

ISBN 978-5-900025-91-9

КАТАЛОГ
инновационных разработок участников
Российской Бизнес-школы-выставки

г. Москва, 19-23 марта 2018 г.

город Москва

2018

Фонд Президентских грантов

Российское молодёжное политехническое общество

КАТАЛОГ

инновационных разработок участников

Российской бизнес-школы-выставки

г. Москва

19-23 марта 2018 г.

Издание научно-технической ассоциации

«Актуальные проблемы фундаментальных наук»

УДК 001

ББК 3

К 29

Издание подготовлено с использованием средств Фонда Президентских грантов в рамках реализации Договора № 17-1-004502 от 19.10.2017 г. между Фондом Президентских грантов и РМПО. Проект «Организация региональной сети и проведение бизнес-школ-выставок, направленных на развитие у школьников и студентов навыков научного предпринимательства, способствующих внедрению экономически перспективных разработок молодых инноваторов».

Каталог инновационных разработок участников Российской бизнес-школы-выставки (г. Москва, 19-23 марта 2018 г.). М.: Издательство НТА АПФН, 2018. 237 с.
ISBN 978-5-900025-91-9 © НТА АПФН, 2018

ИННОВАЦИОННО-ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКИЕ РАЗРАБОТКИ

<i>Найденов Д.С.</i> Разработка автоматизированной системы дистанционного оповещения при достижении предельно допустимой концентрации газа	5
<i>Дмитриев Н.П.</i> Разработка ветрогенератора для слабых ветров	8
<i>Дульгеров П.С.</i> Устройство для выработки чувства ритма и отработки силы удара Multi sensor	13
<i>Луковников А.А.</i> Прицел со встроенным баллистическим калькулятором	14
<i>Сапогов А.И.</i> Изготовление радиоуправляемой модели самолета «Цесна 150» в домашних условиях с расчетом винтомоторной группы	24
<i>Смирнов И.И.</i> Концепция совместного использования электродвигателя и колёсно-гусеничного движителя	32
<i>Горожанкин З.В.</i> Модификация гироскутера «SDF Driver»	41
<i>Новак А.В.</i> Подводный робот-планер с поворотным механизмом изменения плавучести	43
<i>Латкин П.В.</i> Способ передвижения планетохода посредством реактивной тяги	52
<i>Куренков П.П.</i> Выбор колёсного движителя для лунохода	59
<i>Кленин Е.А.</i> Выбор оптимальной стопы шагохода для разных деформирующихся видов грунта	66
<i>Хилькевич А.С.</i> 3D ручка, печатающая легкоплавкими металлами	74
<i>Рабцевич К.А.</i> Разработка системы водяного охлаждения персонального компьютера	77
<i>Баркова А.А.</i> Исследование возможности получения бинарного льда с использованием вакуумных технологий	82
<i>Рыбаков А.В.</i> Разработка системы охлаждения процессора персонального компьютера с использованием элемента Пельтье	89
<i>Джангирян Г.С.</i> Разработка макета портативного газоанализатора, исследование его энергопотребления	95
<i>Карелин Н.В.</i> Создание прибора, работающего на Кирлиан-эффekte	101
<i>Яроцкая О.А.</i> «ЯРКО» – программно-аппаратный комплекс коррекции осанки для подростков	109
<i>Орестова П.М.</i> Использование низкоинтенсивной фототерапии для борьбы с аллергическими реакциями организма	118

<i>Секачев А.Д.</i> Создание бионического протеза предплечья и кисти	124
<i>Сутягин А.М.</i> Изучение дисбаланса вращающихся тел при помощи компьютерного моделирования	130
<i>Намлеев В.В.</i> Исследование эффекта Магнуса путем моделирования полёта футбольного мяча в программном комплексе SolidWorks	138
<i>Панов Д.А.</i> Открытие и исследование новой катаклизмической переменной звезды	154
<i>Степанова М.А.</i> Разработка иммунохроматографического метода ранней диагностики кариеса зубов у детей	161
<i>Курочкин С.А.</i> Принтер для слепых и слабовидящих людей, печатающий шрифтом Брайля	167

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ

<i>Щукин А.И.</i> Автомобиль на электромагнитной подвеске	174
<i>Иоакиманский Е.Т.</i> Эффективность применения ионисторов в системах электропитания городского транспорта	183
<i>Беззубов А.Р.</i> Возможности оценки утомляемости школьников по показателям пульса, оксигенации крови кислородом и артериального давления	191
<i>Украшин М.А.</i> Учебный фрезерно-сверлильный станок с ЧПУ для оптимизации изготовления элементов механических конструкций и электротехнических схем	199
<i>Алексеев С.В.</i> Прибор для проверки работы кардиографа	206
<i>Мирзоев-Шовкринский Р.М.</i> УФ сенсор на основе пористой нанокристаллической пленки ZnO	211
<i>Намсараев А.Р.</i> Робот-пожарный	218
<i>Бутурлак В.А.</i> Изучение влияния хризотилцементной пыли на организм человека	223
<i>Ком П.</i> Исследование методов снижения величины статического электричества в условиях Крайнего Севера и Арктики	230

ИННОВАЦИОННО-ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКИЕ РАЗРАБОТКИ

УДК 62

**РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ
ДИСТАНЦИОННОГО ОПОВЕЩЕНИЯ ПРИ ДОСТИЖЕНИИ
ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ГАЗА****Найденев Дмитрий Сергеевич***Алтайский край, г. Славгород, МБОУ «СОШ № 15», 11 класс
e-mail: hikiko4ern@gmail.com*

Аннотация. Цель данной работы заключалась в разработке автоматизированной системы, способной дистанционно контролировать вероятность утечки пропана и оперативно оповещать соответствующие службы о степени риска аварийной ситуации. Актуальность следует из того, что в России из-за утечки бытового газа происходят десятки взрывов. Их может быть меньше, если активнее разрабатывать и внедрять системы контроля утечек газа, реализованные на недорогих электрохимических сенсорах. В итоге было установлено, что на основе полупроводникового датчика возможно создать дистанционную сеть оповещения абонентов и специальных служб, отвечающих за безаварийность работы оборудования, тем самым сводя к минимуму риск трагических последствий, связанных с повышением концентрации газа. Применение данного устройства позволит повысить безопасность использования газового оборудования в многоквартирных домах и обеспечить безопасность людей с ограниченными возможностями.

Ключевые слова: датчик, автоматизированная система, дистанционный контроль, газ, утечка газа, концентрация газа, дистанционная сеть оповещения.

Место выполнения работы. Работа выполнена на базе МБОУ «СОШ № 15». Научный руководитель: Бабанина Наталья Анатольевна, МБОУ «СОШ № 15», учитель физики.

Описание инновационной разработки

Цель работы состояла в том, чтобы разработать автоматизированную систему, способную дистанционно контролировать вероятность утечки пропана и оперативно оповещать соответствующие службы о степени риска аварийной ситуации. Мы выдвинули гипотезу о том, что на основе доступных на данный момент датчиков газа и микроконтроллеров возможна разработка системы дистанционного контроля и оповещения соответствующих служб в случае риска возникновения аварийной ситуации. Так как надежность данной системы зависит от технических характеристик датчика, было решено провести детальный анализ существующих моделей датчиков и их возможностей [1]. В итоге был выбран полупроводниковый датчик, так как он имеет невысокую стоимость и способен измерять концентрацию большого количества газов.

Существующие на сегодня газоанализаторы не имеют в комплекте системы дистанционного управления, поэтому было решено дополнить существующий датчик системой дистанционного управления [2]. На макетной плате была произведена сборка устройства, состоящего из микроконтроллера, Bluetooth модуля, датчика и проводов (Рис. 1).

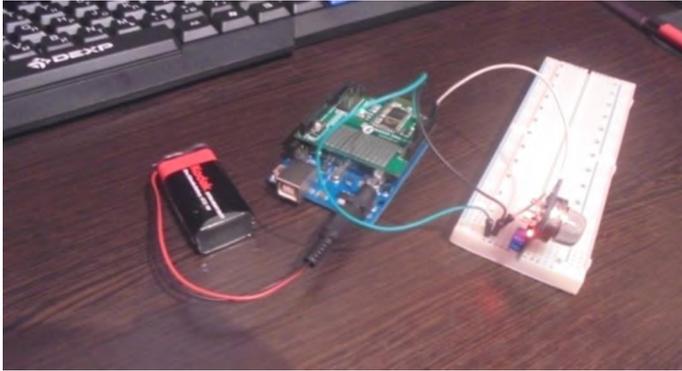


Рисунок 1 – Модель устройства

Далее было разработано программное обеспечение, а также принципиальная схема работы дистанционного датчика, которая представлена на рисунке 2.

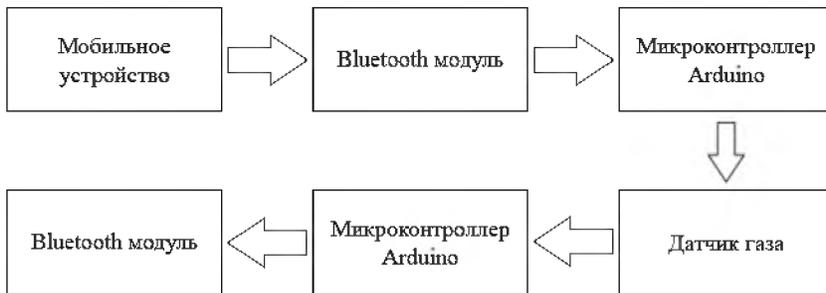


Рисунок 2 – Принцип действия дистанционного датчика утечки газа

Процесс работы демонстрационной установки выглядит следующим образом:

1. Запускается приложение.
2. Считываются настройки, и, если включен автоматический старт, приложение автоматически начинает посылать через определённые промежутки времени запросы микроконтроллеру Arduino, иначе ожидает нажатия кнопки “Start”.
3. Arduino принимает и анализирует данные, содержащиеся в буфере.
4. Если первым символом является ‘1’, то производит замер концентрации газа в среде, окружающей датчик, и отправляет значение концентрации газа в ppm («частях на миллион»; $1\text{ppm} = 0,001$ промилле).
5. Android приложение анализирует возвращённые данные – сравнивает значение концентрации с ПДК.
6. Если концентрация не превышает допустимую, на экран выводится статус “Безопасно”. В случае, когда концентрация выше ПДК, начинается цикл проверок и на экран выводится статус “warning”. Если на протяжении всего цикла сохраняется повышенная концентрация, статус изменяется на “Опасность”, иначе счётчик сбрасывается и статус возвращается к “Безопасно” [3, 4].

Использование разработки

На основе данной установки может быть создана сеть устройств, предназначенных для обеспечения противоаварийной безопасности [5]. Данный принцип работы представлен на рисунке 3.

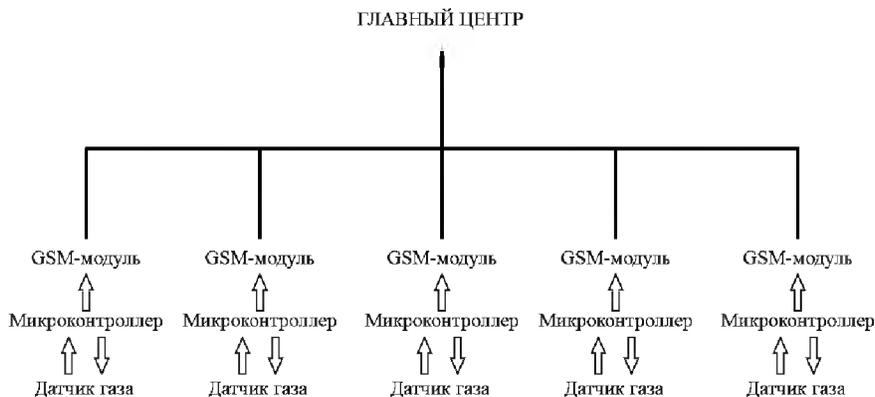


Рисунок 3 – Схема системы оповещения

Сравнение с существующими аналогами

Одно из главных преимуществ разработки – её цена. Использование недорогих электрохимических сенсоров позволило существенно снизить затраты, необходимые для создания данной системы, при этом не сильно жертвуя её точностью и надёжностью. Нельзя не отметить наличие дистанционного оповещения – аналоги, поставляемые для рядового потребителя, не имеют такой возможности.

Бизнес-привлекательность разработки

Коммерческая перспектива разработки заключается в возможности минимизации используемых компонентов, тем самым ещё сильнее снижая её собственную стоимость без потери функциональности.

Список литературы:

1. Разбираем датчик утечки газа / Хабрахабр – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://habrahabr.ru/post/256215> (дата обращения 15.07.2017).
2. Модуль датчика обнаружения пропана, водорода и пропан-бутановых фракций в окружающей среде | Новости микроэлектроники | ChipFind.ru – [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://chipfind.ru/news/modul_datchika_obnaruzheniya_propana_vodoroda_i_propan-butanovih_frakc.htm (дата обращения 10.05.2017).
3. MQ-2.pdf | Amperka – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://files.amperka.ru/datasheets/MQ-2.pdf> (дата обращения 11.09.2017).

4. Рюмик, С. М. 1000 и одна микроконтроллерная схема. Книга 1 / С. М. Рюмик. – М. : Додэка-XXI, 2012. – 356 с.
5. Хартов, В. Я. Микроконтроллеры AVR. Практикум для начинающих: Учебное пособие / В. Я. Хартов. – М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2012. – 280 с.

УДК 62-852

РАЗРАБОТКА ВЕТРОГЕНЕРАТОРА ДЛЯ СЛАБЫХ ВЕТРОВ

Дмитриев Николай Петрович

Республика Саха (Якутия), г. Якутск, МОБУ СОШ № 17, 9 класс

e-mail: kolya-dmitriev-2002@mail.ru

Аннотация: В данной работе описана разработка ветрогенератора, сочетающего положительные стороны классических пропеллерных и турбинных типов. Пропеллерные работают при сильных ветрах, но при очень сильном ветре скорость вращения очень высокая и представляет опасность для окружающих, так как скорость края лопасти может достигать скорости пули. Турбинный же, имея большую парусность, работает при слабом ветре, но при сильном может разрушиться, поэтому его делают из массивных деталей.

В предложенной работе вертикальные лопасти соединены крыльчатками, а сам генератор закреплен к подвесу. В результате при слабом ветре ветрогенератор работает как обычный турбинного типа, а при усилении ветра ветрогенератор отклоняется от вертикальной оси и начинают работать крыльчатки, но скорость их вращения замедляется парусность вертикальных лопастей, что обеспечивает безопасную эксплуатацию. На ветрогенератор получен патент на изобретение № 2622678.

Ключевые слова: Ветрогенератор, турбина, пропеллер, ветер, лопасть.

Место выполнения работы. Работа выполнена на базе МОБУ «Средняя общеобразовательная школа № 17» (с углубленным изучением отдельных предметов) г. Якутска. Патент на изобретение оформлялся на базе Центра интеллектуальной собственности Северо-Восточного федерального университета имени М.К. Аммосова. Научные руководители: Ринчинова Надежда Чимитовна, учитель физики МОБУ СОШ № 17; Дмитриев Петр Иванович, зав. сектора отдела телекоммуникаций департамента информатизации СВФУ имени М.К. Аммосова. Консультант-патентовед: Винокуров Афанасий Афанасьевич, директор Центра интеллектуальной собственности Северо-Восточного федерального университета имени М.К. Аммосова, доцент, канд. техн. наук.

Описание инновационной разработки

Существуют два типа ветрогенераторов: пропеллерные и турбинные. Пропеллерные работают при сильных ветрах, а турбинные при слабых ветрах. Предлагаемое изобретение сочетает положительные качества обоих. Пропеллерный ветрогенератор не работает при слабом ветре, а при очень сильном ветре скорость вращения очень высокая и представляет опасность для окружающих, так как скорость края лопасти может достигать скорости пули [1]. Турбинный же, имея большую парусность, работает при слабом ветре, но при сильном может разрушиться, поэтому его делают из массивных деталей [3]. Оба типа ветрогенераторов требуют основательной и точной установки [4].

Разработанная мной установка сочетает в себе преимущества обоих типов ветрогенераторов.

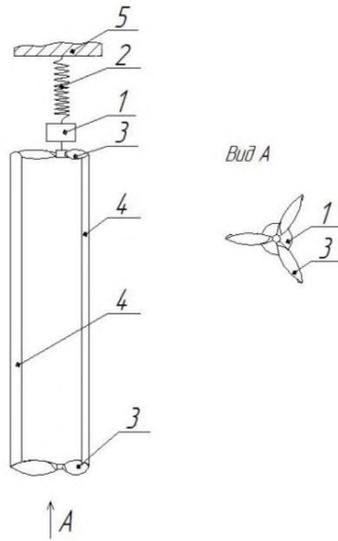


Рисунок 1 – Изображение ветрогенератора, сочетающего в себе преимущества пропеллерных и турбинных ветрогенераторов

На схеме (рис. 1) изображён ветрогенератор, где: 1 – электрогенератор, 2 – пружина, 3 – крыльчатка, 4 – вертикальные лопасти, 5 – точка подвеса.

В 2013 году был спроектирован ветрогенератор турбинного типа, исходя из идей [2], но с одной точкой подвеса, что позволяло ему при сильном ветре отклоняться от вертикальной оси и уменьшать свою парусность. После анализа испытаний ветрогенератора было выявлено, что при очень сильных ветрах генератор слабо работает, и была выдвинута идея – соединить пропеллерный и турбинный ветрогенератор в одно устройство. Предлагаемое изобретение не требует основательной и выверенной установки и при слабом ветре работает как турбинный ветрогенератор, а при сильных ветрах – как пропеллерный ветрогенератор, при этом использование вертикальных лопастей не даёт ему сильно раскрутиться, что обеспечивает безопасную эксплуатацию (рисунок 2).



Рисунок 2 – Работа ветрогенератора

Мощность ветрового потока рассчитывается по формуле [6]:

$$P = \frac{E}{t} = \frac{1}{2}(A\rho)v^3,$$

где E – энергия ветра, t – время (с), v – скорость ветра (м/с), ρ – плотность воздуха, A – площадь. Из этой формулы видно, что мощность ветра возрастает на три степени в зависимости от скорости ветра. Для получения энергии от ветра в 1 Вт, при скорости ветра 0,5 м/с, необходимо иметь площадь турбины не менее 2 м². В то же время мощность воздушного потока при скорости ветра 30 м/с с той же площадью турбины, достигает 32 кВт, что может привести к разрушению ветрогенератора.

Площадь ветрогенератора при слабом ветре соответствует диаметру турбины, умноженного на длину вертикальных лопастей, а при сильном ветре площадь турбины уменьшается до поперечного сечения ветротурбины, равного площади крыльчатки.

Предлагаемое изобретение не требует основательной и выверенной установки и при слабом ветре работает как турбинный ветрогенератор, а при сильных ветрах – как пропеллерный ветрогенератор, при этом использование вертикальных лопастей не даёт ему сильно раскрутиться, что обеспечивает безопасную эксплуатацию (рисунки 3 и 4).



Рисунок 3 – Эксплуатация ветрогенератора

В декабре 2015 г. через Центр интеллектуальной собственности Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова была подана заявка на изобретение. До подачи был проведён патентный поиск на электронных источниках и ресурсах www.findpatent.ru, www.google.ru/advanced_patent_search и www.fips.ru на новизну. И в процессе поиска мной было обнаружено авторское свидетельство на изобретение ветрогенератора родного дедушки Атласова Николая Егоровича [5], которое было использовано в качестве аналога своего изобретения. Также в качестве аналога был использован консольный ветроагрегат [7] и вантовая ветроэнергетическая установка [8]. Положительное решение о выдаче патента было получено 30 марта 2017 года, а 30 июня 2017 года получен сам па-

тент на изобретение № 2622678 «Ветроэнергетическая установка» (рисунок 4) [9].



Рисунок 4 – Эксплуатация ветрогенератора



Рисунок 5 – Патент на изобретение ветрогенератора

Использование разработки

Промышленные ветрогенераторы пропеллерного и турбинного типа требуют постоянного обслуживания, т.к. испытывают предельные нагрузки при сильных ветрах. Предлагаемый ветрогенератор позволяет сделать необслуживаемый или с длительным циклом работы ветрогенератор. Работа ветрогенератора при слабых ветрах позволяет получать электроэнергию на более длительное время, чем обычные ветрогенераторы и данное изобретение может быть использовано в телекоммуникационных сетях в труднодоступных районах. Или для благоустройства охотничьих избушек: освещения, питание радиоприёмных устройств, зарядки мобильных устройств. Применение ионисторов (конденсаторов большой ёмкости) позволит на малых токах накапливать электроэнергию в любых климатических условиях и при необходимости заряжать аккумуляторы, требующие для зарядки повышенный ток. Также ионисторы, в отличие от аккумуляторов, не имеют ограничения по количеству циклов заряда и разряда.

Бизнес-привлекательность разработки

Огромная территория нашей планеты не обеспечена сетевым электричеством, и применение простого, долговечного, удобного в обращении ветрогенератора, разработанного мною, может иметь большой спрос, что обеспечит бизнес-привлекательность для производителей.

Список литературы:

1. Каргиев, В. М. Ветроэнергетика / В. М. Каргиев [и др.]. – М. : Интерсоларцентр, 2001. – 62 с.
2. Розин, М.Н. Ветрогирлянды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://rosinmn.ru/VETRO_girland.htm.
3. Фатеев, Е. М. Ветро двигатели и ветроустановки. – М. : ОГИЗ-Сельхозгиз, 1948. – 544 с.
4. D. J. De Renzo. Wind power: Recent developments. – Michigan: Noyes Data Corp., 1979. – 347 p.
5. Петров, Е. Н. и др. Ветроэнергетический агрегат / Е.Н. Петров, Е.Г. Старостин, Н.Е. Атласов, Н.В. Меркурьев, Н.В., В.К. Коммунаров // Патент СССР № 1250697. – 1985. Бюл. № 30.
6. Энергия и мощность ветра [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://planetcalc.ru/4773/>.
7. Пат. 2115826 РФ. Консольный ветроагрегат / Смутьский И.И. // 20.07.1998.
8. Пат. 2484295 РФ. Вантовая ветроэнергетическая установка / Милкин В.В., Калитенко Н.В., Коробко А.Н., Новожилов А.П. // 10.06.2013 Бюл. № 16.
9. Пат. 2622678 РФ. Ветроэнергетическая установка / Дмитриев П.И. Дмитриев Н.П. // Бюл. – 2017 – № 17.

УДК 616-01/-099

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ВЫРАБОТКИ ЧУВСТВА РИТМА И ОТРАБОТКИ СИЛЫ УДАРА MULTI SENSOR

Дульгеров Павел Сергеевич

*Свердловская область, г. Екатеринбург, МАОУ лицей № 110 им. Л.К. Гришиной,
10 класс; E-mail: dps2@bk.ru*

Аннотация. В современном мире происходит то, что происходит: всё большему числу детей в возрасте один, два года ставятся диагнозы, связанные с двигательными или ментальными нарушениями. Существуют два интерактивных метронома (IM) и (B-Trainer). Из-за их высокой стоимости и повременной оплаты (10-13 руб/мин) занятия на интерактивном метрономе доступны не для всех семей. В данной работе приведено описание создания и тестирования прибора Multi Sensor. Он имеет две функции – интерактивный метроном и интерактивный динамометр. Занятия на интерактивном метрономе способны выработать чувство ритма, которое способствует образованию связей между нейронами в мозге. Написанная на языке Processing/Wiring программа обрабатывает значение с тензорезистивного датчика (перчатки), посылает сигналы в наушники, анализирует результаты, выводит на экран значение и включает светодиоды попаданий. Созданное устройство позволяет тренировать силу удара и чувства ритма. Из-за стоимости меньшей, чем у аналогов, возможно понизить стоимость занятия и сделать его более доступным.

Ключевые слова: интерактивный метроном, ментальные нарушения, двигательные нарушения, динамометр, сборка, плата, устройство, доступность, программирование, проектирование, 3D печать, 3D модель.

Место выполнения работы. Работа была выполнена на базе МАОУ лицея № 110 им. Л.К. Гришиной (математический клуб лицея № 110) г. Екатеринбурга. Были использованы различные интернет ресурсы. Научный руководитель: Токмакова Наталья Васильевна, МАОУ лицея №110 им. Л. К. Гришиной, учитель математики, Заслуженный учитель России.

Описание инновационной разработки

Прибор имеет две функции – интерактивный метроном и интерактивный динамометр, в отличие от аналогов имеют только функцию интерактивного метронома.

Интерактивный метроном – это комплекс упражнений и устройство с использованием обратной связи, которое «тренирует» области мозжечка и головного мозга, отвечающие за ритм, т.е. способности воспроизвести ритмичные последовательности [1].

Интерактивный динамометр тренирует силу удара по перчатке/коврику еще до занятий на интерактивном метрономе, что упрощает работу на интерактивном метрономе [2].

Эти два комплекса упражнений способны улучшить функции мозга детей, страдающих двигательными и ментальными нарушениями [3].

Прибор состоит из платы, корпуса, датчика удара (перчатки), проводов и наушников [4, 5]. Корпус распечатан на 3D принтере из белого PETG пластика, преимуществом которого является большая ударопрочность, а накладка – из зеленого PLA пластика. Применение устройства для занятий позволяет уменьшить стоимость стандартного 20 минутного занятия с 600 рублей до 305 рублей. Это делает занятия на интерактивном метрономе доступней.

Сравнение с существующими аналогами

Анализируя данные таблицы 1, видно, что стоимость оборудования иностранных производителей гораздо выше, чем у Multi Sensor, но при этом они не имеют функцию тренировки силы удара. Также за занятия на интерактивных метрономах аналогов взимается повременная оплата за использование: 7\$ у V-Trainer и 10\$ у IM. В итоге это сказывается на стоимости занятия.

Таблица 1 – Сравнение характеристик существующих устройств и Multi Sensor [6, 7, 8]

№	Цена	Страна производства	Цена часа у производителя	Функции
V-Trainer	3700 \$	Южная Корея	7 \$	Интерактивный метроном
Interactive Metronome	5600 \$	США	10 \$	Интерактивный метроном
Multi Sensor	295,2\$	Россия	0	Интерактивный метроном, интерактивный динамометр

Использование разработки

Устройство Multi Sensor предназначено к использованию в реабилитационных центрах для восстановления функций мозга, при заикании, при нарушении координации движения. В садах, школах возможно использование для повышения внимания детей. Музыкантами и танцорами – для совершенствования чувства ритма. Спортсменами – для повышения скорости реакции [9].

Бизнес-привлекательность разработки

Представленное устройство обладает высокими перспективами коммерческого использования. Multi Sensor имеет функцию интерактивного динамометра помимо интерактивного метронома и стоит гораздо дешевле иностранных устройств, которые имеют только функцию интерактивного метронома. Представленное устройство может сократить затраты людей на оплату занятий и сделать их доступнее.

Список литературы

1. Гормоны счастья. Как приучить мозг вырабатывать серотонин, дофамин, эндорфин и окситоцин. Лоретта Бройнинг, 2016.
2. Программа интерактивного метронома [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://sch1708uz.mskobr.ru/files/programma_interactive_metronome.pdf. (02.07.17.)
3. Интерактивный метроном [[Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.pa66.ru/services/interaktivny-metronom/> (10.09.17)
4. Измерение силы удара [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://silaest.com.ua/math/3-izmerenie-sila-udara/1> (12.10.17)
5. Прибор [Электронный ресурс] Википедия – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org>, свободный. (05.11.17)
6. Патент [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://findpatent.ru/patent/232/2322279.html> (05.11.17)

7. Прибор тренер [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://b-trainer.gospartner.com/> (08.8.17)
8. Банк патентов [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://bankpatentov.ru/node/13217> (23.07.17)
9. Интерактивный метроном [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://lalioplus.ru/interaktivnyy_metronom/ (23.07.17)

УДК 623.4.052.52, 531.558, 531.55.019

ПРИЦЕЛ СО ВСТРОЕННЫМ БАЛЛИСТИЧЕСКИМ КАЛЬКУЛЯТОРОМ

Луковников Андрей Алексеевич

г. Иркутск, МБОУ г. Иркутска Лицей № 1, 11 класс

e-mail: a.lukovni@yandex.ru

Аннотация. В работе показана программная реализация математической модели Маккоя для создания баллистического калькулятора. Создана полностью работоспособная схема прицела, включающая в себя дальномер и встроенный баллистический калькулятор. Правильность показаний системы проверена на практике путем сравнения расчетных данных баллистического калькулятора и полученных при практической стрельбе. Из проведенного исследования видно, что баллистический калькулятор показывает хорошее совпадение с данными реальных отстрелов. Сделан фотоотчет о создании прицела и отстрелах пуль. Предложенная схема может быть реализована как в военных, так и гражданских прицелах для увеличения точности стрельбы и уменьшения времени подготовки к стрельбе, что особо актуально для быстроменяющейся обстановки.

Ключевые слова: оптический прицел, баллистический калькулятор, лазерный дальномер, внешняя баллистика, точность стрельбы, метеопараметры, деривация, эффект Кориолиса.

Место выполнения работы. Работа выполнена на базе МБОУ г. Иркутска Лицей № 1. Научные руководители: Мельникова Мария Ивановна, учитель математики высшей квалификационной категории МБОУ г. Иркутска Лицей № 1; Луковникова Анна Александровна, заведующая Саянской солнечной обсерваторией ИСЗФ СО РАН, канд. физ.-мат. наук.

Описание методики

Теоретическая часть

Существует множество переменных, влияющих на точность при стрельбе на большие дальности. Некоторые из них рассматривались в предыдущих моих работах [1, 2]. К ним относятся: сопротивление воздуха, атмосферное давление. Кроме указанных факторов, при движении снаряда в воздухе требуется учитывать: деривацию, эффект Кориолиса и влияние ветра [3].

Влияние ветра

Ветер оказывает значительное влияние на полёт снарядов. Это влияние тем больше, чем больше скорость ветра и меньше вес и скорость снарядов. Ветер может быть попутным, встречным, направленным под углом к плоскости стрельбы. Влияние продольного ветра на движущийся снаряд сводится к изменению сопротивления воздуха вследствие изменения скорости снаряда по отношению к атмосфере: при попутном ветре сопротивление воздуха уменьшается, а поэтому дальность полёта снарядов увеличивается; при встречном – увеличивается, а

дальность полёта уменьшается. Наиболее существенным из всех метеорологических факторов, влияющих на полёт снарядов, мин и пуль, является *боковой ветер*. Боковой ветер отклоняет снаряды в сторону от плоскости стрельбы, причём отклонения могут достигать даже при умеренном ветре значительных величин. Чем больше дистанция стрельбы, тем больше эффект оказывает ветер на полет пули, что проявляется в отклонении траектории пули от прямой линии в горизонтальной плоскости.

Для того, чтобы рассчитать влияние ветра на пулю, необходимо классифицировать ветер. Лучшим методом является часовая система. Со стрелком в центре часового механизма, целящимся в цифру "12", ветер классифицируется на три типа: "полный ветер", "пол-ветра", "без-ветра" (рисунок 1). "*Полный ветер*" означает, что сила ветра полностью влияет на полет пули. Это ветер, дующий с направлений 3 и 9 часов. "*Пол-ветра*" означает, что ветер той же скорости, но дующий под углом к направлению полета пули, отклоняет ее с силой в половину меньшей, чем полный ветер. Таковыми ветрами являются ветры с направлений 1,2,4,5,7,8,10, и 11 часов. "*Без-ветра*" означает, что ветер дует вдоль направления полета пули и влияния на ее полет не оказывает. Таковыми являются ветры с направлений 6 и 12 часов.



Рисунок 1 – Часовая система классификации ветра

При выполнении расчетов, связанных с ветровым сносом, только компонента поперечного ветра имеет значение. В некоторых случаях, можно иметь вертикальные компоненты ветра, представляющие собой ветер, дующий снизу вверх и сверху вниз через траекторию полета пули. Эти вертикальные значения ветра обычно не настолько сильны, как горизонтальные компоненты ветра, но все равно нужно учитывать вертикальный ветер.

Время задержки – это разница между реальным временем полета и временем полета в вакууме, то есть, без сопротивления воздуха. В общем виде время задержки:

$$T_{lag} = tof - tof_{vac}, \quad (1)$$

где: T_{lag} – время задержки (секунды), tof – реальное время полета пули (секунды), tof_{vac} – теоретическое время полета в вакууме (секунды).

Реальный ветровой снос прямо пропорционален времени задержки и скорости поперечного ветра. Говоря словами, ветровой снос – это просто время задержки, умноженное на скорость поперечного ветра. Формула ветрового сноса, выраженного через время задержки:

$$W_d = W_s * T_{lag} \quad (2)$$

где: W_d – ветровой снос (футы), W_s – поперечный ветер (футы в секунду), T_{lag} – время задержки (секунды). Так как скорость ветра обычно измеряется в милях в час, и ветровой снос в дюймах, следующая формула включает коэффициент перевода с использованием общепринятых единиц:

$$W_d = 17.6 * W_s * T_{lag} \quad (3)$$

где: W_d – ветровой снос (футы), W_s – поперечный ветер (футы в секунду), T_{lag} – время задержки (секунды). На время задержки влияют два ключевых пункта: баллистический коэффициент и дульная скорость, т.к. этими элементами можно управлять. Дальность до цели и атмосферные условия также влияют на время задержки, но они не зависят от стрелка.

