Известно, что зачастую они формируются в аморфном виде, также существуют единичные представители кристаллических соединений. В основном ортофосфаты церия(IV) рассматривают в качестве ион-обменных материалов.

В свою очередь, проведенное исследование позволяет предложить недопированные ортофосфаты церия(IV) для применения в качестве компонентов солнцезащитной косметики, а допированные – в термодатчиках.

### Литература

1. Ю.Д.Третьяков, Л.И.Мартыненко, А.Н.Григорьев, А.Ю.Цивадзе Неорганическая химия, Том 2 для химических факультетов государственных университетов // М.: "Химия" – 2001 – С. 208-213
2. Осипов Александр Владимирович. Синтез и физико-химические свойства наноразмерных ортофосфатов РЗЭ // Санкт-Петербург – 2015 – С. 11.
3. Гринвуд Н.Н., Эрншо А. Химия элементов. Том 1 // Бином, Москва - 2008 – С. 546-562
4. Livejournal [электронный ресурс]. – режим доступа:
5. <https://gadgethackwrnch.livejournal.com/1875.html> , свободный.
6. W. Di, X. Wang, and X. Ren. Nanocrystalline CePO<sub>4</sub>: :Tb as a novel oxygen sensing material on the basis of its redox responsive reversible luminescence // Nanotechnology – 2010 – V. 21 – № 7.
7. J. F. De Lima and O. A. Serra. Cerium phosphate nanoparticles with low photocatalytic activity for UV light absorption application in photoprotection // Dye. Pigment., –2013– V. 97 – № 2 – P. 291–296.
8. J. F. Lima, P. C. De Sousa Filho, and O. A. Serra. Single crystalline rhabdophane-type CePO<sub>4</sub> nanoparticles as efficient UV filters // Ceram. Int., – 2016 – V. 42 – № 6 – P. 7422–7431.
9. Гоулдстейн Дж., Ньюбери Д., Эчлин П., Джой Д., Фиори Ч., Лифшин Ф. Растровая электронная микроскопия и рентгеновский микроанализ // М.: Мир, – 1984 – 303 с.\\
10. Sato, C. Sato, and S. Yin. Optimization of Hydrothermal Synthesis of Plate-Like Hydrated Cerium Phosphates and Their Photochemical Properties // Phosphorus Res. Bull., – 2008 – V. 22 – P. 17–21.
11. T. Sato and S. Yin. Morphology Control of Cerium Phosphates for UV-Shielding Application // Phosphorus Res. Bull., – 2010 – V. 24 – P. 43–48.

# Изучение свойств тонкопленочных солнечных батарей на основе аморфного кремния

Агата Калоян<sup>1,3</sup>, Иван Ксенофонтов<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>ИНЕСНЭК

<sup>2</sup>ГБОУ школа №1571

<sup>3</sup>детский научно-исследовательский технопарк НИЦ «Курчатовский институт»

*Науч.рук.:* к.ф.-м.н. А.В. Павликов, инженер НИЦ «Курчатовский институт»

Солнечные элементы на основе монокристаллического (с-Si) и поликристаллического кремния в настоящее время составляют огромную долю всего рынка солнечных батарей (около 90% на 2015 г. см. рис. 1). [1] В производстве солнечных элементов существуют две основные тенденции. Первая – создание эффективных (с высоким КПД), но дорогих солнечных элементов, вторая – создание более дешевых, но менее эффективных солнечных элементов. Солнечные элементы на основе с-Si, имеющие КПД преобразования 25% (по состоянию на 2019 год, см. рис.2) [2] относятся к группе дорогостоящих солнечных элементов. Преимуществом солнечных элементов, полученных на основе с-Si, является высокий КПД, большой срок службы и нетоксичность материала. Тонкопленочные солнечные элементы на основе аморфного кремния (а-Si) относятся к числу недорогих, имеющих меньший КПД около 14%. Один из способов повышения КПД таких солнечных элементов является добавление нанокристаллов кремния.

Целью данной работы было исследование солнечной батареи на основе тонких пленок а-Si, нанесенных на полимерную гибкую основу. Нами была взята для исследования батарея фирмы производителя BUNESHUI, как одна из наиболее доступных широкому потребителю. Интерес представляло изучение основных характеристик такой тонкопленочной батареи. Новизна данной работы состоит в определении доли нанокристаллов в тонком аморфном слое кремния методом КРС. Повышение эффективности солнечных элементов является актуальной научной задачей, так как растущие потребности человечества в электроэнергии обеспечивают высокий темп роста в производстве фотоэлементов, а исследования в этой области позволяют совершенствовать технологию. Солнце – ядерный реактор с безграничным запасом энергии. Технология тонкопленочных элементов позволяет ее использовать.

В ходе выполнения работы были получены спектры комбинационного рассеяния с помощью экспериментальной установки Horiba Jobin Yvon HR800. Вольт-амперная характеристика тонкопленочных солнечных батарей была получена с помощью цифровых амперметров и вольтметров (DT9201A). Источником света служила галогенная лампа. Освещённость измерялась люксметром.

Сделан обзор литературы по теме: «принцип работы солнечного элемента и современное состояние рынка солнечных батарей». Из обзора литературы следует, что фото-ЭДС возникает при освещении светом *p-n* перехода. Анализ литературы показывает, что последние годы получило импульс производство и исследование тонкопленочных солнечных батарей, в том числе на основе а-Si. Одним из способов повышения КПД таких тонкопленочных батарей является внедрение нанокристаллов с-Si в слой а-Si.

Исследования методом КРС показали, что в ней присутствует тонкий слой а-Si, но нанокристаллов Si не обнаружено. Основной вклад в рассеянный сигнал вносит полимерная гибкая подложка. Получена вольт-амперная характеристика солнечной батареи. По результатам измерений удалось определить величину тока короткого замыкания  $I = 25$  мА и напряжение холостого хода  $U = 1,55$  В. Максимальная мощность батареи при освещенности 27 люкс составляет  $P = 10$  мВт.

## Литература

1. Solar Cell Market Analysis By Product (Silicon Wafer, Monocrystalline, Multicrystalline, Cadmium Telluride, Copper Indium Gallium Selenide, Amorphous silica), And Segment Forecasts To 2022, [Электронный ресурс] URL: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/solar-cell-market> (дата обращения 18 февраля 2020 г.)
2. URL: <https://www.nrel.gov/pv/cell-efficiency.html>
3. Soga, T. Nanostructured Materials for Solar Energy Conversion. — Nagoya, 2006. — 614 p.
4. Гудовских, А. С. Границы раздела в гетероструктурных фотоэлектрических преобразователях солнечного излучения: дисс. д-р техн. наук. — Санкт-Петербург, 2014. — 272 с.
5. Глиберман, А. Я. Кремниевые солнечные батареи / А. Я. Глиберман, А. К. Зайцева. — М.: Государственное энергетическое издательство, 1961. — 72 с.
6. Peter Larkin, Chapter 7 - General Outline and Strategies for IR and Raman Spectral Interpretation, Infrared and Raman Spectroscopy, Elsevier, 2011, Pages 117-133. -Modern Vibrational Spectroscopy and Micro-Spectroscopy: Theory, Instrumentation and Biomedical Applications, First Edition. Max Diem. 2015 John Wiley & Sons, Ltd. Published 2015 by John Wiley & Sons, Ltd.
7. G. Socrates, Infrared and Raman Characteristic Group Frequencies. Tables and Charts, 3rd ed. (Wiley, Chichester, 2001)

### Исследование влияния кофеина на поведенческие реакции мышей

*Л.А. Камалиева*

школа СОЛНЦе

*Науч.рук.:* к.б.н. Е.В. Герасимова, доц. каф. физиологии человека и животных ИФМиБ КФУ

Люди употребляют кофеин каждый день – он содержится в чае, кофе, шоколаде и др. Известно, что в 1 чашке капучино содержится 150-180 мг кофеина, а в плитке шоколада – 30 мг. Среди известных положительных эффектов кофеина увеличение скорости реакции, повышение концентрации. Среди отрицательных – повышение кровяного давления, ухудшение памяти.

Цель: изучить влияние кофеина на поведенческие функции мышей. Необходимо: провести опрос для определения концентраций кофеина, потребляемого в течение суток; исследовать влияние кофеина на поведение мышей в тесте «Открытое поле»; исследовать влияние кофеина на поведение мышей в тесте «Темно-светлая камера»; сделать выводы по полученным результатам.

В ходе работы был проведен опрос среди 68 респондентов обоих полов 15-40 лет для определения концентрации кофеина, потребляемого в течение суток.

Были проведены тесты «Открытое поле» и «Темно-светлая камера». Тестирование поведенческих реакций проводилось на 3 белых беспородных мышах, самках.

Тема значима, привлекательна тем, что кофеин является сильнейшим природным стимулятором и человек часто прибегает к его услугам.

Новизна данного исследования заключается в том, что предложено проанализировать воздействие дозировки кофеина равной 2,7 мг/ кг которая соответствует ежедневной норме опрошенных респондентов.

Исходя из результатов опроса (Приложение 1) была выведена суточная концентрация кофеина – 2,7мг/кг.

Введение кофеина (2,7 мг/кг в/б) изменило двигательную, эмоциональную и исследовательскую активность животных (Приложение 2).

Повышение исследовательской функции подтверждают рост количества переходов между камерами и «норок». Двигаться мыши стали немного активнее – вырос показатель ГДА. Эмоциональное состояние также изменилось – тревожность увеличилась, что нашло свое отражение в большем числе времени нахождения в темной камере и сокращении времени нахождения в светлой камере, в увеличении срока выхода из темной камеры после введения кофеина и, наконец, в уменьшении времени выхода из центра поля.

Вывод: введение кофеина в малых дозах оказывает влияния на исследовательскую, эмоциональную и двигательную активность мышей.

### Литература

1. Батуев А.С. Физиология высшей нервной деятельности и сенсорных систем: Учебник для вузов. – 3-е изд. – СПб.: Питер, 2006. – 317 с.
2. Биохимия: методические указания/ Новосиб. гос. аграр. ун-т; Биолого-технолог. ин-т; сост.: И.В. Тюньков, О.С. Котлярова. – Новосибирск, 2010. – 37 с.
3. Шульговский В.В. Физиология высшей нервной деятельности с основами нейробиологии: Учебник для студ. Биол. Специальностей вузов.- М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 464 с.
4. Содержание кофеина в растворимом кофе. <https://kofechay.com/obshchaya-informaciya/soderzhanie-kofeina-rastvorimom-kofe>

### Приложение

#### Результаты опроса

Выборка – 68 человек.

Опрос поведился на в группе ВК школы «СОЛНЦЕ».

Возраст опрошенных: 12 - 50 лет.

Из 68 опрошенных, 48 человек (70%) заявили о потреблении кофе. Причем 26 человек в сутки потребляют 250 мл кофейного напитка, а 22 человека – 500 мл.

Энергетические напитки никто из опрошенных не употребляет.

По данным литературных источников, средняя норма кофеина в чашке кофе 250 мл, состоящей состоящего из 2 ложек растворимого или 3 ложек молотого составляет в среднем 90 мг.

Следовательно, в нашем случае 26 чел. в сутки употребят 2340 мг кофеина, 22 чел.- 3960мг. Общая сумма составит – 6300 мг.

Средний вес опрошенных составляет – 48кг.

Тогда средняя концентрация кофеина составит:  $6300 \text{ мг}/48 \text{ чел.}/48 \text{ кг} = 2,7 \text{ мг/кг}$

Эмоциональное состояние и исследовательская активность мышей в тесте  
«Темно-светлая камера»



Рис. 1. Количество переходов между камерами



Рис. 2. Время нахождения в темной/светлой камере, с



Рис. 3. Время выхода из темной камеры, с

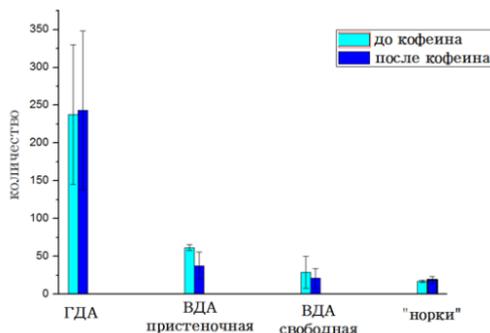


Рис.4. Определение двигательной и исследовательской активности мышей в тесте «Открытое поле»

(ГДА – горизонтальная двигательная активность (кол-во пересеченных квадратов в центре, на периферии, на 2/3), ВДА – вертикальная двигательная активность (кол-во свободных и пристеночных стоек) «норки» - исследование отверстий)

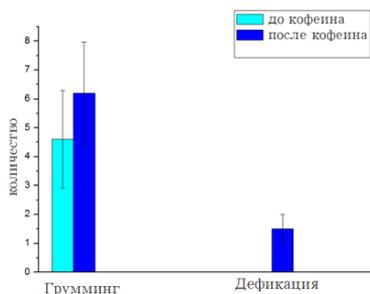


Рис. 5. Исследование эмоционального состояния мышей в тесте «Открытое поле»

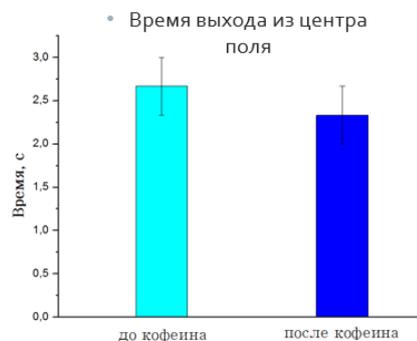


Рис. 6. Время выхода из центра поля, с

## **Исследование влияния пассивного курения электронных сигарет на живые объекты в условиях лабораторного моделирования**

*Козин И.Д.*

Муниципальное автономное общеобразовательное учреждение «Лицей № 3» г. Чебоксары

Науч. рук.: А.В. Козина, учитель биологии высшей категории МАОУ "Лицей №3" г. Чебоксары

Продажи электронных сигарет неудержимо растут вверх. Плюсы электронных сигарет это удобство, избавления от никотиновой зависимости, отсутствие канцерогенных смол. И действительно, ряд исследований подтверждают снижение негативного влияния электронных сигарет по сравнению с обычными [3,7, 11,12]. Однако научных исследований (особенно в России), посвященных вэйпингу еще очень мало [5,14].

Целью работы стало: определить влияние пассивного воздействия паров электронных сигарет на живые объекты.

Материалы и методы: исследование проходило на базе лаборатории МАОУ «лицей № 3». Для моделирования процесса вэйпинга была собрана установка для "окуривания". Для ее создания был использована электронная сигарета Eleaf iJust S.

Объектом исследования были семена гороха посевного (*Pisum sativum*). Было создано 2 экспериментальные группы. Семена гороха проращивались в термостате при температуре 25 градусов. Семена из экспериментальной группы 1 раз в день помещались в затравочную камеру, где распылялся аэрозоль жидкости (таблица 1 в приложении 1). Оценивалась энергия прорастания, всхожесть семян, количество проросших семян на 2,3,5 день эксперимента[1,2]. А также осуществлялся контроль температуры прорастания семян тепловизором на 3 и 5 день. Кроме того нами исследовалось влияние паров электронных сигарет на изменения переменного потенциала у растений гороха. Опыт проводился в 5 кратных повторностях.

Воздействие пассивного вэйпинга на животных проводилось на культуре инфузории, выращенной ранее в лаборатории лицея. В емкость с инфузориями распыляли аэрозоль, в течении 3х минут оценивалась общая активность инфузорий. Скорость их движения (количество появляющихся в поле зрения за 1 минуту. Было исследовано 20 полей зрения для каждого эксперимента). Микрокопирование проводилось с помощью светового цифрового микроскопа Levenhuk D870T тринокуляр и программы визуализации Levenhuk TourView (рисунок 2 в приложении 1). Статистическая обработка проводилась с помощью программы Excel и онлайн калькулятора. Рассчитывался критерий Стьюдента, и коэффициент корреляции Пирсона.

Были получены следующие результаты:

1. Под влияние паров электронных сигарет, содержащих никотин, уменьшается энергия прорастания, падает всхожесть семян, тормозится метаболизм, семена выглядят нездоровыми. Безникотиновые пары электронных сигарет оказывают незначительное воздействие на энергию прорастания семян (рисунок 3, 4 в приложении 2).
2. При окуривании растений жидкостью с содержанием никотина у ростков гороха семенного появляется переменный потенциал (ВП). Можно утверждать, что возникает именно ВП, т.к. импульсы при измерениях на отдельно взятых растениях отличались амплитудой, скоростью деполяризации, но длительность импульсов оставалась почти одинаковой 2-4 минуты, что соответствует определению ВП. Можно предположить, что ВП возникает из-за химических реакций веществ составляющих жидкость с веществами покровной ткани листа (рисунок 6 в приложении 3)

3. При кратковременных воздействиях никотиносодержащих паров электронных сигарет на инфузорий, активность простейших замедляется, с повышением времени воздействия паров электронных сигарет наступает гибель простейших (рисунок 5 в приложение 2)
4. Безникотиновые жидкости не оказывают мгновенного влияния на простейших. Их активность падает при длительном воздействии.
5. Исходя из полученных результатов и на основе других исследований можно сказать, что пропиленгликоль оказывает негативное влияние на живые объекты, как и никотин, но при совместном влиянии эффект воздействия усиливается.

Исследования влияния ингаляция аэрозоля жидкости для электронных сигарет на сегодня является актуальным вопросом. Потому как исследований такого рода чрезвычайно мало. В результате работы получены новейшие данные по влиянию электронных сигарет на живые объекты. Собственная разработка и изготовление камеры для исследования вэйпинга, самостоятельное проведение экспериментов. Ведутся дальнейшие эксперименты.

### Литература

1. ГОСТ 12038-84 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести.
2. ГОСТ 12039-82 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения жизнеспособности.
3. Глухов С.Д., Миргородская А.Г. Разработка методики получения влажного конденсата и определения никотина в электронной сигарете//Сборник: Фундаментальные и прикладные исследования по безопасности и качеству пищевых продуктов сборник научных трудов VIII международной конференции молодых Учёных и специалистов. Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования". -2014.- С. 54-57.
4. Итоги Комплексного наблюдения условий жизни населения [Электронный ресурс].- [http://www.gks.ru/free\\_doc/new\\_site/population/urov/kn-ujn/tab13.html](http://www.gks.ru/free_doc/new_site/population/urov/kn-ujn/tab13.html)
5. Королева О.Г., Дикушина А.Е. Электронная сигарета: вред или польза?//Сборник статей Всероссийской студенческой научной конференции с международным участием: Самарский государственный медицинский университет; Студенческое научное общество. -2016г. -С. 198.
6. Логинова И.А.Неблагоприятные медико-социальные и психологические последствия использования электронных парогенераторов в подростковом возрасте//Современные тенденции развития науки и технологий.- 2016г.- № 8-1. С. 72-79.
7. Менделевич В.Д. Польза и вред электронных сигарет сквозь призму разных терапевтических методологий//Вестник современной клинической медицины. -2015г. - Т. 8.- № 2.- С. 61-73.
8. Николаева А.Д. Влияние курения электронных сигарет на физическое здоровье населения // В сборнике: Инновационные технологии в физическом воспитании и спорте.- Материалы всероссийской научно-практической конференции с международным участием.- Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого.- 2015.- С. 33-37.
9. Сахарова Г.М., Антонов Н.С., Донитова В.В.Глобальное обследование об употреблении табака среди молодежи в возрасте 13-15 лет//Медицина.- 2016.- Т. 4.- № 4 (16).- С. 1-12.

10. Пикалюк В.С., Шаланин В.В., Журавель Е.А., Асанова З.В. Структурные изменения легких крыс при ингаляции аэрозоля безникотиновой жидкости для электронных сигарет//Журнал анатомии и гистопатологии. -2016. -Т. 5.- № 2. С. 41-45.
11. Электронные системы доставки никотина: доклад 14. ВОЗ. — М., 2014. — [Электронный ресурс].-URL: [http://apps.who.int/gb/fctc/PDF/cop6/FCTC\\_COP6\\_10-ru.pdf](http://apps.who.int/gb/fctc/PDF/cop6/FCTC_COP6_10-ru.pdf)
12. Farsalinos KE, Polosa R. Endothelial progenitor cell release is usually considered a beneficial effect: Problems in interpreting the acute effects of e-cigarette use. - [http://www.atherosclerosis-journal.com/article/S0021-9150\(16\)31537-4/abstract](http://www.atherosclerosis-journal.com/article/S0021-9150(16)31537-4/abstract)

### Приложение

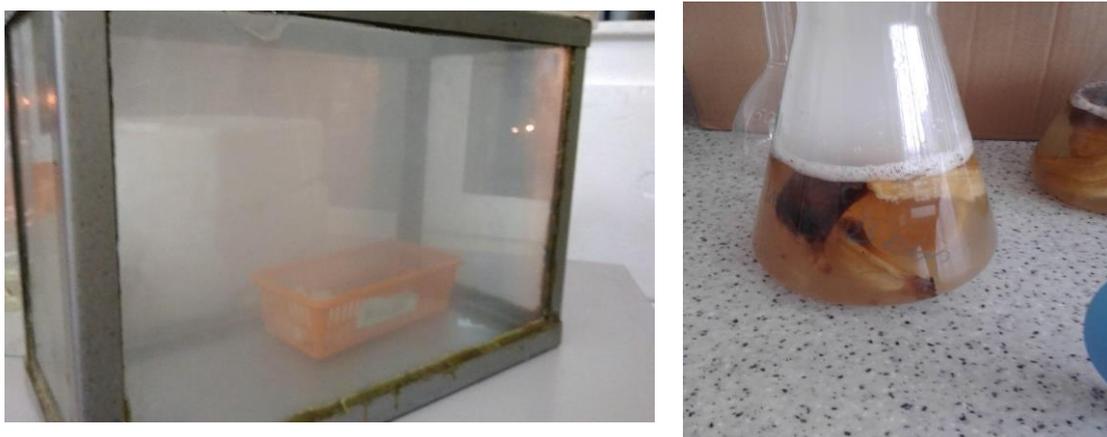


Рис. 1. Процесс обработки парами электронных сигарет семян гороха (слева), инфузорий (справа)

<b>Контроль</b>	<b>Экспериментальная группа №1 жидкость с никотином 0,6 мг</b>	<b>Экспериментальная группа №2 жидкость без никотина</b>
<b>Проращивались, смоченные водопроводной водой</b>	<b>1 раз в сутки помещалась в камеру и распылялся аэрозоль</b>	<b>1 раз в сутки помещалась в камеру и распылялся аэрозоль без никотина</b>

Табл. 1. Схема эксперимента

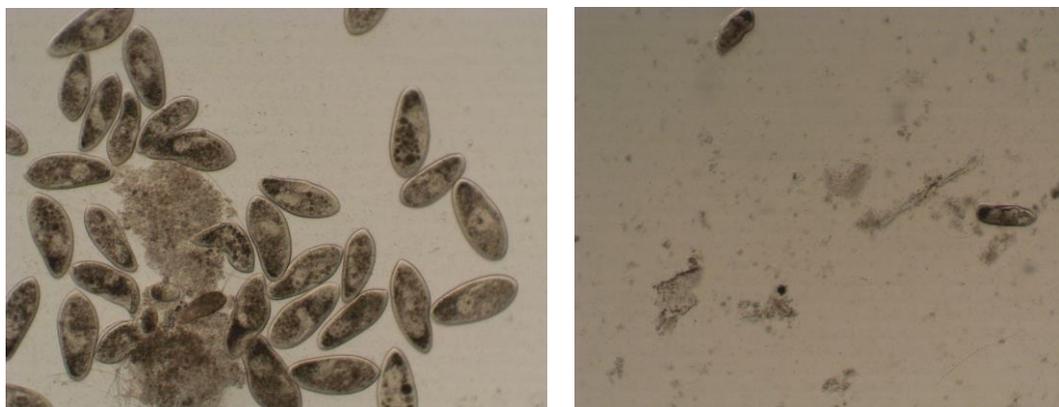


Рис. 2. Инфузории контрольной группы (слева) и экспериментальной 2 (справа), увеличение \*10.



Рис. 3. Энергия прорастания семян в экспериментальной и контрольной группах.

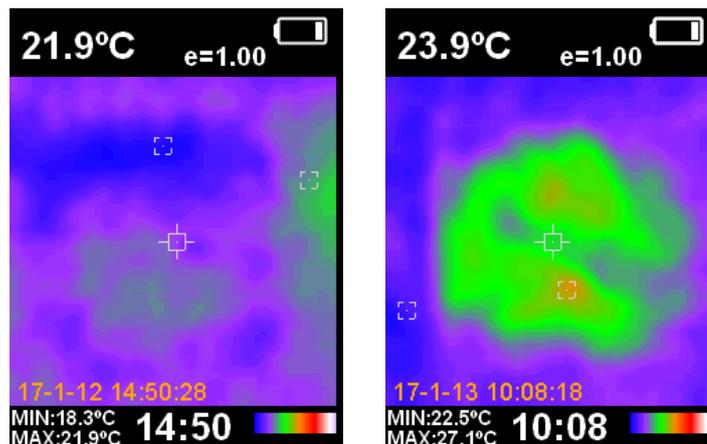


Рис. 4. Теплограмма контрольной группы(слева) и экспериментальной (справа)

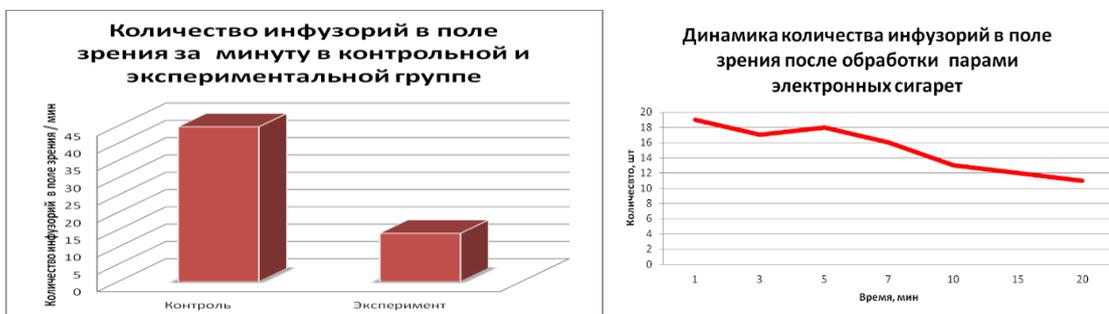


Рис. 5. Количество инфузорий в поле зрения (различия статистически значимы при  $p < 0.05$ )

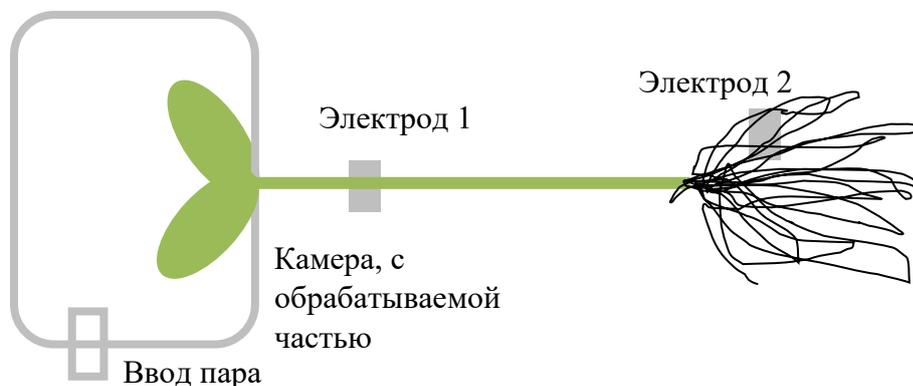


Рис. 6. Схема эксперимента измерения переменного потенциала

## Система очистки водоемов от последствий теплового загрязнения

*Е.С. Колчева, М.А. Шубина*

МОУ СОШ №10, г. Жуковский

*Науч.рук.:* А.В. Кушнер, Руководитель направления форсайт-исследований АО «ОХК «УРАЛХИМ»

Одно из последствий теплового загрязнения водоемов – это их «цветение» с повышением токсичности и без того дефицитной пресной воды. В России эта проблема актуальна на водохранилищах гидроэлектростанций и бассейнах их рек. Так, например, восемь плотин волжского каскада гидроэлектростанций превратили Волгу в череду стоячих озер-водохранилищ, навсегда нарушив привычный ход реки. Летом сине-зеленые водоросли разрастаются вдоль берегов, покрывают до 20-30% водохранилищ. Они стали настоящим бедствием для Волги. Эти растения выделяют до 300 видов органических веществ, большая часть из которых ядовита. [5].

Цель данного исследования – разработать решение, которое позволило бы снизить токсичность и очистить теплую застойную воду водохранилища. Задачи - сначала разобраться, какие причины приводят к «цветению» и гибели здоровой флоры, затем определить, как и какими способами можно нарушить этот процесс. Затем – разработать методику эксперимента по проверке этих способов.

В исследовании установлено, что условия для зарастания водоемов – это тепловое загрязнение и накопление биогенных веществ [2]. Тепловые сбросы промышленных предприятий стремятся утилизировать: либо находят полезное применение, либо используют системы охлаждения замкнутого цикла [1]. А для профилактики развития цианобактерий ВОЗ рекомендует сокращение поступления питательных веществ в водоемы [7]. Способы охлаждения воды и рекомендации ВОЗ подсказали нам метод, который для борьбы с водорослями сегодня применяют аквариумисты: использовать водные растения, которые активно поглощают полезные вещества из воды, лишая тем самым водоросли питания [10].

Подходящее для этого тропическое растение – это эйхорния прекрасная (водяной гиацинт). Всего лишь за 2 месяца одна розетка растения способна образовать до 1 тысячи отпрысков. В России растение не станет экологическим бедствием, так как в открытых водоемах зимой непременно погибнет. Почти повсюду в тропических странах растение начали применять на корм скоту и в качестве удобрения [11].

Задача очистки водоема разделяется на две части: фильтрация воды в водоеме и переработка ила (мертвой органики). Первую задачу можно решать в теплое время года высаживанием эйхорнии непосредственно в водоем. Такие эксперименты в России уже проводились. Вторую задачу, по аналогии с переработкой отходов животноводческих ферм [12], можно решать в искусственных условиях в крытых бассейнах. Заодно, бассейн может стать питомником для содержания и разведения эйхорнии в течение зимнего времени года. Для этого нужно разработать новую технологию переработки.

Такой питомник может быть сделан как автоматическая вертикальная ферма на берегу водохранилища, получающая теплую воду для отопления из сбросов с гидроэлектростанции, электричество – так же с гидроэлектростанции, и ил – со дна водохранилища. До переноса в бассейны, ил должен проходить компостирование, где произойдет предварительное его разложение [16]. Для ускорения разложения должен применяться специальный реактор с биодеструкторами – живыми микроорганизмами, необходимыми для быстрого разложения. Полученный компост хорошо усваивается

любыми растениями [19]. В бассейнах фермы должен автоматически поддерживаться баланс макроэлементов в соотношении Редфилда [18], а также набор микроэлементов, микроклимат, освещение и физические параметры воды.

Поскольку эйхорния сейчас, в зимний период, для нас труднодоступна, эксперимент планируется начать с растения «ряска малая», поскольку оно во многом повторяет свойства эйхорнии. В эксперименте нужно сначала запустить аквариум по правилам аквариумистики в идеальных условиях, а затем начать постепенно заменять хорошие удобрения – компостом из ила. Задача этого эксперимента – поиск условий, при которых будет максимально возможная скорость переработки массы ила в массу растений.

Поскольку мы подготовили все условия до проведения эксперимента по предотвращению развития цианобактерий в лабораторных условиях, мы можем сделать вывод, что цель текущего исследования достигнута – мы нашли технологию, которая может позволить снизить токсичность водохранилищ гидроэлектростанций. Теперь готовы перейти к новому исследованию – определению максимально возможной скорости переработки массы ила в массу растений.

### Литература

1. Тепловое загрязнение водоемов и его последствия. [https://studopedia.ru/3\\_83387\\_teplovoe-zagryaznenie-vodoevov-i-ego-posledstviya.html](https://studopedia.ru/3_83387_teplovoe-zagryaznenie-vodoevov-i-ego-posledstviya.html) – Режим доступа: свободный (28.01.2020).
2. Экологические проблемы гидроэнергетики. [https://vuzlit.ru/627884/ekologicheskie\\_problemy\\_gidroenergetiki](https://vuzlit.ru/627884/ekologicheskie_problemy_gidroenergetiki). – Режим доступа: свободный (28.01.2020).
3. Акимова Т. А., Кузьмин А.П. «Экология. Природа-Человек-Техника». - М., 2001г.
4. Дефицит водных ресурсов. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Дефицит\\_водных\\_ресурсов](https://ru.wikipedia.org/wiki/Дефицит_водных_ресурсов) – Режим доступа: свободный (28.01.2020).
5. Экологические проблемы реки Волги. Справка. <https://ria.ru/20090714/177327889.html> – Режим доступа: свободный (28.01.2020).
6. Какую опасность представляют сине-зеленые водоросли (цианобактерии)? <http://www.elenakonahevich.in.ua/2016/05/kakuyu-opasnost-predstavlyayut-sine.html> – Режим доступа: свободный (28.01.2020).
7. Болезни, связанные с водой: цианобактериальные токсины. [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/diseases/cyanobacteria/ru/](https://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/cyanobacteria/ru/) – Режим доступа: свободный (28.01.2020).
8. Как сине-зелёную воду Вилейского водохранилища делают питьевой? <https://news.tut.by/society/245340.html> – Режим доступа: свободный (28.01.2020).
9. Кузь Н.В., Сеницына О.О. Проблема "цветения" водоисточников. Оценка влияния процессов водоподготовки на содержание цианобактерий в питьевой воде хозяйственно-питьевого водоснабжения города Москвы. – «Здоровье населения и среда обитания». 2017. №9. С.38-42.
10. Водоросли в аквариуме. [https://www.aquamir63.ru/publ/akvarium\\_ot\\_a\\_do\\_ja/vodorosli\\_borba/vodorosli\\_v\\_akvariume/34-1-0-298](https://www.aquamir63.ru/publ/akvarium_ot_a_do_ja/vodorosli_borba/vodorosli_v_akvariume/34-1-0-298) – Режим доступа: свободный (28.01.2020).
11. Эйхорния прекрасная или водяной гиацинт (зелёная чума). <https://yablok.ru/sad/ejhorniya-prekrasnaya-ili-vodyanoj-giatsint-zelyonaya-chuma/> – Режим доступа: свободный (28.01.2020).
12. Технологии бизнеса с использованием эйхорнии (водного гиацинта). <http://saproex.ru/p154.htm> – Режим доступа: свободный (28.01.2020).

13. 15 ГВт лишней энергии в РФ – больше, чем даёт весь Ангарский каскад ГЭС. <https://www.plotina.net/15gwt-izbytok/> – Режим доступа: свободный (28.01.2020).
14. Эйхорния отличная - водяной гиацинт. <https://fanfishka.ru/akvariumnye-stati/662-eyhorniya-otlichnaya-ili-vodyanoy-giacint.html> – Режим доступа: свободный (28.01.2020).
15. Торф для аквариума: Использование, польза и предостережения. [https://fanfishka.ru/akvariumnye-stati/poleznye\\_sovety\\_po\\_soderzhaniyu\\_rybok/1357-torf-dlya-akvariuma.html](https://fanfishka.ru/akvariumnye-stati/poleznye_sovety_po_soderzhaniyu_rybok/1357-torf-dlya-akvariuma.html) – Режим доступа: свободный (28.01.2020).
16. Донный ил как удобрение: основные преимущества. <https://superurozhay.ru/organicheskie-udobreniya/donnyj-il-kak-udobrenie-osnovnye-preimushhestva.html#i-8> – Режим доступа: свободный (28.01.2020).
17. Азотный цикл в аквариуме. [https://fanfishka.ru/akvariumnye-stati/poleznye\\_sovety\\_po\\_soderzhaniyu\\_rybok/1404-azotnyy-cikl-v-akvariume-broshyura-dlya-nachinayuschih.html](https://fanfishka.ru/akvariumnye-stati/poleznye_sovety_po_soderzhaniyu_rybok/1404-azotnyy-cikl-v-akvariume-broshyura-dlya-nachinayuschih.html) – Режим доступа: свободный (28.01.2020).
18. Ускоритель компоста для органики: какие препараты применять. Бактерии, дождевые черви, дрожжи. <https://udobreniya.net/uskoritel-komposta/> – Режим доступа: свободный (28.01.2020).
19. Как ускорить созревание компоста. <https://superurozhay.ru/bakterii-i-griby/kak-uskorit-sozrevanie-komposta.html> – Режим доступа: свободный (28.01.2020).
20. Пропорция Редфилда в аквариуме с растениями. <https://fanfishka.ru/akvariumnye-stati/akvaskeyp/2053-redfild-rulit.html> – Режим доступа: свободный (28.01.2020).

## **Разработка способа получения иммобилизованных форм лактобактерий на основе поливинилпирролидона**

***Т.В. Копырин***

МОУ «Университетский лицей»

*Науч.рук.:* к.б.н. Н.А. Сидорова, Петрозаводский государственный университет, малое инновационное предприятие «Микробиом»

Развитие биомедицины напрямую связано с внедрением в практику достижений генно-инженерных, клеточных, тканевых и других биотехнологий. Одним из современных подходов для оптимизации свойств биотехнологически значимых культур микроорганизмов является технология иммобилизации, которая связана с использованием широкого спектра органических и неорганических носителей. Экспериментально доказано, что иммобилизованные пробиотики способны вызывать быстрый клинический эффект за счет эффективного восстановления нарушенного микробиоценоза [Феклисова и др., 2005].

Целью данной работы является разработка способа иммобилизации лактобактерий с помощью нанонитей поливинилпирролидона (PVP) для получения альтернативных форм пробиотиков.

В качестве объекта исследования использован штамм лактобактерии *Lactobacillus brevis 2k.Gv* из Коллекции микробных культур МИП «Микробиом» Петрозаводского государственного университета. В зависимости от характеристик носителей для иммобилизации лактобактерий в опыте и контроле, моделирование процесса выполнено на основе двух методов физической иммобилизации (без образования ковалентных связей): самоагрегации в присутствии нановолокон поливинилпирролидона PVP и адсорбции на твердом носителе в виде биокерамики. Нановолокна PVP получены на базе Лаборатории синтеза оксидных микро- и наноструктур Физико-технического института Петрозаводского

государственного университета. Физиологическую активность иммобилизованных клеток *Lactobacillus brevis* оценивали с использованием биореактора «Реверс-Спиннер» RTS-1 с программным обеспечением и функцией контроля роста лактобактерий в режиме реального времени.

Культивирование пробиотических штаммов *Lactobacillus bravis* выполнялось до увеличения концентрации микробной биомассы до  $10^9$  КОЕ/мл. В условиях иммобилизации лактобактерий в присутствии нанонитей PVP, полученных методом электроспиннинга, удалось достигнуть стабильных параметров жизнеспособности, биохимической активности и высоких значений (до 1,34 е.о.п.) оптической плотности микробной культуры. Установлено, что иммобилизованные на PVP и биоокерамики клетки *Lactobacillus bravis* сохраняли пролиферативную функцию как непосредственно после иммобилизации, так и после длительного использования в процессе ферментации. В опыте и контроле отличались кинетические характеристики роста иммобилизованных клеток кроме носителя.

В ходе исследований разработан и апробирован в лабораторных условиях способ иммобилизации лактобактерий с помощью нанонитей поливинилпирролдона для получения альтернативных форм пробиотиков. Исследован механизм иммобилизации лактобактерий с использованием PVP и биоокерамики; проанализирован эффект иммобилизации PVP на морфофизиологические и биохимические свойства лактобактерий.

### Литература

1. Алферов В. А., Филатова Н. М., Асулян Л. Д., Блохин И. В., Горячева А. А. Получение стабильного рецепторного элемента биосенсора, иммобилизацией бактериальных клеток *Glucobacteroxydans* в пленку из поливинилового спирта, модифицированного N-винилпирролидоном // Известия Тульского государственного университета. Естественные науки. 2011. Вып. 1. С. 210-219.
2. Вахитов Т. Я., Ситкин С. И., Демьянова Е. В. Современные подходы к регуляции состава микробиоты кишечника // Гастроэнтерология Санкт-Петербурга. 2018. № 2. С. 4-5.
3. Несчислаев В. А., Столбова М. Г., Лыско К. А. Пробиотики на основе иммобилизованных лактобактерий: апробация перспективных сорбентов // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2015. № 5, Вып. 117. С. 102-118.
4. Феклисова Л. В., Мескина Е. Р. Новое поколение сорбированных бифидосодержащих пробиотиков в педиатрической практике // Альманах клинической медицины. 2005. № 8 (1). С. 329-338.
5. Chen M. *et al.* Magneticelectrospun fluorescent polyvinylpyrrolidone nanocomposite fibers // Polymer (Guildf). 2012, № 53. P.4501–4511.
6. Dai X.Y. *et al.* Electrospun modinopolyvinylpyrrolidone blended nanofibrous membrane: a novel medicated biomaterial for drug delivery and accelerated wound healing // J. Mater Mater. Med.Sci. 2012, № 23. P.2709–2716.
7. Kuskov A. N., Shtilman M. I., Goryachaya A. V., Tashmuchamedov R. I., Yaroslavov A. A., Torchilin V. P., Tsatsakis A. M., Rizos A. K. Self-assembling nanoscaled drug delivery systems composed of amphiphilic poly-N-vinylpyrrolidones // Journal of Non-Crystalline Solids. 2007, Vol. 353. P, 3969-3975.
8. Pilarska A., Pilarski K., Wolna-Maruwka A. Cell Immobilization on Lignin–Polyvinylpyrrolidone Material for Anaerobic Digestion // Environmental Engineering Science. 2018. № 36(4). P. 1-5.
9. Wang B. L. *et al.* Fast and long-acting antibacterial properties of chitosan-Ag/polyvinylpyrrolidone nanocomposite films // Carbohydr. Polym. 2012, №90. P. 8–15.

10. Saxena A. *et al.* Ultra-low sized cross-linked polyvinylpyrrolidone nanoparticles as non-viral vectors for in vivo gene delivery // *Biomaterials*. 2006, № 27. P. 5596–5602.
11. Wang M. *et al.* Preparation of PVDF/PVP core-shell nanofibers mats via homogeneous electrospinning // *Polymer (Guildf)*. 2014, № 55 (9). P. 2188–2196.
12. Н. А. Глушанова - Биологические свойства лактобацилл // Государственный институт усовершенствования врачей, г. Новокузнецк, 2003 год.
13. А.Т. Матвеев, И.М. Афанасов - Получение нановолокон методом электроформования // Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Научно-образовательный центр по нанотехнологиям; учебное пособие для студентов по специальности «Композиционные наноматериалы», Москва, 2010 год.
14. А. Аринштейн – Электроспиннинг полимерных нановолокон // Технион – Израильский технологический институт, Хайфа 32000, Израиль
15. О. Я. Березина, Н. П. Маркова, А. В. Семёнов, Н. А. Сидорова - Возможности использования нанонитей на основе поливинилпирролидона для иммобилизации клеток *Lactobacillus acidophilus* // Петрозаводский государственный университет, г. Петрозаводск, 2017 год. Журнал «Известия вузов, прикладная химия и биотехнология», Иркутский национальный исследовательский технический университет, том 8, номер 2(25), 2018 год, стр. 69-76.
16. Электронный источник – Режим доступа: <https://gemoglobin.top/chto-takoe-lactobacillus-spp/> (по состоянию на 12.01.2020)
17. Электронный источник – Режим доступа: <http://www.nevz-ceramics.com/ru/produkty-i-materialyi/biokeramika.html> (по состоянию на 12.01.2020)
18. Электронный источник – Режим доступа: [https://studwood.ru/1548379/matematika\\_himiya\\_fizika/fizicheskie\\_himicheskie\\_svoystva\\_p\\_olivinilpirrolidona](https://studwood.ru/1548379/matematika_himiya_fizika/fizicheskie_himicheskie_svoystva_p_olivinilpirrolidona) (по состоянию на 12.01.2020)

## **Разработка тонковолокнистых противоожоговых и раневых покрытий**

*Е.С. Ковшова, Е.В. Мотылькова*

ГБОУ школа №1302

*Науч.рук.: Е.В. Нестеренко, лаборант-исследователь НИЦ КИ*

Цель научно-исследовательской работы - изучение влияния условий электроформования на характеристики нетканых материалов для создания раневых покрытий с регулируемыми характеристиками. Необходимо: изучить процесс электроформования; определить влияния условий формования на структуру нетканых материалов; получить нановолокнистых материалов методом электроформования; сравнение характеристик полученных раневых покрытий с классическими.

В настоящее время достаточно острой проблемой является лечение ран и ожогов, после доставки пациентов в место оказания медицинской помощи. Использование стерильных повязок оказывается не всегда эффективным, поскольку приводит к испарению влаги с раны и прилипанию повязки. Также данный способ лечения не исключает фактора попадания на поверхность раны бактерий и микроорганизмов.

Предложенный нами новый альтернативный способ решения данной проблемы – создание тонковолокнистого покрытия. Достаточно хорошо изученной для этого технологией является метод электроформования, позволяющий создавать тонкий пористый

материал с регулируемыми характеристиками, устраняющий избытки влаги с раны и не допускающий попадания в место повреждения микроорганизмов.

Проблема лечения ран и ожогов является актуальной, поскольку имеющиеся в настоящее время технологии не удовлетворяют в полной мере современным требованиям. Данный подход к проблеме является уникальным и не был предложен ранее.

В результате:

1. Изучен процесс получения нановолокнистых материалов методом электроформования
2. Исследовано влияние условий формования на структуру нетканых материалов: зависимость полученного материала от параметров установки и свойств раствора
3. Получены нановолокнистые материалы методом электроформования

Сравнение с классическими методами обработки раневых покрытий показало, что материалы, полученные методом электроформования, способны пропускать влагу и защищать рану от проникновения микроорганизмов.

### **Литература**

1. Элементарный учебник физики / Под ред. Г. С. Ландсберга. — М.: Наука, 1985. — Т. II. Электричество и магнетизм. — С. 194. — 479 с.
2. Папков С. П., Равновесие фаз в системе полимер-растворитель, М., 1981
3. Джанелидзе, Ю. Ю. Ожоги и их лечение / Ю.Ю. Джанелидзе. - М.: Наркомздрав СССР, 1995
4. Матвеев А.Т., Афанасов И.М. Получение нановолокон методом электроформования. Учебное пособие для студентов по специальности «Композиционные наноматериалы». Москва: МГУ, 2010.

### **Влияние наночастиц металлов на поведенческие реакции, структуру головного мозга и показатели крови животных**

*М.В. Осипов*

ФГКОУ «Оренбургское ПКУ»

*Науч.рук.:* д.б.н. Е.А. Сизова, руководитель центра "Нанотехнологии в сельском хозяйстве" Федерального научного центра биологических систем и агротехнологий РАН, доцент кафедры биологии и почвоведения Оренбургского государственного университета

В последнее десятилетие наночастицы активно используются для создания принципиально новых продуктов и технологий, позволяющих решать конкретные задачи в разных областях науки и техники. В связи с этим актуальной представляется проблема прогнозирования и оценки возможного влияния новых материалов и технологий на здоровье человека и окружающую среду.

Целью исследования стало изучение влияния наночастиц металлов на поведенческие реакции, структуру головного мозга и показатели крови животных.

Задачи:

1. На основе анализа литературных источников выявить характерные особенности наночастиц (далее – НЧ), возможности их использования в различных отраслях хозяйственной деятельности, токсиколого-гигиенические свойства и пути проникновения в организм человека, характерные особенности и применение НЧ меди и цинка.

2. Провести этологические исследования эмоциональной, двигательной активности и ориентировочно-исследовательского поведения крыс после внутривенного введения наночастиц сплава меди и цинка (НЧ CuZn).
3. Провести гистологическое исследование состояния коры головного мозга крыс после внутривенного введения НЧ CuZn в сравнении с контрольной группой.
4. Провести морфологический и биохимический анализ крови крыс после внутривенного введения НЧ CuZn в сравнении с контрольной группой.
5. Оценить влияние НЧ CuZn на поведенческие реакции крыс линии «Wistar», структуру их головного мозга и показатели крови.

Объектом исследования являлись крысы линии «Wistar», а предметом исследования - влияние НЧ CuZn на поведение животных, структуру их головного мозга, морфологические и биохимические показатели крови. Для проведения эксперимента были сформированы две группы: контрольная и опытная. В течение 14 дней подопытные животные находились на подготовительном периоде, начиная с 6-месячного возраста экспериментальных животных перевели на основной учетный период, где им вводили НЧ CuZn (2,3 мг/кг) внутривенно (предварительно суспенцированные в воде для инъекций). Подготовку препарата наночастиц проводили в изотоническом растворе на ультразвуковом диспергаторе (f-35 кГц, N-300 Вт, A-10 мкА), путем диспергирования в течение 30 минут.

Контрольной группе животных внутривенно вводили изотонический раствор хлорида натрия 0,9% в эквивалентном объеме. Объем инъекций (в мл) – 1% от массы тела. Забой и забор крови проводили на 1-е, 14 и 21 сутки эксперимента. Эмоциональную, двигательную активность и ориентировочно-исследовательское поведение крыс исследовали в тестах «Открытое поле» [16, с. 3], «Темно-светлая камера. Исследование структуры нервной ткани производилось на светооптическом микроскопе МТ 5300L (MeijiTechnoCo., Ltd, Япония). Исследования крови проводились с помощью автоматического гематологического анализатора URIT-2900 VetPlus и биохимического анализатора CS-T240 (производитель – «DiruiIndustrialCo., Ltd», Китай) с использованием коммерческих биохимических наборов для ветеринарии ДиаВетТест (производитель – Россия).

Уже сейчас в нанотехнологии получен ряд исключительно важных результатов, позволяющих надеяться на существенный прогресс в развитии многих направлений науки и техники. Во многом это обусловлено уникальными свойствами, которые приобретают частицы различных веществ ультрамалых размеров. Резкое и скачкообразное развитие нанотехнологий, открывающиеся перед нами большие возможности, требуют тщательных исследований безопасности использования наночастиц и нанопродуктов для живых организмов и окружающей среды. В данной работе впервые осуществлено исследование эмоциональной, двигательной активности и ориентировочно-исследовательского поведения крыс после внутривенного введения наночастиц сплава меди и цинка (НЧ CuZn).

Проведенное исследование показало, что внутривенное введение крысам НЧ CuZn возбуждающе влияет на центральную нервную систему и изменяет поведение животных. Это проявляется в повышенной эмоциональной, двигательной и ориентировочно-исследовательской активности, нарушении инстинкта безопасности. Причиной отклонений в поведении животных стали изменения структурно-функционального состояния коры головного мозга, проявившиеся в нарушении кровообращения и повреждении нейронов, что доказывает способность НЧ CuZn преодолевать гематоэнцефалический барьер.

## Литература

1. Азаренков Н.А., Веревкин А.А., Ковтун Г.П., Литовченко С.В. Нанотехнологии и наноматериалы (учебное пособие). Харьков – 2009
2. Андрусина И.Н. Наночастицы металлов: способы получения, физико-химические свойства, методы исследования и оценка токсичности // Современные проблемы токсикологии, - № 3, 2011, - с. 10-11
3. Арчаков А.И. Нанобиотехнологии в медицине: нанодиагностика и нанолечения. Актовая речь, Москва, 2009
4. Буреш Я., Бурешова О., Хьюстон Д.П. Методики и основные эксперименты по изучению мозга и поведения. – М.: «Высшая школа». – 1999. – С. 119-122.
5. Головин Ю.И. Введение в нанотехнологию. М., 2003
6. Зайцева Н.В., Землянова М.А., Звездин В.Н., Довбыш А.А. Токсиколого-гигиеническая характеристика некоторых металлосодержащих наночастиц при различных способах экспозиции: бионакопление и морфофункциональные особенности воздействия // Токсикологический вестник. –2017. – №1.– с.27-34.
7. Кобаяси Н. Введение в нанотехнологию: пер. с яп. / Н. Кобаяси. – М.:БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008 - 136 с., с. 16
8. Кремневская С.И. Выделение различных компонентов ориентировочной реакции крыс в условиях открытого поля / С.И. Кремневская, В.Я. Гельман, Э.П. Зацепин, С.М. Королюев // Физиол. журнал СССР им. И.М. Сеченова. – 1991. – Т.77. - №2. – С. 124-129.
9. Мирошников С.А., Сизова Е.А. Наноматериалы в животноводстве (обзор) // Вестник мясного скотоводства, - № 3 (99), 2017, – с. 7-22
10. Онищенко Г. Г., Тутельян В. А., Гмошинский И. В., Хотимченко С. А. Развитие системы оценки безопасности и контроля наноматериалов и нанотехнологий в РФ // Гигиена и санитария № 1, 2013 г. – с. 6-7
11. Роко М. Перспективы развития нанотехнологии: национальные программы, проблемы образования // Ж. Рос.хим. об-ва им. Д.И.Менделеева, 2002, т. XLVI, №5
12. Скальный А.В. Микроэлементозы человека (диагностика и лечение). Изд-е 2-е. М.: Изд-во КМК, 2001. 96 с.
13. Улащик В.С. Перспективы и проблемы использования наночастиц и нанотехнологий в онкологии. // Здравоохранение № 9 – 20014, с. 24
14. Фельдблюм В. «Нано» на стыке наук: нанообъекты, нанотехнологии, нанобудущее (Электрон.междисциплинарное изд.). Ярославль – 2013, с. 4
15. Хабриев Р.У. «Руководство по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ» / под ред. Р.У. Хабриева. – 2-изд., перераб. И доп.. – М. : ОАО Изд. «Медицина». – 2005 г. – 832 с.
16. Jackson H.F., Broadhurst P.L. The effects of parachlorophenylalanine and stimulus intensity on open-field test measures in rats. Neuropharmacology. – 1982. – Vol. 21. – P. 1279-1282.
17. KalpanaSastryR., ShrivastavaAnshul, N. H. Rao. Nanotechnology in food processing sector- An assessment of emerging trends // J Food Sci Technol. 2013. № 50(5). P. 831-841.
18. Yamamoto Y., Miura T., Suzuki M., Kawamura N., Miyagawa H., Nakamura T., Kobayashi K., Teranishi T., and Hori H. Direct observation of ferromagnetic spin polarization in gold nanoparticles // Phys. Rev. Lett. 2004. V. 93. № 11. P. 116801–11680

## Приложение

### Схема проведения эксперимента

Лабораторные животные	Группы	Подготовительный период (14 дней)	15 день	Учетный период
Крысы линии Wistar	I Контрольная (n=5) ♂	ОР	0,9 %-ный NaCl*	ОР + наблюдение на 1-е, 14-е и 21-е сутки

Табл. 1

Проведение исследований в лаборатории Федерального научного центра биологических систем и агротехнологий РАН



Рис. 1. Работа в виварии на подготовительном этапе эксперимента

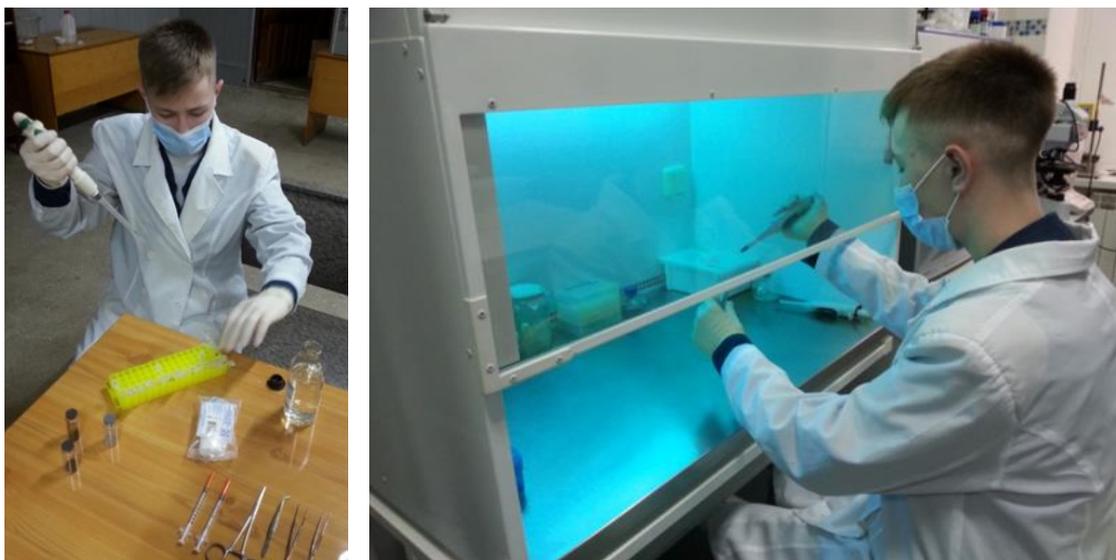


Рис. 2. Приготовление суспензии НЧ CuZn (ступенчатое разведение)



Рис. 3.



Рис. 4. Забор крови из хвостовой вены крыс



Рис. 5. Морфологический анализ крови

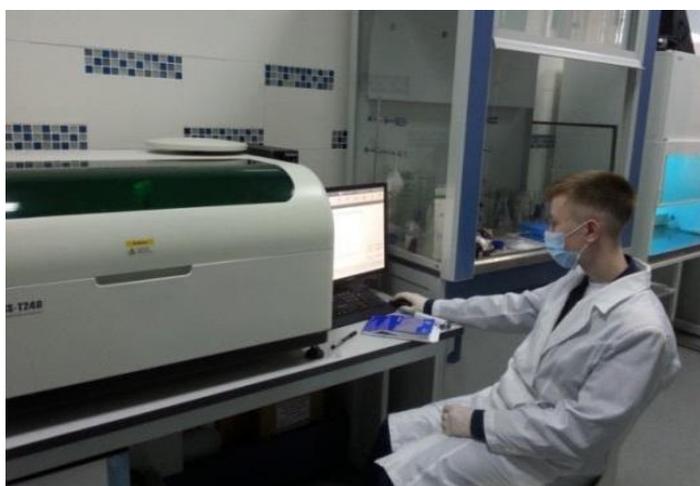


Рис. 6. Биологический анализ крови

### **Использование дрожжей *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* в качестве индикатора токсичности наноматериалов на основе соединений цинка**

Мы живем в период бурного развития нанотехнологий, которые призваны стать основным прорывом в области высоких технологий, которые могут преобразовать не только производство, но и человеческую жизнь. В то же время необходимо понять, что наноструктурные материалы могут вызывать загрязнение окружающей среды. Применение дрожжей *S. Cerevisiae*, как индикатора токсичности наночастиц, способно наглядно показать и оценить результат влияния человеческой деятельности на окружающую среду. Из этого и следует актуальность темы проекта.

Гипотеза: негативное влияние наночастиц тяжёлых металлов на метаболизм дрожжей зависит от концентрации наночастиц в растворе.

Новизна данного исследования заключается в том, что токсичность наноматериалов в данный момент не до конца изучена.

Целью данной работы является исследование влияния наночастиц на основе соединений цинка на дрожжевую клетку. Необходимо: изучить научную литературу по

теме работы; провести экспериментальное исследование влияния наноматериалов на основе соединений цинка на жизнедеятельность дрожжевой клетки; проанализировать полученные данные; обобщить полученные результаты.

В настоящее время все возрастающее внимание во всем мире уделяется перспективам развития нанотехнологий. Уникальные свойства наноматериалов и их биологическая активность могут быть использованы в микроэлектронике, энергетике, строительстве и др. Однако до сих пор не проведена полноценная оценка биологических рисков применения наночастиц.[1] В литературе неоднократно отмечалось, что неблагоприятное воздействие наночастиц нельзя с надежностью предсказать или установить, исходя из известных токсических свойств более крупных частиц того же самого химического вещества. [3] Попадающие в окружающую среду искусственные материалы, не производимые самой природой, очень трудно биологически разлагаются или усваиваются. Наночастицы и наноматериалы представляют собой особый беспрецедентный класс промышленных загрязнений. Их вред может быть связан с необычными свойствами веществ, из которых их производят, включая их мобильность и устойчивость в почве, воде, воздухе, бионакопление. Таким образом, можно утверждать, что определение путей и способов воздействия наночастиц металлов на живой организм - это чрезвычайно важная и актуальная работа, необходимая для установления научно обоснованных допустимых диапазонов концентраций и размеров наночастиц.[4]

По методике О.Ф.Вятчина в ходе эксперимента мы выяснили, что активирующее действие на культуру *S.cerevisiae* в эксперименте объяснимо влиянием ионов цинка, необходимых для нормального функционирования дрожжевой клетки и позитивного влияния на ферменты. Это объясняет активное пенообразование в пробирке №4, с концентрацией соединений цинка 0.001 г/л. При повышении концентрации цинка в растворе происходит ингибирование деятельности ферментов дрожжевой клетки, из-за чего пенообразование в пробирке №2-3 заметно уменьшается. Следовательно, оптимальная концентрация соединений цинка в растворе – 0.01 г/л. (Приложение №1, таблицы 1-2)

По методике Ларина С. Л. в ходе эксперимента мы выяснили, что на первом этапе сбраживания участвуют только ферменты, локализованные на поверхности клеточной стенки дрожжевой клетки. Затем после перестройки ферментативного комплекса, включаются ферменты локализованные внутри клетки. Основываясь на времени адаптации ферментативного комплекса дрожжевой культуры, следует отметить, что все соединения, представленные в эксперименте, оказывают ингибирующее действие на ферменты, которые находятся на поверхности дрожжевой клетки, что проявляется в уменьшении скорости газообразования.

Исходя из описанных исследований можно сделать *вывод*, что необходима своевременная оценка значимости и опасности наноматериалов, чтобы поддержать положительный эффект от их внедрения. Соединения цинка оказывают стабильное ингибирующее воздействие на культуру *S.cerevisiae*. При повышении концентрации соединений в растворе процесс происходит значительно быстрее, что говорит о том, что ингибирующее действие растёт параллельно с концентрацией соединений цинка в растворе.

При помощи изучения воздействия наноматериалов на живые организмы, возможно их безопасное использование без нанесения ущерба биосфере и здоровью человека. Также возможно использование дрожжей в качестве индикатора на наличие в воде токсичных наноматериалов.

На основании полученных данных была выявлена оптимальная концентрация соединений цинка в растворе, не оказывающая ингибирующее воздействие на дрожжевую клетку.

## Литература

1. Вятчина О.Ф., Жданова Г.О., Стом Д.И. И.В. Лушаева, С.Н. Моргалев. Сравнительная оценка чувствительности разных тест-функций *Saccharomyces Cerevisiae* к солям тяжелых металлов.
2. Ларин С. Л., Будко Е. В., Хабаров А. А. Влияние разноразмерных соединений цинка на подъемную силу тест-культуры *Saccharomyces cerevisiae* //Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – №. 5 (47) Часть 5. – С. 180-185.
3. Лушаева И. В., Моргалев Ю. Н. Изучение воздействия наночастиц TiO<sub>2</sub> и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> на бактерии *Pseudomonas Fluorescens* и *Bacillus Mucilaginosus* //Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2009. – №. 4 (8).
4. Павленко В.В., Демидова Л.А., Трубачева Л.Я., и др. Метод оценки токсичности и мутагенности сточных вод и химических соединений // Методы биотестирования вод. Черноголовка, 1988. С. 73—77.

## Приложение

	Объём образовавшейся пены	Концентрация раствора	Раствор
Пробирка №4	0.5 см	0.001 г\л	Zn(CH <sub>3</sub> COOH) <sub>2</sub>
Пробирка №3	0.3 см	0.01 г\л	Zn(CH <sub>3</sub> COOH) <sub>2</sub>
Пробирка №2	0.25 см	0.1 г\л	Zn(CH <sub>3</sub> COOH) <sub>2</sub>
Пробирка №1	0.23 см	1 г\л	Zn(CH <sub>3</sub> COOH) <sub>2</sub>

Табл. 1. Пенообразовательная активность дрожжей, опыт 1.

	Объём образовавшейся пены	Концентрация раствора	Раствор
Пробирка №4	0.55 см	0.001 г\л	Zn(CH <sub>3</sub> COOH) <sub>2</sub>
Пробирка №3	0.45 см	0.01 г\л	Zn(CH <sub>3</sub> COOH) <sub>2</sub>
Пробирка №2	0.37 см	0.1 г\л	Zn(CH <sub>3</sub> COOH) <sub>2</sub>
Пробирка №1	0.2 см	1 г\л	Zn(CH <sub>3</sub> COOH) <sub>2</sub>

Табл. 2. Пенообразовательная активность дрожжей, опыт 2.

	Объём образовавшейся пены	Концентрация раствора	Раствор
--	------------------------------	--------------------------	---------

Пробирка №4	0.6 см	0.001 г\л	Zn(SO4)2
Пробирка №3	0.54 см	0.01 г\л	Zn(SO4)2
Пробирка №2	0.45 см	0.1 г\л	Zn(SO4)2
Пробирка №1	0.4 см	1 г\л	Zn(SO4)2

Табл. 3. Пенообразовательная активность дрожжей опыт 3.

	Объём образовавшейся пены	Концентрация раствора	Раствор
Пробирка №4	0.57 см	0.001 г\л	Zn(SO4)2
Пробирка №3	0.54 см	0.01 г\л	Zn(SO4)2
Пробирка №2	0.45 см	0.1 г\л	Zn(SO4)2
Пробирка №1	0.4 см	1 г\л	Zn(SO4)2

Табл. 4. Пенообразовательная активность дрожжей, опыт 4.

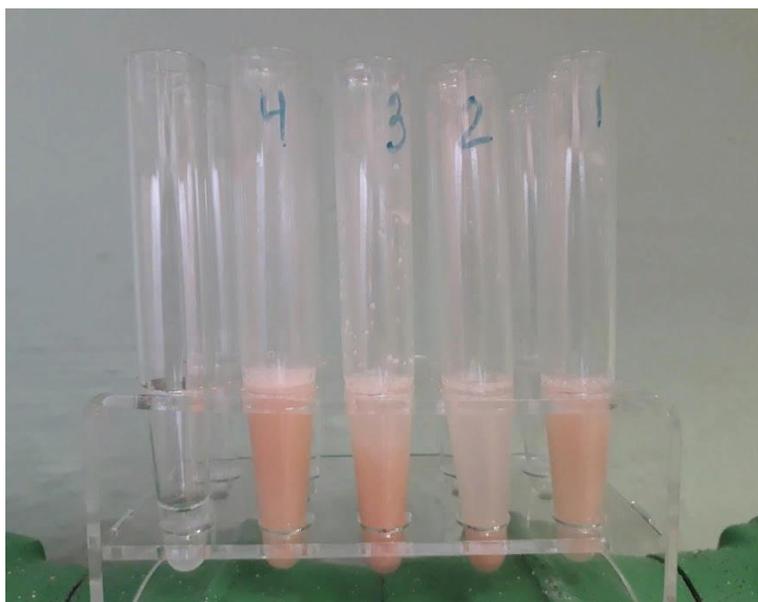


Рис. 1. Образцы в первый день опыта.



Рис. 2. Образцы спустя 3 дня.

Исследование оптических свойств суспензии при помощи фотометра.

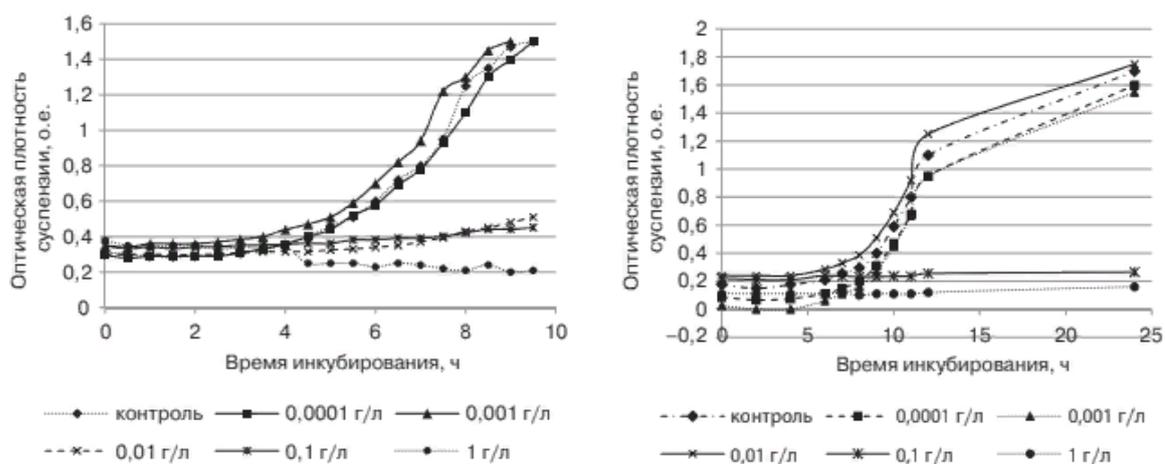


Диаграмма 1-2. Оптические свойства. Пробирка №1 и 2.

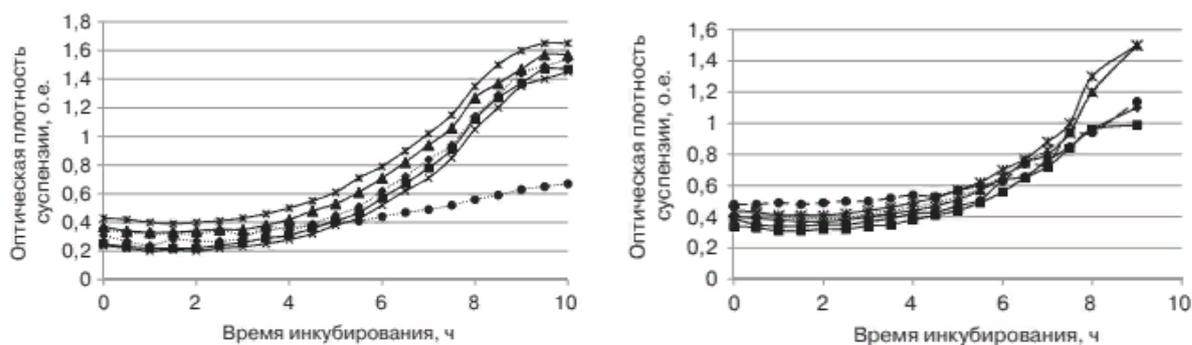


Диаграмма 3-4. Оптические свойства. Пробирка №3 и 4.

	ZnO	Zn(OH) <sub>2</sub>	ZnSO <sub>4</sub>
Время всплытия	7 мин	20 мин	15 мин
Масса шарика	1 г	1 г	1 г

Табл. 5. Зависимость времени всплытия шарика от соединения цинка, находящегося в растворе. Опыт 1.

	ZnO	Zn(OH) <sub>2</sub>	ZnSO <sub>4</sub>
Время всплытия	9 мин	24 мин	17 мин
Масса шарика	1 г	1 г	1 г

Табл. 6. Зависимость времени всплытия шарика от соединения цинка, находящегося в растворе. Опыт 2.

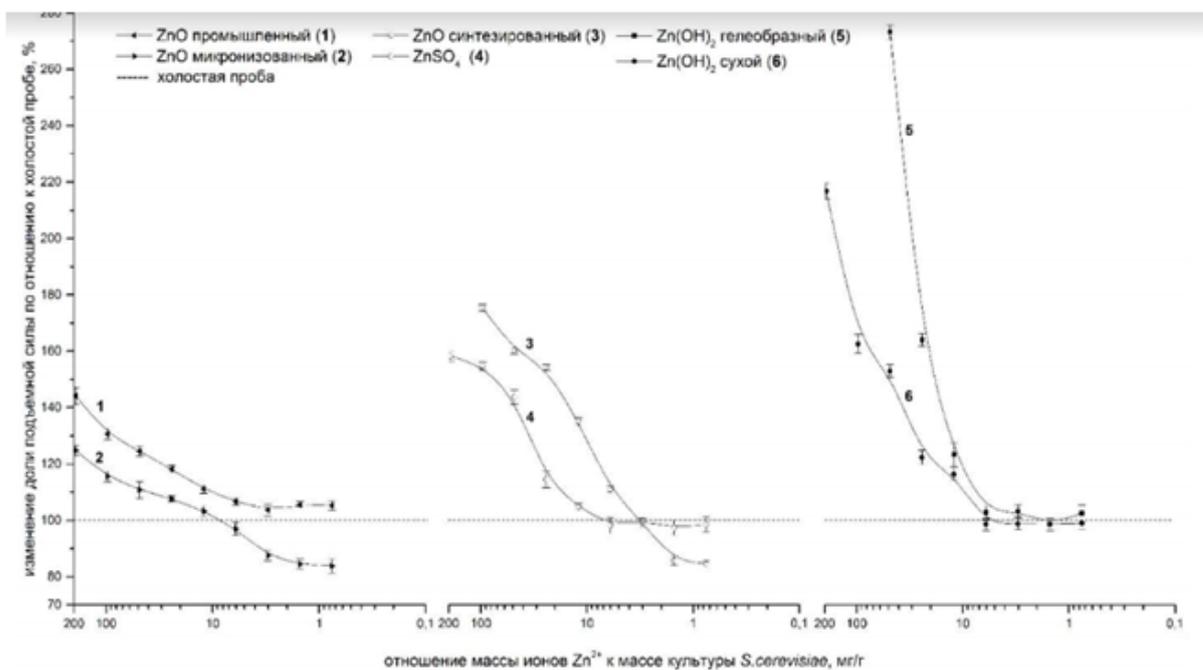


Диаграмма 5. Зависимость степени изменения подъемной силы тест-культуры.

## Способ очистки твердых поверхностей от микро- и нано-частиц

*Д.Д. Учанова*

ГАОУ ТО «ФМШ»

*Науч.рук.:* к.ф.-м.н. О.А. Тарасов, учитель технологии, ГАОУ ТО «ФМШ»

Мы предлагаем альтернативный метод очистки поверхностей от микро- и нано-частиц, основанный на фотоиндуцированном капиллярном эффекте. Для осуществления нашего способа не требуются дорогостоящие мощные лазеры, а достаточно сфокусированного излучения обычной лампы накаливания. Поскольку воздействие на подложку производит маломощный непрерывный пучок света, то он не вызывает механического или теплового разрушения поверхности.

Цель нашего исследования была экспериментально определить эффективность предложенного способа очистки. Необходимо: изготовить экспериментальную установку для проверки эффективности данного способа на подложках и частицах из разных материалов; измерить тепловые поля подложек при разной мощности светового пучка, чтобы убедиться в том, что способ не оказывает на них разрушающего действия.

Удаление микро- и нано-частиц с твердых поверхностей – насущная проблема полупроводниковой и микроэлектронной промышленности. Частицы возникают при шлифовке кремниевых пластин, а также заносятся из воздуха. Известно, что частица диаметром 10 нм, попавшая в ходе литографического процесса на пластину, вызывает неустранимый дефект процессора или блока оперативной памяти. Эта проблема только заостряется со временем, поскольку переходят на все более мелкий масштаб элементов интегрированным микросхем.

В существующих лазерных методах очистки твердых поверхностей от микро- и наночастиц развиваются высокие температуры, достигающие до 1000 °С, либо высокие давления, достигающие 6.4 ГПа. С учетом того, что воздействие на поверхность в этих методах должно быть многократным (десятки и сотни импульсов на одну область), это вызывает большой риск повреждения очищаемой поверхности.

В предлагаемом нами фотоиндуцированном капиллярном способе очистки температура подложки повышается не более чем на 260 °С, а типично на 50-80 °С. Благодаря низким температурам процесса очистки не происходит негативного воздействия на подложку.

При этом указанный способ не предъявляет высоких требований к источнику излучения. Достаточно любого источника, излучение которого поглощается материалом подложки или рабочей жидкостью (это может быть и лампа накаливания), в то время как существующие способы требуют наличия дорогого лазера, дающего импульсы длительностью 10-20 нс с энергией в сотни мДж.

Предлагаемый способ не требует сложных и точных систем наведения луча, как известные способы, поскольку формируемое в слое капиллярное течение удаляет частицы из области равной или большей по ширине диаметра пучка.

## Приложения

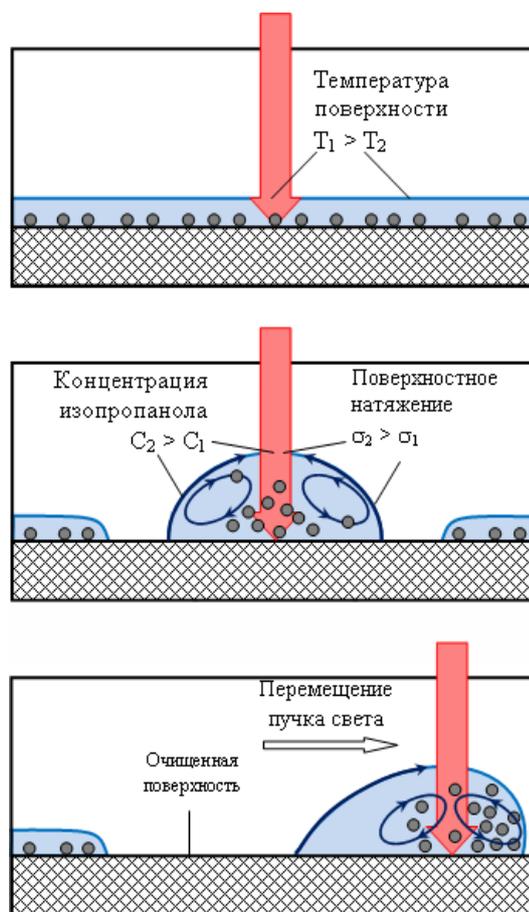


Рис. 1. Стадии очистки поверхности от частиц нашим способом. (а) Локальный нагрев слоя жидкости и подложки пучком света. (б) Падение в области облучения концентрации изопропанола за счет его интенсивного испарения и установление центростремительного концентрационного градиента поверхностного натяжения. Формирование капли в области нагрева и захват течением частиц с подложки. (в) Перемещение капли за пучком света вдоль подложки и очистка подложки вдоль траектории движения.



Схема установки: 1 штатив, 2 галогеновая лампа в кожухе, 3 линза, 4 подложка, 5 платформа с подвижным столиком, 6 источник питания лампы, 7 тепловизор, 8 компьютер.

## Повышение эффективности элементов Пельтье методом исследования нанесений различных нанопокровов на термопары

*А.В. Феденева*

МБОУ «Лицей №44» г. Чебоксары

Науч.рук.: М.Е. Бакалова, учитель физики МБОУ «Лицей №44»; А.В. Смирнов, ЧГУ им. И. Н. Ульянова

Многие из современных источников энергии неэкологичны, используют исчерпаемые природные ресурсы и имеют высокую цену, по сравнению с новыми, альтернативными источниками. Примером экологичного, неисчерпаемого и доступного по стоимости источника энергии может стать элемент Пельтье, однако в настоящий момент его КПД не достигает желаемых результатов.

Поэтому целями работы стало:

1. Создать наиболее эффективный элемент Пельтье, подобрав соединения подходящих материалов в термопарах.
2. Внедрить термоэнергетику в жизнь в качестве альтернативного источника энергии, как легкий, экологичный, доступный способ получения электроэнергии методом преобразования разности температур.

Новизна проекта заключается в создании методики разработки инновационных нанотехнологичных элементов Пельтье, которые будут иметь меньшие размеры и большую энергоэффективность, чем существующие аналоги и

Создание элемента Пельтье предполагает изучение его принципа действия и строения. Устройство представляет собой термоэлектрический преобразователь, состоящий из термопар (двух различных проводников (полупроводников), спаянных между собой), принцип действия которого базируется на эффекте Пельтье (выделении или поглощении тепла при прохождении электрического тока в месте контакта (спая) двух разнородных проводников). Следовательно, для увеличения КПД источника энергии нам необходимо проводить исследования материалов, соединением которых получают термопары.

Исследования проводились при помощи вакуумного напыления (технологии создания поверхностного тонкопленочного покрытия). На подложку из ситалла в вакуумной установке, генерацией направленного потока частиц с последующей их конденсацией на поверхность с образованием тонкопленочных слоев, мы нанесли однородную пленку из олова и меди (термопара №1), кадмия и хрома (термопара №2), олова и кадмия (термопара №3).

Основа выбора данных пар материалов заключается в коэффициенте Зеебека:

$$\alpha = \frac{\varepsilon}{(T_2 - T_1)}$$

$\varepsilon$  – термо-ЭДС. Чем выше коэффициент у одного металла, тем он ниже должен быть у другого, например:  $\alpha(\text{Cu}) = + 3,2 \frac{\text{мкВ}}{\text{К}}$ ,  $\alpha(\text{Sn}) = - 0,2 \frac{\text{мкВ}}{\text{К}}$ , именно поэтому мы выбрали соединение меди с оловом, а кадмия с хромом.

Для создания термопар №1, №2 и №3 мы использовали перекрестный метод генерации частиц (рис.1), то есть сначала наносили слой первого материала, а после, перпендикулярно ему, второго.

Линейно-цепочечный углерод известен своими свойствами в сфере фоторезистивности: при нанесении ЛЦУ на фоторезистор и воздействии света, он заметно уменьшает внутреннее сопротивление материалов. Поэтому нам было интересно влияние углеродных пленок в нашем исследовании. На термопару №2 с нанесением кадмия и хрома напылили линейно-цепочечный углерод, получили термопару №2.1 (рис.2.), составили сравнительные графики ВАХ и зависимости температуры от выходящего напряжения (рис.3,4). После анализа выяснили, что линейно-цепочечный углерод не повышает термо-ЭДС, но увеличивает пропускную способность. Однако при нанесении на подложку пленки кадмия, а на нее ионно-плазменным способом ЛЦУ с дальнейшим обжиганием в азоте при температуре 450 °С и напылением термическим испарением в вакууме олова (термопара №3.1), мы получаем обратные результаты: на графике (рис.6.) видно, что при использовании углерода происходит увеличение термо-ЭДС относительно №3. Следующие графики зависимости температуры от напряжения выхода на термопарах №1-3.1 (рис.4-6) показывают, что элемент Пельтье, созданный из термопар с напылением кадмия и олова + ЛЦУ и °t будет обладать наибольшей эффективностью (КПД).

При длительном отсутствии источников бесперебойного питания, человеку приходится использовать массивные аккумуляторы, заряд которых ограничен емкостью, поэтому решением данной проблемы может стать применение элементов Пельтье.

Они позволяют получать электроэнергию из-за возникновения разности температур между окружающей средой и телом человека. Одним из возможных вариантов использования данного прототипа может стать энергетический браслет на элементах Пельтье (рис. 7.), собранный на 4 или 2 элементах ТЕС1-12706. В ходе работы мы решили создать два варианта устройства браслета: без использования накопителей энергии и с использованием ионисторов 5R5D20F180H (2.0F, 5.5V), так как их можно перезаряжать в несколько раз тысяч больше, чем обычные аккумуляторы. Напряжение выхода элементов Пельтье составляет 0,6 В, что позволяет применять DC-DC конвертор. В работе мы рассматривали несколько схем преобразователей (табл. 1) и при проведении опытов наилучшими результатами, то есть запуском от наименьшего напряжения от элемента, обладала схема СЕ-8301. В итоге мы смогли поднять напряжение до 2,5-3,0 В, достаточного для запитки устройств, необходимых в походных условиях.

В ходе работы нам удалось синтезировать термопары и составить графики зависимости  $U$  от  $\Delta T$ , а также рассчитать их вольтамперную характеристику (ВАХ). И выяснить, что элемент Пельтье, созданный из термопар с напылением кадмия и олова + ЛЦУ и °t будет обладать наибольшей эффективностью (КПД) по сравнению с существующими аналогами.

Также мы смогли создать прототип функционирующего энергетического браслета на элементах Пельтье, который наглядно демонстрирует эффект Зеебека.

### Литература

1. Иоффе А.Ф. Полупроводниковые термоэлементы. Из-во АН СССР, 1960г.
2. Патент РФ "Способ получения металлсодержащего углеродного наноматериала". Смирнов А.В., Васильев А.И., Кочаков В.Д., Бобыль А.В., Теруков Е.И
3. «Термоэлектрический эффект: Методические указания к выполнению лабораторной работы Э-14а по курсу общей физики» К.Б.Коротченко
4. Косарев А.В. Патент на изобретение №2131156. Термоэлектрический преобразователь. Бюл.№15, от 27.05.99г.

## Приложения

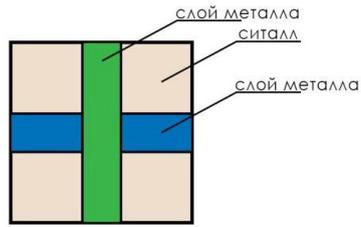


Рис. 1. Перекрестная структура для изготовления термопары

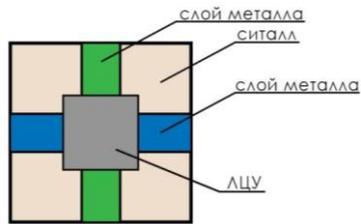


Рис. 2. Напыление ЛЦУ

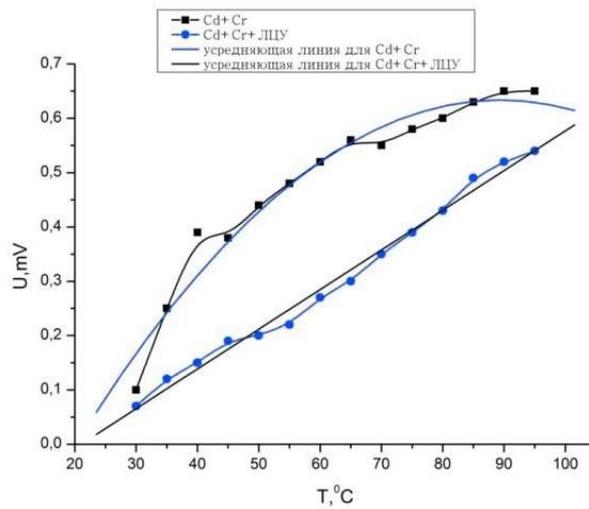


Рис. 3. Вольтамперная характеристика структур

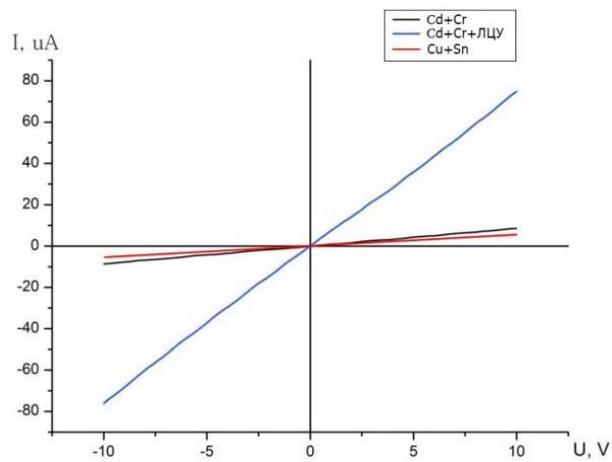


Рис. 4. График зависимости  $U_{\text{в}}$  от разницы температур

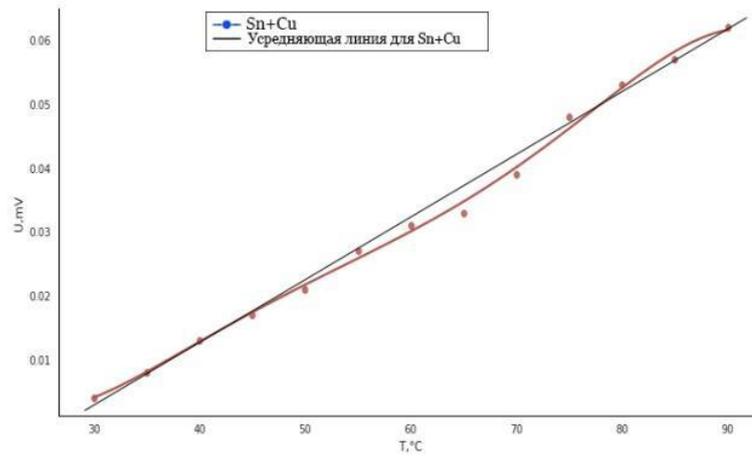


Рис. 5. График зависимости  $U_{\text{в}}$  от разницы температур

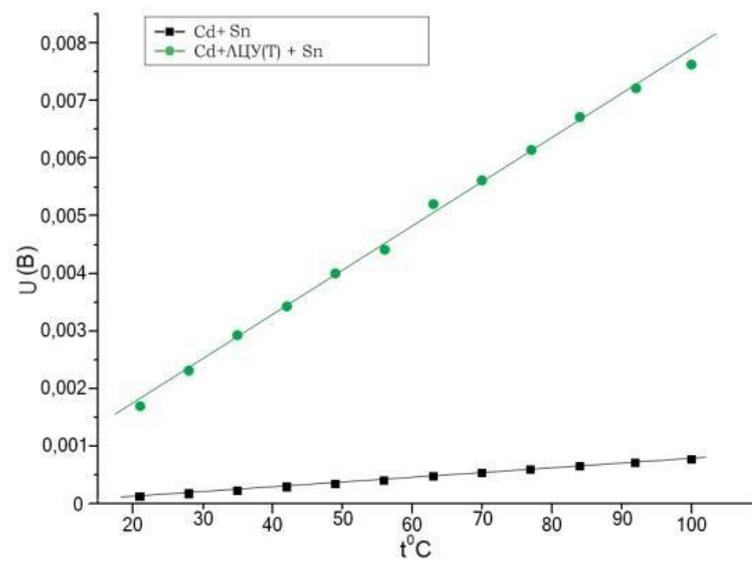


Рис. 6. График зависимости  $U_{\text{в}}$  от разницы температур



Рис. 7. Энергетический браслет на элементах Пельтье

## Синтез наночастиц меди для использования в ранозаживляющих мазях

*А.Г. Холодова*

МОУ СШ № 1 им. Логинова г. Волжский  
ДТ «Кванториум», Центральный р-н

*Науч.рук.:* М.А.Наход Мария Александровна, преподаватель дополнительного образования детского технопарка «Кванториум» города Волгограда

Целью данной работы является синтез наноразмерных частицы меди и определение их антибактериальной способности. Необходимо: получить наночастицы меди методом электрохимического растворения анода и установить размеры путём зондовой микроскопии; проверить чувствительности бактерий к наночастицам меди путём их добавления в колонии бактерий.

В настоящее время большой скачок сделала химия наноразмерных частиц металлов и их оксидов. Среди них наночастицы меди имеют широкие перспективы использования в регенеративной медицине. Заживление ран и регенерация - одно из наиболее динамично развивающихся направлений. В связи с этим синтез наночастиц, исследование свойств и их применение в медицинских областях в настоящее время бурно развивается.

Еще в 1893 году швейцарский ботаник Карл Негель доказал антимикробные действия меди. И свойства не только антимикробные. Медь играет ключевую метаболическую роль в обмене веществ всех живых организмов, она входит в состав биологических катализаторов – ферментов. Без них невозможна жизнь. Именно поэтому биологи назвали медь «металлом жизни». Содержание меди в организме человека колеблется (на 100 г сухой массы) от 5 мг в печени до 0,7 мг в костях, в жидкостях тела – от 100 мкг (на 100 мл) в крови до 10 мкг в спинномозговой жидкости. А всего меди в организме взрослого человека около 100 мг. Медь входит в состав ряда ферментов – тирозиназы, цитохромоксидазы, стимулирует кроветворную функцию костного мозга.

В медицине медь в виде сульфата меди также применяется в качестве антисептического и вяжущего средства в виде глазных капель при конъюнктивитах.

Уже существует много исследований получения меди наноразмерных форм и проявление ими антимикробных свойств.

Практическая значимость проекта состоит в использовании его итогов как базы, на основе которой можно будет создать препараты для регенерации ран. Именно по этой причине проделанная нами работа является актуальной на данный момент.

Научная новизна исследования состоит в том, что впервые было изучено действие наночастиц меди, полученных путём электрохимического растворения, на культуры бактерий.

В первой части работы описывается научные исследования получения меди наноразмерных форм и проявление ими антимикробных свойств. И воспроизведение одного из способов получения наномеди с установлением размеров частиц. Во второй части показаны методики приготовления питательной среды для роста бактерий и прекращение их роста с введением меди.

Итоги проекта таковы, нам удалось получить коллоидный раствор меди путем электрохимического растворения анода (стабилизирующим агентом выступал желатин). Размер частиц подтвердили на зондовом микроскопе NanoTutor, и они оказались не наноразмерные (около 1000 нм). Причины, предположительно, связаны со стабилизирующим раствором, однако это не помешало проявить антибактериальные свойства на примере выращенных штаммов бактерий.

По результатам проведенных нами исследований можно сделать вывод о том, что использованный нами химический способ получения наночастиц не достаточно изучен и требует дополнительных исследований. Также было подтверждено антимикробное свойство, несмотря на то что не были получены нужные размеры. В связи с этим намечены дальнейшие пути развития проекта: изучить иные способы получения и стабилизации наночастиц металлов; проверить активность полученных частиц на других микроорганизмах.

### Литература

1. Рахметова А. А. Ранозаживляющее действие мазей с различным содержанием наночастиц меди / А. А. Рахметова, О. А. Богословская, А. Н. Ганжигаяева и др., - Вестник РУДН, серия « Медицина» №4.- 2011.- с.139-142
2. Рост устойчивости к противомикробным препаратам по всему миру [Электронный ресурс].- Всемирная организация здравоохранения. - Режим доступа: <https://www.who.int/mediacentre/news/releases/2018/antibiotic-resistance-found/ru/>, свободный – 2018.
3. Изучение антибактериального действия наночастиц меди и железа на клинические штаммы *Staphylococcus aureus* / И. В. Бабушкина, В. Б. Бородулин, Г. В. Коршунов [и др.] // Саратов. науч.-мед. журн. – 2010. – Т. 6, № 1. – С. 11–14
4. Гульченко С. И. Перспективы создания антибактериальных препаратов на основе наночастиц меди / Гульченко С. И., Гусев А. А, Захарова О. В., - Вестник ТГУ.- Т1. вып., 2014
5. Антибактериальные эффекты наночастиц металлов / Леонтьев В. К. [и др.], - Российский стоматологический журнал, 2017.- с. 304-307
6. Шульгина Т. А. Водный раствор и водный диализированный раствор наночастиц меди, и их действие на клинические штаммы / Т.А. Шульгина, Д.М. Пучиньян,- Вестник ТГУ.- Т1. Вып.- 2013
7. Мохов В. М. Синтез карбоксамидов прямым амидированием карбоновых кислот и переамидированием при катализе коллоидной медью / В.М. Мохов, Ю.В. Попов, И.И. Будко // Журнал общей химии. - 2015. - Т. 85, вып. 4. - С. 575-581.
8. Наноразмерные частицы в катализе: получение и использование в реакциях гидрирования и восстановления (обзор) / Ю.В. Попов, В.М. Мохов, Д.Н. Небыков, И.И. Будко // Известия ВолгГТУ. Серия «Химия и технология элементоорганических мономеров и полимерных материалов». Вып. 12 : межвуз. сб. науч. ст. / ВолгГТУ. - Волгоград, 2014. - № 7 (134). - С. 5-44.
9. Пат. № 2306141 (РФ) Препарат, ускоряющий ранозаживление / Бойтулаков Т.А., Глушенко Н. Н., Богословская О. А. и др.,- 2007
10. Пат. 2410472 С1 (РФ) Способ получения наночастиц меди в водном растворе / Крейцберг Г. Н. – 2011

# Секция радио-, робототехники и компьютерных систем

## Система умного пешеходного перехода

*А.Б. Аубакиров, И.А. Мликов*

МОУ Гимназия № 1, Московская область, г. Жуковский

*Науч.рук.:* С.А. Колчев, преподаватель ЦМИТ Жуковский

В России ежегодно совершается около 70 тысяч наездов на пешеходов, и значительная часть из них - на пешеходных переходах.

Цель исследования – разработать технологию, позволяющую сделать пешеходный переход более безопасным, для чего развести пешеходов и машины, чтобы они находились на дороге в разное время.

Задачи исследования:

1. Изучить существующие технологии и перспективные разработки организации безопасности дорожного движения;
2. Выбрать технологии, которые смогут развести во времени пешеходов и машины;
3. Разработать алгоритм работы системы с использованием выбранных технологий;
4. Написать программы управления машиной и переходом в соответствии с алгоритмом;
5. Проверить работоспособность программ управления на прототипе;

Основные причины аварийности на автомобильном транспорте: недостаточная обеспеченность автомобильного транспорта соответствующими по своим параметрам дорогами; недостаточная изоляция транспортных потоков; невысокий средний уровень квалификации водителей.

Ключевая идея решения, в том чтобы машины не столкнулись с пешеходами. Для этого не обязательно останавливать машины - достаточно организовать движение машин так, чтобы в их потоке были разрывы, позволяющие пешеходам перейти через переход за время между проездом последней машины до разрыва и первой машины после, следовательно нам нужно управление скоростью машины.

Для этого мы задействуем следующие технологии: ограничитель скорости для машины (элемент автопилота); интерактивное и автоматическое управление пешеходным переходом; систему сетевого взаимодействия между пешеходным переходом и автомобилем.

Алгоритм работы пешеходного перехода и события, которые должна обрабатывать модель:

1. Нет машины, нет пешехода:
  - на светофоре горит зеленый;
  - система ждет сигналов от RFID и/или Ультразвукового датчика.
2. Появилась машина, нет пешехода:
  - загорается красный;
  - система ждет 10 секунд, пока машина не проедет;
  - загорается зеленый.
3. Появился пешеход, нет машины:
  - горит зеленый;
  - если появляется машина, по известной скорости машины и прошедшему времени рассчитывается ограничение скорости и отправляется на машину;
  - система ждет, пока пешеход не пройдет. Попутно при необходимости корректирует скорость машины вплоть до полной остановки.

- после того, как пешеход прошел, снимается ограничение на скорость.

По результатам испытания была собрана модель простого пешеходного перехода для ситуации обычной двухполосной дороги без перекрестка. Алгоритм проверен и прошел испытания на прототипе. Примененные технологии прототипа позволяют перенести алгоритм на реальные автомобили и переходы используя только существующие, известные, надежные и хорошо проработанные технологии.

Учитывая скоротечность внедрения цифровых технологий в жизнь, а также начало реального использования беспилотных автомобилей в городах, идея реализации умного, а значит безопасного пешеходного перехода, абсолютно реалистична и возможна. Главная цель и значимость исследования - показать работающий алгоритм безопасного пешеходного перехода, позволяющего значительно снизить смертность и травматизм на улицах наших городов.

### **Универсальная плата управления и контроля моделей**

***С.Б. Мельников, И.С. Балусов***

МОУСОШ 82 г. Черноголовка

*Науч.рук.: С.В. Богданов*

При построении моделей транспортных средств (авто -, авиа- и судо-моделей и роботов, а также полноразмерных транспортных средств) возникает проблемы:

1. Сложной проводки для управления ходовыми, транспортными, габаритными и прочими огнями – к каждому излучателю свой провод, и на каждую группу излучателей пин микроконтроллера, которых всегда не хватает.
2. Сложная система управления исполнительными устройствами – сигналы, реле – к каждому нужно тянуть провода, и для каждого нужно использовать вывод микроконтроллера.
3. Широко распространенные системы дистанционного управления позволяют управлять только сервомашинками, а управлять моторами или светодиодами не могут.
4. При движении в сложных условиях возможна пробуксовка, что приведет к уходу от курса.

Мы предложили, сконструировали и протестировали следующие технические решения, позволяющие решить технические проблемы:

1. Для управления огнями мы использовали адресные светодиоды WS2812, работающие по протоколу NRZ-800 kHz, а для исполнительных элементов – чипы WS2811A, работающие по этому же протоколу.
2. Для сопряжения интерфейса универсальных пультов управления мы написали программу обработки импульсов, позволяющую при получении сигнала с пульта выполнять нужные команды.
3. Для системы поддержания курсовой устойчивости мы задействовали гироскоп на чипе IMU6050.

Мы применили три микроконтроллера: один отвечает за работы с огнями и исполнительными устройствами на WS2811(12), второй получает данные с гироскопа, третий микроконтроллер – основной управляющий. На схеме также показаны 6-осевой гироскоп / акселерометр 6050, развязка питания и преобразователь уровня. Мототы и Н-мосты для моторов на схеме не показаны.

Новизна работы в том, что мы используем адресные светодиоды. Это позволяет нам управлять большим количеством светодиодов, используя при этом всего один управляющий провод. Также, на основе всех наших наработок мы разработали печатную плату для нашей системы.

## **Автоматизированная система контроля обеспечения газовой безопасности**

*Н.И. Гришин*

МБОУ СОШ №19 им. Казанцева В.М., г. Белгород

*Науч.рук.:* О.Г. Картавцев, учитель физики МБОУ СОШ №19 им. Казанцева В.М.

Цель проекта: самому разработать и собрать автоматизированную систему контроля газовой безопасности и в случае обнаружения микроконтроллером сигнала с датчика о присутствии газа, осуществить отправку сигнала на модуль обработки сим-карт SIM800L для передачи информации путем СМС сообщения или звонка на телефон владельца и оповещение по месту утечки.

Задача проекта: изучить оптимальные по характеристикам компоненты, документацию по транзисторам, собрать предварительные схемы, провести опыты на программируемых микроконтроллерных платах. Изучить работу датчика газа MQ-2, подобрать блок питания и провести опыт на лабораторном блоке питания. Изучить документацию модуля обработки SIM-карт, приема отправки СМС и/или осуществления вызова при помощи модема SIM800L, распиновку используемого микроконтроллера atmega8P-PU, спаять схему обвязки микроконтроллера на текстолитовых платах. Написать программу на C++ и загрузить ее в микроконтроллер, спаять делитель напряжения на резисторах для корректной стыковки логических уровней пинов RX TX модуля с эмулируемым UARTAOM микроконтроллера.

Методы и этапы работы над проектом: на датчик расплылся бытовой газ. Датчик исправно реагировал на изменения сопротивления и увеличение значений присутствия газа. Тестировался модуль GSM-GPRS связи SIM800L. Логические уровни были корректно совмещены. В ходе теста он подключался к плате Arduino, были осуществлены голосовые вызовы с модуля и на модуль. Следующим подключался к плате ардуино пьезодинамик. Когда компоненты были протестированы по отдельности, на макетной плате были собраны все компоненты, написана тестовая версия программы.

Электроника на макетной плате осуществляла вызов на мобильный телефон и в случае обнаружения присутствия бытового газа включала buzер для осуществления звукового оповещения. В микроконтроллер был записан бутлодер, записана итоговая протестированная версия программы. Микроконтроллер был установлен на спаянную макетную плату, питание платы через стабилизатор напряжения было подключено к блоку питания, а понижающий конвертор был соединен с модулем SIM800L. Модуль SIM800L работал от понижающего конвертора, земля понижающего конвертора и земля платы были объединены. В ходе тестирования конечного устройства был замерен класс энергоэффективности A+++.

Отсутствие системы в решении безопасного использования газораспределительных систем в быту. Бытовой газ не только благо для человека, но и источник повышенной опасности. Утечка бытового газа может привести к взрыву, обрушению здания, пожару,

серьезным травмам и гибели людей, и этому подтверждению, множество фактов произошедших за последнее время.

По данным газовой службы, более 30% газовых плит, водонагревателей и другого оборудования в России используются свыше 40 лет, имея износ 60-70%.

Вместе с тем, ответственность за безопасное пользование бытовыми газовыми приборами в домовладениях, содержание их в надлежащем состоянии возлагается на собственников жилых помещений в соответствии со ст. 210 Гражданского кодекса РФ, ст. 30, 67 Жилищного кодекса РФ.

Стоимость полученной автоматизированной системы составила 800руб. Обычный газовый анализатор с небольшим набором функций стоит около 2-3 тыс. руб., с функцией передачи стоимость 3-7 тыс. руб., многофункциональные 15-20 тыс. руб.

Доступная стоимость моего проекта позволит массово устанавливать устройство и предотвращать аварии, и сохранить жизнь людям.

Обнаружить утечку газа и избежать взрывов помогут сигнализаторы утечки газа - путем оповещения по месту утечки газа, а так же осуществлением отправки (сигнала на модуль обработки сим-карт SIM800L) информации СМС - сообщением и звонком на телефон владельца.

В результате мне самому удалось разработать, собрать автоматизированную систему контроля газовой безопасности с отправкой сигнала на модуль обработки сим-карты. Полученная система будет использоваться мной в нашем доме.

#### Приложение

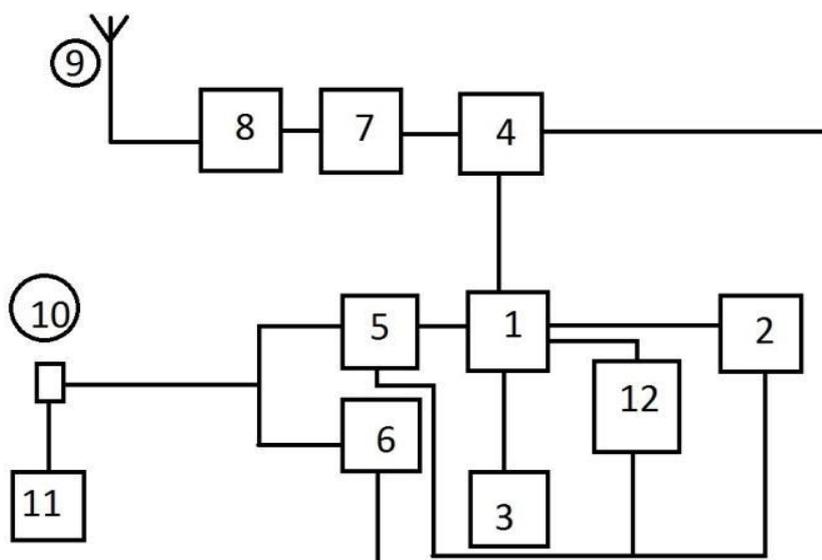


Рис. 1. Схема устройства, габариты, технические характеристики

(1)Микроконтроллер, (2) датчик загазованности, (3) блок светодиодной индикации, (4) равноплечий делитель напряжения на резисторах, (5) блок питания №1 (стабилизатор), (6) блок питания №2 (понижающий конвертор), (7) катушка индуктивности, (8) GSM модем + SIM-карта, (9) антенна, (10) разъем питания, (11) разъем питания, (12) бужер.

```
Файл  Плавка  Вид  Проект  Сборка  Отладка  Тест  Анализ  Средства  Рашире...
Gsz_Project_v12.0.cpp
Прочие файлы
247
248
249 void echoOFF () {
250     SIM800.println("AT+");
251     delayMicroseconds(1);
252     Serial.println("echoOK+OFF");
253 }
254
255 void Trevoga () {
256     buzzerBlinkAktive();
257     blinkAktive();
258     blinkAktive(); }
259
260 void FalseHelper () {
261     echoOFF();
262     blinkAktive ();
263     CallMuteChek ();
264     ReadCallNumber ();
265 }
266
267 void WhatSrtana(); {
268     char Srs[15];
269     byte x;
270     while(true){
271         delay(10);
272         x = SIM800.read();
273         if (x == '+')break;
274     }
275     String FFG = "";
276     while(true){
277         delay(10);
278         x = SIM800.read();
279         if(x != '') FFG += (char)x; else break;
280         Srs = x;
281         if(Srs[1] == 3; and Srs[2] == 8; and Srs[3] == 0;) {
282             ykraina ();
283         }
284         if(Srs[1] == 4; and Srs[2] == 9;) {
285             Germany ();
286         }
287         if(Srs[1] == 7;) {
288             RussiaKazakhstan();
289         }
290         if(Srs[1] == 1;) {
291             USA ();
292         }
293         if(Srs[1] == 4; and Srs[2] == 4;) {
294             Velikobritaniua();
295         }
296     }
297 }
298
299 void ClearRam () {
300     const unsigned short lc = 0;
301     delayMicroseconds(1);
302     Srs[0] = lc;
303 }
```

Рис. 2. Разработка программного кода проекта



Рис. 3. Фото этапов реализации проекта



Рис. 4. Фото этапов реализации проекта



Рис. 5. Осторожно ГАЗ!!!

### **Робот видеоприсутствия - промобот**

***И.В. Днепровский***

МБОУ СОШ № 9, город Чита  
ЦМИТ ZabLab

*Науч.рук.:* С.Ю. Кучумов, заведующий отделением робототехники ЦМИТ ZabLab

Проект реализован в рамках актуальной для современной России государственной программы «Цифровая экономика», которая направлена на улучшение жизни граждан страны и повышение качества товаров и услуг посредством инновационных технологий.

Целью данной работы является создание функционального робота видеоприсутствия - промобота, имеющего относительно невысокую себестоимость по сравнению с существующими на российском рынке аналогами.

В рамках работы изучен рынок продажи и аренды промоботов в России, выявлены преимущества робота перед обычными промутерами при проведении различных мероприятий, проведена оценка возможностей производственных мощностей площадки

для реализации проекта, существенно расширены знания автора по робототехнике – одному из ведущих направлений национальной программы «Цифровая экономика». Также в процессе работы над проектом возникло предложение по использованию промобота не только в коммерческих целях, но и в социальных, что отражено в теоретической части исследования.

В результате изучения специальных материалов по проблематике исследования выяснено, что на региональном рынке не представлены роботы видеоприсутствия с низкой себестоимостью и арендной платой за их использование, что свидетельствует об актуальности продукта для такого дотационного региона, как Забайкальский край.

При работе над проектом использованы следующие методы: теоретические (изучение и анализ научной литературы по выбранной теме, анализ и синтез полученной информации, классификация), эмпирические (эксперимент, сравнение, тестирование образцов), метод творческой деятельности.

Результатом проведенной работы является создание функционального образца робота видеоприсутствия с себестоимостью около 120 тысяч рублей, что существенно ниже рыночной цены на такие изделия.

### Литература

1. Официальный сайт компании Promobot, – Электрон.дан. – Режим доступа: <https://promobot.ru/>, свободный. – Загл.с экрана.
2. Ревич Ю. Занимательная электроника – СПб. – 2015. – С. 577.
3. Соммер У. «Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freeduino» – СПб. – 2012. – С. 238.
4. Ютьюб [Электронный ресурс] / Промобот Бастик в Чите. – Электрон.дан. – Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=UIw20FicECg>. – Загл.с экрана.
5. Сайт фирмы Rent robot [Электронный ресурс] / Роботы на мероприятии – WOW-эффект гарантирован. – Электрон.дан. – Режим доступа: <http://rent-robot.ru/index.html>. – Загл.с экрана.
6. Википедия: свободная энциклопедия [Электронный ресурс] / Лидогенерация. – Электрон.дан. – Режим доступа:
7. <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B8%D0%B4%D0%BE%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F>, свободный. – Загл.с экрана.
8. Википедия: свободная энциклопедия [Электронный ресурс] / Конверсия (в интернет-маркетинге), – Электрон.дан. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%81%D0%B8%D1%8F\\_\(%D0%B2\\_%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B5%D1%82-%D0%BC%D0%B0%D1%80%D0%BA%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BD%D0%B3%D0%B5\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%81%D0%B8%D1%8F_(%D0%B2_%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B5%D1%82-%D0%BC%D0%B0%D1%80%D0%BA%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BD%D0%B3%D0%B5)), свободный. – Загл.с экрана.
9. Сайт фирмы ТРИБОТ [Электронный ресурс] / Роботы ПРОМОБОТ V.2 в комплектации профессионал. – Электрон.дан. – Режим доступа: <http://www.triobot.ru/catalog/roboty-promobot-v-komplektatsii-professional/>, свободный. – Загл.с экрана.
10. Сайт фирмы Rent robot [Электронный ресурс] / Каталог роботов на мероприятия. – Электрон.дан. – Режим доступа: <http://rent-robot.ru/index.html#catalogue>, свободный. – Загл.с экрана.

11. Википедия: свободная энциклопедия [Электронный ресурс] / Omni wheel. – Электрон.дан. – Режим доступа: [https://en.wikipedia.org/wiki/Omni\\_wheel](https://en.wikipedia.org/wiki/Omni_wheel), свободный. – Загл.с экрана.
12. Блог о проектах Arduino [Электронный ресурс] / Обзор драйвера мотора на L298N. – Электрон.дан. – Режим доступа: <https://robotchip.ru/obzor-drayvera-motora-na-l298n/>, свободный. – Загл.с экрана.
13. Софт каталог [Электронный ресурс] / Компас-3D. – Электрон.дан. – Режим доступа: <http://softcatalog.info/ru/programmy/kompas-3d>, свободный. – Загл.с экрана.
14. Сайт магазина 3DiY [Электронный ресурс] / Радио модуль NRF24L01. – Электрон.дан. – Режим доступа: <https://3d-diy.ru/wiki/arduino-moduli/radio-modul-nrf24l01/>, свободный. – Загл.с экрана.

## **Распознавание дорожных знаков на основе анализа контуров**

*М.С. Егорова*

АНОО «Физтех-лицей» имени П.Л. Капицы

*Науч.рук.: А.Д. Панюков, студент МФТИ*

Задача проекта заключается в создании модели беспилотного автомобиля, ориентирующегося по дорожным знакам на основе анализа их контуров, способного с высокой точностью идентифицировать объекты на дороге.

Для реализации проекта использовался Python и библиотека OpenCV, так как она отлично подходит для обработки изображений. Для получения изображений из окружающей среды используется камера PiCamera, управляемая с помощью Python и Raspberry Pi. Так же к Raspberry подключен драйвер моторов, который позволяет мобильному роботу передвигаться.

В основу принципа работы системы входят следующие шаги: загрузка основного изображения и шаблона для сравнения; изменение размера под нужные параметры (resize); нахождение контуров на основном изображении (findcontours); сравнение с шаблоном; действия в соответствии с полученным результатом.

Существующие на данный момент беспилотные автомобили не всегда имеют практичное решение проблемы машинного зрения. Например, в одной из своих лекций компания «Яндекс» упоминает об использовании машинного обучения и некоторого дорогостоящего оборудования для реализации считывания информации из внешней среды. Метод анализа контуров позволяет по-новому взглянуть на способы распознавания объектов и беспилотного управления устройствами. Тема машинного зрения на данный момент не изучается широко и повсеместно, тем не менее является перспективным и современным направлением. Практическое применение заключается в использовании устройства для обучения будущих водителей и представления принципа метода нахождения контуров.

В ходе работы над проектом был получен действующий макет мобильного робота, способного передвигаться по трассе (широкой чёрной линии) с помощью датчиков линии. На своём пути робот ищет дорожные знаки с помощью камеры на Raspberry Pi и выполняет предписания на знаке при обнаружении (например, останавливается перед знаком «Стоп»).

Проект имеет научную и практическую значимость. Работа над устройством способствовала обретению новых навыков в программировании, помогла сделать первый шаг в работу с Python и Raspberry Pi.

При тестировании работы программы выявлено, что знак определяется приблизительно в 4 случаях из 5 – пока что работе мешают объекты, совпадающие со знаком цветом и похожие формой, также встречаются проблемы с освещением и соответствующим изменением оттенка нужного цвета знака.

На данный момент практический анализ и сравнение подобных методов пока не встречались – решение придумано независимо от других похожих работ.

## Литература

1. <https://opencv.org/>
2. <https://docs.python.org/3.6/>
3. <https://docs.python.org/2.7/>
4. <https://www.raspberrypi.org/>
5. <https://taxi.yandex.ru/blog/bespilotnik-v-skolkovo/>
6. <https://sk.ru/news/bespilotnye-avtomobili-kto-razrabatyvaet-ih-v-rossii-i-cto-meshaet-razvitiyu-rynka/>

## Приложение

По ссылке представлено видео по работе установки:  
[www.youtube.com/watch?v=1E01i7d9ix8](http://www.youtube.com/watch?v=1E01i7d9ix8)

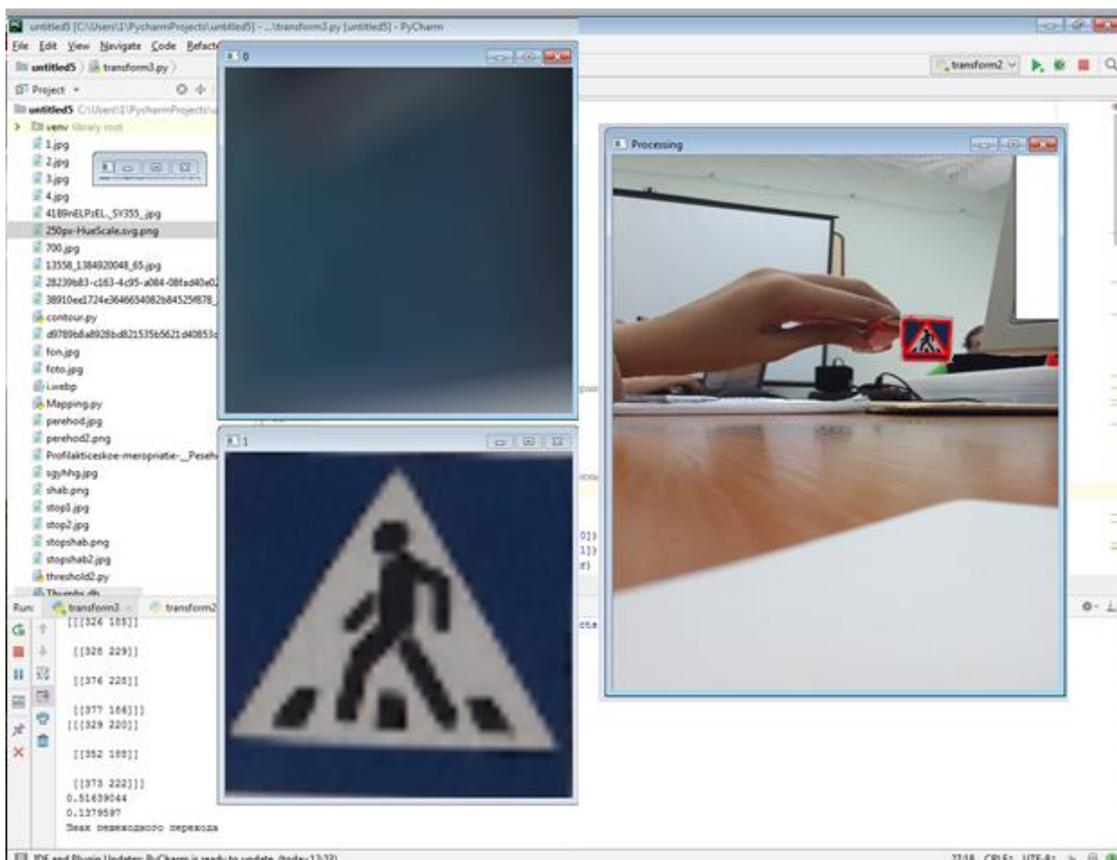


Рис. 1.

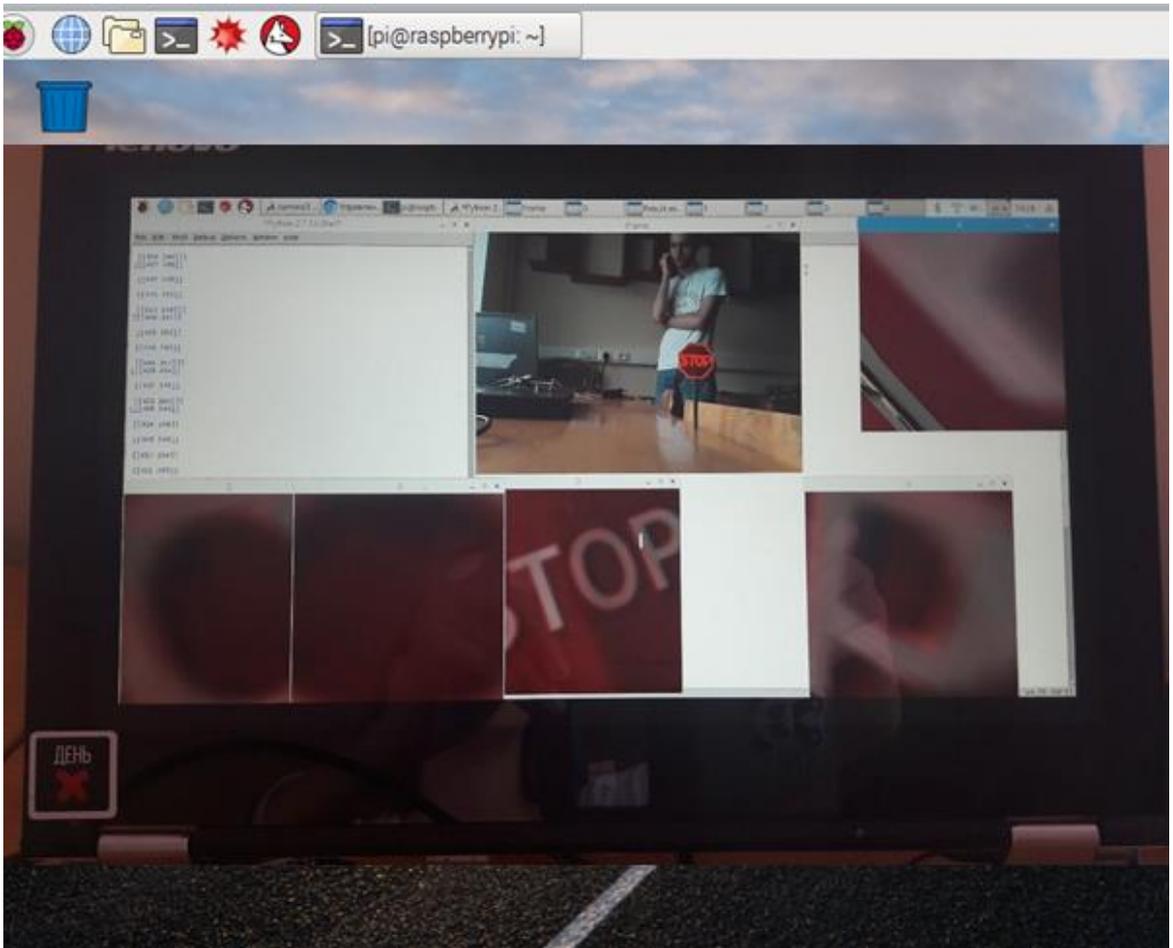


Рис. 2.

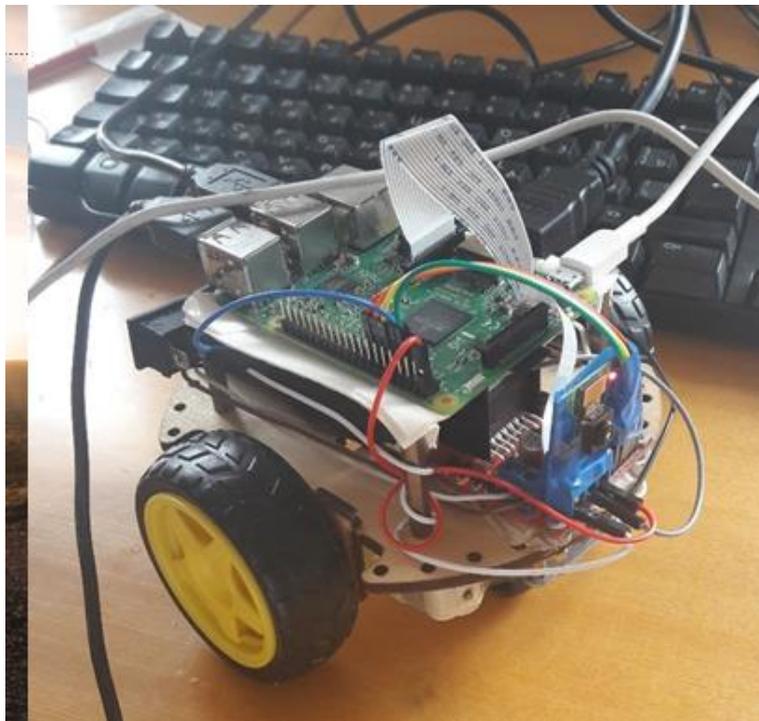


Рис. 3.

## Мультиперчатка

*А.И. Запорожских*

МБОУ «Лицей № 2», город Братск

*Науч.рук.:* А.Г. Сорокин, учитель географии и биологии МБОУ «Лицей№2»

Итоговый продукт (далее: мультиперчатка), созданный на основе исследования датчиков изгиба, может быть использован в быту вместо других устройств ввода информации (Далее: устройства), таких как – клавиатура и компьютерная мышь. При совместном использовании датчиков изгиба и акселерометра, можно создать устройство, которое будет совмещать в себе функционал нескольких устройств. Я предполагаю, что, как и все новые устройства и изобретения, мультиперчатка будет сначала необычна и неудобна, но с течением времени люди смогут привыкнуть и полноценно использовать ее как бытовое устройство. Это еще один шаг к упрощению общения через расстояния.

Актуальность настоящей работы обусловлена, с одной стороны, большим интересом к новым технологиям, которые улучшают качество жизни человека, делают ее подобной жизни в фантастических рассказах и фильмах, с другой стороны, возможностью самостоятельно воплотить идею, не прибегая к помощи инженеров-специалистов, используя только свои знания полученные путем анализа и систематизации информации.

Целью данной работы является разработка нестандартного способа ввода (многофункциональная перчатка). Необходимо: узнать больше про устройства ввода информации; придумать необычный способ ввода информации; разработать мультиперчатку; проверить верность или ошибочность гипотезы.

Мультиперчатка включает в себя функционал привычного для человека устройства ввода: клавиатура. С помощью *Arduino* был разработан и собран рабочий прототип Мультиперчатки.

“Сначала мы общались через клавиатуру, теперь через жесты рук, а в скором будущем сможем общаться ментально – через мысли.”

### Литература

1. Кондукова, Е.А. *Arduino, датчики и сети для связи устройств* / Кондукова, Е.А. – СПб: БХВ-Петербург, 2015. — 544 с
2. Блум Дж.М. Джереми Блум. *Изучаем Ардуино* / Блум Дж.М. – Мск: Книжный ряд, 2013. — 226 с
3. Сайт по разработке датчика изгиба [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://m.habr.com/ru/post/374099/>
4. Сайт предлагающий ресурсы для изучения Arduino [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://arduino.on.kg/books>

### Приложение

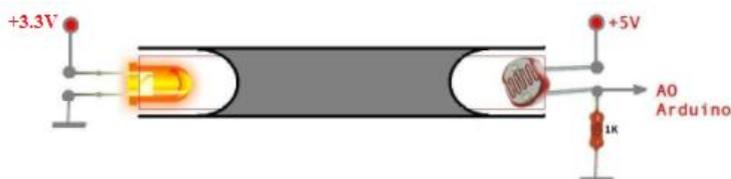


Рис.1. Датчик изгиба (схема).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
00001	00010	00011	00100	00101	00110	00111	01000	01001	01010
g	t	n	space	z	s	h	e	q	r
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
01011	01100	01101	01110	01111	10000	10001	10010	10011	10100
d	l	u	o	backspace	a	c	m	w	f

21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
10101	10110	10111	11000	11001	11010	11011	11100	11101	11110	11111
									0	0
y	p	b	i	v	k	x	j	enter	.(точка)	,(запятая)

Табл. 1. Таблица кодировки символов.

## Фотоэлектрический энергетический накопитель

*И.С. Зубарев, А.Е. Шолов*

УОК ШГ ДС «Эрудит»

*Науч.рук.: А.М. Сатаркуло, учитель физики УОК ШГ ДС «Эрудит»; рецензент: П.М. Резин, аспирант КГТУ, кафедра «Механика и промышленная инженерия»*

Генерация электроэнергии фотоэлектрическими преобразователями увеличивается ежемесячно [1]. Однако, технические решения, используемые в традиционных «солнечных» электростанциях достаточно громоздки и крайне редко применяются в мобильных автономных источниках электрического тока, потребность в которых достаточно высока.

Проектом предложен вариант конструктивного решения мобильного автономного источника тока, основанный на фотоэлектрических преобразователях, объединенных с системами хранения и передачи потребителям сгенерированной фотоэлектрической энергии; причем в конструкции применяются материалы и методики, направленные на минимизацию «углеродного» следа изделия.

На текущий момент потребность в мобильных автономных источниках электрической энергии среди организаций, предприятий, государственных структур и частных лиц достаточно высока. Например, такие мобильные автономные источники тока могут быть развернуты аварийно-спасательными командами для обеспечения работы специального оборудования во время ликвидации последствий стихийного бедствия. Заинтересованность частных лиц в таких устройствах обуславливается ситуациями с

частыми внезапными отключениями электроэнергии или низким качеством поставляемой электроэнергии.

Для обеспечения подобных потребностей широко применяются бензиновые и дизельные генераторы электрической энергии, различные блоки аккумуляторных батарей. Однако, все эти решения объединяет достаточно большой собственный вес, сложность в эксплуатации, высокая стоимость и пагубное влияние на экологию.

Недостатками современных зарядных устройств на фотоэлектрических преобразователях являются крайне нестабильные параметры выходного тока, сравнительно большие размеры, возможность использования только в светлое время суток, а также достаточно высокая цена [2].

*Фотоэлектрический преобразователь* («солнечная батарея») — полупроводниковый фотоэлемент, осуществляющий прямое превращение солнечной энергии в электрическую по принципу внутреннего фотоэффекта [5].

*Литий-ионный аккумулятор* – это химический источник тока, широко распространённый в качестве источника энергии в современных электронных приборах благодаря высокой емкости и мощности (в сравнении с иными химическими источниками тока). В последние годы аккумуляторы подобного типа все больше применяются в высокомоощных батареях-накопителях энергии, использующихся, например, в электромобилях и гелиоэлектростанциях.

*Углеродный след* - совокупность выбросов всех парниковых газов, произведенных человеком, организацией, мероприятием, продуктом, городом, государством прямо или косвенно [3]. Так, по данным, приведенным в [3], цикл заряда одного смартфона приводит к выбросам 8 г углекислого газа в атмосферу; в год это показатель, согласно произведенным подсчетам, составит около 2,4 кг в углеродном эквиваленте на одно устройство.

Основная задача проекта – проектирование и изготовление простого и доступного мобильного источника электрического тока, способного вырабатывать и накапливать фотоэлектрическую энергию.

Для того, чтобы проектируемое устройство превосходило по своим техническим характеристикам уже существующие решения, и, в значительной степени, отвечало нормам экологичности и эргономичности, в конструкции устройства широко применяются детали и узлы от неисправных приборов.

Конструктивно устройство представляет из себя батарею из 9 фотоэлектрических преобразователей, соединенных параллельно, подключенных к контроллеру заряда/разряда литий-ионного аккумулятора на базе микросхемы TP4056 [6]. Подключенный к контроллеру восстановленный литий-полимерный аккумулятор [4] питает повышающий преобразователь постоянного тока на базе микросхемы MT3608 [7], соединенный с USB портом для подключения внешних потребителей. Параллельно к преобразователю подключен модуль индукционного зарядного устройства, совместимого с протоколом беспроводной зарядки «Qi». Режим работы фотоэлектрических преобразователей, выходные параметры тока которых зависят от интенсивности солнечного света, можно контролировать с помощью встроенного вольтамперметра. Возможно также несколько вариантов заряда встроенного аккумулятора – от блока фотоэлектрических преобразователей и через microUSB порт контроллера заряда аккумулятора с помощью стандартного сетевого зарядного устройства.

В качестве корпуса устройства использовано шасси от ноутбука, предназначенного к утилизации. Блок фотоэлектрических преобразователей установлен на штатное место дисплея в верхнюю крышку; в нижней части корпуса располагается литий-ионный аккумулятор, управляющая электроника. Вместо клавиатурного модуля установлено

устройство индикации и контроля параметров фотоэлектрического преобразователя, а место сенсорной панели указателя занял модуль индукционной зарядки. Левая боковая панель содержит USB порт и переключатели режимов работы устройства, а также разъем microUSB для зарядки устройства с помощью стандартного сетевого зарядного устройства [Приложение А]. Во избежание перегрева и температурного разгона аккумулятора при нахождении прибора под прямыми солнечными лучами сила зарядного тока ограничена величиной в 1 А. Такое ограничение также обеспечивает надежную работу аккумулятора и способствует продлению его ресурса и сохранению емкости; однако, к сожалению, значительно увеличивает время полной зарядки батареи от блока фотоэлектрических преобразователей (8-13 часов).

Опытная эксплуатация Фотоэлектрического Энергетического Накопителя в период с августа по декабрь 2019 г показала полную состоятельность выбранных конструктивных решений. Эксплуатационные и потребительские свойства устройства выгодно отличают его от аналогичных решений, производимых серийно [Приложение Б]. Также произведен расчет влияния работы прибора на рост «углеродного следа»; приведены теоретические данные.

Конструкцией устройства и возможностью его мелкосерийного производства заинтересовались частные производители специализированных электронных приборов, туристы, представители аварийно-спасательных служб, радиолюбители.

Методики и решения, использованные в ходе реализации проекта «ФЭЭН», могут быть применены в отрасли переработки электронных отходов, производства альтернативных источников электропитания, пропаганды экологически чистых технологий и возобновляемых источников энергии, гелиоэнергетики.

### Литература

1. Солнечная энергетика в Европе показала двукратный рост за 2019 год [Электронный ресурс] / Экотехника. Режим доступа URL: <http://bit.ly/2R283gm> (дата обращения: 10.01.2020)
2. Обзор зарядных устройств и пауэрбанков на солнечных батареях [Электронный ресурс] / iChip. Режим доступа URL: <http://bit.ly/2vjUkuh> (дата обращения: 23.01.2020)
3. Коллектив авторов под ред. Коротенко В. КЛИМАТИЧЕСКАЯ ШКАТУЛКА: ПОСОБИЕ ДЛЯ ШКОЛЬНИКОВ ПО ТЕМЕ «ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА». // Бишкек, ПРООН, 2017
4. Зубарев И.С., Сатаркулов А.М., Шинков Я.Д. Некоторые аспекты утилизации литий-ионных аккумуляторов как мера обеспечения пожарной и экологической безопасности. [Электронный ресурс] / Сборник материалов конференции «Сервис безопасности в России: опыт, проблемы, перспективы- 2019». <https://yadi.sk/i/hx9hu8n6EWappw> (дата обращения: 09.02.2020)
5. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б., Сотский Н.Н. Физика 11 класс. // М.: Просвещение. –2016.
6. Спецификации микросхемы TP4056/LTC4056. [Электронный ресурс] / Linear Tech. Режим доступа URL: <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/405642f.pdf> (дата обращения: 27.01.2020)
7. Спецификации микросхемы MT3608. [Электронный ресурс] / Olimex. Режим доступа URL: <https://www.olimex.com/Products/Breadboarding/BB-PWR-3608/resources/MT3608.pdf> (дата обращения: 27.01.2020)

## Приложение

### Общий вид и функциональная схема Фотоэлектрического Энергетического Накопителя (ФЭЭН)



Рис. 1. ФЭЭН – вид спереди. 1- блок фотоэлектрических преобразователей

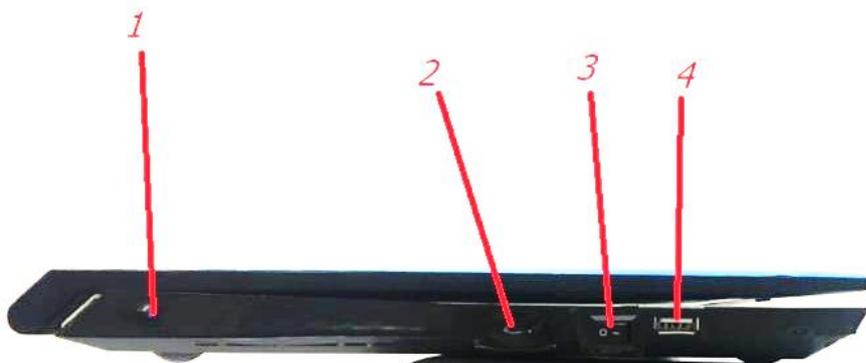


Рис. 2. ФЭЭН – вид слева. 1- выключатель блока фотоэлектрических преобразователей; 2- разъем microUSB для зарядки от сетевого зарядного устройства; 3- выключатель питания USB разъема и индукционного зарядного устройства; 4- USB разъем для подключения внешних потребителей

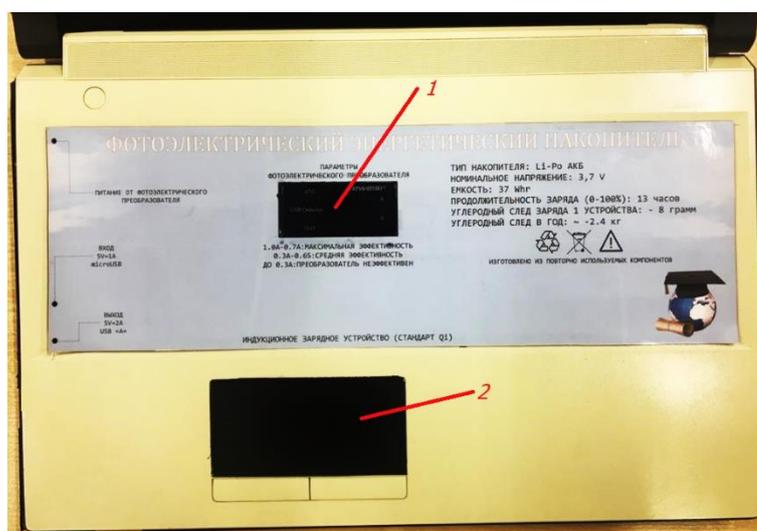


Рис. 3. ФЭЭН – вид сверху. 1- дисплей параметров блока фотоэлектрических преобразователей; 2- индукционное зарядное устройство.

Изделие/ Технические параметры	ФЭЭН	Robiton PB LP-24 Solar	BioLite SolarPanel 5+	Goal Zero Nomad 7 Plus	BlitzWolf Solar Charger
Мощность фотоэлектрического преобразователя, Вт	6	1.5	5	6	15
Тип встроенного аккумулятора	Li-Po	Li-Po	Li-ion	нет	нет
Ёмкость аккумулятора, мА*ч	10000	24000	2200	нет	нет
Количество USB портов для потребителей	1	2	1	1	2
Максимальный ток потребителя	5В, 2.1 А	12 В 1,5 А; 5 В 3А	5 В, 1А	5 В, 1,1А	5 В 2А
Беспроводная зарядка	Qi, 5 В, 1А	нет	нет	нет	нет
Габариты (Д*Ш*В), мм	380*26 2*25	180*89*30	254*203*2 4	330* 222* 19	290*530*4
Масса в снаряженном состоянии, кг	1.2	0,55	0,4	0,4	0,4
Стоимость устройства	61 \$	55 \$	90 \$	121 \$	77 \$

Табл. 1. Сравнительный анализ технических характеристик Фотоэлектрического Энергетического Накопителя (ФЭЭН) с устройствами аналогичного назначения, выпускаемыми промышленно.