Как баллистический коэффициент влияет на время задержки

Пули с большими БК имеют меньшее время задержки.

Как дульная скорость влияет на время задержки

В общем, большая дульная скорость уменьшает время задержки.

Коэффициент сопротивления воздуха будет меньшим на более высоких скоростях, и поэтому для более высоких скоростей характерны меньшие доли времени задержки. Время задержки меньше для пуль, выстреливаемых с более высокими дульными скоростями, т.к. увеличение дульной скорости эффективно сжимает линию времени полета (время полета в вакууме и время задержки сжимаются оба). И увеличение дульной скорости также уменьшает долю времени задержки во времени полета из-за более низкого коэффициента сопротивления, свойственного более высоким сверхзвуковым скоростям.

Совместное действие баллистического коэффициента и дульной скорости на время задержки

Приведенная ниже формула может быть использована для прогнозирования скорости пуль различного веса, одного и того же калибра, выстреливаемых из одного и того же патрона на одном и том же давлении.

$$V_1 = \sqrt{\frac{V_2^2 W_1}{W_2}} \quad (4)$$

где: V_2 – скорость пули, которую вы ищете, в фт/с, V_1 – скорость пули, которую вы знаете, в фт/с, W_2 – вес пули, который вы ищете, в гранах, W_1 – вес пули, который вы знаете, в гранах.

Несмотря на то, что более тяжелые пули начинают полет на более медленной скорости и имеют большее полное время полета, более высокий баллистический коэффициент не только компенсирует это, но и приводит к появлению преимущества для более медленной и тяжелой пули. При одинаковом уровне начальной энергии, более тяжелая пуля в итоге будет иметь меньшее время задержки, потому что увеличившийся баллистический коэффициент уменьшает время задержки сильнее, чем уменьшившаяся скорость увеличивает его. Минимальное время задержки всегда реализуется с пулей, имеющей самый большой баллистический коэффициент (самой тяжелой), доступной в данном калибре.

Наилучшая стратегия противодействия неопределенности ветрового сноса – это минимизация этой неопределенности и ее влияния. Время задержки уменьшается при использовании пули с высоким баллистическим коэффициентом и высокой дульной скоростью. При выборе компромисса между пулями с низким баллистическим коэффициентом (малый вес) на высокой скорости в сравнении с пулями с высоким баллистическим коэффициентом (тяжелыми) на уменьшенных скоростях, пули с высоким баллистическим коэффициентом на меньших скоростях показывают меньшее время задержки и меньше сносятся ветром [5].

Гироскопический Снос (Деривация)

Гироскопический снос, или деривация происходит только в горизонтальной плоскости, и обычно оказывает меньшее влияние, чем ветровой снос. Так как деривация – это детерминистская переменная, она более предсказуема, чем ветровой снос. Деривация – уникальное последствие стабилизации вращением. Стабилизация вращением работает потому, что ось вращения пули жесткая, и эта жесткость оказывается более прочной, чем аэродинамический опрокидывающий момент, прилагаемый к носику пули. Частью фундаментального определения стабильности (оперением или вращением) является то, что снаряд остается направленным на набегающий воздушный поток. Вот почему если мы выстреливаем стрелу под высоким углом, стрела следует как флюгер вдоль своей траектории и втыкается в землю острием вперед. Пули, стабилизируемые вращением, делают то же самое, но жесткость оси вращения пули противодействует природной склонности снаряда следовать как флюгер вдоль траектории. Это противодействие способствует искривлению оси вращения пули с траектории, и это искривление запускает процесс, который приводит к деривации.

Когда ось вращения пули вынуждена следовать (как флюгер) траектории, она реагирует на это, направляя свой носик чуть под углом вправо для стволов с правыми нарезами, и влево для стволов с левыми нарезами. Стабилизируемая вращением пуля следует траектории потому, что она стабильна, но в отличие от снаряда, стабилизируемого оперением, она реагирует на это небольшим неплоским углом, известным под названием рыскания покоя (yaw of repose). Тот факт, что рыскание покоя направлено вправо для стволов с правыми нарезами, заставляет пулю поворачивать себя в этом направлении. Рыскание покоя для дальних траекторий типично не превосходит 0,1 градуса, так что этот эффект разворота является не очень сильным в любой конкретной точке. Тем не менее, эффект подруливания является постоянным, и нарастает до существенных уровней на дальних траекториях.

При воздействии на гироскоп внешней силы его ось отклоняется в ту сторону, где окажется получившая импульс точка через 3/4 оборота. Отклонение будет тем больше, чем сильнее действие внешней силы. Если внешняя сила будет действовать на гироскоп постоянно, то его ось будет описывать конус. Гироскоп, сохраняя горизонтальное положение, своим свободным концом будет описывать конус вокруг точки опоры. Пример прецессионного движения оси волчка на рисунке 2.

Формула для расчета деривации

Для разработки формулы деривации было использовано несколько источников данных по деривации, включая данные, опубликованные в книге Роберта МакКоя «Современная Внешняя Баллистика» [4]. Фактор гироскопической стабильности содержит информацию о инерциальных/весовых свойствах пули, а также об аэродинамическом опрокидывающем моменте, играющем большую

роль в процессе деривации. Кроме того, время полета пули отражает информацию, определяемую ее дульной скоростью, БК и пройденной дальностью. Приведенная ниже формула является эмпирической попыткой воспроизвести доступные данные по деривации с использованием Sg и времени полета.

$$\text{Деривация} = 1,25(Sg + 1,2)\text{tof}^{1,83} \quad (5)$$

где: деривация – деривация в дюймах (в направлении нарезов), Sg – фактор гироскопической стабильности, рассчитанный по правилу шага нарезов Миллера, tof – время полета пули.

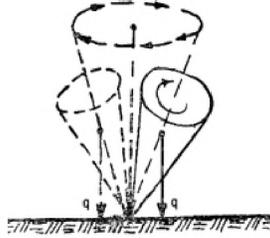


Рисунок 2 – Прецессионное движение оси волчка

Вращающаяся пуля или снаряд являются очень сильными гироскопами.

Гироскопическая стабильность

Стабильность пули зависит от гироскопической стабильности, т.е. от шага нарезов ствола, скорости пули и плотности воздуха, в который запускается пуля. Гироскопическая стабильность абсолютно необходима для того, чтобы пуля летела носиком вперед и работает следующим образом. Вращающаяся масса пули генерирует гироскопический эффект, делающий ось пули жесткой, способной сопротивляться опрокидывающему моменту. Эффект жесткой оси – это то, что позволяет вращающемуся верху сохранять сверху, а гироскопу сохранять свою ориентацию. Если бы пуля запускалась без наведения вращения, аэродинамическая сила, приложенная к ее центру давления (в носовой части), создавала бы опрокидывающий момент, который бы опрокинул пулю, и она начала бы кувыркаться из-за отсутствия гироскопической стабильности. Если пуля вращается достаточно быстро, ее ось будет достаточно жесткой для сопротивления аэродинамическому моменту, действующему на ее носик, который пытается заставить ее начать кувыркаться. Если вращение достаточно быстрое, говорят, что пуля адекватно гироскопически стабилизирована. Если вращение не достаточно быстрое, пуля потеряет свою ориентацию и начнет кувыркаться.

Фактор гироскопической стабильности (Sg) – это мера гироскопической стабильности, возникающей у пули в результате вращения. Формула стабильности Миллера:

$$Sg = \frac{30m}{n^2 d^3 l (1 + l^2)} \quad (6)$$

где: m – вес пули (в гранах), n – шаг нарезов ствола (в калибрах на оборот), d – калибр пули (в дюймах), l – длина пули (в калибрах).

Если Sg будет больше 1,0, пуля будет гироскопически стабильной. Если опрокидывающий Sg будет меньше 1,0, пуля не будет стабильной.

Эффект Кориолиса

Эффект Кориолиса возникает как следствие того, что стрельба идет из одной точки вращающейся сферы (Земли) в другую точку. Эффект Кориолиса очень слаб, и им можно пренебречь для большинства практических стрелковых применений. Эффект Кориолиса очень слаб, но его можно спрогнозировать и учесть.

Эффект Кориолиса имеет как вертикальную, так и горизонтальную компоненты, независимые друг от друга. Горизонтальная компонента эффекта Кориолиса полностью определяется широтой положения стрелка на Земле, и на нее не влияет азимут стрельбы. Для широт к северу от экватора, горизонтальная компонента Эффекта Кориолиса всегда будет направлена вправо. Для широт к югу от экватора отклонение будет влево. Горизонтальное отклонение Кориолиса минимально на экваторе, и растет по мере того, как вы направляетесь ближе к полюсам. Вертикальная компонента отклонения Кориолиса зависит от широты положения стрелка и азимута стрельбы. При стрельбе на восток стрелок будет попадать выше цели, и при стрельбе на запад – ниже. При стрельбе на север или юг вертикальная компонента отклонения Кориолиса будет нулевой независимо от широты.

Горизонтальный эффект Кориолиса зависит только от широты местоположения выше или ниже экватора. Чем дальше от экватора, тем более сильным будет отклонение Кориолиса для стрельбы на одну и ту же дальность. Формула для расчета горизонтального отклонения Кориолиса

$$\text{Горизонтальное отклонение} = \frac{\Omega X^2 \sin(Lat)}{V_{ave}} \quad (7)$$

где: горизонтальное отклонение – это отклонение Кориолиса в футах, Ω – скорость вращения Земли ($=0,00007292$ рад/с), X – дальность до цели (в футах), Lat – ваша широта от экватора (+ для северной широты и – для южной широты), V_{ave} – средняя скорость пули в футах в секунду.

Положительный (+) результат означает снос вправо, отрицательный (-) указывает на снос влево. Эффект Кориолиса хорошо виден на рисунке 3 [6].



Рисунок 3 Эффект Кориолиса

Практическая часть

На основе формул 1-7 и с использованием методики МакКоя была создана программа баллистического калькулятора. Использовались языки программирования Java и Python. Существующие на данный момент баллистические калькуляторы не встроены в прицелы и реализованы в виде приложений для смартфонов или планшетов, что в полевых условиях непрактично [7]. А те, что встроены, не являются полноценными баллистическими калькуляторами и не позволяют проводить полноценные вычисления с учетом всех метеопараметров. Реализованный мною программный комплекс встроен в прицел. Информация доступна для считывания в окуляре. Для этого прицел был доработан. Блок-схема вычислительной части представлена на рисунке 4.

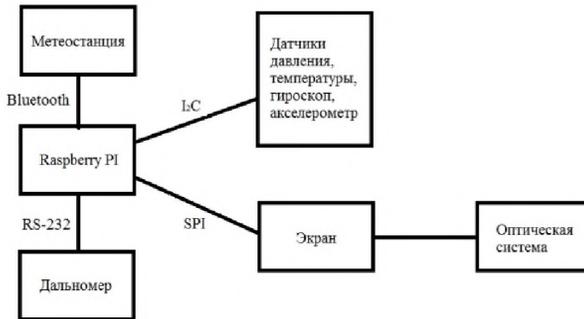


Рисунок 4 – Блок-схема вычислительной части прицела

В основе лежит микрокомпьютер Raspberry PI Zero, на котором выполняются все вычисления. К нему подключены датчики давления, температуры, гироскоп, акселерометр, метеостанция и дальномер, которые служат источниками входных параметров. После обработки данных вся информация выводится на экран при помощи оптической системы. Оптическая часть прицела представлена на рисунке 5. Созданный прицел с вычислительным блоком показан на рис. 6.

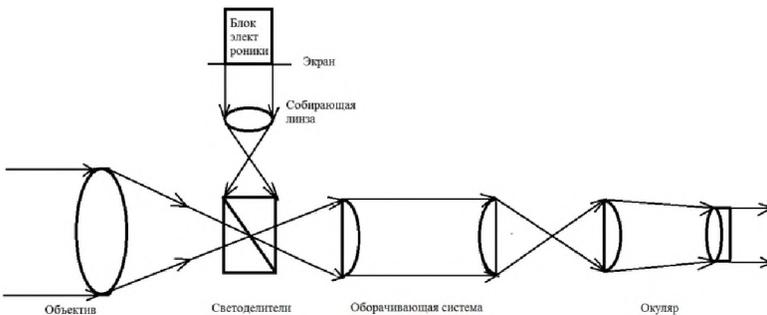


Рисунок 5 – Оптическая часть прицела



Рисунок 6 – Созданный прицел с вычислительным блоком

Для проверки правильности работы баллистического калькулятора, встроенного в прицел, были проведены прострелы в реальных условиях. Входными параметрами являлись метеоданные (атмосферное давление 969,4 гПа, температура воздуха +28°C, влажность 38 %), широта 52,29778 градусов и азимут цели 35 градусов.

Таблица 1 – Сравнение данных баллистического калькулятора и данных реальных прострелов

Дистанция, м	Данные баллистического калькулятора		Данные реальных прострелов	
	Вертикальная составляющая МОА	Горизонтальная составляющая МОА	Вертикальная составляющая МОА	Горизонтальная составляющая МОА
200	2,17	0,1	2,2	0
250	3,58	0,13	3,6	0
300	5,1	0,16	5,1	0,2
400	8,52	0,22	8,7	0,3
500	12,39	0,29	12,7	0,4
600	16,77	0,36	17,1	0,5

Расхождения в значениях горизонтального отклонения можно отнести на воздействие ветра на всей траектории движения пули. Как показано выше, учет ветрового сноса на всей дистанции практически невозможен. Расчетные и реальные значения вертикального отклонения близки.

Сравнение с существующими аналогами

Одним из важнейших факторов для прецизионной стрельбы является точное определение дистанции до цели. Отечественная промышленность не в состоянии пока предложить конкурентоспособные дальномеры гражданского и военного назначения, и выбирать приходится из приборов зарубежных фирм (например, фирмы Carl Zeiss [8]). Недавно на рынок пришли приборы, совмещающие в себе не только прицел и дальномер, но и встроенный баллистический калькулятор (например, фирмы Swarovski [9]). Стрелки на большие расстояния также используют программы, способные рассчитать траекторию пули с учетом максимального количества параметров (калибр и вес, баллистический коэффици-

ент, скорость пули из конкретного оружия, высота установки прицела, температура и влажность окружающей среды и т.п.). Для их использования требуется термометр, барометр, определитель скорости ветра, при пристрелке желательно замерить истинную скорость пули. Существующие на данный момент баллистические калькуляторы не встроены в прицелы и реализованы в виде приложений для смартфонов или планшетов, что в полевых условиях непрактично. Встроенные в прицелы либо не являются полноценными баллистическими калькуляторами и не позволяют проводить полноценные вычисления с учетом всех метеопараметров либо стоят сотни тысяч рублей.

Использование разработки

Данная схема может быть реализована как в военных, так и гражданских прицелах для увеличения точности стрельбы и уменьшения времени подготовки к стрельбе, что особо актуально для быстроменяющейся обстановки.

Бизнес-привлекательность разработки

В работе показана программная реализация математической модели Маккоя для создания баллистического калькулятора. Создана полностью работоспособная схема прицела, включающая в себя дальномер и встроенный баллистический калькулятор. Правильность показаний системы проверена на практике путем сравнения расчетных данных баллистического калькулятора и полученных при практической стрельбе. На сегодняшний день стоимость подобных готовых прицелов составляет сотни тысяч рублей. Лазерные дальномеры можно приобрести отдельным устройством (от 15000 руб.). Баллистический калькулятор существует как программа для смартфона (от 300 руб.), встроенный в метеостанцию (от 30 000 руб.), так и дополнительные устройства для прицелов (от 100000 руб.). Метеостанция продается по цене от 4000 руб.

При изготовлении прицела были закуплены комплектующие на сумму около 15 000 руб. (включая лазерный модуль, Raspberry PI Zero, различные датчики, оптические элементы). Преимуществом созданного мною прицела со встроенным баллистическим калькулятором и дальномером является: быстрота подготовки к работе; дальномер, калькулятор, метеостанция и вычислительный блок в одном устройстве; вся информация видна стрелку и нет необходимости отвлекаться от прицеливания; небольшая стоимость универсального устройства; пригодность использования как для нарезного, так и для гладкоствольного оружия; возможность применения внешних устройств (дальномеров, метеостанций).

Список литературы

1. Исследование полета снаряда в атмосфере [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://nat.dc.phystech.edu:6022/conference/1123> (дата обращения: 01.10.2017).
2. Исследование сверхзвукового движения снаряда [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://abitu.net/conference/1772> (дата обращения: 01.10.2017).
3. Bryan Litz, Applied Ballistics for Long Range Shooting / Bryan Litz – Applied Ballistics, LLC, 2009. – 476 p.
4. McCoy, Robert L. Modern Exterior Ballistics, 2nd edition / Robert L. McCoy. – Schiffer Publishing, Ltd., 2012. – 328 p.

5. Pejsa Arthur J. Modern Practical Ballistics, 2nd Edition / Arthur J. Pejsa. – Kenwood Pub, 1991. – 224 p.
6. Сила Кориолиса [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://lit.lib.ru/h/hatybow_a_m/koriolis.shtml (дата обращения: 01.10.2017).
7. Дальномеры [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.ohotniki.ru/optic/rangefinders/article/2015/08/31/644656-vot-pulya-poletela-i.html> (дата обращения: 01.10.2017)
8. Оптические прицелы с дальномером [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://optictown.ru/?folder_id=255427&mode=folder (дата обращения: 01.10.2017)
9. Rifle scope [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://uk.swarovskioptik.com/hunting/rifle-scope-ds-5-25x52-p-c20050901/dS-5-25x52-P-L-p5380527> (дата обращения: 01.10.2017)

УДК 629.735.3

ИЗГОТОВЛЕНИЕ РАДИОУПРАВЛЯЕМОЙ МОДЕЛИ САМОЛЕТА «ЦЕССНА 150» В ДОМАШНИХ УСЛОВИЯХ С РАСЧЕТОМ ВИНТОМОТОРНОЙ ГРУППЫ

Сапогов Артем Игоревич

*Псковская область, дер. Першино, МОУ «Першинская средняя школа», 9 класс
e-mail: sapogov_02@mail.ru*

Аннотация. Авиамодели играют большую роль в развитии авиации. На них проверяют идеи и технические новинки, ведут научные исследования. Летающие модели – это средство для проверки правильности теоретических расчетов. Наиболее сложными в изготовлении, но и наиболее интересными, являются радиоуправляемые летающие модели. Цель работы: создание радиоуправляемой модели самолета «Цессна 150» в домашних условиях, без специального оборудования из подручного материала. Радиоуправляемая модель самолета «Цессна 150» – модель самолета с верхним расположением крыла. Модели самолетов с верхним расположением крыла и V-образным углом крыла более устойчивы в полете, обладают высокими планирующими способностями. Такая модель хороша для получения первоначальных навыков управления радиоуправляемой модели, ее легко ремонтировать при случившихся поломках. Для выполнения поставленной цели рассчитана винтомоторная группа (ВМГ) радиоуправляемой модели «Цессна 150», разработана пошаговая инструкция ее построения. В домашних условиях из совершенно обычного материала, который в настоящее время доступен для всех желающих, построена и испытана модель радиоуправляемого самолета «Цессна 150», проведенное испытание.

Ключевые слова: радиоуправляемая модель самолета, технология изготовления, пошаговая инструкция, чертеж, винтомоторная группа (ВМГ), фюзеляж, крыло, шпангоут, киль, руль высоты, элероны, сервомашинка, лонжерон, нервюры, тяги, электромотор, регулятор скорости, приемник радиоуправления, аккумулятор.

Место выполнения работы. Работа выполнена на базе МОУ «Першинская средняя школа» Великолукского района Псковской области. Научный руководитель: Шабеева Маргарита Александровна, учитель истории МОУ «Першинская средняя школа».

Описание разработки

Введение

Авиамодели играют большую роль в развитии авиации. На них проверяют идеи и технические новинки, ведут научные исследования. Имен-

но на моделях проверяется теория, расчеты и практическая правильность предположений, заложенных в основу проекта летательного аппарата. Летящие модели – это средство для проверки правильности теоретических расчетов [1]. Наиболее сложными в изготовлении, но и наиболее интересными, являются радиоуправляемые летающие модели.

Цель работы – создание радиоуправляемой модели самолета «Цессна 150» в домашних условиях, без специального оборудования из подручного материала.

Задачи:

- изучить литературу о создании радиоуправляемых моделей;
- изучить методы расчета радиоуправляемой модели;
- изучить технологию изготовления радиоуправляемой модели самолета «Цессна 150»;
- рассчитать винтомоторную группу (ВМГ);
- разработать пошаговую инструкцию построения радиоуправляемой модели «Цессна 150»;
- самостоятельно изготовить данную модель из подручных материалов в домашних условиях
- провести испытание созданной радиоуправляемой модели самолета «Цессна 150».

Основанием выбора постройки радиоуправляемой модели самолета «Цессна 150» является то что, авиамодель «Цессна 150» – модель самолета с верхним расположением крыла. Модели самолетов с верхним расположением крыла и V-образным углом крыла более устойчивы в полете, обладают высокими планирующими способностями. Такая модель хороша для получения первоначальных навыков управления радиоуправляемой модели, ее легко ремонтировать при случившихся поломках [2]. Изготовить такую модель можно из подручных материалов.

В данной работе представлена методика расчета винтомоторной группы (ВМГ), пошаговая инструкция изготовления модели.

Данная разработка может быть использована в авиамодельных кружках, авиамоделистами изготавливающих модели в домашних условиях.

Описание работы

1. Данные модели. За основу взят готовый общий чертеж модели «Цессна 150» [3]. Размеры пересчитывались, дополнялись. Выполнялся чертеж модели «Цессна 150» в масштабе 1:1 (Рисунок 1).

Длина авиамодели 784 мм. Размах крыла 976 мм. Максимальная полетная нагрузка модели составляет 400 грамм.

2. Расчет винтомоторной группы радиоуправляемой модели самолета «Цессна-150». Для расчета винтомоторной группы (ВМГ) используется методика, описанная на сайте "Паркфлаер" в статье ВМГ http://www.parkflyer.ru/ru/blogs/view_entry/454/), "Практические советы и расчеты" [4].

Каждый тип модели предназначен для своих целей, соответственно у каждого типа модели самолёта есть своя нагрузка. В зависимости от нагрузки на крыло и подбора всех комплектующих модель по-разному ведет себя в воздухе.

В зависимости от того, каким стилем вы хотите летать (медленный полет, быстрый полет, пилотажный полет) рассчитывается винтомоторная группа (ВМГ). Модели самолетов с меньшей нагрузкой летают медленнее, их легче посадить и легче маневрировать. Они очень хорошо планируют, не сваливаются при боковом вираже. Если у модели меньший вес, то не стоит сильно крепить крыло и потребуются более слабая силовая установка, но при ветреной погоде модель будет хуже управляться. Если увеличивать нагрузку, то все выше перечисленное будет уходить в отрицательную сторону. Модель самолёта будет летать быстрее, но ухудшаться его планирующие качества.

Моя модель должна летать медленно, с пилотажными возможностями. Соответственно я изготавливал ее как можно легче. Поэтому нагрузка на крыло стала меньше.

Двигатель

Для своей модели, предназначенной для выполнения классического пилотажа, я подбираю тягу двигателя на 100 грамм больше веса самолета при весе самолета 300 грамм. Некоторые производители двигателей для авиамоделей пишут мощность, при условии использования аккумуляторов с более высоким напряжением. Поэтому необходимо рассчитать мощность двигателя с учётом используемого аккумулятора. Необходимый аккумулятор пишется производителем двигателя, а также пишется рекомендуемый винт к каждому из списка аккумуляторов, которые рекомендованы для данного двигателя.

Винт

На винтах есть обозначения – длина винта в дюймах и шаг винта. Длина в первую очередь регулирует площадь обдуваемых рулей. Чем больше винт, тем лучше будет модель управляться. Необходимо учитывать закономерность, чем больше винт, тем с меньшим количеством банок необходимо использовать аккумулятор. Мой винт длиной 9x4,7 дюймов и аккумулятор 2S, то есть 2 банки. Уменьшая длину винта с 9x4,7 до 8x4 дюймов необходимо использовать аккумулятор 3S. Шаг винта определяет скорость потока воздуха, отбрасываемого от винта. От шага винта зависит скорость самолета и отзывчивость самолета на отклонении стиков радиоаппаратуры.

Контролер двигателя (ESC)

Зная двигатель и винт, который я буду использовать, я могу подобрать ESC. Я нахожу необходимую информацию о токе потребления двигателя с нашим винтом. Зная ток потребления двигателя, я подобрал ESC с током на 5-10 А выше тока потребления двигателя. Не стоит брать ESC с током равным току потребления двигателя, иначе регулятор будет сильно греться или даже может выйти из строя. Ещё один параметр регулятора скорости – напряжение, с которым будет работать регулятор, оно показывает количество банок аккумулятора, которые будут работать в ESC.

Аккумулятор

Li-pol аккумулятор очень капризный в использовании и в хранение, даже опасен т.к. он может загореться, если не соблюдать технику безопасности. Следует соблюдать следующие правила: избегать повреждения верхней оболочки аккумулятора, контролировать процесс зарядки, не подавать на мото-установку ток, которых превышает токо-отдачу аккумулятора.

У аккумулятора, есть параметры: напряжение, ёмкость и токо-отдача.

1) От напряжения аккумулятора зависит выбор ESC, двигателя и винта. Напряжением регулируются обороты двигателя. Чтобы использовать, например,

аккумулятор 3S, необходима информация об поддержке данного аккумулятора двигателем и регулятором, указанная производителем. Термин напряжение в авиамоделизме практически не используют, а вместо них используют термин банки или ячейки. Аккумулятор состоит из так называемых банок, т.е. из отдельных маленьких аккумуляторов. Для получения нужного напряжения их соединяют последовательно 2S-7.4V (вольта), 3S-11.1, 4S-14.8V. Минимальное напряжение одной банки примерно 3.20V. Ниже этого порога не следует разряжать аккумулятор, иначе он может вздуться или перестать работать в штатном режиме. У ESC есть плюс для литополимерных аккумуляторов, есть отсечка на батарею. Это означает, что регулятор отключает питание на систему, если напряжение на одной банке ниже 3.6V. 2) Ёмкость влияет на продолжительность работы силовой установки. Например, у нас есть аккумулятор 10 Ампер в час, т.е. аккумулятор проработает час при потребляемом токе 10 ампер. Нужно помнить, что ёмкость и токо-отдача взаимосвязаны. 3) Токо-отдача показывает максимальный ток, который может отдать аккумулятор. Токо-отдача обозначается буквой "с", например, 20с, 35с и др. Максимальный ток находится по формуле: Макс. ток = токо-отдача (С) x ёмкость аккумулятора (Ампер.) Если взять аккумулятор с токо-отдачей меньшей потребляемого тока двигателя, то двигатель будет работать не во всю мощность, аккумулятор будет сильно греться, вздуться и в дальнейшем будет не пригоден для использования.

3. Методика и технология изготовления радиоуправляемой модели «Цессна 150» в домашних условиях из потолочной плитки.

3.1. Правила и умения, необходимые для построения радиоуправляемой модели «Цессна 150»: следовать пошаговой инструкции, соблюдать точную геометрию, умение паять.

3.2. Материалы и инструменты для изготовления:

- четыре листа потолочной плитки (потолочная плитка общедоступная и используется в строительстве). Плитка прочная и легкая, именно это позволяет изготовить из нее модель. Она проста в применении ремонтных работ;
- карандаш;
- бумага;
- линейка;
- канцелярский нож;
- обычный и двусторонний скотч
- клей "Титан";
- - электродвигатель (Turnigy 28-22-CQ 1400Kv);
- два серводвигателя (HXT500 5g или подобные);
- два серводвигателя (HXT900 9g или подобные);
- регулятор 20A ESC;
- аккумулятор ZIPPY Flightmax 1800mAh 3S1P 25C;
- воздушный винт типа GWS 8x6 или 9x4.7;
- электроника для управления радиокомандами.

3.3. Процесс изготовления модели

Изготовление радиоуправляемой модели выполнялось на основе рекомендаций «Радиоуправляемая модель самолета Cessna 150» [5].

Шаг первый: Выполняем чертеж модели. За основу взят готовый общий чертеж модели «Цессна 150» [5]. Размеры пересчитываются, дополняются, выполняется чертеж модели «Цессна 150» в масштабе 1:1 (Рисунок 1), который затем необходимо распечатать на принтере. После этого чертежи вырезаются и приклеиваются на потолочную плитку, затем еще раз вырезаются.

Шаг третий: Делаем киль и руль высоты (Рисунок 3). Обе рулевые плоскости изготавливаются из двух слоев потолочной плитки. Крепятся рули с помощью обычного канцелярского скотча. Грани киля/стабилизатора и руля, которые будут соприкасаться, необходимо сточить под углом 45 градусов. С помощью скотча соединяем обе детали с двух сторон. Киль и руль высоты вклеиваем в фюзеляж.

Шаг четвертый: Делаем крыло для модели (Рисунок 4). В чертеже модели есть треугольники (нервюры), но они в данной модели не нужны. Из внутренних частей нам понадобится только лонжерон. Две части лонжерона нужно склеить вместе, это будет довольно крепкий лонжерон крыла. Теперь необходимо вырезать две части обшивки, а в центр первой обшивки надо вклеить лонжерон, следовательно, второй накрывается частью обшивки. Далее две части обшивки склеиваются с двух сторон. Для того чтобы сформировать носик, нужно сделать срез под углом в 45 градусов от нижней грани крыла до накладки. Затем, чтобы убрать заусеницы, это место нужно обработать шкуркой. Заднюю часть тоже нужно срезать и обработать шкуркой. На заключительном этапе склеиваются консоли крыла между собой. Для этих целей отлично подойдет клей регент. Самое главное в этом деле – точность.



Рисунок 3 – Изготовление киля и руля высоты. Фото автора.
Дата исполнения: февраль 2017 г.



Рисунок 4 – Изготовление крыла. Фото автора. Дата исполнения: февраль 2017 г.

Шаг пятый: Делаем элероны (Рисунок 5). Элероны нужно аккуратно отрезать по линиям, указанным на чертеже. Навешивают элероны классически – на скотч.

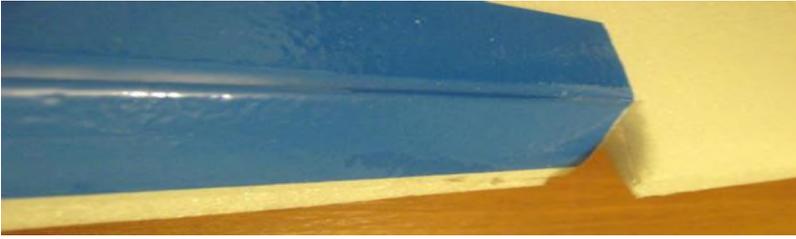


Рисунок 5. Изготовление элеронов. Фото автора. Дата исполнения: февраль 2017 г.

Шаг шестой: Установка сервомашинки для руля высоты и руля управления. Сначала серводвигатели оборачиваются двусторонним скотчем, а затем с помощью него приклеиваются куски потолочной плитки. Для руля управления и для руля высоты используется машинка весом 5 грамм. Для машинок вырезаются места в стратегических пунктах, а затем они вклеиваются. Для установки сервомашинки в верхней части крыла нужно сделать отверстие, сервомашинка должна касаться лонжерона. Обе машинки должны располагаться таким образом, чтобы их качалки смотрели от середины крыла. После установки машинок нужно сделать тяги и подключить их к рулевым плоскостям, а также серводвигателям. Тяги изготавливаются из бамбуковой палочки и канцелярской скрепки. Сначала отрезаем нужную длину палочки, затем разгибаем скрепку и откусываем небольшой кусочек. Кусочек скрепки прикладывается к палочке и фиксируется при помощи суперклея, затем место нахлёста обматывается нитками и пропитывается суперклеем, то же самое делается с другой стороны. Тяга подключается к сервомашинке, к рулю высоты, к рулю управления:

Шаг седьмой: Установка электроники. Для начала припаиваем провода от мотора к регулятору скорости, затем трех-пиновый провод от регулятора подсоединяется к приёмнику радиоуправления. К регулятору скорости нужно припаять разъём, соблюдая полярность. В этот разъём будет подключаться аккумулятор. Перед подключением следует проверить, не замыкают ли провода мотора друг с другом, после того как всё проверили можно подключать. Сначала включаем передатчик, а потом подаём питание на систему (подключаем аккумулятор к регулятору скорости), двигатель издаст характерный звук (писк). Берём в руки мотор и немного поднимаем ручку газа вверх, чтобы мотор стал слегка вращаться.

Далее определяем направления вращения мотора, который должен вращаться против часовой стрелки. Если мотор вращается в противоположную сторону, то нужно поменять два из трёх проводов местами, именно тогда мотор будет вращаться в противоположную сторону. Проверяем ещё раз. Если всё работает правильно нужно изолировать провода изолянтной. После этого можно ставить мотор на место, прикрутив его при помощи небольших винтов, теперь прокладываем регулятор внутрь фюзеляжа и приклеиваем на двусторонний скотч, далее также приклеиваем приёмник и к нему подключаем регулятор и сервомашинки. В первый канал приёмника вставляется «Элерон», во второй канал вставляется руль высоты, в третий канал вставляется регулятор, в четвёртый канал вставляется руль направления. На этом установка электроники закончена.

Шаг восьмой: Заключительный этап сборки. Для модели понадобится изготовить крышку батарейного отсека, она делается довольно просто. Нужно вырезать накладку определенной ширины. С внутренней стороны наклейки клеить ребра жесткости. Фиксируется крышка при помощи резинок.

4. Испытание модели (Рисунок 6). Модель отлично себя ведет как при работающем, так и при выключенном двигателе. Также порадовала ее маневренность. Чтобы повысить прочность модели к ударным нагрузкам, сделать её более заметной, корпус нужно обклеивать цветным скотчем.

Единственный минус «Цессны 150» – это фронтальное расположение двигателя, т.е. при сильном падении носом в землю можно сломать вал двигателя или погнуть его. Оба случая делают его невозможным для дальнейшего использования.

Модель очень хорошо ведёт себя в воздухе, как с включённым газом, так и без него. При отпускании стиков модель неплохо выравнивается и летит медленно, плавно, очень манёвренно. Она удобно садится на землю.



Рисунок 6 – Запуск радиоуправляемой модели «Цессна150», фото автора, дата исполнения: апрель 2017 г.

5. Выводы:

- радиоуправляемая модель самолета «Цессна 150» создана в домашних условиях, без специального оборудования, из подручного материала;
- разработана пошаговая инструкция построения радиоуправляемой модели «Цессна 150»;
- проведено испытание созданной радиоуправляемой модели самолета «Цессна 150»;
- стоимость самостоятельного изготовления модели в два раза дешевле покупной готовой модели.

Сравнение с существующими аналогами.

Данная радиоуправляемая модель самолета «Цессна 150» отличается простотой и доступностью ее изготовления в домашних условиях из доступных материалов. Модель имеет небольшие размеры, ее можно разобрать. Таким образом, решается проблема транспортировки модели.

Использование разработки

Модель показала хорошие лётные качества. Она устойчива к ветру, имеет большую скорость и обладает отличными планерными характеристиками. Все эти характеристики помогут использовать данную модель в качестве самолета-тренера. Представленная разработка может быть использована детьми и взрослыми для изготовления радиоуправляемой модели самолета «Цессна 150» в авиамodelьных кружках, домашних условиях. Разработанная пошаговая инструкция изготовления модели может применяться в постройке других моделей.

Бизнес-привлекательность разработки

Готовую авиамodelь можно приобрести стоимостью от 8000 рублей и выше. Описанная в данной работе модель очень легка в изготовлении. Это самая распространенная модель среди новичков и подходит для начинающих авиамodelистов. Имеется реальная возможность создания набора-конструктора данной модели. В сравнении с готовыми аналогами стоимость затрат на изготовление данной модели в два раза меньше.

Список литературы:

1. Голубев, Ю. А., Камышев, Н. И. Юному авиамodelисту: Пособие для учащихся. – М.: Просвещение, 1979.
2. Наталенко, В. Кордовые летающие модели (БЮК) – М.: ДОСААФ, 1962.
3. Радиоуправляемая модель самолета Cessna 150. – Режим доступа: <http://rc-aviation.ru/obzorm/47-obzravia/415-traner-cessna-150>.
4. Практические советы и расчёты ВМГ – Режим доступа: http://www.parkflyer.ru/ru/blogs/view_entry/454/.
5. Радиоуправляемая модель самолета Cessna 150 – Режим доступа: <http://rc-aviation.ru/obzorm/47-obzravia/415-traner-cessna-150>.

УДК – 623.4

КОНЦЕПЦИЯ СОВМЕСТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ И КОЛЕСНО-ГУСЕНИЧНОГО ДВИЖИТЕЛЯ

Смирнов Иван Игоревич

г. Москва, ГБОУ Школа № 2089, 11 класс

Аннотация. Многие образцы боевой техники в настоящее время создаются на двух основных типах движителей: колесном и гусеничном. Колесные машины имеют больший ресурс ходовой, но проходимость их в разы меньше, чем у гусеничных. В настоящей работе проводится поиск компромиссного решения, которое совмещало бы в себе полезные качества вышеуказанных движителей. При этом целью поставлено повысить выживаемость экипажа и боевой машины в целом за счет применения колесно-гусеничного движителя. Колесно-гусеничный движитель использовался и ранее, но ввиду отсутствия на тот момент технологий, которые могли значительно упростить конструкцию машины и улучшить её характеристики, от его применения в боевых машинах отказались. В работе проводится анализ, как современные технологии смогут позволить эффективно использовать совмещенный тип движителя.

Ключевые слова: колёсно-гусеничная машина, проходимость, бандаж, индивидуальная подвеска катков, буксование, ведущие колеса, гусеницы.

Место выполнения работы: Работа была выполнена на базе кафедры «Многоцелевые гусеничные машины и мобильные роботы» МГТУ им. Н.Э. Баумана. Научный руководитель: Стадучин Антон Алексеевич, доцент кафедры «Многоцелевые гусеничные машины и мобильные роботы» МГТУ им. Н.Э. Баумана, канд. техн. наук.

Описание разработки

Разработка военной техники эта та область, где российская инженерная мысль не отстает, а в некоторых областях даже опережает зарубежные аналоги. Поэтому мою статью хотелось бы начать с одной из последних публикаций о новых образцах российской военной техники. Минобороны России опубликовало видеоролик применения боевых роботов «Соратник» и «Нерехта» на тактико-специальном занятии во взаимодействии с мотострелками 27-й гвардейской Севастопольской отдельной мотострелковой бригады. Причем робот «Соратник» разработан на гусеничном ходу, а «Нерехт» – колесный. [1] По сути, они представляют из себя машины разведки и наведения артиллерийского огня, и неплохо показали себя на учениях. Однако машины, которые передвигаются только благодаря гусенице, хотя и обладают повышенной проходимостью, имеют существенный недостаток: в случаи их обездвиживания на поле боя, экипажу придётся устранять поломку под огнем противника. Так, по нормативу замена обеих гусениц танка Т80 составляет 1 час на отметку «отлично» [2]. Даже если из строя вышла одна гусеница – это уже большая проблема.

По определению, живучесть – свойство противостоять поражающему воздействию противника и сохранять боеспособность. Она складывается из подвижности, незаметности, защищенности, пригодности к ремонту. При разработке новой машины инженеры стараются повысить эти параметры. Ведь чем дольше машина находится на поле боя, тем больше пользы она приносит. Для этого специалисты прибегают к разным конструктивным решениям, повышая, как правило, один или сразу несколько параметров живучести машины. Как пример, можно привести сверхтяжёлый танк Panzerkampfwagen VIII «Maus» (рис. 1) [3].

На указанном примере хорошо видно, как немецкие инженеры пытались повысить защищенность машины, путем многократного увеличения толщины брони. Другой пример, самый быстрый гусеничный робот «Ripsaw» [4] (рис. 2). За счет низкого профиля и очень высокой скорости эта машина может незаметно и быстро передвигаться по полю боя, а при передвижении с максимальной скоростью, около 120 км/ч, робот становится практически не уязвим для поражения легким стрелковым оружием.

Изучая подобные машины, задаешься вопросом, а можно ли совместить в одной машине хорошую проходимость, управляемость, высокие показатели скорости, простоту обслуживания и другие качества, повышающие живучесть машины?

Из истории создания военной техники можно предположить, что в этом плане более всего были интересны танки серии БТ.

В декабре 1929 года в США прибыла советская делегация во главе с начальником Управления механизации и моторизации РККА И. Халепским. Комиссию заинтересовали танки конструктора Дж. У. Кристи, специализировавшегося на проектировании быстроходных колёсно-гусеничных танков [5]. Советская делегация закупила несколько опытных образцов танков Кристи. Машины

прошли обкатку, доработку и в итоге были поставлены в серийное производство под кодом БТ2, что значит «быстроходный танк 2». Машина и вправду отличалась хорошим для того времени показателями скорости – 72 км/ч по шоссе на колёсах, и 51 км/ч на гусеницах. Позже стали появляться новые танки этой же системы – БТ5, БТ7. Все они были созданы для применения в наступательных операциях, называемых также «Глубокая операция». Конструктивно БТ значительно выделялись из всех танков той эпохи [6].

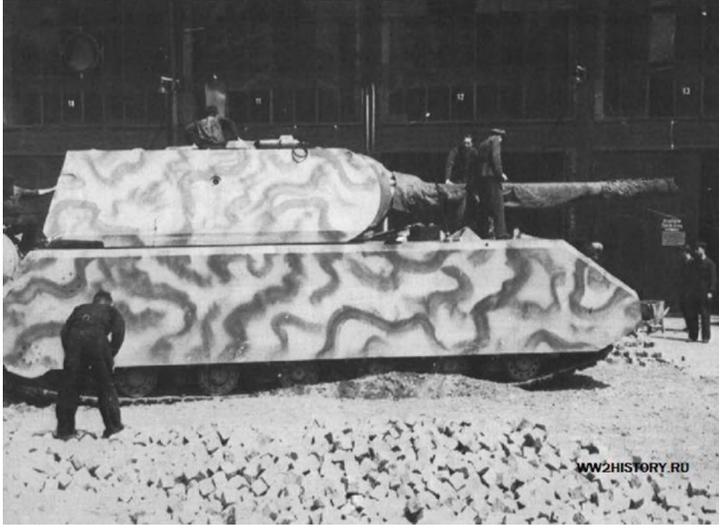


Рисунок 1 – Сверхтяжёлый танк Panzerkampfwagen VIII «Maus»



Рисунок 2 – Гусеничный робот «Ripsaw»

Главное отличие состояло в том, что передние катки машины могли поворачиваться, когда танк движется на колесах. (рис. 3)

Однако с развитием танкостроения машины серии БТ ушли на второй план, потому что были плохо защищены броней и не могли эффективно бороться

с новыми немецкими танками. А увеличение броневой мощи не позволяло эффективно использовать колесный привод (колеса увязали в грунте) [7]



Рисунок 3 – Рулевой каток танков серии БТ

Превзойти танки Кристи попытались инженеры из Великобритании, разработав танк «Тетрарх». Они учли все недостатки подвески знаменитого американского конструктора, в том числе то, что при движении без гусениц кроме передней пары управляемых колес, остальные не могли поворачиваться вокруг вертикальной оси. Правда, и передняя ось не имела чистого качения при повороте танка, так как внешнее колесо по отношению к центру поворота проходило большой путь, скользя при этом по грунту. Остальные же колеса танка типа «Кристи» и вовсе не поворачивались вокруг вертикальной оси и при повороте скользили еще больше. В результате скольжение вызывало повышенный износ резиновых бандажей катков, а также порчу слабых грунтовых дорог. Англичане подошли к решению необычно. Они сохранили основу подвески «Кристи», но значительно модернизировали её. Для повышения проходимости и поворотливости на колесном ходу инженеры придали всем дорожным каткам способность поворачиваться вокруг вертикальной оси. Причем, за счет применения индивидуальной подвески катков, они поворачивались на разные углы [8] (рис. 4)

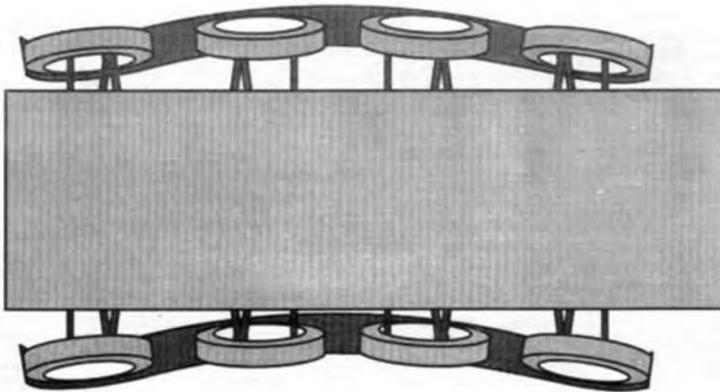


Рисунок 4 – Схема положения катков танка "Тетрарх" при повороте

Танк получил мощный двигатель, а машина имела массу до 10 т. В итоге удельная мощность была на уровне 20 л. с. на тонну, скорость около 70 км/ч. Возникает вопрос, а мог бы «Тетрарх» двигаться на колесах без гусениц? Да, мог бы, только на малой скорости и на небольшое расстояние. В противном случае наблюдалась бы пробуксовка ведущих колес как на твердом, так и на мягком грунте и даже их деформация. Однако движение на колесах, в качестве последнего шанса, было вполне важным качеством.

Чтобы повысить проходимость колесно-гусеничной машины на колесах до того уровня, чтобы она могла уверенно пройти по проселочной местности в случае сброса гусеницы, необходимо применить принцип полного привода и скорее всего не менее 4-х пар колес.

В качестве примера рассмотрим реальную колесную боевую машину с полным приводом БТР – 90. Она имеет неплохие характеристики, такие как: скорость 100 км/ч по дороге, возможность плавать, запас хода в 800 км по шоссе. Также вместимость – машина рассчитана на 10 человек (3 экипаж + 7 человек десанта) [9].

Полного привода инженеры достигли за счет того, что к каждой паре колес провели вал, что хорошо видно на схеме (рис. 5) Но стоит отметить, что применение сложной системы привода при одном двигателе конструктивно усложняет машину, что уменьшает ее надежность.

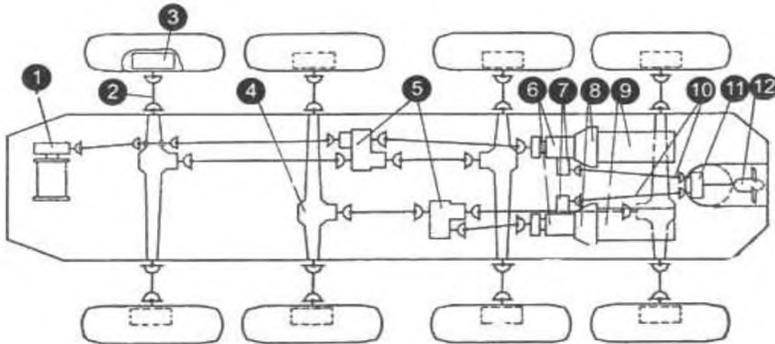


Рисунок 5 – Схема трансмиссии БТР-90

Решить проблему со сложным устройством привода колес, можно было бы применив современные технологии, а именно – электрический мотор-колесо. Мотор-колесо представляет собой агрегат, объединяющий колесо и встроенные в него тяговый электродвигатель, силовую передачу и тормозную систему (таким образом, каждое мотор-колесо имеет индивидуальный привод) [10] Устанавливается, как правило, в подвешенном к раме кронштейне (в случае, когда колесо не является управляемым) либо в установленном в поворотной цапфе подшипнике (в случае, когда колесо является одновременно ведущим и управляемым). Таким образом, применив мотор-колесо, не придётся вал к каждой паре колес, упростив тем самым конструкцию трансмиссии. Также выживаемость машины с приводом мотор-колесо повысится за счет применения полного привода. То есть в случае, если все 8 колес ведущие, мы можем отключать поврежденные в бою оси и двигаться дальше.

К сожалению, в открытых источниках не так много упоминаний об образцах подобного вида двигателей. Но все же мне удалось ознакомиться с некоторыми машинами с подобными конструктивными решениями, например, самосва-

лы БелАз [11] Большинство машин этой марки имеют мотор-колеса, которые питают дизельные генераторы.

Таким образом, как показано выше, колесно-гусеничная машина будет эффективна при небольшом весе и соответственно габаритах. Поэтому, как реальный прототип для расчета рассматриваемая в работе машина будет иметь следующие габариты: 8 метров в длину, 3,5 метров в ширину и 2,8 метров в высоту. Машина будет установлена на трансмиссию с 4 парами колес-катков. По облику она скорее всего, она будет схожа с БМП и БТР. Но самое важное, что меняется концепция колесно-гусеничной машины, моя разработка преследует цель повысить живучесть ходовой части, увеличить её ресурс. Предположительно на гусеницах будет возможность применения «качающихся» катков и гибкой гусеницы. Облик машины представлен на эскизе, выполненной в программе «Компас» [12] (рис. 6).

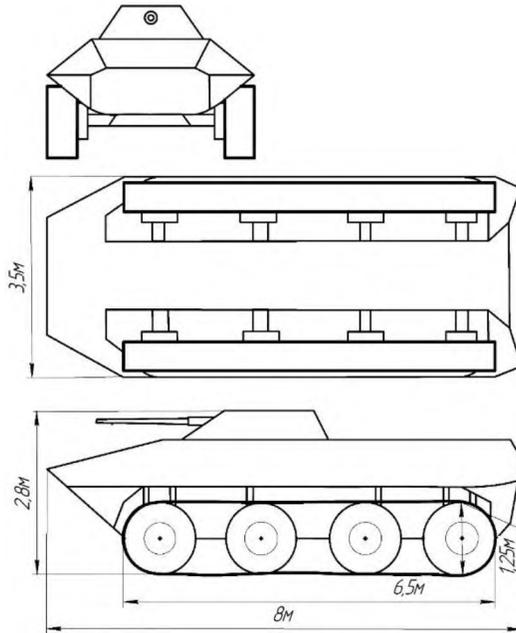


Рисунок 6 - Эскиз колесно-гусеничной машины с электрическими колесами-моторами

Уже сейчас предполагаются возможные преимущества и недостатки проектируемой машины.

Преимущества – возможность передвигаться, при практически любых (не критических) повреждениях трансмиссии и любых условиях окружающей среды, ресурс ходовой части, максимальная скорость вперед и назад, управляемость (в случае применения рулевых опорных катков), проходимость (по сравнению с колёсными машинами), простота трансмиссии (не надо тянуть вал к каждому колесу).

Недостатки – сложная конструкции опорных катков со встроенными электродвигателями, их большой вес, недостаточная емкость аккумулятора.

Для проверки расчетов, выработки рекомендаций по оптимальному применению такой машины, выявлению недостатков была сделана упрощенная масштабная модель данной машины в масштабе 1:30 (рис. 7).



Рисунок 7 – Процесс создания модели

Модель была сделана с использованием следующих компонентов и деталей:

- 8 независимых электродвигателей
- 8 колес с шинами из жесткой резины
- 2 гусеницы, изготовленные из эластичной ткани и кожи
- аккумулятор на 10000 mAh
- корпус из прозрачного акрила 6 мм
- соединительные провода

Данная модель (рис. 8) позволяет наглядно протестировать мою идею о применении именно электричества в качестве источника энергии. В модели были применены электродвигатели, а не колесо-мотор, изготовление которого заняло бы много времени. Однако с практической точки зрения применение электродвигателя в модели рационально, так как и на их примере можно судить об эффективности.

Были проведены различные эксперименты над моделью. В их ходе я сделал следующие выводы и замечания:

- данная машина может передвигаться и выполнять различные задачи
- движение даже на одной паре катков вполне возможно
- энергоэффективность машины находится на удовлетворительном уровне (запас хода нагруженной модели был не очень высок)
- за счет высокого крутящего момента, при работе всех 8 двигателей нагруженная модель способна забираться в горку с углом наклона в 60 градусов, далее происходило сваливание
- гусеницы из-за разной скорости вращения катков иногда сваливались

Таким образом, можно сделать вывод о необходимости ровной нагрузки машины по всей длине, для предотвращения деформации катков с большей нагрузкой, использование выравнивателя скорости вращения катков для предотвращения сбрасывания гусеницы.

Отдельно хотелось бы отметить базу питания. Современные аккумуляторы не имеют высокой емкости, поэтому, по моему мнению, стоит применять мобильные способы подзарядки, то есть заряжать машину прямо в поле. Можно также воспользоваться солнечными панелями.



Рисунок 8 – Модель

Сравнение с существующими аналогами

Аналогов боевой машины с электрическими колесами-моторами в качестве движителя в доступных мне источниках не найдено. Но если сравнивать мою разработку с точки зрения колесно-гусеничной машины, то аналогами можно считать все танки на основе подвески Кристи. Конечно, используя современные технологии можно существенно улучшить систему Кристи. Итак, применив электрическое колесо-мотор, у машины резко повышается проходимость по грунту на колесах, повышается ресурс ходовой части, упрощается обслуживание, по сравнению с классическими танками Кристи. Однако повышается вес самой ходовой, в результате чего ухудшаются другие характеристики машины: грузоподъемность, давление на грунт, запас хода, из-за отсутствия мощных аккумуляторных батарей.

Так как разрабатываемая машина будет иметь уникальную систему подвески, питания, то будет необходимо разрабатывать и другие уникальные системы и модули, что может сильно ограничить сферу её применения.

Отдельно хотелось бы сравнить с проходящими сейчас испытания боевыми роботами «Соратник» и «Нахлебник». Оба они полностью автономны и управляются дистанционно. Однако использование в них традиционного движителя делает их крайне уязвимыми, при обездвиживании они прекращают выполнение задачи. Моя разработка позволит беспилотным роботам быть более независимыми и как можно дольше сохранять боеспособность.

Использование разработки

Как было указано выше использование машины может быть ограниченным. По моему мнению, максимально целесообразно будет применение этой ма-

шины в качестве БМП или БМД¹. Если рассматривать её в качестве боевой машины пехоты, то это мобильное, вооруженное средствами подавления и борьбы с пехотой противника, среднезащищенное транспортное средство для перемещения и поддержки живой силы. БМП и БМД рассчитана на транспортировку мотострелкового отделения [12]. Также стоит отметить тишину работы электрического колеса-мотора, возможно, это найдет применение на поле боя. Моя разработка повышает живучесть экипажа и десанта БМП, что и является основной концепцией моей разработки.

Бизнес-привлекательность разработки

Я не исключаю того, что данная разработка может получить продолжение. Поэтому примерно представляю, как её можно использовать в сфере бизнеса. Во-первых, использование электричества как топлива становится все более популярным сейчас, этот вид энергии выгоднее с экономической точки зрения. Во-вторых, уникальность разработки является основным плюсом для бизнеса. То есть главное преимущество в том, что таких предложений, по крайней мере, известных мне, сейчас на рынке нет. В-третьих, разрабатываемая машина не задумывается как основная серийная, а наоборот, как специальная и узконаправленная, а значит, её можно применять как экспериментальную, для обкатки новых технологий.

Список литературы

1. Боевые роботы Соратник и Нерехта. Режим доступа: <http://tass.ru/armiya-i-opk/3894437>.
2. Сборник нормативов по боевой подготовке Сухопутных Войск. Книга 1. Для мотострелковых, танковых, парашютно-десантных, десантно-штурмовых и разведывательных подразделений. – М. : Военное издательство, 1984. – 90 с.
3. Гусеничная машина Ripsaw. Режим доступа: <http://www.ripsawtank.com/> (дата обращения 05.02.2018).
4. Тяжелый танк Panzerkampfwagen Maus (Porsche 205) «Мышонок». Режим доступа: http://ww2history.ru/tank_maus.html
5. Роомасёв, К. Н. Первые колёсно-гусеничные. Военные машины Джона Уолтера Кристи, 1916-1927 / К. Н. Роомасёв. – Павлодар : РОМБ, 2011. – 168 с.
6. Танки серии БТ. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B0%D0%BD%D0%BA%D0%B8_%D1%81%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B8_%D0%91%D0%A2#.D0.A0.D0.B0.D0.B7.D0.B2.D0.B8.D1.82.D0.B8.D0.B5_.D1.81.D0.B5.D1.80.D0.B8.D0.B8_.D0.91.D0.A2
7. Исмагилов, Р. Танки / Р. Исмагилов. – Смоленск : Русич, 2011. – 64 с., ил.
8. Чемберлен, П. Британские и американские танки Второй Мировой Войны / П. Чемберлен, К. Элис. – 2003. – 225 с.
9. Холявский, Г. Л. Энциклопедия бронетехники. Гусеничные машины, 1919-2000 гг. / Г. Л. Холявский. – Мн. : ООО «Харвест», 2001. – 656 с., ил.
10. Мотор-колесо. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%BE%D1%82%D0%BE%D1%80-%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D1%81%D0%BE>
11. Устройство карьерного самосвала БЕЛАЗ wiki. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%BE%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D1%81%D0%BE>.
12. Официальный сайт программы «КОМПАС». Режим доступа: <http://kompas.ru/>

¹ БМП – Боевая машина пехоты, БМД – боевая машина десанта.

13. Боевая машина пехоты. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%BE%D0%B5%D0%B2%D0%B0%D1%8F_%D0%BC%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%B0_%D0%BF%D0%B5%D1%85%D0%BE%D1%82%D1%8B#.D0.9E.D1.81.D0.BD.D0.BE.D0.B2.D0.BD.D1.8B.D0.B5_.D1.85.D0.B0.D1.80.D0.B0.D0.BA.D1.82.D0.B5.D1.80.D0.B8.D1.81.D1.82.D0.B8.D0.BA_.D0.B8_.D0.B8_.D0.BF.D0.B5.D1.80.D1.81.D0.BF.D0.B5.D0.BA.D1.82.D0.B8.D0.B2.D1.8B_.D1.80.D0.B0.D0.B7.D0.B2.D0.B8.D1.82.D0.B8.D1.8F_.D0.91.D0.9C.D0.9F_.D1.81.D1.82.D1.80.D0.B0.D0.BD_.D0.9D.D0.90.D0.A2.D0.9E Литература:

УДК 629

МОДИФИКАЦИЯ ГИРОСКУТЕРА «SDF DRIVER»

Горожанкин Захар Владимирович

*Свердловская область, г. Екатеринбург, МАОУ Лицей № 110 им. Л.К. Гришиной,
10 класс; e-mail: vip.zakhar1@mail.ru*

Аннотация. Цель проекта состоит в создании собственного изделия на базе гироскутера и модуля Citi Transmitter [1], [2]. Было проведен сравнительный анализ видов гироскутеров (гироскутеры можно разделять по двум основным видам: по конструкции и по диаметру колес). Из выбранных мною характеристик, были выбраны 10-дюймовые колеса, так как по следующим критериям (проходимость, максимальная скорость, нагрузка и пробег), они превосходят другие колеса с размерами (от 4,4 дюйма до 8 дюймов) [3]. Также был проведен анализ модулей Citi Transmitter. В работе я использовал небольшой багажный модуль на колесах, так как нет необходимости для перевозки больших грузов [4], [5]

Проект создавался на протяжении двух лет. Поэтому на период 2017 года была создана модель устройства в программе SolidWorks 2014. В период конца 2017 года и начала 2018 года были выявлен ряд недостатков модели. И в процессе создания изделия были решены возникшие проблемы. Изделие неоднократно тестировалось и совершенствовалось. В итоге было получено законченное изделие “SDF Driver”. “SDF Driver” совершенно другое малогабаритное транспортное средство для езды по городу, которое может использоваться людьми с ограниченными возможностями.

При написании проекта были использованы различные интернет-ресурсы, проведено общение с экспертами в соответствующей области, был выполнен анализ и обобщение полученной информации.

Ключевые слова: гироскутер, Citi Transmitter, модуль, диаметр колес, 3D модель, изделие “SDF Driver”, люди с ограниченными возможностями.

Место выполнения работы. Работа была выполнена на базе школы МАОУ Лицей № 110 им. Л.К. Гришиной (математический клуб лицея № 110); завода Атом Строй Комплекс. Были использованы различные интернет-ресурсы. Научный руководитель: Токмакова Наталья Васильевна, МАОУ лицея № 110 им. Л. К. Гришиной, учитель математики, Заслуженный учитель России.

Описание инновационной разработки

Создание изделия было разделено на 4 этапа:

1. Подготовительный этап. На этом этапе был произведен сбор информация по темам: Гироскутер и Citi Transmitter.
2. 3D-визуализация. Создание 3D модели в программе SolidWorks2014.
3. Комплектация. Сбор комплектующих, из которых будет состоять изделие [6].

4. Сборка. Создание изделия “SDF Driver”.

5. Доработка.

Выявление ошибок и их предотвращение

В данный момент времени изделие находится между пятым этапом и четвертым этапом, так как в ходе проведения тестов пришлось видоизменить систему управления [7]. Всего было проведено четыре теста, после четвертого теста изделие поехало. Изделие “SDF Driver” способно улучшить жизнь обычных граждан, а также граждан с ограниченными возможностями. Так как за счет закрепленной оси Z катание стало более удобным и практичным [8], [9].



Рисунок 1 – Основной вид модели

Использование разработки

“SDF Driver” совершенно другое малогабаритное транспортное средство для езды по городу, которое может использоваться людьми с ограниченными возможностями.



Рисунок 2 – Изделие в начале сборки

Бизнес-привлекательность разработки

Если сравнивать “SDF Driver” с гироскутерами, то можно заметить что стоимость устройства выше. При этом логично сравнивать его с электроскутером

для людей с ограниченными возможностями, обладают схожими характеристиками. “SDF Driver” дешевле в 2 раза по сравнению с электроскутером для людей с ограниченными возможностями.

Список литературы

1. Свободная энциклопедия Википедия // Гироскутер // [Интернет-ресурс] – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B8%D1%80%D0%BE%D1%81%D0%BA%D1%83%D1%82%D0%B5%D1%80> (12.05.2017).
2. DMIRIX.RU// Модульный электрокар: «Citi Transmitter» // [Интернет-ресурс] <http://dmirix.ru/technology/modulnyj-elektrokar-citi-transmitter/> (12.05.2017).
3. Интернет магазин Master-Turnik.ru// Виды гироскутеров и их описание//[Интернет-ресурс] <http://master-turnik.ru/stati/vidy-giroskuterov-i-ih-opisanie/> (24.04.2017).
4. FacePla.net//Citi Transmitter - модульный электрокар // [Интернет-ресурс] <http://www.facepla.net/the-news/eco-transportation-mnu/3831-citi-transmitter.html> (23.07.2018).
5. Нижегородский государственный технический университет им. П. Е. Алексеева//Транспорт будущего // [Интернет-ресурс] http://www.nntu.ru/attest/its.php?file=Metod_okt_oibd_23.03.01tp_112.pdf (8.08.2017).
6. Velotone // Запчасти для гироскутера // [Интернет-ресурс] <http://velotone.ru/category/%D1%8D%D0%BA%D0%BE-%D0%B1%D0%B0%D0%B9%D0%BA%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D0%BF%D1%87%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B8-%D0%B4%D0%BB%D1%8F-%D0%B3%D0%B8%D1%80%D0%BE%D1%81%D0%BA%D1%83%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BE%D0%B2> (11.09.2018).
7. FB.ru //Гироскутер: как работает такое средство передвижения? // [Интернет-ресурс] <http://fb.ru/article/286484/giroskuter-kak-rabotaet-takoe-sredstvo-peredvijenija> (10.02.2017).
8. tiu.ru// Платы для гироскутера // [Интернет-ресурс] https://yeahmart.ru/g14688702-platy-dlya-giroskutera?utm_source=yandex&utm_medium=cpc&utm_campaign=33266622&utm_content=5430790637&utm_term=%D0%9F%D0%BB%D0%B0%D1%82%D1%8B%20%D0%BD%D0%B0%20%D0%B3%D0%B8%D1%80%D0%BE%D1%81%D0%BA%D1%83%D1%82%D0%B5%D1%80%2010%20%D0%B4%D1%8E%D0%B9%D0%BC%D0%BE%D0%B2®ion=54®ion_name=%d0%95%d0%ba%d0%b0%d1%82%d0%b5%d1%80%d0%b8%d0%bd%d0%b1%d1%83%d1%80%d0%b3&block=premium&position=2 (25.11.2018)
9. Electro Town Сеть магазинов электротранспорта. Екатеринбург // Запчасти. Для гироскутера//[Интернет-ресурс] <http://ekb.electrotown.ru/zapchasti/> (08.01.2018)

УДК 629.12

ПОДВОДНЫЙ РОБОТ-ПЛАНЕР С ПОВОРОТНЫМ МЕХАНИЗМОМ ИЗМЕНЕНИЯ ПЛАВУЧЕСТИ

Новак Александр Вадимович
г. Москва, ГБОУ Школа № 1524, 11 класс

Аннотация. Предлагается в автономных необитаемых подводных аппаратах использовать новый вариант механизма изменения плавучести – механический поворотный.

Для увеличения полезной нагрузки применяются модули, способные сами присоединиться к аппарату. Предложена форма корпуса, прочностные расчёты самого аппарата и присоединительных модулей. Построена модель аппарата предлагаемой формы, где сам автономный необитаемый подводный аппарат является подводным планером.

Ключевые слова: механизм изменения плавучести, автономный необитаемый подводный аппарат, подводный планер, модульный, механизм стыковки, прочность, форма корпуса.

Место выполнения работы. Работа выполнена на базе Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана. Научный руководитель: Машков Константин Юрьевич, канд. техн. наук, доцент кафедры «Многоцелевые гусеничные машины и мобильные роботы».

Описание разработки

На “борту” подводного робота есть несколько обязательных компонентов, без которых робот попросту не сможет двигаться, это электродвигатель (другие двигатели не подходят, так как никакого топлива кроме электричества держать на борту невозможно из-за размеров аппарата и условий работы) и движитель, энергетическая установка.

Помимо обязательных компонентов также аппарат должен нести полезную нагрузку в виде приборов. Эту массу ранее всегда брали в подводный аппарат [1, 2, 3]. Но это ведёт к ограничению количества оборудования, которое может нести подводный робот, и, как следствие, ограниченность функций, хотя в некоторых проектах предлагали использовать сеть подводных аппаратов [4], что позволяет расширить круг одновременно выполняемых задач, однако это сложно реализовать.