## Возможности робототехники. Проект Amadeus

*И.С. Зубков*

МОУ «Лицей № 86»

*Науч.рук.:* М.В. Сердакова, учитель информатики, Е.С. Лузинова, учитель физики, лицей № 86 г. Ярославля

Работа посвящена разработке, созданию и программированию робота Amadeus, объезжающего препятствия, на основе платформы Strela и установленного на ней ультразвукового датчика.

Работа актуальна, так как в настоящий момент в России активно развиваются нанотехнологии, электроника, механика, программирование, компьютерные технологии и робототехника. Робототехника - наука, занимающаяся разработкой автоматизированных технических систем. Сегодня и школьная программа пополнилась таким предметом, как робототехника. Но, к сожалению, классы, оборудованные всем необходимым для создания программируемых роботов, еще имеются не во всех учебных заведениях.

Представленная работа имеет научно-техническую направленность, так как в наше время робототехники и компьютеризации необходимо учиться решать задачи с помощью автоматов, которые можно спроектировать самому, уметь защищать свое решение и иметь возможность воплотить его в реальной модели, т.е. непосредственно сконструировать и запрограммировать.

В ходе работы были получены следующие результаты:

1. Изучена литература и информационные ресурсы сети Интернет по теме «Робототехника», разделу физика «Акустика»;
2. Обоснован выбор платформы Strela для создания робота: для программирования действий используется совершенно доступный и понятный язык программирования, а также сама архитектура является открытой; это очень удобная аппаратная вычислительная платформа для быстрой разработки электронных устройств, как для профессионалов, так и для новичков;
3. Разработан и запрограммирован робот с использованием ультразвукового дальномера, объезжающий препятствия.

Таким образом, в ходе проведенной работы были сформулированы следующие выводы:

1. Робототехника стремительно вошла в нашу жизнь и в XXI веке производство роботов может стать крупнейшей отраслью промышленности.
2. Роботы занимают определенную часть в нашей жизни, и внесение в школьную программу курса «Робототехника» будет актуально и в будущем.
3. Создание роботов на платформе Arduino или Strela очень интересный и познавательный процесс, который развивает логическое и абстрактное мышление.

## **Подводный аппарат “Посейдон”**

*Г.О. Исмаилов*

МБОУ ФМЛ № 31 города Челябинска

*Науч.рук.:* Д.В. Ловчиков, учитель робототехники, МБОУ ФМЛ № 31 города Челябинска

Арктика - это кладезь минеральных ресурсов, огромные запасы нефтеуглеводородов, биологических ресурсов, превышающие таковые на суше в несколько раз. В Арктике очень холодный климат и на воде присутствует постоянное движение льда, что не позволяет добывать нефть и газ традиционными методами. Для безопасной добычи нефти и газа в Арктике существуют специальные методы подводной добычи. Одним из таких методов является подводно-устьевая система добычи (Рис. 1). Она реализована только на Киринском месторождении. На берегу находится центр управления добычей, а сами скважины находятся на дне моря и соединены с берегом за счет длинного подводного трубопровода и шлангокабеля, по которому передается информация об управлении оборудованием. По подводному трубопроводу поступает смесь газа, конденсата и воды с месторождения на берег. Подводно-устьевая система находится на большом расстоянии от берега и требует постоянного контроля над ней. Контроль могут осуществлять подводные аппараты (ТНПА и АНПА).

Понимая актуальность разработки подводных робототехнических средств, мы поставили перед собой цель: создать малогабаритный подводный телеуправляемый аппарат для мониторинга и контроля подводно – устьевых нефтяных и газовых систем. Аппарат должен иметь возможность работать в автономном режиме. Робот должен иметь

следующие характеристики: масса 6000 (г), габариты 40 \* 35 \* 25 (см), максимальная глубина действия 50 м., максимальное время работы – 50 мин. Для достижения поставленной цели были поставлены следующие задачи: обзор аналогов подводных аппаратов; обзор проблем, решаемых при помощи подводных аппаратов; разработка конструкции корпуса; разработка герметичных движителей; изготовление корпуса робота и блока управления; написание прошивки интерпретатора команд; запуск робота и проведение мониторинга имитированного трубопровода.

Проектируемый аппарат будет предназначен для использования в подводно-устьевых комплексах добычи нефти и газа, для мониторинга состояния скважин, трубопроводов и манифольда. Заказчиками могут выступать компании, занимающиеся разработкой месторождений и добычей нефти и газа в Арктике.

Изучение материала начали с обзора рынка НПА, классифицировали представленные аппараты в таблице (Рис. 2). Проанализировав все виды НПА и их предназначения, мы сделали вывод: НПА должен иметь моторы для вертикального и горизонтального перемещения, хорошую герметизацию моторов и блока электроники, должен работать в телеуправляемом и автономном режиме.

Придерживаясь разработанного плана, мы создали 3D модель в программе для 3х мерного моделирования «Компас 3D» (Рис. 3). Поэтапно создали корпус из собственно – произведенного конструктора (материал орг-стекло, вырезан на лазерном станке и обработан на нагревательном станке для создания необходимой формы), что позволило аппарату иметь взаимозаменяемость деталей, не нарушая целостности корпуса при замене (Рис. 4). Мы разработали герметичные движители, используя технологию магнитной муфты, и расположили их по двум сторонам аппарата (Рис. 5). Электроника, управляющая движителями робота, помещена в специальную герметичную колбу. Для автономного режима работы НПА, бортовой компьютер имеет драйвера двигателей, одноплатный компьютер Raspberry и шилд Arduino (Рис. 6). Ориентирование во время движения робота и распознавание объектов происходит за счет компьютерного зрения, реализованного на библиотеке OpenCV на языке программирования Python 3. Робот управляется за счет пульта, но так же может передвигаться в автономном режиме, без помощи оператора. Мы произвели запуск на глубине 1 метр, запуск прошел успешно, аппарат выполнял заданные с пульта команды. Но данная глубина не позволила оценить надежность герметизации моторов и блока управления роботом. Для полноценной работы аппарата необходимо произвести второй и третий этапы запуска НПА (на глубине 3-6 метров и 30-100 метров), а также в рамках дальнейшего развития проекта, спроектировать герметичную док станцию, на которой подводный робот будет заряжаться и получать информацию о требуемой задаче.

На рисунке 7 размещен фотоотчет созданного подводного аппарата.

### Литература

1. Анатолий Корендясев, «Теоретические основы робототехники» - М.: Наука, 2006 г. - 376 с.
2. Neftegaz.ru [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://neftegaz.ru/news/dobycha/520947-v-dvfu-razrabatyvayut-apparat-dlya-kontrolya-zasostoyaniem-podvodnykh-dobychnykh-platform/>
3. Автономные подводные роботы. Системы и технологии. Электронный учебник. Изд-во ДВО РАН – 398 с.
4. Норенков И. П. Автоматизированное проектирование: Учеб. для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. - 336 с.
5. ТЕТИС ПРО <http://www.tetis-pro.ru/faq/8028/>

6. О.М.Киселёв Математические основы роботехники – Орёл: Издательство «Картуш», 2019. – 228 с.
7. GE РОССИИ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.ge.com/ru/content/подводные-системы-для-добычи-нефти>
8. Neftegaz.ru [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://neftegaz.ru/science/booty/331858-innovatsionnye-tekhnologii-podvodnoy-dobychi-uglevodorodov-na-shelfe-arktiki/>
9. Вести газовой науки [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://www.ge.com/ru/content/http://vesti-gas.ru/sites/default/files/attachments/problemy\\_sozdaniya\\_05.pdf](https://www.ge.com/ru/content/http://vesti-gas.ru/sites/default/files/attachments/problemy_sozdaniya_05.pdf)

## Приложение



Рис. 1.

Название	Тип	Рабочая глубина, не более, м	Скорость подводного передвижения, узлы	Видео	Свет	Масса в воздухе, кг
AC-ROV 100	Малогоабортный	100	1,5	цветная видеокamera 650 ТВЛ, 0,1 люкс	4 светодиодных кластера	3
Марлин 350	легкого класса	350	0,5	есть	2 светодиода	85

					ДНЫХ кластера	
Сабфа йтер 10K	рабочие легкого класса	700	3	есть	3 светодио дных кластера	410
МСС - 1000	рабочие тяжёлого класса	1000	3	есть	4 светодио дных кластера	400

Табл. 1.

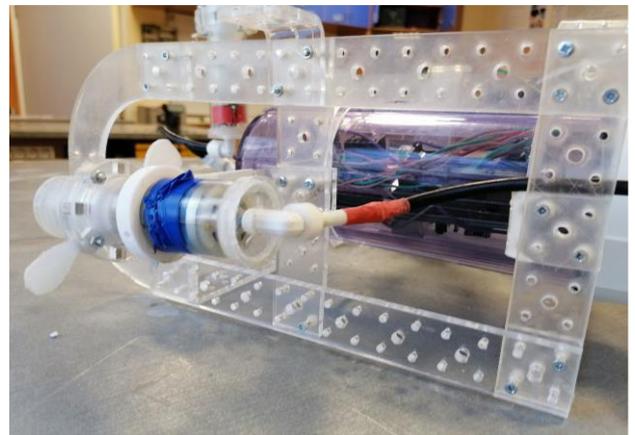
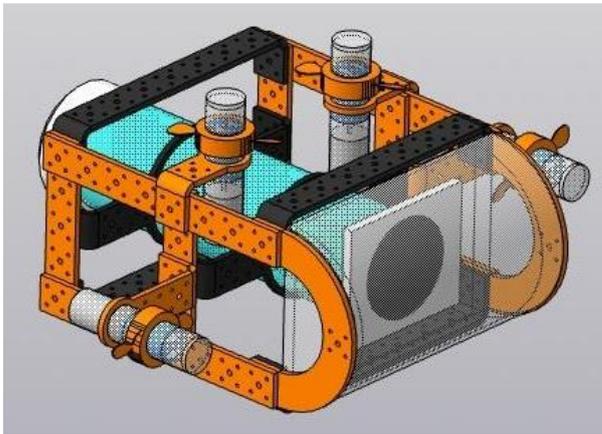


Рис. 2.

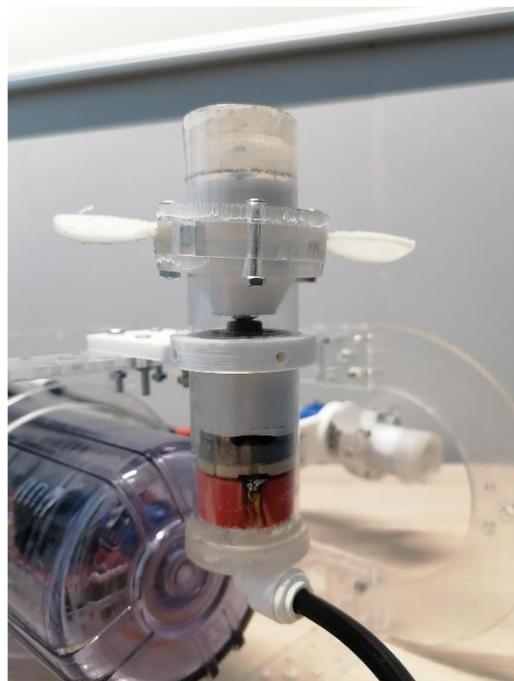


Рис. 3.



Рис. 4.

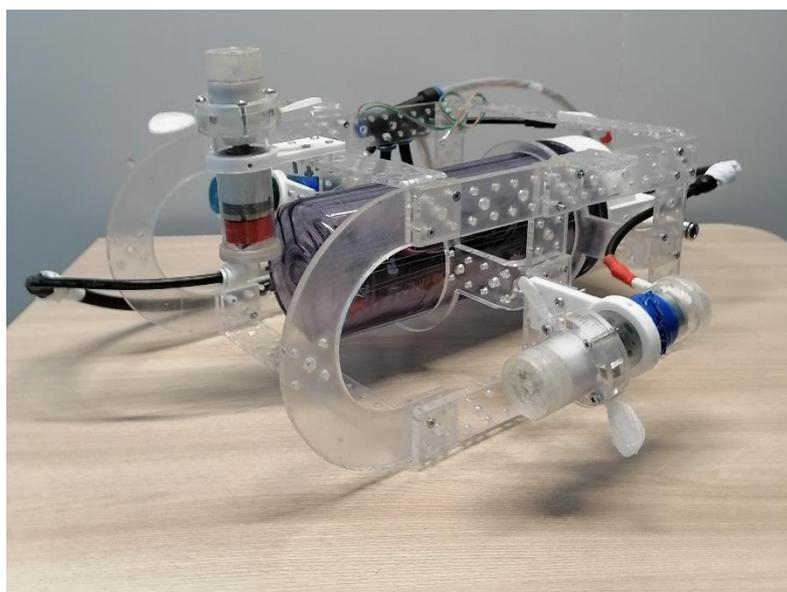


Рис. 5.



Рис. 6.

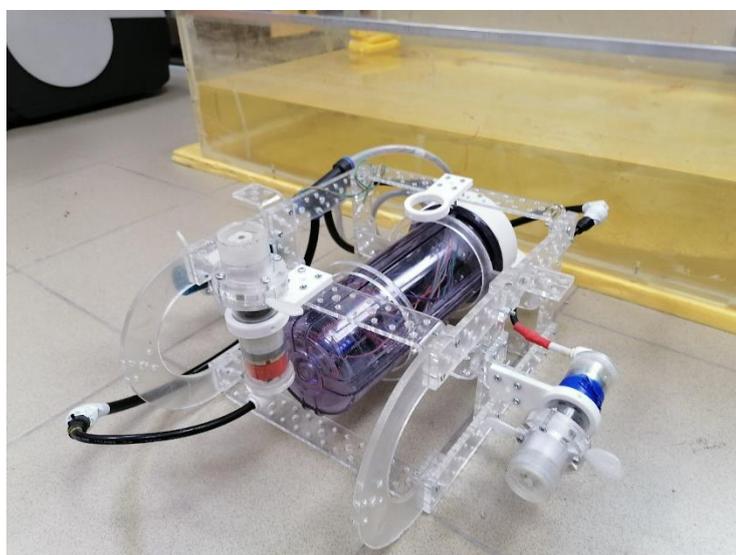


Рис. 7.

## **Электронная книга со шрифтом Брайля**

***В.В. Калиниченко, В.Р. Зюлин***

**МБОУ Лицей №1, Гимназия №10 ЛИК**

*Науч.рук.: Т.В. Чилхачоян, педагог дополнительного образования МБУ ДО «ЦДННТТ» города Невинномыска*

Цель проекта: создать устройство, способное переводить электронный текст в шрифт Брайля. Необходимо: создать 3D-модель устройства; изготовить прототип и собрать конструкцию устройства; установить микроконтроллер и необходимые для работы элементы; написать программу для удобной загрузки текста в устройство.

Девайс предназначен для использования слепыми и слепоглухими людьми и позволяет им читать любой предварительно загруженный текст.

Итоговая конструкция представляет собой деревянный корпус, состоящий из прямоугольных блоков. Внутри находятся управляющая плата Arduino, модуль синтеза голоса EasyVR Shield, динамик, тактовая кнопка, 12 сервоприводов, 12 пружинных конструкций, microSD-картридер, PowerBank.

Алгоритм работы с устройством:

1. Пользователь открывает графическое приложение Braille, вносит (копирует) в него любой кириллический текст и загружает преобразованный для чтения роботом текст на microSD-карту.
2. Карта вставляется в робота и по нажатию на кнопку в ячейках для букв формируется по 2 символа Брайля. Параллельно воспроизводятся звуки соответствующих букв.

Из 7,33 миллиарда живущих на планете людей слепыми являются 36 миллионов человек. По прогнозам, к концу 2020 года их число вырастет до 38,5 миллионов человек, а еще через 30 лет составит уже 115 миллионов.

Для слепых и слабовидящих людей умение читать и писать по Брайлю является ключом к успешному трудоустройству и независимости. Шрифт Брайля представляет собой рельефно-точечный шрифт, в основе которого лежит комбинация точек шеститочия.

Печатные книги со шрифтом Брайля дорогие (из-за дороговизны специальной бумаги) и их ассортимент очень невелик. Аудиокниги решают проблему чтения только частично.

В настоящее время существуют устройства, решающие представленную проблему. Но у всех есть три основных недостатка: дороговизна, устройства не представлены на рынке, неудобство в использовании. Наше устройство решает все эти проблемы и позволяет беспрепятственно читать слабовидящим людям.

Нами были опрошены члены общества слепых города Невинномыска. В результате опроса около 95% слабовидящих людей заявили о желании использовать это устройство.

## Приложение

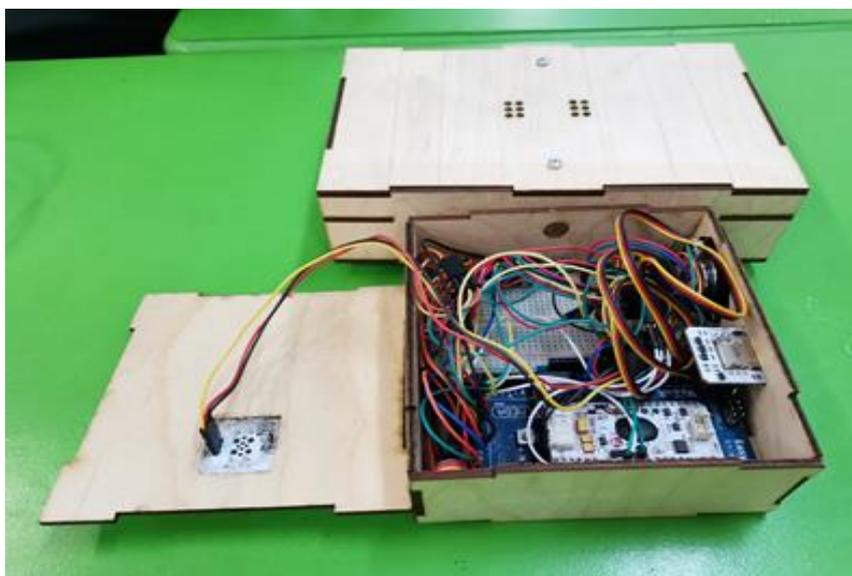


Рис. 1. Конструкция робота

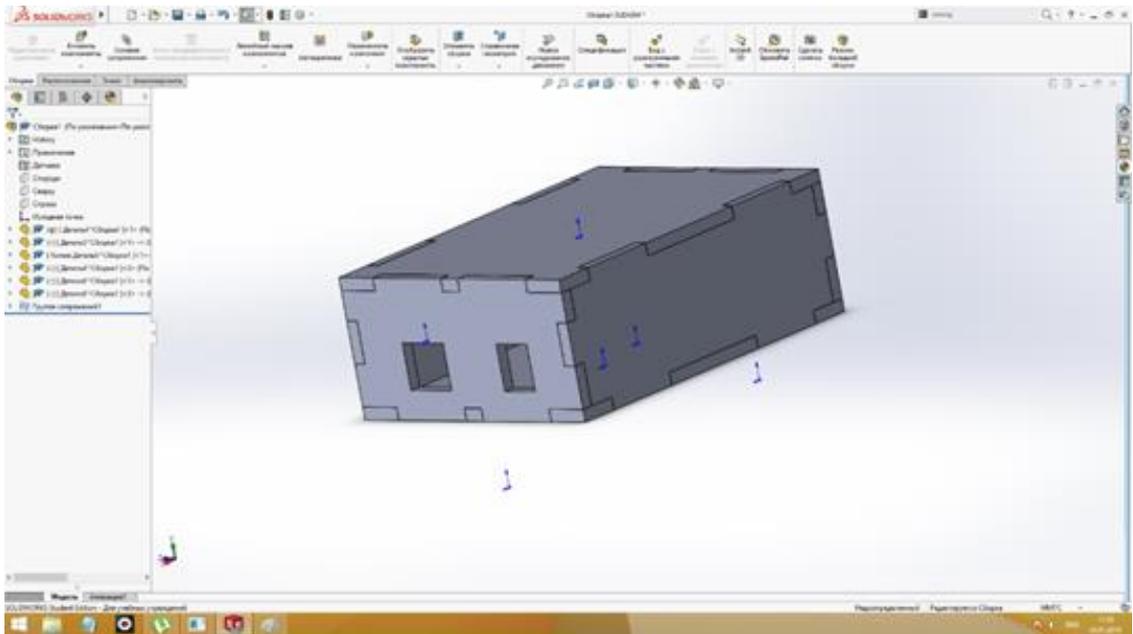


Рис. 2. 3D-модель детали в SolidWorks

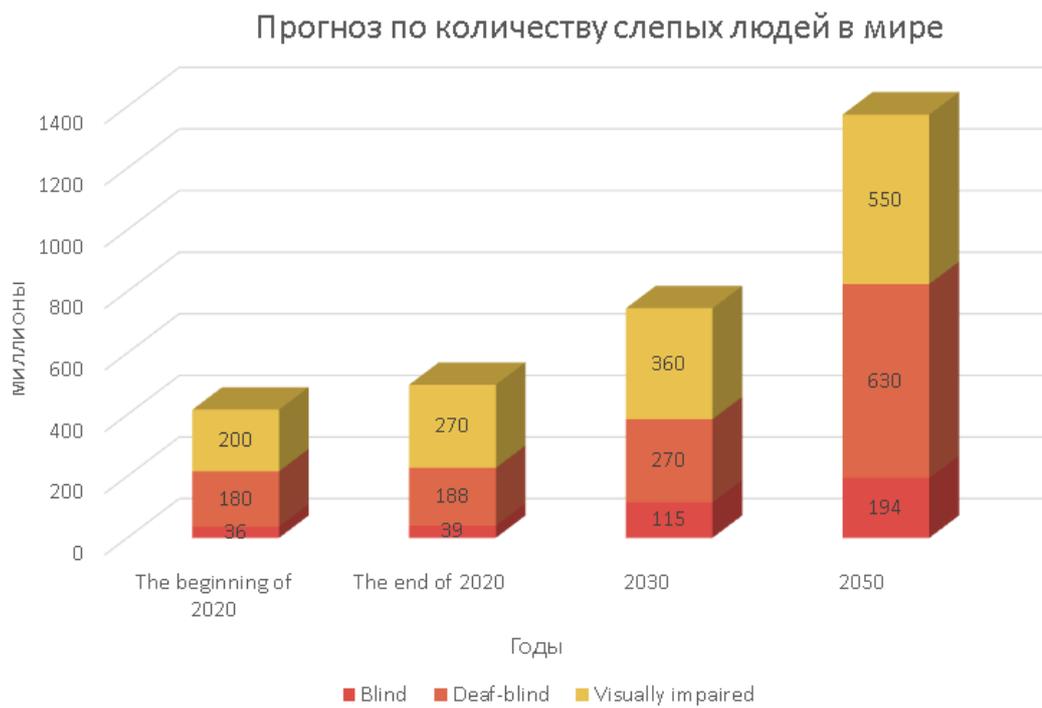


Рис. 3. Прогноз по количеству слепых людей в мире



Рис. 4. Интерфейс графического приложения

## Создание торгового автомата на основе монето-приемника

*А.В. Карафизи*

МОУ «Бендерская гимназия №2»

ЦНТТМ «Синергия развития»

*Науч.рук.:* В.В. Карафизи, учитель физики МОУ «ТСШ №8», преподаватель электротехники ЦНТТМ «Синергия развития»

Актуальность и новизна научно-исследовательской работы по разработке торгового автомата связано с увеличением спроса на автоматическое обслуживание без особого участия человека. Сегодня 20% покупок в Японии, США и во многих других странах приходится на долю вендинг автоматов. А статистика нам сообщает, что вендинг автомат за срок своей службы, окупает себя 30 - 40 раз, при этом он приносит около 300 - 500% годовых. Именно поэтому за этими машинами настоящее и будущее. Мною также рассматривается открытие собственного стартапа

Цель научно-исследовательской работы – создание торгового автомата на основе монетоприемника, с учётом следующих требований: простота схемы (минимальное количество компонентов); функциональная насыщенность, многообразие регулируемых параметров; практичность и мобильность; отсутствие либо минимальный нагрев компонентов (пожаробезопасность); низкое энергопотребление.

Задачи научно-исследовательской работы: изучить виды торговых автоматов; рассмотреть конструкции торговых автоматов; спроектировать торговый автомат; разработать торговый автомат; экспериментально проверить работу готового торгового автомата. Рассмотреть возможность открытия собственного стартапа по продаже товаров.

Объектом исследования являются процессы автоматизации.

Предметом исследования является торговый автомат по выдаче штучных товаров.

Для решения поставленных задач применены следующие методы исследования: теоретические (анализ литературы по теме исследования, сравнение существующих торговых автоматов); практические (проектирование схемы торгового автомата и его создание).

Автоматизированная торговля – популярное и современное направление бизнеса. На рынке появляются новые виды торговых автоматов, и спектр оказания услуг вендинговыми аппаратами становится шире.

На основании рассмотренной информации об основах электронного автомата, их характеристик и принципах работы сопряженных модулей торгового автомата разработан торговый автомат, который позволит выдать некий продукт за вознаграждение. Алгоритм работы электронного автомата, из которого видно, что в случае опускания в монетоприемник копейки (номиналом 50 коп ПМР.), срабатывает механизм подачи товара, который и будет выдавать некое благо.

Разработка торгового автомата проходит по следующему сценарию: разработка структурной и принципиальной схемы, выбор и анализ элементной базы, создание и тестирование устройства (настройка и калибровка монетоприемника, сборка платы усиления), анализ полученных результатов.

Разработана электрическая принципиальная схема торгового автомата показана в приложении.

Как видно из схемы от монетоприемника отходят четыре провода, два из которых питание. Также на информационный провод через резистор 4,7 Ком подается питание 5 вольт. Сигнал с информационного провода после схемы усиления попадает на блок реле и

при определенном сигнале с монетоприемника коммутирует привод и тем самым происходит открывание клапана подачи блага.

Определившись со структурной и электрической схемой устройства, приступили к изготовлению торгового автомата. Работа по изготовлению данного устройства разделена на несколько этапов.

Первый этап это настройка и калибровка монетоприемника.

Второй этап – изготовление, моделирование и сборка усилительного каскада.

Третий этап сборка устройства. Готовое устройство показано в приложении.

Из ПВХ изготовлен отсек для монет, с возможностью его открытия. В качестве источника питания использован компьютерный блок питания, обеспечивающий бесперебойное питание всех компонентов торгового автомата (монетоприемника, усилительной платы, блока реле, привода).

Все модули торгового автомата помещены в корпус и закреплены надежно болтами есть возможность заменить любой из модулей в случае выхода из строя или проведения технического обслуживания.

Четвертый этап тестирование. Тестирование торгового автомата показало, что максимальное увеличение F1 -точность опознавания монеты до 30- приводит к более точному ее сканированию, что увеличивает число забракованных монет, поэтому целесообразно не ставить точность более 10-15. При тестировании устройства проанализирована работоспособность устройства. Данное устройство работает корректно и без сбоев. При проверке на прием монет различных номиналов, в целях обмануть автомат, монеты возвращались обратно. Импульс подаваемый на привод с модуля реле рассчитан точно и позволяет выдать только единицу товара, тем самым делает автомат практичным. Схема усиления абсолютно не греется, так как токи, проходящие через нее, кратковременные и имеют небольшие значения.

Торговый автомат имеет сравнительно большую подачу, что позволяет загрузить большое количество товара. Монеты собираются в специальный отсек, с которого удобно их достать. Корпус устройства сделан из прочного материала, который защищает его от поломки.

Устройство создано как модель и показывает принцип работы торговых автоматов. Практическое использование данного торгового автомата требует доработок проблемы закачивания товара и снабжения автомата дополнительным экраном для считывания количества денег.

В процессе разработки был составлен алгоритм управления, программное обеспечение микроконтроллера, произведен расчет элементов электрической схемы усилителя, согласно справочных данных.

Разработанный торговый автомат позволяет выдавать не только конфеты, но и другие мелкие товары, для этого необходимо лишь поменять механизм подачи. Дальнейшее усовершенствование будет продолжено. Идет работа с использованием 3Д принтера для совершенствования торгового автомата.

Приднестровский рынок вендинговых автоматов представлен в основном автоматами по продаже кофе и чаев. На мемориальных и исторических туристических центрах отсутствуют автоматы по продаже сувениров.

### **Литература**

1. Баранник А.В. «Вендинг» без секретов,. – М. : ДОДЕКА, 2013. – 325 с.
2. Зайцев, Е. А. Американские автоматы. – М. : Эксмо, 2001 – 280 с.
3. Сайт Википедия: [Электронный ресурс]. Режим доступа <https://ru.wikipedia.org/wiki>

4. Новые вендинговые технологии: [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://www.newvend.ru/stati/176-raznovidnosti-vendingovykh-avtomatov.html>
5. Торговые автоматы: [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://kursika.ru/doc284509.html>
6. Подробное руководство. «Sprint Layout 5» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://easyelectronics.ru/sprint-layout-5-podrobnoe-rukovodstvo.html>
7. Интернет-магазин AliExpress [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ru.aliexpress.com/>
8. Интернет-магазин Амперка <http://amperka.ru/product/troyka-relay>

### Приложение



Рис. 1. Алгоритм работы торгового автомата

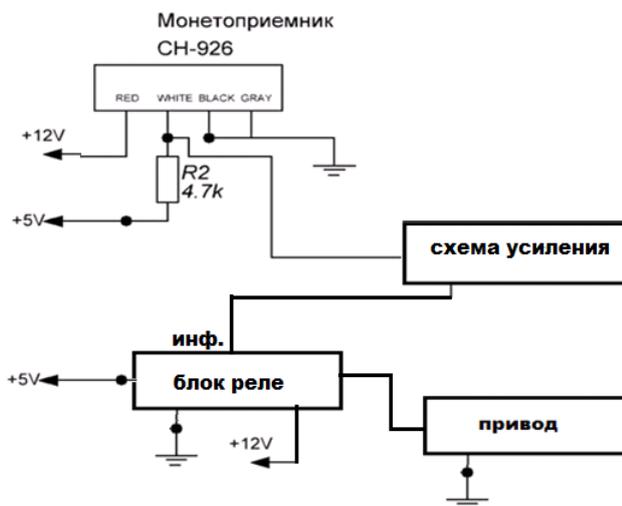


Рис. 2. Электрическая принципиальная схема торгового автомата



Рис. 3. Вид торгового автомата спереди. На передней панели расположен монетоприемник и отсек для получения товара

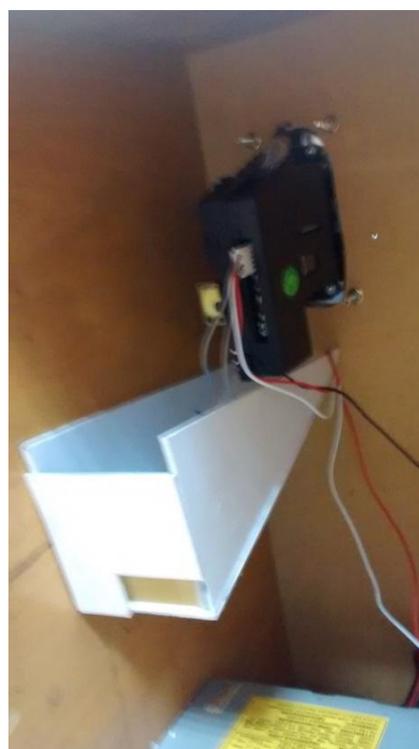


Рис. 4. Вид торгового автомата внутри. Слева на рисунке показан монетоприемник и отсек для сбора монет. Справа подача товара организована на базе автомобильного стеклоподъемника, отсек для товара изготовлен из пластиковой бутылки.

## Подводный аппарат “Малахит 5М”

*И.О. Копышов*

МБОУ ФМЛ №31 г. Челябинска

*Науч.рук.:* Д.В. Ловчиков, заведующий лабораторией «Современные технологии», МБОУ ФМЛ №31 г. Челябинска

На протяжении всей истории развития человек всегда предпринимал попытки проникнуть в глубину океана. Пытливый ум человека предлагал вариант за вариантом, защищающий от смертельного воздействия толщи воды, которое увеличивалось с каждым метром погружения. Для решения этой сложной задачи были придуманы необитаемые подводные аппараты.

Подводные аппараты обеспечивают проведение человеком широкого круга научно-исследовательских и подводно-технических работ. Океанография, геология, изучение и освоение промыслов животного мира океана, разведка и разработка месторождений нефти и газа, прокладка и осмотр подводных трубопроводов и кабелей, контроль за загрязнением морей и океанов, аварийно-спасательные работы – вот далеко не полный перечень того, чем заняты сегодня подводные аппараты.

По подводной робототехнике, как и по многим другим направлениям, проводятся соревнования как всероссийского, так и международного уровня. Нас привлекла тематика экстремальной робототехники, поэтому мы решили создать подводный аппарат.

Целью данной работы является создание малогабаритного необитаемого подводного аппарата для соревнований по подводной робототехнике: Innopolis Open (всероссийские соревнования автономных ПА) и MATE ROV Competition (международные соревнования телеуправляемых ПА).

Требования, предъявляемые к аппарату:

1. Управление движениями аппарата и манипулятора должно осуществляться оператором с судна-носителя либо с бортового компьютера в соответствии с заранее заложеной программой;
2. ПА должен обладать высокой маневренностью;
3. Наличие модульного подхода в конструкции рамы;
4. Наличие слотов для подключения научных зондов;
5. Точки подвеса для манипулятора и блока забора образцов;
6. Лёгкость в эксплуатации.

В ходе создания подводного аппарата применялся ряд современных технологий и оборудования: технология трёхмерного моделирования, лазерная резка, 3D-печать, технология литья пластика и силикона, технология термической формовки поликарбоната, технология компьютерного моделирования.

Робот отличается оригинальным подходом: подводный аппарат создается на базе авторского конструктора. Выполнить сборку по типовым шаблонам может человек с низкой квалификацией или инженер, если требуется внести изменения в стандартную схему. Тем самым, обеспечивается возможность варьировать ГТХ под миссию. Двигатели НПА разработаны автором в лаборатории из доступных компонентов. Аппарат комплектуется исследовательским зондом, видеокамерами, бортовым компьютером, пультом управления для оператора.

В результате создана платформа необитаемого подводного аппарата, способная принимать участие в соревнованиях по подводной робототехнике, более того, в ходе разработки каркаса робота был разработан авторский конструктор подводного робота,

который позволяет не только изменять технические характеристики устройства, но и даже применять его в образовательной программе по продвижению подводной робототехники среди молодежи. Помимо этого, к роботу были созданы дополнительные модули (модуль видеокамеры, модуль датчика давления).

### Приложение

Водоизмещение, кг	6*
Масса полезной нагрузки, кг	4
Максимальная скорость, м/с\узлов	2 \ 1
Длина кабеля, м	15
Глубина погружения (расчётная), м	10

Табл. 1 Тактико-технические характеристики ПА "Малахит 5М"

\*параметр может быть изменён оператором, обслуживающим робота.

### Автоматизированный комплекс по замене аккумуляторов

*М.Н. Кустрьо, М.Н. Крылов*

ГБОУ города Москвы «Школа №2033»

*Науч.рук.: А.Я. Мухачёв, преподаватель ГБОУ города Москвы «Школа №2033»*

Мы поставили цель - создать автоматизированный комплекс по замене аккумуляторов, способный выполнять свои функции в условиях любой сложности.

Сейчас индустрия робототехнических систем стремительно развивается, роботы трудятся во многих сферах. Однако немногие нашли решение по быстрой и автономной замене аккумуляторов в них. Решив эту задачу, мы сможем подтолкнуть индустрию к продвижению и увеличить КПД всех существующих проектов с данным типом питания систем.

Наш комплекс – универсальная система, которую можно оптимизировать для любых роботов с функцией замены аккумуляторов.

Корпус нашего комплекса выполнен из металлических профилей. Сам кран-балка изготовлен из LEGO. В качестве двигателей для всех механизмов мы взяли двигатели LEGO. Питается наш комплекс от блока питания 12V. Управляется комплекс через плату Arduino. Заряжаемые аккумуляторы находятся в специальных металлических коробах. Свинцово-кислотные аккумуляторы напряжением 12 В и емкостью (7 А\*ч), которые комплекс будет менять, специально подготовлены к транспортировке. К ним приделаны изолированные металлические ручки, за которые кран захватывает и поднимает аккумулятор.

Кран-балка перемещается на платформе вдоль одной оси по двум металлическим рельсам. Платформа изготовлена из металлических профилей, движущая установка, колеса и двигатели сделаны из LEGO.

У нас в планах полностью автоматизировать процесс замены аккумулятора, установить датчики движения и откалибровать положения элементов под одну ось. Пока

еще комплекс находится на стадии разработки, но к концу весны мы хотим закончить настройку основных элементов.

### Приложение

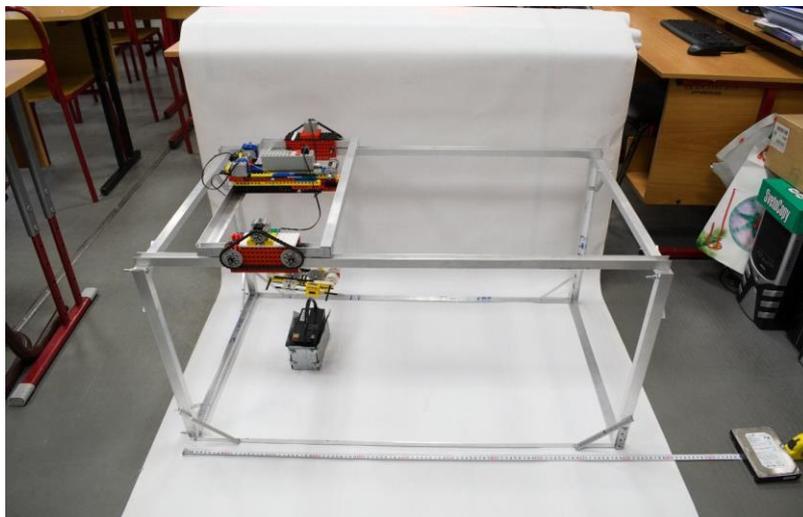


Рис. 1.

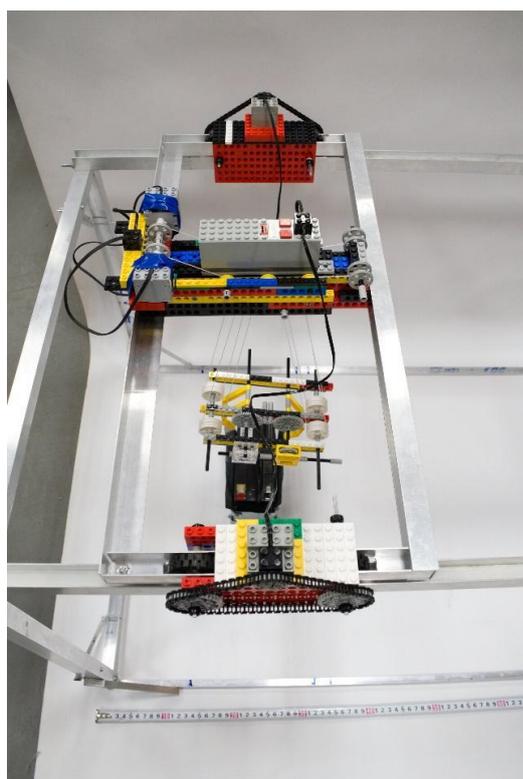


Рис. 2.

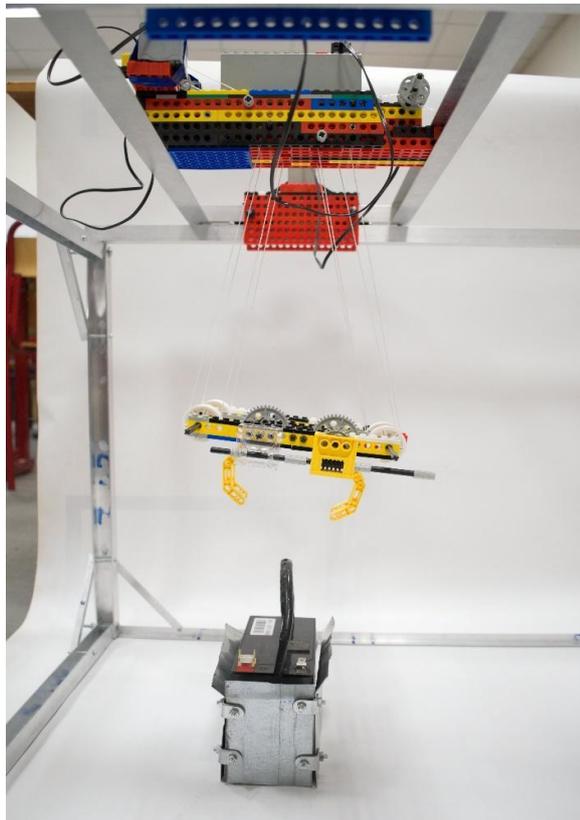


Рис. 3.



Рис. 4.

## **«Пустельга» - беспилотник для поиска и спасения людей**

*А.И. Лебедев*

МБОУ Мурманский Политехнический лицей

*Науч.рук.:* И.И. Лебедев, ведущий консультант Главного управления вооружения ВС РФ, г. Москва; Е.Н. Ермакова, учитель информатики МБОУ МПЛ

Цель исследования – разработать специальный беспилотный летательный аппарат «Пустельга» и комплекс программ для поиска и спасения людей, испытать экспериментальный образец комплекса.

Задачи исследования:

1. разработать комплекс с БЛА для обнаружения людей при проведении аварийно-спасательных работ в Арктических условиях;
2. написать специализированное программное обеспечение для полезной нагрузки для распознавания людей;
3. создать алгоритмы автоматизированной посадки на взлетно-посадочную площадку для применения БЛА на морских судах;
4. спроектировать многофункциональный комплекс с БЛА, способный переносить груз первой необходимости до прибытия основных спасательных средств.

Во второй части работы был собран беспилотник, способный автоматически находить образы людей. Он назван в честь птицы из отряда соколообразных «Пустельга». Разработан макет программного обеспечения наземной станции управления для поиска людей, автоматической посадки и планирования применения БЛА с алгоритмом поиска пути на графе.

Одним из важнейших способов применения комплексов с БЛА является организация спасения терпящих бедствие.

Кроме того, комплексы вертолетного и мультикоптерного типа можно применять на кораблях и судах, как научно-исследовательских, так и рыболовецких. Таким образом, очевидно, что решение задач в Арктическом регионе требует поддержки с воздуха, все чаще реализуемого с помощью беспилотных летательных аппаратов.

Были использованы экспериментальные методы исследования, а также методы компьютерного трехмерного моделирования. Для разработки программного обеспечения полезной нагрузки использован язык программирования Python. Оценено влияние отрицательных температур на время разрядки аккумуляторных батарей БЛА. В результате работы была создана программа для определения и выделения силуэтов людей и автоматизации посадки БЛА. Также был спроектирован комплекс с беспилотным летательным аппаратом «Пустельга» с возможностью загрузки на него СПО. Был разработан примерный бизнес-план для проекта.

### **Литература**

1. Андрей Миронов, Возможные угрозы для людей от беспилотных летательных аппаратов, <http://www.bespilotie.ru>, 10.08.2011
2. <https://www.ecalc.ch/xcoptercalc.php>
3. <http://rc-calc.com/en/copter>
4. <http://multicopterwiki.ru/index.php>
5. Академик РАН Е. А. Федосов, Современное состояние и перспективы развития беспилотных авиационных систем 21 века, издательство ФГУП ГОСНИИ АС, г. Москва, 2012 г., 195 л.

6. С. З. Свердлов, Оптимальный вертикальный подъем электрического мультикоптера, Вологодский государственный университет, г. Вологда, 11 л.

## **Многофункциональная система на основе контроллера Arduino Nano**

*О.С. Левченко*

МАОУ «Лицей № 38»

*Науч.рук.: А.Ю. Еделе, МАОУ лицея № 38*

Использование перспективной технологии вывода информации с микроконтроллеров, экономия контактов ввода вывода по отношению к стандартным интерфейсам и методам (декодер, различные шины передачи данных занимают больше пинов). Сравнительно с магазинными аналогами себестоимость данного устройства значительно ниже.

Цель работы: создать табло, запрограммировав его так, чтобы выводилось время на данный момент и создать фоновую подсветку устройства; с помощью пульта регулировать яркость и цвет подсветки; вывод на дисплей показания температуры, давления, влажности и содержания углекислого газа на данный момент; создать индикацию превышения допустимой нормы углекислого газа, а также информировать потребителя о текущем уровне CO<sub>2</sub>; вывод графиков (температуры, давления, влажности, углекислого газа) программно реализованных основных параметрических единиц за час и за сутки. Необходимо: провести и изучить теоретический обзор и анализ предметной области исследования; разработать электрической принципиальной схемы изделия для проведения исследования; спроектировать корпуса изделия на 3-D принтере; реализовать схему исследования; загрузить скетч.

Гипотеза: что, если современные технологии позволяют не разрабатывать что-то новое с нуля, а собирать его из частей, разработанных ранее, используя готовое, переступая лишь границы своего воображения, то можно выиграть время и не изобретать заново колесо.

Самочувствие и работоспособность человека тесно связаны с качеством воздуха там, где он трудится и отдыхает. А качество воздуха можно определить по концентрации углекислого газа CO<sub>2</sub>. Для обеспечения благоприятного микроклимата внутри помещений необходимо отслеживать показатели плотности углекислого газа и своевременно принимать меры по его снижению. Моё устройство как раз информирует показание CO<sub>2</sub> для потребителя.

Одним из возможных вариантов развития данного проекта может стать внедрение Arduino в школьной образовательной среде. Это упрощает процесс обучения работы с микроконтроллерами, обеспечивают ряд преимуществ перед другими устройствами из-за простой и понятной среды программирования, низкой цены и множеством плат расширения.

Датчики, которые измеряют температуру и давление, применяются в растениеводстве с целью показания параметров почвы, воздуха — это является одним из важнейших показателей микроклимата в помещении. В быту, как правило, такие установки используют в умных домах, в банях, теплицах.

Пользователь современного компьютера не задумывается о функционировании отдельных частей ПК. Он просто запускает нужные программы и работает с ними. Точно так же и Arduino позволяет пользователю сосредоточиться на разработке проектов, а не на

создании новых электронных устройств. Нет надобности в разработке модулей с начального этапа. Разработчик может использовать готовые платы расширения или просто напрямую подключить к Arduino необходимые элементы. Все остальные усилия будут направлены на разработку и отладку управляющей программы на языке высокого уровня. Наличие готовых модулей и библиотек программ позволяет в электронике создавать готовые работающие устройства для решения своих задач. Варианты использования Arduino ограничены возможностями микроконтроллера, имеющего варианты платы, и фантазией разработчика.

### Литература

1. Джереми Блум Изучаем Arduino- инструменты и методы технического волшебства (2015)
2. Програмируем Arduino. Саймон Монк
3. Arduino и Raspberry Pi в проектах Internet of Things. Виктор Петин
4. Платт Чарльз, Электроника для начинающих
5. <https://all-arduino.ru/>
6. <http://arduino-diy.com/arduino-chasy-realnogo-vremeni-DS1307>
7. <http://edurobots.ru/2017/05/arduino-real-time-clock-ds3231/>
8. <https://arduinomaster.ru/platy-arduino/plata-arduino-nano/>
9. <https://arduinomaster.ru/platy-arduino/plata-arduino-nano/>
10. <http://arduino-nano.ru>

### Робот – чертежник с возможностью дистанционного управления смартфоном

*А.В. Малышев*

МОУ Гимназия №16 "Интерес"

*Науч.рук.:* О.В. Попова, учитель информатики 1 категории МОУ гимназия №16 "Интерес";  
В.А. Малышев, главный специалист автоматизации учетных систем

Цель работы: разработка программно - аппаратного комплекса робота - чертежника, управляемого приложением смартфона. Необходимо: исследовать платформу Arduino и ее возможности для создания Робота – чертежника; разработать схему устройства чертежника с расположением элементов; создать модель корпуса и распечатать ее на 3D-принтере; произвести расчеты необходимого радиуса колеса машины для точности рисования кривых линий; изучить принцип работы сервоприводов; запрограммировать используемые модули и датчики; создать программу для управления чертежником с мобильного телефона; сделать выводы о проделанной работе и об актуальности применения проекта.

Методы исследования: теоретический метод исследования – по обучающей и технической литературе, а также материалам сети Internet проведен анализ оборудования для конструкции Робота – чертежника, исследованы базовые элементы движения машинки; практический метод исследования - спроектирована и собрана электронная схема с подключением к персональному компьютеру, рассчитано количества шагов двигателя для перемещения колеса на целевое расстояние, изучены глобальные переменные, константы и созданы объекты, создана процедура связи со смартфоном и обработки полученных команд и рисования сложных фигур и текста; проектный метод исследования - спроектировать устройство Робот – чертежник, провести испытания, скорректировать ошибки.

Развитие робототехники позволяет создавать такие модели роботов, которые бы заменили вредный для здоровья и тяжелый физический труд человека. Робот - чертежник может стать в будущем одним из таких помощников.

К роботам относят машины, обладающие несколькими степенями подвижности. Роботов условно подразделяют на: мобильные роботы, передвижные и робокары. В рамках моей работы разработанное устройство относится к классу подвижных роботов.

Чертежная машина представляет собой аппаратный комплекс на базе микроконтроллера (МК) состоящий из: микроконтроллера Arduino Uno R3, двух шаговый двигатель (28BYJ-48), сервопривода (SG -90); Bluetooth-модуля (HC-06), батарейного отсека, корпуса с отверстием под крепление маркер и двумя колёсами. Общий вид устройства с расположением элементов представлен на рисунке 1.

В машине использованы шаговые двигатели с дискретным управлением, что позволяет выполнить поворот колес на точно заданный угол. Количество шагов вала мотора за один оборот – 4096. Следовательно, минимальный угол поворота, использованной модели двигателей, составляет 0,0879 градуса. Измерив, радиус колес машины мы можем вычислить длину окружности колеса машины и расстояние, которое оно пройдет при повороте двигателя на один шаг. Длина окружности колеса (мм)  $A = 2\pi r$ , где  $r$  – радиус колеса (мм). За один шаг двигателя колесо, повернувшись на 0,0879 градуса, пройдет путь (мм):  $A_{\text{шага}} = A * 0.0879/360$

При расчете количества шагов двигателя для перемещения колеса на целевое расстояние мы делим это расстояние на длину шага  $A_{\text{шага}}$ .

Если каждое из колес пройдет равное расстояние, то маркер нарисует прямую линию (рисунок 2) Для расчета количества шагов, на которое должны повернуться валы двигателей, разделим требуемое расстояние  $a$  на длину шага  $A_{\text{шага}}$ .

Для поворота продольной оси машинки на нужный нам угол необходимо рассчитать путь движения колес. Т.к. маркер расположен на одной линии с осями вращения колес и равноудален от них, то маркер станет центром вращения машинки при повороте.

Вычислим расстояние перемещения правого  $a_1$  и левого  $a_2$  колеса машинки при повороте на угол  $\beta$ . Для этого необходимо измерить ширину машинки  $W$ . Ширина необходима для вычисления радиуса  $R$  окружности описываемой колесами машинки вокруг маркера:  $R = W/2$ .

$$a_1 = a_2 = 2\pi R * \frac{\beta}{360} = \frac{\pi R}{180} * \beta$$

Рассмотрим алгоритм движения машины для нанесения на поверхность дуги радиусом –  $R$  и углом -  $\alpha$ . В отличие от процесса рисования прямой линии при рисовании дуги каждое из колес пройдет разное расстояние. Схематично процесс рисования дуги представлен на рисунке 3.

Для рисования дуги необходимо обеспечить движение правого и левого колеса по окружностям с радиусом  $R_{\text{внут}}$  (внутренний) для левого колеса и  $R_{\text{внеш}}$  (внешний) для правого колеса, с центром вращения удаленным от точки установки маркера на расстояние  $R$  по линии, образованной осями вращения колес.

$$R_{\text{внут}} = R - W/2 \quad \text{и} \quad R_{\text{внеш}} = R + W/2, \quad \text{где } W - \text{ширина машинки.}$$

$$\text{Путь левого колеса (мм):} \quad a_1 = \frac{\pi R_{\text{внут}}}{180} * \alpha$$

$$\text{Путь правого колеса (мм):} \quad a_2 = \frac{\pi R_{\text{внеш}}}{180} * \alpha$$

Схема подключения электронных компонентов машины разработана с использованием системы Fritzig (рисунок 4.)

Для выполнения данного проекта необходимы базовые знания схемотехники электроники, некоторые умения по пайке компонентов и знание микроконтроллера Arduino и его язык программирования. Используемые библиотеки: Servo, AccelStepper, MultiStepper, AccelStepper

После объявления библиотек мы создаём константы: например максимальная скорость (MAX\_SPEED), пин (выход) к которому подключается Servo-привод (pinServo). Затем создаем переменные: например, задаем переменной типа float с именем wheel\_dia (диаметр колеса) значение 40,77 или задаем переменной типа int с именем steps\_rev (кол-во шагов двигателя на полный оборот) значение 4096. Так же создаём объекты rightMotor и leftMotor (правый и левый моторы). Создаем процедуру управления шаговыми двигателями и процедуры реализации базовых элементов движения машины. Создаем процедуру связи со смартфоном и обработка полученных команд, процедуры рисования сложных фигур и текста. Программа для управления машинкой со смартфона на базе OS Android

Структура программы представляет собой конструкцию из блоков (команд), соединяющихся в последовательную цепочку. Команды выполняются последовательно с верху вниз. На рисунке 5, рисунке 6, рисунке 7 представлены фрагменты блоков команд.

В процессе работы над проектом мною сделаны следующие выводы:

1. на основе аналитического обзора роботов проведён анализ, учитывающий функционал каждой условной разновидности робота. На основании результатов анализа проведён выбор оптимальных конструктивно-компоновочных решений;
2. вычислено количества шагов двигателя для перемещения колеса на целевое расстояние;
3. проведен расчет для поворота машины на заданный угол;
4. по результатам проектной компоновки выполнены расчёты положения всех составляющих системы;

На базе микроконтроллера Arduino можно собрать прототип робота способного перемещаться по маршруту без использования спутниковой навигации. Например, на Луне или Марсе. Но для этого. надо добавить анализатор ландшафта и коррекцией движения. Плюс дополнительные способы ориентации - солнце, звезды.

Также можно преобразовать робота – чертежника в складского автоматизированного погрузчика. Склад - сооружение с крышей. GPS нет. Робот ездит по маршруту, собирает заказы и отвозит на упаковку, погрузку. Нужный товар распознает по QR – коду, который прикреплен к стойкам стеллажей. Для этого добавляем машинке контроль препятствий, взаимодействие с другими автоматами и чтение штрих-кодов на ячейках хранения.

## Литература

1. <https://works.doklad.ru/view/spRegIIVMd0.html>
2. <http://elib.spbstu.ru/dl/2/v17-4869.pdf/download/v17-4869.pdf>
3. <https://www.sites.google.com/site/thunkablecreate/>
4. <https://all-arduino.ru/>

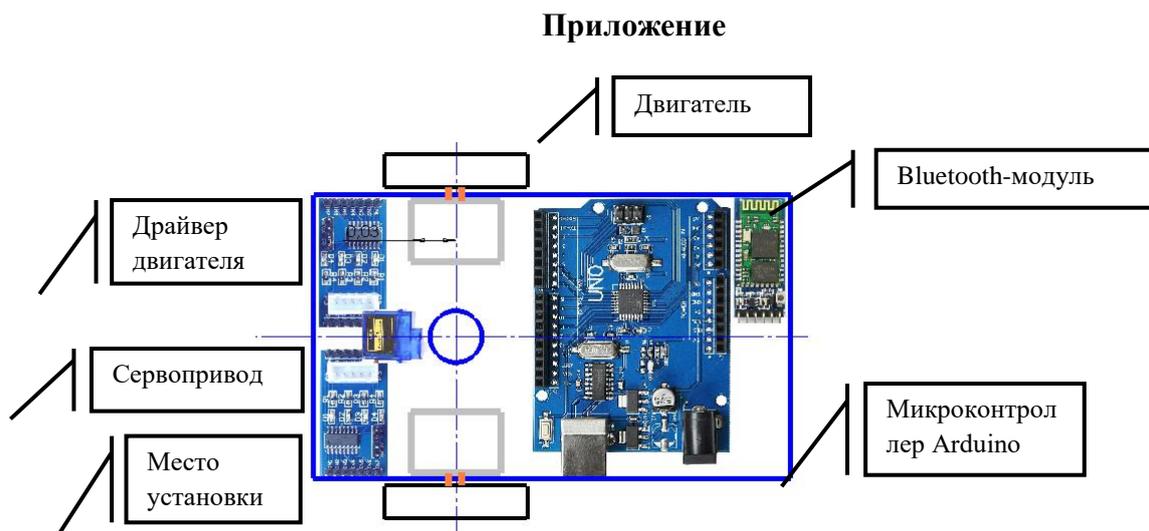


Рис. 1. Общий вид робота – чертежника.

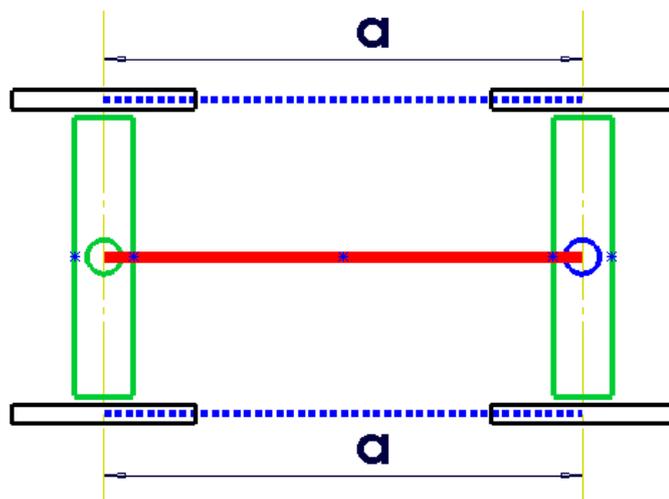


Рис. 2. Прямая линия

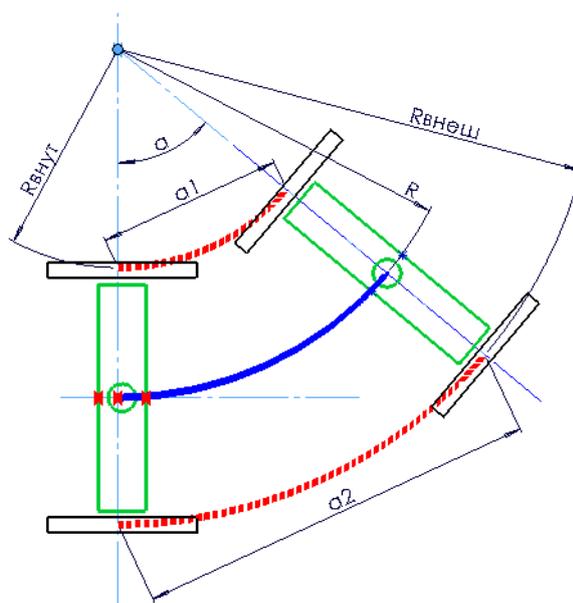


Рис. 3. Дуга



Для управления шаговыми двигателями разработаны процедуры:  
moveForward ( ) – движение вперед на указанную длину в миллиметрах.

```
void moveForward(float distance) {  
    int s = lround(distance*steps_dist);  
    steps[0] = -s;  
    steps[1] = s;  
    DFMove();  
}
```

moveBackward ( ) – движение назад на указанную длину в миллиметрах.

```
void moveBackward(float distance) {  
    moveForward(distance * -1);  
}
```

turnLeft( ) – повернуть налево на указанное количество градусов.

```
void turnLeft(float degrees) {  
    penup();  
    float distance = wheel_bpi * (degrees/360.0);  
    int s = lround(distance*steps_dist);  
    steps[0] = -s;  
    steps[1] = -s;  
    DFMove();  
    pendown();  
}
```

turnRight( ) – повернуть направо на указанное количество градусов.

```
void turnRight(float degrees) {  
    penup();  
    float distance = wheel_bpi * (degrees/360.0);  
    int s = lround(distance*steps_dist);  
    steps[0] = s;  
    steps[1] = s;  
    DFMove();  
    pendown();  
}
```

arc( ) – нарисовать дугу с указанным радиусом и углом.

```
void arc(float radius, int angle){  
    float distanceIn = ((radius - wheel_base_circle/2.0)*2.0*pi) * (angle / 360.0);  
    float distanceOut = ((radius + wheel_base_circle/2.0)*2.0*pi) * (angle / 360.0);  
    int sIn = int(distanceIn * steps_dist_circle);  
    int sOut = int(distanceOut * steps_dist_circle);  
    steps[0] = -sIn;  
    steps[1] = sOut;  
    DFMove();  
}
```

## «Умный» рюкзак

*Мехта Никита, Игнатьев Игорь*

ГБОУ гор.Москвы «Школа № 1430 имени Героя Социалистического Труда Г.В. Кисунько»

*Науч.рук.:* Н.М. Алябьева, учитель информатики и ИКТ ГБОУ «Школа № 1430»

Устройство представляет из себя рюкзак с установленными на него ультразвуковыми датчиками под управлением платы Arduino и предназначено для ориентирования незрячих и слабовидящих в пространстве. Два ультразвуковых дальномера размещены спереди на лямках рюкзака, «просматривая» пространство перед собой, два – справа и слева на боковых частях рюкзака «прошупывая» препятствия справа и слева. Один датчик расположен на передней части рюкзака и «смотрит» назад. Когда сенсоры обнаруживают препятствие, в наушниках раздается сигнал. В зависимости от расположения объекта относительно человека будут звучать звуковые сигналы разной длины и частоты. Еще один датчик находится спереди на дополнительном ремне и расположен под углом 45° к вертикали для поиска ям и спусков.

На улицах Москвы не часто встретишь слепых людей, им сложно передвигаться в условиях мегаполиса. Они зачастую лишены обычных радостей жизни: не могут без посторонней помощи прочесть меню в ресторане, совершить покупки в магазине, да просто пойти погулять. Поэтому возникла идея разработать устройство, помогающее незрячим и слабовидящим лучше ориентироваться в пространстве.

Ориентирование в пространстве в последнее время привлекает к себе всё большее внимание как незрячих пользователей, так и специалистов-реабилитологов. На сегодняшний день оно, без сомнений, является особым методом ориентирования, кардинально меняющим обычные представления о возможностях освоения физического пространства.

Возможность чувствовать себя более независимым очень важна для человека с ослабленным зрением, и является дополнительной мотивацией для использования навигации в своей повседневной жизни.

В результате:

1. В рамках проекта по данной тематике был произведен полный информационный обзор как библиотечного материала, так и Интернет-ресурсов.
2. Изучена кроссплатформенная среда Arduino.
3. Разработана действующая модель интеллектуального устройства помощи незрячим и слабовидящим для ориентирования в пространстве.
4. Написан скетч в текстовом редакторе Arduino на языке объектно-ориентированного программирования C++.
5. Проведена апробация устройства.

## Литература

1. Петров М. А. Роль информационных технологий в жизни незрячих людей/ М. А. Петров//ИТ-технологии как средство реабилитации незрячих людей: состояние, проблемы и перспективы: сб. ст. по материалам Всероссийской научно-практической конференции (30 ноября - 2 декабря 2011 г., г. Пермь) / Пермская краевая специальная библиотека для слепых. – Пермь, 2011. – 152 с.
2. Голобов В.Н. «С чего начинаются роботы? О проекте Arduino для школьников (и не только)». Знакомство с Arduino / В.Н. Голобов. – М, 2011. – 189 с.

3. Джереми Блум. Изучаем Arduino. Инструменты и методы технического волшебства /Д. Блум. – БХВ-Петербург, 2015. – 336 с.
4. Чарльз Платт. Электроника для начинающих / Ч. Платт. – БХВ-Петербург, 2012. – 448 с.
5. Соммер У. Программирование микроконтроллерных плат arduino/freduino (+cd) / У. Соммер. – БХВ-Петербург, 2012. – 256 с.
6. Oriense [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://innolife.su/projects/oriense>. – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 24.10.2017).
7. Oriense. Разработка устройств помощи слепым и слабовидящим. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habrahabr.ru/company/oriense/blog/199192>. – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 24.10.2017).
8. Устройства и гаджеты для слепых Сайт для инвалидов «Дверь в мир» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://doorinworld.ru/stati/ustroystva-i-gadzhety-dlya-slepykh> Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 24.10.2017).
9. Arduino.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://arduino.ru/> Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 24.10.2017).
10. Установка и настройка Arduino под Windows. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://wiki.amperka.ru> Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 24.10.2017).

### **Разработка программно-аппаратного решения симметричного управления манипулятором**

***Д.К. Никитин***

МБУ ДО «ДДТ» г. Реутов Московской области. (технопарк «Изобретариум»)

*Науч.рук.:* Д.П. Посевин Данила Павлович, педагог дополнительного образования МБУ ДО «ДДТ» г. Реутов Московской области. (технопарк «Изобретариум»)

Целью работы является разработка прототипа конструкции протеза-манипулятора для людей с ограниченными возможностями, потерявшими руку или часть её. Также при успешной реализации данной работы, и полной отработки всего функционала прототипа, можно существенно расширить спектр применения данного прототипа. А именно на основе этого прототипа можно создать движущийся манипулятор с двумя конечностями (руками) для нужд МЧС. Когда в труднодоступные места, невозможно отправить человека, в виду высокой опасности для его жизни, можно отправить робота, который будет управляем на расстоянии, и выполнять сложные задачи на уровне человека. Например, разбор завалов при крушении здания, при пожаре из которого надо эвакуировать людей, но доступ к ним затруднен из-за огненной преграды. Также данный проект можно использовать и в военной сфере, для разминирования. Манипулятором можно управлять на расстоянии, и выполнять действия с точностью рук человеческих. И если заглянуть в будущее, то таким манипулятором можно делать сложные операции человеку на расстоянии, когда в небольших клиниках нет нужных хирургов, а операция должна быть проведена незамедлительно.

Для достижения цели выполняются следующие задачи:

1. исследование принципов протезирования конечностей,
2. изучение стоимости протезов различных производителей,

3. разработка прототипа бюджетного манипулятора, на базе системы сервоприводов, позволяющего выполнять типовые действия — хватание, перемещение предметов.

На первом этапе работы выполнен прототип, состоящий из двух бюджетных сервоприводов и клешни. Управление сервоприводами происходит на основании углов поворота частей здоровой руки получаемых с гироскопов и с помощью микроконтроллера NodeMCU. В результате первого эксперимента удалось настроить сжатие и разжатие, подъем и опускание клешни.

На втором этапе работа велась с манипулятором, состоящим из 5-ти сервоприводов, управление которыми осуществляется с использованием трех гироскопов и трех микроконтроллеров NodeMCU.

При этом рассматривается так называемое симметричное управление, которое заключается в том, что протез-манипулятор дублирует траекторию движения здоровой руки. Данное управление реализовано на базе системы 3-х осевых гироскопов MPU-6050 или аналога MPU-9250, которые крепятся на кисть руки, запястье, предплечье и плечо в зависимости от повреждения руки, на которую устанавливается протез-манипулятор.

Значимость данной работы весьма широка для многих групп. Прежде всего это улучшить качество жизни людям, потерявшим руку или её часть, заменив утраченную конечность на манипулятор. А также обеспечить безопасность для человека при проведении спасательных работ и работ военного характера. Данная работа отличается от других работ, проводимых в этом направлении тем, что протез-манипулятор сможет выполнять абсолютно те же задачи, что и человеческая рука, не зависимо в какой сфере он используется.

В итоге удалось настроить управление манипулятором, состоящим из 5ти гироскопов, с помощью движения здоровой руки. Далее планируется разработать протез руки с использованием технологий 3D печати.

### **Система позиционирования и навигации для «Умного города»**

***О.В. Петрова***

Школа №1534

*Науч.рук.: И.И. Аткинн, НИЦ «Курчатовский институт»; консультант: Е.Л. Юркина, ГБОУ Школа №1534*

Цель проекта – разработка действующего прототипа системы позиционирования на открытых пространствах и в закрытых помещениях для слабовидящих и служб спасения, отличающийся повышенной точностью за счет использования двух систем позиционирования, экономической эффективностью, дружелюбностью интерфейса, и возможностью использования в качестве элемента «Умного города».

Задачи проекта:

1. Анализ существующих систем ориентации в пространстве для слабовидящих и спецслужб;
2. Создание носимой автономной аппаратно-программной системы, интегрированной в элементы одежды, на базе смартфона с OS Android, вычислительного устройства Arduino Mega и подключенных к нему внешних модулей и устройств, включающих ультразвуковые и инфракрасные датчики расстояния, датчик реального времени, Bluetooth-модуль, гироскоп;

3. Разработка программного обеспечения, позволяющего осуществлять сбор данных с помощью датчиков и системы спутникового позиционирования, обрабатывать данные и выдавать рекомендации пользователю в режиме реального времени;
4. Создание программы под OS Android, позволяющей пользователю задавать маршрут движения, оперативно получать навигационные указания, информацию о текущем времени, производить подсчет пройденного расстояния в шагах и в метрах.

Актуальность проекта – на основе разработанной инновационной методики удалось создать действующий прототип устройства, способный детектировать объекты вокруг пользователя с применением ультразвуковых и инфракрасных датчиков расстояния, оповещать его о наличии препятствий, прокладывать маршрут с использованием спутниковой и относительной системы позиционирования, а так же передавать собранную информацию о перемещениях пользователя и окружающей среде на сервера спецслужб в режиме реального времени для дальнейшей обработки с использованием искусственного интеллекта и технологии Big Data. Для этой цели, помимо аппаратного решения, разработано мобильное приложение под OS Android, позволяющая реализовать всё на смартфоне пользователя. Практическое использование предложенного подхода позволит внедрить в систему безопасности «Умного города» блок, отвечающий за помощь инвалидам по зрению и работникам служб спасения.