Я предлагаю новый метод решения данной проблемы. Суть его заключается в том, что подводный робот приплывает в точку проведения работы, а затем ему сбрасывают в специальной капсуле оборудование.

Ранее модульный принцип был реализован на автономном подводном аппарате «Гавиа» [3], но в том варианте исполнения сам аппарат состоял из модулей, которые могли быть заменены только людьми на поверхности. Предлагаемый вариант присоединяется сам, но он ухудшает обтекаемость аппарата и порождает новую проблему: как поймать эту капсулу? Ведь мало того, что необходимо оказаться в точной точке в плоскости, так ещё и на определённой глубине. Решением проблемы стыковки является следующий алгоритм: по достижении определённой глубины капсула останавливается, а значит, сила Архимеда становится равной силе тяжести. В таком случае это оборудование не будет нагружать робота, да и “поймать” эту капсулу будет легче, так как к ней можно будет подплыть в любой момент времени.

Но для этого необходимо решить следующие вопросы:

1. Разработать системы позиционирования сбрасываемой капсулы относительно подводного робота;
2. Управление либо Архимедовой силой, либо силой тяжести для того, чтобы на какой-то регулируемой глубине капсула переставала бы погружаться.

Движение подводного робота осуществляется несколькими способами. *Первым способом передвижения* является использования движителя, который непосредственно разгоняет аппарат с помощью силовой установки. Однако для автономного подводного робота такой вариант для постоянного использования невозможен из-за больших затрат энергии, но он также и необходим (например,

чтобы “поймать” капсулу или исследовать дно). Вторым способом передвижения является планирование под водой (движение за счёт преобразования потенциальной энергии робота в кинетическую). Этот способ обладает как преимуществами, так и недостатками.

Преимущества:

– Низкое энергопотребление;

Недостатки:

– Низкий КПД;

– Низкая скорость движения [1, 2];

– Непостоянство глубины, на которой находится аппарат.

Так как именно низкое энергопотребление играет решающую роль для автономного подводного аппарата, который должен передвигаться длительное количество времени, то второй вариант является единственным возможным при передвижении на большие расстояния. Такие подводные “планеры” называли глайдерами.

Варианты движителей для глайдера

В первую очередь, они должны изменять объём аппарата. Также они должны смещать центр тяжести аппарата. При этом глайдер начинает всплывать или наоборот тонуть, двигаясь при этом под некоторым углом к поверхности воды. Теперь о самих вариантах [5].

Первый, химический. В основе химического механизма изменения плавучести (далее, МИП) лежит явление резкого увеличения объема водорода, возникающее в результате реакции гидрида лития с морской водой. При этом морская вода вытесняется из реактивной камеры, создавая избыточную плавучесть. Полученный при этом водород может использоваться для создания электроэнергии в топливных элементах для питания системы управления и навигационно-измерительных приборов.

Второй, электрический.

Сейчас используются варианты электрического МИП:

1) перекачки рабочей жидкости между внутренней и внешней (по отношению к прочному корпусу) эластичными емкостями;

2) изменение объёма забортной воды в балластных цистернах. Для забора воды стравливают воздух из балластных цистерн, при этом происходит погружение подводного аппарата, а для всплытия выдавливают воду из балластных цистерн, подавая в них воздух из резервуара сжатого воздуха [6].

3) изменение объёма камер плавучести, представляющих собой гибкие оболочки, подавая в оболочки воздух из резервуара со сжатым воздухом или стравливая воздух за борт. При таком способе регулирования плавучести для всплытия аппарата в оболочку подают сжатый воздух из резервуара, вследствие чего объём оболочки увеличивается и аппарат всплывает. Для погружения аппарата стравливают часть воздуха из оболочки, объём оболочки уменьшается и аппарат погружается. При каждом таком всплытии и погружении расходуется часть воздуха, запасённого в резервуаре сжатого воздуха, что при частых перемещениях аппарата вверх и вниз ограничивает время его пребывания под водой [7].

Третий, термический. В термическом варианте механизма изменения плавучести используется принцип изменения агрегатного состояния воскообразного рабочего тела. В теплых приповерхностных слоях воды рабочее тело нагревается, плавится и расширяется. Это расширение преобразуется в сжатие жидкости в аккумуляторе энергии. Погружение глайдера инициируется перекачкой

жидкости из внешней емкости во внутренний резервуар. При температурах ниже точки затвердевания сжатие рабочего тела переводит жидкость из внутреннего резервуара обратно в теплообменник. Для всплытия, энергия, накопившаяся в аккумуляторе, производит работу и цикл повторяется. На сегодня основным недостатком термического глайдера является необходимость в перепаде температур не менее 10°C . Это обстоятельство ограничивает применение термических глайдеров на 65% Мирового океана.

Первый вариант исполнения электрического МИП я предлагаю использовать для капсулы в связи с простотой конструкции и эксплуатации. Соответственно, при погружении на определённую глубину будет перекачиваться жидкость из резервуара в окружающую среду или вообще сбрасываться балласт, что сейчас используется на воздушных шарах [8].

В основном же корпусе лучше использовать другой МИП, который я разработал сам. Фактически, мой вариант можно считать механическим.

Механизм изменения плавучести

Во время всплытия/погружения глайдер движется под некоторым углом к горизонту. Далее рассмотрим нижнюю точку траектории. В ней центр тяжести искусственно (двигателем) смещается, и корпус поворачивается до вертикального положения (см. рис. 2). Из-за этого разность давлений на нижний и верхний поршни увеличивается, и они передвигаются вверх, а из-за того, что нижний поршень имеет меньшую площадь, чем верхний, то увеличивается объём всего глайдера. Затем поршень фиксируется на месте и из-за увеличившейся силы Архимеда глайдер начинают всплывать.

В верхней точке, чтобы глайдер начал погружаться достаточно его повернуть (а значит, поршень с меньшей площадью окажется сбоку) (см. рис. 1).

С точки зрения физики опишем происходящее в нижней точке:

2 закон Ньютона для поршней:

$$p_0 * S_1 + m * g = p_0 * S_2 + \rho_0 * g * h * S_2 \quad (1)$$

Где S_1 – площадь верхнего поршня, S_2 – нижнего.

Для всего глайдера :

$$F_{\text{низ}} = \rho_0 * g * (V + \Delta V) - M * g, \text{ где } \Delta V = h * (S_1 - S_2)$$

В верхней же точке:

$$F_{\text{верх}} = \rho_0 * g * V - M * g$$

Очевидно, что должно выполняться: $F_{\text{верх}} < 0$, а $F_{\text{низ}} > 0$, а также уравнение (1).

Схема:



Рисунок 1 – Глайдер в верхней точке (поршни горизонтальны)

Прочность капсулы

Наиболее прочной является форма шара, поэтому я предлагаю капсулу сделать шарообразной. Ниже представлен метод расчёта шарообразной формы на прочность.

Представим себе шаровой сосуд, подвергающийся действию внутреннего и внешнего равномерных давлений. Пусть a и b обозначают соответственно внутренний и наружный радиусы шара, а p_a и p_b – внутреннее и наружное давле-

ния газов. Формулы для определения тангенциальных (σ_t , σ_x) и радиальных (σ_r) напряжений [10].

$$\sigma_t = p_a \frac{a^3(2r^3 + b^3)}{2r^3(b^3 - a^3)} - p_b \frac{b^3(2r^3 + a^3)}{2r^3(b^3 - a^3)},$$

$$\sigma_r = p_a \frac{a^3(2r^3 + b^3)}{r^3(b^3 - a^3)} + p_b \frac{b^3(a^3 + r^3)}{r^3(b^3 - a^3)}.$$



Рисунок 2 – Глайдер в нижней точке (меньший поршень снизу)

Для случая одного внешнего давления p_b наибольшее растягивающее тангенциальное напряжение будет на внутренней поверхности сосуда ($r = a$):

$$\sigma_t = -p_b * \frac{b^3 * (a^3 + 2 * a^3)}{2 * a^3 * (b^3 - a^3)}$$

Прочность корпуса самого глайдера

Для расчёта прочности, необходимо её математическое задание. Оси координат отмечены на рисунке 3:

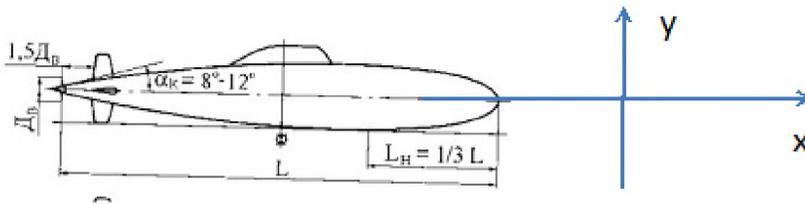


Рисунок 3[11] – Осесимметричный корпус подводной лодки

Эта форма задаётся эллипсами. Уравнение эллипса:

$$\frac{(x - x_0)^2}{a^2} + \frac{(y - y_0)^2}{b^2} = 1$$

При этом, эллипсу, задающему носовую часть, принадлежат точки с координатами $(1/3 L; 0)$ и $(0; 1/8L)$, а задающему заднюю часть: $(-2/3 L; 0)$ и $(0; 1/8 L)$ и в первой точке угол равен 10° . Отсюда получаем систему:

$$\left\{ \begin{array}{l} b = \frac{1}{8} * L - y_0 \\ -2 * b * \frac{\frac{L}{3}}{\left(a^2 - \frac{4}{9} * L^2\right)^{\frac{1}{2}}} = \operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{18}\right) \end{array} \right.$$

Решив эту систему для конкретного значения L можно получить значения всех остальных параметров.

Напряжение в плоскости, перпендикулярной плоскости эскиза, и направленная к оси симметрии, будет рассчитываться аналогично шару, то есть:

$$\partial_{\tau} = -p_b * \frac{b^3 * (a^3 + 2 * a^3)}{2 * a^3 * (b^3 - a^3)}$$

По оси x в произвольной точке оно будет равно:

$$\sigma = p * f(x) * \sin\left(\operatorname{arctg}\left(\frac{df(x)}{dx}\right)\right) / l$$

Полная напряжённость будет рассчитываться, как корень из суммы квадратов этих двух напряжённостей. Далее надо будет только выбрать максимальное.

Где l – расстояние между точками пересечения внешней и внутренней частями корпуса и прямой $y=f(x)$.

Крылья играют роль изменения направления движения (см. рис. 4), так как без них тело будет просто тонуть или всплывать вертикально, а крылья же меняют направление движения.

Движение по горизонтали создаётся благодаря закону сохранения импульса. При погружении вниз под углом (не как топор) вода изменяет направления движения (так сказать, отталкивается от крыла) с вертикального на частично горизонтальное, приобретая некоторый импульс.

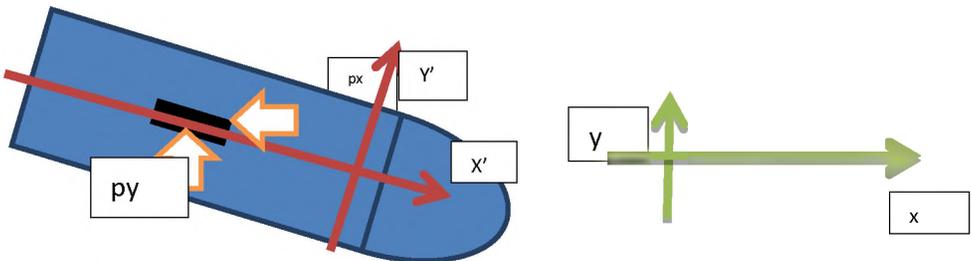


Рисунок 4 – Роль крыльев

P_y – импульс, создаваемый набегающим потоком воды снизу, создаваемого движением вниз, P_x – импульс, создаваемый набегающим потоком воды спереди, создаваемого движением вперёд.

$$P_y = V * P_0 \quad [9]$$

Спроецируем на оси x и y :

$$P_{yx} = p_y \cdot \cos \alpha$$

$$P_{yy} = p_y \cdot \sin \alpha$$

Спроецируем на оси x' и y' :

$$P_{yx'} = 2 \cdot p_y \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha$$

$$P_{yy'} = p_y \cdot (\sin^2 \alpha - \cos^2 \alpha)$$

При этом импульс p_x будет передавать на оси x' и y' :

$$P_{xx'} = p_x \cdot (\sin^2 \alpha - \cos^2 \alpha)$$

$$P_{xy'} = 2 \cdot p_x \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha$$

В горизонтальном направлении глайдер будет разгоняться до момента, когда импульс, передаваемый спуском (подъёмом) по оси x' , не уравняется проекцией импульса от самого горизонтального движения в сумме с силой вязкого трения и лобовым сопротивлением. Предварительный расчёт можно провести, например, в программе AutodeskCFD, однако для этого необходимо выбрать форму крыла.

Стыковка

Робот должен сам соединиться с тем, что к нему присоединяют, и именно с такой проблемой столкнулись при проектировании стыковочных механизмов в космосе.

На космических аппаратах на данный момент используются андрогинно-периферийные агрегаты стыковки (АПАС-95) [12]. Однако в нём будет оставаться вода после стыковки, что необходимо избежать, в то время как в более старом агрегате стыковки – системе стыковки и внутреннего перехода (ССВП) (см. рис. 5) – можно избежать этого недостатка. Более того, так как одна часть этой системы представлена штырём, то капсула будет ориентироваться этой частью вниз, в связи с чем можно будет использовать более простой механизм позиционирования его двух частей.

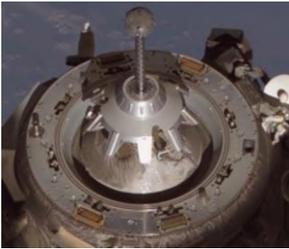


Рисунок 5 – ССВП

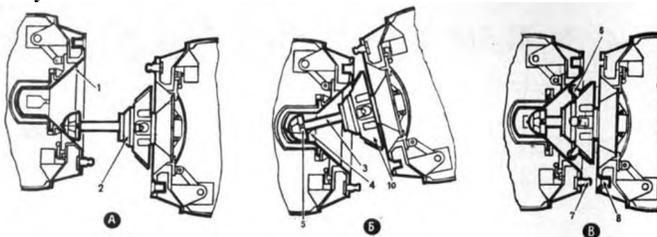


Рисунок 6. Схема работы ССВП

Видно, что можно зацепиться за “штырь” – его местоположение определить легко, так как он будет находиться снизу капсулы.

Как видно из схемы (рис. 6) в пункте В, при стыковке в космосе стенки стыкуются напрямую (на схеме изображены как штырьки по бокам под номером 7 и отверстие для него под номером 8), без каких-либо дополнительных действий, что недопустимо под водой, так как это может вызвать коррозию материала (залитие

воды в корпус при стыковке): естественно, не корпуса, но, например, проводов при подключении аккумулятора, либо же вообще останется промежуток между проводником и его продолжением, заполненный водой. Я предлагаю решить эту проблему таким образом: сделать предварительную “очистку” от воды. Это можно реализовать двумя способами: 1) плотным прилеганием капсулы к роботу; 2) отведением воды, плотно прижатой к стенкам, например, резиновой части, которая при движении просто “смахнёт” воду.

Доставка и сброс

Доставить до точки старта можно либо на корабле (в том числе и рядом с берегом), либо на самолёте. Если доставлять на корабле, то никаких проблем нет, а если на самолёте, то необходимо, чтобы глайдер выдержал сброс в воду. Для этого глайдер нужно поместить в специальную капсулу или замедлить его движение с помощью парашюта. Так как глайдер имеет выступающий механизм изменения плавучести, то лучше использовать парашют. Он должен открыться через некоторое количество времени, а при вхождении в воду он должен отсоединиться.

Для этого парашют необходимо присоединить следующим образом (сделать “сахарный замок”) (см. рисунки 7, 8): стропы присоединить к “ползунку” в форме двутавра, который находится на наклонных рельсах, чтобы он начинал съезжать, когда ему ничего не мешает. Чтобы эта система самопроизвольно не открылась, необходимо чем-нибудь подпереть “ползунок”, и одним из лучших вариантов является сахар.

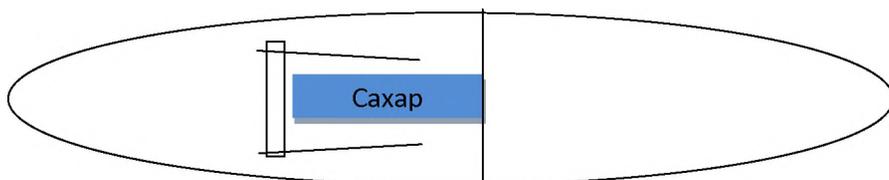


Рисунок 7 – Крепление парашюта, вид сбоку.

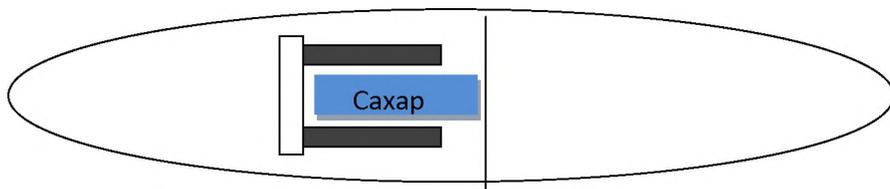


Рисунок 8 – Крепление парашюта, вид сверху

Источник энергии

Для работы глайдера необходима электроэнергия для связи, а также для активного движителя, если такой будет использоваться. А значит, необходимы аккумуляторы (тем более, под водой невозможно использовать двигатели сгорания, а также в связи со способом перемещения глайдера невозможно установить маховичный аккумулятор). Наибольшей ёмкостью по отношению к весу обладают литий-ионные аккумуляторы. При этом он вполне удовлетворяет условиям работы глайдера: диапазон температур – от -20°C до 60°C , при температуре 25°C

и разряде $100\% \approx 1,6\%$ в месяц. Удельная энергоёмкость: 110 ... 243 Втч/кг [15]. При этом в морской воде предоставляется уникальная возможность: заряжать аккумулятор с помощью солей, содержащихся в ней. Это можно осуществить с помощью водяного аккумулятора. Он работает благодаря возникновению тока в электролите между парой металлов. Значит, когда заряд на основном аккумуляторе становится маленьким, то можно залить воду в водяной аккумулятор и зарядить основной.

Сравнение с существующими аналогами

Предложен новый вариант механизма изменения плавучести, который не имеет ограничения использования из-за природных условий, а также работает более долго при затрате той же энергии, тем самым создав возможность более редко обслуживать глайдер; предложен вариант присоединения дополнительных модулей без участия человека; не имеет движителя для быстрых перемещений, но разработка такого возможна и является дальнейшим развитием проекта. Технические характеристики не определены, так как для их точного определения необходимо проводить эксперимент с полномасштабной моделью.

Использование разработки

Основные задачи, решаемые при помощи автономных необитаемых подводных аппаратов [13], с установкой на них необходимого для этого оборудования:

1. Обзорно-поисковые работы.
2. Геологоразведочные работы: съёмка морского дна, картографирование рельефа.
3. Подлёдные работы: прокладка кабеля и трубопроводов.
4. Океанографические исследования.
5. Работы военного назначения.

Бизнес-привлекательность разработки

Возможность движения без дополнительного наземного обслуживания в течение долгого времени.

Заключение

Предложен ряд усовершенствований в области автономных необитаемых подводных аппаратов: новый механизм изменения плавучести, который не имеет ограничений использования территориальных и энергетических, использование специальных самоприсоединяющихся модулей, благодаря которым возможно изменение выполняемых функций в процессе плавания практически без участия людей, предложен способ подзарядки аккумуляторов. При этом всё это вполне реализуемо на практике.

Список литературы

1. Seaglider [электронный ресурс] / Алексей Бойко (Abloud). – Электрон. текст. дан. – 2010-2016. – Режим доступа: <http://robotrends.ru/robopedia/seaglider>
2. Глайдер 2.0 [электронный ресурс] / Алексей Бойко (Abloud). – Электрон. текст. дан. – 2016-2017. – Режим доступа: <http://robotrends.ru/robopedia/glyayder-2.0>
3. Гавиа [электронный ресурс] / Материал из Википедии — свободной энциклопедии. – Электрон. текст. дан. - 27 марта 2017. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Гавиа>.

4. Кожемякин, И. В. Перспективные технологии мониторинга океанографических данных [текст] / И. В. Кожемякин. – VI международный форум “Арктика: Настоящее и будущее”. 2016 г. – [17] с. – (Информ. листок о развитии и перспективах автономных необитаемых подводных аппаратов).
5. Кожемякин И.В. Механизмы изменения плавучести, дифферента и крена подводных глайдеров / Кожемякин И.В., Рождественский К.В., Рыжов В.А., Смольников А.В., Татаренко Е.И. // Труды Санкт-Петербургского государственного морского технического университета. – СПб.: Изд-во «Морвест», 2013.
6. Прасолов, С.Н. Устройство подводных лодок / С.Н. Прасолов, М.Б. Амитин. – Воениздат, 1973. – 312 с.
7. Пат. 2524514 Российская федерация, Способ регулирования плавучести подводного аппарата/ Мегёлкин В.И.
8. Балласт [электронный ресурс] / Материал из Википедии – свободной энциклопедии. – Электрон. текст. дан. – 14 апреля 2017. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Балласт>
9. Кухлинг, Х. Справочник по физике / Кухлинг Х. – М.: Мир, 1985. – 520 с.
10. Лекция 2. Простейшие осесимметричные задачи [электронный ресурс] / Каримов И. – Электрон. текст. дан. – Режим доступа: <http://soprotmat.ru/lectuprugost2.htm>
11. Кормилицин, Ю. Н. Проектирование подводных лодок / Кормилицин Ю. Н., Хализев О. А. – СПб.: Издательский центр СПбГМТУ, 1999. – 344 с.
12. Андрогинно-периферийный агрегат стыковки [электронный ресурс] / Материал из Википедии — свободной энциклопедии. – Электрон. текст. дан. – 16 августа 2017. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Андрогинно-периферийный_агрегат_стыковки.
13. Автономный необитаемый подводный аппарат [электронный ресурс] / Материал из Википедии — свободной энциклопедии. – Электрон. текст. дан. – 4 ноября 2016. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Автономный_необитаемый_подводный_аппарат.
14. Лотов, А. Б. Об ударе шара о поверхность воды // Ученые записки ЦАГИ. 1971. №4. С.22-30
15. Литий-ионные аккумуляторы [электронный ресурс] / Материал из Википедии — свободной энциклопедии. – Электрон. текст. дан. – 4 ноября 2016. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Литий-ионный_аккумулятор

УДК 62

СПОСОБ ПЕРЕДВИЖЕНИЯ ПЛАНЕТОХОДА ПОСРЕДСТВОМ РЕАКТИВНОЙ ТЯГИ

Лапкин Павел Владиславович
г. Москва, ГБОУ Школа № 1222, 11 класс
e-mail: pasha.lapkin@gmail.com

Аннотация. Статья посвящена обзору и детальному анализу основных известных на сегодняшний день типов движителей для планетохода. В статье затрагивается проблема того, что на данный момент не существует действительно универсального для любой поверхности движителя. В данной статье также представлена концепция движителя, имеющего ряд достоинств перед существующими на сегодняшний день типами. Главное из них – способность передвигаться по поверхности различного типа, преодолевать препятствия различного рода и двигаться в любом направлении. В качестве исследовательской задачи была определена попытка оценить возможность реализации данного движителя.

Ключевые слова: Двигатель, планетоход.

Место выполнения работы. Работа выполнена на базе кафедры «Многоцелевые гусеничные машины и мобильные роботы» МГТУ им. Н. Э. Баумана. Научный руководитель: Валерий Николаевич Наумов, доктор технических наук, профессор МГТУ им. Н.Э. Баумана, заслуженный деятель науки РФ, лауреат премии Президента РФ в области образования.

Описание разработки

В 1957 году, вместе с запуском первого искусственного спутника Земли, началась космическая эра человечества. С тех пор продолжается активное изучение и освоение космоса, и, очевидно, для этого привлекается различная космическая техника. Так, в ряде случаев незаменимыми окажутся такие технические устройства, как планетоходы. Планетоходы выполняют ряд важных задач, будь то перевозка космонавтов и грузов или же исследование поверхности различных небесных тел, поэтому в исследовании космоса планетоходы незаменимы.

Планетоходам приходится работать в экстремальных условиях, поэтому едва ли не главной и самой сложной задачей в их проектировании является выбор типа двигателя и его размеров. Именно двигателям стоит уделить особое внимание.

На различных планетах существуют различные типы поверхностей и грунтов, что влияет на выбор типа двигателя. Оценка типа поверхности является только приблизительной в силу неизученности исследуемого небесного тела, что может привести к неправильному выбору двигателя, а, следовательно, к невыполнению поставленных перед планетоходом задач и даже к его потере.

Применение предлагаемой модели двигателя способно увеличить проходимость в сложных грунтовых и рельефных условиях. Это достигается применением иного способа передвижения. Вместо передачи крутящего момента от электродвигателя посредством кинематической цепи, как в большинстве случаев, планетоход приводится в движение с помощью реактивной тяги системы сопел, управляемых с помощью контроллера и системы датчиков (Рис. 1).

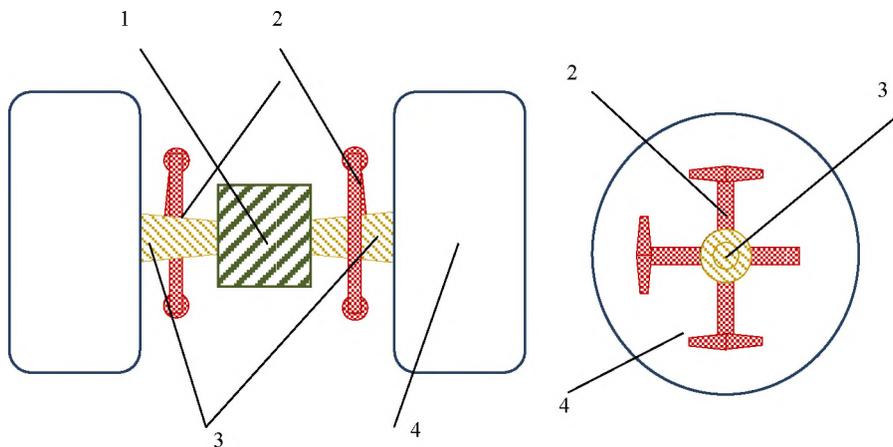


Рисунок 1 – Концептуальная модель предлагаемого двигателя

1. Платформа, на которой установлена система управления соплами, запас топлива, а также полезная нагрузка (При наличии только одной оси платформа гиросtabilизирована).
2. Система реактивных сопел, механически привязанная к колесу.
3. Полуоси с топливными трубопроводами внутри.
4. Колесо.

Нужный вектор тяги поддерживается за счет постоянного перераспределения силы тяги отдельных сопел с помощью контроллера, что позволяет двигаться по поверхностям с любым уклоном, вплоть до вертикальных.

Преимущества данного движителя:

1. Возможность двигаться в любом направлении, вплоть до передвижения по вертикальным поверхностям.
2. Движение осуществляется не за счет силы трения, а за счет реактивной тяги, что снижает пробуксовку и увеличивает проходимость.

Недостатки и проблемы:

1. Ограниченность запаса топлива и необходимость постоянного пополнения его запаса.
2. Сложная конструкция и система управления по сравнению с другими типами движителей.
3. Проблема компенсации веса аппарата для снижения расхода топлива.

Наиболее остро стоит проблема ограниченности запаса топлива, и ее можно решить использованием атмосферного газа, при условии, что имеется атмосфера. Для этого возможна установка компрессора для сбора газа на аппарате, либо на автоматической станции, которая, как правило, отправляется на небесное тело в паре с планетоходом. Однако в первом случае это приведет к увеличению массы аппарата, а, значит, к уменьшению полезной нагрузки; во втором – к ограничению радиуса, в пределах которого аппарат может перемещаться без риска его потери. Кроме того, при использовании атмосферного газа невозможно применение традиционных химических ракетных двигателей, а возможно лишь выбрасывание газа под давлением через сопло или использование электрических ракетных двигателей, однако тяга последних несоизмеримо мала по сравнению с химическими ракетными двигателями [1]. Вследствие этого в данном случае невозможно обеспечить нужную тягу. Так, в земных условиях для обеспечения полноценной работы движителя для каждого килограмма аппарата без компенсации веса необходимо обеспечить тягу, как минимум, в $1 \text{ кг} \approx 9,807 \text{ Н}$. Ниже показана зависимость скорости истечения частиц от секундного расхода топлива (Ф. 1) [2].

$$|F_p| = |u * \frac{\Delta m}{\Delta t}|,$$

где F_p – величина реактивной тяги, u – скорость истечения частиц газа, $\frac{\Delta m}{\Delta t}$ – расход массы топлива за единицу времени.

$$u = F_p * \frac{\Delta t}{\Delta m}.$$

Формула 1. Расчет скорости истечения частиц исходя из разного расхода топлива и величины реактивной тяги.

Для примера ниже приведена таблица результатов расчетов различной скорости истечения частиц, исходя из разного расхода топлива при $F_p = 10 \text{ Н}$ (Табл. 1).

Таблица 1. Расчет различной скорости истечения частиц исходя из разного расхода топлива.

Секундный расход массы топлива (объема воздуха)	$5 \cdot 10^{-4} \text{ кг/с}$ ($4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$)	10^{-3} кг/с ($8,2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$)	$5 \cdot 10^{-3} \text{ кг/с}$ ($4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$)	10^{-2} кг/с ($8,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$)	$5 \cdot 10^{-2} \text{ кг/с}$ ($4 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3/\text{с}$)
Скорость истечения частиц для обеспечения тяги 10 Н	$2 \cdot 10^4 \text{ м/с}$	10^4 м/с	$2 \cdot 10^3 \text{ м/с}$	10^3 м/с	$2 \cdot 10^2 \text{ м/с}$

Очевидно, что в данном случае использование воздуха или другого атмосферного газа возможно лишь при большой производительности компрессора или емкости топливного бака, в противном случае будет резко ограничено время непрерывной работы планетохода. Кроме того, в большинстве случаев обеспечить необходимую скорость истечения частиц может лишь химический реактивный двигатель, что не позволяет говорить сегодня об использовании атмосферного газа в качестве топлива.

Компенсацией силы тяжести можно уменьшить как необходимую силу тяги, так и расход топлива. Компенсировать вес аппарата можно путем использования газов с плотностью меньшей, чем плотность атмосферы, таких, как гелий. В таком случае колесо должно иметь герметичную камеру, содержащую газ. Однако это может привести к значительному увеличению габаритов движителя, так как для полной компенсации веса, равного 1 кгс, необходимо около $0,96 \text{ м}^3$ гелия (Ф. 2, для условий Земли).

$$\rho_c g V = \rho_{\text{He}} g V + mg,$$

где ρ_c и ρ_{He} – плотности среды (воздуха) и гелия соответственно (при нормальных условиях), m – масса аппарата, а g – ускорение свободного падения на Земле ($\approx 9,807 \text{ м/с}^2$); объем части с полезной нагрузкой мал по сравнению с необходимым объемом гелия, поэтому им можно пренебречь.

$$V = \frac{m}{\rho_c - \rho_{\text{He}}} = \frac{1 \text{ кг}}{1,225 \text{ кг/м}^3 - 0,178 \text{ кг/м}^3} \approx 0,96 \text{ м}^3$$

Формула 2. Расчет объема, необходимого для компенсации единицы массы аппарата

Целесообразнее всего заполнять колеса газом для компенсации веса. Для простоты расчета примем, что колесо имеет цилиндрическую форму, тогда объем колеса будет рассчитываться следующим образом:

$$V = \frac{\pi}{4} (D^2 - 4r^2) w = \frac{1}{2} \frac{m}{\rho_c - \rho_{\text{He}}},$$

где D – диаметр колеса, r – радиус диска, w – ширина колеса, m – масса планетохода.

Формула 3. Расчет объема колеса для заданной массы устройства.

Для примера ниже приведена таблица результатов расчетов габаритов колеса при $m=1 \text{ кг}$, в качестве радиуса диска принят радиус оси, который мал по сравнению с радиусом колеса, поэтому им можно пренебречь (Табл. 2).

Таблица 2. Расчет габаритов колеса (при $m=1 \text{ кг}$)

w, м	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
D, м	2,47	1,75	1,43	1,23	1,10	1	0,9	0,87

Как видно, при полной компенсации веса даже при небольшой полезной нагрузке габариты движителя будут большими, поэтому очевидно, что использовать такую конструкцию целесообразно лишь при небольших полезных нагрузках.

Кроме того, в условиях космоса возможны резкие перепады температур, поэтому материал, из которого должна выполняться герметичная камера, содержащая газ, должен быть термоустойчивым. На сегодняшний день ведутся исследования таких гибких и термоустойчивых материалов, в частности, для создания надувных модулей для космических станций, находящихся в экстремальных условиях открытого космоса [3].

При отсутствии компенсации силы тяжести вследствие отсутствия необходимости создавать колеса с большими габаритами целесообразно использовать двухосную схему аппарата. В данном случае, очевидно, колесам не требуется герметичная оболочка, способная удерживать газ, поэтому предлагается строить их из металлической сетки с наличием грунтозацепов и каркаса жесткости. При применении двухосной схемы отсутствует необходимость применения гиросtabilизации, что повышает надежность конструкции.

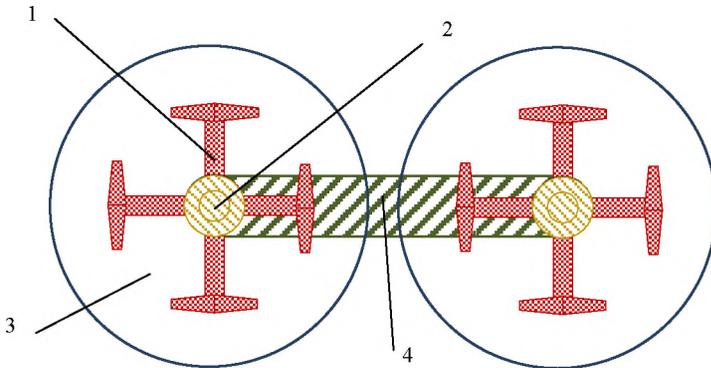


Рисунок 2 – Модель двухосного движителя

- Обозначения:
1. Система реактивных сопел, механически привязанная к колесу.
 2. Полуоси с топливными трубопроводами внутри.
 3. Колесо.
 4. Платформа, на которой установлена система управления соплами, запас топлива, а также полезная нагрузка.

Для снижения расхода топлива возможно также применение комбинированного способа передвижения путем использования наряду с реактивными двигателями электрических мотор-колес. Так, на ровной поверхности без больших уклонов возможно применение электродвигателей, а при необходимости могут подключаться реактивные сопла. Такое решение увеличивает массу аппарата, однако способно увеличить радиус его возможного применения, а также большую надежность вследствие уменьшения риска потери планетохода после исчерпания запаса топлива. Целесообразнее всего применять асинхронные электродвигатели вследствие их простоты и надежности, при этом наличие генераторного режима необязательно вследствие небольших скоростей движения планетохода [4].

Сравнение с существующими аналогами

На большинстве планетоходов используются колесные движители [5]. Их конструктивное исполнение чрезвычайно разнообразно. Колесный движитель имеет свои характерные особенности.

Преимущества колесного движителя:

1. Высокий КПД.
2. Малая масса.
3. Возможность широкого применения на различных грунтах.
4. Простота конструкции, а значит и большой срок службы и надежность.

Известен также гусеничный движитель, однако вследствие своих особенностей и недостатков ни на одном из планетоходов он не применялся, а лишь оставался на уровне проектов и макетов. [6]

Преимущества гусеничного движителя:

1. Низкая нагрузка на катки.
2. Низкое удельное давление на грунт и лучшая проходимость по сравнению с колесным движителем.

Недостатки гусеничного движителя:

1. Высокая по сравнению с колесными движителями масса и сложность конструкции.
2. Быстрый износ трущихся деталей.
3. Вероятность расклинки движителя камнями или разрыва и сброса гусеницы.

Кроме колесных или гусеничных движителей, известен колесно-шагающий движитель, разработки которого велись в СССР. Он состоял из ходового колеса, установленного шарнирно на конце рычага, поворотом установленного другим концом к корпусу транспортного средства.

Преимущества данного типа движителя:

1. Высокая проходимость.
2. Несколько режимов работы: колесный ход на твердом грунте и колесно-шагающий в условиях бездорожья [7].

Недостатки:

1. Более сложная конструкция и вследствие этого меньшая надежность по сравнению с колесным движителем.

Весьма необычным был режим колесно-шагающего хода. Колеса одного борта передвигались в ведущем режиме на длину шага, причем каждое колесо передвигалось в след предыдущего, что способствовало увеличению тяговых свойств. Затем колеса вращались, интенсивно погружаясь в грунт, что создавало хороший упор, и с помощью механизма шагания происходило смещение корпуса машины на величину шага [8]. Не менее интересным был способ поворота такого транспортного средства. Он основывался на создании разнонаправленного тягового усилия противоположных бортов, но крайние колеса противоположных бортов работали в режиме колесного хода с разнонаправленным вращением, а как минимум одна пара средних колес работала в шагающем режиме с разнонаправленным поступательным движением [9]. К сожалению, данный движитель не использовался на практике, а остался лишь на уровне полноразмерного макета.

Также известен прыгающий способ передвижения аппарата. Он применим на планетах и других небесных телах, где сила тяжести меньше земной в сотни и тысячи раз, передвижение с помощью традиционных движителей может вызвать ряд проблем. Это обеспечение устойчивости, разгон, торможение и т. д.

Суть этого способа состоит в том, что аппарату сообщается некоторая начальная скорость, а дальнейшее перемещение происходит за счет свободного полета по баллистической траектории. При таком способе возможно преодоление препятствий, существенно превышающих размеры самого аппарата. Кроме того, при прыгающем способе передвижения могут использоваться конструктивные элементы аппарата, которые необходимы для посадки на поверхность [10].

Как видно, ни один из известных в открытых источниках движителей не является универсальным, а лишь предназначен для движения по определенному виду поверхности и может преодолевать препятствия определенного типа. Так, ни один из известных сегодня движителей не способен преодолевать препятствия с большим уклоном, не говоря уже о вертикальных поверхностях, что является, безусловно, одним из главных недостатков всех сегодняшних движителей.

Отличительная особенность предлагаемой модели движителя, которая является ее преимуществом среди других конструкций, – возможность двигаться в любом направлении по поверхности с любым уклоном. Однако данная конструкция, в отличие от других, имеет существенные ограничения по времени и дальности использования, то есть может использоваться не для постоянной работы, а для выполнения сложных специальных задач, что в дальнейшем определяет область использования такой конструкции.

Использование разработки

Предлагаемая модель движителя в силу соотношения своих габаритов к полезной нагрузке не предполагает использование ее как традиционное транспортное средство. Также в силу ограниченного запаса хода данное устройство может применяться для выполнения узкоспециализированных задач. Вследствие того, что максимально эффективная работа будет достигаться при наличии компенсации веса, целесообразно использовать данную конструкцию в условиях наличия атмосферы. Сфера применения такой конструкции – не столько космос, сколько Земля и ей подобные планеты.

Возможные области применения движителя:

1. Спасательные операции МЧС (достижение труднодоступных мест, доставка средств связи и медикаментов в зону ЧС, перемещение по сложным типам поверхностей: горам, болотам, ледяные торосам и т.п.);
2. спелеология и горнорудные разработки (видеоисследования, анализ газовой обстановки и сбор других научных материалов в пещерах);
3. вооруженные силы (разведывательная деятельность, минирование-разминирование и т.п.);
4. космос (выполнение сложных задач по изучению и фотографированию труднодоступных участков поверхности планеты).

Бизнес-привлекательность разработки

Данный проект является некоммерческим, а предлагаемая конструкция предназначена для выполнения специальных задач, поэтому привлекательности для бизнеса он не имеет.

Список литературы

1. Электрические ракетные двигатели – Справочник / URL: <http://martiantime.narod.ru/Base/erd.htm> (дата обращения: 28.01.2018).

2. Справочник по элементарной физике / Н.И. Копкин, М.Г. Ширкевич. – 2-е изд., стер. – М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1962. – 208 с.
3. Bigelow Aerospace. URL: <http://bigelowaerospace.com/pages/beam.html> (дата обращения: 28.01.2018).
4. Электродвигатели асинхронные / В.Л. Лихачев. – М.: СОЛОН-Р, 2002. – 304 с.
5. Автоматические станции для изучения поверхностного покрова Луны / А.Л. Кемурджиан, В.В. Громов, И.И. Черкасов, В.В. Шварев. – М.: Машиностроение, 1976. – 200 с.
6. Планетоходы / А.Л. Кемурджиан, В.В. Громов, И.Ф. Кажукало и др. – М.: Машиностроение, 1993. – 400 с.
7. А. с. № 534386 (СССР). Колесно-шагающий движитель / И.Ф. Кажукало, М.М. Кузьмин, В.К. Мишкин. 1978. М. Кл. В62D 57/02.
8. А. с. № 640897 (СССР). Способ непрерывного передвижения транспортного средства с колесно-шагающим движителем в колесно-шагающем режиме / А.Л. Кемурджиан, В.В. Громов, И.Ф. Кажукало. 1979, М. Кл. В62D 57/02.
9. А. с. № 522987 (СССР). Способ поворота многоопорного колесно-шагающего транспортного средства / И.Ф. Кажукало, А.Л. Кемурджиан, В.И. Комиссаров, Б.М. Лубенко, П.С. Сологуб. 1976, М. Кл. В62D 57/02.
10. Передвижение по грунтам Луны и планет / В.В. Громов, Н.А. Забавников, А.Л. Кемурджиан и др. – М.: Машиностроение, 1986. – 265 с.

ВЫБОР КОЛЁСНОГО ДВИЖИТЕЛЯ ДЛЯ ЛУНОХОДА

Куренков Павел Павлович

г. Москва, ГБОУ Школа № 1420, 12 класс

e-mail: pavelkurenkov2000@mail.ru

Аннотация: Исходя из отсутствия выявления универсального колесного движителя для транспорта, используемого на Луне, автором произведено исследование различных моделей колесных движителей с точки зрения соотношения затрат энергии, и простоты конструктивных элементов, а также возможности устранения неисправностей при поломке в рабочих условиях (непосредственно на лунной поверхности). Предложен один из вариантов колесного движителя, в котором, по мнению автора, сочетаются все необходимые условия для его **оптимального применения на поверхности Луны.**

Ключевые слова: колесный движитель, тягово-сцепные свойства, энергетические потери, коэффициент буксования, взаимодействие движителя с грунтами, упругие колеса, энергия двигателя.

Место выполнения работы: Работа выполнена на кафедре СМ-9 в Московском государственном техническом университете имени Н.Э. Баумана на экспериментальном стенде “Грунтовой канал”. Научный руководитель: д.т.н., проф. Наумов Валерий Николаевич, МГТУ имени Н. Э. Баумана, профессор кафедры СМ-9 факультета специального машиностроения МГТУ имени Н.Э. Баумана, заслуженный деятель науки Российской Федерации.

Описание исследования

Единственным естественным спутником Земли является Луна. Исследование указанного космического объекта проводится довольно интенсивно, но достаточных сведений, на основании которых можно точно смоделировать все риски и проблемы, которые, например, следует учитывать при анализе перспектив создания обитаемой базы на Луне, до сих пор не имеется, что подтверждается научными исследованиями по различным техническим направлениям [1]. Одним

из конструктивных элементов транспортных средств и их систем, используемых в указанных условиях является движитель – устройство для преобразования энергии природного источника или механического двигателя в полезную работу, обеспечивающую движение транспортных сред.

С середины двадцатого века проводимые в СССР и США работы по созданию машин для передвижения по Луне и другим планетам способствовали появлению на свет необычных конструкций колесного движителя. Это обосновывалось различными факторами, которые не оказывают резкого влияния на работу устройства в земных условиях. Так, резкие колебания температуры на поверхности Луны заставили конструкторов сразу же отказаться от применения резиновых шин.

Американские космонавты, прибывшие на Луну, передвигались на экипаже с четырьмя необычными колесами на стальных «шинах». Если сталь заменила собой резину, то роль воздуха взяли на себя титановые кольца, которые выдерживают большие нагрузки и допускают сильные деформации шин, набранных вручную из стальных полос, соединенных оцинкованной рояльной проволокой.

Этими всем известными конструкциями, уже побывавшими на Луне, далеко не ограничивается перечень необычных колесных экипажей, разработанных в США в середине 60-х годов, когда началась настоящая лихорадка в деле разработки космического транспорта. Например, на лунном автомобиле фирмы «Бендикс» высокие колеса напоминали шариковый подшипник, только вместо шариков было установлено множество круглых пружинных колец. Развитием этой машины стал складывающийся трехколесный луноход. На поверхность Луны он был доставлен в сложенном состоянии, а по прибытии на место назначения развернулся под действием сжатого воздуха. Каждое из его колес состояло из многочисленных упругих элементов из титана и приводилось в движение встроенным электродвигателем.

Интересно отметить, что идея колес без резиновых шин как бы переживает «вторую молодость» — родилась она еще в начале 20 века как одно из средств замены дорогих в то время пневмошин. Тогда было выдвинуто предложение использовать в качестве упругих элементов многочисленные цилиндрические пружинки. Практика доказала полную бесперспективность таких колес на Земле, а вот в космосе «жесткие» шины пригодились. На Земле стальные колеса сохранились только в виде полых стальных барабанов с высокими грунтозацепами. Их ставят на вездеходы, используемые в особо тяжелых условиях.

Существуют разнообразные виды движителей, но предметом данного исследования является применение колёсных движителей именно на Луне.

На экспериментальном стенде “Грунтовой канал” был проведен ряд исследований с целью прогноза возможностей движителя в составе колёсной машины при изменении значений тягово-сцепных свойств и потерь энергии в зависимости от условий взаимодействия колеса с опорным основанием.

Методика проведения экспериментальных исследований с целью получения представленных характеристик опирается на уравнение энергетического баланса, суть которого заключается в том, что подводимая энергия к равномерно катящемуся колесу расходуется на совершение работы продольной силы и на потери при взаимодействии с опорным основанием.

Как известно, движение автомобиля высокой проходимости по несвязным грунтам характеризуется большими затратами энергии, обусловленными значительным буксованием ведущих колёс. Такое буксование, связанное с экска-

вацией грунта и бульдозерным эффектом, приводит к значительным энергетическим затратам. Энергетические потери увеличиваются при возрастании коэффициента буксования, а коэффициент свободной тяги при этом растёт. Движение возможно только с определённым ограниченным значением тяги. С ростом буксования тяга перестаёт увеличиваться, и вся энергия двигателя уходит на преодоление увеличивающейся силы сопротивления движения.

Подводимая энергия к равномерно катящемуся колесу расходуется на совершение работы продольной силы и на потери при взаимодействии с опорным основанием:

$$Mk * wk = Px * Vxk + fw * Px * Vxk$$

Где Mk – крутящий момент, подводимый к колесу.

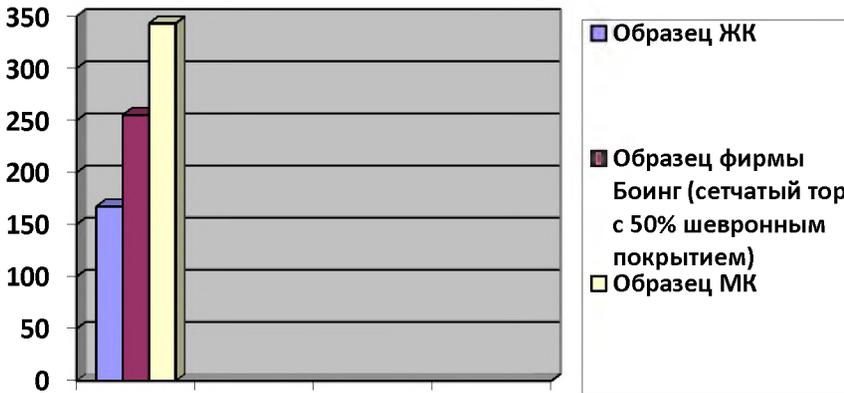
Px – продольная сила, действующая на ось колеса.

Pz – вертикальная сила, действующая на ось колеса.

Тогда выражение для определения удельных энергетических потерь с учётом, что $\phi = Px / Pz$, примет вид:

$$fw = \frac{Mk}{Pz} * \frac{wk}{Vxk} - \frac{Px}{Pz} = \frac{Mk}{Pz} * \frac{wk}{Vxk} - \phi$$

При сравнении тягово-сцепных характеристик различных образцов (ЖК, сетчатый тор с 50% шевронным покрытием, металлоупругое колесо) были получены следующие результаты:



Достаточно сложно сделать выбор при таком большом спектре разнообразия вариантов движителей. Универсального движителя для Луны не выявлено. Каждый движитель уникален и имеет своё преимущество перед другими, но с учетом экспериментальных данных было решено остановиться на образце МК (металлоупругое колесо).

Среди исследованных моделей представлены более эффективные в части затрат энергии, но с более сложной конструкцией. Выбор автора обоснован и необходимостью учета простоты устранения неисправностей при поломке в рабочих условиях (непосредственно на лунной поверхности).

К эксплуатационным достоинствам выбранного варианта следует отнести дешевизну изготовления, устойчивость к неблагоприятным внешним воздействиям, малый вес конструкции, отсутствие риска прокола баллона, надёжность, долговечность.

Доказана способность выбранного образца в широких пределах варьировать радиальную жёсткость, что позволяет улучшить проходимость транспортного средства и снижает воздействие на грунт. Данный вывод также подтвержден диссертационными исследованиями [2].

В выбранном автором варианте движителя сочетаются все необходимые условия для его оптимального применения на поверхности Луны.

Сравнение с существующими аналогами

Колесо планетохода должно одновременно сочетать в себе множество требований, и чтобы сказать пару слов про каждое, одной статьи недостаточно. Поэтому рассмотрим несколько вариантов колес, созданных с 1970 года (разработка Лунохода-1, -2 на базе ВНИИТМ) и до наших дней, отметив их основные особенности.

У первого образца, Лунохода-1, разработанного ВНИИТМ, колеса состоят из трех титановых ободов, с закрепленной на них стальной сеткой с грунтозацепами из того же титана. На твердой поверхности опора происходит на средний обод, на мягком же грунте обод проникает глубоко и тогда работает сетка.

В следующем варианте колесо поддрессоривается с помощью упругих металлических лент, а в модернизации такого подхода – с помощью цилиндрических пружин вдоль оси колеса.

Для планет с сильной гравитацией (Марс, Земля) от непрочной сетки отказываются в пользу сплошной поверхности с грунтозацепами (оболочковое колесо).

Такой тип движителя возможен для применения и на лунной поверхности, с учетом более жёсткого грунта ее поверхности [3], а также интенсивной бомбардировки протонами и ядрами галактического и солнечного космического излучения, что инициирует интенсивные потоки вторичных частиц в приповерхностных слоях лунного грунта, и требует повышенных условий безопасности деятельности человека [4].

Отметим, что во всех конструкциях стараются обеспечить хорошую сцепляемость с грунтом (грунтозацепы, сетка), небольшой вес (отсутствие сплошных дисков, по возможности сетка и спицы, либо сплошное но полое колесо), поддрессоривание (спицы, пружины и т.п.), меры против бокового сползания (характерный выпуклый либо вогнутый профиль).

Следует отметить, что при проведении данного исследования также учитывались выводы, содержащиеся в исследовании К.В. Лялина [5] в части обоснования основных параметров колесного движителя перекачивающегося типа для горных машин. Обоснование характеристик крупногабаритных колесных движителей от композиционных материалов на основе стеклопластика было предметом исследования А.Б. Карташова [6]. Вопрос повышения тягово-сцепных свойств колесных движителей машинно-тракторных агрегатов рассматривался М.М. Махмутовым [7]. Моделирование колесных движителей, работающих в критических условиях эксплуатации, было предметом исследования В.П. Царева [8], и также

учитывалось автором при проведении сравнительных характеристик различных колесных движителей.

Но указанные исследования проводились либо для использования колесных движителей в условиях Земли для работы в сельском хозяйстве или в горных условиях.

Использование разработки

Луноходы стали первой разновидностью лунного транспорта. Советские луноходы представляют собой полностью автоматизированные средства перемещения, управляемые с Земли. У американских луноходов водителями были космонавты. В дальнейшем в ходе освоения Луны предполагается создать самые разнообразные средства перемещения, способные действовать в условиях полного вакуума, ослабленной тяжести и резких колебаний температуры. Рассмотрим некоторые из опубликованных зарубежных проектов. Прежде всего, подчеркну, что и в дальнейшем предполагается использовать в лунном мире движущиеся аппараты двух типов: автоматические самодвижущиеся лаборатории, оснащенные исследовательской аппаратурой для исследования Луны, и транспортные средства, предназначенные для перемещений по Луне. В условиях облегченного веса выглядят перспективными и прыгающие лунные аппараты. Стабилизация при прыжках обеспечивается специальной гироскопической системой. Прыгающие аппараты, очевидно, особенно хороши там, где препятствия (крупные скалы и т.п.) мешают перемещаться иному лунному транспорту.

Еще оригинальнее самодвижущийся аппарат со сферическим «колесом». Эта сфера из сети металлических обручей соединена с кабиной с помощью карданных подвесов. Основной двигатель в этом лунном вездеходе, напоминающем земное «перекати-поле», ракетный. Он создает тягу, заставляющую вездеход катиться в нужном направлении. Другие реактивные двигатели управляют положением кабины и могут также использоваться для удержания вездехода на склоне какой-нибудь лунной горы. Есть в этом вездеходе и электрические двигатели, управляющие карданными подвесами. Высокая маневренность и проходимость, вероятно, сделают сферические вездеходы самым популярным видом лунного транспорта.

Среди перспективных моделей лунного транспорта обращают на себя внимание самоходы с огромными надувными баллонами. Эти надувные элементы конструкции уменьшают давление аппарата на грунт и тем самым облегчают его перемещение по лунной поверхности. Основой аппарата служит цилиндрический корпус, который в то же время является осью надувных колес. В этой оси размещены герметически изолированные от вакуума отсеки для экипажа, аппаратуры, систем жизнеобеспечения и управления. Корпус аппарата стабилизирован, а колеса крутятся относительно него. На концах оси размещены два реактивных двигателя, обеспечивающие мягкую посадку этого вездехода на Луну. Затормаживая одно колесо относительно другого, можно маневрировать на лунной поверхности [9].

Для всех данных предложений необходимо выбрать оптимальный движитель, что и являлось целью проекта.

Бизнес-привлекательность разработки

Замедлившееся развитие космической техники после 1970-х годов не позволяет думать, что колонизация космоса – легко достижимая и во всех случа-

ях оправданная цель. В силу своей близости к Земле (три дня полёта) и достаточно хорошей изученности ландшафта, Луна уже давно рассматривается как кандидат для места создания человеческой колонии.

Но хотя советские и американские программы исследования Луны продемонстрировали практическую осуществимость полёта на Луну (будучи при этом очень дорогостоящими проектами), они в то же время охладили энтузиазм создания лунной колонии. Это было вызвано тем, что анализ образцов пыли, доставленных космонавтами, показал очень низкое содержание в ней лёгких элементов, необходимых для поддержания жизнеобеспечения.

Несмотря на это, с развитием средств космонавтики и удешевлением космических полётов, Луна представляется первичным объектом для основания базы. Для учёных лунная база является уникальным местом для проведения научных исследований в области планетологии, астрономии, космологии, космической биологии и других дисциплин. Изучение лунной коры может дать ответы на важнейшие вопросы об образовании и дальнейшей эволюции Солнечной системы, системы Земля–Луна, появлении жизни. Отсутствие атмосферы и более низкая гравитация позволяют строить на лунной поверхности обсерватории, оснащённые оптическими и радиотелескопами, способными получить намного более детальные и чёткие изображения удалённых областей Вселенной, чем это возможно на Земле, а обслуживать и модернизировать такие телескопы гораздо проще, чем орбитальные обсерватории.

Луна обладает и разнообразными полезными ископаемыми, в том числе и ценными для промышленности металлами – железом, алюминием, титаном; кроме этого, в поверхностном слое лунного грунта, реголите, накоплен редкий на Земле изотоп гелий-3, который может использоваться в качестве топлива для перспективных термоядерных реакторов. В настоящее время идут разработки методик промышленного получения металлов, кислорода и гелия-3 из реголита; найдены залежи водяного льда.

Глубокий вакуум и наличие дешёвой солнечной энергии открывают новые горизонты для электроники, металлургии, металлообработки и материаловедения.

Фактически условия для обработки металлов и создания микроэлектронных устройств на Земле менее благоприятны из-за большого количества свободного кислорода в атмосфере, ухудшающего качество литья и сварки, делающего невозможным получение сверхчистых сплавов и подложек микросхем в больших объёмах. Также представляет интерес выведение на Луну вредных и опасных производств.

Луна, благодаря своим впечатляющим ландшафтам и экзотичности, также выглядит как весьма вероятный объект для космического туризма, который может привлечь значительное количество средств на её освоение, способствовать популяризации космических путешествий, обеспечивать приток людей для освоения лунной поверхности. Космический туризм будет требовать определённых инфраструктурных решений. Развитие инфраструктуры, в свою очередь, будет способствовать более масштабному проникновению человечества на Луну.

Директор Института космических исследований РАН Л.М. Зелёный считает, что приполярные области Луны можно использовать для размещения российской или международной научной базы [10].

Государственная корпорация «Роскосмос» не планирует полётов на Марс в обозримом будущем, вместо этого предпочитая сосредоточиться на более ре-

альных вариантах. В качестве основной цели в обозримом будущем установлено направление разработки пилотируемых полётов к Луне. В связи с этим продолжается работа над развитием существующих космических средств, с помощью которых появится возможность организовывать полёты и высадку на Луну.

В рамках данного направления продолжается тесное сотрудничество с NASA в части возможности реализации будущих совместных проектов, касающихся освоения дальнего космоса [11].

Таким образом, исследование возможностей применения колесного металлоупругого движителя является перспективным направлением, которое будет востребовано в процессе развития не только военно-космической отрасли, но и торгово-промышленного направления экономики.

Список литературы:

1. Наумов, В. Н. и др. Анализ конструкций упругих колес для перспективных российских луноходов с точки зрения оценки проходимости / В. Н. Наумов, О. Е. Козлов, К. Ю. Машков, К. Е. Бяков // Известия высших учебных заведений. Машиностроение 2017. – № 8. – С. 54-66.
2. Тычина, К. А. Разработка численной методики расчета и проектирования металлоэластичных колес : Дис. ... канд. техн. наук / К. А. Тычина. – М., 2002. – 120 с.
3. Кемурджиан, А. Л. и др. Планетоходы / А. Л. Кемурджиан, В. В. Громов, И. О. Кажукало, М. И. Маленков, В. К. Мишкинюк, В. Н. Петрига, И. И. Розенцеев ; под редакцией профессора А. Л. Кемурджиана. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во «Машиностроение», 1993. – 397 с.
4. Денисов, А. Н. Компьютерное моделирование фоновых условий в эксперименте GERDA и радиационной обстановки на поверхности Луны : Дисс. исслед. ... канд. техн. наук / А. Н. Денисов. – М., 2010. – 106 с.
5. Лялин, К. В. Обоснование основных параметров колесного движителя перекачивающего типа для горных машин : Дисс. исслед. ... канд. техн. наук / К. В. Лялин. – Екатеринбург, 2008. – 159 с.
6. Карташов, А. Б. Разработка крупногабаритных колесных движителей из композиционных материалов на основе стеклопластика : Дисс. ... канд. техн. наук / А. Б. Карташов. – М., 2010. – 149 с.
7. Махмутов, М. М. Повышение тягово-сцепных свойств колесных движителей машинно-тракторных агрегатов : Дисс. ... докт. техн. наук / М. М. Махмутов. – М., 2011. – 443 с.
8. Царев, В. П. Моделирование колесных движителей, работающих в критических условиях эксплуатации : Дисс. ... канд. техн. наук / В. П. Царев. – М., 1998. – 169 с.
9. Средства перемещения в лунном мире [Электронный ресурс] : Электронный журнал Astronautica. – Режим доступа: <http://www.astronautica.ru/polety-v-kosmos/osvoenie-luny/290.html>.
10. Колонизация Луны [Электронный ресурс] : Электронная энциклопедия “Википедия”. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F_%D0%9B%D1%83%D0%BD%D1%8B-.D0.A0.D0.B5.D0.B0.D0.BB.D1.8C.D0.BD.D0.BE.D1.81.D1.82.D1.8C
11. Ларионов, В. Роскосмос: полёты к Луне – основная цель на ближайшие 10-15 лет [Электронный ресурс] : Новости высоких технологий. – Режим доступа: <https://hi-news.ru/technology/roskosmos-polyoty-k-lune-osnovnaya-cel-na-blizhajshie-10-15-let.html>.

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ СТОПЫ ШАГОХОДА ДЛЯ РАЗНЫХ ДЕФОРМИРУЮЩИХСЯ ВИДОВ ГРУНТА

Кленин Егор Александрович
г. Москва ГБОУ школа 1538, 11 класс
e-mail: egor1743_13@rambler.ru

Аннотация: Практическая значимость работы состоит в оценке эффективности использования определенной формы ступни шагохода в разных видах деформирующегося грунта с целью повышения эффективности шагающей машины. Была изучена и проанализирована литература на тему «Ступня шагохода», созданы макеты ступней с последующим проведением испытаний. Я выяснил, что самой оптимальной формой ступни будет копыто кабана, так как оно оказывает наименьшее давление на деформируемый грунт. Результаты проведенных мной испытаний представлены в виде графиков, что позволяет более наглядно ознакомиться с этой темой. Рассмотрены перспективы практического применения шагающих машин.

Ключевые слова: шагоход, деформируемый грунт, давление, площадь ступни, преимущества шагающей машины.

Место выполнения работы. Работа выполнена на базе кафедры «Многоцелевые гусеничные машины и мобильные роботы» МГТУ им. Н.Э. Баумана. Научный руководитель: Машков Константин Юрьевич, канд. техн. наук, доцент кафедры «Многоцелевые гусеничные машины и мобильные роботы» МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Описание разработки

В различных источниках имеются ссылки о том, что первая шагающая машина появилась еще в 230 году до Рождества Христова – это была деревянная лошадь с повозкой (автор Лю Бань, Китай). Самые первые аппараты – шагающие повозки или механические лошади. Они копировали движение животных с помощью жесткой механической рычажной конструкции. Схему именно такой конструкции в 1663 г. обнаружила английская экспедиция в Африке. Конечно эти машины лишь имитировали шагание и не обладали адаптацией к поверхности передвижения.

В 1824 году англичанин Давид Гордон построил трехколесный паровой дилижанс со специальными «ногами». Изобретатель почему-то не верил в возможности колесного движителя, поэтому и соорудил сложнейшую систему из шести «ног», с приводом от паровой машины. При поочередном соприкосновении с дорогой «ноги» отталкивались от нее, сообщая экипажу поступательное движение [1].

В 1878 г. русским математиком и механиком П.Л.Чебышевым разработан образец так называемой стопроходящей шагающей машины. Машина Чебышева показала принципиальную осуществимость шагающего устройства [2]. В СССР эксперименты по шагающим машинам начались на рубеже 70-х 80-х годов 20 века. В период 1972-1975 гг. были созданы прототипы шагающих машин – роботов: в Институте машиноведения Академии наук руководители – академик И.И. Артоболевский, профессора А.П. Бессонов и Н.В. Умнов; в Институте прикладной математики Академии наук – руководитель проекта Д.Е. Охоцимский, в МГУ – руководитель проекта Е.А.Девянин. Позднее в 1975 г. на базе этих разработок совместно с ИПМ им. М.В. Келдыша АН СССР и ВНИИТРАНСМАШ

был создан большой натуральный макет шестиногой машины, которая была способна нести человека. Масса машины 750 кг., скорость движения 0,7 км/ч, грузоподъемность 50 кг, дорожный просвет 1,5 м. Работы по исследованию шестиногих аппаратов проводились и продолжают проводиться и в настоящее время [3]. Роботы уже давно используются в разных сферах жизни. Цель моей работы изучение шагающих машин, так как огромный потенциал заложен именно в шагающих роботах, они обладают наибольшей манёвренностью: могут подниматься по ступеням, преодолевать рвы и работать там, где не могут пройти колеса и гусеницы. Я очень заинтересовался этой темой и решил узнать о них больше, но прежде решил выяснить какую ступню шагохода лучше выбрать. Вся информация на эту тему, что есть сейчас, очень разбросана и не достаточно обширна. И я перед собой поставил задачу собрать и систематизировать эту информацию, а так же дополнить её личными исследованиями.

Научные методы, примененные в НТР:

I Теоретические

- 1) Поиск и изучение литературы, статей по выбранной теме. Были подобраны материалы и статьи по теме шагающих роботов. Так же были изучены несколько источников посвященных различным ступням животных таких как: ступня человека, копыто лошади, копыто кабана.
- 2) Анализ и синтез. Вся выше перечисленная информация была проанализирована, систематизирована и изложена в статье. Так же позже эта информация перенесена из статьи в теоретическую часть проектной работы и в последствии в презентации, где она несколько раз редактировалась. Так же проводилась систематизация и анализ той информации, которую я получал во время своих практических исследований.
- 3) Абстрагирование. Выделение существенных признаков и отвлечение от несущественных. Постановка задач и целей НТР и выяснение основных факторов, которые влияют на проходимость ступни шагохода по разным видам грунта. Будет ли стопа с наибольшей площадью оказывать наименьшее давление на грунт? Существенные факторы: площадь ступни, масса груза, установки и давление.

II Эмпирические

- 1) Опыт. Создание модели ступней. Эксперимент проводился с тремя видами ступней: ступня в форме шара, ступня в форме копыта кабана, ступня в форме копыта лошади. Создана специальная установка для испытания моделей ступней шагохода, и далее производились испытание ступней шагохода. Для каждого испытание готовился отдельно грунт. Набор грузов используемых при испытаниях был один.
- 2) Наблюдения и эксперимент. Производились испытание ступней шагохода. Для каждого испытания готовился отдельно грунт. Набор грузов используемых при испытаниях был один. Производились взвешивания установки, замеры погружения разных видов ступней в грунт под разной нагрузкой. Результаты испытаний фиксировались.
- 3) Сравнение и анализ. Результаты, полученные опытным путем, систематизированы и занесены в таблицы для сравнения и анализа.