Аппаратная часть: само устройство представляет из себя куртку-джинсовку (прототип «спас-жилета» с аналогичными функциями на данный момент находится в разработке), оснащенную десятью инфракрасными и шестью ультразвуковыми датчиками расстояния. Использование сенсоров разного типа позволяет повысить надёжность работы устройства. Датчики подключены к программируемому контроллеру на базе чипа ATmega2560. Так же к нему подключены датчик реального времени, Bluetooth-модуль и гироскоп. Подключение осуществлено с помощью изготовленной вручную платы расширения, так называемого «шилда». Так же, к управляющей плате подключены 10 влагозащищённых вибромоторов, распределённых между двумя браслетами тактильного отклика (по 5 на каждый). Устройство каждый тик получает данные с датчиков расстояния, при обнаружении объектов поблизости подаёт сигнал пользователю с помощью вибрации, затем записывает показатели со всех сенсоров в словарь и передаёт по Bluetooth соединению на смартфон пользователя. При наличии в ответе от приложения соответствующих команд – подаёт пользователю с помощью вибрации информацию (к примеру, о текущем времени).

Программная часть: на данный момент имеется первая, тестовая, версия приложения для Android OS. (Рис 4, 5, 6). Приложение в фоновом режиме получает данные с устройства, затем сохраняет их локально на устройстве для дальнейшего анализа. На основе данных с гироскопа можно сделать вывод о перемещениях пользователя при отсутствии сигнала от навигационных и мобильных сетей, делая вывод о пройденном расстоянии по количеству детектированных шагов, а направление движения – по поворотам. Можно воссоздать полную картину передвижения пользователя благодаря привязки всех записанных данных к времени их получения. Описание интерфейса:

1. Главный экран приложения. Основные кнопки имеют максимальный размер и контрастные цвета для повышения удобства использования при наличии серьёзных нарушений зрения. При полной слепоте пользователь сможет просто запомнить область экрана. При нажатии кнопки «Время» пользователь получает информацию о текущем времени с помощью вибрации браслетов тактильного отклика. Нажатие кнопки «Экстренный вызов» позволяет пользователю быстро совершить звонок по номеру, указанному в настройках приложения. Нажатие кнопки «Навигация» предполагает

дальнейший голосовой ввод места назначения и получения звуковых и тактильных рекомендаций по построению маршрута, но в тестовой версии приложения не функционирует из-за невозможности соединения с сервером. Снизу экрана расположены кнопки навигации между экранами приложения.

2. Экран с информацией о перемещениях. В верхней части экрана выводится информация о пройденных шагах, на карте отображается маршрут, пройденный за день. Снизу экрана так же расположены кнопки навигации между экранами приложения.
3. Экран настроек. Пользователю предлагается выбрать систему позиционирования: или с использованием только данных систем ГЛОНАСС и GPS, или только с использованием данных гироскопа и вычисленной длины шага, или же «смешанный» вариант, предполагающий использование спутниковых систем в случае наличия сигнала и данных гироскопа в случае их отсутствия. В окнах ниже пользователь может ввести номер для экстренного вызова и свой рост для вычисления средней длины шага. Внизу всё так же располагаются кнопки навигации между экранами приложения.

Следующая версия приложения уже будет написана на языке JS и будет поддерживать полный функционал, включая соединение с сервером.

### Литература

1. Arduino Mega 2560: самый мощный микроконтроллер [Электронный ресурс] // Сергей Гришин. 23.11.2017. URL: <https://arduinoplus.ru/arduino-mega2560/>
2. Ультразвуковой датчик расстояния Ардуино HC-SR04 [Электронный ресурс] // Юлия Белова. 14.07.2018. URL: <https://arduinomaster.ru/datchikiarduino/ultrazvukovoj-dalnomer-hc-sr04/>
3. VL53L0X Самый маленький в мире датчик расстояния на основе времяпролетного метода измерения [Электронный ресурс] //Юлия Савина. 22.09.2012. URL: [http://catalog.gaw.ru/index.php?page=component\\_detail&id=81286](http://catalog.gaw.ru/index.php?page=component_detail&id=81286)

### Приложение

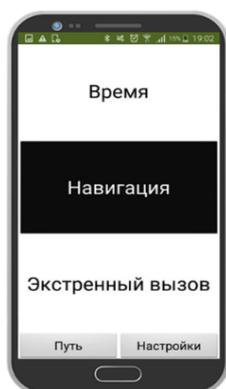


Рис.1. Главный экран приложения.

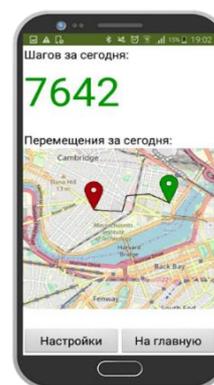


Рис. 2. Экран приложения с данными о перемещении.

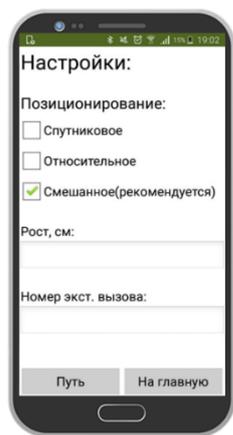


Рис. 3. Экран настроек приложения.



Рис. 4. Куртка: вид сзади.



Рис.5. Куртка: вид спереди.

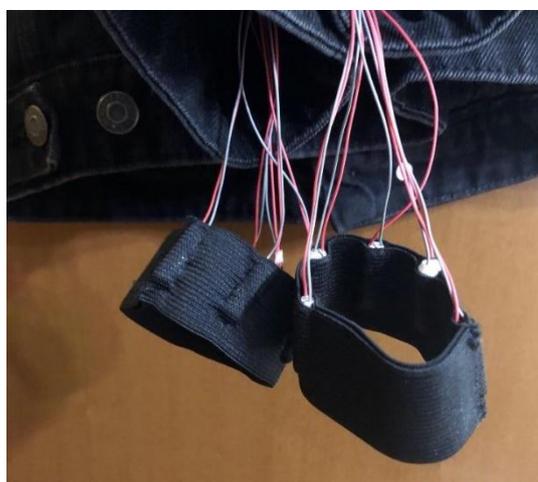


Рис 6. Инфракрасный датчик расстояния



Рис.7. Ультразвуковой датчик расстояния.



Рис 8. Браслеты с виброторами.

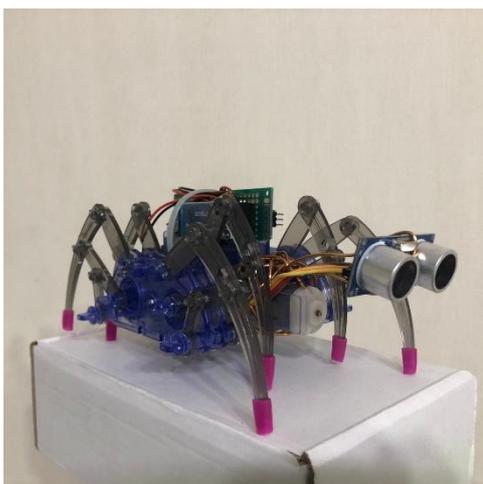


Рис. 8. Робот-поводырь.

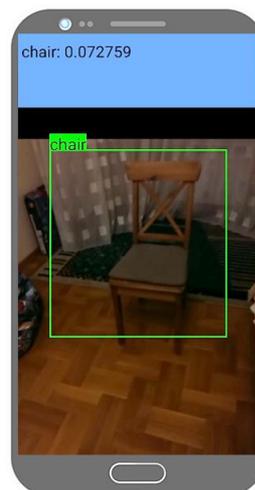


Рис. 9. Пример работы второго приложения

Актуальность данной работы четко выражена и обусловлена интенсивным развитием информационных технологий. Высокая практическая ценность проекта дополняется лаконичным изложением материала и успешно апробированным прототипом, что должно вызвать наибольший интерес к работе у специалистов различных сфер жизни людей с ограниченными возможностями. Заключение содержит емко подведенные итоги, список выводов и планы по развитию проекта прозрачны, имеют значительные перспективы по внедрению в производство.

Считаем проект актуальным и жизнеспособным, при незначительных технологических совершенствованиях и дизайнерской проработке промышленного образца возможен выпуск в промышленных масштабах для нужд рынка. Предлагаемый проект высоких экспертных оценок, а авторы проекта - всесторонней поддержки.

Председатель Совета МООО ВОИР



Л.Л. Павлова

**ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ**  
**«ЛАБОРАТОРИЯ ОБЛАЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»**  
121205, Российская Федерация, город Москва, территория Инновационного центра Сколково,  
Большой бульвар, д.42, стр.1, этаж 4, помещение 1610 +7 (495) 134-00-32  
ИНН 7729786956/КПП 773101001  
р/с 40702810738000013560 в ПАО «Сбербанк России» г. Москвы, к/с 30101810400000000225, БИК  
044525225

Исх. № \_\_\_\_\_ от « 3 » сентября 2019 г.

Директору ГБОУ Школа №1534 города Москвы  
Шейниной Ольге Семёновне

Отзыв на проект  
“Система позиционирования в пространстве для слабовидящих”

Проект “Система позиционирования в пространстве для слабовидящих” разрабатывается ученицей ГБОУ Школа № 1534 г. Москвы - Петровой О. В. под руководством инженера-исследователя НИЦ “Курчатовский институт” Аткинина И.И. и педагога-организатора ГБОУ Школы № 1534 Юркиной Е. Л. Проект подразумевает создание прототипа сложного комплекса носимых устройств: ультразвуковых и оптических сенсоров расстояния, платы Arduino, агрегирующей показания сенсоров, одноплатного компьютера Raspberry с ОС Linux, на которой выполняется специальное программное обеспечение, а также источника питания и коммутационных проводов. Информация сенсоров будет поступать на мобильный телефон слабовидящего человека. Предполагается, что набор устройств будет органично сочетаться с каким-то предметом верхней одежды (джинсовой курткой или жилетом): крупные устройства будут размещены в карманах, провода будут скрыты под подкладкой.

Прототипируемый комплекс является распределённой системой из нескольких независимых устройств. В связи с этим участникам проекта рекомендуется в первую очередь детально продумать протоколы взаимодействия между каждым из устройств с учётом их технических характеристик и мощности источника питания. Программное обеспечение системы, по всей видимости, будет состоять из двух частей: подсистемы обработки сигналов, исполняемой на Raspberry (Python), и клиентского приложения на мобильном телефоне (Java / Kotlin / Swift / Objective-C). Открытым остаётся вопрос о способе соединения между одноплатным компьютером и мобильным телефоном в терминах модели OSI. Так или иначе, участникам, скорее всего придётся прибегнуть к классической клиент-серверной архитектуре и событийной модели: при получении определённых показаний от сенсоров подсистема обработки сигналов (клиент) оповещает мобильное устройство (сервер) о наступлении события.

Глубокой проработки требует и UX/UI дизайн решения. Для человека с ограниченным зрением опыт взаимодействия с мобильным устройством кардинально отличается от аналогичного опыта обыкновенных пользователей. По этой причине участникам рекомендуется изучить мировую практику разработки программного обеспечения для слабовидящих. Также продукт значительно выиграет, если в нём будет сведено к минимуму использование проводов. Стоит обратить внимание на современные беспроводные протоколы, получившие распространение в технологиях IoT (Z-Wave, Zigbee, LoRaWAN). На рынке присутствуют сенсоры, работающие по данным стандартам, и, возможно, их применение позволит упростить архитектуру системы (например, исключить Arduino).

Проект системы позиционирования в пространстве для слабовидящих - многообещающая разработка, ориентированная на решение важной социальной проблемы. Участие в проекте позволит учащимся приобрести навыки разработки программного и аппаратного обеспечения, поработать с передовыми технологиями и получить опыт командной работы.



Старший разработчик

В.А. Исаев

**ВСЕРОССИЙСКОЕ ОБЩЕСТВО ИЗОБРАТТЕЛЕЙ И РАЦИОНАЛИЗАТОРОВ  
МОСКОВСКАЯ ОБЛАСТНАЯ ОБЩЕСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ**

**101000, г. Москва, ул. Маросейка, 6-8, стр.4 тел. 625-28-25, e-mail: 1@voir50.ru**  
№49от 07.12.2019 г.

**ОТЗЫВ  
на проектную работу  
«Интеллектуальная система позиционирования и навигации  
для «Умного города»**

В настоящее время существует много средств, позволяющих решать задачи по определению местоположения в пространстве того или иного физического объекта. Повсеместное использование систем позиционирования людей и объектов - представляется одним из актуальных направлений совершенствования технологических и бизнес-процессов в самых разных отраслях деятельности. Одним из инновационных решений последнего времени является прототип в рамках проектной работы «Интеллектуальная система позиционирования и навигации для «Умного города», выполненный ученицей 10 «Н» класса ГБОУ города Москвы «Школа №1534» Петровой Ольгой Валерьевной под научном руководством инженера-исследователя НИЦ «Курчатовский институт» Аткина Ивана Ивановича и педагога-организатора проектной деятельности ГБОУ Школа №1534 Юркиной Евгении Леонидовны.

Разработанный аппаратно-программный комплекс, осуществляющий интеллектуальное позиционирование и навигацию на открытом пространстве и в закрытых помещениях на базе телефона, с приложением на OS Android. Комплекс на основе контроллера ATmega2560, встроенного в плату, аналогичную Arduino Mega, подключенный к серверу и спецодежды пользователя, оснащен набором датчиков и персональных видеометок, позволяющих собирать информацию об окружающей среде, обрабатывать в реальном времени и информировать пользователя. Устройство реализовано в двух вариантах: куртка для слабовидящих и спасательный жилет для спецслужб, в которое интегрировано десять инфракрасных и шесть ультразвуковых датчиков расстояния.

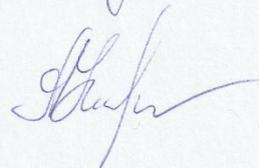
## Отзыв на проект

Интеллектуальная система позиционирования  
и навигации для учебного города

Являясь специалистом в области психологии  
людей с ограниченными возможностями здоровья,  
хочу высказать своё мнение относительно разрабо-  
тки Петровой Ольги. Интеллектуальная  
система позиционирования и навигации для  
«Учебного города». Считаю, что этот проект  
будет полезен не только для помощи в ориентир-  
ровке в пространстве слабобудущим людям, но  
и людям с другими ограничениями в здоровье:  
с ДЦП, аутизмом, синдромом Дауна, людям  
с нарушениями зрения после инсульта.  
Очень рекомендую связаться с общественной  
организацией «Мочу» г. Тулы для дальнейшей  
уточнения использования системы, разработа-  
ной Петровой Ольгой, в целях помощи в социаль-  
зации людей с инвалидностью.

Специальной психолог  
МАОУ «Лицей №1» г. Тулы

Чойкова Л.А.



9.12.2019г.

## Робототехническая платформа «Азимов» v 2.0

*И.Д. Польский*

МБОУ КСОШ №19 г. Пятигорск

*Науч.рук.:* Д.А. Польский, преподаватель ГБПОУ «Лермонтовский региональный многопрофильный колледж» г. Лермонтов

Разработка легкой мобильной робототехнической платформы для использования в условиях высокогорий, труднодоступных местах, на границах сред (камни, лед, земля), там, где использование тяжелого транспорта невозможно или нецелесообразно, а работа людей может быть связана с риском. Например, в местах, где возможны сходы лавин, оползни, на подтаявшем льду замерзшего водоема. В местах, где предполагается возможность химического заражения.

Функцией робота будет мониторинг территории, условий и доставка грузов: средств связи, лекарств, воды, снаряжения для эвакуации.

На данный момент существует множество робототехнических транспортных средств. И у всех есть определенные ограничения. Квадрокоптеры отлично справляются с мониторингом, но они не могут доставить сколько-нибудь значимый груз. Есть системы, которые доставляют груз, но они очень дороги.

Колесные роботы имеют другие ограничения. При разработке таких комплексов проходимость достигается увеличением мощности двигателя и увеличением размера колес. Соответственно, увеличивается вес. А это может быть неприемлемо.

Ключевой особенностью предлагаемого решения является вес. В проекте «Азимов» проходимость достигается использованием принципиально иных подходов к созданию ходовой части. Совмещения возможностей колесных и шагающих машин. Принцип движения робота основан на возможности независимого управления вращением, углом поворота и клиренсом каждого колеса. Это позволит разработать более интеллектуальные алгоритмы преодоления препятствий. При этом вес будет значительно меньше веса человека. Это даст возможность использовать робота там, где другие средства мониторинга и доставки будут непригодны.

В этом роботе мы использовали в качестве «мозга» Raspberry Pi. А контроллер STM32F407 взял на себя функции управления движением моторов. Такой подход дает огромные преимущества:

1. Появилась возможность писать более сложное и быстрое программное обеспечение, с использованием операционной системы реального времени Mbed OS.
2. Средства программирования и отладки находятся прямо на самом роботе. Это дает возможность исправлять ошибки софта, обновлять софт или просто ставить роботу новые задачи, прямо в процессе работы.

Таким образом, дальнейшее развитие проекта предусматривает максимальное приближение к возможностям и технологиям настоящих промышленных роботов, применяемых в условиях сложного рельефа местности. При этом сохраняется доступность и понятность применяемых технологий для учащихся и низкая себестоимость готового робота.

В процессе конструирования мы прошли все этапы от создания самого простого робота на одном контроллере Arduino, до робота управляемого операционной системой Linux и контроллеров, управляемых операционной системой реального времени Mbed OS. Мы написали свой софт, сделали дублирующиеся датчики, сделали протокол

взаимодействия компьютера и контроллеров. И самым главным нашим достижением в данной работе является применение бортового компьютера на базе Raspberry Pi.

Результатом моей работы стал не просто робот, а сумма технологий, идей и общих принципов. Я считаю, что наша работа помогает перейти от разработки простых учебных роботов, к разработке сложных, профессиональных систем. Практические вопросы, которые мы решили, и решением которых можем поделиться, это позволяют.

## **Универсальная гусеничная платформа робота удаленного присутствия**

***И.В. Коновалов, Ф.М. Родин***

ГБОУ Школа №2033, Москва

*Науч.рук.: А.Я. Мухачёв, преподаватель ГБОУ Школа №2033*

Сейчас индустрия робототехнических систем стремительно развивается, роботы трудятся во многих сферах. Однако, большинство из них «заточены» под определенные узкие задачи, их стоимость высока и они сложны в обслуживании [1].

Мы поставили перед собой цель - создать универсального простого и надежного робота удаленного присутствия для помощи человеку и решения различных бытовых и специальных задач.

Мы спроектировали и собрали гусеничную тележку габаритами 56x41x27 см и массой 7.5 кг (рис. 1). Каркас корпуса сделан из алюминиевых П-образных профилей, нижняя, передняя и задняя части робота сделаны из алюминиевых листов. С обеих сторон робота установлено по гусеничному движителю. В роботе используется подвеска типа Кристи, рассчитанная на перевозку роботом полезного груза до 10 кг.

Бортовая сеть робота состоит из свинцово-кислотного аккумулятора напряжением 12 В, защита от короткого замыкания реализована автоматическим выключателем, защита от скачков напряжения - стабилизатором напряжения. В качестве тяговых приводов используются электрические мотор-редукторы червячной передачи номинальной мощностью 70 Вт каждый.

Вычислительным центром робота является тонкий клиент Centerm Information GI945, имеющий на борту энергоэффективный процессор Intel Atom N270, 1 Гбайт оперативной памяти, Wi-Fi модуль и 4G-модем для возможности работы робота через мобильный интернет. В передней части робота на 2-х осевом подвесе установлена FullHD видеочамера, микрофон и тепловизор AMG8833. В задней – статичная HD видеочамера. Из-за отсутствия на тонком клиенте портов GPIO используется Arduino Uno для управления через реле мощным оборудованием: электромоторами, фарой, сиреной и Arduino Mega для работы с маломощными компонентами: сервомоторами, тепловизором и другими датчиками.

Тонкий клиент управляется ОС Linux. Python-приложение осуществляет контроль систем робота и управление оборудованием. Наш робот управляется оператором через веб-интерфейс по локальной сети напрямую, либо через интернет (технически через промежуточный сервер). Веб-интерфейс оператора (рис. 2) написан на Python с использованием библиотеки Flask и Sockets [2]. При работе через интернет аудио-видеопоток и картинка с тепловизора транслируется по протоколу RTMP и HLS при помощи FFmpeg через видеосервер на базе Nginx и nginx-rtmp-module, а при работе в локальной сети напрямую к оператору по HTTPS через утилиту Motion. В разработанном

нами ПО используются open-source библиотеки и программы, свободно распространяемые по лицензиям открытого ПО.

В результате, мы получили рабочий компактный прототип робота с высокой проходимостью с хорошей грузоподъемностью. Это позволяет использовать его как для решения повседневных задач, например, для создания эффекта присутствия на уроке в школе для маломобильных людей, так и для специализированных задач, таких как работа в опасных зонах без риска для человека (бортовой тепловизор позволяет различать теплые объекты, например, возгорания или людей под завалами).

### Литература

1. Мотиенко А. И., Ронжин А. Л., Павлюк Н. А. Современные разработки аварийно-спасательных роботов: возможности и принципы их применения //Научный вестник Новосибирского государственного технического университета. – 2015. – №. 3. – С. 147-165.
2. Grinberg M. Flask web development: developing web applications with python. – "O'Reilly Media, Inc.", 2018.

### Приложение

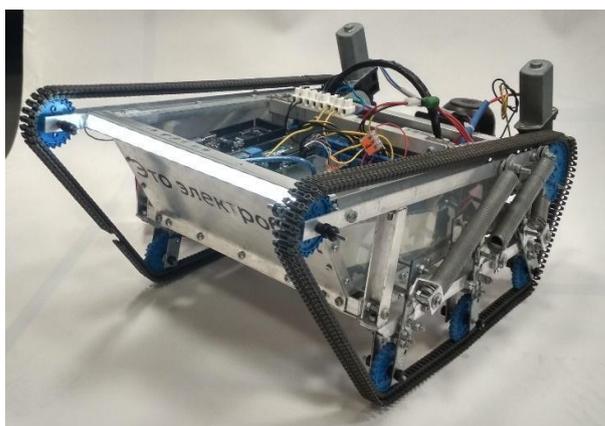


Рис 1. Общий вид робота со снятой крышкой.

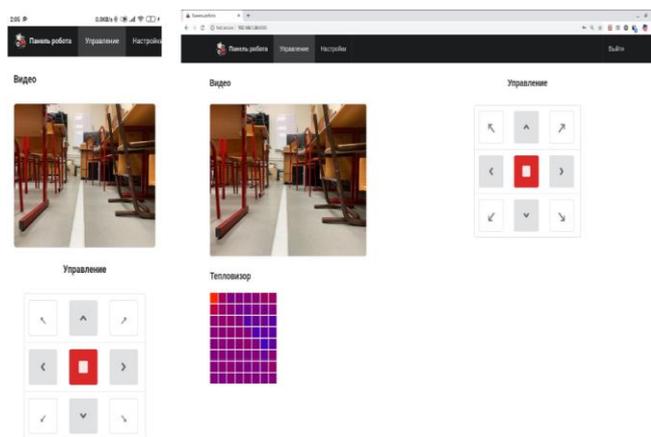


Рис 2. Интерфейс управления.

## Многофункциональная защитная каска для сотрудников спецподразделений

*И.Д. Севернюк*

МАОУ Средняя общеобразовательная школа № 8, г. Ишим

В рамках данного исследования создан и испытан прототип многофункционального шлема для сотрудников специальных спасательных подразделений МЧС России. В связи с тем, что спасателям приходится работать в крайне неблагоприятных условиях, важное значение имеет своевременное оповещение об опасных факторах – препятствиях и высоких концентрациях газов. В настоящее время у сотрудников противопожарной службы и спасателей МЧС нет подобного устройства, способного в автоматическом режиме оповещать об опасности. *Актуальность* данного проекта в том, что создан прототип

универсального шлема спасателя, который может в режиме реального времени оповещать о препятствии (при сильном задымлении), о наличии угарного газа, метана и пропана.

Цель исследования – создание и испытание прототипа многофункционального защитного шлема спасателя, способного обнаруживать препятствия в условиях плохой видимости, а также оповещать о наличии опасных газов.

Задачи:

1. разработка принципиальной схемы универсального шлема спасателя, формулировка требований к прибору и подбор компонентов;
2. изготовление прибора и адаптация для использования;
3. испытания прототипа и оценка эффективности.

По итогам исследования были сделаны следующие выводы:

1. Разработан прототип многофункционального шлема, оснащенного датчиками угарного газа, метана и пропана. Это уникальная конструкция, не имеющая аналогов на рынке.
2. Испытания показали, что максимальная дальность обнаружения препятствий размером 1 м x 1 м составляет не менее 2,5 м, а цилиндрического объекта высотой 2 м и диаметром 50 мм. Это позволяет ориентироваться в помещении в условиях полной задымленности.
3. Датчики газа MQ-135 и MQ-7, интегрированные в конструкцию универсального шлема успешно обнаруживают минимальные концентрации угарного газа, метана и пропана, что позволяет спасателю вовремя покинуть опасное помещение.

### **Исследовательская платформа для отработки алгоритмов и программ для самоходной буровой установки, работающей в условиях Марса**

*А.П. Смышляев, Н.А. Нечаев*

МБОУ «Лицей №87 им. Л.И.Новиковой», г. Нижний Новгород

*Науч.рук.:* П.В. Смышляев, нач.отд. вычислительных систем, АО «ОКБМ Африкантов»

Цель работы: сконструировать и изготовить исследовательскую платформу, с помощью которой можно отрабатывать алгоритмы и программы самоходной буровой установки для Марса, а также отладить ее работу по движению и бурению. Необходимо: изучить литературу и интернет-источники о работающих марсоходах и установках на Марсе; сформулировать основные идеи исследовательской платформы; нарисовать чертежи и компьютерную модель; создать макеты основных узлов исследовательской платформы; изготовить детали и собрать платформу; продумать схему электрообеспечения платформы и реализовать ее; продумать необходимые датчики и установить их; написать комплекс программ для микроконтроллеров; проверить работоспособность платформы и при необходимости внести изменения в физическую и программную части работы; создать описательную часть работы.

В результате анализа выделенных плюсов и минусов существующих марсоходов были выдвинуты следующие идеи по созданию исследовательской платформы:

1. 8 опор – для устойчивости и лучшей проходимости.
2. У каждой опоры можно регулировать высоту.
3. Каждая опора приводится в движение 4-мя сервоприводами: вращение колеса, поворот колеса, колено, управление высотой.
4. Все сервоприводы работают под управлением микроконтроллеров Arduino.
5. На платформе присутствуют датчики расстояния до препятствий (радары) – для обхода препятствий или отхода от препятствий.

6. Вся установка работает от 3-х аккумуляторов.
7. В случае поступления команды бурения происходит остановка движения платформы. Платформа опускается на поверхность и начинается бурение скважины и забор грунта для анализа.
8. Для бурения используется бур в виде трубки с внутренней и наружной резьбой на концах, которые ввинчиваются друг в друга. Это позволит бурить скважину глубиной до 1,5 метров, трубками длиной по 15 см. При этом грунт забирается в полость трубки с помощью пылесоса и доставляется для анализа и отфильтровывается с помощью циклонного фильтра.
9. Бур будет вращаться с помощью 6-ти моторов: вращающих его вокруг своей оси, перемещающихся по вертикали, зажимающих верхнюю и нижнюю точку.

Анализ литературы и интернет-источников по теме изучения Марса позволяет сделать вывод о том, что пилотируемые полеты на Марс в будущем возможны. Поэтому актуальными являются работы по поиску полезных ископаемых и топлива для создания исследовательских баз на Марсе и поддержания их жизнедеятельности с использованием ресурсов Марса. Действующий марсоход Кьюриосити имеет возможность бурить на максимальную глубину 7 см. Космический аппарат InSight, совершивший успешную посадку на Марс в ноябре 2018 года имеет возможность пробурить пятиметровую скважину. Но он не может перемещаться. Наша исследовательская платформа предназначена для тестирования работы самоходной буровой установки для Марса, которая может перемещаться, бурить на глубину 1,5 м и забирать грунт на анализ.

В результате выяснилось, что исследовательская платформа действующая. На данный момент времени:

1. перемещается вперед, назад с различной скоростью, обходит препятствия в горизонтальной плоскости путём изменения курса, преодолевает неровности и песок как в автономном автоматическом режиме, так и при управлении с телефона по Bluetooth;
2. при подаче команды "бурение" с телефона происходит остановка движения, опускание платформы на грунт;
3. при завершении бурения по команде с телефона платформа встает и продолжает движение.

## **Микрогрид и организация децентрализованных информационных систем**

*А.Ю. Ледров<sup>1</sup>, Е.С. Чернышева<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>МАОУ "Лицей №3" г. Чебоксары

<sup>2</sup>МБОУ "Лицей №2" г. Чебоксары

*Науч.рук.: Л.А. Степанов, педагог, Детский Технопарк "Кванториум", А.А. Лазукин  
Андрей Александрович, лаборант-исследователь ФГБОУ ВО "Кубанский  
государственный университет"*

На сегодняшний день по всему миру ведутся разработки по увеличению эффективности возобновляемых источников энергии (ВИЭ) дабы внедрить их в повседневную жизнь (рис. 1). Зачастую, большинство решений направлено на улучшение КПД непосредственно самих ВИЭ. Однако без внимания остается еще один немаловажный фактор развития ВИЭ: поиск решений по оптимизации, а также рационализации распределения энергии, вырабатываемой этими источниками.

Наш проект направлен на то, чтобы внести вклад в развитие умных систем распределения альтернативной энергии. А именно разработать миниатюрную модель системы “умного” распределения энергии, так называемый микрогрид, с целью возможности дальнейшего прототипирования различных алгоритмов и схемотехнических решений для изготовления реального коммерческого образца, а также получения практического опыта в данной области.

Система разделяется на 2-е части: материальную и цифровую, - согласованная и стабильная работа которых достигается решениями как в области схемотехники и электроники, так и в составлении алгоритмов ПО.

Материальная часть включает генераторы электричества, аккумулятор и потребителей, ранжированных по приоритетам электроснабжения. Вышеперечисленные компоненты соединяются общей шиной с элементами защиты и стабилизации напряжения.

1. Генераторы: задействовано 2 генератора: солнечная батарея в качестве ВИЭ с нестабильным графиком выработки и подключаемый к сети источник питания в качестве стабильного генератора электроэнергии.
2. Аккумулятор: задействован свинцово-кислотный АКБ, работающий в буферном режиме: такой режим позволяет компенсировать нехватку или излишек мощности за счет малого разряда или заряда АКБ соответственно.
3. Потребители: всего 5 потребителей, работающих при постоянном токе. Потребители ранжировались по приоритетам электроснабжения от 1-ого самого высокого до 5-ого самого низкого.
4. Защита и стабилизация напряжения: для стабилизации напряжения задействованы импульсные повышающе-понижающие, а также понижающий DC/DC преобразователи. Для ограничения сверху тока через данную нагрузку на ней размещалась схема ограничителя тока.

Цифровая часть “Виртуальная электростанция” представляется соединенными беспроводным протоколом передачи данных в децентрализованную локальную сеть микроконтроллерами esp8266 с различными периферийными устройствами - так называемыми контролирующими модулями (КМ). Она выполняет следующие функции:

1. Алгоритм приоритетного электроснабжения: в случае нештатных ситуаций система автоматически распределяет потоки электричества так, чтобы обеспечить электроэнергией более приоритетную нагрузку.
2. Мониторинг параметров: для возможности удаленного мониторинга за параметрами системы, а также для удобства анализа полученных данных реализована отправка их на платформу Google Таблицы.

Основная польза разработанной модели заключается в том, что с помощью нее возможно на практике моделировать поведение системы при различных условиях работы, таких как непредвиденный выход из строя генераторов или аккумуляторной батареи, а также питания исключительно от нестабильного ВИЭ. Моделирование и прототипирование безусловно необходимо, т.к. в противном случае невозможно внедрение реальных установок для коммерческой реализации. Также немаловажной частью испытаний является апробация принципиально новых решений, которые, возможно, внесут значительный вклад в современную энергетику.

Одним из уже используемых нововведений в нашей системе, делающим ее достаточно уникальной, выступает децентрализованная организация контролирующих элементов, что несет многообещающие перспективы в области отказоустойчивости, кибербезопасности и распределенной генерации.

Разработанная модель функционирует (рис. 2) и прошла ряд практических испытаний, при которых проверялись ключевые ее части: алгоритм приоритетности электроснабжения, алгоритм экспорта данных в Google Таблицы и алгоритм “общения” КМ. В частности, испытано 2 способа к реализации локальной сети из КМ: с помощью WiFi и с помощью радиосвязи, - и выбран наиболее эффективный. Также модель является достаточно гибкой и удобной в использовании, что подтверждается апробацией на конкурсе ИССЕТ 2019 и внедрением водородного топливного элемента в качестве 3-его генератора, что не повлияло на работоспособность системы.

Так, модель уже сейчас способна нести функцию полноценной испытательной установки, однако грядущие доработки ПО позволят ей стать еще более удобной и гибкой для прототипирования и разработки реальных систем.

## **Автоматические вертикальные грядки**

*Д.С. Щувайло*

МБОУ “Школа- гимназия №10 им. Э.К. Покровского”

*Науч.рук.:* В.И. Бурко, педагог дополнительного образования, Малая академия наук “Искатель”, г. Симферополя

Цель работы: сконструировать и собрать автоматические вертикальные грядки для выращивания овощных культур. Необходимо: изучить научную литературу и интернет-ресурсы по интересующей теме; получить навыки конструирования сложных электромеханических устройств; получить навыки пользования программой для создания 3D- моделей и работы на 3D- принтере; собрать конструкцию вертикальных грядок.

В современном мире основными приоритетами развития технологий, становятся функциональность и практичность. Не стала исключением и индустрия садоводства. Владельцы участков стараются не просто посадить растительные культуры, но и рационально использовать каждый уголок своего огорода. Поэтому постоянно появляется множество технологий и рационализаторских идей, позволяющих достичь максимального количества урожая на садовых участках, при этом экономя время и трудозатраты везде, где это возможно. Одной из таких технологий являются вертикальные грядки, которые наделены всеми вышеперечисленными преимуществами.

Актуальность работы заключается в том, что применение вертикальных садовых грядок позволяет не только добиться максимального урожая, но и эффективно распределить полезную площадь садового участка.

В ходе работы над автоматическими вертикальными грядками мы сначала изготовили печатную плату из текстолита и установили радиодетали. Произвели проверку и настройку датчика влажности (Приложение рис. 1-2).

Работа над созданием автоматических вертикальных грядок шла в несколько этапов. В начале работы нами был нарисован эскиз и схема будущей конструкции (Приложение рис.3-4). Затем были разработаны и созданы детали конструкции вертикальных грядок. Конструкция вертикальных грядок состоит из корпуса, привода движения лотков, 4 лотков прямоугольной формы, датчика контроля влажности и системы полива (Приложение рис. 5-11). Все пластиковые крепёжные детали были созданы программой SOLIDWORKS и распечатаны на 3-D принтеры (Приложение рис.12-13). Следующим этапом была сборка конструкции (Приложение рис.14). Заключительный этап- проверка и запуск конструкции. Для пуска и остановки лотков в определенном положении используется плата Arduino.

В результате проведенной работы нами были:

1. Изучены интернет ресурсы и научная литература по данной теме.
2. Получены навыки конструирования сложных электромеханических устройств.
3. Изготовлен датчик влажности, измеряющий влажность почвы.
4. Получены навыки пользования программой для создания 3D-моделей и работы на 3D-принтере.
5. Разработана и собрана конструкция вертикальных грядок.

### Литература

1. [https://radioskot.ru/publ/skhema\\_datchika\\_vlazhnosti\\_pochvy/](https://radioskot.ru/publ/skhema_datchika_vlazhnosti_pochvy/)
2. <https://3ddevice.com.ua/blog/3d-printer-obzor/obzor-programmy-solidworks/>
3. <https://krrot.net/verticalnue-gryadki-svoimi-rykami>

### Приложения

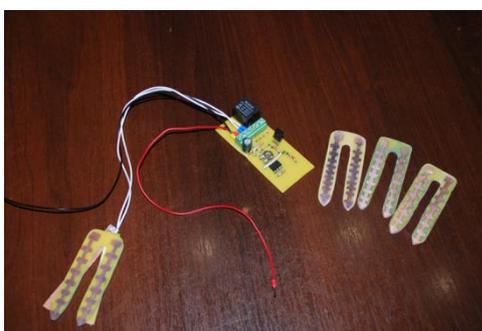


Рис. 1. Датчик влажности.



Рис. 2. Реле в сборке.

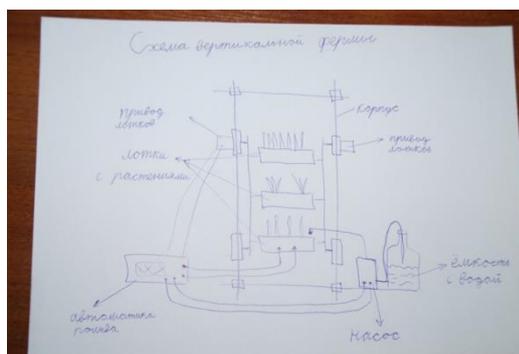


Рис. 3. Эскиз конструкции вертикальных грядок.

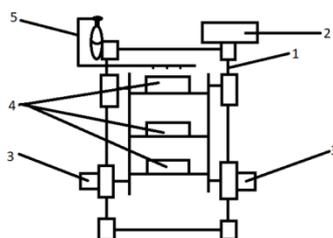


Рис. 4. Схема конструкции вертикальных грядок.



Рис. 5. Конструкция корпуса вертикальных грядок.

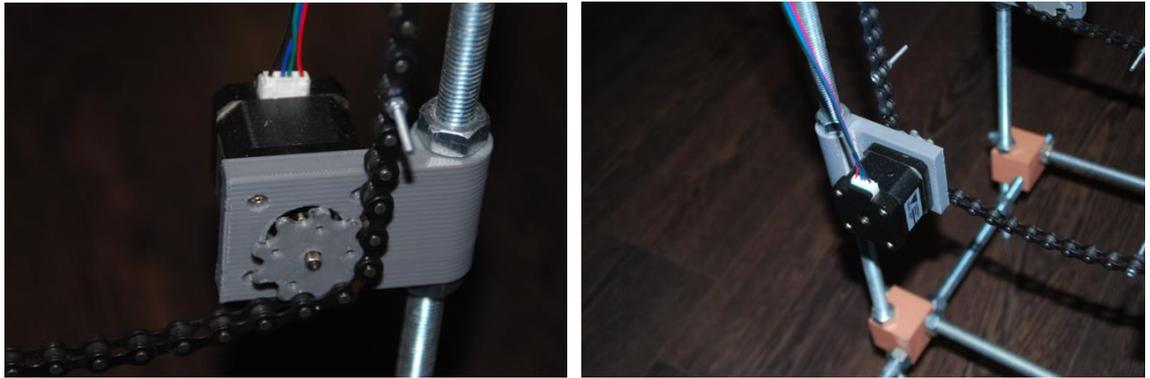


Рис. 6-7. Цепь со звездочкой и шаговый двигатель.

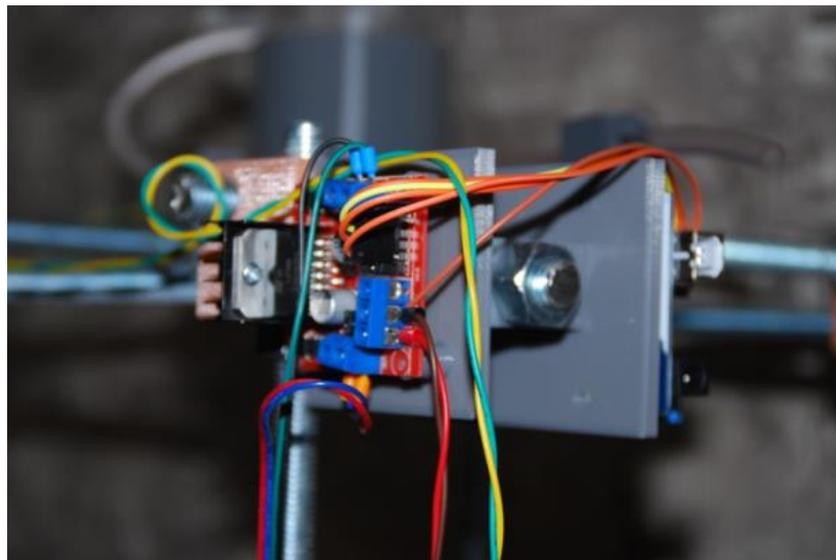


Рис. 8. Драйвер шагового двигателя.



Рис. 9. Пластиковые лотки.



Рис. 10-11. Помпа для воды и Емкость для воды с силиконовой трубкой.

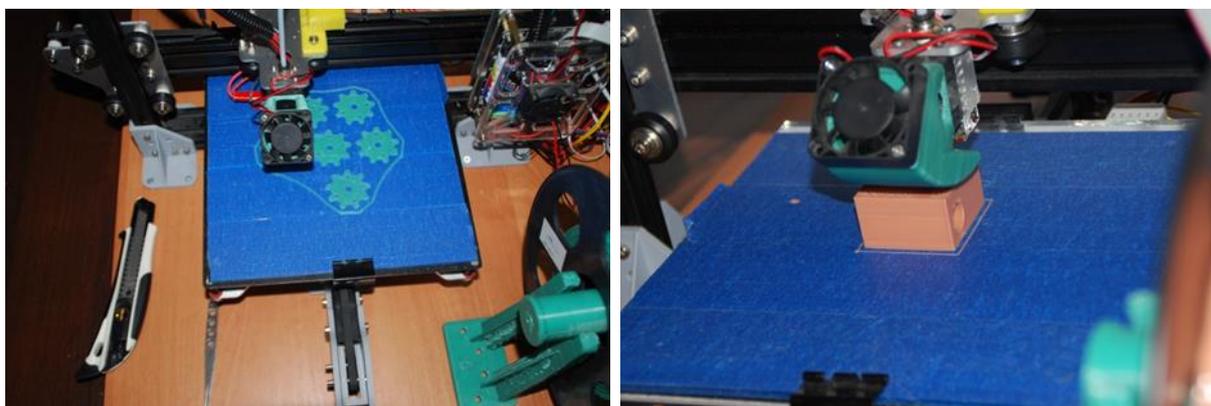


Рис. 12-13. Детали, напечатанные на 3-D принтере.

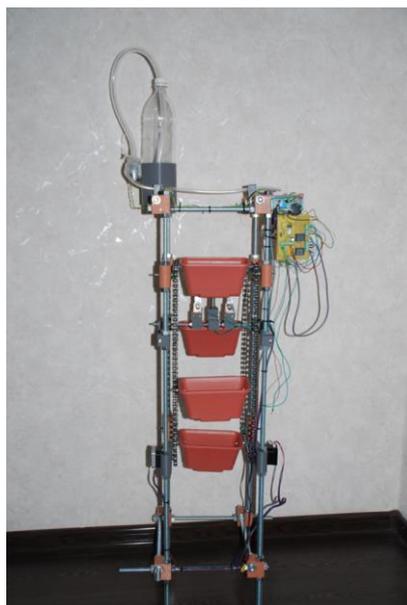


Рис.14 Конструкция вертикальных грядок

## W.E.L.L. – Water Earth Light Laboratory: робот для анализа верхних слоев почвы

*И.Д. Ежова<sup>1</sup>, К.В. Янышевская<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>МБОУ Лицей при ТПУ

<sup>2</sup>МАОУ Лицей №51

*Науч.рук.:* Д.Д. Петров, педагог дополнительного образования АНО ДО Детский технопарк “Кванториум” г.Томск

В настоящий момент в России более 385 млн га земель сельхозназначения, в том числе около 196 млн га сельскохозяйственных угодий. Из них, по данным Департамента мелиорации Минсельхоза, примерно 130 млн га — деградированных. «Сегодня деградация развивается со скоростью 1,5-2 млн га в год, — говорит директор Всероссийского научно-исследовательского агролесомелиоративного института (ВНИАЛМИ) Константин Кулик. — Если считать в зерновом эквиваленте, то это потери 3,2-3,9 млн т продукции».

Вместе с тем, учитывая рост населения, загрязнения, эрозию, количество пашни на душу населения резко сокращается. В связи с этим появляется необходимость в рациональном и эффективном использовании чистых и плодородных почв. Добиться этого можно только при регулярном отслеживании числовых значений важных для растений характеристик, а именно: температуры, влажности, кислотности и освещенности почвы.

Цель: разработать автономного робота, позволяющего анализировать верхний слой почвы по основным характеристикам.

Задачи:

1. Проанализировать литературу по вопросам состава почвы, изучить аналоги разрабатываемого устройства.
2. Разработать программное обеспечение робота (электрическую схему, программы передвижения робота и его взаимодействия с датчиками).
3. Разработать мобильные приложения для отображения данных.
4. Разработать техническую концепцию (корпус робота, экспериментальный образец).
5. Провести испытания робота: измерение почвы с помощью робота и сравнение результатов с данными почвы.
6. Провести испытания прототипа в лаборатории.

В ходе работы были задействованы различные современные методы, среди которых проектирование в САПР, программирование в среде Arduino IDE, пайка, программирование в Visual Studio Code, разработка приложения на платформе Blynk.

Робот - W.E.L.L. анализирует почву с помощью датчиков и определяет: температуру, влажность, освещенность почвы и уровень pH. Робот оснащен GPS - трекером и ESP - модулем. После сбора данных устройство отправляет эту информацию через ESP- модуль агроному. На основе этих данных агроном даст консультацию, советы по улучшению плодородности почвы, сможет подсказать, какие растения прорастут при таких условиях или как именно следует изменить эти условия, чтобы интересующая культура прижилась.

Почва, основа жизненной среды садовых растений. К почве предъявляются следующие агротехнические требования: достаточное количество пор для влаги и воздуха; рыхлая мелко-комковатая структура (0,5–1,0 см); наличие питательных веществ; уровень кислотности почвы

Но растению, помимо этого, важны влажность, температура, кислотность и освещённость почвы.

Оптимальные условия для развития растений отмечены при pH 6,5–7,2. Лишь некоторые виды растений отклоняются от этих показателей. Одним из наиболее всеобщих

требований по анализу почвы является определение величины рН в образцах почвы, так как это влияет на доступность минералов для растения. Каждое растение имеет свое значение рН, при котором оно оптимально растет и плодоносит. Но температура и влажность зависят от индивидуальных потребностей растения.

В ходе работы над проектом была проанализирована литература по исследуемой теме, найдены и рассмотрены аналоги устройства.

Результаты проделанной работы показали, что данная конструкция актуальна как для крупных, так и для частных хозяйств. Был выведен набор необходимых к анализу показателей, опираясь на которые можно сформулировать вывод о том, пригоден ли данный участок почвы для разведения той или иной культуры. Эмпирическим путем было установлено, что гусеничный транспорт передвигается по неровному грунту лучше, чем колесный транспорт. Были проведены лабораторные испытания робота, во время которых были выявлены недостатки существующей модели. Разработаны модульная платформа, программа передвижения робота, электрическая схема робота, программа по взаимодействию с датчиками. Подключены датчики. Создана программа по отправке данных с робота в приложение Blynk. Собран манипулятор для крепежа датчиков. Разработана программа для автономного движения по GPS. Разработан первый опытный образец.

### Литература

1. <http://www.fao.org/news/story/ru/item/357227/icode/> - Новостная статья о деградации почвы
2. <https://www.agroinvestor.ru/technologies/article/22499-degradatsiya-na-milliardy-v/> - статья за 9.11.2015
3. <https://studfile.net/preview/3559611/> - В.Ф. Вальков Почвоведение: Учебник для вузов. — Москва: ИКЦ «МарТ», Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2004. —496 с. (Серия «Учебный курс»).

## **Секция фотоники, квантовой и молекулярной физики**

### **Синтез кислорода и изучение его газовых характеристик**

*Алипкина Анастасия*

ГБОУ Школа № 1501

*Науч.рук.: Н.Г. Травенко, учитель физики ГБОУ Школа № 1501*

В различных производствах, где используется кислород, требуется максимально точная модель газа с его характеристиками для наиболее качественной работы с ним. Проблема заключается в сборе кислорода и дальнейшем описании его физико-химических свойств, что обуславливается возможностью неточного определения концентрации в смеси. Объект: модели реальных газов. Предмет: синтезированный кислород. Гипотеза: если при описании физических свойств реальных газов работать с уравнением Ван-дер-Ваальса, то можно наиболее точно описать процессы, протекающие в них.

Целью данной работы является изучение физико-химических свойств кислорода.

В промышленности кислород получают в результате разложения перманганата калия, бертолетовой соли или перекиси водорода в присутствии катализаторов. Второй способ получения кислорода заключается в криогенной ректификации либо с использованием адсорбционной или мембранной технологий.

В своей работе для получения кислорода в лабораторных условиях я выбрала реакцию взаимодействия перманганата калия и пероксида водорода, так как кинетика данной реакции подразумевает резкое смещение в сторону образования продуктов реакции с практическим выходом, максимально приближенным к теоретическому.

Итак, мной:

1. проведён опыт, в ходе которого был синтезирован кислород и промерены его температура и давление в ходе реакции.
2. проведён эксперимент по изотермическому расширению газовой смеси, в ходе которого была получена зависимость давления от различных параметров.
3. проведён эксперимент по изохорному нагреванию газовой смеси, в ходе которого была получена зависимость давления от различных параметров.

### **Гидрофобный фильтр для ликвидации нефтяных загрязнений с водной поверхности**

*М.В. Ивчин*

ГБОУ «Белгородский инженерный юношеский лицей-интернат»

*Науч.рук.: М.В. Соболевская, «Заслуженный учитель РФ», учитель географии, руководитель научного общества «Открой себя» ГБОУ «Белгородский инженерный юношеский лицей-интернат»; Т.Н. Кучеева, «Почётный работник общего образования РФ», учитель химии ГБОУ «Белгородский инженерный юношеский лицей-интернат»; А.А. Климонт, преподаватель НИТУ «МИСиС»*

Экологические последствия разливов нефтепродуктов трудно учитывать, поскольку нефтяное загрязнение нарушает естественные процессы, существенно изменяет условия обитания всех видов живых организмов и накапливается в экосистеме. Цель работы: создание гидрофобного фильтра для ликвидации нефтяных загрязнений с водной поверхности. В ходе разработки проекта решались такие задачи, как поиск исходного

материала, изучение литературы по теме, проведение аттестации исходных и полученных в ходе эксперимента образцов. В итоге, был получен продукт на основе шамотного кирпича, подходящий для решения поставленных задач, выявлены явные преимущества фильтра над аналогами и оптимальные условия для модификации поверхности исходного материала, подкреплённые исследованиями; предложено производить фильтры в Белгородской области.

В настоящее время огромной проблемой является состояние окружающей нас среды. Как известно, одним из мощных загрязнителей окружающей среды являются разливы нефтепродуктов в водах Мирового океана, рек и озёр. Экологические последствия разливов нефтепродуктов огромны, поскольку нефтяное загрязнение нарушает многие естественные процессы и взаимосвязи. Новизна заключается в уникальном методе подхода к решению проблемы, который ранее ещё не был изучен так масштабно.

Целью работы является создание гидрофобного фильтра для ликвидации нефтяных загрязнений с водной поверхности. Необходимо: найти информацию способах утилизации нефтепродуктов с поверхности воды; найти исходный материал; провести аттестацию материала; выявить преимущества фильтра над аналогами; внести предложение о производстве гидрофобных фильтров в Белгородской области.

В качестве исследуемого материала использовали шамотный кирпич различной истинной плотности: 0,4; 0,6; 1,0; 1,3. Были использованы минеральные масла на основе диэтанолamina. В качестве катализатора использовался нитрат никеля (II).

Физико-химические методы анализа: Рамановская спектроскопия; оптический метод; стереоскопический метод. Термообработку образцов при высоких (до 900 °С) температурах в аргонной среде производили в лабораторной трубчатой печи.

Для определения углов смачивания был использован метод лежащей капли. Суть метода представлена на рис. 1

Исходные образцы взвешивали. Сушили в сушильном шкафу при 110 °С 1 час и остужали в эксикаторе 15 минут. Далее пропитывали образцы маслом Mobil ATF D/M Automatic Transmission Fluid в течении 15 минут и поместили в кварцевый реактор при температуре 900 °С в атмосфере аргона на 60 минут.

Выводы:

1. Изучена литература по способам утилизации нефтепродуктов, выявлены наиболее эффективные способы.
2. Для исследования был выбран шамотный кирпич как более эффективный с точки зрения пористости и лёгкости, возможности производства в Белгородской области.
3. Были произведены расчёты пористости, кажущейся и истинной плотностей, а также были рассмотрены свойства материала. Произвели модификацию поверхности.
4. Выявлены преимущества фильтра над аналогами.
5. Предложено организовать производство гидрофобных фильтров на предприятиях Белгородской области.

### Литература

1. Аренс В.Ж., Саушин А.З., Гридин О.М. Очистка окружающей среды от углеводородных загрязнений. - М.: Интербук, 1999. – 180 с.
2. Гвоздев В.Д., Ксенофонтов Б.С. Очистка производственных сточных вод и утилизация осадков. - М.: Химия, 1988.
3. Демина Л.А. Как отмыть "Черное золото": О ликвидации нефтяных загрязнений. // Энергия. - 2000. - N10. - с. 51-54.

4. Жуков А.И. Методы очистки производственных сточных вод. Справочное пособие. - М., Стройиздат, 1977.

### Приложения

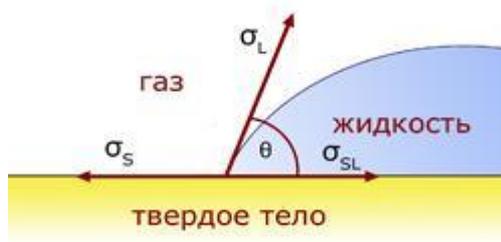


Рис. 1. Определение угла смачивания



Рис. 2. Фото образца ШТЛ-0.6

Образцы	ШТЛ-0.4	ШТЛ-0.6	ШТ-1.0	ШТ-1.3
Величины				
$m_0$ , г	9,26	9,492	19,986	9,26
$m_1$ , г	20,499	17,192	29,115	20,499
$m_2$ , г	9,294	9,511	20,043	9,294
Свойства	Гидрофобный			
Цвет	Чёрный			Тёмно-серый

Табл. 1. Результаты отжига на 900 °С. ( $m_0$  – масса исходного образца;  $m_1$  – масса с маслом;  $m_2$  – масса после отжига)

### Стабилизация доменной границы градиентным магнитным полем в плёнках железо-иттриевых гранатов

*Б.А. Клинская*

Лицей «Физико-техническая школа» им. Ж.И.Алфёрова

Науч.рук.: Н.Е. Хохлов, старший научный сотрудник, ФГБУН Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук

Одним из подходов к управлению параметрами спиновых волн является использование дефектов в магнитной структуре, например, доменных границ, так как в настоящее время большой интерес представляет разработка новых способов и устройств передачи и обработки информации, являющихся альтернативой традиционным

устройствам электроники. Это связано с необходимостью увеличения скорости передачи информации с понижением энергозатрат. С этой точки зрения одной из наиболее перспективных концепций является магноника [1]. Задачей магноники является изучение особенностей магнного транспорта в форме спиновых волн – волн намагниченности.

Целью проекта является создание держателя образцов плёнок железо-иттриевых гранатов для стабилизации в них уединенной доменной границы. Держатель будет использован в лаб. Физики ферроиков ФТИ им. А.Ф. Иоффе в экспериментальной установке по наблюдению распространения оптически возбуждаемых спиновых волн через доменную границу. Необходимо: подобрать нужный состав и толщину образцов ЖИГа; под образцы подобрать неоднородное поле; с помощью намагниченной иголки получить двудоменное состояние; проверить стабилизированность полученной границы; спроектировать держатель и поставить его в установку.

Железо-иттриевый гранат  $Y_3Fe_5O_{12}$  (ЖИГ) — ферромагнитное соединение, применяемое в микроволновых и магнитооптических устройствах, диэлектрик [2].

Магнитооптический эффект Фарадея – заключается в том, что при распространении линейно-поляризованного света через вещество, находящееся в магнитном поле, наблюдается вращение плоскости поляризации света [2,3].

В ходе работы спроектирован и создан держатель с требуемыми параметрами. Для держателя подобраны постоянные магниты, создающие неоднородное поле. Проведена оптимизация пространственного распределения магнитного поля. Положение доменной границы в образцах пленок ЖИГ визуализировалось за счет эффекта Фарадея [3] на поляризационном микроскопе Olympus. Деталь для закрепления магнитов спроектирована в среде FreeCAD и распечатана на 3D принтере.

В ходе выполнения работы в качестве магнитных пленок использованы несколько образцов разных составов – пленки чистого ЖИГ и висмут-замещенного ЖИГ различной толщины. Для каждого образца выбиралась конфигурация постоянных магнитов, создающая наиболее подходящее пространственное распределение магнитного поля. Критерием оптимальности выбранной конфигурации являлось наблюдение в пленке устойчивого двудоменного состояния. В результате требуемый держатель создан и выбраны две магнитные пленки, подходящие для дальнейших исследований.

Созданный держатель установлен в экспериментальной установке для изучения прохождения спиновых волн через доменную границу. Эксперименты будут проводиться в лаборатории Физики ферроиков ФТИ им. А.Ф. Иоффе. В перспективе подход к проектированию держателя магнитных пленок, разработанный в данной работе, может быть применен для стабилизации двух и более доменных границ. Это актуально для создания сложных логических устройств магноники.

### Литература

1. С.А. Никитов и др. Магноника — новое направление спинтроники и спин-волновой электроники, УФН 185 1099–1128 (2015)
2. Белотелов В.И., Звездин А.К, Фотонные кристаллы и другие метаматериалы. Квант, 2006
3. [https://ru.wikipedia.org/wiki/эффект\\_Фарадея](https://ru.wikipedia.org/wiki/эффект_Фарадея)

## Нахождение вектора состояния одиночного спина

*Козьма Александра*

МОАУ «Гимназия №1»

Цель работы — найти вектор состояния одиночного спина с помощью уравнения Шредингера. Необходимо: познакомиться с некоторыми фундаментальными понятиями квантовой механики; научиться находить вектор состояния одиночного спина с помощью уравнения Шредингера; решить задачу.

Для решения конкретных задач в квантовой механике необходимо иметь уравнение для волновой функции, которое позволяло бы вычислять значение волновой функции. Основное уравнение квантовой механики получил в 1926 году Э. Шредингер.

У некоторых людей, решивших начать изучать квантовую механику возникают затруднения с решением этого уравнения. В своей работе я привожу пример квантовомеханической задачи по решению уравнения Шредингера и нахождению вектора состояния частицы.

Новизна исследования состоит в приведении метода решения данного типа задач, а также его разъяснении на примере.

Квантовая механика (также известная как квантовая физика, квантовая теория, волновая механическая модель или матричная механика), включая квантовую теорию поля, является фундаментальной теорией в физике, которая описывает природу наименьшего - в том числе атомного и субатомного - масштаба.

Уравнение Шредингера — это линейное уравнение в частных производных, которое описывает волновую функцию или функцию состояния квантово-механической системы. По условию: Гамильтониан имеет вид:

$$H = \frac{\omega \hbar}{2} \sigma_z$$

Заданное начальное состояние, в котором  $\sigma_z = +1$

В работе приведено подробное решение данной задачи.

В итоге вектор состояния:

$$|\Psi(t)\rangle = \begin{pmatrix} \sum_j \exp\left(-\frac{i\omega}{2} t\right) \\ 0 \end{pmatrix}$$
$$|\Psi(t)\rangle = \begin{pmatrix} 0 \\ \sum_j \exp\left(\frac{i\omega}{2} t\right) \end{pmatrix}$$

Таким образом, был найден вектор состояния односпиновой частицы, и решена задача. Зная его, мы можем предсказывать вероятности для каждого возможного исхода эксперимента как функцию времени, и мы не ограничены измерениями энергии.

### Литература

1. [https://en.wikipedia.org/wiki/Hamiltonian\\_\(quantum\\_mechanics\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Hamiltonian_(quantum_mechanics)).
2. [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F\\_%D1%84%D1%83%D0%BD%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F_%D1%84%D1%83%D0%BD%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F).
3. [https://en.wikipedia.org/wiki/Quantum\\_mechanics#History](https://en.wikipedia.org/wiki/Quantum_mechanics#History).
4. [https://en.wikipedia.org/wiki/History\\_of\\_quantum\\_mechanics](https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_quantum_mechanics).

5. Глазунов А. Т., Кабардин О. Ф., Малинин А. Н., Орлов В. А., Пинский А. А. «Физика: Учеб. для 11 кл. шк. и кл. с углубл. Изучением физики». - М., 2003. - С. 293.
6. Саскинд Л., Фридман А. «Квантовая механика. Теоретический минимум». - С. 152-153, 124-128, 146-151.

## **Нелинейные оптические эффекты в сильно поглощающих средах**

*Кулешов Владимир*

АНОО «Физтех-лицей» им. П.Л. Капицы, г. Долгопрудный

*Науч.рук.: Д.В. Спинов, студент МФТИ*

Целью данной работы является: исследование механизмов теплового линзирования веществами, с низким коэффициентом пропускания; исследование свойств полученных линз.

Задачи научных исследований:

1. Нахождение аналитического решения уравнения теплопроводности в случае Гауссова пучка;
2. Нахождение зависимости связи температуры и показателя преломления;
3. Создание экспериментальной установки на основе соевого соуса для исследования эффекта тепловой линзы;
4. Разработка метода определения фокусного расстояния тепловой линзы в эксперименте;
5. Определение характера линзы.

Последнее время является актуальными исследования, направленные на создание ячеек памяти и компьютеров нового типа. Одним из способов создания подобных устройств является замена электрического тока на свет, что является предметом изучения фотоники. В фотонике для транспортировки света применяются оптоволокна, которые могут хоть и слабо поглощать транспортируемое излучение. Данная работа посвящена изучению транспорта излучения в среде, имеющей большой коэффициент поглощения. Результаты данной работы, несмотря на отличия от оптоволокна, могут быть применены для определения транспорта излучения в фотонике.

Вследствие нагревания все вещества изменяют свой показатель преломления. С этим связан следующий эффект: лазерное излучение (излучение накачки), проходя через вещество с большим коэффициентом поглощения, нагревает его, что приводит к фокусировки или дефокусировки пучка, а также к отклонению луча, проходящего через данную среду. Из-за чего образуется эффект линзирования (получаемая структура становится рассеивающей линзой). Данный эффект сильно заметен с мощными лазерами, поэтому представляет интерес для изучения.

Теоретическую сторону данной задачи можно описать уравнением теплопроводности:

$$\alpha \Delta T = \frac{p_s}{c\rho}$$

В данном случае мощность источника можно записать следующим образом:

$$p_s = A\omega_0 \exp\left(-\frac{r^2}{r_0^2}\right)$$

Окончательное уравнение выглядит так:

$$\alpha\Delta T = \frac{A\omega_0}{c\rho} \exp\left(-\frac{r^2}{r_0^2}\right)$$

С помощью данной формулы мы можем найти значения коэффициентов для формулы Гауссова распределения:

$$T = \frac{\exp\left(-\frac{(r-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)}{\sigma\sqrt{2\pi}}$$

С помощью данной зависимости мы можем построить качественно-теоретический график. Как мы можем видеть: пик реальной зависимости ниже, чем пик теоретический. Это связано с тем, что структура взаимодействует с окружающей средой (Рис 1).  $\alpha$  - коэффициент теплопроводности,  $\rho$  - плотность соевого соуса,  $\omega_0$  - мощность лазера,  $c$  - удельная теплоемкость соевого соуса. Далее мы получили формулу связи показателя преломления от температуры и проверили ее экспериментально (Рис 3).

$$T = 2^\beta \times 10^{\beta-1} - \frac{\Delta T}{\frac{\delta u}{\delta y} \tau} \times n$$

Значения для данной формулы были получены с помощью проведения вспомогательных экспериментов (измерение коэффициента динамической вязкости). Далее по формуле течения Пуазейля можно найти  $\frac{\delta u}{\delta y}$ .  $\Delta T$  – это разность температур до нагревания и после,  $\tau$  – это время от начала нагрева до «равномерного» прогревания (структура перестает быть линзой),  $\beta = 2$ , так как структура сильно поглощающая. Для исследования мы собрали установку (Рис 2). Она состояла из лазера, закрепленного на штативе, который светит на соевый соус, отражаясь проходит через поляризатор, и попадает на экран. Мы стремились к получению угла Брюстера – это угол, в котором есть угол падающий, отраженный, но нет преломленного (наглядно можно увидеть так: мы видим изображение лазера на поляризаторе (в положении минимума интенсивности), но не видим его изображения на экране).

Далее мы измерили самую важную зависимость: фокусное расстояние от мощности излучения накачки. Она была получена косвенно, так как фокусное расстояние мы получали исследуя изображение, полученное с помощью нашей установки. Изображением служила интерференционная картинка. Кольца Ньютона – это частный случай интерференции в тонких пленках, поэтому мы можем использовать соответствующие формулы, из которых была получена интересующая:

$$F = \frac{r_k^2}{\lambda k(1-n)}$$

Из литературных источников известен вид зависимости фокусного расстояния от мощности  $F = 1 - e^{aW^b}$ . Далее по полученным точкам мы фитировали и получали значения коэффициентов. Мы проводили эксперимент для разных толщин слоя структуры. Вот пример для толщины в 370 мкм  $F = 1 - e^{4.1W^{0.44}}$  (Рис 6). Большая погрешность связана с возникновением сферических aberrаций. Для исследования мы собрали установку (Рис 4). Подключив лазер к источнику тока мы можем знать точные параметры входной мощности. Разместив лазер между двумя стеклами, мы можем контролировать толщину слоя. Полученная интерференционная картинка представлена на Рис 5.

В работы мы качественно объяснили, почему структура после нагрева представляет рассеивающую линзу. Собрали несколько установок для исследования: зависимости температуры от показателя преломления, зависимость фокусного расстояния от мощности излучения накачки. Последняя зависимость является наиболее информативной, потому что с помощью нее можно найти максимально эффективную для заданной ситуации оптоволоконную структуру, разместив сердцевину (оптоволокна) на «месте» aberrационного пучка.

### Литература

1. F. Tanaka, K. Morita, P. Mallikarjunan, Y.-C. Hung, G.O.I. Ezeike. Analysis of dielectric properties of soy sauce Journal of Food Engineering;
2. <https://www.youtube.com/watch?v=WickU6F8GrA>;
3. <https://www.youtube.com/watch?v=gd9wQhAV0P4>;
4. <https://www.youtube.com/watch?v=gE3zO9FSDm0>;
5. Turchiello, Rozane de F., Luiz AA Pereira, and Sergio L. Gómez. "Low-cost nonlinear optics experiment for undergraduate instructional laboratory and lecture demonstration." American Journal of Physics 85.7 (2017): 522-528.;
6. S. J. Sheldon, L. V. Knight, and J. M. Thorne. Laser-induced thermal lens effect: a new theoretical model
7. Заказнов Н.П. редактор. Прикладная оптика.;
8. В.Г.Архипкин, Г.С.Патрин. ЛЕКЦИИ ПО ОПТИКЕ. 2006 год.;
9. <https://studfiles.net/preview/710908/> //fench, 28.03.2018;
10. <https://www.youtube.com/watch?v=gd9wQhAV0P4> //28.02.2018;
11. <https://studfiles.net/preview/5332922/page:3/> //upload, 28.03.2018.

## Приложения

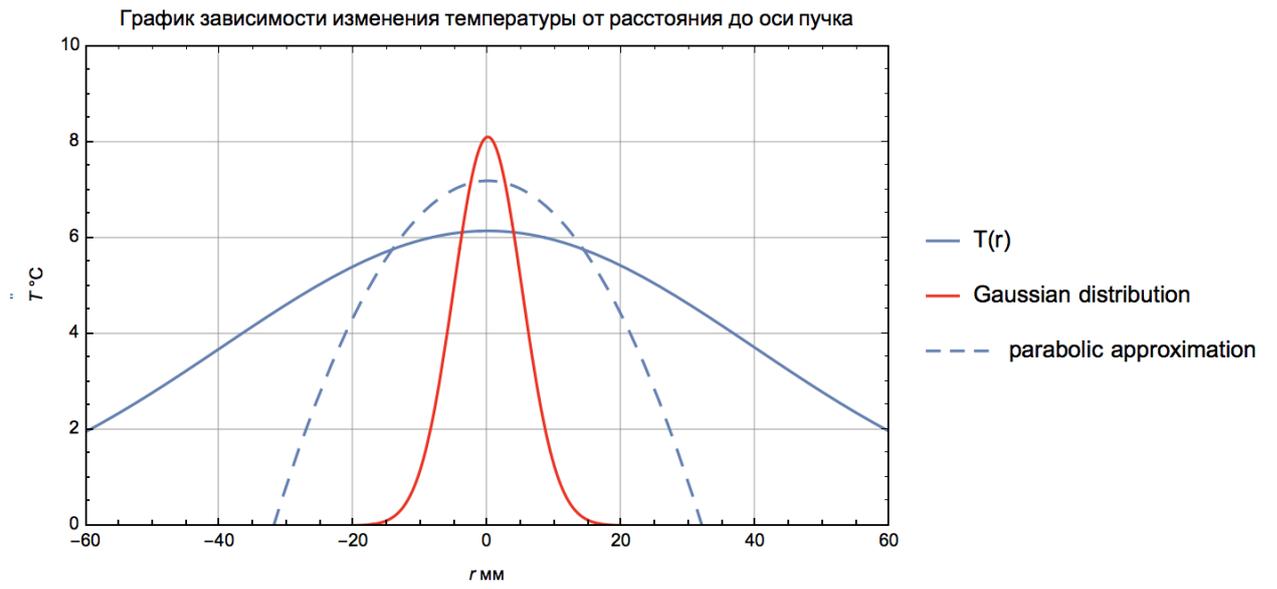


Рис. 1.