III Математические

- 1) Расчеты. Произведены расчеты удельного давления по формуле: $p=F/S$ по каждому виду ступни шагохода.

- 2) Построение диаграмм и графиков. Полученные результаты испытаний представлены в виде диаграмм и графиков отдельно по ступне в виде шара, копыта кабана и копыта лошади.
- 3) Обобщение. Проанализированы результаты практических исследований и опытов. Сделан вывод: лучшими показателями обладает ступня шагохода в форме копыта кабана. Разница между результатами исследований возникает из-за увеличения площади ступни и в последствии уменьшения давления установки на грунт.

Перечень экспериментальной техники, примененной при выполнении НТР: созданы макеты ступни шагохода в виде шара, копыта лошади, копыта кабана, создана установка для размещения груза, в качестве груза использовалась $\frac{1}{2}$ огнеупорного кирпича, подготовка разных видов грунт (песок, слабувлажненный песок, смесь песка и глины в разных пропорциях и степени увлажнения), взвешивания установки и груза производились безменом, глубина погружения ступни в грунт измерялась с помощью линейки.

Приемы инженерной деятельности:

- 1) Проводились специальные расчеты при создании установки для испытания ступней. Далее происходило её проектирование и создание.
- 2) Были проведены расчеты площадей ступней, давления каждой ступни на грунт при разных видах нагрузки
- 3) Создание сравнительных таблиц графиков, диаграмм на основе проделанной работы, упоминавшихся выше.

Анализируя существующие виды движителей, можно заметить, что нет ничего более совершенного, чем природные системы. Меня заинтересовал вопрос, что позволяет оленю преодолевать топкие болота и скользкий снежный наст – это широкие копыта. При соприкосновении со снегом или топким грунтом, они широко раздвигаются, увеличивая площадь опоры, у верблюдов, идущих по пустыне широкие копыта, значит, стопа с наибольшей площадью опоры и будет обладать наименьшим давлением на грунт, а следовательно обладать наилучшими показателями. Этому я и посвятил свои исследования. Я изучил материалы о встречающихся в окружающей среде стопах: стопа человека, лапа млекопитающих, копыто животного[4] (Рисунок 1).



Рисунок 1 – Копыто, лапа, стопа человека

В ходе практических работ были созданы чертежи и макеты разных видов ступней шагохода (Рисунок 2), а именно, в форме шара (Рисунок 4), копыта лошади (Рисунок 5) и копыта кабана (Рисунок 6).



Рисунок 2 – Создание макета ступни шагохода

Поочередно готовился грунт в ёмкости (таз): 1. Глина: а) не увлажненная (0% влаги), слабо увлажнённая (10% влаги), увлажненная (20% влаги); переувлажненная (40% влаги); 2. Песок: а) не увлажненный (0% влаги), слабо увлажнённый (10% влаги), увлажненный (20% влаги); переувлажненный (40% влаги); 3. Смесь (75% глины+25% песка): а) не увлажненная (0% влаги), слабо увлажнённая (10% влаги), увлажненная (20% влаги); переувлажненная(40% влаги); 4. Смесь (50% глины+50% песка): а) не увлажненная (0% влаги), слабо увлажнённая (10% влаги), увлажненная(20% влаги); переувлажненная(40% влаги); Смесь (25% глины+75% песка): а) не увлажненная (0% влаги), слабо увлажнённая (10% влаги), увлажненная (20% влаги); переувлажненная (40% влаги).

В качестве груза использована часть красного огнеупорного кирпича. Произведено взвешивание груза и установки безменом: масса груза равна 1,2 кг; масса установки равна 0,6 кг. Макет поочередно погружался в грунт, сверху располагался на установке один груз, два, три груза, то есть постепенно увеличивалась масса нагрузки от 1,8 кг до 5,4 кг. Разработанная мною установка и фрагмент эксперимента, погружения стопы в грунт представлены на рисунке 3.



Рисунок 3. Погружение в грунт ступни в виде шара

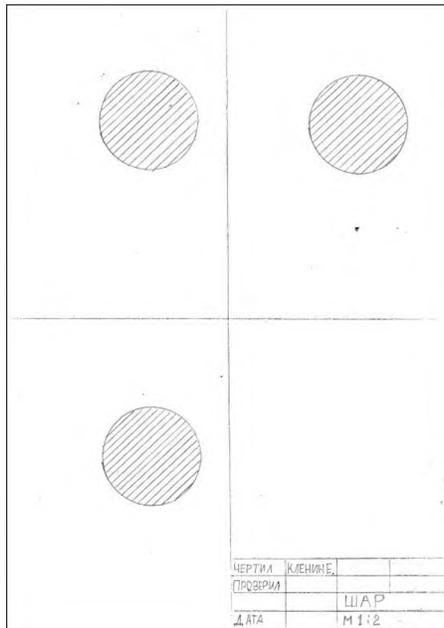


Рисунок 4 – Чертёж стопы в форме шара

С помощью линейки я производил замер глубины следа от ступней. Результаты исследования приведены в графиках (рисунки 7, 8, 9):

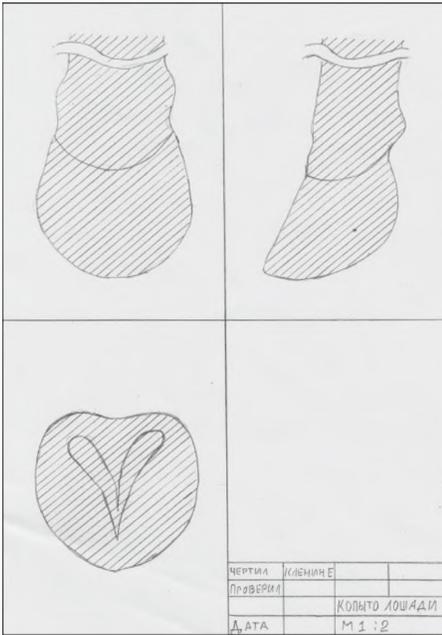


Рисунок 5 – Чертеж стопы в форме копыта лошади

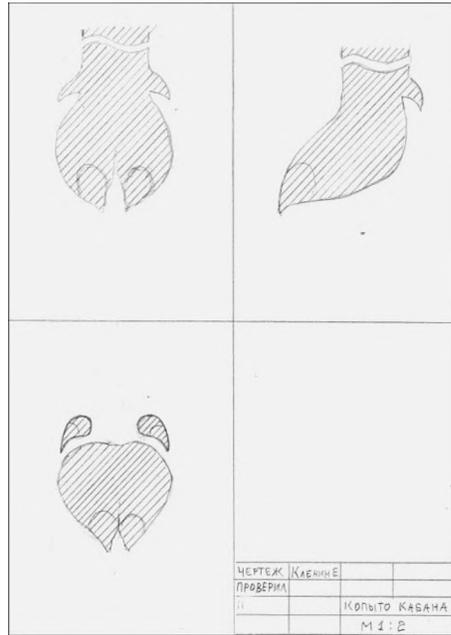


Рисунок 6 – Чертеж стопы в форме копыта кабана

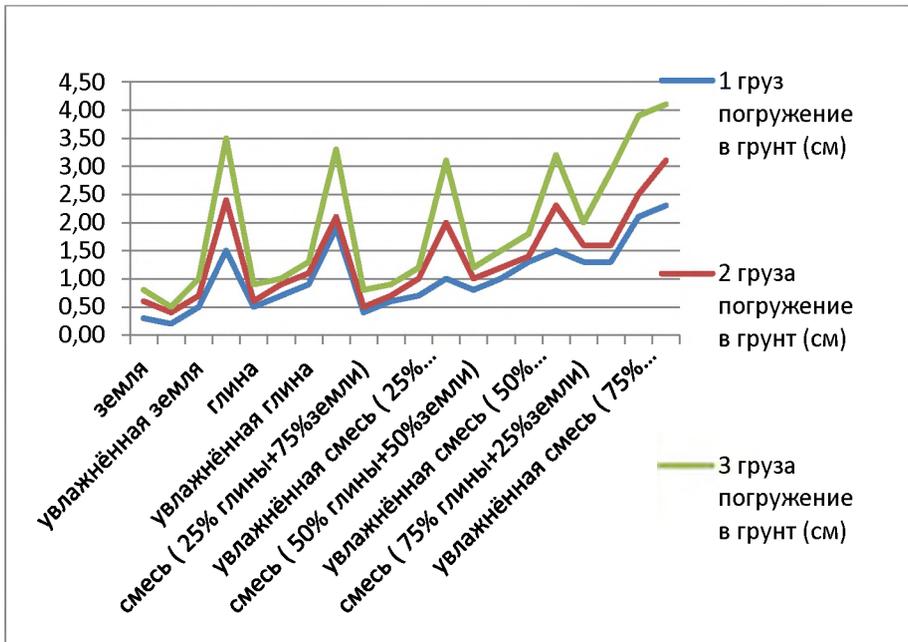


Рисунок 7 – Результаты погружения ступни в форме шара

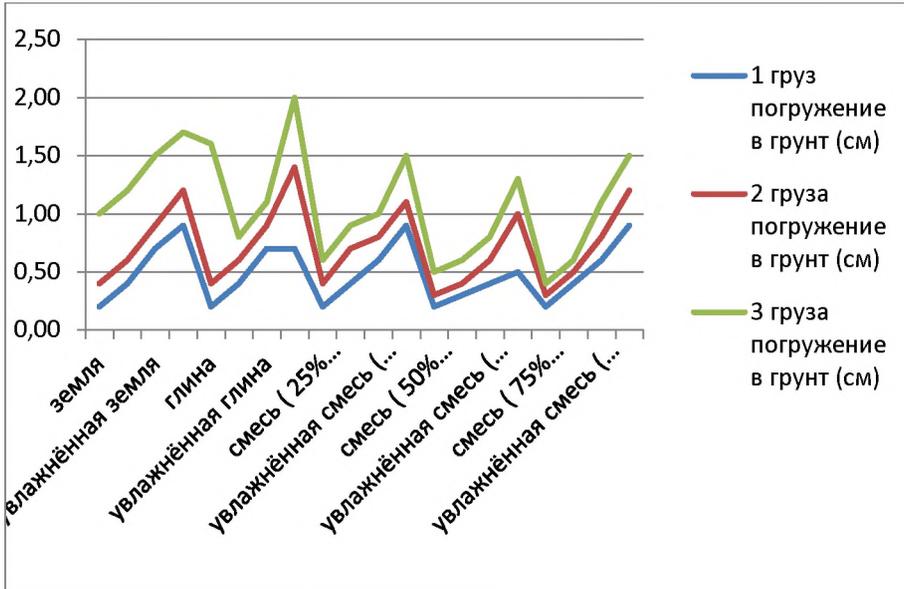


Рисунок 8 – Результаты погружения ступни в форме копыта коня в грунт

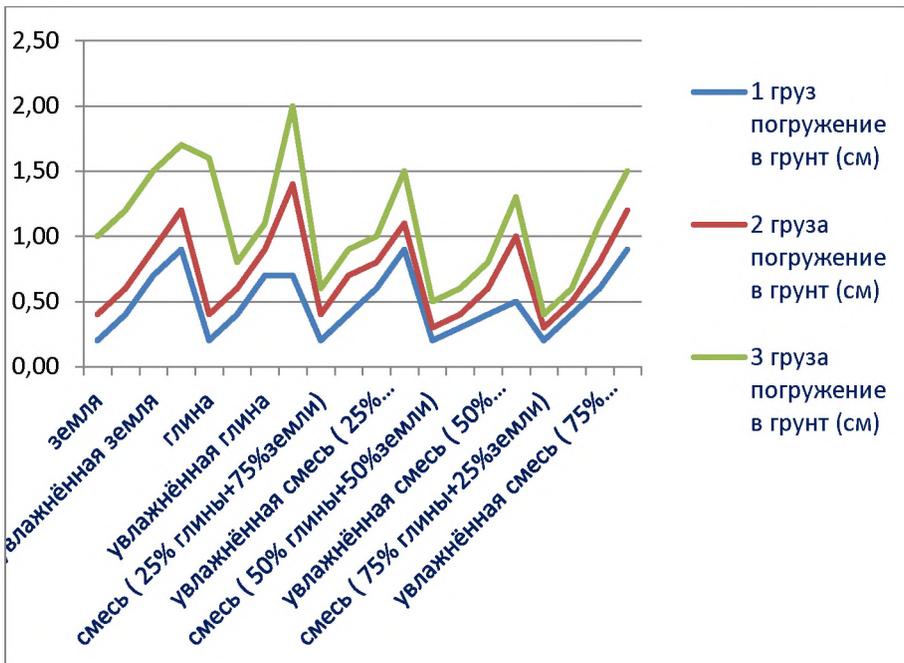


Рисунок 9 – Результаты погружения ступни в форме копыта кабана в грунт

Произведены расчёты удельного давления по формуле: $p = F/S[5]$

Где $F = mg$, а $m = m_1 + m_2$, где m_1 - масса установки; m_2 - масса груза

Копыто коня $S \sim 10 \text{ см}^2$ Шар $S = 50 \text{ см}^2$ Копыто кабана $S = 56 \text{ см}^2$

$p_1 = 0,12 \text{ (кг/см}^2\text{)}$

$p_1 = 0,07 \text{ (кг/см}^2\text{)}$

$p_1 = 0,07 \text{ (кг/см}^2\text{)}$

$$\begin{array}{lll} p_2=0,2(\text{кг/см}^2) & p_2=0,17(\text{кг/см}^2) & p_2=0,16(\text{кг/см}^2) \\ p_3=0,28(\text{кг/см}^2) & p_3=0,25(\text{кг/см}^2) & p_3=0,23(\text{кг/см}^2) \end{array}$$

Вывод: В ходе практических работ было установлено, что самыми лучшими показателями обладает ступня шагохода в форме копыта кабана, так как она оказывает самое меньшее давление на грунт и, следовательно, будет разумно использовать именно эту форму ступни для шагохода. Разница между результатами возникает из-за увеличения площади ступни.

Сравнение с существующими аналогами

Шагающие машины по сравнению с колёсными и гусеничными машинами имеют ряд преимуществ перед традиционными транспортными средствами при движении по поверхности со сложным рельефом, такими как пресечённая местность, завалы, а также внутри зданий и сооружений, где необходимо перемещаться по лестницам и узким коридорам и шахтам. В отличие от колеса или гусеницы, ноги шагающей машины не перемещаются по грунту, а переносятся на новое место. Благодаря этому, машина почти не испытывает сопротивление среды при перемещении, что практически исключает пробуксировку на месте, и во многих случаях позволяет обойтись без грунтозацепов. В случаях, когда желательно или необходимо, чтобы след от опор целевой мобильной платформы имел дискретный характер, достойную замену шагающей машине найти невозможно. В ней используются, заложенные в принципе шагания, возможности развязки движения корпуса машины от опорной поверхности, что уменьшает губительное воздействие на плодородный слой земли при движении. Эти особенности машины с шаговым движителем могут быть востребованы при создании сельскохозяйственных роботов [6].

Использование разработки

Традиционные колесные и гусеничные транспортные машины оставляют за собой непрерывную колею, тратя на это значительно большую энергию, чем в случае передвижения шагами, когда взаимодействие с грунтом происходит только в местах упора стоп ног. Помимо этого шагающий способ передвижения обладает и большей проходимостью на пересеченной местности вплоть до возможности передвигаться прыжками, преодолевать препятствия и т.п. При шагающем способе меньше разрушается грунт, что, например, важно в тундре. Такие машины предполагается использовать, например, для ремонтных работ на участках нефте- и газопроводов, проложенных на труднопроходимой территории [7]. Предлагается использование шагающих робототехнических комплексов для аварийно-спасательных работ в экстремальных условиях и ликвидации последствий природных и техногенных катастроф [8]. Имеется опыт проведения с помощью шагающих машин ремонтно-восстановительных работ на очистных сооружениях промышленных предприятий [9]. Возможно применение шагающих аппаратов в военных целях, для транспортировки грузов, контроля последствий ядерного, химического и биологического нападения, разведки, постановки дымовой завесы, разборки разрушений зданий и проведения спасательных операций в городах после ядерной бомбардировки или стихийных бедствий. Шагающие машины незаменимы для поиска и разминирования мин, для тушения лесных пожаров. Эффективны шагающие машины в сельском хозяйстве для полива полей [10].

Бизнес-привлекательность разработки

Выбор оптимальной стопы шагохода позволяет значительно снизить затраты энергии на ходьбу, так же уменьшение давление шагохода на грунт уменьшает разрушающее действие шагохода на почву, тем самым делая его более экологичным [11].

Список литературы:

1. Макаров И.М. Топчеев Ю.И. Робототехника история и перспективы. – М.: Наука, 2003.
2. Мамичев Д.И. Роботы своими руками. – М.: Издательство «Солон-пресс», 2015
3. Брага Н.С. Робот – своими руками. – М.: Издательство «НТ Пресс», 2007.
4. Чернышев В.В. Опыт использования пагающей машины для ликвидации аварийного разлива нефти // БЖ. – 2003. – № 5. – С. 28-30.
5. Брискин Е.С., Чернышев В.В., Жога В.В. Концепция создания пагающей машины для МЧС//Экстремальная робототехника: Материалы 12 научно-технической конференции. СПб., ЦНИИ робототехники и технической кибернетики. –СПб.,2002 – с. 139-146.
6. Брискин Е.С., Чернышев В.В. Цикловые механизмы пагания с пассивно управляемой стопой//Теория механизмов и машин. 2004. – № 1. – С. 80-88.
7. Касьянов В.А. Физика 10 класс: учебник. М.: Дрофа, 2016
8. Павловский В.Е. О разработках пагающих машин. Режим доступа: <http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2013-101>
9. Куликова, С.А. От истории к современным конструкциям пагающих машин // Молодежный научно-технический вестник. Режим доступа: <http://sntbul.bmstu.ru/doc/837863.html>
10. Фокин В.Г., Шаньгин С.В. Обзор и перспектива развития мобильных пагающих робототехнических систем // Молодой ученый. – 2015. Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/98/22115/>
11. Википедия. Стопа, Лапа, Копыто Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Стопа>; <https://ru.wikipedia.org/wiki/Лапа>; <https://ru.wikipedia.org/wiki/Копыто>.

УДК 679

3D РУЧКА, ПЕЧАТАЮЩАЯ ЛЕГКОПЛАВКИМИ МЕТАЛЛАМИ

Хилькевич Анастасия Сергеевна

*Краснодарский край, г. Армавир, МБУ ДОД «ЦНТТ» г. Армавир, 9 класс
khilkevich-viktorija@rambler.ru*

Аннотация. Возможность печати металлами давно будоражила умы фантастов и ученых во всем мире. Это казалось чем-то фантастическим, нереальным, недостижимым в ближайшем обозримом будущем. Однако в современном мире 3D-печать металлом уже никого не удивляет и рассматривается как одна из наиболее перспективных технологий технического прогресса [1, 9, 10].

Ключевые слова: 3D-печать, 3D-ручка, «трехмерная печать», эвтектика.

Место выполнения работы: работа выполнена на базе МБУ ДОД «Центра детского (юношеского) научно-технического творчества, г. Армавир. Научный руководитель: Шипкин Евгений Маленович, заведующий лабораторией ЦНТТ, почетный работник образования.

Поколения 3D-принтеров сменяют друг друга, но принцип их работы остается прежним. Очередным технологическим прорывом в области 3D-моделирования в пространстве является 3D-ручка. Этот гаджет имеет небольшие размеры, напоминает в работе FDM-принтер. Ручка поддерживает быструю замену нити, можно использовать пластик ABS или PLA. Главное отличие такой ручки – ее небольшой вес (от 40 г), эргономичная конструкция, доступная цена (2000-2300 руб.) [2].

Это – электроприбор (работает от розетки с 220v), но некоторые устройства оснащены перезаряжающимися батареями.

Различают следующие виды 3D ручек:

- холодные (печатают быстро затвердевающими смолами – фотополимерами). Устройство не содержит нагревательных элементов, фотополимер затвердевает под воздействием встроенного источника ультрафиолетового света. Работают от аккумуляторных батарей;

- горячие (используют различные полимерные сплавы в форме катушек с пластиковой нитью). Принцип работы горячей 3D ручки заключается в том, что в заднюю часть корпуса в специальное отверстие направляется пластиковая нить. Встроенный механизм автоматически подводит нить к экструдеру, где она расплавляется и выдавливается в расплавленном виде наружу [4, 5].

В своей исследовательской работе, проверяя возможность печати легкоплавкими металлами, мы остановили свой выбор на 3D ручке «Rovermate 3D art» [3].

Ручка «Rovermate 3D art» имеет LCD экран, на котором отображается температура; имеет кнопки регулировки температуры нагрева и скорости подачи; режим подачи: экструзия горячего расплава; рисование: трёхмерное формование; скорость подачи: регулируется. Наш выбор обусловлен тем, что эта ручка достаточно надёжна и имеет малую стоимость.

Производители заявляют следующие технические параметры:

- напряжение питания: 9 вольт;
- потребляемый ток: 2 ампера;
- потребляемая мощность: 18 ватт;
- температура нагрева: 60 – 230⁰С;
- полимерная нить 1,75 мм: ABS/PLA.

Диапазон доступных температур 3D ручки «Rovermate 3D art» однозначно определил в качестве расходного материала сплав олова со свинцом в эвтектике [7-9].

Эвтектика – состав смеси двух и более компонентов, плавящийся при минимальной температуре плавления. Этой эвтектической зоне соответствует смесь олова и свинца ПОС 60 – ПОС 61, выполненной по ГОСТ 21930-76 и ГОСТ 21931-76 [6].

Выбор припоя, а не просто смесь олова и свинца обусловлена тем, что канифоль, находящаяся внутри оловянно-свинцовой трубки предотвращает образование плёнок окисей металлов. Эти припои имеют температуру плавления по ГОСТ 183⁰С [20].

Эта температура хорошо согласуется с диапазоном температур заявленной ручки.

Описание разработки

Нами были на начальном этапе внесены конструктивные изменения в 3D ручку «Rovermate 3D art». Производители заявили диаметр используемого расходного материала равный 1,75 мм. Ближайший диаметр припоя ПОС-61 по ГОСТ 21931-76 1,5 мм. Это потребовало внести конструктивные изменения в механизм подачи – необходимо увеличить диаметр прижимного ролика к зубчатому ролику.



Рисунок 1 – Устройство 3D ручки «Rovermate 3D art»

Лабораторные испытания подтвердили наше предположение о возможности 3D печати легкоплавкими металлами с помощью 3D ручки, с использованием расходного материала: припоя ПОС-60 и 61.

В то же время были выделены следующие недостатки:

- низкая производительность 3D печати легкоплавкими металлами с помощью 3D ручки;
- невысокая механическая прочность выбранной модели 3D ручки;
- низкая точность 3D печати с помощью 3D ручки.

Обнаруженные недостатки поставили перед нами необходимость конструирования собственной 3D ручки. В настоящее время проводятся завершающие испытания, изучается патентоспособность технического решения автора.

В ходе проведенной исследования был разработан свой способ 3D-печати легкоплавкими металлами с помощью 3D-ручки; разработана и изготовлена 3D-ручка, способная осуществлять печать легкоплавкими металлами.

Практическая значимость

заключается в том, что нами впервые была разработана и опробована в действии технология печати легкоплавкими металлами и их сплавами с использованием 3D-ручки.

Бизнес-привлекательность

закключается в том, что гаджет может быть использован как в творчестве, так и в работе, требующей мелкого ремонта с помощью легкоплавких металлов. Аналогичные разработки и модели 3D-ручки, печатающей легкоплавкими металлами, в продаже отсутствуют. Следует отметить доступность расходного материала, ко-

торый полностью соответствует модели устройства и не требует дополнительно поиска иного материала.

Список литературы:

1. Шекли Р. Избранное: Сборник науч.-фантаст. произведений; пер. с англ. / сост. А. Белевцева. – М.: Мир, 1991. – 478с.
2. 3D печать металлом: технология будущего <http://odnako.su/news/science/-534792-3d-pechat-metallom-tehnologiya-budushego//> 3D
3. 3D ручка «rovermate 3d art» <https://market.yandex.ru//3D-ручка-«rovermate-3d-art»>
4. Что такое 3Dручка? <https://make-3d.ru/articles/chto-takoe-3d-ruchka//> Что такое 3Dручка?
5. <http://rovergroup.info/rovermate/3d-ruchka-rovermate-3d-art//3D-ручка-«rovermate-3d-art»>
6. Эвтектика <https://ru.wikipedia.org/wiki//>
7. ГОСТ 21931-76. Припой оловянно-свинцовые в изделиях. Технические условия <http://docs.cntd.ru/document/1200009242//> ГОСТ 21930-76. Припой оловянно-свинцовые в чушках. Технические условия;
8. Припой <https://ru.wikipedia.org/wiki//> Припой
9. Белова, О.В. Перспективы применения технологий 3D-печати при освоении космического пространства, 2017.
10. <http://www.sib-science.info/ru/heis/v-tomske-razrabotan-unikalnyy-3d-print-16052017> // Ученые ТПУ, ИФПМ СО РАН и компания «ГЭТА» создали 3D-принтер для печати ракетных двигателей
11. Произвольная электронно-лучевая плака. <http://www.orgtech.info/chto-takoe-3d-printer-ro-metallu//> Произвольная электронно-лучевая плавка (EBF3).

УДК 62-713.1

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ВОДЯНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМПЬЮТЕРА

Рабцевич Кирилл Алексеевич

г. Екатеринбург, МАOU лицей № 110 им. Л. К. Гришиной, 8 класс

E-mail: kirill500123@gmail.com

Аннотация. Цель проекта состоит в создании прототипа системы водяного охлаждения, обладающего оптимальной стоимостью, низким уровнем шума и высокой производительностью. Был проведен сравнительный анализ видов систем охлаждения, а также предложенной системы с системами высокой стоимости, таких как Corsair H105, Thermaltake Water 3.0 Riing RGB 240 и т.д. Установлено, что представленная система может конкурировать с дорогостоящими СВО. Создана 3D модель. Реальная модель находится в стадии сборки помповой системы. Представленный прототип может использоваться как с более требовательными процессорами (например, AMD FX-8350), так и с обычными. Выявлены преимущества над системами, обладающими высокой стоимостью по следующим критериям: рассеиваемая мощность, уровень шума, материалы, а также размеры. При написании проекта были использованы различные интернет-ресурсы, проведено общение с экспертами в соответствующей области, был выполнен анализ и обобщение полученной информации.

Ключевые слова: Система водяного охлаждения, процессор, охлаждающая жидкость, оптимальная стоимость, инновационный потенциал, высокая производительность, сборка, 3D модель.

Место выполнения работы. Работа была выполнена на базе МАОУ лицея № 110 им. Л.К. Грипиной (математический клуб лицея № 110). Были использованы различные интернет ресурсы. Научный руководитель: Токмакова Наталья Васильевна, учитель математики МАОУ лицея №110 им. Л.К. Грипиной, Заслуженный учитель России.

Описание инновационной разработки

Система водяного охлаждения представляет собой жидкостное охлаждение, которое производится при помощи отвода тепла от какого-либо тела при контакте с холодной жидкостью [1]. Данный метод используется во многих сферах промышленности, например, на производствах пластмасс или прочих производствах при охлаждении самого оборудования, которое постоянно нагревается.

В результате было выяснено, что системы делятся на 3 вида: кулеры, кулеры с тепловыми трубками, и СВО. Последняя имеет 3 типа циркуляции: замкнутый, незамкнутый, а также открытый. СВО классифицируется в соответствии с механизмом, который воспроизводит саму циркуляцию.

Виды систем охлаждения [4]:

1. Кулеры. Данные системы являются одними из самых первых, они продолжают использоваться в компьютерах. Чаще всего их используют из-за их цены-до 500 рублей за штуку. Но и эффективность их также мала-рассеиваемая мощность до 90 Вт в среднем.
2. Кулеры с тепловыми трубками. Эта система охлаждения отличается от обычного кулера тепловыми трубками, которые помогают отводить больше тепла. В нижней части трубки испаряется жидкость (в основном дистиллированная вода), которая забирает с собой тепло, а затем конденсируется в верхней части трубки.
3. Система водяного охлаждения (СВО). Данная система охлаждения имеет наивысший коэффициент рассеиваемой мощности-примерно 225 Вт [6]. Она имеет большое количество компонентов и занимает много места, что является ее недостатком.

Типы циркуляций СВО [4]

1. Замкнутые. В данных системах жидкость циркулирует, забирая тепло у какого-либо тела, а затем охлаждается в охладителе.
2. Незамкнутые. В этих системах сам теплоноситель подается снаружи системы, а затем направляется во внешнюю среду.
3. Открытые. В данной системе нагреватель помещен в теплоноситель, заключенный в охладитель.

Тип, соответствующий механизму циркуляции [4]:

1. Циркуляционные. Данные системы работают за счет помпы/насоса, который толкает жидкость.
2. Конвективные. В данных системах тело (источник тепла) протекает через какой-либо нагреватель за счет тепловой конвекции.

Составляющие [1]

Система водяного охлаждения обладает следующими компонентами [3]:

1. Помпа, обеспечивающая циркуляцию жидкости по системе;
2. Радиатор охлаждения (возможен вариант с воздушным охлаждением)
3. Водоблок (ватерблок), расположенный на процессоре (источнике тепла), который обеспечивает передачу тепла жидкости.

4. Трубки для передачи жидкости по всем компонентам системы.

Анализ системы.

Принцип работы СВО с тепловыми трубками [3].

За счет того, что помпа толкает жидкость, она циркулирует (замкнутый вид циркуляции), забирая тепло у процессора, протекая по водоблоку. Затем вода поступает через силиконовую трубку, обдуваемую встроенным в корпус вентилятором, в кулер с отрезанным основанием. Он содержит в себе тепловые трубки, откуда жидкость отдает на радиатор и выветривается кулером. Далее уже охлажденная жидкость опять перетекает через силиконовые трубки к помпе, которая ее толкает по тому же «маршруту». В качестве жидкости может использоваться дистиллированная вода. Для того, чтобы выделить характеристику СВО и ее преимущества над другими системами, информация была представлена в виде схемы (таблица 1).

Характеристика проводилась за счёт заводских средних показателей систем охлаждения разных видов.

Таблица 1. Отличительные особенности СВО [10]

Вид	Мобильность	Цена (руб)	Рассеиваемая мощность (Вт)	Шум (дБ)
Кулер	Обладает небольшим размером	300-500	90 (ср.)	28-30 (ср)
Кулер с тепловыми трубками	Обладает средним размером	500-4000	120 (ср.)	28 (ср)
Водяное охлаждение	Занимает все место в системном блоке	5500-20000	230 (ср)	24 (ср)

Также я выделил плюсы и минусы СВО:

Таблица 2. Плюсы и минусы СВО [9]

Плюсы	Минусы
1. Совокупность водяной и воздушной системы охлаждения.	1. Надобность в отпиливании основания кулера.
2. Мощность по сравнению с охлаждением через обычные кулеры.	2. Регулярное обслуживание системы.
3. Возможность гибкой модернизации системы.	3. Система занимает много места в системном блоке.

Исходя из таблиц, можно выяснить, что СВО обладает большим преимуществом над другими видами охлаждения, но она обладает большими размерами и высокой стоимостью, что я и хотел бы исправить.

Составляющие СВО [8]

Предложенная система обладает следующими компонентами: водоблок процессора, процессор, помпа, резервуар, радиатор, вентилятор, тепловые трубки, силиконовые трубки.

Подсчет рассеиваемой мощности и шума

Чтобы выяснить основные показатели СВО, измерил рассеиваемую мощность и шум. Чтобы измерить рассеиваемую мощность (Вт), сложил показатели используемого кулера DEERCOOL Ice Blade 100 (105 Вт ср.) [5] с отрезанным основанием и мощности механизма помпы с дистиллированной водой, кото-

рая забирает тепло у процессора AMD FX-8350. Он считается одним из самых требовательных, но, полученной рассеиваемой мощности в 305 Вт ему будет достаточно. Погрешности также допускаться не будут, так как линия от середины силиконовой трубки, соединяющей медные трубки кулера, до середины нижней силиконовой трубки разделит две части системы от этого уровня ровно пополам. Чтобы измерить шум, я провел те же действия, только с показателем самого шума. В итоге я получил 24 Дб, что является неплохим результатом. Полученные данные я оформил в виде таблицы 3.

Таблица 3. Подсчет рассеиваемой мощности и шума.

	Водяная система охлаждения (кулер с тепловыми трубками)	Corsair H105	Thermaltake Water 3.0 Riing RGB 240	Arctic Cooling Liquid Freezer 360	Thermaltake Water 3.0 Ultimate
Рассеиваемая мощность (Вт)	305	290	280	310	300
Шум (Дб)	24	37.7	26	25.5	21

Из этой таблицы можно понять, что представленная система опережает по показателям рассеиваемой мощности и шума системы высокой стоимости. Сборка

Перед сборкой системы я создал 3D модель прототипа (рисунок 1).