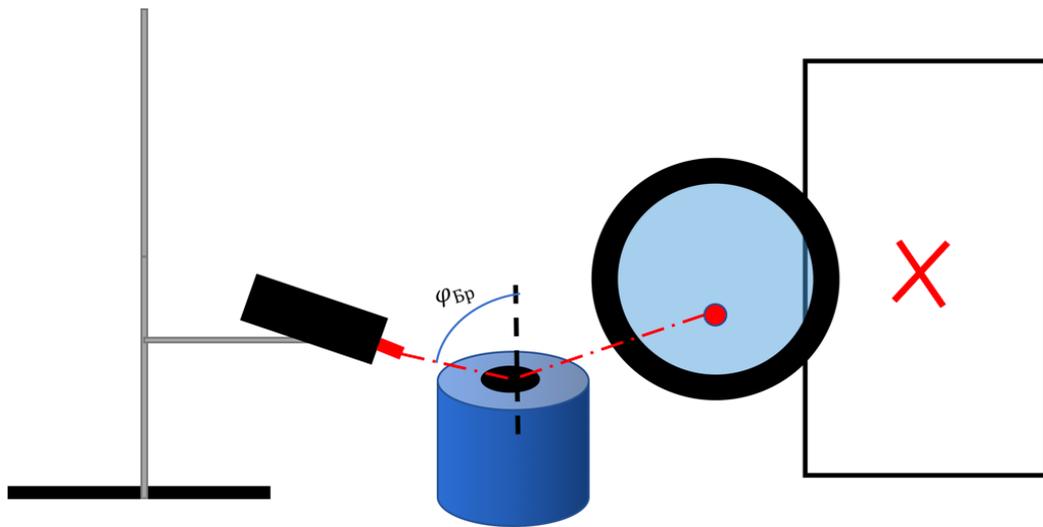


Рис. 2.

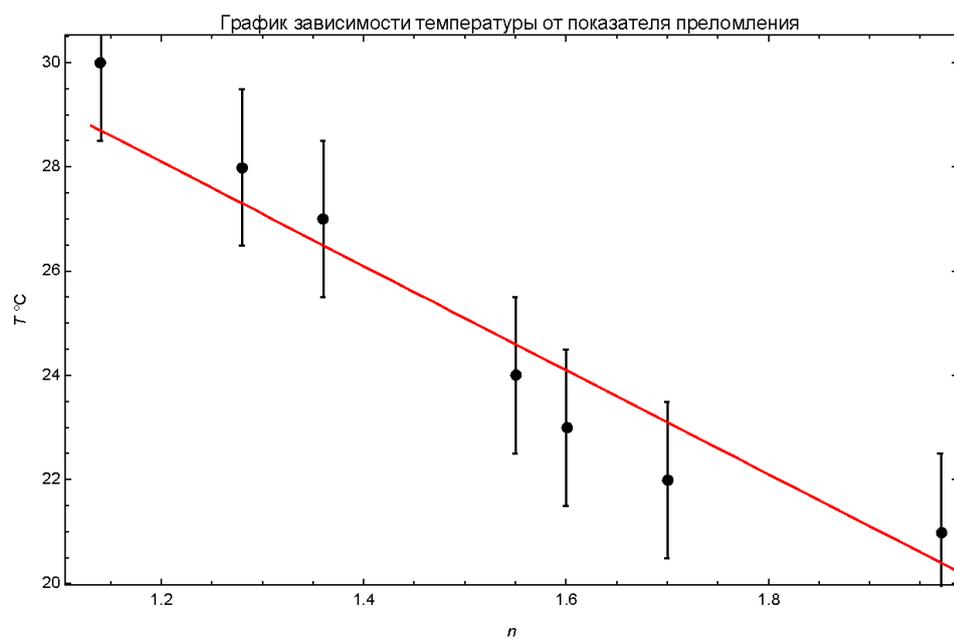


Рис. 3.

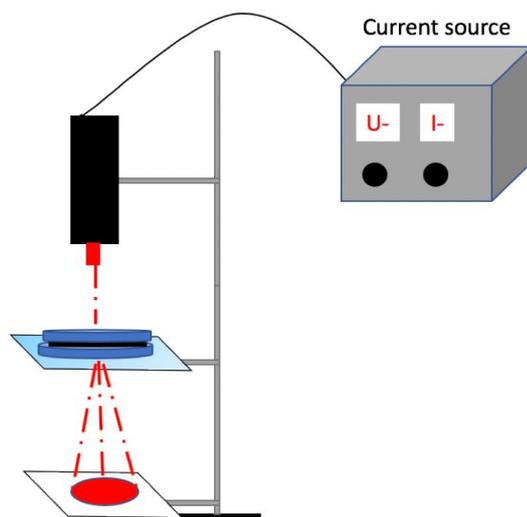


Рис. 4.

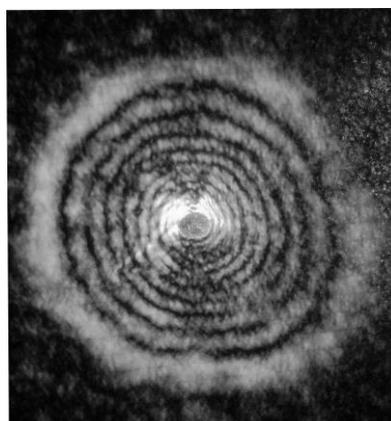


Рис. 5.

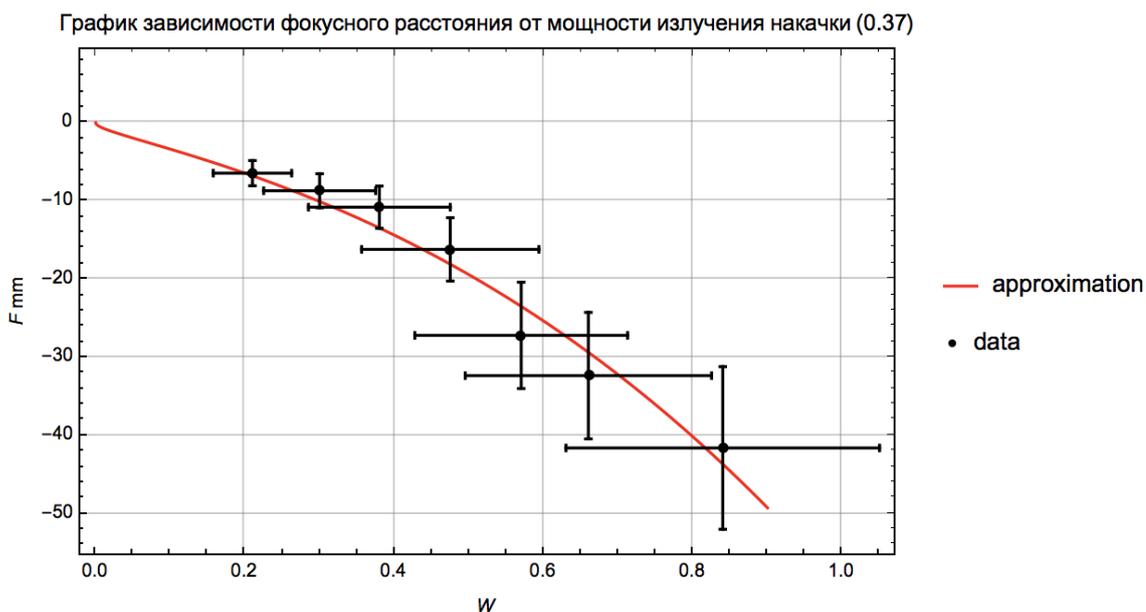


Рис. 6.

## Гибкие солнечные элементы нового поколения

*О.С. Сергеева, О.А. Егорова*

МБОУ “Лицей №2” г.Чебоксары

*Науч.рук.:* Степанов Леонид Анатольевич, педагог наноквантума, Детский технопарк “Кванториум” г. Чебоксары

Одной из самых развивающихся отраслей альтернативной электроэнергетики является солнечная, по причине доступности источника энергии, его неограниченности и экологичности на стадии выработки электроэнергии (тбл. 1). Наиболее часто используемые на сегодняшний день кремниевые солнечные элементы (СЭ) 1 и 2 поколений постепенно истощают себя, они имеют экологические проблемы на стадии производства и утилизации, а также являются сложными и дорогим в изготовлении.[5] (рис.6) Солнечные же элементы на основе органической химии имеют ограниченное КПД и низкий уровень развития по причине сложности синтеза материалов. Наша заинтересованность данной темой была вызвана именно возможностью и перспективами повсеместного использования СЭ наименьшим негативным воздействием на окружающую среду.

Целью данной работы является создание экологичного и эффективного гибкого солнечного элемента с легкой и портативной системой нанесения материалов. Необходимо: провести сравнительную характеристику технологий трех поколений с целью дальнейшего выбора наиболее перспективного варианта; объяснить принцип работы солнечных элементов (СЭ) и их основных составляющих; подобрать оптимальный по экологичности, стоимости и функционалу состав слоев для дальнейшей разработки собственного СЭ; рассмотреть методики синтеза фотоактивного слоя; рассмотреть способы повышения эффективности и стабильности СЭ; доработать методики сбора СЭ, ориентируясь на простоту и качество.

Отталкиваясь от этого, работа шла по нескольким направлениям:

1. Анализ рынка и технологий солнечной энергетики и отслеживание его развития. В результате чего был выявлен спад развития технологий кремниевых СЭ, обострение

вопроса их переработки. На фоне этого отчетливо заметен рост развития молодых технологий: сенсibilизированных красителем СЭ и СЭ на перовскитных технологиях.[2]

2. Анализ и последующая подборка комплекта материалов (рис. 1) для сборки гибкого СЭ с наибольшим КПД, так как КПД конечного продукта во многом зависит от использованных в нем материалов и их характеристик. Нами были выбраны перовскитные технологии, где основным фотоактивным слоем являются перовскиты. Перовскиты (рис. 4) - это материалы, способные к механической деформации без нарушения целостности. А также более высоким показателем эффективности, простотой изготовления, большим разнообразием способов нанесения (рис. 5) и невысокой стоимостью, большими перспективами развития, возможность утилизации и повторного использования.[1] Еще одним пунктом в пользу использования перовскитов являются их пьезоэлектрические свойства. Остальные составляющие также были подобраны с учетом показателя эффективности (рис. 2, 3), проблем утилизации и стоимости, а также их гибкость. Набор материалов отличен от стандартных. Упор в их подборе делался на их экологичность. [4]
3. Получение материалов наиболее эффективным и малозатратным способом и разработка способов нанесения и сборки. Это позволяет повысить скорость сборки ячейки, снизить потребление ресурсов и стоимость конечного продукта. [3]

Для того чтобы собрать СЭ на перовскитных технологиях были выбраны следующие материалы: ПЭТ пленка с уже нанесенным на нее слоем ИТО, оксид цинка, перовскиты, полимерный электропроводящий материал PEDOT PSS.

Были разработаны методики нанесения материалов с помощью аэрографа, что позволило нам легко наносить их на любые поверхности. Также новшеством является нанесение материалов с помощью маркера, при котором быстро и легко можно сделать СЭ практически на любых поверхностях с небольшой затратой материалов. Все это в дальнейшем может быть использовано как способ сборки СЭ непосредственно на объекте, а не на производстве.

В результате были получены гибкие СЭ, способные к работе в различных световых условиях. Несмотря на то что их КПД на данный момент уступает кремниевым технологиям, наши СЭ более функциональны и экономически выгодны. Дальнейшая работа будет идти над повышением КПД и сроком службы элемента.

### Литература

1. Мазаник А., Малащенко Н., Стрельцов Е. Наука и инновации No8 (126) 2013, "Материалы для создания солнечных элементов третьего поколения.
2. Перунков М. А., Шамин А. А. Получение раствора диметилформамида дийодида свинца //Современные научные исследования и инновации. – 2017. – №. 3. – С. 97-100.
3. Печерская Р. М., Шамин А. А., Зарывахина С. А. Методика получения пленок перовскита  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbX}_3$  для солнечных элементов нового поколения на основе гибридных органо-неорганических перовскитов (ГОНП) //Лучшая студенческая статья 2016. – 2016. – С. 67-69.
4. Ратнер С. В., Иосифов В. В. К вопросу о разработке стратегии развития солнечной энергетики в России с учетом экологических эффектов //Экономический анализ: теория и практика. – 2017. – Т. 16. – №. 8 (467).
5. Секербаев К. С. и др. Влияние состава галогена на структурные и оптические свойства органометаллических перовскитов //Recent Contributions to Physics (Rec. Contr. Phys.). – 2016. – Т. 57. – №. 2. – С. 50-55.

6. Трошин П. А., Любовская Р. Н., Разумов В. Ф. Органические солнечные батареи: структура, материалы, критические параметры и перспективы развития //Российские нанотехнологии. – 2008. – Т. 3. – №. 5-6. – С. 56-77.
7. Шамин А. А., Печерская Е. А. Получение и исследование прозрачного проводящего покрытия на стеклянных подложках // Молодой ученый. — 2017. — №4. — С. 71-74.
8. Saoud K. et al. Синтез наносфер серебра на основе нанокристаллов оксида цинка для фотокаталитического применения в видимом свете / / Вестник материаловедения. – 2015. – Т. 63. – С. 134-140.

### Приложение

	<b>Кремниевые</b>	<b>Пленочные</b>	<b>Перовскитные</b>
<b>Утилизация</b>	На заводах перерабатывается только - стекло, медь и алюминий. Остальное сжигается.	Сложно утилизировать, редко утилизируется правильно, что вредит экологии.	Органические вещества легко разлагаются, и не вредят окр. среде.
<b>Экологичность производства</b>	Выделяются токсичные вещества, такие как мышьяк и хром. Исходным материалом для изготовления солнечных батарей служит трихлорсилан, ядовитый и взрывоопасный продукт. При его перегонке и восстановлении при помощи водорода, получают чистый кремний. Побочным продуктом, на этом этапе производства, является соляная кислота. Далее, кремний плавят и получают слитки, из которых делают элементы солнечных батарей.		
<b>Эффективность</b>	12-22%	5-20%	4-22,1%
<b>Стоимость за 1 кв.м</b>	<b>103.12\$</b>	90.39\$	90.43\$
<b>Дороговизна</b>	Стоимость 1 кВт/ч: 1,5\$	Стоимость 1 кВт/ч: около 0,75\$	Стоимость 1 кВт/ч: 1-2 цента
<b>Влияние температуры</b>	плохо показывают себя при высоких температурах.	Температура слабо влияет на	

		работоспособность.	
--	--	--------------------	--

Табл. 1. Сравнительная характеристика технологий изготовления СЭ.

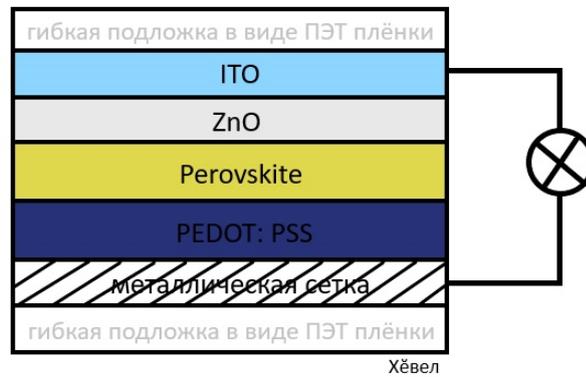


Рис. 1. Схема расположения слоёв в солнечном элементе.

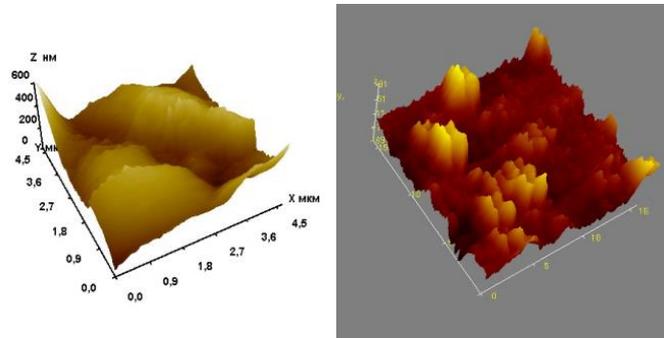


Рис. 2, 3. Покрытие оксида цинка (зондовый микроскоп).

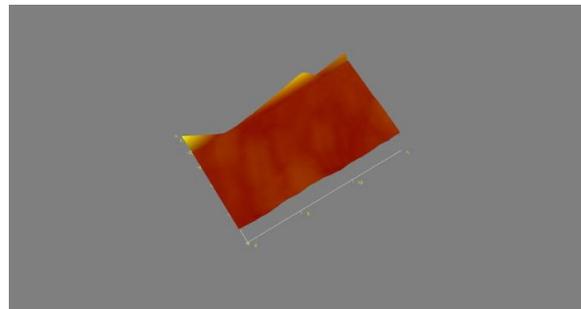


Рис. 4. Покрытие перовскита (зондовый микроскоп).

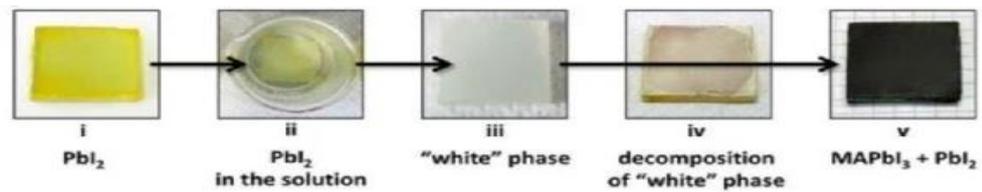


Рис. 5. Фазы соединений перовскита.

## Измерение угловой скорости вращения с использованием кольцевого лазера

*А.А. Фомичев*

физико-математического лица №5 г. Долгопрудного

*Консультант:* Э.А. Миликов, научный сотрудник МФТИ

Целью настоящего исследования является измерение угловой скорости вращения Земли, изучение истории эффектов, лежащих в основе оптической гироскопии, а также освещение передовых решений в этой теме.

В число задач настоящего исследования входит:

1. изучение истории открытия эффекта Саньяка;
2. изучение основ теории оптической гироскопии;
3. проведение эксперимента по измерению угловой скорости вращения Земли;
4. изучение возможности повышения точности измерений.

Значимость исследования заключается в изучении и проявлении интереса к задачам высокоточной навигации у выпускников старшей школы, что позволит в будущем иметь молодых, уже опытных и образованных специалистов, способных внести свой вклад в развитие отечественной науки и техники.

Новизной исследования является изучение работы оптического гироскопа в многочастотном режиме, в частности четырехчастотном, чем объясняется проведение работы на базе лаборатории лазерных навигационных систем МФТИ – разработчика четырехчастотного оптического гироскопа и навигационной системы на его основе.

У истоков современной теории оптической гироскопии стоят эксперименты таких ученых как Лодж, Майкельсон, Саньяк. Примечательны эксперименты в первую очередь тем, что были направлены на изучение эфира – среды, по мнению ученых того времени, заполняющей вселенную и являющейся посредником при гравитационных и электромагнитных взаимодействиях. Современная физика отказалась от теории эфира, однако вклад проведенных экспериментов в становление современных навигационных приборов не оценим. Обзорная часть данного исследования освещает развитие теорий по измерению вращения.

В основу теории современных оптических гироскопов заложен эффект Саньяка в виде формулы, связывающей угловую скорость вращения вокруг оси чувствительности оптического гироскопа с разностью частот между встречными волнами (1):

$$\Omega = \frac{L\lambda}{4S} \Delta\nu$$

где  $\Omega$  – угловая скорость вращения,  $L$  – периметр резонатора,  $\lambda$  – длина волны излучения,  $S$  – площадь, охватываемая контуром резонатора,  $\Delta\nu$  – разность частот встречных волн.

Так как свет имеет конечную постоянную скорость распространения, оптический путь по кольцевому резонатору для лучей, распространяющихся во встречных направлениях, отличается: для луча, направленного в сторону вращения, оптический путь сокращается; для луча, направленного против вращения, оптический путь удлиняется. Частота генерируемой продольной моды определяется длиной резонатора (2). Как следствие, встречные волны в кольцевом резонаторе при наличии вращения имеют разные частоты и интерferируют. Формула (1) иллюстрирует линейную зависимость между угловой скоростью вращения и вызванной вращением разности частот встречных волн.

Для измерения разности частот встречных волн используют специальную призму, исполняющую роль оптического смесителя излучения (Рисунок 1). Задача этой призмы – свести лучи, вышедшие из кольцевого лазера, таким образом, чтобы наблюдалась их интерференция. Интерференционная картина считывается фотоприемниками через диафрагму. Сигнал с фотоприемников, пропорциональный числу считываемых интерференционных полос, фиксируется обрабатывающей электроникой и используется в решении задачи вращения.

Для экспериментального исследования работы оптического гироскопа, проведено измерение угловой скорости вращения Земли. Использована лабораторная установка учебной лаборатории кафедры квантовой электроники МФТИ. Теоретический расчет угловой скорости вращения Земли на широте Долгопрудного ( $55,929^\circ$ ) произведен по формуле (2):

$$\Omega_3 = \frac{360^\circ}{24\text{ч}} \sin(55,929^\circ) \approx 12,43^\circ/\text{ч}$$

Экспериментальная установка (Рисунок 2) позволяет получать измерения вращения оптического гироскопа в течение нескольких часов. Далее выбирается интервал усреднения данных и результат анализируется на компьютере. Результаты отображены на графике зависимости измеряемой угловой скорости от времени (Рисунок 3). Верхняя и нижняя кривые соответствуют работе оптического гироскопа на модах противоположных круговых поляризаций. Средняя кривая, наиболее приближенная к расчетному значению угловой скорости вращения Земли, получена усреднением первых двух.

Результаты эксперимента указывают, что усреднение сигналов от мод ортогональных круговых поляризаций позволяет повысить точность измерений. По этому принципу работает четырехчастотный оптический гироскоп (Рисунок 4) – перспективный высокоточный прибор, в котором одновременно генерируется четыре волны вместо двух в обычном оптическом гироскопе.

Влияние магнитных полей на моды ортогональных круговых поляризаций имеет противоположные знаки, что позволяет вычесть соответствующую ошибку измерений при усреднении сигналов (3).

В результате проведенного исследования освещена история, исследованы основы современной теории оптической гироскопии, выявлен способ повышения точностных характеристик оптических гироскопов. В качестве продолжения работы над темой намечено взаимодействие с лабораторией лазерных навигационных систем МФТИ, что является дополнительным стимулом к поступлению в МФТИ у автора исследования.

### Литература

1. Аронович Ф. Лазерные гироскопы // Применения лазеров. — Москва: Мир, 1974.
2. Ананьев Ю.А. Оптические резонаторы и лазерные пучки. — Москва: Наука, 1990.
3. Миликов Э.А., Брославец Ю.Ю., Фомичев А.А. // Система формирования сигнала четырехчастотного зеемановского лазерного гироскопа. — Труды 59-й Всероссийской научной конференции МФТИ.

## Приложение



Рис. 1. Призма оптического смесителя

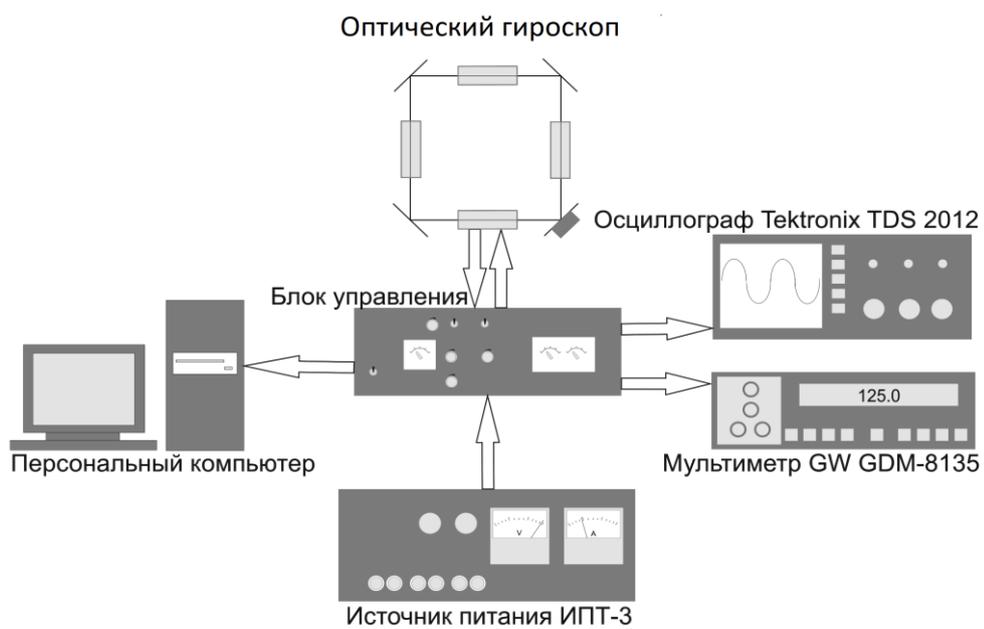


Рис. 2. Схема экспериментальной установки

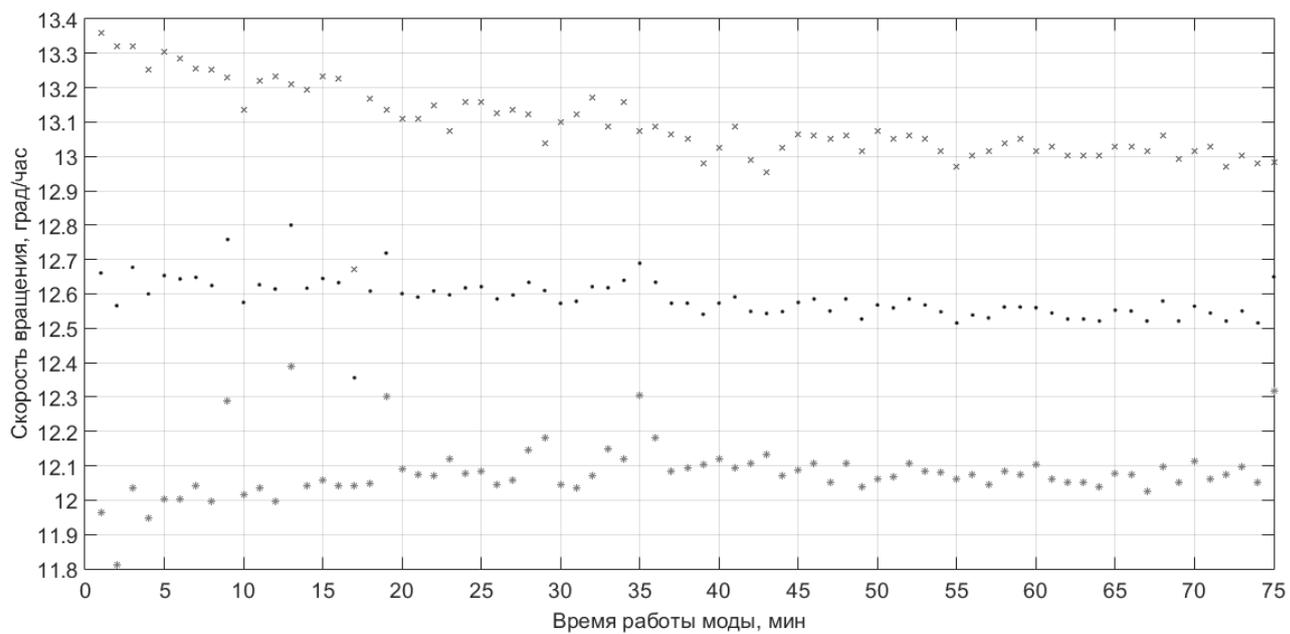


Рис. 3. Измерения угловой скорости вращения Земли

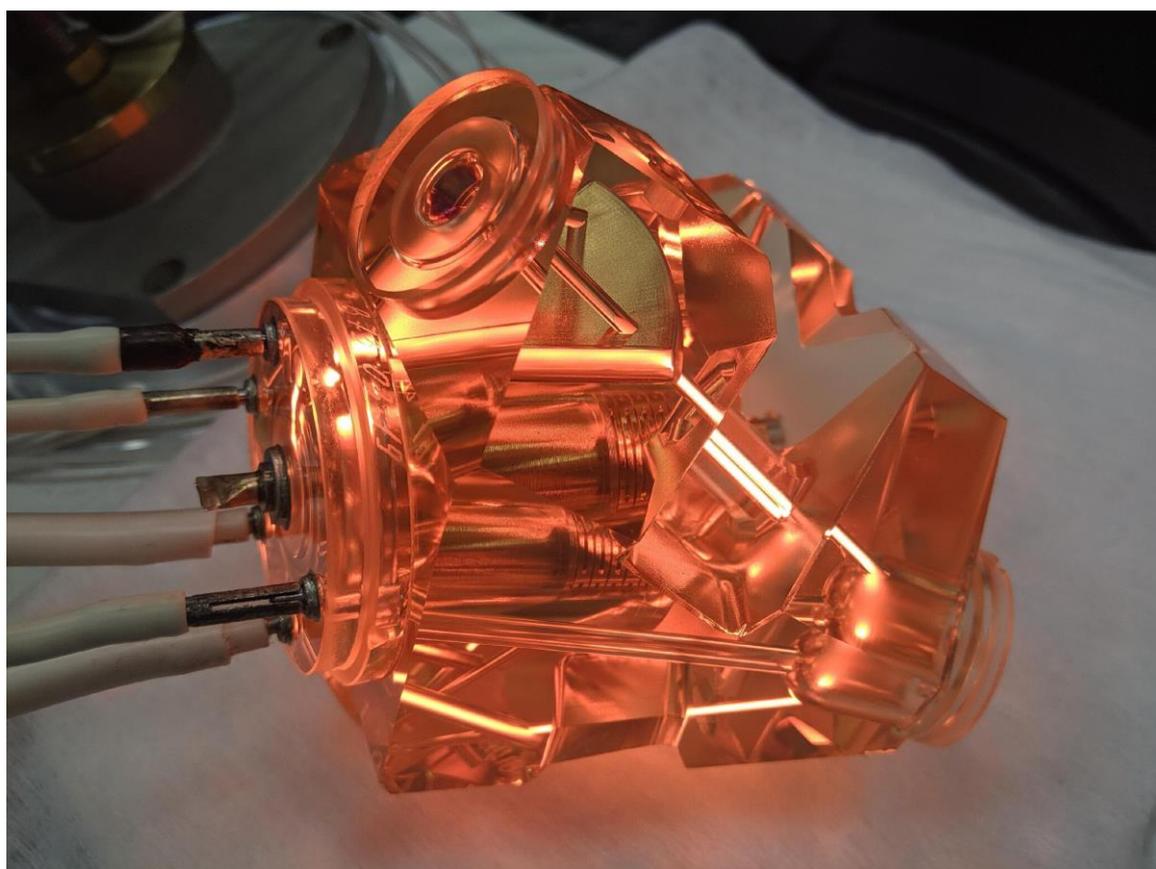


Рис. 4. Четырехчастотный оптический гироскоп

## Получение и микроскопическое исследование никелевых плёнок на меди

*А.А. Шмаков*

МБОУ Гимназия №12

*Науч.рук.:* В.В. Филиппов, профессор физики Липецкого педагогического государственного университета имени Петра Семёнова-Тян-Шанского

Целью данной работы является получение никелевых плёнок нано-метровой толщины и изучение их свойств. Необходимо: провести эксперимент по получению плёнок никеля; изучить свойства плёнок никеля с помощью оптической и зондовой микроскопии.

На данный момент плёнки никеля широко используются в различных сферах производств: начиная защитой деталей машин от ржавчины и заканчивая обмоткой для струн в музыкальных инструментах. Я считаю, что обнаруженные в ходе исследования свойства могут помочь при создании никелевых плёнок и их дальнейшем использовании.

В процессе исследования была разработана оригинальная установка получения никелевых наноплёнок на поверхности меди, локализованных в определённой области. Также была экспериментально определена шероховатость поверхности исследуемых наноплёнок с применением современной оптической и зондовой микроскопии. Наконец, было доказано, что при плотности тока в процессе электролитического получения плёнок, равной  $4,847 \cdot 10^{-3}$ , можно получить однородные плёнки никеля с низкой шероховатостью.

Для проведения эксперимента использовалась установка, состоящая из: блока питания с наличием режима малых токов; магазина сопротивлений с возможностью изменять сопротивление с точностью 1-1000 Ом; лабораторного амперметра с точностью до 1 мА; штатива с закреплёнными пластиной и никелевым зондом (см. Приложение №1).

Для исследования поверхности никелевых плёнок использовался металлографический микроскоп «Биомед ММР-3» (см. Приложение №2), а для более детального анализа поверхности полученных образцов был использован сканирующий зондовый микроскоп «СММ-2000» производства «ЗАО Протон» (см. Приложение №3)

Для проведения необходимых расчётов потребовались следующие формулы:

1-ый закон Фарадея:

$$m = kq = kIt$$

где  $q$  - заряд,  $k$  - коэффициент или электрохимический эквивалент вещества,  $I$  - сила тока, протекающего через электролит,  $t$  - время прохождения тока.

Из данной формулы была выведена формула для расчёта толщины плёнки:

$$d = \frac{kIt}{\rho S}$$

где  $I$  - сила тока, протекающего через электролит,  $k$  - электрохимический эквивалент вещества,  $t$  - время прохождения тока,  $\rho$  - плотность вещества, а  $S$  - площадь соприкосновения электролита с пластинкой.

Состав используемого электролита:  $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (70 гр.)  $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (12,5 гр.)  $\text{H}_2\text{O}$  (250 гр.).

Первоначально нами был исследован процесс осаждения плёнок никеля на поверхность меди, обработанной наждачной бумагой. В результате были получены неоднородные плёнки никеля.

Далее была использована алюминиевая фольга и жёсткий диск для того, чтобы на них осадить никелевые плёнки. Однако, обнаружилась плохая сцепляемость никеля с алюминием.

В итоге, для получения наноплёнок никеля была использована медная фольга (см. Приложение №4). Проведя множество экспериментов по получению никелевых плёнок на поверхности медной фольги с разными режимами электролиза, было получено, что наиболее цельный и гладкий образец плёнок получается при  $I=95$  мА и  $t=6$  мин (см. Приложение №5). Была просканирована поверхность данного образца с помощью зондового микроскопа СММ-2000 ЗАО «Протон», выяснилось, что никелевые плёнки при достаточной толщине уменьшают шероховатость поверхности меди (см. Приложение №6 и Приложение №7)

Таким образом, были получены никелевые магнитные плёнки и обнаружили в них следующие свойства:

1. Повторяют структуру поверхности при большой шероховатости и малой толщине (10-100 нм).
2. Имеют хорошую сцепляемость с медью и плохую – с алюминием.
3. Уменьшают шероховатость поверхности, на которую их осаждают, при достаточной толщине (0,1-1 мкм).

### Приложение

Приложение №1. Снимок установки для получения никелевых плёнок.



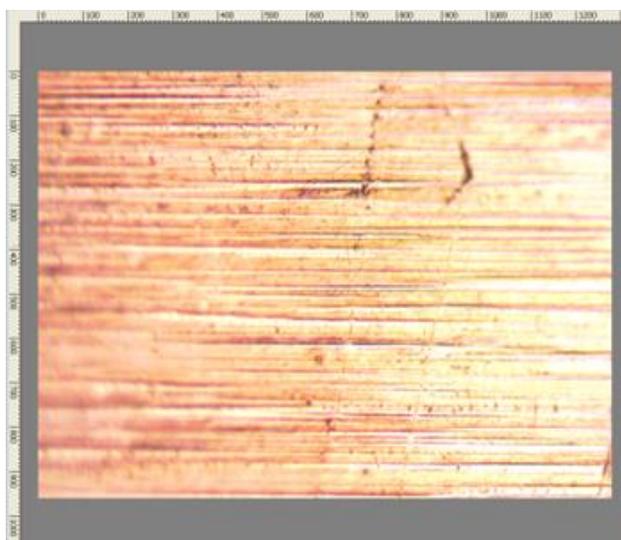
Приложение №2. Снимок металлографического микроскопа «Биомед ММР-3».



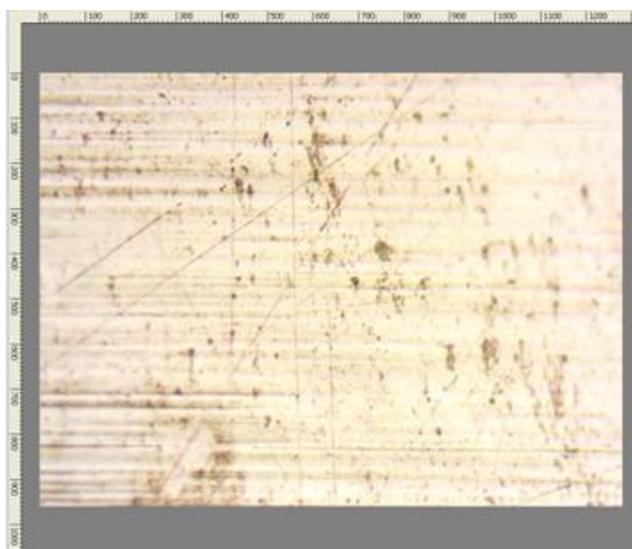
Приложение №3. Снимок сканирующего зондового микроскопа «СММ-2000»



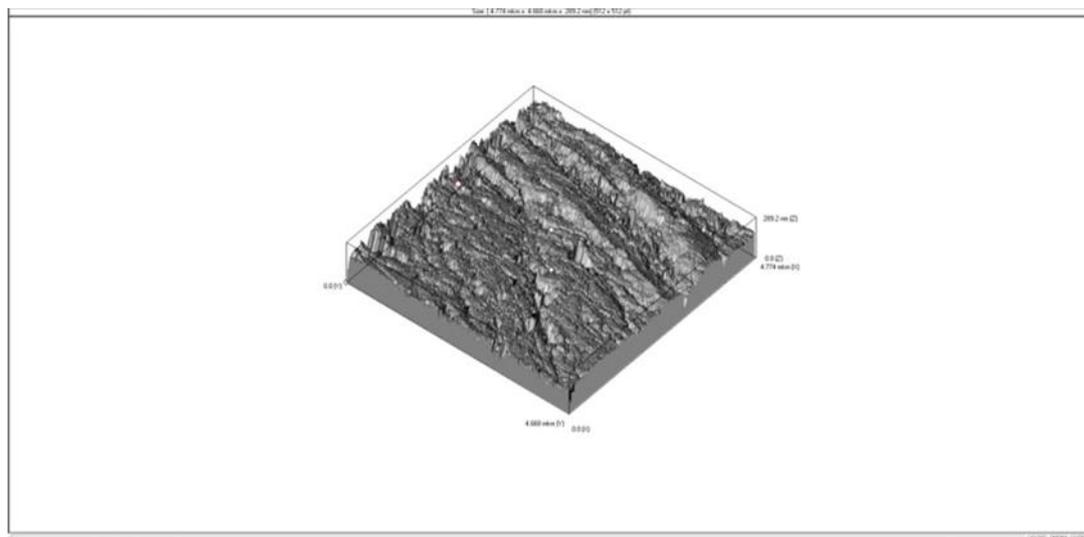
Приложение №4. Снимок поверхности меди металлографическим микроскопом «Биомед ММР-3» (увеличение 100х)



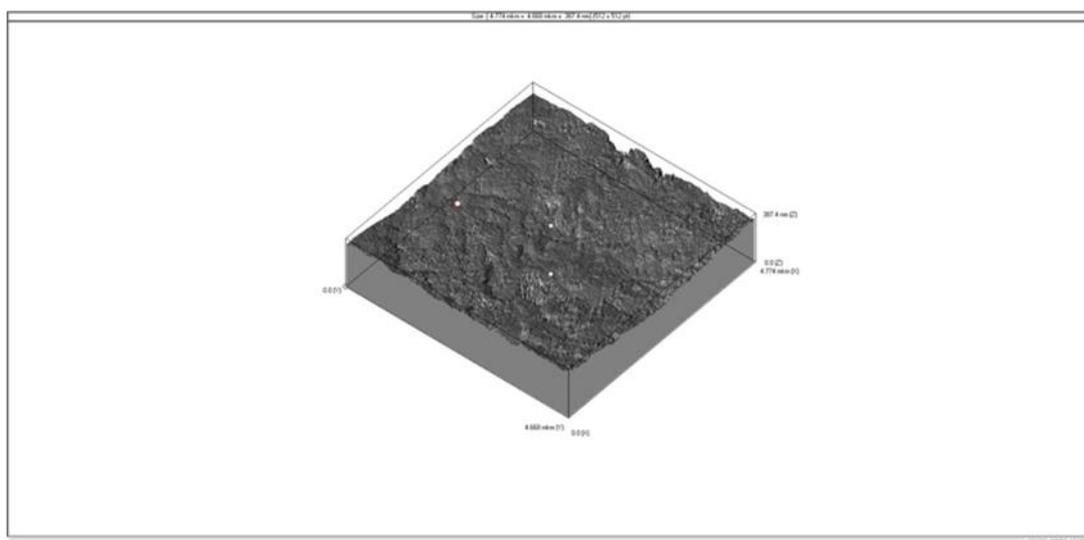
Приложение №5. Снимок никелевых плёнок на поверхности меди металлографическим микроскопом «Биомед ММР-3» (увеличение 100х)



Приложение №6. Снимок поверхности меди (5x5 мкм) зондовым микроскопом СММ-2000 ЗАО «Протон» (туннельный режим)



Приложение №7. Снимок никелевых плёнок на поверхности меди (5x5 мкм) зондовым микроскопом СММ-2000 ЗАО «Протон» (туннельный режим)



# Демонстрация принципа неопределенности Гейзенберга на примере фемтосекундного импульса

*М.М. Штилькин*

ГБОУ г. Москвы «Школа №1501»

*Науч.рук.:* к.ф.-м.н. Ф.Е. Гостев, старший научный сотрудник лаборатории нанофотоники ФГБУН Федеральный исследовательский центр химической физики имени Н.Н.Семенова РАН

В науке и технике широко применяются фемтосекундные лазеры - оптические квантовые приборы, способные генерировать импульсы очень малой длительности с колоссальной пиковой мощностью. Фемтосекундные лазеры применяются, в том числе, для экспериментальных физических исследований, демонстрации физических законов.

Одним из фундаментальных законов квантовой механики является принцип неопределенности Гейзенберга. Важность демонстрации принципа неопределенности с помощью современного оборудования - фемтосекундного лазера - определила актуальность исследования.

Целью исследования является демонстрация принципа неопределенности на примере сверхкороткого светового импульса, полученного при использовании фемтосекундного лазера.

Гипотеза исследования состоит в том, что принцип неопределенности Гейзенберга может быть продемонстрирован с помощью фемтосекундного лазера.

Задачи исследования:

1. Изучить принцип неопределенности Гейзенберга.
2. Изучить основные характеристики фемтосекундных лазеров.
3. Разработать методику проведения эксперимента с применением фемтосекундного лазера.
4. Провести эксперимент и проанализировать полученные результаты.

Исследование проводилось на базе ФГБУН «Федеральный исследовательский центр химической физики имени Н.Н.Семенова РАН».

Известно, что соотношение неопределенностей Гейзенберга связывает не только положение и импульс системы, но и другие ее параметры. Одним из наиболее интересных и полезных для наших целей является связь между неопределенностями энергии и времени.

Преобразуя формулу  $\Delta E * \Delta t \geq \hbar/2$ , получаем неравенство:  $\Delta \nu * \Delta t \geq 1/2$ . Это означает, что неопределённость энергетического спектра обратно пропорциональна его длительности. Применительно к лазерной физике это соотношение связывает между собой длительность светового импульса и ширину его спектра.

Эксперимент проводился на установке, позволяющей с высокой точностью измерить длительность и ширину импульса (состав и способ работы установки подробно раскрыт в работе).

Эксперимент состоял из 20 опытов. Во всех опытах на установке создавался фемтосекундный импульс. С помощью ЖК-маски задавалась определенная ширина спектра импульсов. На спектрометре измерялась ширина спектра (Диаграмма №1 «Показания спектрометра» приложение), с помощью автокоррелятора - длительность импульса (Диаграмма №2 «Показания автокоррелятора» приложение). В каждом опыте считывались показания приборов и строились диаграммы с целью их дальнейшего использования для определения зависимости длительности от ширины импульса.

Результаты эксперимента продемонстрировали принцип неопределенности Гейзенберга: получен линейный график зависимости длительности от ширины импульса,

подтверждающий соотношение неопределенности (Диаграмма №3 «Графическое изображение результатов эксперимента»).

Значимость исследования обусловлена важностью демонстрации принципа неопределенности Гейзенберга с помощью современного оборудования, возможностью использования созданных демонстрационных материалов в учебном процессе.

Новизна исследования состоит в том, что принцип неопределенности Гейзенберга продемонстрирован при использовании фемтосекундного лазера

Таким образом, цель проекта - демонстрация принципа неопределенности на примере сверхкороткого светового импульса, полученного при использовании фемтосекундного лазера, была достигнута. Полученные материалы могут быть использованы в учебном процессе при изучении темы «Принцип неопределенности Гейзенберга».

## Литература

1. Ахманов С.А., Выслоух В.А., Чиркин А.С. Оптика фемтосекундных лазерных импульсов - Наука, 1988.- 312 с.
2. Еремин В.В., Кузьменко Н.Е. Фемтохимия: квантовая динамика или химическая кинетика? - Журнал «Природа», 2005.
3. Крюков П. Г. Лазеры ультракоротких импульсов. - Квантовая электроника, № 2, 2001.
4. Саркисов О.М. Новые направления в фемтохимии и фемтобиологии. -Химическая физика, 2012, т. 31, № 8.
5. Саркисов О.М., Уманский С.Я. Фемтохимия. – Успехи химии, Институт химической физики им. Н.Н. Семенова РАН, 2001.
6. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Атомная и ядерная физика. Том 5, Часть 2 – Физматлит, 1989. - 426 с.

## Приложение



Диаграмма №1. Показания спектрометра.

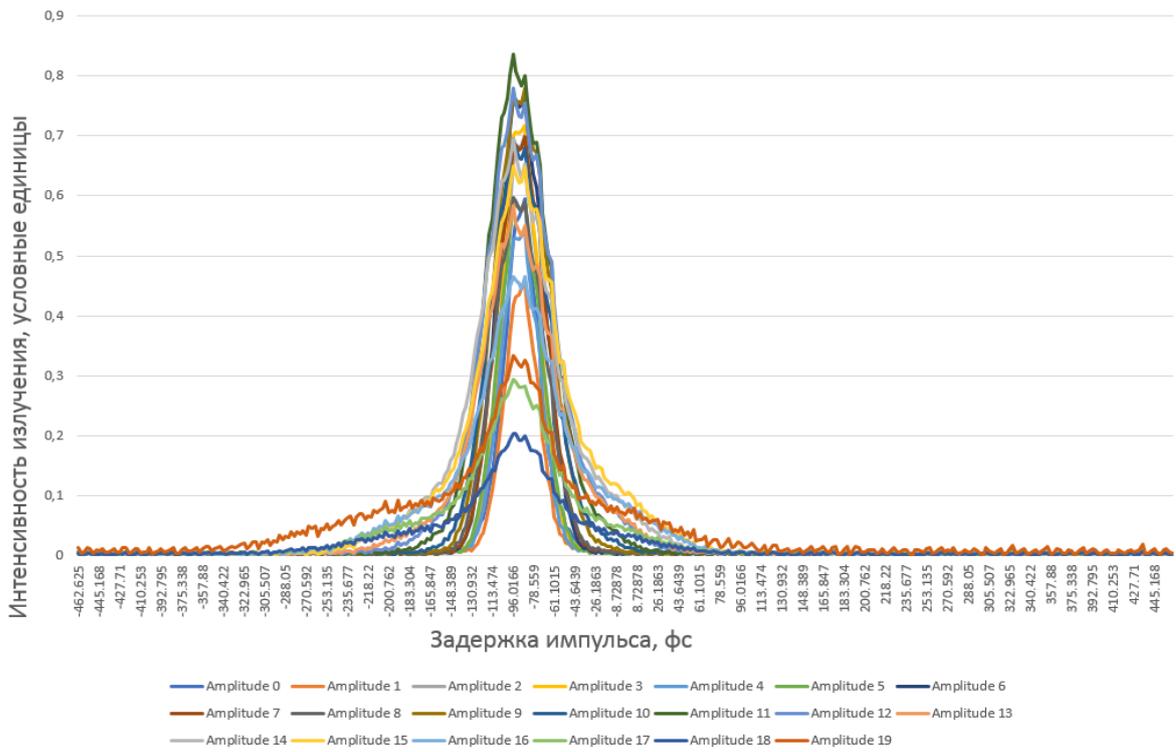


Диаграмма №2. Показания автокоррелятора.

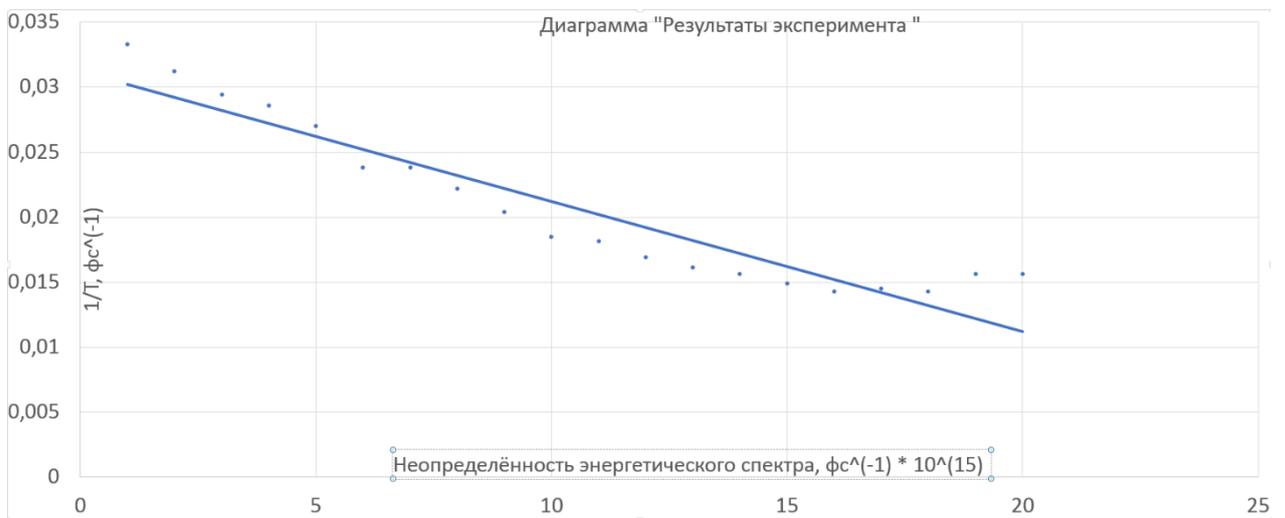


Диаграмма №3. Графическое изображение результатов эксперимента.

## Секция фундаментальной и прикладной физики

### Комплексное исследование характеристик музыкального звука на примере гитары

*А.О. Балашов*

Днепровский лицей информационных технологий при Днепровском Национальном  
Университете имени Олеся Гончара

*Науч.рук.:* Т.И. Козлова, учитель физики Днепровского лицея информационных  
технологий при ДНУ им. Олеся Гончара, учитель-методист, отличник образования  
Украины

Актуальность работы: колебания бывают механические, электромагнитные, химические, термодинамические и другие. Несмотря на такое разнообразие, все они имеют между собой много общего и поэтому описываются одними и теми же дифференциальными уравнениями. Специальный раздел физики - теория колебаний - занимается изучением закономерностей этих явлений. Знать их необходимо создателям радиотехнической и акустической аппаратуры, самолетостроителям, специалистам промышленности и транспорта. Поэтому изучение колебаний является важным процессом в науке, поскольку дает возможность систематизировать все знания по этой теме и обобщить все исследования данной тематики, совершенствуя научный процесс и принося пользу человечеству. Недаром академик Л. И. Мандельштам говорил, что *«... если посмотреть историю физики, то можно увидеть, что главные открытия, по существу, были колебательными»*. Поэтому, систематизация зависимости частоты колебаний струн струнных музыкальных инструментов от силы натяжения и длины струн, а также исследования реального и виртуального экспериментов являются актуальной задачей.

Целью работы является комплексное исследование частоты колебаний: определение зависимости частоты колебаний струн струнных музыкальных инструментов от силы натяжения струн (напряжения) и длины струн с помощью трех гитар и самодельного экспериментального прибора; систематизация исследований музыкального звука, его характеристик и частоты колебаний, а также факторов, которые могут ее изменить; исследование зависимости времени колебаний струны (вибрации) от условий, в которых находится струнный музыкальный инструмент. Необходимо: сконструировать самодельный прибор для измерения частоты колебаний струн струнных музыкальных инструментов; на практике выявить зависимость частоты колебаний гитарных струн от длины и силы натяжения струн; комплексно исследовать зависимость времени колебаний струн от различных условий, в которых будет находиться струнный музыкальный инструмент; графически изобразить зависимость частоты колебаний струн от длины и силы натяжения (напряжения) струн.

Научно-исследовательская работа состоит из введения, основной части, заключения и трех приложений. Основная часть, в свою очередь, состоит из двух практических работ. В первой практической работе выполнены исследования свободных колебаний струн с помощью самодельного прибора. При проведении экспериментальных исследований было выполнено два опыта для измерения частоты колебаний струны. Во второй практической работе выполнены исследования зависимости частоты колебаний от длины, силы натяжения, времени и условий, в которых находится струнный музыкальный инструмент. При проведении экспериментальных исследований было выполнено четыре опыта с тремя музыкальными инструментами: классической гитарой, акустической двенадцатиструнной гитарой и электрогитарой. В результате исследований получено графическое изображение

зависимости частоты колебаний струн от силы натяжения и длины струн, а также времени вибрации струны от условий, в которых находится струнный музыкальный инструмент.

Результаты исследований представлены в графиках Excel и таблицах Word. Подведены итоги по результатам проведенных исследований.

В приложении содержатся сведения о ссылке на звуковые исследования.

Выполнена систематизация зависимости частоты колебаний струн струнных музыкальных инструментов от силы натяжения и длины струн. Показана графическая зависимость вибрации струны от условий, в которых она находится. Исследованы закономерности распространения звука и его свойства.

Результаты исследований могут быть использованы при изготовлении и настройке струнных музыкальных инструментов.

В научно-исследовательской работе были выполнены исследования зависимости частоты колебаний струн струнных музыкальных инструментов от длины и силы натяжения струн, а также исследована зависимость времени вибрации струны от условий, в которых находится струнный музыкальный инструмент (приложение к тезисам).

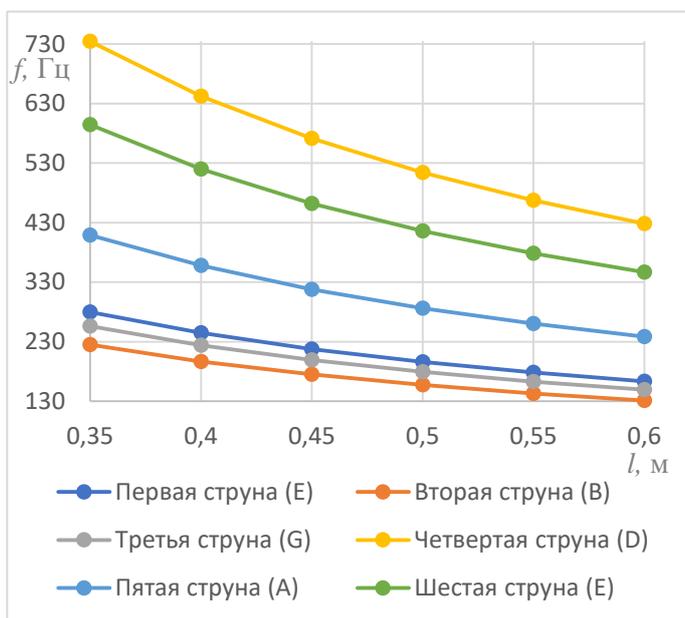
### Литература

1. Физика и музыка: Звуковые волны. Их виды и характеристики [Текст]: бинарный урок. Лариса Витрук, Ольга Железняк. Лвiв 2015 № 17 (569).
2. Stewart H. Wirick – Will a Guitar String Vibrate Forever. / Science Fair Project done. - 2009 year.
3. Господин музыкант [Электронный ресурс]: официальный веб-портал, 2008. – Режим доступа: <http://www.gmstrings.ru/>. – Название с титул. экрана.
4. Лабораторная работа №193 [Текст]: исследование зависимости частоты колебания струны от ее длины и натяжения. / и Скворцов А. И., Налетов В. В., Мухамедшин И. Р., Недопекин О. В., Лысогорский Ю.В., Ирисова И. А, Староверов А. Е. Институт физики Казанского университета. Казань 2014.
5. Государственное бюджетное общеобразовательное учреждение города Москвы "Бауманская инженерная школа № 1580" [Электронный ресурс]: официальный веб-портал, 2020. – Режим доступа: <https://lycu1580.mskobr.ru/>. – Название с титул. экрана.
6. Гончаренко С. У. физика [Текст]: учебник для 9 классов общественных учебных заведений с углубленным изучением физики – К.: образование, 2006. – Ч. 2. – 271 с.
7. Элементарный учебник физики [Текст]: Учеб. Пособие. В 3 т. Т. 3. Колебания и волны. Оптика. Атомная и ядерная физика / Под ред. Г.С. Ландсберг. – 13е изд., - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 656 с.

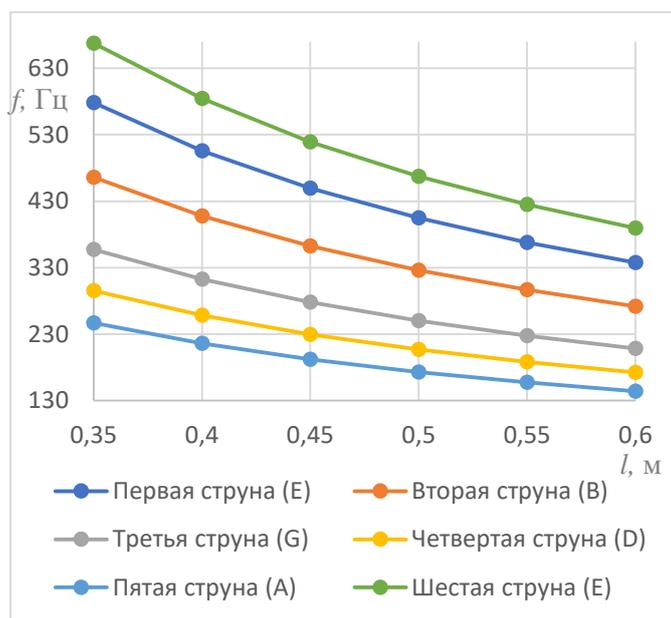
## Приложения

### Зависимость частоты колебаний струны от длины струны

YAMAHA C40 (классическая гитара)

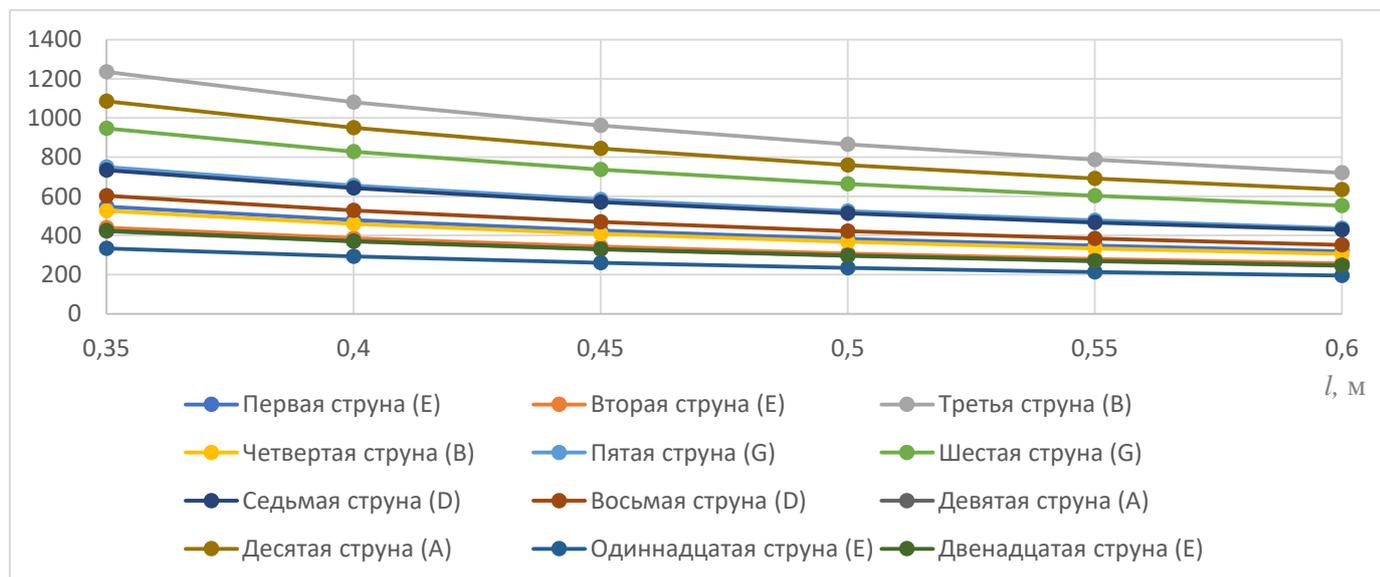


PHIL PRO MS 25 (электргитара)

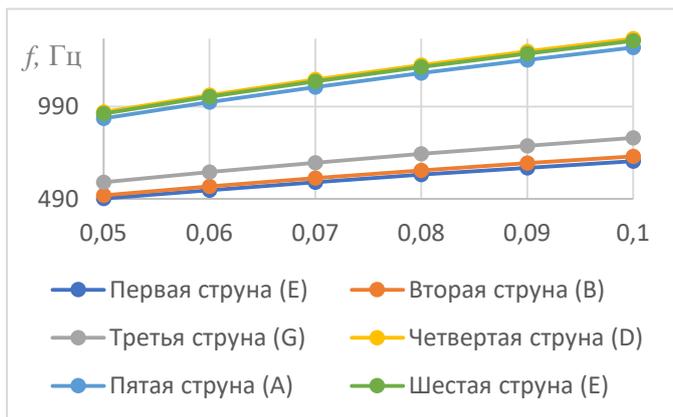


$f$ , Гц

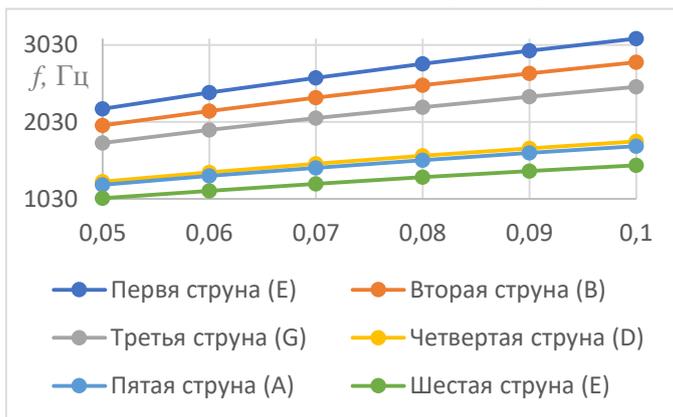
MAXWOOD AD 66211 2C (акустическая гитара)



Зависимость частоты колебаний струны от силы натяжения струны  
 YAMAHA C40 (классическая гитара)

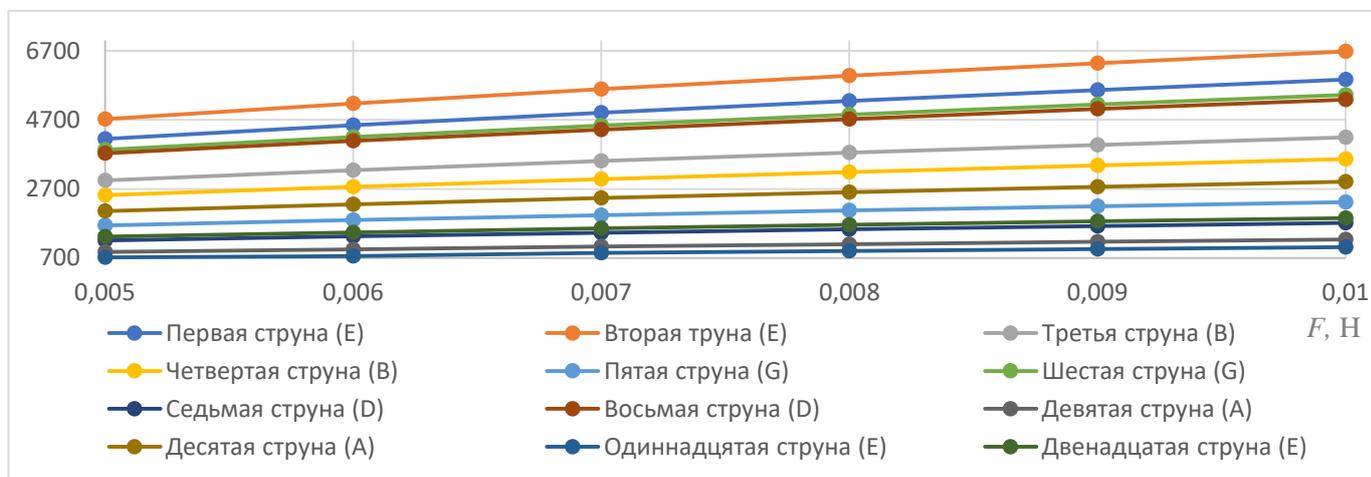


PHIL PRO MS 25 (электрогитара)



f, Гц

MAXWOOD AD 66211 2C (акустическая гитара)



Зависимость частоты времени вибрации струны от условий, в которых находится струнный музыкальный инструмент

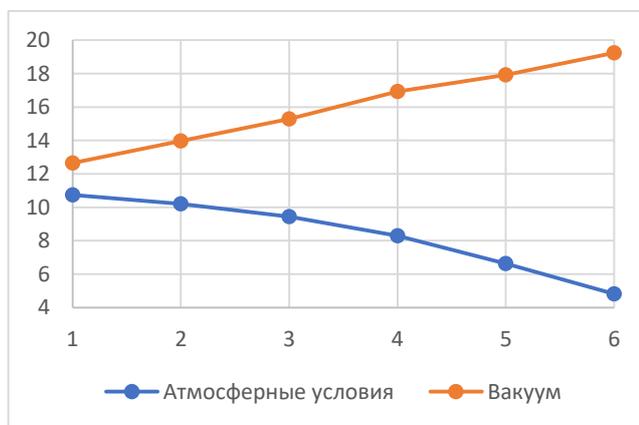


Рис. 3. График зависимости времени вибрации струны от условий, в которых находится струнный музыкальный инструмент: абсцисса - номер струны; ордината - время, с

Время, с	Название струны
10,75	Первая (Е)
10,20	Вторая (В)
9,44	Третья (G)
8,30	Четвертая (D)
6,63	Пятая (А)
4,81	Шестая (Е)

Табл. 1. Расчеты в атмосферных условиях

Время, с	Название струны
10,75	Первая (Е)
10,20	Вторая (В)
9,44	Третья (G)
8,30	Четвертая (D)
6,63	Пятая (А)
4,81	Шестая (Е)

Табл. 2. Расчеты в вакуумных условиях

### **Исследование заряд-разрядных кривых и определение емкости самодельных ионисторов**

*Е.С. Богданов*

МБОУ «Физико-математический лицей №31 г. Челябинска»

*Науч.рук.: О.Р. Сухова Ольга Радиевна, учитель физики МБОУ «ФМЛ №31 г. Челябинска»*

Одним из путей решения глобальной проблемы роста энергопотребления является рациональное использование энергетических ресурсов. В ряде современных энергосберегающих технологий используется ионистор - гибрид конденсатора и химического источника тока [1]. Современные ионисторы обладают уникальными характеристиками: плотностью электрической емкости до 260 Ф/г, временем заряда и разряда от тысячных долей секунды, высокой мощностью разряда, малым током утечки и возможностью хранения заряда в течение сотен часов [2].

Ионистор пытаются описать с помощью эквивалентных схем, содержащих конденсаторы и резисторы. Однако большинство предложенных математических моделей соотносятся с получаемыми на практике результатами только в очень узких временных интервалах (пример такого исследования [3]). Нетривиальность закономерности работы ионистора стала проблемой исследования.

С теоретической точки зрения, ионисторы (суперконденсаторы) — это накопители энергии, которые преобразуют электрическую энергию в химическую. Они отличаются от обычных конденсаторов тем, что для пространственного разделения разноименных зарядов, создающих рабочее электрическое поле, используется не макроскопический диэлектрический слой между проводящими обкладками, а микроскопический поляризованный слой на границе поверхности раздела двух сред. [4] (схема ионистора в разрезе см. Приложение 1, рис. 1)

Целью работы стало экспериментальное получение и качественный анализ заряд/разрядных кривых и определение емкостных характеристик самодельных ионисторов. Цель мы достигали, решая следующие задачи: изготовление ионисторов; разработка методики получения заряд-разрядных кривых; качественное описание заряд-

разрядных кривых с теоретическим обоснованием характерных участков зависимостей; разработка методики определения емкости ионисторов.

С практической точки зрения, самодельный ионистор – аккумулятор, состоящий из электродов с большой площадью (порошка активированного угля), ионосодержащего электролита (смеси водного раствора сульфата алюминия с клеем ПВА) и ионопроницаемой мембраны (тонкой бумаги).

Заряд-разрядные кривые снимали спроектированным измерительным комплексом (схему устройства и его фото см. Приложение 1, рис. 3 и 4 соответственно), который способен параллельно измерять напряжение и ток в цепи с частотой 10 Гц, в диапазонах  $(-6.1 \div +6.1)$  В и  $(-2.5 \div +2.5)$  А, при этом шаги измерения равняются 0,2 мВ и 70 мкА, в режимах вольтметра и амперметра соответственно. При этом данные передавались на ПК в режиме реального времени, а их анализ был выполнен с помощью авторской программы, написанной на Python 3.

Экспериментальная установка представляет собой электрическую цепь, состоящую из ионистора, лабораторного источника постоянного тока, нагрузочного резистора, ключа и измерительного комплекса, подключенного как вольтметр и амперметр соответственно (схема и фото установки см. в Приложении 1, рис. 3 и 5 соответственно).

В результате двухлетней работы разработан метод получения заряд-разрядных кривых с помощью цифрового измерительного комплекса собственной сборки и прошивки, также по полученным кривым были рассчитаны зависимости дифференциальной емкости от времени (1) для самодельных электростатических ионисторов (см. Приложение 1, рис. 6 и 7 соответственно).

$$C_{\text{диф}}(t) = \frac{dq(t)}{du(t)} = \frac{I(t)dt}{U(t+dt) - U(t)}; \quad (1)$$

На полученных заряд-разрядных кривых выделены участки: заряда ионистора, сохранения постоянного напряжения, лавинообразного спада напряжения до некоторого значения. Установили, что данные ионисторы сохраняют стабильное напряжение на уровне примерно 1/3-1/4 от зарядного после отключения от источника питания в течение нескольких минут, а также имеют пиковую емкость около 1 Ф; имеется минимальный остаточный заряд на ионисторе в начале любого цикла зарядки кроме первого; существует прямая зависимость остаточного напряжения и скорости саморазряда от напряжения заряда. Все зависимости можно объяснить поведением потенциалобразующих и индифферентных ионов двойного электрического слоя.

Новизна результатов заключается в экспериментальном выявлении в процессе разряда нелинейного вида зависимости дифференциальной емкости ионистора от времени, состоящего из двух участков: роста до максимального значения и нелинейного спада. Во время разряда дифференциальная емкость на участке убывания прямо пропорциональна напряжению на ионисторе в данный момент времени. Было замечено, что коэффициент пропорциональности в свою очередь зависит от сопротивления нагрузочного резистора, при этом зависимость экспоненциальная и имеет вид (2) (график зависимости см. Приложение 1, рис. 8). Данные экспериментально полученные факты требуют теоретического обоснования, а также определения физического смысла параметров уравнения.

$$\alpha = A \exp\left(\frac{B}{R_{\text{нагр}} + C}\right); \quad (2)$$

Практическая значимость исследования заключается в описании методики создания рабочих самодельных ионисторов с пиковой емкостью 1.4 Ф, создании измерительного комплекса и разработке программы на Python 3 для приема, обработки и анализа данных.

### Литература

1. Панкрашин А. Ионисторы Panasonic: физика, принцип работы, параметры// Компоненты и технологии №9,2006.- [http://www.kit-e.ru/assets/files/pdf/2006\\_09\\_12.pdf](http://www.kit-e.ru/assets/files/pdf/2006_09_12.pdf)
2. Деньщиков К. Суперконденсатор: принцип построения, техника и применения — <https://pandia.ru/text/78/057/96067.php>
3. Гусейнов Р. М., Махмудов Х. М., Раджабов Р. А., Бахмудкадиев Н. Д., Бахмудкадиева З. Н., Зайнутдинова З. А. Случай замедленной диффузии и адсорбции-десорбции двух разных сортов частиц // Известия ДГПУ – 2016. – № 1.
4. Электрические накопители энергии. Лекция 4 –
5. <http://eef.misis.ru/sites/default/files/lectures/1-3-4.pdf>

### Приложение

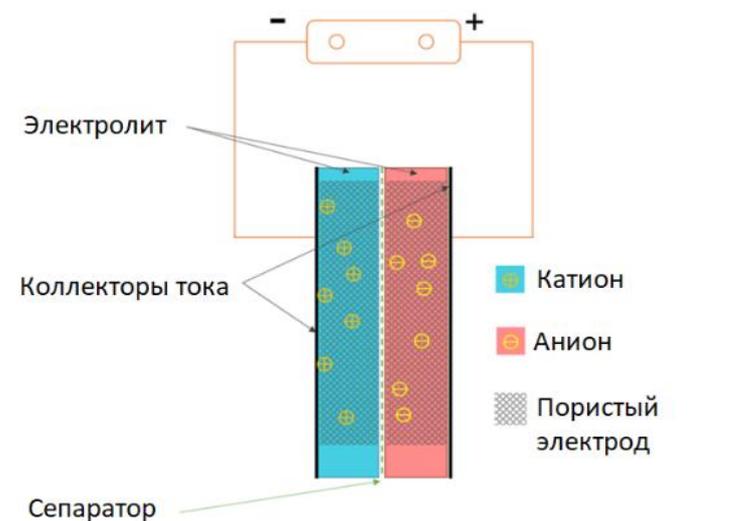


Рис. 1. Структура ионистора.



Рис. 2. Фото самодельного ионистора.

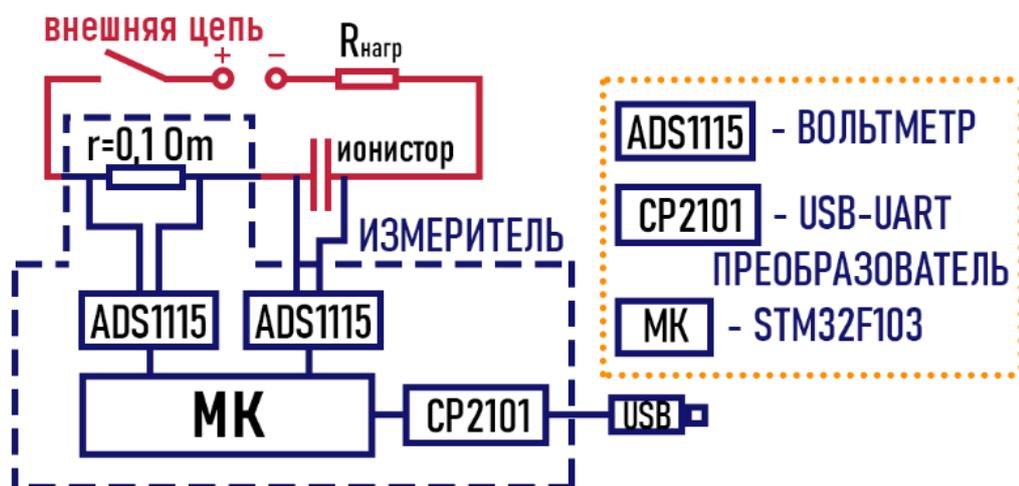


Рис. 3. Схема устройства измерительного комплекса.

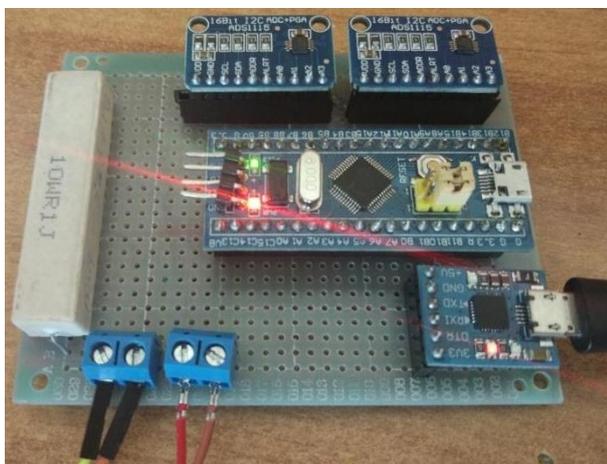


Рис. 4. Фото измерительного комплекса.

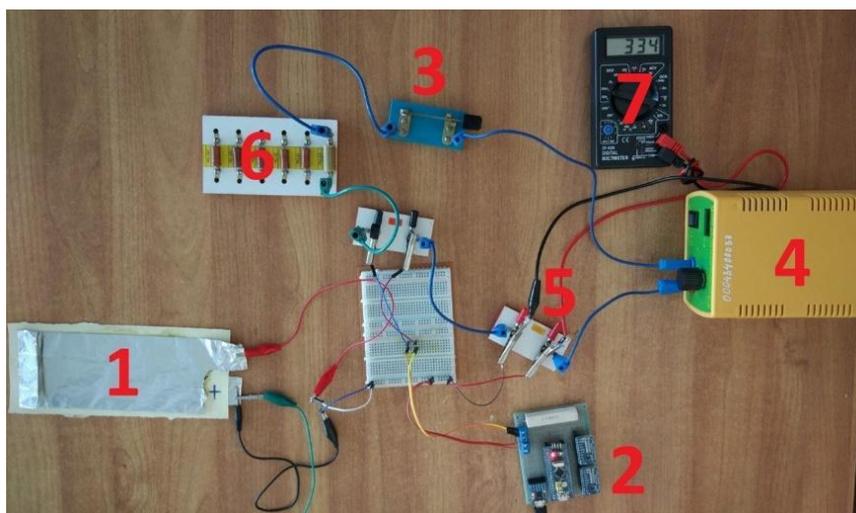


Рис. 5. Экспериментальная установка (1 – ионистор; 2 – измерительный комплекс; 3 – ключ; 4 – лабораторный блок питания; 5 – клеммы для параллельного подключения измерителя и ионистора; 6 – нагрузочный резистор; 7 – мультиметр для контроля показаний)

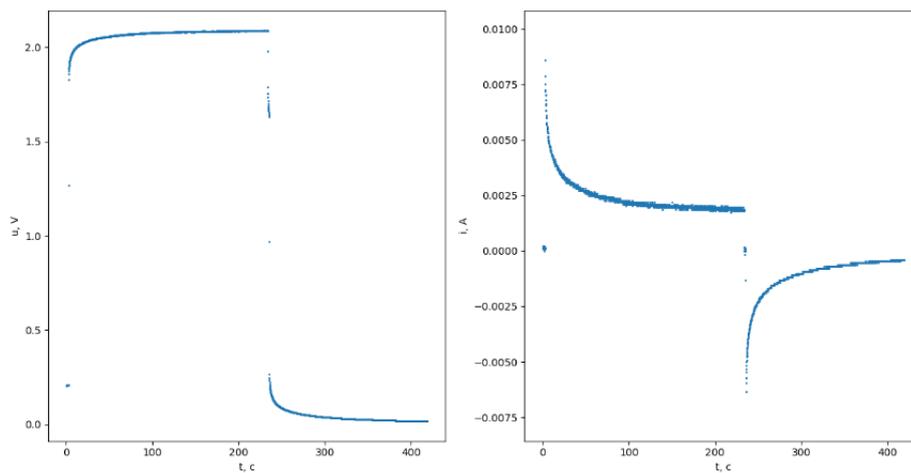


Рис. 6. Типичные заряд-разрядные кривые самодельного ионистора.

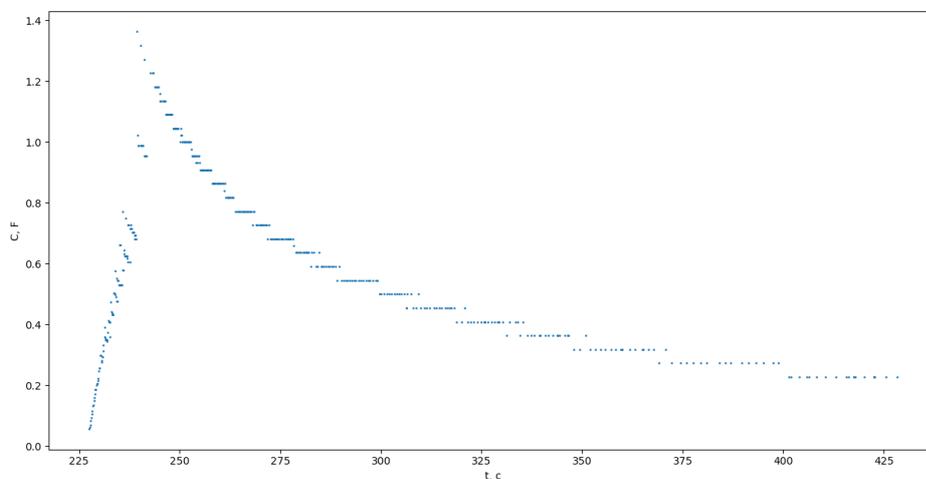


Рис. 7. Зависимость дифференциальной емкости от времени в процессе разряда.

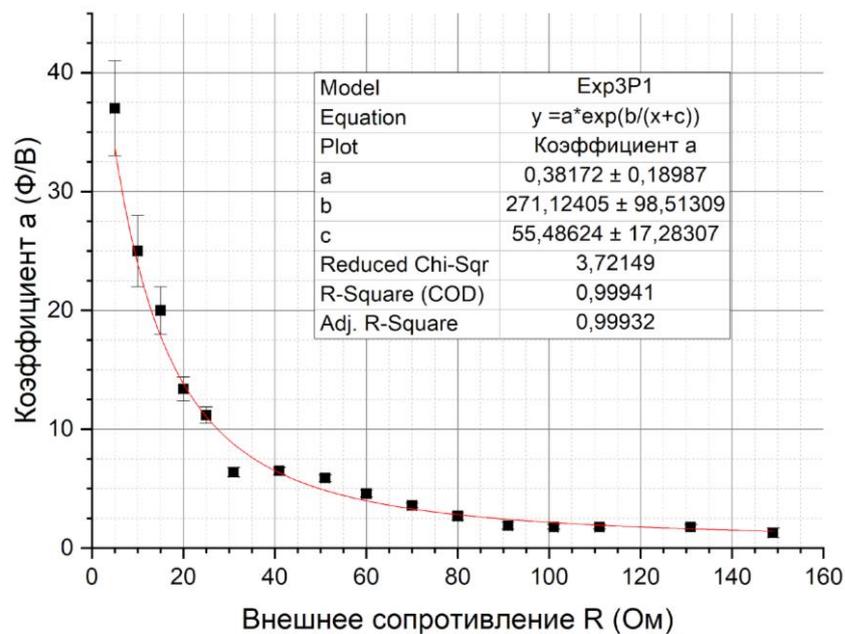


Рис. 8. Зависимость коэффициента  $\alpha$  от внешнего сопротивления.

# Изучение дефектов плёночного покрытия оптических элементов при помощи лазера

*А.М. Бондаренко*

НОУ НПЛ

*Науч.рук.:* И.Н. Веклюк, преподаватель физики НОУ НПЛ; д.ф.-м.н. В.Г. Шеманин, главный научный сотрудник НИИ КубГТУ; к.ф.-м.н. П.В. Чартий, доцент НИИ КубГТУ

Целями и задачами моего исследования является изучение дефектов плёночных покрытий при помощи внедрения инновационной технологии, на основе коротковолнового лазера, анализ и обработка полученных данных, предложение вариантов устранения дефектов.

Объектом и предметом моего исследования являются дефекты плёночных покрытий, происходящие из-за несовершенной технологии изготовления этих плёночных покрытий линз.

Гипотезой данной работы является следующее утверждение: технология создания плёночных покрытий линз не идеальна, вследствие чего плёночное покрытие линзы не однородное, что возможно наглядно заметить при помощи, приведённого в работе эксперимента с лазером.

Значимость и новизна данной работы проявляется в предложенной в проекте инновационной технологии изучения плёночного покрытия линз при помощи коротковолнового лазера, а также предложения по устранению дефектов данного покрытия.

В своей работе я предложил новый инновационный метод для обнаружения дефектов плёночных покрытий оптических элементов при помощи установки с коротковолновым лазером. Вся суть этого метода заключается в том, что луч, падающий на оптический элемент с плёночным покрытием под большим углом ( см. на Рис. I (Приложение 1) несколько раз отражается от плёночного покрытия, после чего попадает на экран, создавая интерференционную картину, состоящую из нескольких точек (см. на Рис. II (Приложение 1)), измерив расстояние между которыми в разных местах, можно сделать выводы о неоднородности плёнки.

В ходе практической части подтверждается предположение о том, что технология создания плёночных покрытий линз неидеальна, вследствие чего плёночное покрытие линзы неоднородное, но так же было предложено решение данной проблемы, которое, я уверен, в скором времени будет применяться в создании плёночных покрытий оптических элементов.

## Литература

1. А.С. Борейшо, С.В. Ивакин «Лазеры. Устройство и действие», М.: «Лань», 2016 г.
2. Т.А. Шмаонов, О. Звелто «Принципы лазеров» (4-е издание), М.: «Meta Books», 2018 г.
3. Г.М. Васильев, С.А. Жданок. «Лазеры в эксперименте и клинике», М.: «Беларуская Навука», 2016 г.
4. В. П. Тычинского «Применение лазеров», М: «Мир», 2014 г.
5. Кондиленко И.И., Коротков П.А., Хижняк А.И. «Физика лазеров», М. «Квант», 2018 г.
6. Мак А.А., Сомс Л.Н., Фромзель В.А., Яшин В.Е. «Лазеры на неодимовом стекле», М. «Дрофа», 2014 г.
7. Байбородин Ю.В., «Основы лазерной техники», М. «Просвещение», 2008 г.
8. Материалы журналов “Компьютерра”, “Квант”, “Science and Tehnology”, “ Успехи физических наук ”, “Physics Today ” 2019 г.
9. [http://www.ochki.net/articles/Tendentcii\\_mirovogo\\_rynka\\_ochkovykh\\_linz/](http://www.ochki.net/articles/Tendentcii_mirovogo_rynka_ochkovykh_linz/) © Ochki.net

10. Краузе А.С., Привалов В.Е., Фотиади А.Э., Шеманин В.Г. «Физическая оптика. Методы решения задач», СПб:Изд. Политехн. ун-та, 2013 г.
11. Краузе А.С., Привалов В.Е., Фотиади А.Э., Шеманин В.Г. «Прикладная физика. Методы решения задач», СПб:Изд. Политехн. ун-та, 2014 г.
12. Привалов В.Е., Фотиади А.Э., Шеманин В.Г. «Лазерная физика», СПб:Изд. Политехн. ун-та, 2013 г.

## Приложение

11

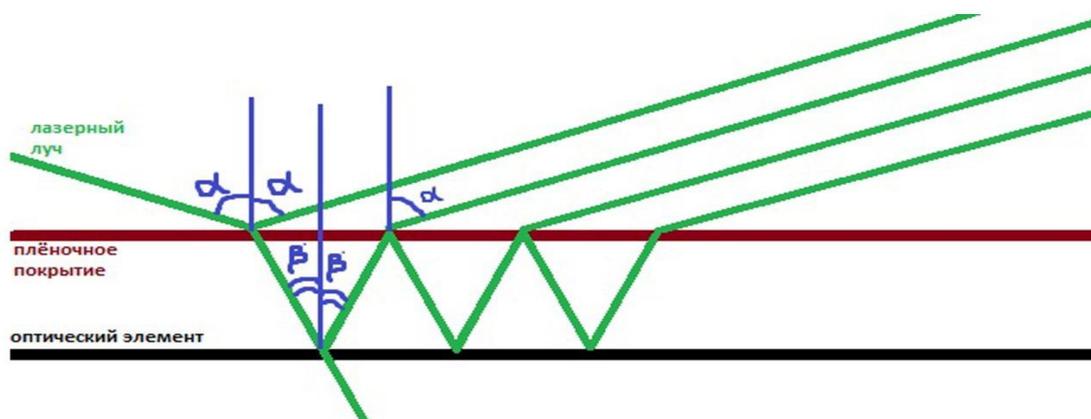
Рисунок I

Луч коротковолнового лазера,  
падающий на оптический элемент с плёночным покрытием



Рисунок II

Интерференционную картину,  
состоящую из нескольких точек



## Разработка конструкции ветряного электрогенератора для индивидуального хозяйства

*Волков Лев*

МБОУ "Инженерный лицей №83 им. М.С Пинского" г.Уфа

Науч.рук.: Д.Р. Лукманов, учитель физики МБОУ "Инженерный лицей №83 им. М.С Пинского" г.Уфа

Разработать модель ветряного электрогенератора с новым видом лопастей и бесколлекторным генератором электроэнергии. Провести исследования вырабатываемого напряжения на электрогенератора с помощью осциллографа и получившихся осциллограмм. Продемонстрировать возможности 3D-Печати и 3D-Моделирования. Провести сравнение получившихся данных этой модели с прошлой работой.

Актуальность. Постоянно увеличивающейся рост потребления электроэнергии и экологичных способов ее получения - основная идея развития электроэнергетики сегодня. Создание простого и работающего при низких скоростях ветра электрогенератора поможет улучшить общее состояние экологии и уровень альтернативных видов добычи энергии.

Практическая значимость. Разработка нового вида бесшумного ветряного электрогенератора с лопастями в форме конической спирали Фибоначчи для индивидуального применения поможет улучшить общее состояние экологии и уровень альтернативных видов добычи энергии. Создание работающего бесколлекторного электрогенератора из доступных материалов. Использование новых технологий 3D-печати и трехмерного моделирования для воплощения в жизнь сложных и точный криволинейных моделей.

Исследования. В ходе работы была получена модель спиральных лопастей, которая превосходила по эффективности классические лопасти промышленных электрогенераторов. Была придумана и создана конструкция бесколлекторного, низкооборотного электрогенератора, по данным работы которого сделана осциллограмма и график выработки электроэнергии от количества оборотов лопастей в секунду, сравнение с уменьшенной моделью промышленного ветряного электрогенератора.

Результаты. Получившейся ветряной электрогенератор оказался ожидаем лучше, чем уменьшенная модель промышленного электрогенератора. Несмотря на площадь меньшую в 8 раз выработка электроэнергии стала выше примерно в 3-4 раза без использования редуктора и повышающего DC-конвертора. В дальнейшем будет усложнен вид лопастей и генератора.

### Литература

1. Среды 3D-моделирования: Компас 3D и Inventor 2020;
2. Ветряные турбины для низких скоростей ветра:
3. [www.rlocman.ru/review/article.html?di=152095](http://www.rlocman.ru/review/article.html?di=152095)
4. Лаборатория независимых исследований [imlab.narod.ru/index.html](http://imlab.narod.ru/index.html);
5. Обучающие видео по физике [www.youtube.com/user/pvictor54/videos](http://www.youtube.com/user/pvictor54/videos)
6. Генератор переменного тока 1973 (ЦентрНаучФильм):
7. [www.youtube.com/watch?time\\_continue=6&v=COsy47f4YxY&feature=emb\\_lo\\_go](http://www.youtube.com/watch?time_continue=6&v=COsy47f4YxY&feature=emb_lo_go) ;
8. Электромагнитная индукция :
9. [www.youtube.com/watch?time\\_continue=7&v=yhxHTAKKTT0&feature=emb\\_logo](http://www.youtube.com/watch?time_continue=7&v=yhxHTAKKTT0&feature=emb_logo).

## Исследование экранирующего эффекта и спутного следа при обтекании тел воздушным потоком

*У.Н. Воробьёва*

ГУО «Гимназия № 5 г. Витебска»

*Науч.рук.:* Н.Г. Тищенко, учитель физики ГУО «Гимназия № 5 г. Витебска»

Существует опыт-фокус: если поставить бутылку перед горящей свечой и подуть на неё, свеча может потухнуть, как если бы бутылки не было. Значит экранирующий эффект при обтекании тел воздушным потоком наблюдается не всегда, в противном случае образуется спутный след (воздушное течение за обтекаемым телом). В разделе физика «Аэродинамика» точного математического описания подобных процессов пока не получено, поэтому именно получение экспериментальных данных является способом накопления знаний для дальнейшего применения на практике. Поэтому данное исследование является актуальным. Цели работы: объяснить явление и исследовать его: т.е. выявить существенные параметры системы и определить их влияние на результат опыта. Необходимо: удостовериться в том, что явление действительно происходит; предложить качественное описание явления и сформулировать гипотезу; изучить теоретический материал и объяснить явление; провести эксперименты для определения существенных параметров системы и определить их влияние на результат опыта; сформулировать выводы.

Методы исследования: анализ теоретического материала; моделирование условий; наблюдение и измерение; установление причинно-следственной связи; обобщение. Гипотеза исследования: для данного явления существенными параметрами являются: размеры, материал и форма бутылки, скорость продуваемого воздуха и ширина его потока, место расположения экранируемого тела и обтекаемого тела в потоке.

Перед изучением теоретического материала мы предварительным экспериментом удостоверились, что горящую свечу, возможно (но не всегда) погасить, если дуть на бутылку, поставленную перед свечой. Следовательно, описанное явление происходит при определенных условиях. Проведя теоретическое исследование, мы получили качественную модель, которая позволила нам выявить существенные параметры системы.

Исходя их результатов экспериментального исследования, были сформулированы выводы:

1. Образование спутного следа происходит благодаря возникновению пограничного слоя (эффекту Коанда) на препятствии. Экранирование зависит от соотношения размеров для пары «поток – бутылка»
2. Установлено хорошее совпадение рабочей гипотезы, теоретических предпосылок с результатами экспериментов с определенными уточнениями;

Для данного явления существенными параметрами являются:

Размеры и форма бутылки (макрогеометрия и микрогеометрия её поверхности). Ориентация в потоке при наличии нескольких осей симметрии (влияют на обтекаемость, положение точек отрыва, дальнейшую скорость и тип потока, параметры активной и тихой зон в спутном следе). Скорость продуваемого воздуха и ширина его потока (определяют наличие явления, положение точки отрыва, скорость и тип отрывного течения). Место расположения экранируемого тела (для экранирования необходимо попадание в активную зону). Место расположения бутылки в потоке (определяет наличие явления, положение точек отрыва, тип отрывного течения). Температура потока незначительно, но влияет на параметры активной зоны.

Материал обтекаемого тела не является существенным параметром.

В результате данной работы: дано качественное объяснение явления; проведено теоретическое исследование; создана установка для проведения экспериментов, которая в процессе работы модернизировалась; проведено большое количество экспериментов; выявлены и исследованы характерные параметры, влияющие на «экранирующие» свойства бутылки зоны в спутном следе; все пункты нашего плана реализованы, следовательно, цель работы нами достигнута.

Новизна – получено большое количество экспериментальных данных, которые можно использовать при рассмотрении аналогичных процессов. Наши предложения по применению данного явления: прямое экранирование потока; снижение скорости потока и получение спутного следа определенных параметров; можно использовать для «концентрации» расходящегося потока и дальнейшего применения; попадание в спутный след вызывает сильную болтанку вплоть до полной потери управляемости движущихся в нём тел, поэтому выявление характерных зон в спутном следе на моделях позволит снизить негативные последствия явления; это низкочастотный способ управления характеристиками горения факела в спутном потоке воздуха.

Направление наших дальнейших исследований – компьютерное моделирование процессов взаимодействия потока воздуха и препятствий.

### **Литература**

1. Аленицын А.Г., Бутиков Е.И., Кондратьев А.С. Краткий физико-математический справочник. – СПб: «Специальная литература», 1997.
2. Альтшуль А.Д., Киселев П.Г. Гидравлика и аэродинамика. - М., Стройиздат, 1975.
3. Я. Перельман "Занимательная физика". Книга 2. Глава 6. Свойства жидкостей и газов.
4. Экспериментальные исследования закономерностей обтекания цилиндра и крыла воздушным потоком на аэро стенде тмж-1м. Грязнова И.Ю., Мартьянов А.И. Электронное учебно-методическое пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2012. – 60 с.

### **Изучение свойств и применение тороидального соленоида**

*С.А. Глухов*

ГБОУ г. Москвы «Школа № 1501»

*Науч.рук.: М.Н. Бондаров Михаил Николаевич, учитель физики ГБОУ г. Москвы «Школа № 1501»*

Цель работы изучить свойства тороидального соленоида и на основе полученных данных решить проблему перегорания ламп накаливания и кратковременных скачков напряжения. Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи: изучить тему «Самоиндукция»; выдвинуть несколько гипотез, на основе теоретических знаний, о предметах исследования; определение оптимальной конструкции рабочей модели ТС; сделать рабочую модель ТС; подтвердить или опровергнуть выдвинутые гипотезы экспериментальным путём; провести опыты не только с лампами накаливания, но и со светодиодными лампами.

В настоящее время почти во всех зданиях используют электрические лампы в качестве источника света. Большинство из используемых электрических ламп – это лампы накаливания. Эти лампы часто перегорают при включении. Это связано со следующим явлением – при замыкании цепи входная сила тока в несколько раз превышает

номинальную. Затем лампа нагревается, что увеличивает её сопротивление, и сила тока падает до номинальной.

Чтобы избавиться от негативного эффекта сейчас используются плавкие предохранители или терморезисторы, которые не всегда справляются со своей задачей из-за изнашивания материалов в ходе работы лампы.

Автором был предложен способ решения проблем с помощью тороидального соленоида. Он способствует уменьшению затрат потребителя на покупку новых осветительных приборов. Также это решение обеспечивает безопасность бытовых приборов во время скачков напряжения, что сводит затраты потребителя на покупку новых приборов из-за поломки ввиду скачка напряжения к нулю, а также позволяет не тратить время на перезапуск всей системы и смену плавких предохранителей, после скачка.

Предложенное автором решение проблем нигде не описано, как используется на крупном производстве, а также не используется в быту повсеместно. При этом очень трудно найти информацию о свойства соленоида в виде тора.

Автор разобрался в теме «Самоиндукция», создал несколько моделей тороидального соленоида и изучил их свойства. До проведения экспериментов было выдвинуто несколько гипотез:

1. На основе того, что линии магнитной индукции (ЛМИ) в обычном соленоиде идут так, как показано на рис. 1(а) (направление ЛМИ не указано, т.к. оно зависит от направления тока), можно предположить, что ЛМИ в ТС будут идти в соответствие с рис. 1(б). При этом, как и в обычном соленоиде, в ТС магнитное поле будет сильнее внутри самого соленоида.
2. В самом центре ТС линии магнитной индукции от каждого витка компенсируют друг друга  $\Rightarrow$  если поместить туда компас, размерами которого пренебречь, то его стрелка никуда не отклонится. Если же размера компаса не пренебрегать, то стрелка будет постоянно поворачиваться.
3. Из-за самоиндукции при подключении ТС в цепь ток будет расти более плавно, чем в цепи без ТС (и для постоянного тока, и для переменного тока). При этом время за которое ток увеличится с нуля до своего максимального значения всё равно будет мало.

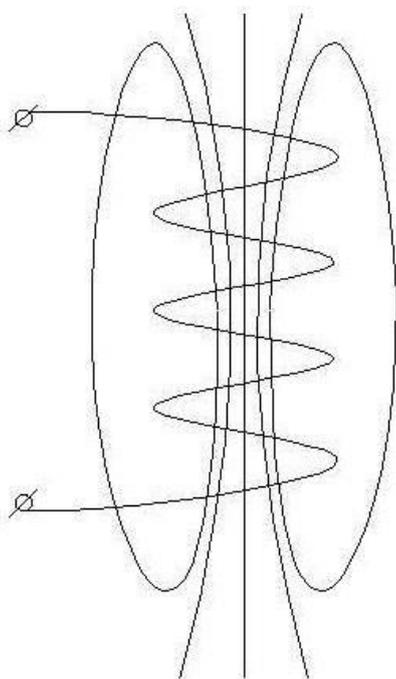
Эти гипотезы подтвердились экспериментально, также проведённые эксперименты показали минусы и плюсы предложенного решения проблем с помощью тороидального соленоида. Во время проведения экспериментов была использована самодельная модель тороидального соленоида (длина провода, намотанного на корпус, - 38 м, количество витков – около 400). Стоит заметить, что «Гипотеза №3» подтверждается при включении тороидального соленоида в цепь с лампой накаливания, но если сменить лампу на светодиод, то мы не увидим эффекта плавного роста света, излучаемого светодиодным источником, при этом ток будет расти плавно.

### Литература

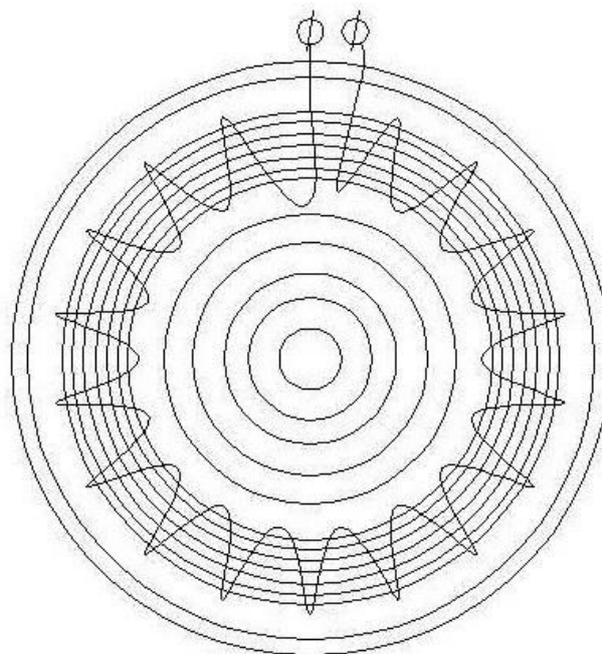
1. Г. С. Ландсберг. Элементарный учебник по физике Том 2. – М.: «Наука», 1969 г. – 527 с.
2. Н. М. Шахмаев, С. Е. Каменецкий. Демонстрационные опыты по электродинамике. – М.: «Просвещение», 1973 г. – 352 с.
3. Материалы Интернет-ресурса [https://ru.wikipedia.org/wiki/Лампа\\_накаливания](https://ru.wikipedia.org/wiki/Лампа_накаливания). (дата последнего обращения 31 января 2020 г.)
4. Материалы Интернет-ресурса <https://altenergiya.ru/novosti/dvigatel-stivena-marka-eshhe-odna-popytka-ili-realnost.html>. (дата последнего обращения 3 февраля 2020 г.)

5. Материалы Интернет-ресурса  
<https://moodle.kstu.ru/mod/book/view.php?id=31680&chapterid=7456>. (дата последнего обращения 3 февраля 2020 г.)
6. Материалы Интернет-ресурса
7. [https://electric-220.ru/news/ustrojstvo\\_i\\_princip\\_raboty\\_svetodiodnoj\\_lampy/2017-02-12-1178](https://electric-220.ru/news/ustrojstvo_i_princip_raboty_svetodiodnoj_lampy/2017-02-12-1178). (дата последнего обращения 5 февраля 2020 г.)

### Приложение



**Рис.1(а)**  
**(линии магнитной индукции в обычном соленоиде)**



**Рис.1(б)**  
**(линии магнитной индукции в тороидальном соленоиде)**

### Исследование магнитогидродинамического эффекта в электролитах

*Е.А. Городецкая*

МБОУ лицей «Технический» г.о. Самара

*Науч.рук.: Т.И. Першина, учитель физики МБОУ лицея «Технический» г.о. Самара*

Происходящее весьма быстрое истощение запасов ископаемого топлива, использование которого к тому же связано с существенным загрязнением окружающей среды заставляет ученых и инженеров уделять все большее внимание поискам безвредных источников энергии, например энергии в Мировом океане. Морская вода – природный электролит и содержит в себе несметное количество разных ионов, к примеру, положительных ионов натрия и отрицательных ионов хлора. Заманчивой становится перспектива – поставить какое-нибудь устройство в природный нескончаемый поток естественных морских течений и получать в результате недорогую электроэнергию из морской воды и передавать ее на берег. Одним из таких устройств может стать генератор, в котором используется магнитогидродинамический эффект.

Целью исследования является описание, демонстрация и возможности использования магнитогидродинамического эффекта.

Для реализации поставленной цели решались следующие задачи: провести исследование научной литературы; выявить физические законы, принципы, которые объясняют магнитогидродинамический эффект; изучить практическое применение МГД-генератора, МГД-двигателя; изготовить модели, демонстрирующие магнитогидродинамический эффект; выявить зависимость МГД-эффекта от различных факторов (площадь поверхности пластины, концентрации раствора электролита, вида электролита, температуры, наличия магнитного поля).

Магнитогидродинамический эффект - возникновение электрического поля и электрического тока при движении электропроводной жидкости или ионизированного газа в магнитном поле. Магнитогидродинамический эффект основан на явлении электромагнитной индукции, т.е. на возникновении тока в проводнике, пересекающем силовые линии магнитного поля. В данном случае, проводниками являются электролиты. При движении поперек магнитного поля в них возникают противоположно направленные потоки носителей зарядов противоположных знаков. На основе магнитогидродинамического эффекта созданы устройства - магнитогидродинамические генераторы (МГД генераторы), которые относятся к устройствам прямого преобразования тепловой энергии в электрическую, а также магнитогидродинамические двигатели.

Чтобы доказать существование МГД-эффекта в электролитах проведём следующий опыт: возьмём стаканчик и нальём туда воду. Добавим поваренную соль (NaCl) и немного перца, чтобы было видно потоки жидкости. Далее опустим туда концы медных проводов, а другие концы присоединим к батарейке. Теперь поставим стакан на магнит и увидим движение потоков, направление которых меняется при изменении полюсов магнита или направления тока. Это происходит потому, что раствор соли является электролитом. Электролит будет двигаться в магнитном поле, под действием силы Лоренца. Именно в этом и заключается МГД-эффект (Приложение 1).

В ходе работы был исследован МГД-эффект в зависимости от таких факторов (Приложение 2), как температура (Приложение 3), вид электролита (Приложение 4), материал пластин (Приложение 5), наличие магнитного поля (Приложение 6), концентрация раствора соли (Приложение 7). Была сделана модель, демонстрирующая работу МГД-генератора (Приложение 8), а также вторая модель, демонстрирующая работу МГД-двигателя (Приложение 9). Данная модель лодки, которая была собрана в ходе работы, не имеет движителя, она работает за счёт МГД-эффекта, поэтому не создает шум и вибрацию на судне, т.к. в ней нет ни одной подвижной детали (шум и вибрация вредны для здоровья человека и способствуют обнаружению лодки).

Мы впервые провели исследования по поиску факторов, от которых зависит МГД-эффект, а также собрали две модели, которые могут успешно использоваться в промышленности и решать некоторые проблемы. В этом новизна исследования.

В настоящей работе был исследован МГД-эффект, что поможет в дальнейшем использовать его в качестве экологичного альтернативного возобновляемого источника энергии. МГД-генераторы могут успешно помогать с решением проблем, связанных с истощением энергетических запасов Земли, не нанося при этом никакого ущерба и не требуя больших затрат на введение в эксплуатацию. В этом значимость исследования

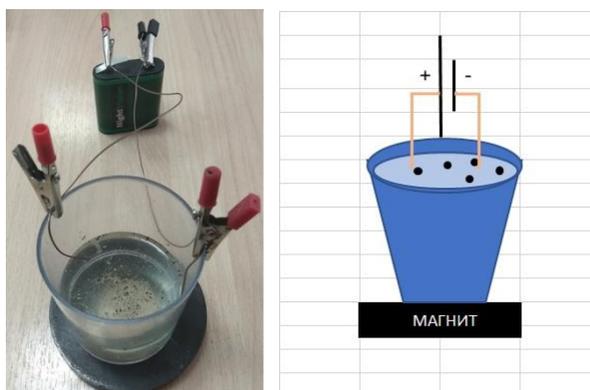
Основные цели поставленной задачи выполнены. Был исследован МГД-эффект в зависимости от разных факторов. Мы доказали, что МГД-электричество, являясь возобновляемым источником энергии, несмотря на все недостатки, придет на службу человеку и люди научатся использовать в полной мере энергию океана. Очевидно, что это

необходимо современному человечеству, т.к. запасы ископаемого топлива по расчетам ученых заканчиваются буквально на глазах у ныне живущих обитателей планеты Земля.

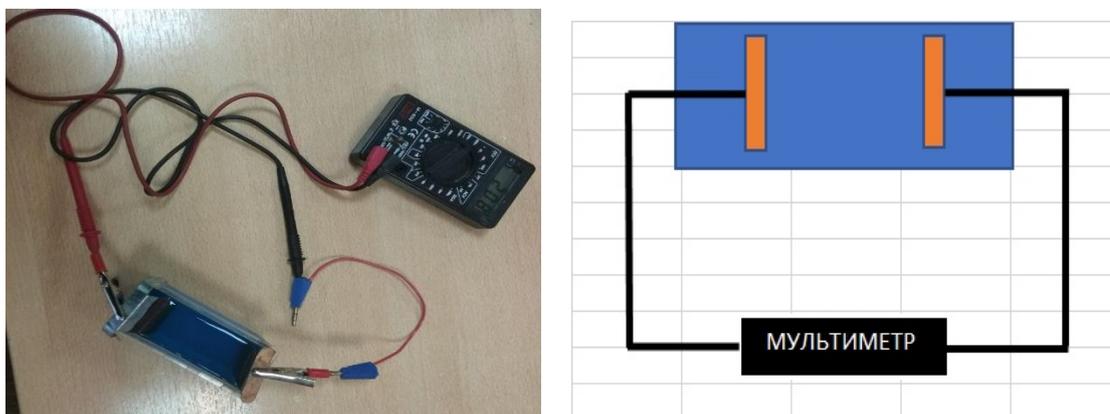
### Литература

1. Ашкинази Л. МГД–генератор //Квант, 1980, № 11, С. 2–8
2. Володин В., Хазановская П. Энергия, век двадцать первый.– М.: Детская литература, 1989.– 142 с.
3. Касьян А. Напряжение плазменного смерча или просто – о МГД–генераторе //Двигатель, 2005, № 6
4. Магомедов А.М. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии. – Махачкала: Издательско–полиграфическое объединение “Юпитер”, 1996

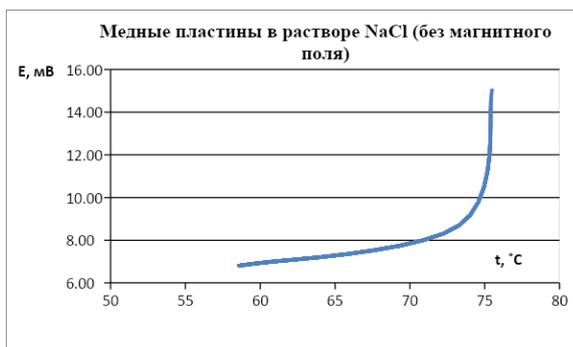
### Приложения



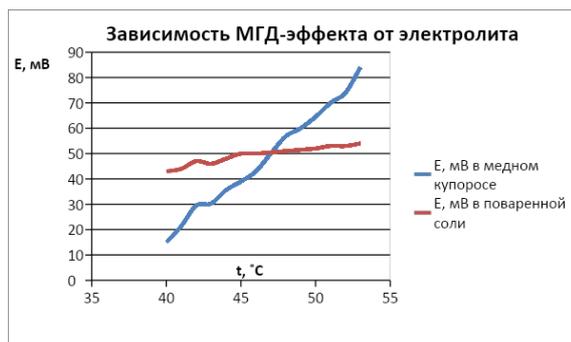
Приложение 1. а) Опыт по выявлению МГД-эффекта. б) Схема опыта по выявлению МГД-эффекта.



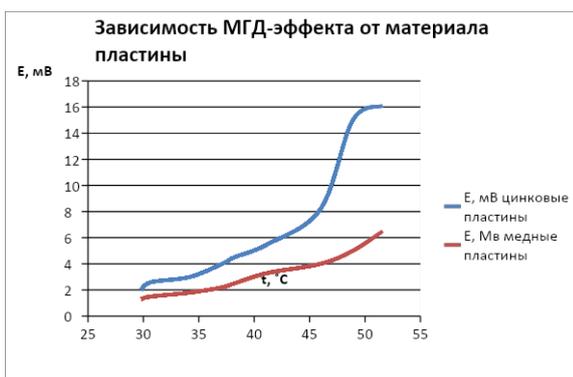
Приложение 2. а) Опыт по выявлению зависимостей МГД-эффекта от различных факторов. б) Схема опыта по выявлению зависимостей МГД-эффекта от различных факторов.



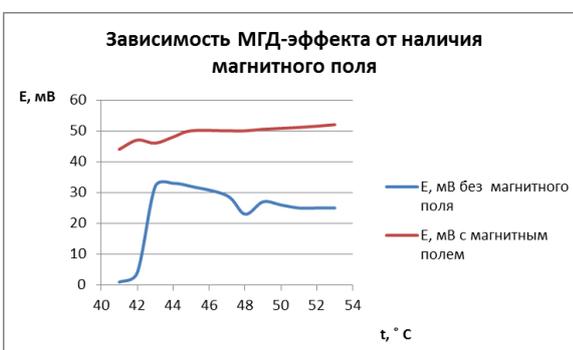
Приложение 3. График зависимости МГД-эффекта от температуры.



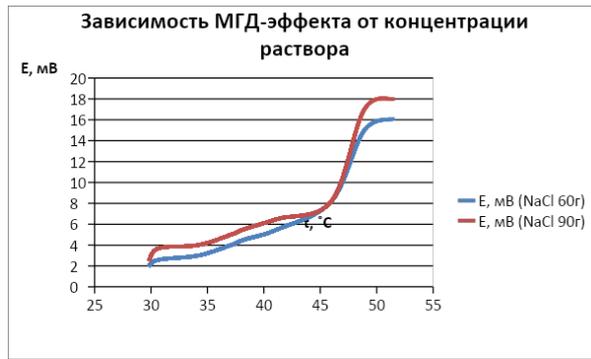
Приложение 4. График зависимости МГД-эффекта от электролита.



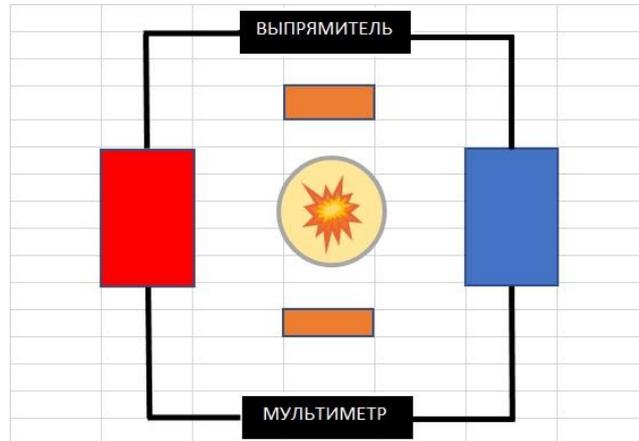
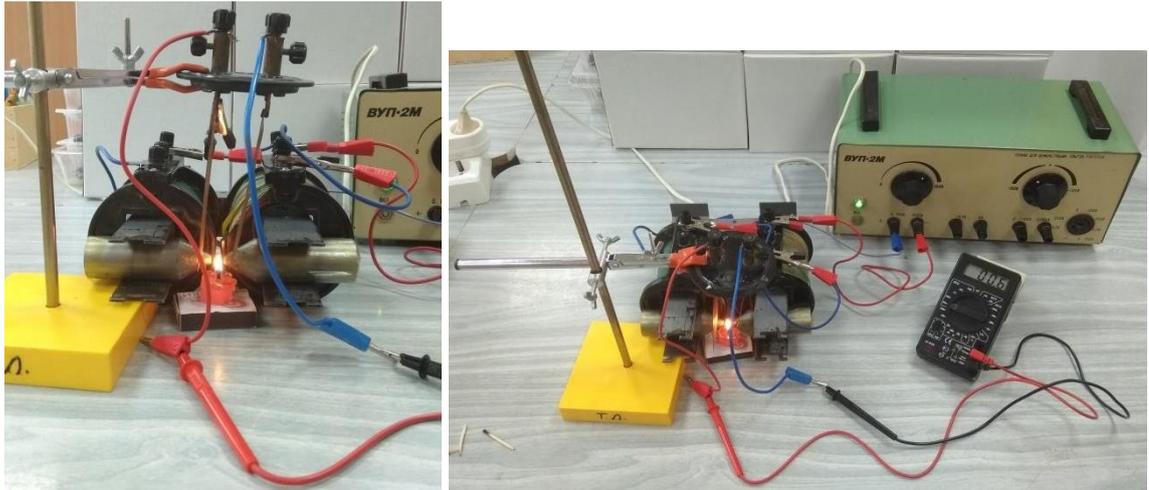
Приложение 5. График зависимости МГД-эффекта от материала пластин.



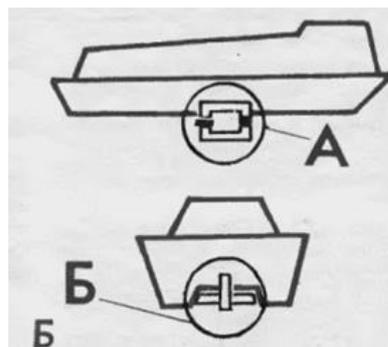
Приложение 6. График зависимости МГД-эффекта от наличия магнитного поля.

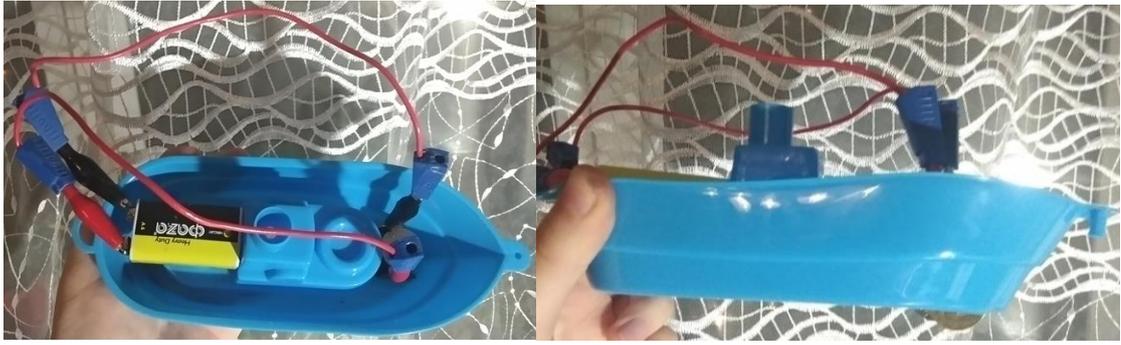


Приложение 7. График зависимости МГД-эффекта от от концентрации раствора соли.



Приложение 8. МГД-генератор и его схема.





Приложение 9. Модель и схема лодки, работающей за счет МГД-эффекта.

## Создание многофункционального автоматизированного устройства для рекуперации воздуха

*Е.О. Гринюк, Т.И. Стамбровский*

Государственное учреждение образования «Средняя школа №11 г. Слуцка»

Науч.рук.: Д.В. Чернов, учитель физики, Государственное учреждение образования «Средняя школа №11 г. Слуцка»

Благодаря очень высокому распространению пластиковых окон, в настоящее время встала проблема свежего воздуха в помещениях и в том числе и учебных кабинетах. Это отделяет нас от многих жизненно необходимых условий. В первую очередь, мы не можем нормально дышать, что затрудняет процесс обучения. Усугубляется это еще и тем, что могут присутствовать внутри помещения сторонние неприятные запахи. Для решения проблемы притока свежего и теплого воздуха в помещения поставлена следующая цель: изучить процесс рекуперации воздуха и собрать многофункциональное автоматическое устройство, способное обеспечить помещение притоком свежего и теплого воздуха из вторсырья. Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд задач: изучить способы вентиляции помещений с сохранением тепла; создать автоматизированное устройство для проветривания помещений; исследовать параметры, влияющие на конечный результат; оценить эффективность установки.

Поскольку в наши планы входило собрать рекуператор, с минимальными затратами, было принято решение использовать вторсырьё. Общая стоимость компонентов, которые мы использовали для сборки и автоматизации, не превысила 15\$. Для сравнения, рыночная стоимость аналогов превышает 450\$. Из результатов исследования процесса рекуперации воздуха в собранном устройстве были выявлены следующие зависимости:

1. Чем меньше зазор между пластинами, тем больше теплообмен между воздушными потоками. Соответственно, увеличивается КПД установки.
2. Чем меньше скорость воздушных потоков, тем больше теплообмен между воздушными потоками. Соответственно, увеличивается КПД установки.
3. КПД установки также зависит от длины хода воздушных потоков.

В качестве дополнения к автоматизации было написано мобильное приложение, которое способно контролировать не только работу самого рекуператора, но и следить за показателями воздуха в помещении. Мобильное приложение позволяет установке работать в двух режимах: ручной и автоматический. В первом случае мы самостоятельно включаем и выключаем кулеры, независимо от показаний температуры в комнате. В режиме авто рекуператор переходит на самостоятельную работу. При достижении определённого

температурного порога, который мы установили согласно СанПиН Республики Беларусь для учреждений образований, он включается или же наоборот – выключается.

Как итог, мы получили готовую установку для изучения процесса рекуперации воздуха. Поскольку рекуператор связан с мобильным приложением, им достаточно легко пользоваться, и есть возможность следить за показаниями температуры и влажности в помещении в реальном времени, а так же изменять скорости потоков воздуха.. Хотелось бы отметить тот факт, что в конечном результате, мы смогли добиться высокого КПД установки, которое составило 75%. Ещё одним преимуществом является его энергопотребление: при включенных кулерах установка потребляет всего 6,88 Вт·ч, а при выключенных примерно в три раза меньше. Уровень шума, который исходит от рекуператора, не превышает 28 дБ. Не менее важным фактором является то, что наша установка абсолютно безвредна для человека и окружающей среды.

### Литература

1. Демонстрационный эксперимент по физике в старших классах средней школы. Пособие для учителей. / В. А. Буров [и др.] – Минск: Просвещение, 1972.
2. Физика: учеб. Пособие для 11-го кл. / В. В. Жилко, Л. Г. Маркович – Минск: Народная асвета, 2014.
3. Физика: учеб. Пособие для 10-го кл. / Е. В. Громько [и др.] – Минск: Адукация и выхаванне, 2013.
4. Физика: Учеб. для 11 кл. / Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев – Минск: Просвещение, 1997.

### **Воздействие лазером постоянного излучения с длиной волны 532нм на старинную бумагу**

*Ю.В. Джума*

ГБОУ школа имени Маршала В. И. Чуйкова, г. Москва

*Науч.рук.: к.ф.-м.н. Н.Н. Брандт, доцент кафедры общей физики и волновых процессов МГУ*

В ходе исследования необходимо понять механизм очистки бумаги, происходящий при воздействии лазера постоянного излучения с длиной волны 532нм. А также оценить применимость данного метода отбеливания бумаги в реставрации. Мой проект представляет полноценное исследования реставрации бумаги лазером постоянного излучения.

Механизм процессов, происходящих при воздействии лазера постоянного излучения на старую бумагу, до сих пор является загадкой, кроме этого, очистка старой бумаги лазером постоянного излучения может оказаться более экономически выгодной, чем импульсным лазером или химическим способом.

Сейчас существуют методы отбеливания бумаги, например химический метод и импульсный лазер. Отбеливание бумаги окислителями является наиболее радикальным средством очистки ее от загрязнений различного происхождения. Однако при этом окисляются волокна целлюлозы, в результате чего прочность и долговечность бумаги существенно уменьшается тем сильнее, чем выше достигается белизна при отбелке. Не подлежат отбелке окрашенные и мелованные бумаги с цветными иллюстрациями, так как многие красители и пигменты от действия окислителей обесцвечиваются или резко изменяют свой цвет. (1) Импульсный лазер: отбеливание бумаги импульсным лазером

происходит благодаря эффекту абляции. Плюсом данного метода является скорость, с которой происходит отбеливание. Минусами данного метода является, во-первых, то, что при абляции кроме верхнего слоя также может удаляться текст напечатанный типографическими чернилами; во-вторых, его высокая энергозатратность, но этот минус малозначителен, так как затраты незначительны в том плане, что они меркнут по сравнению со стоимостью реставрируемого объекта.

Установка: Моя установка состоит из 532нм лазера постоянного излучения, подвижного зеркала (оно нужно для перемещения лазерного пучка по бумаге чтобы она не сгорала) и держателя для бумаги с подложкой для улавливания частиц вынесенных лазером. Сама установка водила лазерный пучок по поверхности бумаги тем самым отбеливая её.

Использованный софт:

1. ImageJ – использовалась для анализа размера и количества вынесенных лазером частиц бумаги.
2. NewCompare – эта программа аппроксимирует графики ИК-спектроскопии, что бы при анализе учитывались именно реальные измерения бумаги.
3. Origin – построение графиков и анализ данных.

В моем проекте я использовал следующие измерительные приборы:

1. ИК-спектрометр. Я использовал его, чтобы определять, как менялся химический состав верхнего слоя бумаги; полученные данные я обрабатывал в NewCompare, а затем оценивал изменения состава.
2. Рамановский спектрометр использовался для определения состава частиц, вынесенных с поверхности бумаги.
3. Установка для измерения цвета образца по шкале Lab. Она использовалась для измерения результата отбеливания.

Полученные результаты:

1. В результате работы установки было зафиксировано, что бумага белеет на 2,3% при воздействии лазером в течении 16 минут со скоростью 9 мм/с, интенсивностью 21,64 Вт/см<sup>2</sup> и мощностью 0,68 Вт.
2. Также был зафиксирован вынос лазером частиц бумаги на подложку. Частицы имеют размер – площадь - 10-810 μm<sup>2</sup>. Маленький частицы преимущественно круглые, а более крупные частицы имеют продолговатую форму.
3. ИК-спектроскопия зафиксировала изменения состава верхнего слоя бумаги. В итоге было установлено что при воздействии лазера бумага теряет воду а углерод понижает свою степень окисления с +3 до +1, что свидетельствует о переходе из COOH в CHO, что само свидетельствует о том что произошел переход к нижнему слою бумаги менее окисленному и менее “желтому”.
4. Было зафиксировано отсутствие воздействия лазера на типографские чернила.
5. Полученный результат отбеливания практически соответствует эталонному (2,9%) для импульсного лазера.

Сама работа является уникальной, так как эта тема никогда ранее так подробно не разбиралась.

## Литература

1. Очистка бумаги отбеливанием: <http://maxbooks.ru/restor/restor49.htm>

## Характеристики вращения эвольвентного конического маятника

*Д.Д. Кириченко*

Образовательный центр «ПОИСК» города Ставрополя

*Науч.рук.: к.ф.-м.н. С.А. Козлов, педагог, Центр «ПОИСК»*

Механические колебания – это такой вид движения, когда координаты тела, его скорость и ускорение многократно повторяются, изменяясь относительно некоторого равновесного значения. Маятник — это система, способная совершать свободные колебания под действием силы, пропорциональной смещению и направленной к положению равновесия.

Известны законы колебаний математического (груз на нити в поле тяжести Земли), физического (твёрдое тело на горизонтальной оси вращения в поле силы тяжести Земли) и пружинного (груз, приводимый в движение упругой пружиной).

Наиболее близок к объекту нашего исследования нитяной конический маятник (фигура 1), грузу которого изначально задана круговая горизонтальная, плоская, замкнутая траектория. Его нить описывает коническую поверхность, а уравнение динамики имеет вид:

$$0 = mg + T + m\omega^2 R \quad (1)$$

В отличие от конического у исследуемого нами маятника нить предварительно наматывается виток к витку на верхнюю часть цилиндрической стойки. Под действием силы тяжести груз, опускаясь вниз, разматывает нить и сам приходит во вращательное движение вокруг стойки. Длина освобождающейся нити непрерывно увеличивается и в результате груз движется по винтовой конической расширяющейся траектории.

Линия, которую описывает конец натянутой нити, сматывающейся с цилиндра в плоскости, перпендикулярной его оси, в геометрии называется эвольвентой (фигура 2). В нашем случае падающий груз «деформирует» эвольвенту, создаётся трёхмерная траектория. Периодичность движения груза позволяет назвать всю систему эвольвентным маятником.

В доступной нам литературе мы не нашли упоминания о подобном устройстве, между тем его траектория – винтовая коническая сходящаяся линия – характерна для движения заряженных частиц в неоднородном магнитном поле. Примерами могут служить движение космических частиц в магнитосфере Земли, заряженных частиц в ускорителях, в БАК и ТОКОМАКе.

Цель нашей работы – исследовать кинематические характеристики маятника, а именно: периоды и радиусы вращения на каждом обороте, шаги винтовой линии, средние линейные скорости на каждом из витков и среднюю скорость опускания грузов между витками.

Экспериментальные наблюдения. Движения маятника снимались на камеру мобильного телефона (фигура 3). Грузом послужил светодиод с батарейками. Снимки сделаны в ночное время в экспозиции «от руки». С них были получены геометрические характеристики маятников. Для снятия временных характеристик были сделаны также полные записи вращения и измерения в режиме видеоредактора. Проведены исследования для стоек высотой до 1,5 м, диаметром от 10 до 50 мм и грузов от 3 до 150 г. Исследования ограничивались только первой частью движения – раскручиванием, последующие накручивания нити на стойку и раскручивания не изучались.

В ходе первого раскручивания маятника в указанных экспериментальных условиях:

1. период вращения: растёт равномерно с номером витка; не зависит от массы груза; увеличивается с ростом диаметра стойки;

2. угловая скорость убывает пропорционально квадрату номера витка;
3. угол между нитью и стойкой убывает прямо пропорционально номеру витка;
4. шаг винтовой линии остаётся неизменным в процессе раскручивания;
5. радиус витка сначала пропорционален квадрату номера, постепенно перестаёт расти и при большом числе оборотов (на стойке с малым диаметром) убывает.

### Приложение

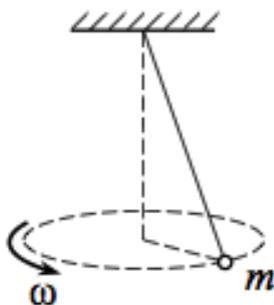


Рис. 1. Конический маятник

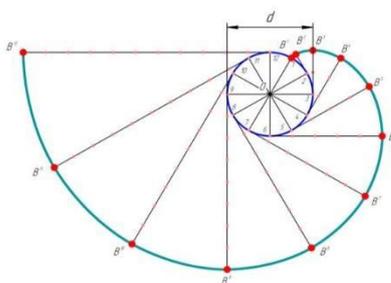


Рис. 2. Эвольвента



Рис. 3. Траектория движения конического эвольвентного маятника

## Оптимальные условия восстановления магнитных свойств постоянных магнитов и способы длительного хранения

*Коваль Владислав*

МБОУ «Гимназия №1» г. Ноябрьск

*Науч.рук.:* В.В. Касьяненко, учитель физики, МБОУ «Гимназия №1» г. Ноябрьск

В результате данной работы ставится цель выяснить оптимальные условия восстановления магнитных свойств постоянных магнитов и способ их длительного хранения. Необходимо: изучить источники информации о магнитных полях, свойствах магнитов и электромагнитов; исследовать намагниченность постоянных магнитов, находящихся в лаборатории школьного кабинета физики; провести эксперименты по намагничиванию постоянных магнитов; сделать выводы по эксперименту; намагнитить старые магниты, потерявшие свои магнитные свойства; провести эксперимент по хранению магнитов при их различном расположении.

Магниты размагничиваются каждый год, потому что магнитное поле Земли действует непрерывно, так же изменение температуры в помещении, непрерывная эксплуатация и их действие становится слабее, через 10 лет их магнитные свойства почти исчезают.

Для достижения цели проводили практический эксперимент, используя датчики магнитного поля из набора «цифровая лаборатория «Научные Развлечения» и оборудование: катушка индуктивности дроссельной 2500 витков; выпрямитель постоянного тока (ИПР ТУ16-161. 013-85); стрелка компаса лабораторного; постоянные полосовые магниты.

Соединив катушку индуктивности с выпрямителем постоянного тока используя компас определим направление магнитного поля в катушке, тогда по полю расположим полосовой магнит (приложение рисунок 1).

В работе исследовали следующие параметры:

1. Возможное время восстановления магнитной индукции магнита (приложение рисунок 2);
2. Оптимальное время восстановления индукции постоянных магнитов в зависимости от силы тока подаваемой на катушку индуктивности (приложение таблица 1);
3. Восстановления магнитных свойств в катушке двух магнитов одновременно и по одному магниту (приложение таблица 2);
4. Проведено долгосрочное исследование, в котором проверили методы расположения магнитов для их длительного хранения с максимальным сохранением индукции постоянных магнитов (приложение таблица 3);
5. Зависимость магнитных свойств от температуры окружающей среды (Таблица 4).

Все параметры магнитной индукции записаны на графиках с помощью программного обеспечения датчиков.

Значимость исследовательской работы: в школьных кабинетах физики в числе лабораторного и демонстрационного оборудования есть постоянные магниты. С каждым годом всё больше магнитов приходят в непригодность.

Они размагничиваются по различным причинам: внешнее магнитное поле Земли, температура в помещении, механическое воздействие на магниты, неправильное хранение, через 10 лет у ферритовых магнитов свойства почти исчезают. На покупку новых постоянных магнитов школа не всегда выделяет денежные средства, поэтому нам нужно научиться восстанавливать магнитные свойства для их дальнейшей эксплуатации.

Новизна заключается в том, что, используя результаты исследований можно гарантированно в любой школьной лаборатории восстановить максимально магнитную индукцию постоянных магнитов, при этом, не проводя дополнительных замеров. Для длительного хранения магнитов без потери ими магнитных свойств, помнить о способе расположения магнитов на полках школьной лаборатории.

Итоги исследования:

1. Следует использовать катушку индуктивности с максимальным числом витков-2500, при данных параметрах на катушку индуктивности следует подать ток силой 0,7 А. С помощью стрелки компаса определить направление магнитного поля в катушке. Магниты расположить по магнитному полю катушки. Намагничивать постоянные магниты по штучно в течение 30 мин.
2. Хранить магниты следует разместив их парами противоположными полюсами параллельно друг друга и соединив полюса магнитов железной пластиной.
3. Рекомендовано хранить магниты в прохладном месте.

### Литература

1. Генденштейн Л.Э., Дик Ю.И. физика. 11кл.:учебник базового уровня для общеобразоват. учебн. Заведений. - 3-е изд. - м.: ИЛЕКСА 2008. - 320с.: ил. ISBN 978-5-89237-167-4;
2. Мякишев Г.Я. Физика. Электродинамика. 10-11кл. Профильный уровень: учеб. Для общеобразоват. учреждений/ Г.Я. Мякишев, А.З. Сияков, Б.А. Слободсков. - 13-е изд. Стериотип. - М. : Дрофа, 2013. - 476, с. : ил. ISBN 978-5-358-12169-0;
3. Перышкин А.В. Физика. 8 кл.: учебник / А.В. Перышкин. – 3-е изд., доп. - М.: Дрофа, 2015. -238 с. ISBN 978-5-358-15355-4;
4. Перышкин А.В. Физика. 9 кл.: учебник / А.В. Перышкин. – 3-е изд., доп. - М.: Дрофа, 2014. -224 с. ISBN 978-5-358-14436-1.
5. Сайт «Как просто». «Как восстановить магниты» <https://www.kakprosto.ru/kak-104739-kak-vostranovit-magnity> (13.04.2019)
6. Ткаченко И.Н. «Восстановление размагниченных дугообразных магнитов» сайт «Старт в науке» <https://school-science.ru/3/11/32089> (13.04.2019)

### Исследования электромеханики и электрохимии живых растений

*А.А. Коломиец*

Средняя школа №45 село Ямкино, Ногинский р-н, Московская обл.

*Науч.рук.:* к.ф.-м.н. Н.В. Классен, доцент института физики твердого тела (ИФТТ РАН)

Задача данного исследования – изучить электрические процессы, происходящие в деревьях, листьях, траве, а также научиться использовать эти явления. Кроме того, в данный момент электрические процессы в растениях - довольно мало изученная область. Поэтому я взялся за эту работу с большим интересом.

В прошлом году я исследовал способы получения электроэнергии от растений. В основном я проводил экспериментальные исследования, используя для этого мультиметр и пищевую алюминиевую фольгу. Деформацию проводил вручную, сгибая, растягивая или скручивая ветки, листья или травинки руками в электроизолирующих резиновых перчатках. В итоге с разных растений и в разных условиях опыта (эти процессы исследовались на травинках, живых ветках, высушенных ветках) мы получали значения разности

электрических потенциалов от 5 милливольт до 1 вольта. Такое поведение растений обусловлено двумя факторами: первое – в строении древесины дерева находится целлюлоза, которая является пьезоэлектриком, создающим при деформировании электрическое поле. Второе – во время деформации по капиллярам в место наибольшего воздействия перемещается водный раствор с заряженными частицами, заряд с этих частиц мы и снимаем. Также было замечено, что при каждом следующем цикле деформации вызванная ею разность потенциалов растет. Это объясняется тем, что растение противодействует повреждениям, вызываемым деформацией, вводя в водный раствор свободные электрические заряды, связанные до этого в капиллярных стенках. Перемещение этих зарядов при деформации создает дополнительное электрическое поле, которое за счет пьезоэлектрических свойств целлюлозных волокон увеличивает механическую прочность растения.