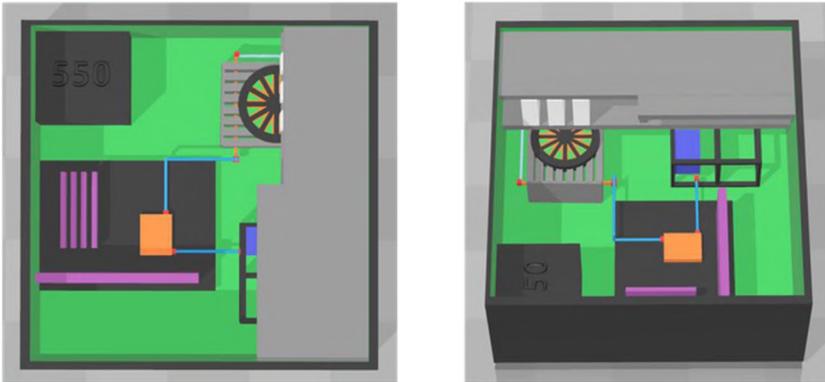


Рисунок 1 – 3D модель прототипа

Для сборки системы мне понадобится гаечный ключ, ножовка, фитинги, дрель и шурупы для закрепления радиатора в системном блоке. Первым делом надо отпилить основание кулера ножовкой. Это нужно для того, чтобы соединить кулер с остальной системой силиконовой трубкой. Далее делаем отверстия на концах медных трубок (диаметр 8 мм) для дальнейшего соединения трубок.

Следующим шагом устанавливаем на процессор медный водоблок через специальные крепежи. Далее соединяем водоблок с резервуаром/помпой и 1 тепловой трубкой силиконовыми трубками.

Следующим шагом устанавливаем 2 силиконовую трубку между резервуаром и 2 тепловой трубкой. Все соединения укрепляем фитингами. Система готова.

Сравнение с существующими аналогами

Разработанный прототип обладает следующими преимуществами над прочими аналогами: низкая стоимость (2300 рублей), достаточно низкий уровень шума (24 Дб) и одновременно высокая производительность (рассеиваемая мощность достигает 305 Вт). Также система может гибко модернизироваться и подстраиваться под прочие ПК, что, несомненно, является плюсом.

Использование разработки

Разработанный прототип системы водяного охлаждения может использоваться на различных серверах, предприятиях, а также в домашних условиях. Система может использоваться в различных ИТ-областях, что определяет её актуальность на данный момент.

Бизнес-привлекательность разработки

Представленный прототип обладает высокими перспективами коммерческого использования. Система обладает достаточно низкой стоимостью, в то же время использованные материалы также достаточно недорогие, что также подчёркивает выгодность. Представленный прототип может сократить затраты людей на системы охлаждения компьютера, повысить производительность процессора, а также предотвратить поломку ПК.

Список литературы:

1. AQUA COMPUTER SYSTEMS // Масштабируемые модульные системы жидкостного охлаждения ПК. [Интернет ресурс] Aqua-computer//<https://aqua-computer.ru/> (24.12.2017).
2. Digital Razor // Водяное охлаждение или воздушное? [Интернет-ресурс] <https://digital-razor.ru/info/stati-i-obzory/vodyanoe-okhlazhdenie-ili-vozdushnoe/> (20.12.2017).
3. Википедия-свободная энциклопедия // Жидкостное охлаждение [Интернет-ресурс]https://ru.wikipedia.org/wiki/Жидкостное_охлаждение/ (28.12.2017).
4. Boomburum, Geektimes // Сборка компьютера с водяным охлаждением. <https://geektimes.ru/post/106394/> (25.12.2017).
5. DNS клуб // Как выбрать систему жидкостного охлаждения. <https://club.dns-shop.ru/hardware/kak-vybrat-sistemu-zhidkostnogo-okhlazhdeniya/> (24.12.2017).
6. Иванова Яника. SYL // Водяное охлаждение для ПК: плюсы и минусы. <https://www.syl.ru/article/309640/vodyanoe-okhlajdenie-dlya-pk-plyusy-i-minusyi/> (25.12.2017).
7. Sovets.net // Водяное охлаждение для ПК // <http://sovets.net/6354-vodyanoe-okhlazhdenie-dlya-pk.html/> (26.12.2017).

УДК 621.5

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ БИНАРНОГО ЛЬДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВАКУУМНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Баркова Анастасия Андреевна

*Московская область, г. Краснознаменск,
МБОУ СОШ № 4 с УИОП им. Г.К. Жукова, 11 класс
e-mail: anastasiia_barkova@mail.ru*

Аннотация. Работа посвящена изучению природного хладагента – бинарного льда, а также разработке установки для его получения. В процессе исследования была установлена зависимость удельной теплоты испарения от давления, разработан метод экспериментального исследования и создана экспериментальная установка. Работа имеет перспективы в области пищевой промышленности (например, молекулярная кухня), а также в медицине (получение пищевых добавок, лекарств в твердом виде). Были сделаны выводы о том, что в перспективе практически любое вещество можно замораживать без химических добавок.

Ключевые слова: холодильные установки, природные хладоносители, бинарный лёд, способы получения бинарного льда, удельная теплота испарения, энтропия, вакуумная установка.

Место выполнения работы: Работа выполнена на базе ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана». Научный руководитель: Белова Ольга Владимировна, доцент кафедры «Вакуумная и компрессорная техника» МГТУ им. Н.Э. Баумана, кандидат технических наук.

Описание инновационной разработки

Развитие холодильной техники на сегодняшний день находится под воздействием жестких экологических требований, которые обусловлены применением синтетических хладагентов, разрушающих озоновый слой земли и способствующих усилению «парникового эффекта» атмосферы [1]. В связи с этими событиями всё больший интерес вызывает применение природных хладагентов, одним из которых является бинарный лед – суспензия мелких кристаллов льда, размером, как правило, между 0,01 мм и 0,4 мм в воде или водном растворе [2]. Массовая доля льда в смеси может изменяться от 10% до 60%, в зависимости от области использования [3].

Существует два основных способа получения бинарного льда [4]:

- 1) соскабливание кристаллов льда, образующихся на охлажденной поверхности пластин или труб;
- 2) образование кристаллов льда в объеме переохлажденной жидкости.

Каждый способ имеет свои преимущества, о чем свидетельствует их параллельное использование разными фирмами [5].

Второй способ получения бинарного льда осуществляется с помощью вакуумных технологий, реализация которых возможна в вакуумно-выпарных (вакуумно-испарительных) и вакуумно-сублимационных установках. Схема вакуумного генератора для получения бинарного льда (рис. 1)

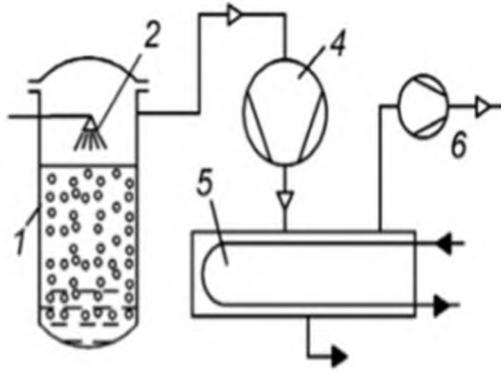


Рисунок 1 – Вакуумный генератор бинарного льда. 1 – гермокамера с композицией из воды и части льда; 2 – форсунка для распыления воды; 4 – вакуумный насос-компрессор; 5 – конденсатор; 6 – вспомогательный вакуумный насос

Технология получения бинарного льда в вакуумно-выпарной кристаллизационной установке осуществляется в следующей последовательности. Для начала создается предварительное разрежение, необходимое для работы основного вакуумного насоса, с помощью вспомогательного вакуумного насоса. Как только давление в гермокамере достигнет необходимого значения (1350 – 3350 Па) включается основной насос, который создает рабочее давление на уровне 200 Па, при котором происходит предварительный процесс вакуумного кипения и охлаждения жидкости. В гермокамеру, в которой поддерживается давление около 200 Па, непрерывно распыляется вода через форсунки. В полете происходит испарение жидкости с поверхности капли, часть ее переходит в паровую фазу, за счет чего кристаллизуются падающие капли, откачиваемые пары направляются в конденсатор, в котором происходит отвод тепла за счет охлаждающей воды [6, 7]. Таким образом, в нижней части гермокамеры накапливается бинарная смесь с частицами льда, диаметр которых не превышает 500 мкм. В дальнейшем ледяная суспензия легко перекачивается с помощью центробежных насосов по трубопроводу к потребителю холода.

Для большинства твердых пищевых продуктов метод заморозки в вакууме является наилучшим, так как при этом не образуются крупные кристаллы льда, которые могли бы изменить структуру тела, замораживание происходит равномерно и быстро.

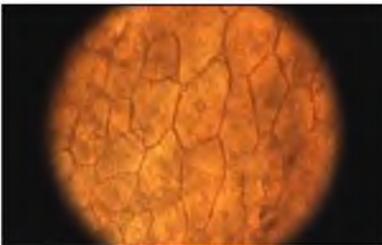


Рисунок 2 – Живая клетка

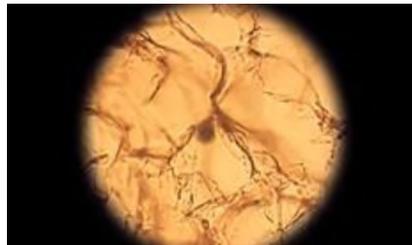


Рисунок 3 – Клетка, подвергшаяся замораживанию в вакууме

При замерзании воды в клетке оболочка клетки сохраняется, клетка не разрушается, что видно из сравнения рис. 2 и рис. 3. Таким образом, при замораживании в вакууме сохраняется пористость и проницаемость клетки для воды.

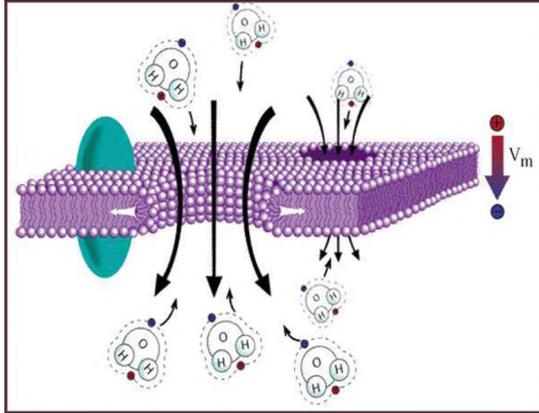


Рисунок 4 – Проницаемость клетки

Для всех веществ важнейшими показателями являются критическая температура (температура, выше которой газ не может быть превращен в жидкость изотермически ни при каком давлении) и температура тройной точки (температура, при которой вещество может находиться одновременно в трех агрегатных состояниях).

На рисунке 5 представлена T-S диаграмма, по которой можно определить различные термодинамические параметры. Здесь наглядно видно, что температура кипения зависит от давления, при котором оно происходит.



Рисунок 5 – T-S диаграмма для некоторого вещества

Для изучения процесса вакуумной кристаллизации рассмотрена следующая задача: В теплоизолированной колбе находится вода при 0°C . Определить, какую часть воды можно испарить при условии, что вся оставшаяся в колбе вода

замерзнет. На рисунке 6 представлена установка, позволяющая решить данную задачу опытным путем.

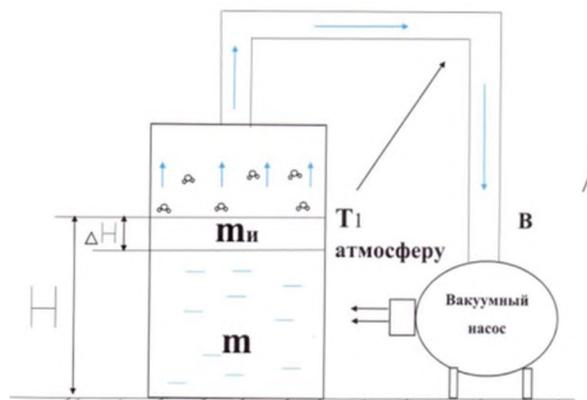


Рисунок 6 – Установка для вакуумной кристаллизации

В процессе ее решения с помощью T-S диаграммы была получена зависимость удельной теплоты парообразования от давления (таблица 1).

Таблица 1. Зависимость удельной теплоты парообразования воды от давления

P, кПа	T _s , °C	T, K	L, кДж/кг
19000	340	613	800
4000	250	523	1700
100	100	373	2260
10	48	321	2380
1	9	282	2480
0,611	0	273	2500

Результатом данного исследования является определение доли испарившейся части жидкости для различных веществ при температуре тройной точки, параметры веществ представлены в таблице 2.

Таблица 2. Свойства различных веществ

	Удельная теплота плавления, λ, кДж/кг	Удельная теплота парообразования, L, кДж/кг	Температура тройной точки, T ₁ , °C	Процент испарившейся части
Вода	334	2500	0	12
Этиловый спирт	108	840	-114,3	11
Азот	25,5	198	-210	11
Аммиак	333	1370	-77,75	20
Метан	32,6	510	-183,15	6

Практическая часть исследования заключается в создании экспериментальной установки для получения воды в твердой фазе путем вакуумного испарения, схема которой представлена на рисунке 7.

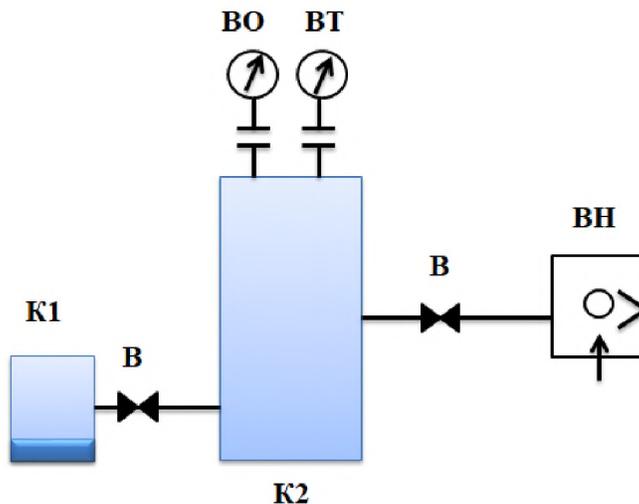


Рисунок 7 – Схема экспериментальной установки

В – вентиль

ВО – вакуумметр образцовый ($0 \text{ кгс/см}^2 - 100^{-1} \text{ кгс/см}^2$)

ВН – вакуумный насос 2НВР – 5ДМ ($20 \text{ Па} - 1,3 \times 10^{-3} \text{ Па}$)

VT – вакуумметр ионизационно-термопарный ВИТ - 2

K1 – камера (0, 75 л)

K2 – камера (45 л)

На основе данной схемы была разработана экспериментальная установка, представленная на рисунке 8. После проведения опыта был получен лёд, форма которого представлена на рисунке 9.

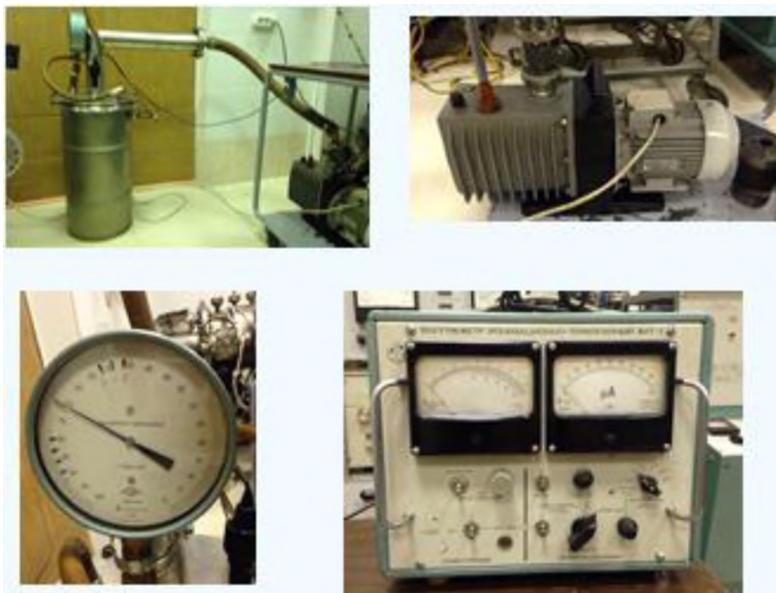


Рисунок 8 – Экспериментальная установка



Рисунок 9 – Результат опыта

Полученный бинарный лед является чистым веществом. Данная технология получила широкое применение во многих отраслях промышленности, а также является очень перспективным проектом для дальнейших исследований.

Сравнение с существующими аналогами

Страна	Производитель	Технология
Исландия	OPTIMAR	OPTIM-ICE
Россия	Digital Empire	Livelce
Канада	SUNWELL	Deepchill

Liquid Ice System BRH-105

Technical Specifications:

Refrigeration Capacity: 14,5 kW/12,470 kcal/h or 299,000 kcal per 24 hours.*

Pre-cooler: Integrated pre-cooler ensures uniform production of Optim-Ice® in water temperatures up to +15°C.

Variable production range: Output can be varied from 230 L/h with 40% ice concentration to 490 L/h with 10% ice concentration.**

Filtration: A 5-micron filter fitted to water intake to prevent ingestion of foreign objects.

Minimum salt concentration: System requires 3% NaCl concentration for Optim-Ice® production.

Power Consumption:
Hydraulic: Flow 46 L/min at 180 bar
Electrical: 230V/50Hz/350W

OPTIM ICE



Condenser:
Cooling water requirements:

5°C = 900L/h
10°C = 1.100L/h
15°C = 1.600L/h

Рисунок 10 – Технические характеристики генератора бинарного льда OPTIMAR

Все они используются в промышленных целях, то есть имеют большие весовые характеристики.

Использование разработки

Данная разработка может применяться в медицине, при хирургических операциях для гипотермии внутренних органов. Также находит применение при

первой помощи при капиллярном кровотечении, когда срываются большие пласты кожи. В этом случае бинт не эффективен, и для остановки кровотечения рану можно покрыть бинарным льдом. В промышленности бинарный лёд может использоваться на судах для замораживания выловленной рыбы и морепродуктов. Он полностью обволакивает рыбу и, тем самым, дольше сохраняет её потребительские качества. В производстве газированных напитков установка может применяться в странах с грязной водой, где в напитки запрещено добавлять кубики льда. Поэтому бинарный лёд является важной частью их производства. В сельском хозяйстве можно использовать для охлаждения молока, фруктов и овощей (например, брокколи, брюссельская капуста, морковь), которые за счёт бинарного льда будут дольше сохранять потребительские качества. На мясоперерабатывающих предприятиях можно использовать в непрерывном режиме для охлаждения фарша в процессе куттерования. Бинарный лёд применяется для охлаждения воздуха в прилавках магазина.

Бизнес-привлекательность разработки

Одним из перспективных направлений развития является медицина. Лекарство может быть получено с помощью вакуумного насоса, когда капсула является твердым веществом, а само лекарство жидким, при этом оно не разносится по всему организму по средствам движения крови, а доставляется именно к больному месту.

Еще одним перспективным направлением является получение полезной еды, в которой не содержатся опасные для здоровья консерванты и для ее приготовления не используется “химия”. Трофология-наука о влиянии пищи на жизнедеятельность человека. Трофология утверждает: питание оказывает влияние не только на здоровье в целом, но и на не связанные с приёмом пищи вещи:

- Настроение;
- Креативные способности;
- Работоспособность;
- Душевный настрой;

Именно поэтому люди должны питаться правильно. Технология получения бинарного льда может использоваться для получения “бинарных” продуктов. Некой аналогией является молекулярная кухня. «Молекулярная гастрономия» – это взгляд на еду не как на цельные продукты, а как на совокупность молекул, имеющих специфические физические и химические свойства, которые можно изменять при помощи химических процессов [8]. «Разбивка на молекулы» и является ключом к приготовлению экзотических яств. Но для приготовления пищи данным методом используются жидкий азот, альганат натрия, хлорид кальция и т.д.

Список литературы:

1. Цветков, О. Б. Айс-сларри и однофазные хладоносители / Цветков О. Б., Лаптев Ю.А. // Холодильная техника. – 2004. – № 3. – С. 2-4 . – ISSN 0023-124X.
2. Маринюк, Б.Т. Экологически чистые методы получения водного льда / Б.Т. Маринюк, Д.В. Сусликов, А.Е. Ермолаев // Холодильный бизнес. – 2008. – № 2. – С. 38–40.
3. Басов, А. Ю. Сравнительный анализ компрессорных систем вакуумирования для генераторов жидкого льда [Электронный ресурс]. URL: http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_

FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/Npchdubt_2009_111_98_17.pdf. Дата обращения: 23.06.2017.

4. Михайленко, Т. П. Экспериментальное исследование процесса образования водяной шуги из рассола // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2009. – № 4. – С. 5-8.
5. Маринюк, Б. Т., Крысанов, К. С., Ермолаев, А. Е. Вакуумные холодильные установки и холодоаккумуляторы водного льда. М.: МГУИЭ, 2006.
6. Маринюк, Б. Т., Ермолаев, А. Е. Вакуумно-сублимационная установка для получения водного льда // *Холодильная техника*. – 2008. – № 3. – С. 36-37.
7. Крысанов, К. С. Разработка и исследования вакуумно-испарительных холодильных машин с использованием воды как холодильного агента. – М., 2007. – 18 с.
8. Молекулярная кухня. [Электронный ресурс] URL: <http://volshebnaya-eda.ru/kulinarnyj-klass/enciklopedii/molekulyarnaya-kuxnya/>. Дата обращения: 23.06.2017

УДК 621.36

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ПРОЦЕССОРА ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМПЬЮТЕРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕМЕНТА ПЕЛЬТЬЕ

Рыбаков Алексей Вадимович

*Московская область, г. Реутов, МБОУ «Лицей», 11 класс
e-mail: alexsey.psp@yandex.ru*

Аннотация. Научно-техническая работа посвящена актуальной на сегодняшний день проблеме – охлаждение различных компонентов вычислительной техники, в первую очередь процессора персонального компьютера. Рассмотрены особенности термоэлектричества и его возможности при создании термостабилизации электронного оборудования. Автор приходит к выводу, что будущие системы охлаждения будут непременно связаны с термоэлектрическими эффектами.

Ключевые слова: термоэлектричество, модуль Пельтье, охлаждение, персональный компьютер, процессор.

Место выполнения работы: Работа выполнена на базе Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана, с использованием научно-технического материала, полученного при проведении НИОКР на кафедре Теплофизики, а также с привлечением приборного оборудования лаборатории «Тепломассобмена» той же кафедры. Научный руководитель: Каськов Сергей Иосифович, МГТУ им. Баумана, старший преподаватель.

Описание разработки

Вычислительная техника в современном мире играет важную роль, от стабильной работы которой напрямую зависит большинство технологических процессов. В свою очередь работа вычислительной техники сопровождается большим выделением теплоты и как бы не старались производители ее компонентов уменьшить выделение тепла, важность систем охлаждения остается неизменной.

В разработанной системе охлаждения используются термоэлектрические элементы, или попросту говоря «элементы Пельтье». В роли компонента, который будет участвовать в процессе охлаждения, взят центральный процессор персонального компьютера. Этот выбор не случаен. Во-первых, современный ком-

пьютерный процессор обладает наибольшим количеством выделяемой теплоты, поэтому его охлаждением нужно заниматься в первую очередь, так как, он является «мозгом» персонального компьютера и чем лучше его охладить, тем лучше будет работать весь компьютер в целом. Во-вторых, изначально в процессор встроены всевозможные датчики, которые следят за его работой, естественно к этим датчикам можно получить доступ и намного эффективнее проводить исследование.

Идея разработки заключается в том, чтобы «поместить» между привычным радиатором (который осуществляет процесс отвода и рассеивания теплоты от кристалла процессора) элемент Пельтье в роли теплового насоса (рисунок 1).

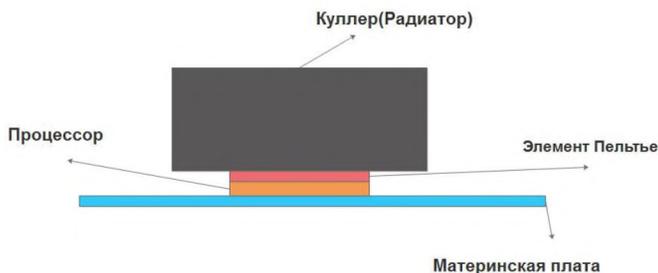


Рисунок 1 – Принципиальная схема экспериментальной установки

При подаче напряжения на элемент он будет производить «перенос» теплоты с процессора на сам радиатор (рисунок 2), соответственно количество перенесенной теплоты будет зависеть от мощности модуля и режима его работы.

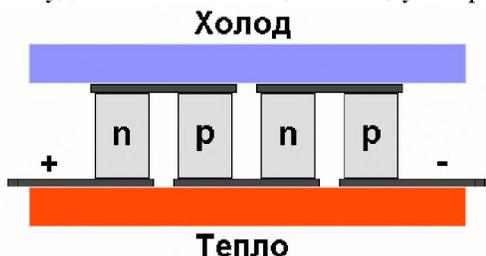


Рисунок 2 – Принцип работы элемента Пельтье

Однако не стоит забывать, что при высокой мощности модуля возможны отрицательные значения температуры на крышке процессора, что нас крайне не устраивает (отрицательные температуры чреваты образованием конденсата на стенках модуля, что может пагубно сказаться на функционировании центрального процессора), а следовательно, будет выбран оптимальный элемент для поддержания благоприятной температуры процессора без риска образования конденсата. Путем изменения режимов работы модуля можно добиться максимальной эффективности охлаждения, а также минимальных затрат электроэнергии [1].

Перед тем как приступить к экспериментальным исследованиям, было решено составить модель разрабатываемой системы охлаждения. Целью моделирования было выявление характера поведения элемента или каскада элементов под тепловой нагрузкой, а также расчет необходимой силы тока и напряжения,

которые следует подать на модуль, дабы получить от него нужную мощность охлаждения и необходимой фиксированной температуры. Характеристика наиболее подходящего модуля Пельтье приведена в таблице 1.

Таблица 1. Характеристика термоэлектрического модуля TEC1-12715

Название модуля	TEC1-12715
Рабочее напряжение	12-15V
Рабочий ток	15A – max
Холодопроизводительность	136 Вт
Материал p-ветви	Bi ₂ Te ₃
Материал n-ветви	Bi-Sb

Основной сложностью при проведении расчетов будет являться принятие температуры горячего и холодного спаев термоэлемента. Мы не можем сказать наверняка, какая температура будет установлена в следствие теплового равновесия между холодным спаев термоэлемента и крышкой процессора. Учитывая мощность модуля, ясно, что температура процессора будет варьироваться от 313 К до 333 К. Для этих значений температуры необходимо вычислить соответствующий коэффициент термоэлектрической добротности Z:

$$z = \frac{\alpha}{\sqrt{\kappa\rho}}, [z], K^{-1},$$

где α – коэффициент термоэдс, мкВ/К
 κ – коэффициент теплопроводности, Вт/см•К
 ρ – удельное сопротивление, Ом•см. [2].

1) В таблице 2 представлены данные для расчета коэффициента термоэлектрической добротности p-n [3].

Таблица 2. Параметры материалов p-n контактов [4]

Параметр	Bi-Sb	Bi ₂ Te ₃
z, K^{-1}	$5 \cdot 10^{-3}$	$1,8 \cdot 10^{-3} (300 K)$
$\alpha, В/К$	$180 \cdot 10^{-6}$	$60 \cdot 10^{-6}$
$\kappa, Вт/см \cdot К$	$2,9 \cdot 10^{-2}$	$7,5 \cdot 10^{-2}$
$\sigma = \frac{1}{\rho}, \frac{1}{Ом \cdot см}$	4500	$1,585 \cdot 10^4$

Добротность p-n пары вычисляется по формуле:

$$z_{T3} = \left(\frac{\alpha_1 - \alpha_2}{\sqrt{\frac{\kappa_1}{\sigma_2} + \frac{\kappa_2}{\sigma_1}}} \right)^2 = 0,837 \cdot 10^{-3} K^{-1},$$

где индекс 1 соответствует материалу Bi-Sb;
индекс 2 соответствует материалу Bi₂Te₃ [5]

2) Зададим условия:

Холодопроизводительность (количество теплоты снимаемой с процессора) принята: $Q_0 = 50$ Вт.

Примем температуры спаев:

- Горячего, сбрасывающего тепло радиатору (будем считать, что его температура постоянна) – $T_0 = 323$ К;
- Холодного, принимающего теплоту от крышки процессора – $T_1 = 303$ К.

Такая температура холодного спая принята из соображений благоприятной температуры центрального процессора. Именно к этой температуре мы и будем стремиться. [6]

3) Задаем источник напряжения: $V = 12$ В

4) Далее определяется холодильный коэффициент машины. Термоэлектрическое охлаждающее устройство может работать в двух основных режимах – режиме максимального холодильного коэффициента ε_{\max} и режиме максимальной холодопроизводительности Q_{\max} . В первом случае прибор наиболее эффективно будет преобразовывать потребляемую электрическую энергию в «холод», во втором случае в ущерб экономичности может быть получено наибольшее понижение температуры. Поскольку в рассматриваемой задаче необходимо обеспечить небольшой перепад температур, то устройство должно работать в режиме ε_{\max} , для которого справедлива формула [6, 7, 8].

$$\varepsilon_{\max} = \frac{T_1}{T_0 - T_1} \frac{\sqrt{1 + 0.5z(T_0 + T_1)} - \frac{T_0}{T_1}}{\sqrt{1 + 0.5z(T_0 + T_1)} + 1} = 0,41.$$

При получении данной формулы использовалась модель, не учитывающая эффект Томпсона, который в данном случае будет пренебрежимо мал из-за относительно невысокой разности температур.

5) Потребляемая мощность термоэлемента [6]:

$$W = \frac{Q_0}{\varepsilon_{\max}} = 121,95 \text{ Вт.}$$

6) Теперь можно вычислить силу рабочего тока:

$$I = \frac{W}{V} = 10,16 \text{ А.}$$

С помощью проведенных расчетов мы узнали, какую силу тока следует подавать на термоэлемент, чтобы достичь нужного нам значения температуры и холодильного коэффициента, а также – какой по мощности должен быть радиатор, который будет отводить тепло от «горячей» стороны элемента Пельтье. При проектировании экспериментальной установки это будет играть важную роль.

Сравнение с существующими аналогами

Для проведения сравнения следовало изучить рынок похожих систем охлаждения, основанных на принципе «перекачки» тепла методом внедрения в системы охлаждения элемента Пельтье. В результате детального изучения выяснилось, что на данный момент нет крупных производителей куллеров с элементом Пельтье. В основном есть большое количество энтузиастов, которые пытаются объединить «тепловой насос» с существующими системами воздушного или водяного охлаждения. К сожалению, мне не удалось найти вразумительного материала и результатов тестирования таких комбинированных систем, поэтому придется сравнивать разработку с обычными представителями воздушных систем охлаждения.

Для сравнения взят кулер *Arctic Cooling Alpine 11 PLUS*. Затем построена таблица 3 для наглядности сравнения.

Таблица 3. Сравнение систем охлаждения

Система охлаждения	Модуль Пельтье + Куллер на горячую сторону (TDP 122 Вт)	<i>Arctic Cooling Alpine 11 PLUS</i>
Цена, руб.	1320 (модуль + радиатор)	700
TDP*, Вт	50	50
Поддержание постоянной температуры	Есть	Зависит от температуры окружающей среды
Температура при подключении тепловой нагрузки	30°C	При температуре окружающей среды ~ 25 °C 31-32°C
Потребляемая мощность	~130 Вт	~10 Вт

* Конструктивные требования по теплоотводу – величина, показывающая, на отвод какой тепловой мощности должна быть рассчитана система охлаждения процессора или другого полупроводникового прибора.

Не проводя каких-то особенных расчетов видно, что разработанная система уступает обычному куллеру с воздушным охлаждением во многих пунктах. Неоспоримым плюсом является то, что разработанная модель охлаждения способна поддерживать постоянную температуру вне зависимости от температуры окружающей среды. Главным же минусом будет являться чрезмерное энергопотребление всей установки. К сожалению, все современные модули Пельтье имеют очень низкий КПД, из-за этого приходится тратить довольно большое количество электроэнергии, дабы получить действительно существенный результат в охлаждении.

Использование разработки

Разработанная система охлаждения может быть востребована во многих отраслях современного производства: машиностроение, энергетическая, сельскохозяйственная и т.д., где охлаждаемый объект должен иметь постоянную температуру. Ввиду этого разработка может иметь дело также как альтернативный вариант системы охлаждения какой-либо техники или ее отдельных компонентов. Из-за относительной компактности она может быть использована также в военной технике: охлаждение приборов, микросхем, блоков питания.