Также уже не по нашей модели мы обнаружили, что при прожигании лазером листка наблюдается электрическая генерация порядка сотни милливольт. При освещении листьев и других зеленых компонентов растений в них разделяются электрические заряды, наряду с фотосинтезом генерируя осциллирующий электрический потенциал. Интенсивное освещение листьев лазерным светом приводит к расщеплению микрочастиц тилакоидов и за счет этого образованию электрически ориентированных стопок, которые при освещении будут генерировать электродвижущую силу. Таким образом, в полевых условиях можно делать дешевые и эффективные солнечные батареи.

Однако, несмотря на результаты, показатели внутреннего сопротивления веток и листьев живых растений слишком большие для того, чтобы вырабатывать достаточную мощность. В покоящемся растении это значение может превышать 40 мегаом. Таким образом, даже при значении разности потенциалов в 1 вольт вырабатываемая мощность не будет превышать одного милливольт.

В этом же году мы занялись изучением электромеханических процессов в растениях, а также изучением процессов, происходящих внутри них. В ходе экспериментов по замеру сопротивления мы обнаружили, что сопротивление веток и листьев живых растений значительно меньше, если проводить эксперименты другим образом: в этот раз мы брали иглы, втыкали в кору дерева и подключали к ним крокодильи мультиметра в режиме измерения сопротивления. Таким образом, сопротивление, полученное при измерении таким способом, было в десятки, а то и в сотни раз меньше: с 40 мегаом сопротивление снизилось до 60 килоом.

Из этого эксперимента можно предположить, что основное электрическое сопротивление растений находится во внешней оболочке, будь то крайний слой коры или же покрытие листа.

Однако, наиболее интересным является тот факт, что при перемене местами электродов сопротивление в одном направлении было маленьким ( $\sim 200$  кОм), а в другом направлении очень большим ( $> 40$  МОм), таким образом, с помощью этого явления можно будет создавать биоэлектрические компоненты для биокомпьютеров, такие как диоды, резисторы или мемристоры.

Результаты нашей работы показывают, что, с одной стороны, в теории с помощью растений возможно вырабатывать альтернативную электроэнергию в автономных условиях, там, где невозможно получить ее от основной сети, например где-нибудь в тайге. А с другой стороны – что дальнейшие исследования электромеханики и биохимии живых растений позволит в будущем создавать компактные биокомпьютеры на основе живых растений, что позволит нам существенно сократить масштабность суперкомпьютеров и увеличить их производительность.

# Разработка установки по измерению ускорения свободного падения в поле тяжести Земли

А.Д. Конотоп

МБОУ «Школа №30»

Науч.рук.: Д.Г. Конотоп, начальник отдела разработки ПО САУ, ООО «НПА Вира Реалтайм»

Целью данной работы является получение приемлемых числовых значений в ходе физического эксперимента для подтверждения связи теории с практикой на примере установки для измерения ускорения свободного падения и последующего подтверждения закона всемирного тяготения – получить цифру для ускорения свободного падения  $9,8 \frac{м}{с^2}$ .

Необходимо: выработать технические требования к установке; изготовить установку; испытать установку; разработать методику обработки результатов; подтвердить ожидаемый результат.

В работе предлагается установка для измерения ускорения свободного падения тела в поле тяжести Земли по высоте его падения и интервалу времени падения, выработаны технические требования к такой установке, проведено исследование влияния различных факторов на прямое измерение интервала времени падения, разработан дифференциальный метод расчёта ускорения по двум точкам, а также изготовлена рабочая версия такой установки.

Металлический шарик удерживается электромагнитом над поверхностью на известной высоте  $h$ . По команде оператора шарик отпускается и достигает датчика касания. Для исключения «человеческого фактора» все этапы измерения автоматизированы с помощью микроконтроллера: момент отпускания, измерение интервала времени и проведение вычислений (см. приложение 1).

Установка является полностью оригинальной разработкой, технологически и научно новая. Она может применяться в качестве оборудования для проведения лабораторных работ.

Установка должна измерять временной промежуток с точностью не хуже 2 мс и расстояние не хуже 1 мм при высоте 1 м (см. приложение 2).

Дифференциальный метод расчёта:

Для высоты  $h_1$ :  $t_1 = t_{10} + \Delta t$  (1),  $t_1$  – измеренное время падения с высоты  $h_1$ ,  $t_{10}$  – истинное значение времени для высоты  $h_1$ ,  $\Delta t$  – дополнительная задержка

Для высоты  $h_2$ :  $t_2 = t_{20} + \Delta t$  (2), где  $t_{10} = \sqrt{\frac{2h_1}{g_0}}$ , (3)  $t_{20} = \sqrt{\frac{2h_2}{g_0}}$  (4)

Из последнего составим систему и решим её относительно  $g_0$ :

$$t_1 = \sqrt{\frac{2h_1}{g_0}} + \Delta t \quad t_2 = \sqrt{\frac{2h_2}{g_0}} + \Delta t \rightarrow g_0 = \frac{2(\sqrt{h_1} - \sqrt{h_2})^2}{(t_1 - t_2)^2} \quad (5)$$

Где  $t_1$  и  $t_2$  - усреднённые значения по нескольким измерениям

Проведя ряд экспериментов, мы получили, что ускорение свободного падения оказалось равным  $g = 9,84 \frac{м}{с^2}$ . Для Москвы данное значение составляет  $g_0 \approx 9,8155 \frac{м}{с^2}$ . Итого относительная погрешность составила  $\varepsilon_g \approx 0,25\%$ , т.е. полученный результат выше ожидаемого.

Для подтверждения полученных в результате опыта данных мы воспользовались другим методом измерения. На основе полученных данных мы можем утверждать, что в

месте проведения опытов (г. Балашиха) значение ускорения свободного падения отлично от справочного и действительно равно  $\sim 9,84 \text{ м/с}^2$ . В результате:

Установка доведена до рабочего состояния;

Установка позволяет измерять ускорение с относительной погрешностью менее, чем  $10^{-2}$ ;

Установка позволяет измерять интервалы времени с относительной погрешностью 4,4 ppm (см. приложение 3);

Разработана методика вычисления ускорения, позволяющая компенсировать неучтённые задержки;

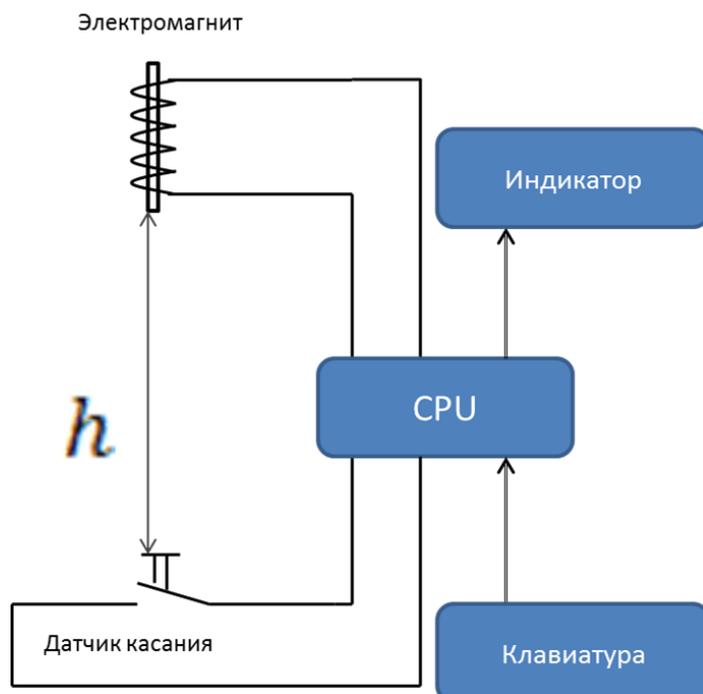
При изготовлении установки мы столкнулись с рядом физических явлений, требующих дополнительного изучения.

### Литература

1. Физика. 10-11 классы : пособие для учащихся и абитуриентов. В 2 ч. / С. М. Козел – М. : Мнемозина, 2010.
2. Элементы схем и бытовой радиоаппаратуры – диоды – транзисторы / А. И. Аксёнов, А.В. Нефёдов – «Радио и связь» 1992 Серия: «Массовая Радио-библиотека»
3. Полупроводниковые приёмно-усилительные устройства: справочник радиолюбителя 3 изд. / Р.М. Терещук, К.М. Терещук – Киев Наукова Думка, 1987
4. Физика: задание №2 для 9-х классов (2017-2018 учебный год) / А.З. Нусратуллин – ЗФТШ, МФТИ, 2017
5. Физика: задание №3 для 9-х классов (2017-2018 учебный год) / В.М. Курносков – ЗФТШ, МФТИ, 2017

### Приложения

Приложение 1. Схема установки.



## Приложение 2. Расчёт погрешности.

Найденное значение ускорения:  $a = \frac{2(h+\Delta h)}{(t-\Delta t)^2} = \frac{2h}{t^2} \cdot \frac{1+\frac{\Delta h}{h}}{\left(1-\frac{\Delta t}{t}\right)^2} = a_0 \cdot \frac{1+\varepsilon_h}{(1-\varepsilon_t)^2}$

В ряд Тейлора:  $\frac{1}{(1-\varepsilon_t)^2} \approx (1 + 2\varepsilon_t)$

Тогда:  $a = a_0 \cdot \frac{1+\varepsilon_h}{(1-\varepsilon_t)^2} \approx a_0 \cdot (1 + \varepsilon_h)(1 + 2\varepsilon_t) = a_0 + (\varepsilon_h + 2\varepsilon_t)a_0 - 2\varepsilon_h\varepsilon_t a_0 \approx a_0 + (\varepsilon_h + 2\varepsilon_t)a_0 = a_0(1 + \varepsilon_h + 2\varepsilon_t) = a_0(1 + \varepsilon_g)$

$$\varepsilon_g = \varepsilon_h + 2\varepsilon_t < 10^{-2}$$

$$\varepsilon_g = \frac{\Delta a}{a} = \frac{\Delta a}{10} < 10^{-2} \Rightarrow \Delta a < 10^{-3}$$

## Приложение 3. Секундомер.

Если текущее значение больше предыдущего:



Если текущее значение меньше предыдущего:



Программный код выглядит следующим образом:

```
// Timer/Counter0
uchREG = TCNT0; // чтение текущего значения счётчика импульсов
uchT0[1] = uchREG >= uchT0[0] ? uchREG - uchT0[0] : 255 - uchT0[0] + uchREG + 1;
uchT0[0] = uchREG; // сохранение текущего значения для следующего цикла

// Time correction
uCor += uchT0[1];
if (uCor >= COR_FACTOR) {
    uCor -= COR_FACTOR;
    uchT0[1]++;
}
```

За 18 часов наблюдения абсолютная погрешность оказалась равной 300 мс.

$$\varepsilon_t = \frac{0,3}{18 \cdot 3600 + 45 \cdot 60} = \frac{0,3}{67500} = 4,4 \cdot 10^6 = 4,4 \text{ ppm}$$

## Исследование работы коронно-разрядного двигателя и возможностей его применения

*И.М. Коротких*

Кировское областное государственное образовательное автономное учреждение Вятская Гуманитарная Гимназия

*Науч.рук.:* А.К. Напольская, учитель физики КОГОАУ ВГГ

Коронно-разрядный двигатель – частный пример ионного двигателя, в котором ионизация воздуха происходит посредством коронного разряда. В данном двигателе присутствует тело вращения – ротор. Также коронно-разрядный двигатель проще в производстве и обслуживании. В нём эрозия не столь ощутима, нежели в реактивном ионном двигателе.

Целью данной работы является исследование принципа работы коронно-разрядного двигателя и выявление основных параметров, определяющих скорость его вращения для обоснования возможности его применения. Исследования данной темы могут раскрыть принципиально новые методы создания электрических двигателей.

Разработка и реализация новых механизмов работы ионного двигателя с телом вращения, экспериментальное исследование параметров, влияющих на КПД в разных типах установок коронно-разрядных двигателей. Необходимо: дать теоретическое обоснование принципу действия коронно-разрядного двигателя; создать модель, демонстрирующую это явление; определить существенные параметры, от которых зависит частота вращения электродвигателя и его КПД; выявить преимущества ионного двигателя; предложить направления применения коронно-разрядного двигателя.

Возможные направления практического применения коронно-разрядного двигателя: на основе вращения создание искусственной гравитации на космических кораблях, а также с гироскопов (гиростабилизаторов) для правильной ориентации космических кораблей в пространстве или дополнительных «рулей» для маневра.

Экспериментально исследовались две конструкции двигателя для достижения наибольшей скорости вращения. При обзоре литературы выяснилось практическое отсутствие единой теории обоснования механизма функционирования электростатических двигателей.

Принцип работы: диэлектрический ротор получает вращательный момент вследствие создания поверхностного заряда при взаимодействии с ионным ветром. На металлических остриях создается коронный разряд. Ионизированные частицы движутся в направлении, обратном направлению заостренных концов. Максимальное зафиксированное значение частоты вращения = 27 об/с. При снятии ограничений школьной лаборатории можно достичь более высоких скоростей. Экспериментально было подтверждено, что частота вращения ротора коронно-разрядного двигателя зависит от: напряжения, площади электродов (прямо пропорционально) и от расстояния между электродами и ротором, от массы ротора (обратно пропорционально). Это подтверждает и теоретическая модель (рис.1). Расчёт КПД:

$$\eta = \frac{mr^2(2\pi V)^2}{2JU t}$$

Максимальный КПД, полученный на 3 экспериментальной установке составляет 4,5%. Преимущества данного двигателя: может использоваться в экстремальных условиях

-при высоких температурах или в вакууме. Коронно-разрядный двигатель не имеет расходных деталей, таких, например, как, графитовые щётки, что увеличивает время эксплуатации. Коронно-разрядный двигатель обладает низкой рабочей температурой в отличие от реактивных двигателей внутреннего сгорания. Ионный двигатель требует для своей работы только постоянный электрический ток высокого напряжения и инертный газ. Расход газа предельно мал. В источниках приводится пример, что для шестилетнего путешествия космическому кораблю DAWN понадобится 425 килограммов ксенона. Для сравнения, около 7,5 тонн горючего ежегодно расходуется обычными ракетными двигателями МКС для корректировки орбиты.

В результате выяснилось, что применение Коронно-разрядного двигателя в космических аппаратах возможно и открывает новые перспективы развития космонавтики, в частности, запускаемых космических аппаратов.

### Литература

1. М. К. Болога, Ф. П. Гросу, В. Д. Шкилев, И. В. Кожевников, А. А. Поликарпов «Коронно-разрядный дипольный двигатель» ЖУРНАЛ «Электронная обработка материалов» 2015 год
2. Верховин А.И. Электростатический двигатель как термодинамическая система с двумя степенями свободы. Вестник Псковского государственного университета. Серия: Естественные и физико-математические науки 2013
3. Морозов А. И. Физические основы космических электрореактивных двигателей. — М.: Атомиздат, 1978.
4. <https://masterok.livejournal.com/768787.html>

### Приложение

$$E = \frac{U}{d} = \frac{F}{q}$$

$$F = \frac{Uq}{d} = ma = mw^2r$$

$$q = Ne = nSle$$

$$w^2 = \frac{nUSle}{dmr}$$

Рис. 1. Формулы, используемые в работе

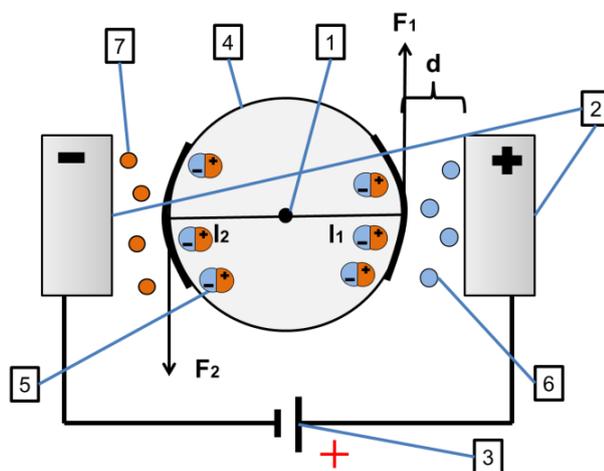


Рис. 2. Рисунок экспериментальной модели.

1. Ось вращения
  2. Электроды
  3. Источник ЭДС
  4. Ротор
- d - расстояние от электрода до ротора

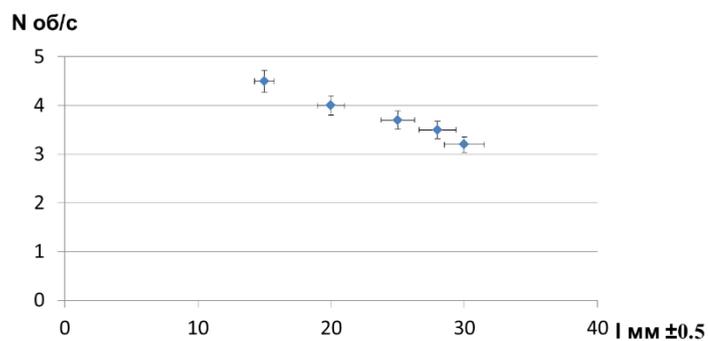


Рис. 3. График зависимости частоты оборотов от расстояния между электродами и ротором.

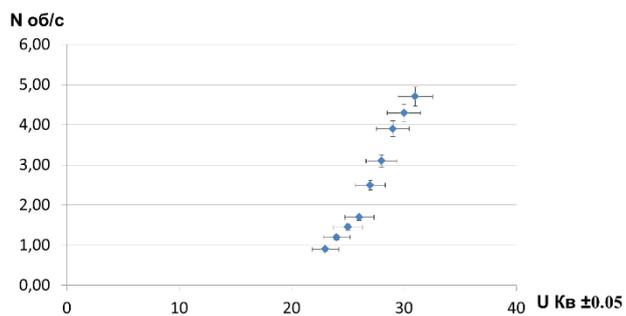


Рис. 4. График зависимости частоты оборотов от напряжения.

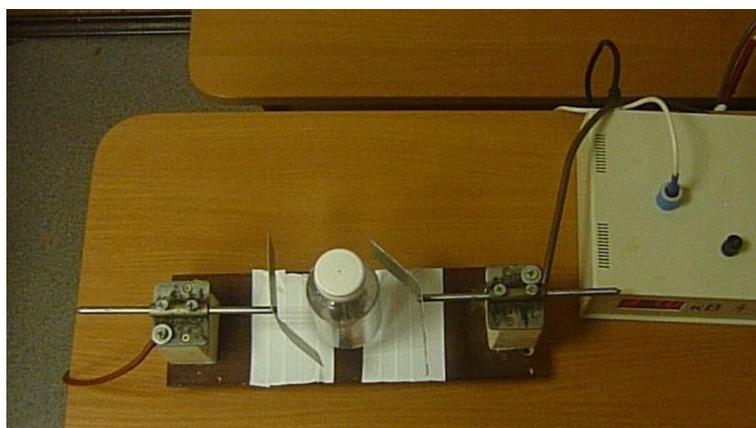


Рис. 5. 1-я экспериментальная модель.

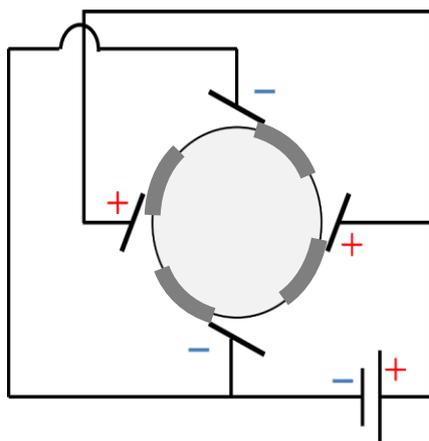


Рис. 6. Рисунок 3й экспериментальной модели

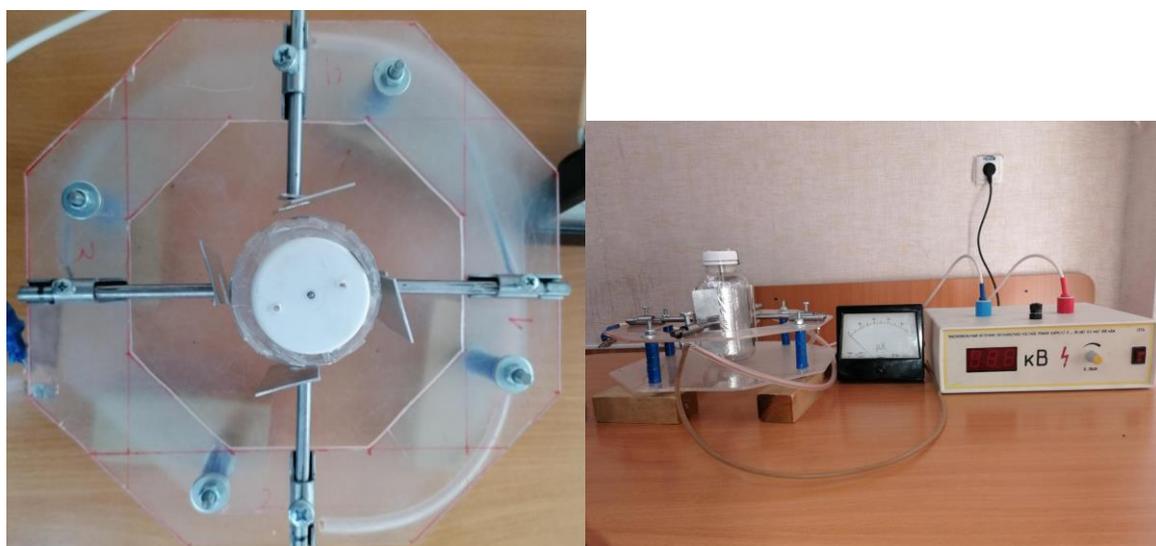


Рис. 7. 3-я экспериментальная модель

## Концентратор солнечных лучей

*М.А. Ларионов*

МБОУ лицей № 17 г. Кострома

*Науч.рук.:* В.А. Сорокин, учитель физики, МБОУ лицей № 17 г. Кострома

Целью данной работы является разработка и изготовление концентратора света, повышающего эффективность работы солнечных панелей. Необходимо: создать программу в Excel для расчета трассировки лучей; используя созданную программу, определить параметры концентратора; изготовить концентратор; провести эксперименты с использованием концентратора; проанализировать результаты экспериментов.

Для концентратора выбрана конструкция из двух отражающих поверхностей: параболической (первичной) и гиперболической (вторичной), которая позволяет концентрировать лучи с большей площади на меньшую площадь солнечных панелей.

Используя закон отражения лучей света и математические свойства параболы и гиперболы, в программе Excel разработана математическая модель концентратора (приложение 1, рисунок 1).

С помощью математической модели определены оптимальные параметры параболы и гиперболы, их размеров, а также места фокусов.

Размеры концентратора: раствор параболического рефлектора – 200 мм, фокус – 20 мм; раствор гиперболического отражателя – 36 мм, фокус – 1 мм; ширина – 200 мм; размеры солнечных панелей 36х12мм - 4 шт.

Исходя из соотношения раствора рефлектора и ширины солнечных панелей концентратора с прямой солнечный свет в 16 раз больше, чем солнечные панели.

Детали концентратора спроектированы в «Компасе» и изготовлены с использованием фанеры и алюминиевой фольги. Для измерения параметров в конструкции концентратора применены: угловой измеритель (транспортир), измеритель направления (компас), измеритель электрических параметров (амперметр, вольтметр).

В настоящее время существует много электростанций, вырабатывающих электроэнергию с использованием солнечных панелей, но их КПД очень низок (5-30%). Эту проблему можно решить, устанавливая солнечные концентраторы.

Система концентрации света с использованием параболоида и гиперболоида не нова, она присутствует во многих телескопах, но пока никто не использовал её для создания концентратора солнечных лучей, предназначением которого является повышение эффективности солнечных панелей.

В результате создана математическая модель для определения параметров концентратора. На основе математической модели был разработан и изготовлен концентратор, который повышает эффективность работы солнечных панелей. Эффективность представлена в приложении 2, рисунок 2. Итоговая конструкция представлена в приложении 3, рисунок 3, 4.

### Литература

1. Выгодский М. Я. Справочник по высшей математике. Седьмое издание. –Москва: Издательство “Наука” – 1964.
2. Кошкин Н. И. Ширкевич М. Г. Справочник по элементарной физике.

## Приложение

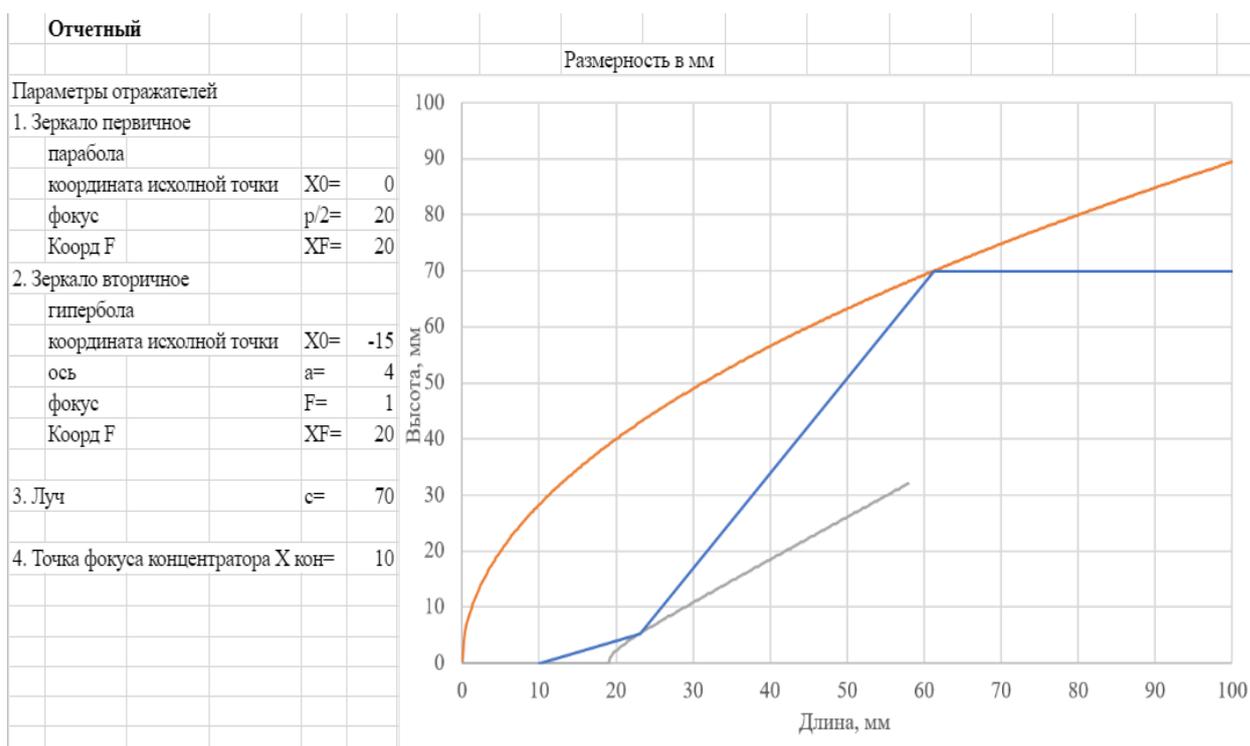


Рис. 1. Математическая модель концентратора

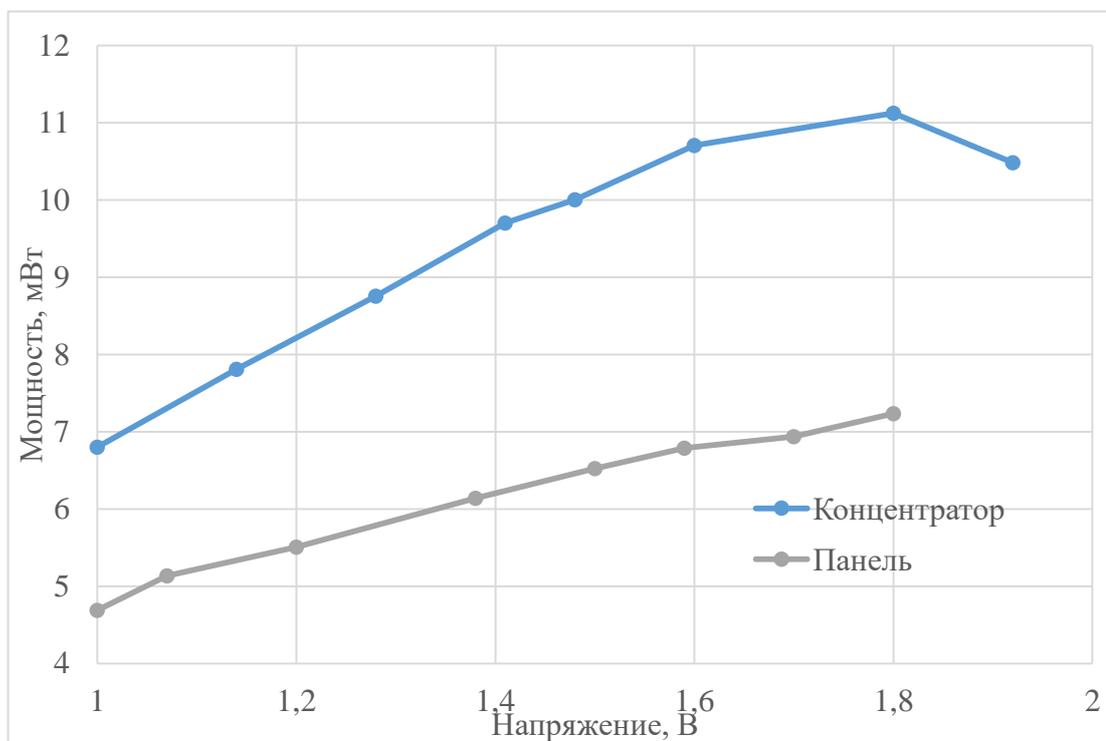


Рис. 2. Сравнительные замеры электрических параметров



Рис. 3. Итоговая конструкция концентратора



Рис. 4. Концентратор с измерительной системой

## Механизм и закономерности извлечения воды «Супер ливером»

*Манзырева Ирина*

МБОУ «СШ №1», ЯНАО г.Новый Уренгой

*Науч.рук.:* А.Ч. Акаева, учитель физики МБОУ «СШ №1», ЯНАО, г.Новый Уренгой

Атмосферное давление способно удержать воду только в трубках малого диаметра, в пределе около 1 см. Однако, если нижний конец трубы большого диаметра закрыть крышкой с узким отверстием, то при герметично закрытом верхнем конце вода также не будет выливаться из трубы, как и в случае с трубкой малого диаметра. В результате объём отобранной «ливвером» воды резко возрастает, поэтому в дальнейшем указанную конструкцию будем называть «супер ливер».

Гипотеза: Вода в корпусе «супер ливера» удерживается не только за счёт действия атмосферного давления, но и сил поверхностного натяжения жидкости, которые существенно влияют на производительность «супер ливера».

Цель исследования: Установить механизм и закономерности процесса извлечения воды «супер ливером», для определения оптимальных параметров конструкции в зависимости от механизма удержания воды в корпусе устройства.

Задачи исследования: установить влияние диаметра и количества отверстий «супер ливера» на объём отбираемой им воды; установить максимальную площадь отверстия и максимальную суммарную площадь нескольких отверстий, при которых нет протечек; выявить зависимость времени опорожнения «супер ливера» от площади отверстия и суммарной площади нескольких отверстий, сопоставить с расчётными данными; установить зависимость расхода воды от площади отверстия и суммарной площади отверстий; обосновать механизм извлечения воды «супер ливером» на основе установленных закономерностей процесса.

Оборудование и приборы: экспериментальный стенд, мерная ёмкость, весы, секундомер. Экспериментальный стенд состоит из сосуда для жидкости, изготовленного из пластиковой трубы 50×2 мм длиной 0,54 м, с герметичной заглушкой на нижнем конце, и «супер ливера», изготовленного из пластиковой трубы 40×2 мм длиной 0,57 м, с герметичной заглушкой на верхнем конце и заглушкой, которая имеет узкое отверстие, на нижнем (приложение 1, рис. 1). Виды отверстий в нижней заглушке представлены на рисунке 2 в приложении 1.

Каждый опыт включает ряд испытаний (не менее 5). Последовательность операций в одном испытании: 1) сосуд с водой взвешивают на весах; 2) опускают в сосуд «супер ливер» и с помощью секундомера измеряют время его погружения до дна сосуда; 3) герметично закрывают верхний конец «супер ливера» заглушкой и вытаскивают его из сосуда; 4) снимают верхнюю заглушку и с помощью секундомера засекают время истечения воды через узкое отверстие в дне «супер ливера». Испытания повторяют, пока объём воды в сосуде не станет меньше 10 мл.

В результате:

1. Объём отбираемой «супер ливером» воды, при отсутствии её протечек, закономерно изменяется в зависимости от количества рейсов и не зависит от размера и количества отверстий в дне устройства. В условиях эксперимента динамика извлечения воды из сосуда в зависимости от количества рейсов отражается экспоненциальным уравнением  $y = 86,473e^{-0,924x}$  (приложение 2, рис. 1).

2. Максимальная площадь одного отверстия «супер ливера», в условиях эксперимента, равна  $95 \text{ мм}^2$ . При этом вода удерживается в корпусе «супер ливера» за счёт атмосферного давления снизу на воду.
3. Максимальная суммарная площадь нескольких отверстий в дне «супер ливера» зависит от их диаметра. Экспериментально установлено, что для диаметра отверстий 6 мм, максимальная суммарная площадь равна  $56,5 \text{ мм}^2$ , а для диаметра 5 мм –  $58,9 \text{ мм}^2$ . В указанных случаях вода удерживается в корпусе «супер ливера» за счёт атмосферного давления. Для отверстий диаметром 4 мм максимальная суммарная площадь отверстий резко возрастает и достигает  $188,4 \text{ мм}^2$ . В данном случае, по мнению автора, вода удерживается в корпусе «супер ливера» за счёт совокупного действия атмосферного давления и сил поверхностного натяжения воды (приложение 2, рис. 2).
4. Время опорожнения «супер ливера» изменяется как от площади одного отверстия, так и от суммарной площади нескольких отверстий в его дне, по одной закономерности. Зависимость времени опорожнения «супер ливера» от площади (суммарной площади) отверстия, после первого рейса каждого опыта, отражается степенным уравнением  $y = 390,85x^{-0,932}$ , что согласуется с расчётными данными (приложение 2, рис. 3).
5. Расход воды при её истечении из «супер ливера» прямо пропорционально зависит от площади (суммарной площади) отверстий. Расход воды при максимальной площади одного отверстия  $95 \text{ мм}^2$  (диаметр 11 мм) равен  $81,2 \text{ см}^3/\text{сек}$ , а при максимальной суммарной площади нескольких отверстий  $188,4 \text{ мм}^2$  (15 отверстий диаметром 4 мм) достигает  $162,1 \text{ см}^3/\text{сек}$ . Зависимость расхода воды от площади одного отверстия и суммарной площади нескольких отверстий, после первого рейса каждого опыта, отражается линейным уравнением  $y = 0,8306x + 4,4965$  (приложение 2, рис. 4).

Предложена расчётная схема для предварительного определения количество рейсов, необходимых для извлечения заданного объёма воды из сосуда (скважины) с помощью «супер ливера».

Доказано, что производительность «супер ливера» с многочисленными узкими отверстиями выше, чем «супер ливера» с одним широким отверстием. Обусловлено это тем, что уменьшение диаметра отдельных отверстий до 4 мм, позволяет увеличить их суммарную площадь, так как в этом случае вода удерживается внутри корпуса «супер ливера» за счёт совокупного действия атмосферного давления и сил поверхностного натяжения воды. С увеличением суммарной площади отверстий прямо пропорционально увеличивается расход воды.

Результаты исследований позволяют разработать новые технические решения для извлечения жидкости из наблюдательных термометрических и гидрогеологических скважин, расположенных на опасных производственных объектах нефтегазового комплекса.

### Литература

1. Байбаков О.В., Зеегофер О.И. Гидравлика и насосы. – Ленинград: Госэнергоиздат, 1957. – 242 с.
2. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии. – М.: Химия, 1988. – 464 с.

## Приложение

### Приложение 1



Рис. 1. Экспериментальный стенд: общий вид (слева); вид на отверстие в нижней заглушке «супер ливера» (справа)



Рис. 2. Виды отверстий в нижней заглушке «супер ливера» диаметр 6 мм (слева); диаметр 5 мм (посередине); диаметр 4 мм (справа)

### Приложение 2

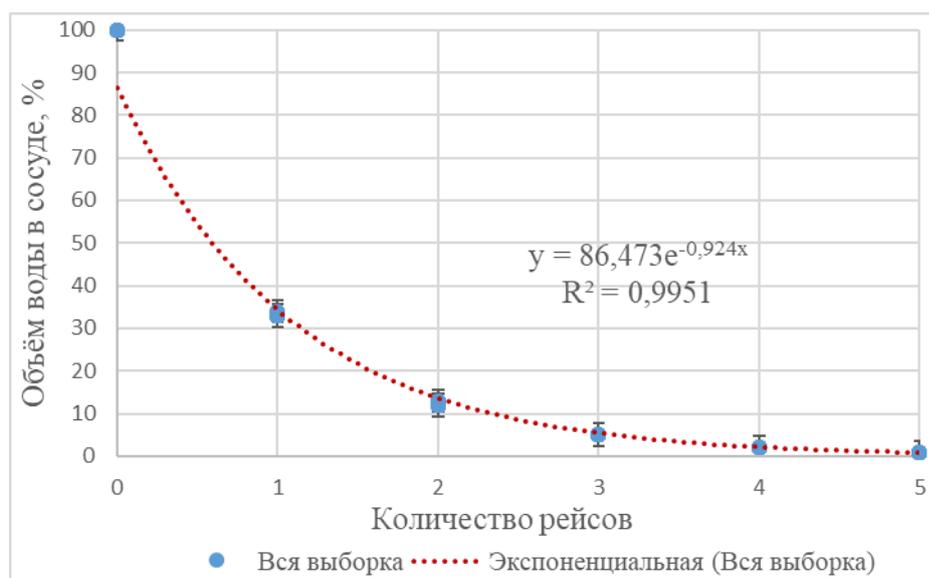


Рис. 1. Динамика извлечения воды из сосуда в зависимости от количества рейсов для всей совокупности испытаний (150 испытаний)

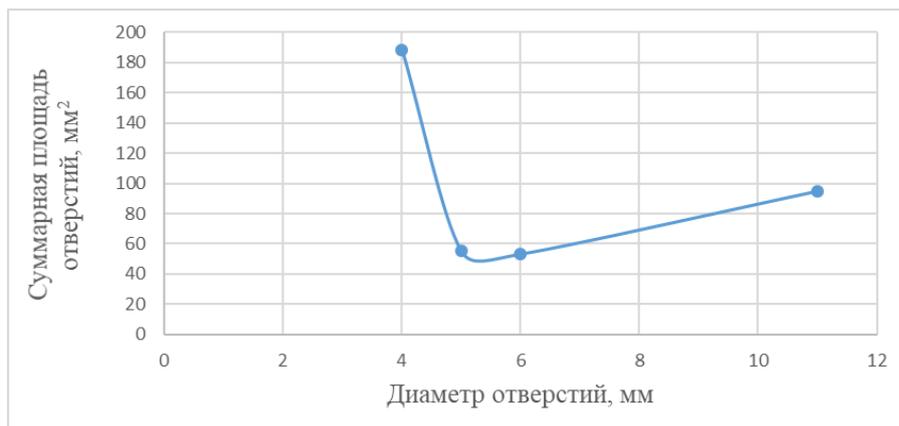


Рис. 2. Зависимость максимальной суммарной площади отверстий «супер ливера» от их диаметра

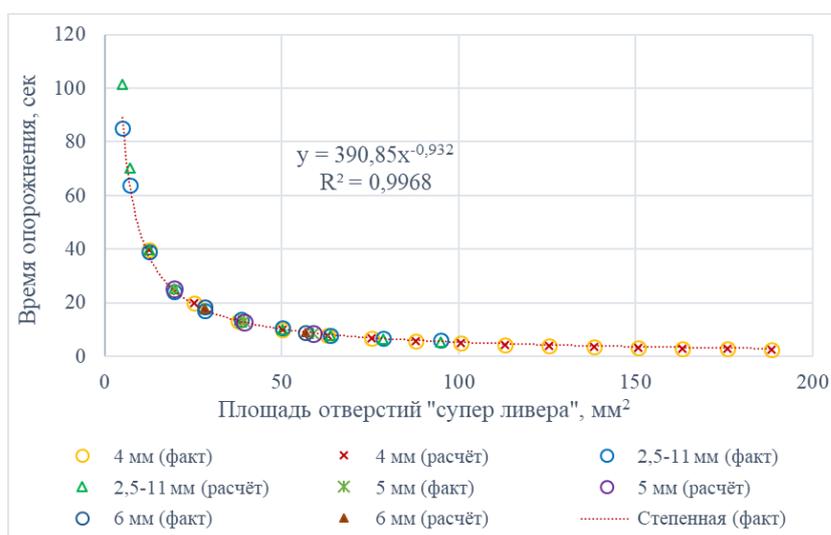


Рис. 3. Зависимость времени опорожнения «супер ливера» (после 1-го рейса) от площади (суммарной площади) отверстия

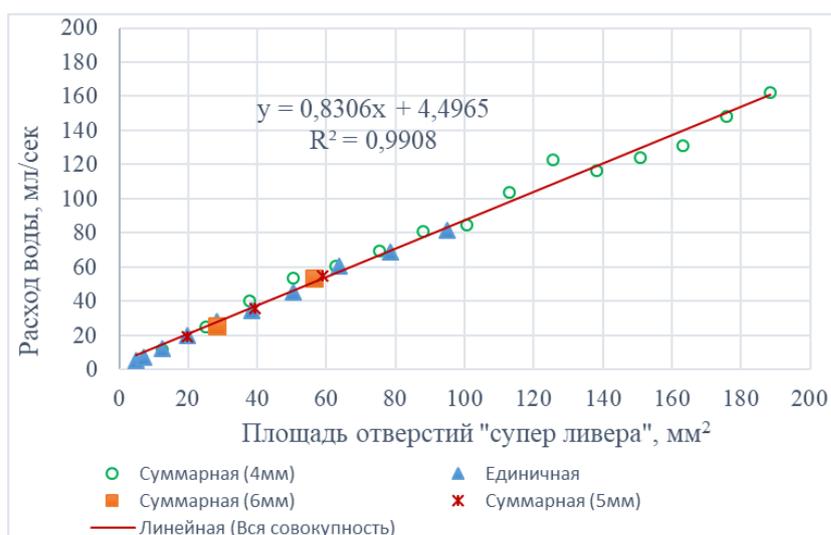


Рис. 4. Зависимость расхода воды от площади (суммарной площади) отверстий «супер ливера» за первый рейс (30 испытаний)

## **Влияние магнитного поля Земли на определение положения приемников глобальных навигационных спутниковых систем**

**Я.А. Огурченков**

МБОУ «Мурманский политехнический лицей»

*Науч.рук.:* С.М. Черняков Сергей Михайлович, научный сотрудник, Полярный геофизический институт

Цель исследования: оценить точность позиционирования приемников ГНСС (на примере Санкт-Петербурга) в условиях геомагнитного поля – от спокойного состояния до бури; оценить изменчивость точности позиционирования приемников в течение нескольких спокойных суток. Задачи исследования:

1. Изучение возможности получения индексов геомагнитной возмущенности в мировой сети. Получение таблицы индексов геомагнитной возмущенности. Выбор из полученных для анализа таблиц индексов дней с различными геофизическими условиями;
2. Разработка программного обеспечения на базе MATLAB для расчета среднеарифметических величин координат и среднеквадратичных отклонений и рисования координат положения приемника ГНСС для различных дат;
3. Формирование файлов среднеарифметических величин и среднеквадратичных отклонений положения приемника ГНСС для различных геомагнитных условий и рисование этих величин;
4. Оценка ошибок позиционирования приемника ГНСС из полученных данных;

Исследование точности позиционирования глобальных навигационных спутниковых систем достаточно важно, так как ошибки в определении местоположения приемников могут привести к серьезным последствиям и, в частности, к авариям с летальным исходом. В настоящее время существуют глобальные системы дифференциальных поправок, системы базовых станций, которые позволяют скорректировать данные о положении приемника, но они не всегда могут быть использованы, например, если приемник будет вне зоны действия такой системы. В этом случае потребителю приходится использовать данные, основанные только на показаниях своего приемника. Тогда становится важно знать, какие условия были в период проведения измерений и какие ошибки могут быть получены при этом. Одним из основных источников погрешности определения координат является ионосфера. Ее поведение во многом определяется поведением магнитного поля Земли. В случае усиления геомагнитной активности в ионосфере происходит появление и усиление различных структур и процессов: неоднородностей электронной концентрации и волн различных масштабов и т.д., которые оказывают влияние на прохождение радиосигналов от спутников глобальных навигационных спутниковых систем и, как следствие, на точность определения координат приемников. Работа содержит исследование точности определения координат приемников, находящихся в средних широтах (на примере Санкт-Петербурга) в различных условиях геомагнитной возмущенности.

Вопрос определения своего местоположения в любой точке планеты на сегодняшний день является очень актуальным, так как при ошибке определения координат могут произойти непоправимые последствия (такие как крушение кораблей, самолетов, пропажа людей и так далее). К сожалению, в наше время таким ошибкам не уделяется достаточно времени со стороны правительства и корпораций, поэтому данная тема является актуальной и своевременной.

Анализ данных, графиков и средних значений привел нас к определенным выводам. Как показали первые графики, значения отклонений координат от истинных не слишком велики, но все еще ощутимы для самолетов или кораблей (а это одни из самых распространенных видов транспорта в Санкт-Петербурге). Более интересным фактом оказался тот, что с течением нескольких лет СКО изменилась с 1.9 до 0.5, следовательно, влияние магнитного поля Земли заметно уменьшилось. При этом основные координаты (x и y) также в течение года практически не выходили за рамки значений 0,4-0,6. Такие итоги позволяют сказать, что возможно в будущем данные значения упадут до минимума и использование транспортных услуг на территории Санкт-Петербурга станет безопаснее.

Прибегая к сравнению с Нижним Новгородом (южной зоне средних широт) также появляются интересные выводы. Во-первых, на данной местности СКО превышают СКО северной зоны средних широт практически в 3 раза. Во-вторых, состояние геомагнитного поля в Нижнем Новгороде влияло на показания данных (от 10 метров показания повышались до 50). Соответственно, чем ближе мы к югу, тем больше СКО (можно предположить, что местность и положение по отношению к экватору и полюсам играет важную роль для получения «истинных» данных).

Таким образом, наглядно продемонстрировано, что из-за геомагнитной активности постоянно возникают погрешности позиционирования приемников спутниковых систем. Даже небольшие отклонения координат могут привести к серьезным ошибкам и авариям. Поэтому необходимо при создании приемников и связей со спутниками учитывать геомагнитную активность и пытаться приспособить аппараты к ней, создавая различные «обходные пути», чтобы достичь идеальной точности местонахождения.

### Литература

1. Р.В. Загретдинов, Министерство образования и науки РФ ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» Институт геологии и нефтегазовых технологий, Центр дополнительного образования, менеджмента качества и маркетинга Спутниковые системы позиционирования. Конспект лекций ; Каз. федер. ун-т. – Казань, 2014. – 22 с.
2. К.М Антонович//Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии.,2006 г.// Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии. В 2 т. Т. 2. Монография / К.М. Антонович; ГОУ ВПО «Сибирская государственная геодезическая академия». – М.: ФГУП «Картгеоцентр», 2006. – 360 с.: ил.
3. Яценков В.С.//Основы спутниковой навигации. Системы GPS NAVSTAR и ГЛОНАСС, 2005 г.// М: Горячая линия-Телеком, 2005. — 272 с: ил.
4. Н.А. Заболотная//Индексы геомагнитной активности. Справочное пособие.//М.: Изд-во ЛКИ. - 2007. – 88 с.
5. Афраймович, Э. Л. GPS-мониторинг верхней атмосферы Земли / Э. Л. Афраймович, Н. П. Перевалова. – Иркутск: ГУ НЦ РВХ ВСНЦ СО РАМН, 2006 – 480 с. ISBN 5-98277-033-7.

## Приложения

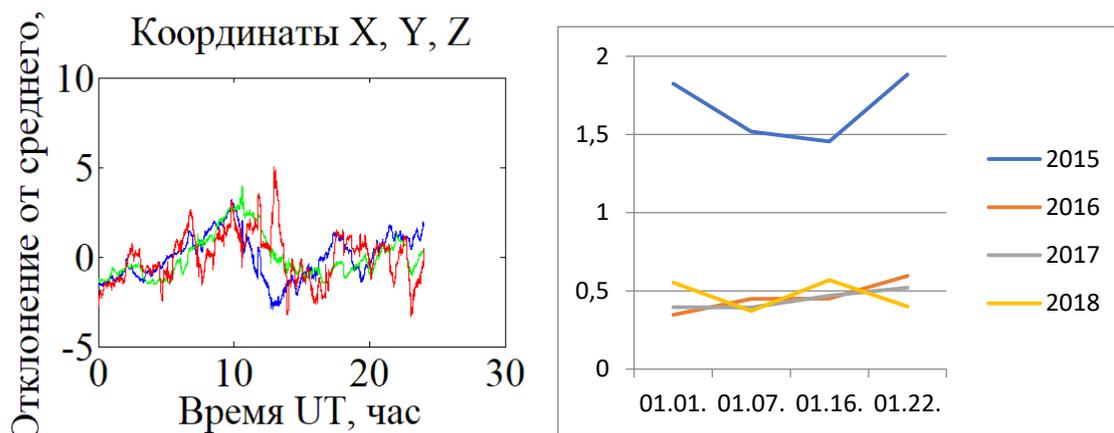


Рис. 1: средние значения отклонений данных в 2015 году (слева); график СКО за январь 2015-2018 гг.(справа);

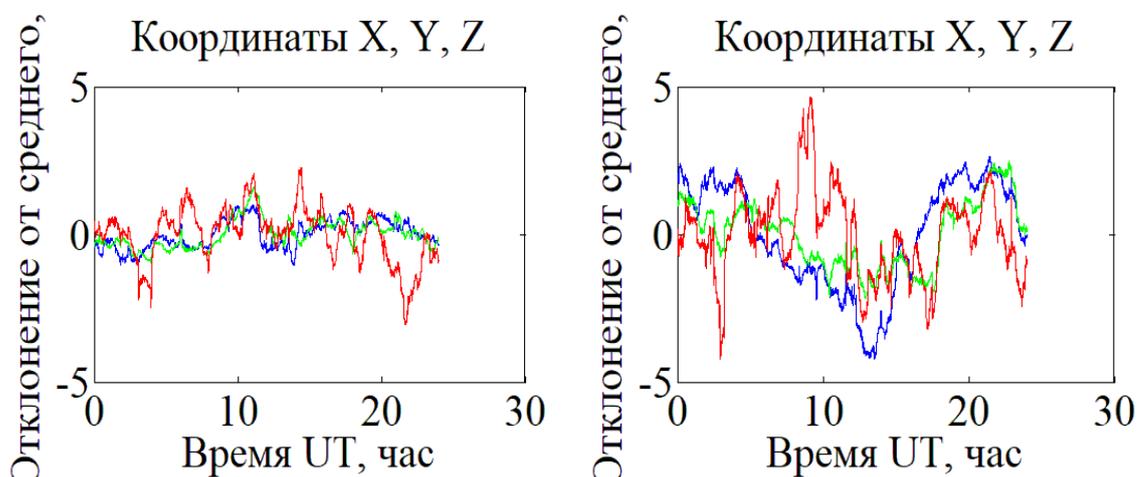


Рис. 2: состояние данных во время магнитной бури (слева); отклонение данных в Нижнем Новгороде в течение года (справа)(используется для сравнения с данными Санкт-Петербурга)

### Получение однопузырьковой сонолюминесценции в воде: сборка установки и измерительного комплекса

*В.А. Киль, К.В. Парнев*

МОУ “Университетский лицей”, город Петрозаводск, Республика Карелия

*Науч.рук.:* И.И. Игнатъева, преподаватель физики МОУ “Университетский лицей”;  
*консультанты:* В.Л. Дураков, методист и преподаватель “1С: Клуб программистов”; П.Ф. Прокопович, ведущий физик института геологии Федерального исследовательского центра “Карельский научный центр РАН”

Впервые свечение кавитационных пузырьков в жидкости под действием мощной ультразвуковой волны наблюдалось в 1934 году. Несмотря на многочисленные

исследования, механизм свечения остаётся неясным, так как нет достоверной теории, которая наиболее полно согласовывалась бы со всем экспериментальными данными. Кроме чисто научного интереса, исследования этого явления могут иметь и прикладные применения: создание сверхминиатюрной химической лаборатории (изучается звукохимией), возможность проводить сверхкороткие по времени эксперименты (~50-200 пс). Некоторые исследователи считают, что в таком акустическом реакторе возможно запустить термоядерную реакцию (соносинтез).

Целью работы является получение однопузырьковой сонолюминесценции в воде. Для этого мы собрали установку для получения стабильного кавитационного пузырька и измерительную систему для определения некоторых параметров работы установки.

Установка для получения стабильного кавитационного пузырька состоит из акустической камеры (круглодонная колба с пьезоэлектрическими излучателями), генератора (на основе микросхемы AD9850), усилителя (на основе TDA2030) и термостата (на основе модуля Пельтье TEC-12715).

Измерительная система состоит из двух установок, позволяющих определить изменение радиуса кавитационного пузырька (пульсации) и амплитудно-частотную характеристику (АЧХ) акустической камеры.

В результате мы получили устойчивый кавитационный пузырёк, наблюдалось его свечение (сонолюминесценция). Результаты измерений пульсаций и АЧХ находятся в соответствии с теоретическими выкладками по данной теме, что говорит о том, что устройство работает корректно.

В ходе работы создана база для дальнейшего подробного изучения явления. Установку можно модернизировать, добавив к ней другое оборудование, такое как фотоэлектронный умножитель (для количественной оценки световыхода), спектрометр (для получения спектра свечения), электромагнит (для изучения влияния магнитного поля на свечение) и т.д.. Выявленная в ходе экспериментов проблема, связанная с сильной зависимостью поведения пузырька от температуры, успешно решена с помощью термостата. Регулировка, а, главное, стабилизация температуры в течение продолжительного времени позволяет проводить измерения с минимальными искажениями. Ещё одно преимущество нашей конструкции – возможность удобной изоляции акустической камеры от внешнего света. Благодаря этому, становятся возможны предельно точные измерения параметров свечения пузырька, это достаточно важное направление в дальнейшем исследовании.

Таким образом, представленная в работе установка даёт возможность накопить экспериментальные данные для широкого диапазона параметров (частота и интенсивность ультразвука, род и температура жидкости). Независимая регулировка вышеперечисленных параметров позволяет исключить влияние внешних факторов, что помешало некоторым исследователям получить достоверные данные. Например, искажение спектра нейтронов в небезызвестной работе Рузи Талейархана, которое было вызвано размещением льда между акустической камерой и детектором нейтронов.

Всё это позволит уточнить или опровергнуть теории сонолюминесценции, принятые в рассматриваемом на данный момент.

## Литература

1. American, S. (1995). Debunking The Bell Curve . Microchips: How much smaller? Sonoluminescence : Sound into Light. Scientific American, (February).

2. Brenner, M. P., Hilgenfeldt, S., & Lohse, D. (2002). Single-bubble sonoluminescence RID B-7356-2009. *Reviews of Modern Physics*, 74(2), 425–484. <https://doi.org/10.1103/RevModPhys.74.425>
3. Felipe Gaitan, D., Crum, L. A., Church, C. C., & Roy, R. A. (1992). Sonoluminescence and bubble dynamics for a single, stable, cavitation bubble. *Journal of the Acoustical Society of America*, 91(6), 3166–3183. <https://doi.org/10.1121/1.402855>
4. Equipment, P. A., Equipment, S. A., Filters, A., Amplifiers, T., & Acquisition, D. (2003). FET-Input , Low Distortion OPERATIONAL AMPLIFIER.
5. Gaitan, D. F., Atchley, A. A., Lewia, S. D., Carlson, J. T., Maruyama, X. K., Moran, M., & Sweider, D. (1996). Spectra of single-bubble sonoluminescence in water and glycerin-water mixtures. *Physical Review E - Statistical Physics, Plasmas, Fluids, and Related Interdisciplinary Topics*, 54(1), 525–528. <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.54.525>
6. Hammer, D., & Frommhold, L. (2001). Sonoluminescence: How bubbles glow. *Journal of Modern Optics*, 48(2), 239–277. <https://doi.org/10.1080/09500340117525>
7. Holleman, S., & Milton, K. Single-bubble Sonoluminescence. , (2013).
8. Jannati, K., & Siri, E. (2019). Numerical Solution of Rayleigh-Plesset Equation. *Iranian Conference on Mathematical Physics Numerical*, (January), 4.
9. Villarreal, C., Esquivel-Sirvent, R., & Jáuregui, R. (2000). Mie scattering and the physical mechanisms of sonoluminescence. *Physical Review E - Statistical Physics, Plasmas, Fluids, and Related Interdisciplinary Topics*, 61(1), 403–406. <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.61.403>
10. Борисёнок, В. А. (2015). Сонолюминесценция: эксперименты и модели (обзор) © 2015. *Акустический Журнал*, 61(3), 333–360.
11. Маргулис, М. А. (2000). Сонолюменисценция. *Успехи Физических Наук*, 170, 264–287.
12. Пейтон, А. Д., & В, В. (1994). Аналоговая электроника на операционных усилителях.

### Приложения

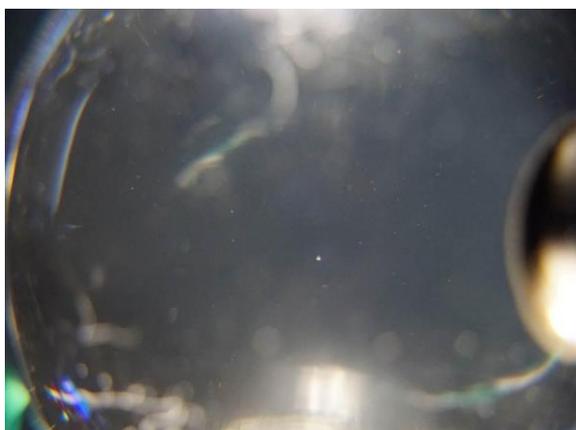


Рис. 1. Одиночный стабильный пузырек в самодельной акустической камере



Рис. 2. Устойчивая однопузырьковая сонолюминесценция



Рис. 3. Оптическая система

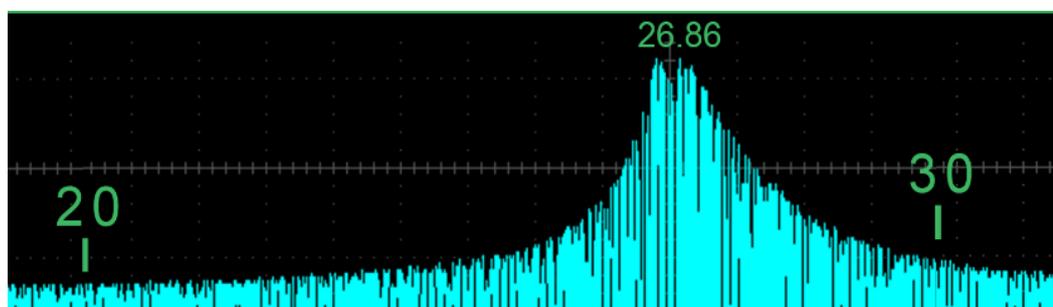


Рис. 4. Результаты измерения АЧХ колебательной системы

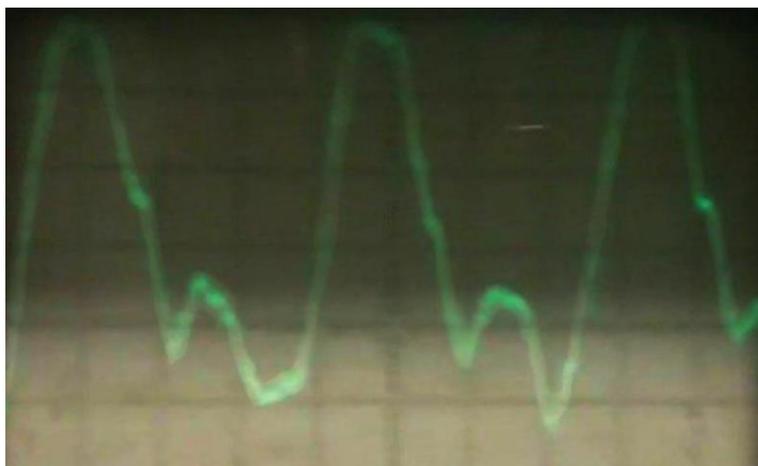


Рис. 5. Результаты измерения пульсаций пузырька

## **Кобра из палочек**

*К.В. Ратникова*

МБОУ «Лицей 39» г. Озерск

Если взять много палочек эскимо и сложить их в одну конструкцию, то после окончания сборки эта цепь начинает разрушаться. Но разрушается она не просто в хаотичном порядке, а по особой траектории. Определенную формулировку данной задачи я взяла с сайта всероссийского турнира юных физиков, задача №17. [1]

В данной исследовательской работе использована система из палочек, собранных по определенной схеме. При нарушении целостности конструкция распускается по особой траектории на определенной высоте в зависимости от изначально заданных параметров. Необходимо исследовать способ роспуска кобры и параметры, от которых он зависит. Для достижения поставленной цели нужно решить следующие задачи: понять, какие способы плетения кобры существуют, какие материалы для сборки можно использовать, исследовать силы, приводящие к роспуску кобры; проверить, всегда ли корба распускается, а не разрушается; провести практическую работу по сбору кобры; провести ряд экспериментов для подтверждения гипотезы.

В результате данной работы необходимо ответить на следующие вопросы:

1. Из всех ли материалов можно собрать кобру?
2. Сколько способов плетения существует?
3. Если распускать кору с разных сторон, одинаково будет происходить роспуск?

Гипотеза: чем больше коэффициент жесткости палочек, входящих в систему, тем больше высота подъема хвоста кобры.

В данной работе была выдвинута гипотеза про зависимость коэффициента жесткости палочек, скорости роспуска и высоты подъема хвоста кобры, доказанная с помощью многочисленно проведенных экспериментов. Так как ранее проводились работы учеными, которые детально изучали теорию распространения волны в системе или по-другому “волновой фронт” и другие параметры системы “Кобра”, отличные от параметров, использованных в данной работе.

## Исследование бумаги А4 на прочность

*Р.К. Романов*

ГБОУ Школа №1501 г.Москвы

*Науч.рук.:* к.ф.-м.н. И.С. Юдин, учитель АНОО «Физтех-лицей» им. П. Л. Капицы; Т.В. Полубнева, учитель физики ГБОУ Школа №1501

Цель исследования: измерить прочностные характеристики путём разрыва бумаги с помощью специально созданной установки, изучить иные факторы, влияющие на прочность бумаги и сделать соответствующие выводы. Необходимо: определить силу, необходимую для разрыва целой бумаги формата А4; изучить, как вырезы, уменьшающие ширину листа бумаги влияют на его прочность; определить, существует ли зависимость прочности листа бумаги от направления волокон, из которых он состоит.

На данный момент бумага является неотъемлемой частью нашей повседневной жизни. Это хороший и дешёвый временный носитель информации, который используют уже 1915 лет. В основе производства бумаги лежат лесные ресурсы, по запасам которых Россия является мировым лидером. Однако тонкие листы бумаги чаще всего представляют как ненадёжный, легко рвущийся материал, в связи с чем использованную бумагу обычно выбрасывают и сжигают, вместо вторичного использования прессованной бумаги. На данный момент прессованная использованная бумага редко где используется, а то, насколько прочна бумага в действительности мало кто задумывался. В настоящее время исследуются нестандартные материалы и бумагу можно рассматривать как пример анизотропного волокнистого материала. В работе исследовались механические свойства таких материалов на примере бумаги.

Для исследования бумаги была создана специальная установка (*см. приложение №1*), в состав которой входят: лебёдка с силой тяги 675 кгс; динамометр, на 50 кгс; зажим для бумаги; верёвка (2 шт.); видеокамера.

Данная установка позволяет определить силу в кгс, необходимую для разрыва листа бумаги. Находилось среднее значение силы  $F_{\text{ср}} = (F_1 + F_2 + \dots + F)/N$  для различных направлениях разрыва, и обнаружилось анизотропные свойства прочности бумаги. Для подтверждения достоверности находилось среднее квадратичное отклонение  $\delta^2 = (\Delta F_1^2 + \Delta F_2^2 + \dots + \Delta F_N^2)/N$  и относительная ошибка  $\varepsilon = \delta/F_{\text{ср}}$  для сравнения с разницей силы разрыва в различных направлениях.

В начале исследования проводились на целых листах бумаги 210\*297 мм (формат А4), для определения общих прочностных характеристик бумаги. Далее, для определения зависимости прочности листа бумаги от направления волокон, из которых он состоит были взяты листы той же бумаги, но квадратной формы размерами 210\*210 мм. После, эти листы были разорваны вдоль предполагаемых волокон и поперек их, и аналогично первому исследованию, рассчитаны прочностные характеристики обоих случаев. В результате оказалось, что для разрыва поперек волокон требуется чуть ли не в два раза больше усилия, чем для разрыва вдоль волокон, тем самым была открыта анизотропия бумаги - прочность бумаги зависит от направления разрыва.

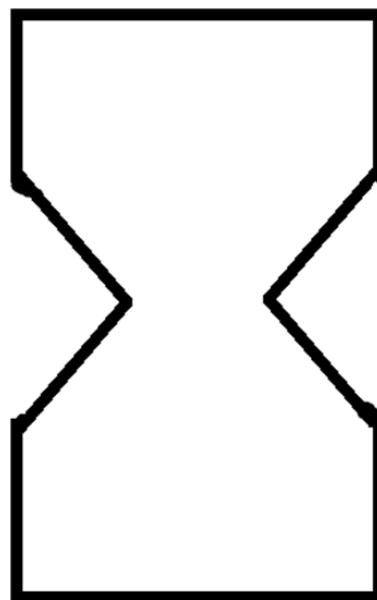
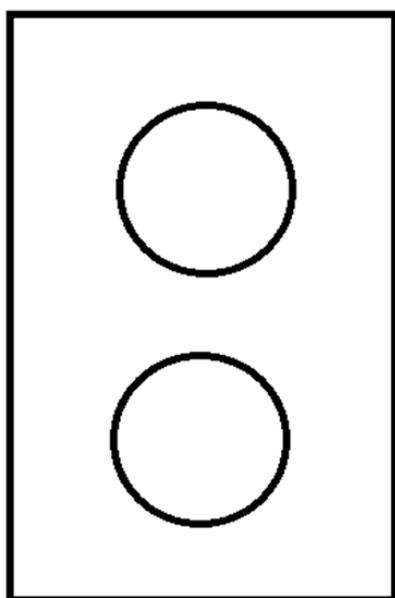
Кроме этого, для изучения влияния на прочность вырезов, уменьшающих ширину листов бумаги, были взяты листы бумаги 210\*297 мм (формат А4) с треугольными боковыми вырезами и те же листы бумаги, но с двумя круглыми центральными вырезами (*см. приложение №2*). В результате вычисления прочностных характеристик оказалось, что бумага с вырезанными кругами прочнее бумаги с вырезанными треугольниками.

## Приложения

### Приложение №1. Экспериментальная установка



### Приложение №2: листы с вырезами, уменьшающие ширину



## Физика бумажного самолётка

К.Ф. Святова

Рижская средняя школа №40

Науч.рук.: В.В. Маркевич, С.В. Савейко, преподаватели физики Рижская средняя школа №40

Гипотеза: в авиации выгоднее использовать самолёты, по своей структуре напоминающие бумажный самолётик.

Целью данной работы является определение, каким образом значения лобового сопротивления и подъёмной силы зависят от величины угла атаки бумажного самолётка и его массы, построить и изучить полярю бумажного самолётка и определить, было ли бы эффективно в авиации использовать его модель. Необходимо: изучить необходимую литературу о физике полёта; провести эксперименты; определить зависимости; построить полярю бумажного самолётка и сравнить её с поляррой настоящего самолёта; определить крейсерскую скорость и силу тяги бумажного самолётка, которые он мог бы развить при наличии двигателя; констатировать, было ли бы эффективно использовать модели бумажного самолётка в авиации.

Анализ литературы для изучения важнейших понятий, касающихся физики полёта; экспериментальный метод для изучения величин аэродинамических сил, действующих на самолётик во время полёта, и их коэффициентов; математический метод для обработки полученных результатов; сравнительный метод для сравнения полученных величин для бумажного самолётка с настоящим самолётом.

Основные формулы, использованные в работе:

1. лобовое сопротивление  $F_{л.сопр.} = \frac{C_x \rho v^2 S}{2}$ ,
2. подъёмная сила  $F_{под.} = \frac{C_y \rho v^2 S}{2}$ ,
3. аэродинамическое качество  $tg \gamma = K = \frac{F_{тяж.}}{F_{тяги}}$ ,
4. сила тяги  $F_{тяги.} = \frac{mg}{tg \gamma}$ ,
5. величина силы тяги на единицу массы  $\omega = \frac{F_{тяги.}}{m}$ .

Бумажный самолётик является необычным и интересным объектом исследования благодаря своим свойствам, а также он ещё не был сравнён с настоящим самолётом по физическим параметрам и эффективности. В данной работе он рассматривается в качестве модели настоящего самолёта.

Цели, поставленные в начале исследования, были достигнуты. В ходе экспериментов была определена зависимость аэродинамических сил от величины угла атаки, была построена поляря, была рассчитана сила тяги бумажного самолётка и ей величину на единицу массы, самолётик был сравнён с настоящим самолётом по эффективности. По результатам исследования было выяснено, что поляря бумажного самолётка действительно немного схожа с поляррой настоящего самолёта, в то время как величины силы тяги на единицу массы обоих самолётов существенно отличаются, так как у настоящего самолёта она более чем в 18 раз меньше, чем была бы у бумажного. Следовательно, гипотеза не подтвердилась.

## Литература

1. Rolovs, B. (1989). Par fiziku un fiziķiem. Fizikas terminu skaidrojošā vārdnīca. R.: Zinātne.
2. Прохоров А.М. (1983). Физический энциклопедический словарь. Советская энциклопедия
3. Стасенко, А. Л. (1988). Физика полёта. Москва: Наука. Библиотечка Квант, выпуск 70
4. Akadēmiskā terminu datubāze AkadTerm. Доступно: <http://termini.lza.lv/term.php>
5. Информация о спецификации и параметрах самолётов. Доступно: [https://en.wikipedia.org/wiki/Boeing\\_737](https://en.wikipedia.org/wiki/Boeing_737)
6. Информация о поляре настоящего самолёта. Студенческая библиотека онлайн. Доступно: [https://studbooks.net/2460445/tehnika/raschyot\\_polyary\\_kryla](https://studbooks.net/2460445/tehnika/raschyot_polyary_kryla)

### **Зависимость аэродинамического сопротивления тел различной обтекаемости от скорости 3D-печати**

*А.С. Сорокина*

МОУ Ветлужская школа №2, г. Ветлуга

*Науч.рук.:* Н.М. Вихарев, учитель физики МОУ Ветлужская школа №2

Целью данной работы является исследование зависимости показателя аэродинамического сопротивления твердых тел различной формы, изготовленных с разной скоростью 3D-печати. Необходимо: изучить методы 3D-моделирования и 3D-печати; экспериментально определить силу аэродинамического сопротивления твердых тел различной обтекаемости; исследовать зависимость аэродинамического сопротивления твердых тел различной обтекаемости от скорости 3D-печати.

Гипотеза: аэродинамическое сопротивление будет снижаться по мере снижения скорости 3D-печати.

3D-печать – это один из видов аддитивного производства, который обычно относят к технологиям быстрого прототипирования. Аддитивные, значит, крупный объект строится как единое целое из меньших объектов. Аэродинамика – раздел механики, изучающий движение потоков газов и их воздействие на твердые тела. Одними из важнейших отраслей применения аэродинамики являются отрасли авиа и автомобилестроения.

В программе для 3D-моделирования Fusion 360 было проведено моделирование тел различной обтекаемости, таких, как круглая пластинка, квадратная пластинка, полое полушарие, каплеобразное тело, обтекаемой формы. Далее с помощью слайсера Flashprint, адаптированного для 3D-принтера Flashforge Dreamer, были заданы следующие параметры 3D-печати: скорость 3D-печати – 200 мм/с, температура экструдера - 235<sup>0</sup> С, температура платформы – 50<sup>0</sup> С, тип пластика- АВС, процент заполнения – 25%, тип заполнения- соты. Печать второй серии тел отличалась только скоростью печати – 50 мм/с. Все остальные параметры остались прежними. Поперечное сечение всех исследуемых тел было одинаковым – 20 мм.

Аэродинамическое сопротивление тел определялось с помощью настольных лабораторных рычажных весов. Оборудование: воздуходувный аппарат, модели тел различной обтекаемости одинакового поперечного сечения, укрепленные на стержнях; чашечные настольные весы, дробь, разновесы, зажим.

Чашечные настольные весы устанавливались на край стола. К одной из чашек весов при помощи пружинного зажима крепятся обтекаемые тела на стержнях так, чтобы сами

тела выступали как можно дальше за край стола. Тела тарируются дробью. Воздуходувный аппарат устанавливается под исследуемым телом. Надо учесть, чтобы воздушный поток не попадал на чашу весов и край стола. Дюза аппарата обращена вверх так, чтобы поток воздуха шел вертикально вверх и дюза находилась на расстоянии около 20 см от исследуемого тела. При включении воздуходувного аппарата вследствие сопротивления тел воздушному потоку весы выходят из равновесия. На чашку весов с исследуемым телом ложатся разновесы до установления равновесия. Вес положенных гирек будет соответствовать силе сопротивления тел потоку.

Было проведено две серии экспериментов. При сравнении аэродинамического сопротивления тела, напечатанные с меньшей скоростью 3D-печати, показали уменьшение аэродинамического сопротивления на 1,5-2%. При осмотре тел, изготовленных с высокой скоростью печати в 200 мм/с, были обнаружены многочисленные дефекты: шероховатости, неровности, несплавленные нити. У тел, напечатанных с низкой скоростью в 50 мм/с, такие дефекты или отсутствовали, или были незначительными. Коэффициент лобового сопротивления определялся в соответствии с моделью Ньютона.

Была проведена серия из 10 измерений и оценка погрешности измерений.

Актуальность и значимость данной темы можно обосновать несколькими факторами:

1. Бурный рост и развитие 3D-технологий, связанный с утратой сроков действия патентов для технологии FDM (Fused Deposition Modeling), то есть печати методом расплавленной нити.
2. Быстрое развитие компьютерных технологий и программного обеспечения, в том числе с открытым кодом, например, Arduino.
3. Применение методов 3D-печати в автомобилестроении, авиационной области, медицине. Постоянное совершенствование аэродинамических показателей автомобилей, с целью экономии топлива и энергетических ресурсов.

Перспективы дальнейшей работы по данной теме следующие. Можно рассмотреть возможности печати материалов с памятью формы, чтобы они могли менять форму в зависимости от скорости воздушного потока и его сопротивления. Новизна работы состоит в том, что в литературе и Интернет – ресурсах нет подобных исследований аэродинамических свойств от параметров аддитивной технологии 3D-печати. Таким образом, цель работы достигнута, задачи выполнены, гипотеза подтверждена. Можно сделать следующий вывод, что низкая скорость 3D-печати обеспечивает более качественную поверхность изготовленных моделей, и, как следствие снижение показателей аэродинамического сопротивления.

## Литература

1. Гирке Р., Шпрокхоф Г. Эксперимент по курсу элементарной физики, ч.2. Жидкости и газы/Пер с нем. А.П. Ломан; Под ред. П.А Знаменского и П.А. Рымкевича. – М.: Государственное учебно-педагогическое издательство Министерства просвещения РСФСР, 1959.
2. Доступная 3D-печать для науки, образования и устойчивого развития [Электронный ресурс], под ред. Э.Канесса, К.Фонда, М. Зеннаро. – Издатель: Международный центр теоретической физики Абдус-Салам, 2013 г. - [https://himfaq.ru/books/3d-pechat/Dostupnaya\\_3D\\_pechat\\_dlya\\_nauki\\_obrazovaniya- kniga.pdf](https://himfaq.ru/books/3d-pechat/Dostupnaya_3D_pechat_dlya_nauki_obrazovaniya- kniga.pdf)
3. Евграфов А.Н. Аэродинамика автомобиля: учебное пособие. - М.: МГИУ, 2010. - 356 с.
4. Мацкерле Ю. Современный экономичный автомобиль/Пер. с чешск. В.Б. Иванов; Под ред. А.Р. Бенедиктова. – М.: Машиностроение, 1987 - 320 с.

## Приложения

### Приложение 1.

Исходные данные для расчетов:

1. Температура воздуха в помещении: 24<sup>0</sup>С,
2. Атмосферное давление: 740 мм.рт.столба,
3. Высота над уровнем моря: 110 метров,
4. Ускорение свободного падения на широте г.Ветлуга:  $9,817 \frac{м}{с^2}$ ,
5. Скорость воздушного потока:  $10 \frac{м}{с}$ .
6. Радиус для вычисления миделя исследуемых тел, кроме квадратной пластинки, составил 2 см (сторона квадратной пластинки равна 4 см.).
7. Погрешность весов составила 0,01 г.
8. Плотность воздуха была определена по номограмме плотности воздуха (зависимость плотности воздуха от температуры и атмосферного давления). Её значение составило  $0,12 \frac{кг \cdot с^2}{м^4}$ .

### Приложение 2.

Сравнительные таблицы коэффициентов лобового сопротивления для тел с разной скоростью 3D-печати.

Название тела	Коэффициент лобового сопротивления ( $\pm 0,01$ )
Круглая пластинка	17,68
Квадратная пластинка	16,67
Полусфера, повёрнутая округлым концом к потоку	7,23
Полусфера, повёрнутая плоской стороной к потоку	6,05
Шар	5,06
Тело каплевидной формы, остриём навстречу потоку	2,74
Тело каплевидной формы, выпуклостью навстречу потоку	2,55

Табл. 1. Скорость печати – 200 мм/с.

Название тела	Коэффициент лобового сопротивления ( $\pm 0,01$ )
Круглая пластинка	17,53
Квадратная пластинка	16,52
Полусфера, повёрнутая округлым концом к потоку	7,21

Полусфера, повёрнутая плоской стороной к потоку	6,04
Шар	5,03
Тело каплевидной формы, остриём навстречу потоку	2,78
Тело каплевидной формы, выпуклостью навстречу потоку	2,51

Табл. 2. Скорость печати – 50 мм/с.

## Автономная модель судна флеттнера для демонстрации эффекта магнуса

*А.А. Титов*

ГБОУ "Бауманская инженерная школа № 1580

*Науч.рук.:* Т.П. Никитина, учитель физики ГБОУ "Бауманская инженерная школа № 1580

Цель данного проекта – собрать автономную модель судна Флеттнера, подтверждающую действие эффекта Магнуса. Необходимо: провести опыты, доказывающие действие эффекта Магнуса; спроектировать и собрать автономную модель судна Флеттнера; провести испытания, проанализировать полученные результаты.

Для демонстрации эффекта Магнуса исследователями собраны различные модели судна Флеттнера. У них есть одно общее свойство: для работы модели пользователю необходим вентилятор или фен. Модель судна Флеттнера, представленная в проекте, является полностью автономной. Она не только более удобна для эксплуатации, но и наглядно демонстрирует силу Магнуса.

В теоретической части работы рассмотрено определение эффекта Магнуса, причины возникновения. Изучено практическое применение данного эффекта немецким инженером Антоном Флеттнером при разработке судна "Букау". Рассмотрены другие судна, использующие эффект Магнуса (приложение 1).

В практической части представлены три опыта для демонстрации эффекта Магнуса: падение бумажного цилиндра, полет модели летающего ротора, отклонение пламени свечи.

Описан процесс проектирования и сборки модели судна Флеттнера. Рассмотрены силы, действующие на модель (приложение 2). Подобраны комплектующие, собрана модель, проведены испытания и доработки. Результатом работы стала модель в виде платформы с колесами, на которую установлен бумажный цилиндр, приводимый во вращение электродвигателем, и вентилятор. Вентилятор создает поток воздуха скоростью 5 м/с. Оба мотора питаются от аккумулятора. Вентилятор установлен со смещением по отношению к цилиндру. Платформа движется автономно (приложение 3). Подготовлен чертеж и электросхема модели (приложение 4).

Собрана модель летательного аппарата, использующего эффект Магнуса (приложение 5). Вместо крыльев у модели 4 перпендикулярно расположенные пластины, по 2 с каждой стороны. Для полета и управления аппаратом в передней части установлены два пропеллера с тяговыми электродвигателями. С правой стороны модели расположен аккумулятор, а с левой – плата управления. Для взлёта аппарату нужно придать ускорение. При взлёте воздух от электродвигателей раскручивает пластины, и создаются вихревые

потоки. Сила, возникающая вследствие эффекта Магнуса, поддерживает летательный аппарат в воздухе. Подготовлен чертеж модели (приложение 6).

В заключении рассмотрены перспективы использования эффекта Магнуса.

Значимость и новизна исследования. В настоящее время использование силы Магнуса остается в области единичных экспериментальных моделей: в судостроении для создания турбопарусов и роторных парусов кораблей, в ветроэнергетике для изготовления новых типов лопастей ветрогенераторов, в спортивной индустрии для обучения игроков, в баллистике.

Изучение эффекта Магнуса может быть полезными не только в области аэродинамики, но и в других областях физики и химии, связанных с движением тела в вязкой среде.

В результате:

1. Эффект Магнуса действует на вращающиеся тела.
2. Было подтверждено, что интенсивность движения зависит от диаметра цилиндра и его угловой скорости, зависимость прямая.
3. Создана автономная модель судна Флеттнера. Создана модель летательного аппарата, использующего эффект Магнуса.

Собранные модели возможно использовать в учебном процессе для показа эффекта Магнуса, для изучения в перспективных лабораторных работах по физике в школе.

В перспективе использование эффекта Магнуса возможно при проектировании ветрогенераторов как способ увеличения их производительности.

### Литература

1. Статья «То ли мачта, то ли парус», журнал «Популярная механика» №101, март 2011
2. Статья Википедия «Эффект Магнуса» [https://ru.wikipedia.org/wiki/Эффект\\_Магнуса](https://ru.wikipedia.org/wiki/Эффект_Магнуса)
3. "Эффект Магнуса" Евграфова Н. Н., Каган В. Л. Курс физики для подготовительных отделений вузов: Учеб. пособие. — 3-е изд., испр. и перераб. — М.: Высш. шк. , 1984. - 487 с.
4. Л.Прандтль Эффект Магнуса и ветряной корабль // Журнал «Успехи физических наук». Том V, вып. 1-2. 1925, стр.1-27. <https://allbeton.ru/upload/iblock/bb9/effekt-magnusa-i-vetryanoy-korabl-iprandtln.pdf>
5. Канал «ГалилеоТВ» <https://www.youtube.com/watch?v=01EuzHT3-Yg>
6. Статья «Змей Магнуса» <http://www.freshdesigner.ru/aviatechnics-016.htm>
7. "Ветрогенератор на основе эффекта Магнуса" <https://sk.ru/opus/p/projects-magnus.aspx>

## Приложения



Рис. 1. Судно Флетнера и другие корабли, использующие эффект Магнуса.

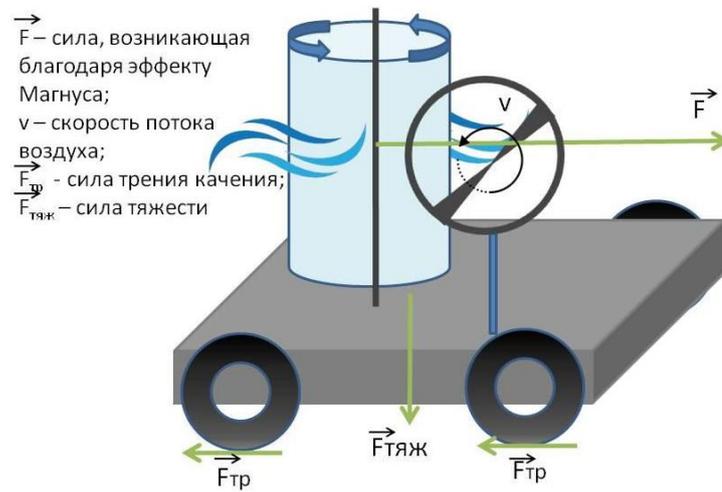


Рис. 2. Векторы сил, действующих на модель.

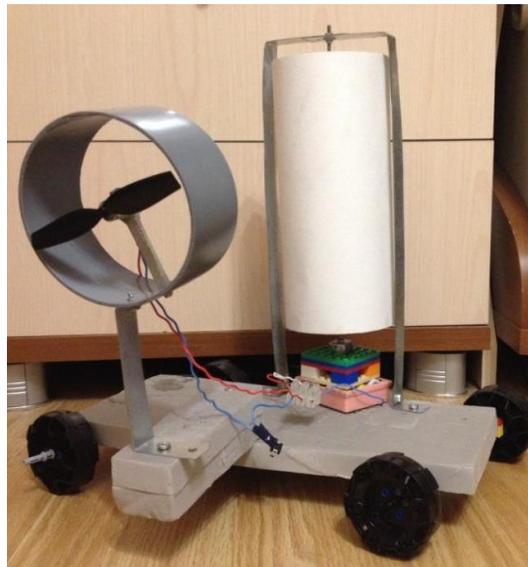


Рис. 3. Модель судна Флетнера.



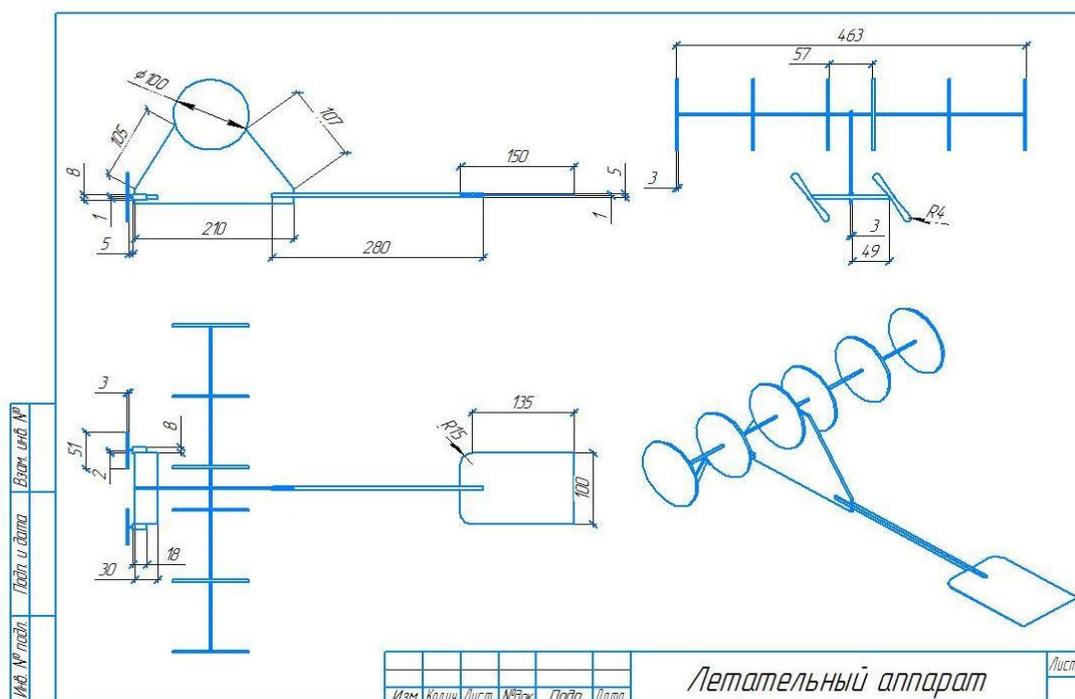


Рис. 6. Чертеж модели летательного аппарата.

## Оценка качества акустики учебных помещений

**В.И. Халиуллин**

ОУ СОШ «Первая Школа», г. Москва  
Малый университет при КФУ, г. Казань

*Науч.рук.:* к.т.н. Е.А. Марфин, доцент Института физики КФУ

Цель работы: оценка качества акустики учебных помещений Казанского федерального университета. Задачи: разработка методики эксперимента и проведение акустических измерений в разных учебных помещениях; обработка и анализ экспериментальных данных; проведение опроса лекторов и слушателей как субъективная оценка качества акустики помещений.

Значимость исследования состоит в объективной и субъективной оценке качества акустики учебных помещений. Новизна исследования состоит в разработке нового метода измерения и вычисления времени реверберации.

Качество акустики учебных помещений очень важный фактор не только для учебы, но и для здоровья, и жизни в целом. В учебных помещениях люди проводят много времени за интеллектуальным трудом. В основном, одни слушают, другие говорят, но звуковая среда меняется с внедрением новых методов обучения. С увеличением общего уровня шума, существует потребность в его снижении. По данным Всемирной организации здравоохранения более пяти процентов населения мира по разным причинам страдают от потери слуха и их число с каждым годом растет. Поэтому, создание благоприятной акустической среды в учебных помещениях, как для слушателей, так и для лекторов, является очень важной задачей для организаторов учебного процесса.

Акустика учебных помещений зависит от их архитектуры, отделки и оснащённости. Одним из показателей акустического комфорта помещения является время реверберации -

время, в течение которого уровень звукового давления уменьшается на 60 дБ. В соответствии с Национальным стандартом РФ ГОСТ Р ИСО 3382-2-2013 «Акустика. Измерение акустических параметров помещений» ч. 2 «Время реверберации обычных помещений» и аналогичным международным стандартом ISO 3382-2:2008 «Acoustics - Measurement of room acoustic parameters - Part 2: Reverberation time in ordinary rooms» время реверберации определяет диапазон разборчивости речи.

Многие исследователи разными способами определяют качество акустики помещений объективно измеряемыми параметрами звукового поля. Некоторые пытаются установить связь между субъективной и объективной оценкой качества акустики.

Объектами исследования были две аудитории №109 к.2 и №117 института физики КФУ, отличающиеся формой и объемом. Для объективной оценки качества акустики проводилось измерение времени реверберации с помощью микрофона, динамика, записи аудио дорожки. Микрофон, как приемник звука, располагался на местах слушателей. Динамик, как источник звука, находился на месте лектора. Записанные звуковые сигналы анализировались в программах «Cool Edit Pro 2.0», «Excel», на которых измерялось затухание звука. Для каждой аудитории получена зависимость времени реверберации от частоты. Среднее значение сравнивалось с графиком стандарта. Время реверберации в ауд.109 во многих местах больше стандарта, поэтому акустика помещения «гулкая». Время реверберации в ауд.117 во многих местах ниже стандарта, поэтому акустика помещения «глухая». Объективная оценка качества акустики исследуемых аудиторий показала, что качество акустики не соответствует стандарту.

Субъективная оценка качества акустики была проведена методом анкетирования непосредственных участников учебного процесса: слушателями и лекторами этих аудиторий. Акустика всеми слушателями обеих аудиторий оценена как «отличная», всеми лекторами ауд. 109 - как «хорошая», ауд. 117: 50% лекторов - как «отличная» и 50% - как «хорошая». На основании этих оценок, можно сделать вывод, что акустическая среда обеих аудиторий для лекторов дискомфортна.

Итоги: качество акустики исследуемых ауд.109 и 117 не соответствует стандарту, дискомфортно для лекторов, объективная и субъективная оценки качества акустики качественно совпали.

## Литература

1. Бюллетень Всемирной организации здравоохранения 2019;97:647-647А «Охрана здоровья слуха: требования к системам здравоохранения». <http://dx.doi.org/10.2471/BLT.19.243683>.
2. СанПиН 2.4.3.1186-03: федер. закон от 30.03.1999 № 52-ФЗ "О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения" (с изм. и доп.): [Электронный ресурс]. - URL: <http://www.garant.ru>.
3. Национальный стандарт РФ ГОСТ Р ИСО 3382-2-2013 «Акустика. Измерение акустических параметров помещений». Общероссийский классификатор стандартов. Строительные материалы и строительство. Защита зданий снаружи и внутри. Акустика в зданиях: федер. закон от 27.12.2002 г. № 184-ФЗ "О техническом регулировании" (с изм. и доп.) [Электронный ресурс]. - URL: <http://www.garant.ru>.
4. Свод правил 251.1325800.2016 Здания общеобразовательных организаций. Правила проектирования (с изменениями N 1, 2): федер. закон от 30.12.2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» (с изм. и доп.) [Электронный ресурс]. - URL: <http://www.garant.ru>.
5. <https://ru.wikipedia.org/wiki> Википедия. Свободная энциклопедия.

6. Элементарный учебник физики в 3 т. Т.III. Колебания, волны, оптика, строение атома. – 9 изд. / под. ред. Ландсберга Г.С. – М.: Наука, 1975. – С.5 7-147.
7. Brüel & Kjaer «Измерения в акустике зданий» DK-2850 Nærum Denmark.
8. <https://arxipedia.ru/arxitekturnaya-akustika/reverberaciya-zvuka-v-pomeshheniii-metody-ee-umensheniya.html/> Архитектурная энциклопедия. Реверберация звука в помещении и методы ее уменьшения.
9. Гулиа Н.В. Удивительная физика. – М.: ЭНАС-КНИГА, 2015. – 416 с.
10. <http://livesoundjournal.ru/vliyanie-akustiki-na-zvuk-v-lyubom-pomeshhh/> Влияние акустики на звук в любом помещении.
11. Физика: колебания и волны. Углубленный уровень. 11 кл.: Учебник / Г.Я.Мякишев, А.З.Синяков. – М.: Дрофа, 2014. – С.179-204.
12. Алдошина И. Субъективные критерии оценки акустики помещений. Ч.1 // Звукорежиссер. – 2000. – № 10.
13. Горчакова С.Д., Сапожников А.П. Оценка качества и улучшение акустической среды в учебной аудитории // Инженерный вестник Дона. – 2018. – № 4 (51). – С.211.
14. Радзишевский А. Компьютерная обработка звука. – М.: Нолиндж, 2000. – 240 с.
15. Петелин Р.Ю., Петелин Ю.В. Cool Edit Pro 2. Секреты мастерства. – СПб.: БХВ-Петербург. Арлит, 2002. – 432 с.
16. Канев Н.Г. Затухание звука в прямоугольном помещении с импедансными стенками. // Акустический журнал. - 2012. - Т.58. - № 5. - С. 656-662.

### Приложение



Рис. 1: Ауд. № 109 к.2 КФУ.



Рис. 2: Ауд.117 института физики КФУ.



Рис. 3: Проведение эксперимента в ауд.109 и 117.

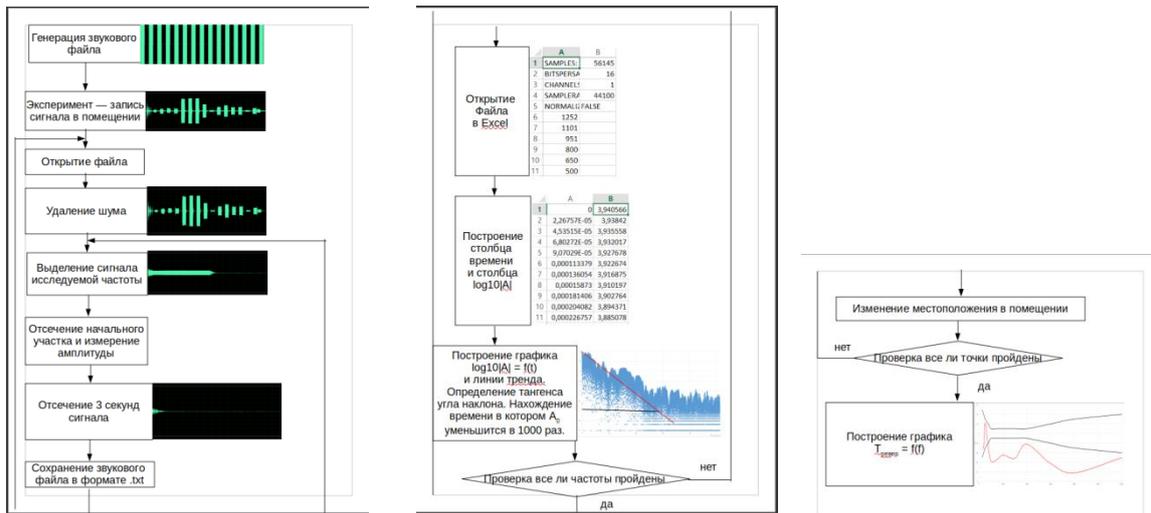


Рис. 4: Рис. Измерение и вычисление времени реверберации в ауд.109 и 117

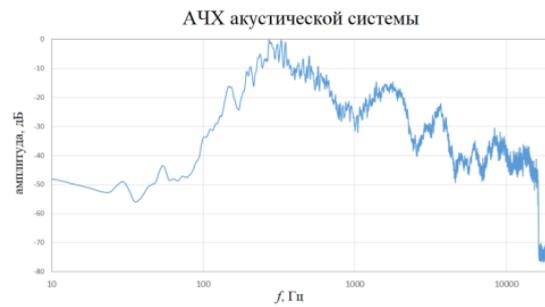


Рис. 5: Амплитудно-частотная характеристика связки «динамик-микрофон»

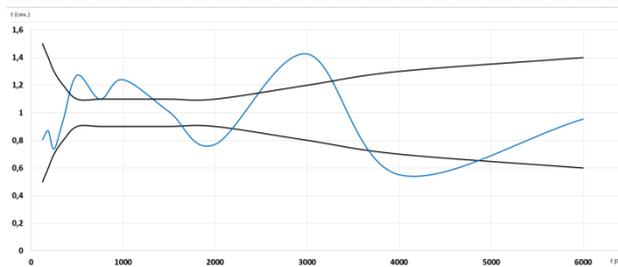


Рис. 6: Сравнение времени реверберации в ауд.109 со стандартом

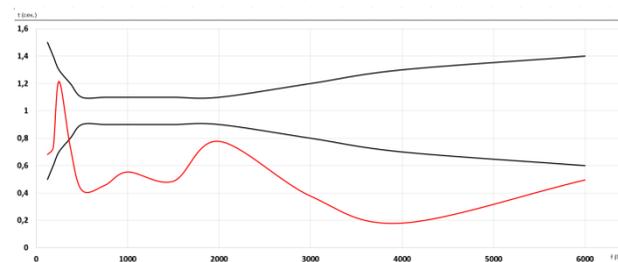


Рис. 7: Сравнение времени реверберации в ауд.117 со стандартом

## Анкетирование слушателей и лекторов

1. Вопрос для слушателей: «Оцените сколько процентов слов лектора Вы различаете? (от 0 до 100%), указав свой ряд и место от середины доски (или экрана).
    - 1.1 Результаты опроса слушателей ауд. 109 к.2, проведенного 17.12.2019 г. в 17.00 час.: опрошено 43 слушателя, из них 3 анкеты испорчено, итого 39 респондентов, 100 % слушателей оценивают качество акустики как «отличное».
    - 1.2 Результаты опроса слушателей ауд. 117 института физики, проведенного 18.12.2019 г. в 15.00 час.: приняли участие 5 чел., 100% слушателей оценивают качество акустики как «отличное».
    - 1.3 Качество акустики ауд.109 и 117 100 % слушателей оценено как «отличное».
  2. Вопрос для лекторов: Как часто Вам приходится повышать голос во время лекций? (от 0 до 100%)
    - 2.1 Результаты опроса лекторов ауд.109 к.2, проведенного 17.2.2019 г. в 17 час.: приняли участие 2 лектора, один оценил кол-во слов в 50%, второй – в 60%, качество акустики оценено 100% лекторов как «хорошее».
    - 2.2 Результаты опроса лекторов ауд.117 института физики, проведенного 18.12.2019 г. в 15.00 час.: приняли участие два лектора, один оценил кол-во слов в 65%, другой – в 0%, качество акустики оценено 50% лекторов как «отличное», 50% как «хорошее».
- Таким образом, качество акустики ауд.109 и 117 всеми слушателями оценено как «отличное», лекторами как «хорошее». Следовательно, для лекторов акустическая среда исследуемых аудиторий является дискомфортной.

## Распределение интенсивности в фокусе абберационной цилиндрической линзы

*Д.М. Хитрин*

МБОУ «Лицей №40», Нижний Новгород

*Науч.рук.:* К.А.Карпов, старший лаборант-исследователь ИПФ РАН

Изучение распределения интенсивности лазерного излучения в фокусе абберационной линзы позволяет продвинуться в создании оптической системы ловушки для ультрахолодного газа. Локальные максимумы интенсивности приводят к нагреву атомов внутри ловушки, что является нежелательным эффектом. Полученные нами данные позволят достигнуть в лабораторных условиях самой низкой температуры в мире, что в дальнейшем будет использоваться для создания приборов, в которых применяется эффект охлаждения мельчайших структурных частиц вещества до ультранизких температур.

Цель исследования минимизировать факторы, приводящие к нагреву атомов, в частности, попадание в полость ловушки лазерного излучения. вследствие сферической абберации линзы: по обе стороны от глобального максимума лазерного излучения находятся области локальных максимумов излучения (рис. 1).

Поскольку повышение температуры области вокруг ловушки не влияет на изменение температуры полости ловушки, нашим решением задачи будет снижение влияния сферической абберации линзы с помощью абберации типа «кома», позволяющей переместить локальные максимумы излучения на одну сторону от основного максимума.

Эксперименты:

1. Первый эксперимент (без наклона линзы). Цель: убедиться в том, что ширина пучка в фокусе, когда линза повёрнута к нему плоской стороной меньше, чем в случае, когда

она повернута к фокусу выпуклой стороной. Ход эксперимента: мы фотографировали разные сечения лазерного луча, проходящего через линзу. Линза было повернута сначала плоской стороной к фокусу, затем выпуклой. Из полученных фотографий были выбраны две, на которых был изображён пучок в фокусе.

2. Второй эксперимент (с наклоном линзы) включал в себя два опыта, направленных на исследования эффектов, возникающих благодаря наклону линзы. Целью второго опыта служило нахождения минимального угла, при котором абберация типа «кома» выражена сильнее сферической абберации линзы.

Результаты:

1. Первый эксперимент. В ходе эксперимента были получены фотографии пучка лазерного излучения после прохождения линзы, расположенной выпуклой стороной к фокусу и плоской стороной к фокусу (рис. 2). При обработке экспериментальных данных было построено сечение пучка лазерного излучения (рис. 3). По полученному графику была рассчитана ширина пучка.
2. Второй эксперимент. Основным результатом второго опыта являются фотографии пучка (рис. 4) и графики (рис. 5,6,7) сечения пучка лазерного излучения после прохождения через наклонённую линзу. Также была посчитана толщина пучка и оценён угол наклона линзы, при котором появляется кома, способная снизить эффект сферической абберации.

Отличие снимков а) и с) заключается в том, что в случае а) локальные максимумы приводят к снижению интенсивности основного максимума, а в случае с) с правой стороны от глобального максимума можно наблюдать плато распределения интенсивности. Потеря интенсивности снижает количество атомов, удерживаемое внутри ловушки. Плато приводит к незначительному нагреву атомов.

Однако недостатки снимков а) и с) являются не такими значительными по сравнению с недостатками случая б), так как в промежутках провала интенсивности между глобальным максимумом и локальными максимумами будут задерживаться атомы и, как следствие, нагреваться. В случае с) плато не будет приводить к значительному нагреву атомов. Несмотря на недочёты снимков а) и с) они подходят для использования при глубоком охлаждении внутри атомной ловушки.

Графики (рис. 5,6,7) отражают описанные особенности снимков. Так, видно, что на 5 рисунке интенсивность пучка меньше, чем в остальных случаях. Плато в случае с) – отрезок 7 графика с 28 по 31 мкм.

В результате разработан способ снижения негативного влияния сферической абберации линзы для возможности доведения частиц вещества внутри полости атомной ловушки до рекордно низких температур. Изменение картины распределения интенсивности в фокусе такой оптической системы позволяет использовать её для создания дипольной ловушки.

## Литература

1. Вниз по шкале температур // В.А.Виноградов, К.А.Карпов, С.В.Савельева, А.В.Турлапов // Квантовая электроника, 2019, 49, № 5.
2. Том IV Оптика // Д. В. Сивухин // ФИЗМАТЛИТ, 2018, №4, с. 109
3. Trapping of neutral sodium atoms with radiation pressure // E. L. Raab, M. Prentiss, A. Cable, S. Chu, D. E. Pritchard // Physical Review Letters. 1987. Dec. Vol. 59, no. 23.

## Приложение

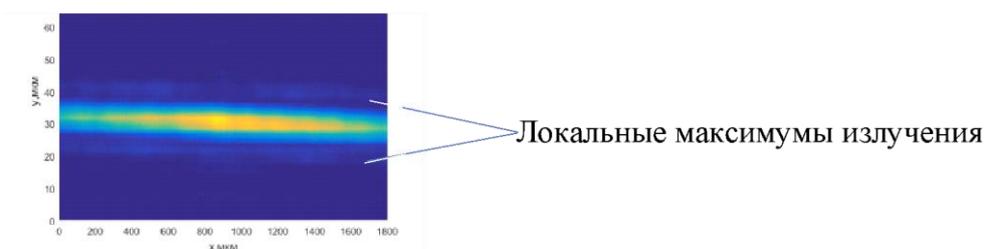


Рис. 1. Пучок лазерного излучения в фокусе

а)

б)

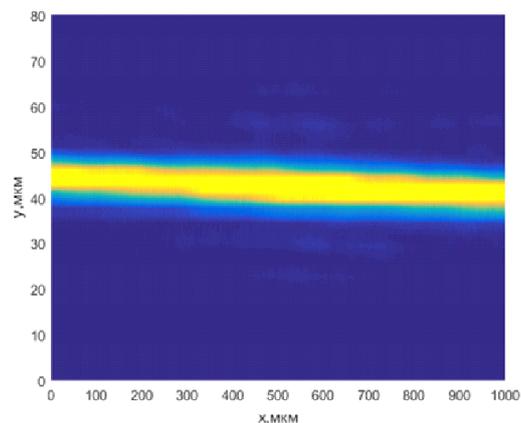
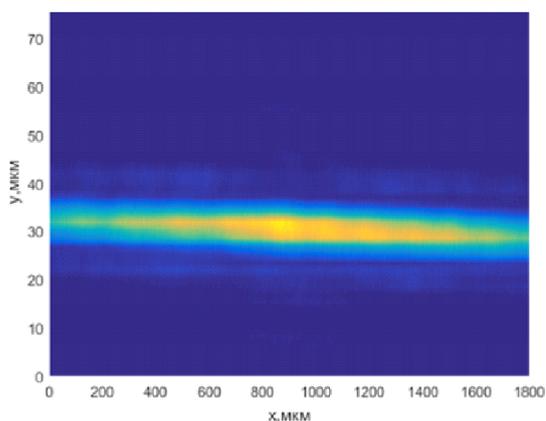


Рис. 2. Пучок лазерного излучения после прохождения цилиндрической линзы: а) линза повернута выпуклой стороной к фокусу, б) линза, повернута плоской стороной к фокусу

а)

б)

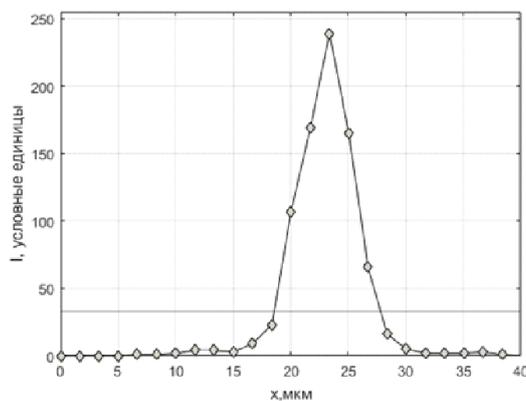
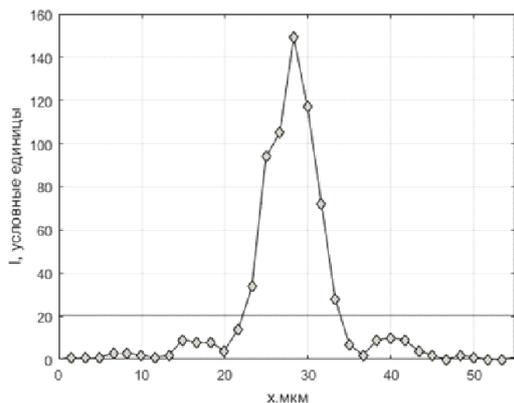


Рис. 3. Толщина пучка в фокусе цилиндрической линзы: а) толщина пучка в фокусе линзы, повернутой выпуклой стороной к фокусу, б) толщина пучка в фокусе линзы, повернутой плоской стороной к фокусу

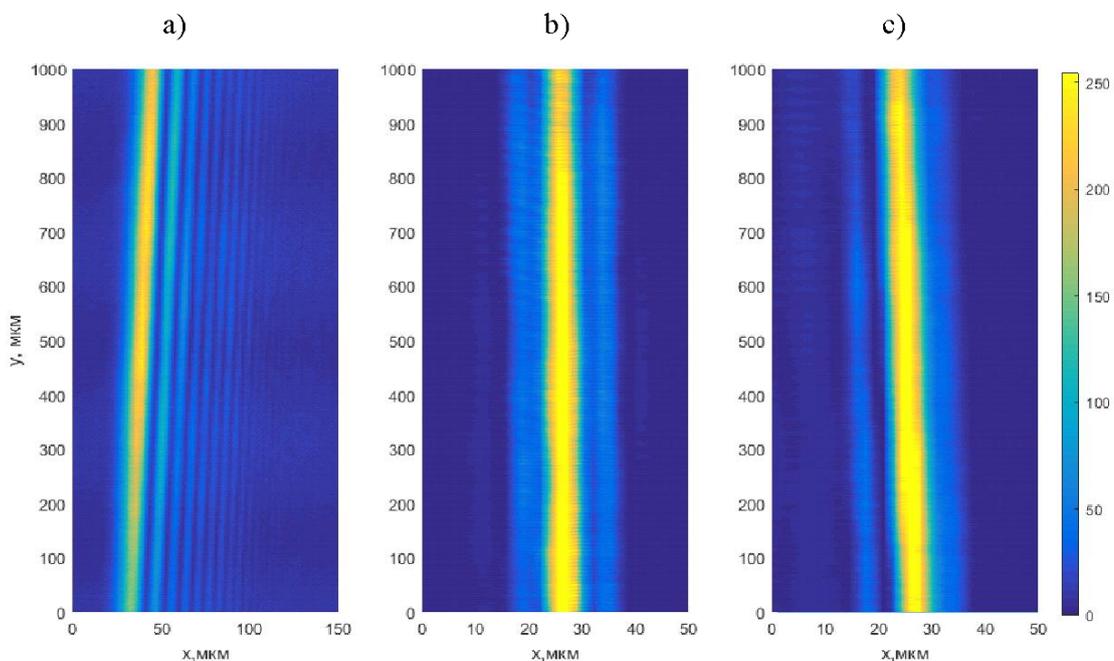


Рис. 4. Пучок лазерного излучения после прохождения наклонённой цилиндрической линзы: а) кома, наблюдаемая во время первого опыта с наклонённой линзой, б) сферическая абберация, наблюдаемая во втором опыте без наклона линзы, в) кома, наблюдаемая во время второго опыта

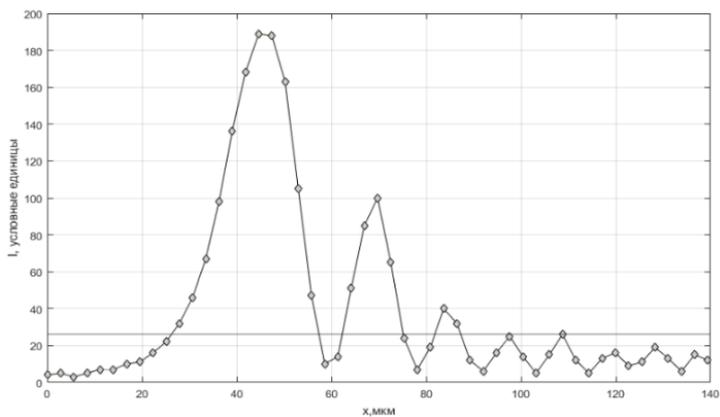


Рис. 5. Толщина пучка в фокусе наклонённой линзы (случай а))

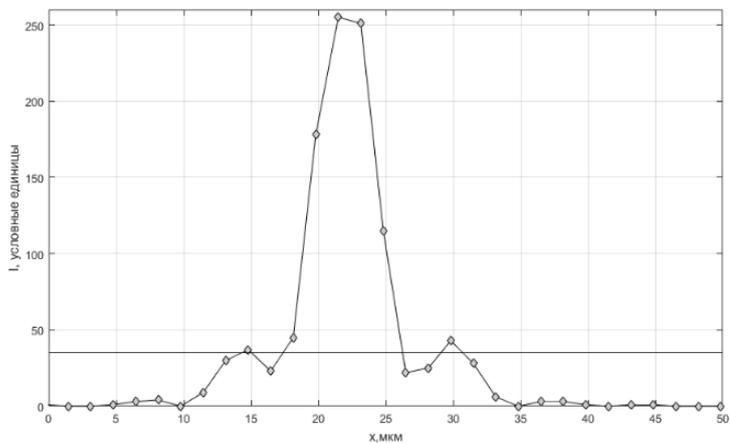


Рис. 6. Толщина пучка в фокусе линзы без наклона (случай б))

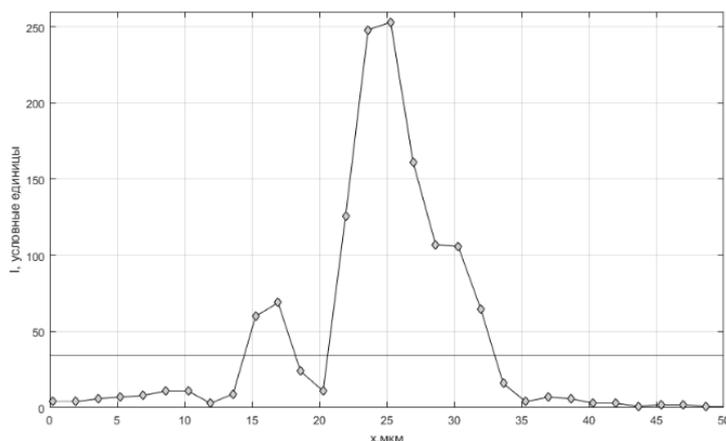


Рис. 7. Толщина пучка в фокусе наклонённой линзы (случай с))

## Резонатор Гельмгольца для создания и поддержания комфорта с сопутствующим преобразованием «вредной» составляющей звуковой энергии

*Е.А. Хлебникова*

ГУО «Гимназия №5 г.Витебска»

*Науч.рук.:* Н.Г.Тищенко, учитель физики ГУО «Гимназия №5 г. Витебска»

Гипотеза: можно создать акустическое устройство, избирательно как шумоподавляющее, так и звукоусиливающее, на работу которого оказывают влияние параметры установки, и их можно варьировать легко реализуемым способом. Предполагаемый результат: устройство, позволяющее реализовать идею использования доступной, недорогой, чистой энергии и поддерживающее комфорт в быту, учреждениях образования, общественных зданиях.

Этапы реализации проекта: выявление проблемы; проведение теоретического исследования; проведение экспериментального исследования; определение области применения исследования; выработка реальных рекомендаций; распространение идей и пропаганда эффективных способов энергосбережения.

Результаты и их обсуждение. Перед изучением теоретического материала мы предварительным экспериментом мы убедились, что, когда струя воды входит в бутылку (которая является объемным резонатором), возникает звук, свойства которого меняются по мере заполнения бутылки. Проведя теоретическое исследование, мы приняли для рассмотрения 4 основных положения, которые позволили нам выявить существенные параметры системы.

Исходя их результатов экспериментального исследования, были сформулированы выводы: объемный резонатор можно настраивать с помощью воды; заполняющийся сосуд – резонатор с переменными параметрами; на свойства звука при заполнении сосуда водой оказывают влияние такие параметры системы, как:

1. Скорость струи – влияет на громкость звука и на количество обертонов, диаметр струи – на высоту тона, т.к. изменяет площадь выходного отверстия);
2. Размер сосуда – на диапазон частот, форма - на вид спектрограммы и количество обертонов, материал сосуда – на количество обертонов; размер выходного отверстия – на высоту тона;

3. Температура воды и окружающей среды не является существенным параметром в рассматриваемых условиях;
4. При внешнем шуме объемный резонатор становится звукопоглотителем, настройку спектра поглощения можно производить степенью наполнения
5. Тепловой эффект хоть незначительный, но есть.

В результате: проведено большое количество экспериментов, позволяющих предположить, что объемный резонатор (как для усиления, так и для поглощения звука) можно настраивать с помощью воды (легко реализуемо и дешево, экологически чисто), эти настройки можно контролировать, т.к. выявлены соответствующие зависимости; проведена частичная реализация проекта в гимназии, быту; очевидно, что существуют ограничения для данного способа, которые обусловлены областью применения или особенностями конструкции устройств, в которых используется резонатор; существуют малоизученные, но перспективные способы достижения целей устойчивого развития, в частности цели 7 «Недорогостоящая и чистая энергия».

Новизна – получено экспериментальное подтверждение того, что существует легко реализуемый и низкочастотный, экологически чистый способ настройки объемного резонатора.

Наши предложения по применению данного явления: выделять или подавлять широкий диапазон частот при помощи одного резонатора; такими или подобными системами резонансного поглощения можно оборудовать стены или другие части помещений в квартирах, различных учреждениях (образования в том числе) – получится резонансный поглотитель, которому можно придать очень красивый вид, соответствующий современным архитектурным тенденциям; так как объемный резонатор является хорошим звукопоглотителем, за счёт этого и теплоизлучателем, то существует реальная возможность её применения для решения вопросов как энергосбережения и обеспечения комфорта, так и улучшения экологической ситуации; уникальные свойства настраиваемого объемного резонатора способствуют созданию экономичных и экологически чистых устройств.

### **Радиационный фон г. Бийска Алтайского края**

***В.В. Черников***

КГБОУ «Бийский лицей-интернат» Алтайского края

*Науч.рук.: Т.Б. Зеленкова, классный руководитель КГБОУ "Бийский лицей-интернат" Алтайского края*

Целью данной работы является исследование радиационного фона в Бийске и знания населения о нем. Необходимо выяснить, что такое радиация и выявить её источники в нашей жизни; понять устройство дозиметров и собрать свой дозиметр; провести эксперимент, доказывающий присутствие радиации в нашей жизни и исправность измерительного прибора; измерить радиацию и составить карту радиационного фона в городе Бийске; провести опрос и сделать информационный буклет о радиации.

Гипотеза: в Бийске нормальный радиационный фон, но обнаружить его можно только с помощью спец. приборов. Однако население обладает не полными знаниями о нем. Методы решения поставленных задач: маршрутное исследование; сбор и обработка данных; сборка самодельного устройства дозиметра; проведение эксперимента; измерение

радиационного фона с помощью бытового дозиметра Air Counter-S; составление карты; проведение опроса.

Радиация — это излучение от радиоактивных веществ, которое в крупных количествах вредит организму, она встречается повсеместно и ее источники могут быть как естественными, так и антропогенными. В своей работе я решил изучить какие факторы влияют на радиационный фон и исследовать радиационный фон в своем городе.

В нашем городе нет крупных антропогенных источников излучения радиации, но на наш радиационный фон влияют естественные факторы, так же на нас влиял такой источник, как испытания ядерного оружия в Семипалатинске.

В процессе работы над проектом я изучил какие бывают дозиметры и узнал, что мой дозиметр Air Counter\_S проводит измерения с помощью полупроводниковых детекторов (см. рис. №1 в приложении). Данный дозиметр предназначен для измерения радиационного фона (Гамма-излучения) вокруг себя в диапазоне от 0,05 мкЗ/ч до 9,99 мкЗ/ч.

Было решено сделать самодельный дозиметр на основе ионизации инертного газа (см. рис. № 2 и №3 в приложении). С помощью дозиметра Air Counter\_S, провел эксперимент, доказывающий присутствие радиации в нашей жизни и исправность данного прибора. Эксперимент заключается в следующем: если ненадолго включить в душе сильную струю горячей воды, то в комнате повысится содержание радона, после чего немного возрастет уровень радиации. Это хороший способ доказать существование радиации вокруг нас и проверить работоспособность прибора (см. рис. № 4 и №5 в приложении).

Для перемещений по городу я использовал общественный транспорт и пешее передвижение (см. рис. №6 во вложении). Измерения показали, что в нашем городе допустимый и стабильный радиационный фон. Составив карту и сравнив ее с прошлогодней, я сделал вывод, что радиационный фон в Бийске не сильно изменяется с течением времени.

Для опроса было составлено несколько вопросов, которые могут достаточно точно отразить знания и понимание участников по теме радиация, радиационные источники и радиационный фон. После опроса я сделал вывод, что семиклассники имеют меньшие знания о радиации, чем восьмиклассники. Для поднятия осведомленности учеников я разработал информационный буклет (см. рис. №7 во вложении).

Работа является актуальной, так как в наше время необходимо знать о радиации и радиационном фоне. Новизна: в интернете нет карты радиационного фона г. Бийска и простого источника информации, в котором рассказывается про радиацию, её источники и радиационный фон.

Подводя итоги, я пришел к выводу, что мы встречаемся с радиацией каждый день и от неё невозможно укрыться нигде, но радиационная обстановка в нашем городе хорошая и стабильная. Я убедился, что прибор, с помощью которого были произведены измерения работает исправно, и что возможно собрать простой прибор, способный обнаруживать присутствие большого количества радиации, своими руками. К этому можно добавить, что школьники имеют некоторые знания о радиации, но эти знания часто неполны, или недостоверны. Значит моя гипотеза подтвердилась.

## Цифровой микроскоп на основе веб-камеры

*Е.Ю. Чиркина*

МБОУ СОШ №19 г.Мичуринска Тамбовской области

*Науч.рук.:* Ю.А. Чиркин, учитель физики и информатики МБОУ СОШ №19 г Мичуринска Тамбовской области

Многие восхищаются красотой окружающего мира, в том числе и красотами микромира. Возможность наблюдения объектов микромира даёт микроскоп, однако не у всех есть доступ к данному устройству.

Гипотеза: может быть, можно изготовить микроскоп в домашних условиях с использованием имеющихся оптических устройств?

Цель – изготовить недорогой цифровой микроскоп, который будет иметь практическое применение на уроках и во внеурочной деятельности школьников. Необходимо: выяснить потребность в микроскопе; изучить принцип действия микроскопа; изучить оптическую схему веб-камеры; изготовить действующую модель микроскопа; рассчитать характеристики устройства; рассчитать себестоимость устройства; разработать приспособления для практического использования микроскопа; провести апробацию устройства; оценить возможность масштабирования проекта; оценить возможность усовершенствования устройства.

Цифровой микроскоп, изготовленный на основе веб-камеры, может иметь практическое применение на уроках биологии, химии, физики, информатики, а также при выполнении исследовательской деятельности учащимися.

Перед разработкой проекта была проведена диагностика потребности в устройстве. Были опрошены учителя и ученики нашей школы. По итогам опроса выяснилось, что микроскоп, который позволял бы получать изображение объектов на экране будет востребован. Учителям данное устройство было бы полезно при фронтальной демонстрации объектов и проведении практических работ. Ученики отмечали полезность данного устройства для исследовательской деятельности.

На теоретическом этапе работы были изучены принципы работы микроскопа и веб-камеры и выяснена зависимость увеличения веб-камеры ( $\Gamma$ ) от расстояния между объективом и светочувствительной матрицей ( $f$ ) (график представлен на рисунке 1)

$$\Gamma = \frac{f}{F} - 1$$

Таким образом, был получен вывод о возможности получения увеличенного изображения веб-камерой при расстоянии между объективом и светочувствительной матрицей  $>2F$ .

На этапе практической реализации были внесены необходимые изменения в конструкцию веб-камеры, реализован механизм плавного изменения расстояния от веб-камеры до предмета, добавлен USB-осветитель для возможности использования веб-камеры в условиях недостаточной освещённости (см. рис. 2).

Также было экспериментально рассчитано видимое увеличение цифрового микроскопа и изготовлена масштабная линейка для возможности прямого измерения размеров объекта на экране компьютера (см. рис. 3).

С помощью микроскопа были исследованы: структура листа осоки, крыло насекомого, микропрепараты из школьного набора «Ботаника», измерен диаметр человеческого волоса, размер кончика иглы. Также микроскоп был использован в учебном процессе на уроках информатики и биологии (приложения).

В ходе реализации проекта гипотеза получила своё подтверждение – на основе веб-камеры изготовлен недорогой цифровой микроскоп. Устройство даёт возможность демонстрировать и производить измерения объектов микромира. Характеристики устройства позволяют успешно его использовать на уроках и во внеурочной деятельности школьников. Таким образом, цель проекта достигнута - изготовлен недорогой цифровой микроскоп, который имеет практическое применение. Проект успешно реализован.

### Литература

1. <https://nauka.club/biologiya/stroenie-mikroskopa.html>
2. <https://bigenc.ru/physics/text/2212779>
3. <https://бмэ.орг/index.php/МИКРОСКОП>
4. [https://reflektor.kz/articles.php?article\\_id=21](https://reflektor.kz/articles.php?article_id=21)
5. <https://mirznanii.com/a/122217/ustroystvo-veb-kamery/>
6. <https://foxford.ru/wiki/fizika/tablitza-izobrazheniy-v-tonkoy-linze>
7. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Линза>

### Приложения



Рис 1



Рис. 2



Рис. 3

Использование микроскопа в учебном процессе:



Рис. 4. Урок информатики (пиксели на экране ноутбука) Урок биологии (клетки кожицы лука)

Изображения, полученные с помощью микроскопа



Рис. 5. Край листа растения осока

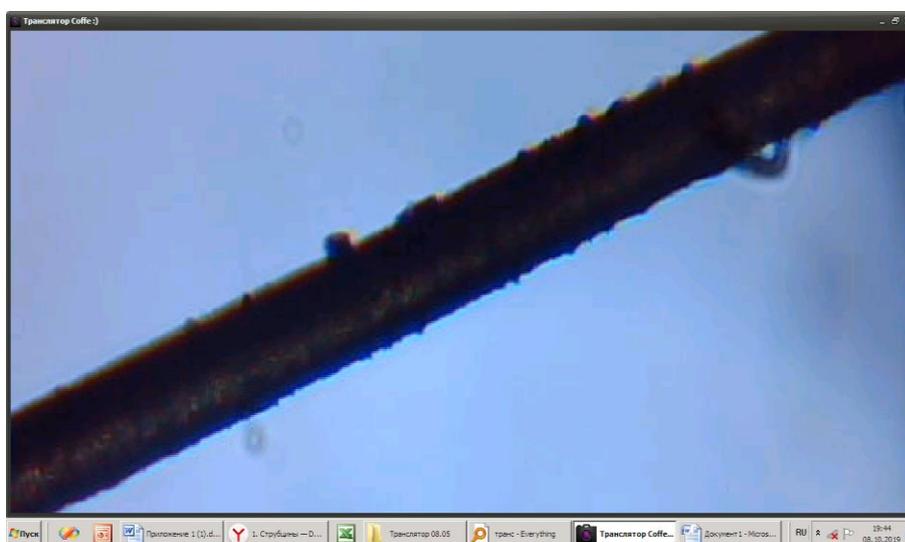


Рис. 6. Волос человека



Рис. 7. Крыло мухи



Рис. 8. Лапка насекомого

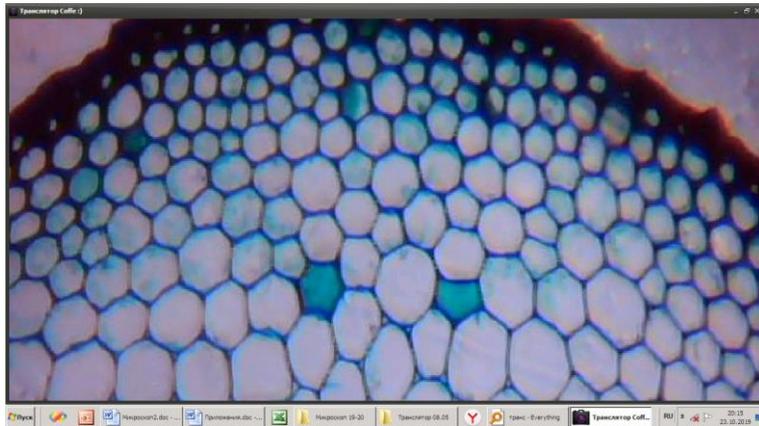


Рис. 9. Клетки хвоста

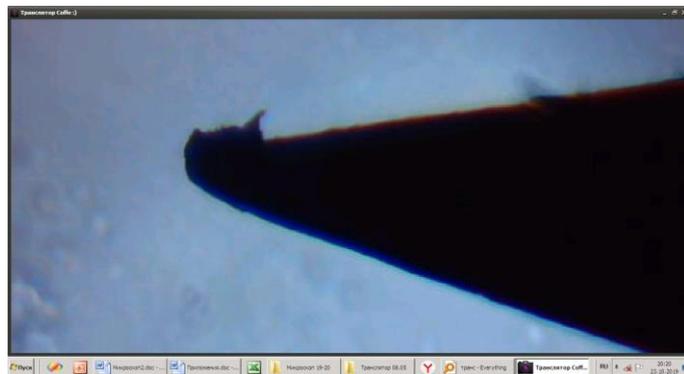


Рис. 10. Кончик английской булавки

## Исследование затопления сосуда

*Е.С. Шелковникова*

МБНОУ «Лицей № 84 им. В.А. Власова», г. Новокузнецк

*Науч.рук.:* О.И. Талабира, учитель физики МБНОУ «Лицей № 84 им. В.А. Власова»

Целью данной работы является определение параметров, влияющих на время затопления. Необходимо: исследовать зависимости времени затопления от диаметра отверстия, начальной глубины затопления (масса миски), диаметра дна, высоты стенки, температуры воды (вязкость).

Если изучить время затопления на простейших моделях, то можно будет предугадать примерное время затопления судов, что спасёт множество жизней.

Для лучшего понимания того, что нам нужно, рассмотрим пример затопления различных сосудов на примере задачи Турнира Юных Физиков 2020 “Саксонская миска”. В данной задаче мы исследуем время затопления от уместных здесь параметров. Начнем с простейшей модели, в ней будут рассмотрены простейшие параметры. Затем перейдём к более сложной модели, где мы учтём вязкость жидкости, то, что из отверстия бьёт «Фонтан»(смотри приложение 1), различные формы течения, число Рейнольдса, капиллярный эффект, а также коэффициент сжатия струи воды(смотри приложение 2). Затем были проведены эксперименты и сопоставлены с теорией. Теоретически был сделан расчёт количества воды, поступающей в судно через пробоину.

В результате работы был установлен: из отверстия бьёт «Фонтан»; формы течения в сосуде: ламинарное и турбулентное; для каждого вида течения существует критическое число Рейнольдса; вода не сразу переливается через стенки сосуда; коэффициент сжатия струи равен 0,6; скорость воды постоянна для цилиндрической миски; чем меньше диаметр отверстия, тем больше время затопления; чем больше масса миски, тем меньше время затопления; чем больше диаметр миски, тем больше время затопления; чем больше высота стенки, тем больше время затопления; при увеличении температуры воды, время затопления уменьшается; при увеличении температуры вязкость уменьшается.

### Литература

1. <http://gidravl.narod.ru/istechenie.html>
2. <https://flot.com/publications/books/shelf/specialcases/93.htm>
3. An-Experiment-with-Saxon-Bowls
4. <https://iypt.ru/>
5. Гидрогазодинамика, Е.Е. Бульба, Г.Р. Зиякаев

## Приложения

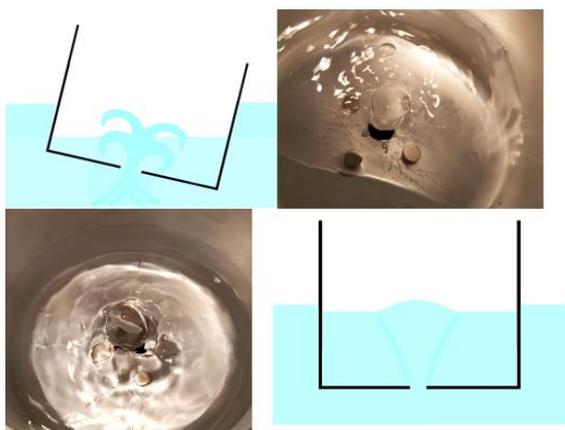


Рис. 1: Фонтан

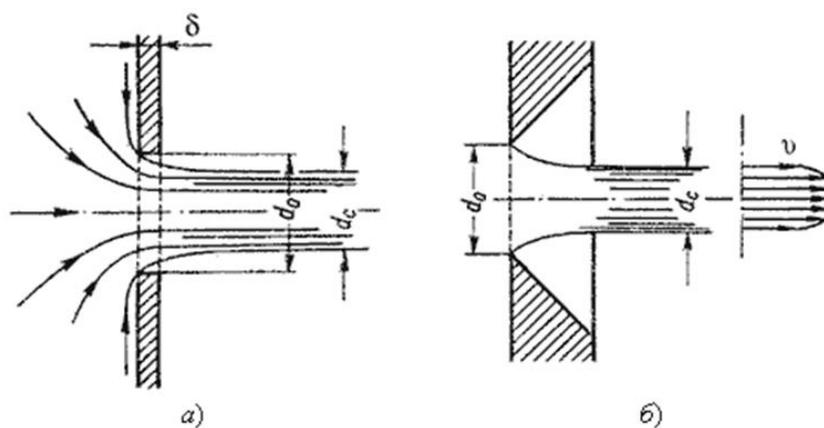


Рис. 2: Сужение струи воды

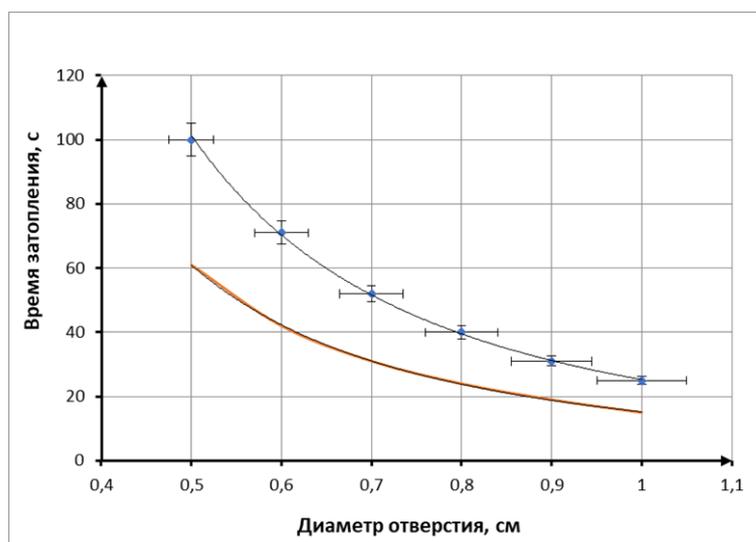


Рис. 3: Зависимость времени затопления от диаметра отверстия

$$t_{\text{теор}} = \frac{15,2}{d^2} \quad t_{\text{эксп}} = \frac{25,24}{d^2} \quad \Rightarrow \quad \frac{k_{\text{теор}}}{k_{\text{эксп}}} = 0,6$$

## **Автоматизация экспериментального исследовательского стенда для определения оптических свойств кристаллов KDP и DKDP**

*А.И. Штокман*

МБОУ «Лицей №40», Нижний Новгород

*Науч.рук.:* А.И. Павликов, инженер первой категории, «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук»

Целью работы является создание стенда для исследования электрооптических свойств кристаллов KDP, DKDP и программного обеспечения для него. Необходимо: получить теоретические знания; создать экспериментальный стенд; провести испытания экспериментального стенда и методики сбора данных на пробных образцах; обработать и проанализировать экспериментальные данные.

Установки для количественной оценки дефектов, которые возникли при росте кристаллической структуры (були), на данный момент не существуют. Наличие такой установки поможет сократить время, необходимое на производство готового изделия, а также поможет избежать случаев разрушения элемента при вырезании его из заготовки.

В данный момент кристаллы группы KDP и DKDP активно применяются в лазерной физике при нелинейно-оптических преобразованиях, в частности, широкоапертурные элементы используются в таких экспериментальных установках по исследованию управляемого лазерного термоядерного синтеза, как УФЛ-2М, ИСКРА-5, National Ignition Facility. Для создания широко апертурных элементов требуются специальные технологии, не используемые при изготовлении небольших элементов. При выращивании кристаллов этого типа методом скоростного профилированного роста могут возникать механические напряжения кристаллической решётки. Это явление требует дополнительного исследования, чтобы при механической обработке кристаллической заготовки (були) обеспечить необходимые оптические свойства. Ранее механические напряжения в заготовках оценивались на приборе ПКС-250М, который позволял получить лишь качественную картину, но без количественной оценки. Также ПКС-250М принципиально не позволяет исследовать нелинейные элементы с оптической осью, не перпендикулярной рабочей поверхности элемента. С увеличением размеров заготовок использование ПКС усложнилось и потребовалась бóльшая разрешающая способность. Размеры выращиваемых заготовок варьируются от 100\*100\*100 мм до 620\*650\*70 мм, что делает затруднительным исследование в «один кадр» (Требуется установка с оптическими элементами соответствующих габаритов). Поэтому было решено создать компактную установку, которая способна сканировать кристаллы данных размеров по координатам и исследовать как нелинейный элемент ячейки Поккельса (НЭЯП) так и нелинейный элемент преобразователя частоты (НЭПЧ). При этом, для получения пространственного разрешения хотя бы в 1 мм необходимо проводить тысячи отдельных измерений, что труднореализуемо вручную и требует огромных временных затрат, следовательно, создаваемая установка должна работать в автоматическом режиме.

В каждой точке автоматически определялась деполяризация лазерного излучения с заведомо известной линейной поляризацией. По причине того, что в получаемых данных были шумы использовалась аппроксимация методом наименьших квадратов.

По результатам работы был создан экспериментальный стенд для сбора данных о деполяризации излучения и разработан пакет программного обеспечения для сбора и обработки данных, состоящий из программы для сбора данных, написанной в среде разработки LabVIEW, и программы для обработки полученных данных, которая была

написана на Python. Была проведена серия пробных экспериментов, результаты которых подтвердили теоретические расчёты. Были проведены измерения оптических свойств кристалла KDP размерами 40\*40\*10 мм и кристалла DKDP размерами 150\*150\*30, результаты измерений совпали с данными, полученными другими методиками.