Бизнес-привлекательность разработки

Если рассматривать системы охлаждения с точки зрения мощности, то низшие ступени занимают воздушные, выше стоят системы водяного охлаждения, имеющие среднюю мощность, за ними идут самые мощные и самые сложные в конструкции фреоновые холодильные системы. Если же брать систему охлаждения с внедрением в нее модуля Пельтье, она может относиться почти к любой категории (если соответственно мощность модуля будет относительно высокой). Соответственно с повышением мощности и количества модулей можно добиться довольно низких температур, что в свою очередь крайне необходимо при выполнении различных задач, связанных с процессорами. Например, такая

задача как «разгон» процессора требует от системы охлаждения большой мощности, что довольно труднодостижимо, а то и просто невозможно (речь идет о системах воздушного и водяного охлаждения). Вследствие этого, можно базировать системы охлаждения с термоэлектрическим модулем как довольно своеобразные куллеры, предназначенные для опытных пользователей, и именно они будут иметь спрос с таких систем охлаждения. Также не стоит забывать, что элементы Пельтье чреваты выделением большого количества теплоты, когда своей «холодной стороной» они забирают тепло у процессора, на горячей происходит ее активное выделение» [9]. Эту теплоту можно также считать уникальностью модуля и использовать во второстепенных задачах. Например, как замена обогревателя в комнате (горячая сторона модуля выделяет большое количество теплоты, достаточное для обогрева маленького помещения на протяжении большого промежутка времени).

Применение термоэлектрических модулей очень обширное, и, мне кажется, в будущем им будет выделено отдельное место, где они справятся со своей задачей лучше всего, а особенно в качестве систем охлаждения.

Список литературы:

1. Булат, Л. П., Ведерников, М. В., Вялов, А. П. и др. Термоэлектрическое охлаждение: Текст лекций / Л. П. Булат, М. В. Ведерников, А. П. Вялов и др.; под общ. ред. Л. П. Булата. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2002. – 147 с.
2. Бурштейн, А. И. Физические основы расчета полупроводниковых термоэлектрических устройств / А. И. Бурштейн. – Государственное издательство физико-математической литературы, 1962. – 135 с.
3. Иоффе, А. Ф. Физика полупроводников / А. Ф. Иоффе. – М.; Л.: Издательство академии наук СССР, 1957. – 494 с.
4. Булат, Л. П. Термоэлектрические охлаждающие устройства: Метод. указания для студентов спец. 070200 «Техника и физика низких температур» / Л. П. Булат, Е. В. Бузин. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2001. – 41 с.
5. Кораблев, В. А. Прикладная физика. Термоэлектрические модули и устройства на их основе: Учебное пособие / В. А. Кораблев, Ф. Ю. Тахисов, А. В. Шарков; под ред. проф. А. В. Шаркова. – СПб.: СПбГИТМО (ТУ), 2003.
6. Морозов, А. С. Оценка применимости термоэлектрической холодной машины для термостабилизации фотоприемного устройства дистанционного зондирования Земли / А. С. Морозов, А. С. Кротов, С. И. Каськов // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Машиностроение. – 2016. – № 5. – С. 48-58. DOI: 10.18698/0236-3941-2016-5-48-58.
7. Вайнер, А. Л. Каскадные термоэлектрические источники холода / А. Л. Вайнер. – М.: Сов. Радио, 1976. – 136 с.
8. Иоффе, А. Ф. Термоэлектрическое охлаждение / А. Ф. Иоффе, Л. С. Стильбанс, Е. К. Иорданишвили. – М.; Л.: Издательство АН СССР, 1956. – 112 с.
9. Шостаковский, П. Термоэлектрические источники альтернативного электропитания / П. Шостаковский // Компоненты и технологии. – 2010. – № 103. – С. 131-138.

УДК 621.51, 621.52

РАЗРАБОТКА МАКЕТА ПОРТАТИВНОГО ГАЗОАНАЛИЗАТОРА, ИССЛЕДОВАНИЕ ЕГО ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ

Джангирян Георгий Сергеевич

Московская область, г. Реутов, МБОУ "Лицей", 11 класс

e-mail: jangosha@gmail.com

Аннотация. В данной статье рассмотрены сферы применения газоанализаторов, определяется максимальное приемлемое время работы на примере портативного устройства, рассмотрена возможность повышения времени автономной работы портативных устройств методом повышения энергоэффективности микрокомпрессоров, а также создан макет испытательного стенда, позволяющего производить оценку энергопотребления портативных устройств и его отдельных составляющих, калибровку и отстройку с целью определения наиболее эффективного режима питания.

Ключевые слова: газоанализатор, датчик газов, блок сенсоров, энергопотребление, микрокомпрессор.

Место выполнения работы. Работа выполнена на базе Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана на базе кафедры "Вакуумная и компрессорная техника". Научный руководитель: Кюрджиев Ю.В., доцент МГТУ им. Н.Э. Баумана, канд. техн. наук.

Описание разработки

Газоанализатор – измерительный прибор для определения качественного и количественного состава смесей газов. Различают газоанализаторы ручного действия и автоматические.

В качестве потребителей энергии в газоанализаторах выступают отдельные датчики газов, сопутствующие датчики (температура, влажность), а также устройства вывода информации. Далее они рассмотрены в отдельности.

Побудитель расхода газа МКМ-7

Магнитоэлектрический мембранный компрессор – устройство, предназначенное для перемещения и сжатия газа, оснащённая магнитоэлектрическим приводом. Такие компрессоры обычно обладают сравнительно небольшими значениями производительности (до 1 м³/час) и создаваемого перепада давления (до 0,5 бар), а также сравнительно небольшими габаритами и массой [1].



Рисунок 1. Побудитель расхода газа МКМ-7

1. Производительность: от 0,03 до 0,16 л/мин (не менее)
2. Питание: напряжение от 3 до 10 В, меандр частотой 400 Гц

3. Ток потребления: не менее 30 мА при напряжении питания 5 В
4. Габаритные размеры: 25*25*18 мм
5. Масса: 29 г. [2], [3].

МКМ-7 – микрокомпрессор объёмного типа. Сжатие газа происходит в результате уменьшения объёма камеры сжатия вследствие поступательного движения круглой гибкой мембраны, зажатой по периметру между ограничительным диском и корпусом.

На основании анализа рабочих характеристик микрокомпрессоров определены требования к побудителю расхода. На основе выявленных преимуществ относительно аналогов использование МКМ-7 в качестве побудителя расхода для переносного газоанализатора признаётся целесообразным.

Датчик газа MQ9 (угарный газ, углеводородные газы)



Рисунок 2. Датчик газа MQ9.

Датчик газа, построенный на базе газоанализатора MQ-9, позволяет обнаруживать наличие в окружающем воздухе углеводородных газов (пропан, метан, н-бутан) и угарного газа (CO). Представлен на рисунке 3.

Характеристики энергопотребления датчика:

- Напряжение питания: 1,5 / 5 В
- Потребляемый ток: 70 / 150 мА
- Энергопотребление датчика: 105 .. 750 мВт



Рисунок 3 – Датчик температуры

Датчик температуры DS18B20+

Работа данного датчика основана на свойствах поглощения газа поверхностью нагретого оксида. Это тонкая пленка окиси металла на кремниевой пластине, для размещения которой используются те же процессы, что и при изготовлении компьютерных микросхем. Поглощение простого газа поверхностью оксида газа образца с последующим каталитическим окислением ведет к изменению электрического сопротивления оксидного материала и может быть соотнесено с концентрацией газа образца. Полупроводниковые датчики газа нагреваются на поверхности до постоянной температуры выше 200-250°C для ускорения скорости реакции и сокращения воздействий, вызванных изменением окружающей

температуры. Полупроводниковые датчики газа характеризуются простотой и достаточной степенью надёжности, могут обладать высокой степенью чувствительности. Они широко применяются при производстве недорогих детекторов бытового газа. Однако в промышленности они скорее ненадежны, поскольку недостаточно точны при определении отдельных газов, на них также влияют перепады атмосферной температуры и влажности. Возможно, их требуется проверять несколько чаще, чем остальные типы датчиков, потому что они известны потерей чувствительности, если их не контролировать регулярно. Они также медленно реагируют и восстанавливаются после воздействия выброса газа. [4]

Датчик температуры DS18B20+ позволяет определять температуру окружающего воздуха в диапазоне от $-55...+125$ °C. В составе газоанализатора используется как сопутствующий датчик.

Характеристики энергопотребления датчика

- Напряжение питания: 3–5,5 В
- Потребляемый ток при бездействии: 750 нА
- Потребляемый ток при опросе: 1 мА
- Потребляемая мощность: <10 мВт [5]

Графический монохромный экран 128×64

Графический экран в газоанализаторах используется для вывода измеренных данных и визуализации прочей рабочей информации. Датчик представлен на рисунке 4.



Рисунок 4 – Графический монохромный экран

Характеристики:

- Напряжение питания: 4,5 – 5,5 В.
- Потребляемый ток логики: 4 мА.
- Потребляемый ток подсветки: 64 мА.
- Потребляемая мощность: 350 мВт.[6].

На рисунке 5 представлена диаграмма энергопотребления компонентов газоанализатора при различных способах питания побудителя расхода. Из диаграммы видно, что наиболее энергоёмкими компонентами являются микрокомпрессор и датчики газов. Поэтому при выборе метода снижения энергопотребления портативных газоанализаторов в первую очередь следует обращать внимание на снижение энергопотребления датчиков газа и побудителя расхода.

В ходе научно-технической работы был собран макет газоанализатора на базе платы Arduino UNO. При подаче напряжения включается микрокомпрессор и параллельно ему нагревается датчик MQ9. После нагрева воздух проходит через блок сенсоров и выкачивается оттуда. С помощью кнопок можно регулировать частоту, амплитуду и скважность. Это все выводится на монохромном экране. На нем также выводятся результаты измерений. Далее рассмотрим основные элементы в отдельности.

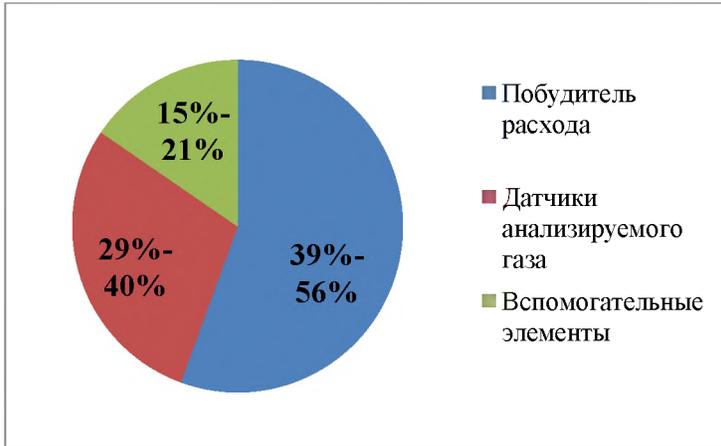


Рисунок 5. Диаграмма энергопотребления портативного газоанализатора

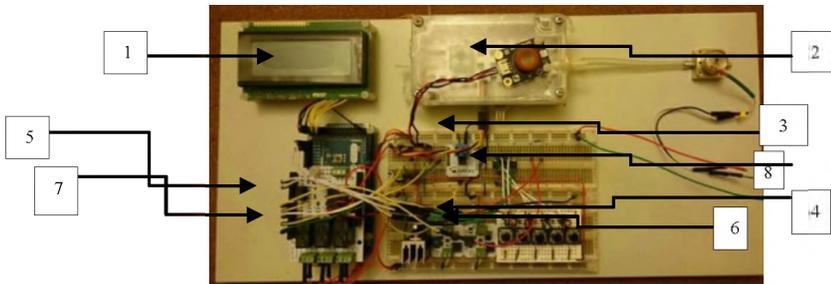


Рисунок 1 – Устройство макета

1 – монохромный экран, 2 – блок сенсоров, 3 – микрокомпрессор,
4 – кнопки управления, 5 – плата Arduino Due,
6 – повышающие и понижающие стабилизаторы, 7 – модули реле, 8 – силовой ключ

В ходе эксперимента мы запускали наш макет газоанализатора при различных режимах работы. В таблице 1 представлены результаты эксперимента. Мы использовали напряжение от трех вольт, т.к при напряжении равном двум вольтам, установка не показывала нужную нам производительность. Напряжение более пять вольт мы так же не рассматривали, т.к уже при напряжении 5 вольт и частоте 400 Гц время работы нас не устраивало.

Таблица 1. Результаты эксперимента по измерению работы макета газоанализатора

Напряжение	Частота	Емкость аккумулятора	Частота измерения	Время работы
3В	200	Около 7000 мАч	1 раз в 10 минут	9 ч
3В	300			8 ч 31 мин
3В	400			8 ч
4В	200			8 ч
4В	300			7 ч 19 мин
4В	400			6 ч 57 мин
5В	200			7 ч
5В	300			6 ч 31 мин
5В	400			6 ч

В ходе исследования было выведено, что максимально приемлемое время работы при разных частотах обеспечивается при напряжении 3В. Также было выведено, что при напряжении 3В максимальное время работы (9 ч) газоанализатор выдает при частоте от 200 до 300 Гц. В будущем планируется оснастить макет корпусом, сделать его мобильнее, а также продлить время работы.

Сравнение с существующими аналогами

Прототип, который был создан во время научной работы, имеет ряд преимуществ по сравнению с аналогами. Первым из них является цена. Анализируя рабочие характеристики созданной модели с уже существующими, то можно увидеть, что цены превосходят цену нашего устройства в несколько раз. Вторым преимуществом является модульность. Разработанный стенд обладает модульной конструкцией, возможны следующие изменения конструкции:

- Установка и тестирование различных микрокомпрессоров и микронасосов
- Замена блока сенсоров на другое устройство, возможность моделировать работу различных портативных устройств
- Установка АКБ другого принципа действия и другой ёмкости, подключение к стандартной электросети [7].

Но у макета нашего устройства имеются минусы. Первым, и наверное важнейшим, является программное обеспечение. Если произойдет сбой в программном обеспечении, то для устранения ошибки необходимо обладать некоторыми знаниями в программировании.

Использование разработки [8]

В большинстве отраслей промышленности в различных технологических процессах часто применяются газы, требующие постоянного контроля отсутствия утечек с целью обеспечения безопасности производства и снижения рисков для персонала. Для этого устанавливаются системы обнаружения газов для постоянного контроля уровня рабочей среды.

Эти системы, состоящие из газоанализаторов, контроллеров, устройств оповещения и исполнительных устройств, выполняют функции раннего предупреждения о развитии опасной ситуации. Тем самым системы обнаружения газов позволяют локализовать развитие опасных ситуаций на ранних стадиях, а также увеличивают период времени для принятия соответствующих защитных мер и действий по устранению аварийных ситуаций.

В настоящее время сферы использования газоанализаторов очень обширны – от нефтегазовой промышленности, до подземных автомобильных тоннелей. Рассмотрим некоторые из них.

1) Нефтегазовая промышленность включает в себя большое число направлений производственной деятельности: от разведки на суше и на шельфе, производства нефти и газа и до их транспортировки, хранения и перегонки. Данные виды деятельности характеризуются наличием большого числа огнеопасных газообразных углеводородов, которые представляют собой серьезную опасность. Горючим газам часто сопутствуют так же токсичные газы, такие, например, как сероводород.

Типовые объекты, требующие контроля загазованности:

- разведочные буровые установки;
- эксплуатационные платформы;
- наземные нефте- и газохранилища;
- нефтеперерабатывающие заводы.

Контролируемые газы:

- Горючие: углеводородные газы.
- Токсичные: сероводород, угарный газ.

2) Медицинские учреждения применяют горючие и токсичные вещества, прежде всего, в своих исследовательских лабораториях. Кроме того, многие медицинские учреждения располагают местной энергосистемой и аварийными генераторными станциями с запасом топлива.

Типовые объекты, требующие контроля загазованности:

- лаборатории;
- рефрижераторные установки;
- машинно-котельные отделения.
- Контролируемые газы:

Горючие: метан, водород, пары дизельного топлива. Токсичные: угарный газ, хлор, аммиак, этиленоксид и дефицит кислорода.

3) Применение в производственных процессах опасных веществ, в частности легковоспламеняющихся, токсичных и кислородосодержащих газов, требует постоянного мониторинга ситуации. Ведь неизбежно в ходе нарушения технологии производства, производственных аварий и инцидентов могут случаться утечки газов, которые представляют потенциальную опасность для промышленного предприятия, экологии, персонала и людей, проживающих поблизости. Применение систем обнаружения газов позволяет существенно снизить риски и повысить безопасность производства.

Бизнес привлекательность

Дорогой и сложный прибор с большим количеством дополнительных функций не всегда удобен и надежен. При разработке прибора важно ориентироваться на требования, выдвигаемые потребителем. Это такие факторы, как ежегодная стоимостная эксплуатация, техническое обслуживание, проверка, стоимость расходных материалов и др. Для более детальных выводов необходимы экономические расчеты.

Список литературы:

1. Алтухов, С. М. Р.В.А. Мембранные компрессоры / С. М. Алтухов. – М. : Машиностроение, 1967. – 127 с.
2. Побудитель расхода газа МКМ-7 // LBM Group: [сайт]. [2016]. Режим доступа: <http://www.lbmvac.ru/0112-micro-nasosy.html> (дата обращения: 16.03.2016).
3. МКМ-7 // <http://www.eksis.ru>. 2015. Режим доступа: <http://www.eksis.ru/catalog/sensors-and-mikrokompressory/product292.php> (дата обращения: 16.02.2015).
4. Датчик газа MQ9 [2016]. Режим доступа: <http://amperka.ru/product/gas-sensor-mq9> (дата обращения: 12.04.2016).
5. Датчик температуры DS18B20+ Режим доступа: <http://amperka.ru/product/temperature-sensor-ds18b20> (дата обращения: 12.04.2016).
6. Графический монохромный экран [2016]. Режим доступа: <http://amperka.ru/product/graphic-lcd-128x64> (дата обращения: 12.04.2016).

7. Ефимов, П. Н. Выпускная квалификационная работа “Побудитель расхода для переносного газоанализатора” / П. Н. Ефимов . – 2015. – № 3. – С. 39–53.
8. Использование разработки. Режим доступа: http://gasdetection.ru/publ/tehnologii/tipichnye_sfery_primenenija_gazoanalizatorov/2-1-0-3 (дата обращения: 15.09.2017).

УДК 53.04

СОЗДАНИЕ ПРИБОРА, РАБОТАЮЩЕГО НА КИРЛИАН-ЭФФЕКТЕ

Карелин Никита Валерьевич

Мурманская область, г. Снежногорск, МБОУ ООШ № 269, 9 класс

e-mail: kika.tehnik@yandex.ru

Аннотация. В настоящее время создана Всемирная ассоциация по изучению эффекта Кирлиан. В проблеме надежного исследования состояния человека метод газоразрядной визуализации является приоритетным. Различными авторами доказано, что электромагнитное поле человека – носитель информации о его состоянии.

Цель работы: создать прибор для исследования изображений предметов и биологических объектов с помощью Кирлиан-эффекта в школьной лаборатории.

Методы исследования: систематизация материала по принципам работы Кирлиан-приборов; анализ схем, способов сборки приборов. Рассчитаны параметры, описана методика создания прибора, с помощью которого исследованы свечения предметов и пальцев рук.

В ходе экспериментов выяснилось, что лампа вблизи прибора может загораться без проводов. Этот интересный эффект мы будем изучать в следующих исследованиях.

Ключевые слова: прибор, Кирлиан-эффект, свечение предметов, диагностика, газоразрядная визуализация, энергоинформационное поле.

Место выполнения работы. Работа выполнена на базе МБОУ ООШ № 269 в школьной лаборатории «Экспериментариум». Научные руководители: Огнева Марина Владимировна, учитель физики, Карелина Ксения Геннадиевна, учитель математики, МБОУ ООШ № 269.

Описание инновационной разработки

В настоящее время метод газоразрядной визуализации (эффект Кирлиан) является единственным методом, позволяющим быстро, достоверно и безопасно исследовать физическое, психоэмоциональное и энергетическое состояние человека [1].

С научной точки зрения, эффект Кирлиан может стать основой нового понимания происхождения и развития различных биоэнергетических процессов в организме человека и их взаимодействия с полями различной природы [2]. За последние 20 лет оформлены Патенты по использованию Кирлиан-эффекта в медицине и в системе экологического мониторинга. В перспективе этот метод будет как практический инструмент на столе любого врача [3].

Общая постановка проблемы и ее связь с научно-практическими задачами.

Кирлиан-эффект (Кирлианова аура) – это плазменное свечение электрозаряда на поверхности биологических объектов, которые помещаются в пере-

менное электрическое поле частоты от 10 до 100 кГц, при напряжении от 5 до 30 кВ.

В проблеме надежного исследования физического состояния человека метод газоразрядной визуализации является приоритетным. Впервые это свечение наблюдал профессор Лихтенберг еще в 1777 году [4]. Несовершенство аппаратуры, используемой для визуализации этого эффекта долгое время препятствовало более глубокому его изучению.

Хильда Кларк в 1989 году открыла, что для живых объектов конфигурация излучения зависит от электропроводности организма, что обуславливается психоэмоциональным состоянием испытуемого, работой сердечно-сосудистой системы и т.д. [4]. Виктор Адаменко получил кирлиановские изображения на люминисцентном экране, на электростатической бумаге, на термографических пластинках.

Наибольший научно-практический интерес представляют исследования свечения биологических объектов, в основном, организма человека и воды, как основной субстанции жизни [2].

Десятилетия супруги С.Д. Кирлиан и В.Х. Кирлиан проводили исследования различных характеристик свечений всевозможных объектов, которые получили около 30 авторских свидетельств на изобретения в электрографии. Именно поэтому по сей день в мировой литературе утвердилось название этого метода – ЭФФЕКТ КИРЛИАН. Кирлиан-диагностика основана на выявлении состояния человека по свечению биологически активных точек на кончиках пальцев.

С.Д. Кирлиан помещал в поле предметы, фотографируя свечение листьев деревьев и собственных рук. Существенно различалось свечение рук здорового, заболевшего или просто уставшего человека. Фотографии Кирлиан-свечения живых и неживых предметов представлены на рисунках 1 и 2. Такие образования ассоциируются с «аурой» живых существ.

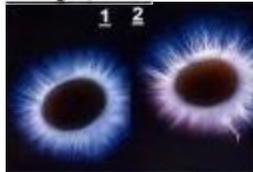


Рисунок 1 – Излучение пальца человека в состоянии гармонии (1) и излучение пальца человека в состоянии стресса (2) [4].

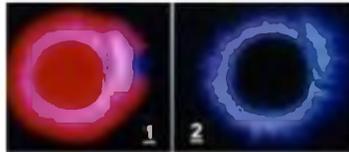


Рисунок 2 – Влияние эмоций человека на ауру. Излучение человека в состоянии психоэмоционального возбуждения (1) и излучение человека после оздоровления (2) [4]

Многочисленными исследованиями различных авторов убедительно доказано, что электромагнитное поле человека зависит от психического и физиологического состояния человека. Создана Всемирная ассоциация по изучению эффекта Кирлиан, изобретают приборы, позволяющие расширить возможности научного поиска [5].

Супруги Кирлиан доказали, что электромагнитное поле человека – это носитель информации о его физическом и психоэмоциональном состоянии. При нормальном течении энергии, клетки организма функционируют гармонично. Если равновесный ритм нарушается, то изменяется и функционирование клеток.

Принцип работы Кирлиан-прибора: на один электрод подаётся высокое переменное напряжение с частотой - от 1 до 40 кВ при 200-15000 Гц. Другим электродом служит сам объект. Если объект – человек, то он не заземляется. Если объект – предмет неживой природы, то его надо заземлить. Оба электрода разделены между собой изолятором и слоем воздуха, молекулы которого подвергаются диссоциации под действием сильного электромагнитного поля, возникающего между электродом и объектом.

Газоразрядная визуализация ауры Кирлиана подобна статическим разрядам на предметах [6]. В воздушном промежутке между объектом и электродом, происходят поляризация и ионизация электрическим полем высокой частоты молекул азота (78% N₂), кислорода (21% O₂) и двуокиси углерода (CO₂) – основных компонентов воздуха. В результате образуется ионизированный газ, т.е. газ с отделенными электронами, обладающими отрицательными зарядами, создающими электропроводящую среду [2]. Образование атомарного азота вредно для организма. Поэтому работать надо в проветриваемом помещении. Ионный ток – это разряд коронного вида между объектом и электродом. Форма короны свечения, её плотность, яркость и поверхностное распределение определяются, в основном, электромагнитными параметрами объекта. При переходе электронов с высших энергетических уровней возникает излучение кванта света – фотона в виде излучения [2].

Свечение объекта видно через прозрачный электрод, можно сфотографировать. Для живых объектов конфигурация излучения зависит от электропроводности организма, что обуславливается психоэмоциональным состоянием испытуемого, работой сердечно-сосудистой системы и т. д. [3].

Кирлиан-эффект позволяет изучать собственное электромагнитное поле объекта при взаимодействии с внешним электромагнитным полем, а также взаимодействие электромагнитного поля с другими полями - тепловыми, инфракрасными и др. [2].

Для сборки нашего Кирлиан-прибора в работе использовано оборудование, представленное в Таблице 1.

Таблица 1. Оборудование

Прочее	F1	Предохранитель 1А
Трансформатор	T2	Высоковольтный трансформатор горизонтальной развертки
Трансформатор	T1	Трансформатор (первичная обмотка 220 В, вторичная обмотка -30 В)
Концевой выключатель	S1	Тумблер или любой движковый переключатель
Неоновая лампа	-	Любая неоновая лампа
Прочее	F1	Предохранитель 1А
Трансформатор	T2	Высоковольтный трансформатор горизонтальной развертки
Трансформатор	T1	Трансформатор (первичная обмотка 220 В, вторичная обмотка -30 В)
Концевой выключатель	S1	Тумблер или любой движковый переключатель
Неоновая лампа	-	Любая неоновая лампа

Создание Кирлиан-прибора

Наименование элемента	Обозначение	Тип/номинал
Диод	D1, D2	Диод 1N5404 или эквивалентный кремниевый выпрямитель
Резисторы	R1, R2	3,3 Ом , 10 Вт, проволочный резистор
	R3	330 Ом, 1/8 Вт, проволочный резистор
Конденсаторы	C1	1000 мкФ, 50В Электrolитический конденсатор
	C2	4,7 мкФ Полиэстерный или керамический конденсатор
	C3	0,022 мкФ Полиэстерный или керамический
Транзистор	Q1	МЛ15004 Мощный кремниевый п- р-п транзистор

Принципиальная схема регистрации Кирлиан-эффекта и внешний вид деталей. необходимых для работы прибора, представлены на рисунках 3 и 4.

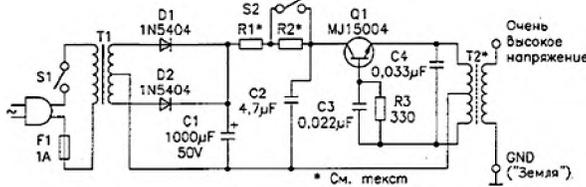


Рисунок 3. Схема регистрации Кирлиан-эффекта

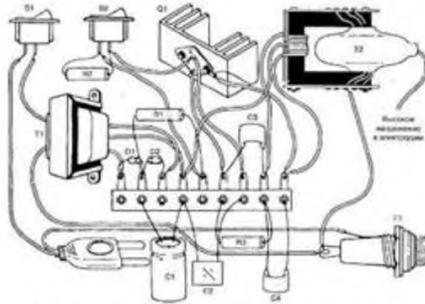


Рисунок 4 – Внешний вид деталей

Существуют и другие принципиальные схемы регистрации Кирлиан-эффекта ("Кирлиан-фотография" Питера Лэя).

Ход работы

Изготавливаем из текстолита монтажную основу.

1. Изготавливаем двухполупериодный выпрямитель с понижающим трансформатором, обеспечивающими напряжение 20-25 В и токи 3-5 А, обозначенный на схеме T1.
2. Дополнительно на ферритовый высоковольтный трансформатор горизонтальной развертки от телевизора, наматываем на каркас около 20-40 витков первичной обмотки.

3. Закрепляем на основе трансформатор блока питания.
4. Собираем транзистор на радиаторе и монтируем на плату.
5. Монтируем высоковольтный трансформатор.
6. Приступаем к монтажу конденсатора.
7. Приступаем к монтажу проволочного сопротивления.
8. Производим окончательный монтаж деталей и распайку проводов по схеме.
9. Получаем конструкцию, представленную на рисунке 5.



Рисунок 5

10. Из старого прибора изготавливаем корпус, сверлим и монтируем выключатель, предохранитель и индикатор включения прибора.
11. Распайваем высоковольтный провод и заземление.
12. Помещаем, полученную электрическую схему в корпус.
13. Из двух стекол с помощью двухстороннего скотча и силикона изготавливаем мониторы, промежуток между стеклами и заполняем соленой водой.

Электроды

Если сделать прозрачный электрод, то можно наблюдать Кирлиан-эффект в режиме реального времени. Его можно сделать из двух стёкол, между которыми нужно залить тонкий слой подсолённой воды. Толщина стекла будет определять диэлектрические свойства прибора, а толщина слоя воды будет влиять на прозрачность самого электрода. В качестве подвода напряжения необходимо применить нержавеющий контакт. Ток на выходе прибора может иметь силу в несколько десятков миллиампер и напряжение в несколько десятков киловольт. Такой ток для человеческого организма смертелен.

Общая сборка

Прибор собираем в единый корпус. Главное, чтобы он был сделан из непроводящих материалов. Для работы с прозрачным электродом необходимо соорудить специальный корпус, который бы позволял встроить в корпус зеркало под углом 45 градусов для удобства наблюдения, и для возможной фото- или видеосъёмки. В результате собраны две модификации Кирлиан-прибора для школьной лаборатории (рисунок 6).



Рисунок 6 – Две модификации Кирлиан-прибора

Меры безопасности

1. Не прикасаться к открытым деталям прибора, через которые течёт ток высокого напряжения.

2. Никогда не заземлять живые объекты – опасно для жизни.
3. Если исследуемый объект растения, то они требуют заземления. Жидкости также необходимо заземлять.
4. Не исследовать живые объекты менее чем при 500 Гц, т.к. может произойти пробой диэлектрика.
5. Не прикасаться к объектам во время подачи напряжения на электрод.
6. Необходимо снять с себя все металлические предметы: украшения, часы.
7. Не исследовать людей, которые имеют искусственные приборы жизнеобеспечения.
8. Если в качестве питания применяется аккумуляторная батарея, то в прибор необходимо встроить предохранитель на случай короткого замыкания.

Испытание прибора

1. С помощью неоновой лампы определяем наличие высокого напряжения (рисунок 7).



Рисунок 7

2. Далее мы зажигаем лампочку без проводов. Этот эффект был неожиданным (см. видео <https://yadi.sk/i/FvUQKnCh32FaYp>)
3. На монитор выкладываем разные предметы.
4. Мы наблюдаем их свечение. Результаты фотографирования зависят от частоты эксперимента. Свечение становится плотным, ярким и интенсивным, что не даёт возможности интерпретации снимков [4].
5. Мы наблюдаем Кирлиан-эффект на крестике, цепочке, монете и листочке растения и Кирлиан-ауру на пальцах своей руки (см. фото на рисунке 8 и видео по ссылке <https://yadi.sk/i/FvUQKnCh32FaYp>).

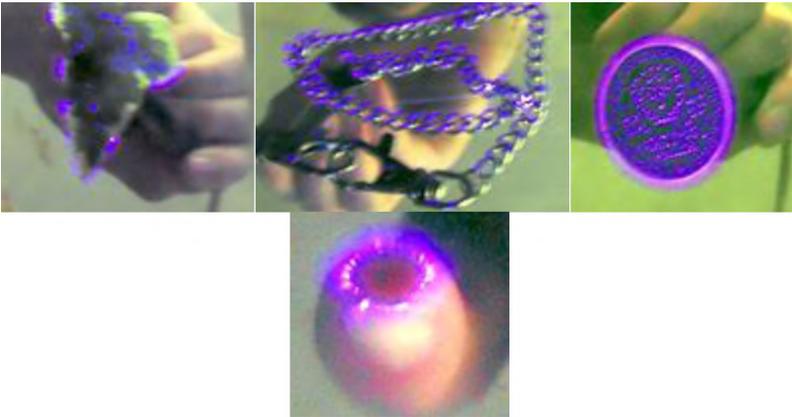


Рисунок 8 – Излучение листа растения, цепочки, монеты, пальца руки

Сравнение с существующими аналогами

В России в 1882 году Наркевич-Иодко изобрёл устройство, фиксирующее свечение предметов на фотопластинке. Опыты Тесла в 1900 годах показали возможность газоразрядной визуализации живых организмов.

В 1930 г. супруги Кирлиан исследовали свечение объектов в электромагнитном поле (источник напряжения – трансформатор Тесла). Прибор краснодарского физиотерапевта С.Д. Кирлиана (запатентован в 1949 году), позволяет наблюдать свечения, порождаемые высоковольтными разрядами в человеке и других объектах.

Станислав Романий разработал спектр устройств контроля материалов и конструкций, работающих на основе эффекта Кирлиан и не поддающихся контролю традиционными методами. Эти методики были использованы в ракетной отрасли. Также он создал аппарат газоразрядной визуализации, который позволял получать информацию о жизнедеятельности организма, проводить раннюю экспресс-диагностику [7].

В настоящее время на международном уровне проводит разработки и исследования эффекта Кирлиан профессор Константин Георгиевич Коротков (Санкт-Петербург). Он создал уникальный компьютерный комплекс аппаратуры "GDV-Camera" с прямым вводом газоразрядных изображений в компьютер [7].

Приборы, позволяющие исследовать состояние организма человека: ГРВ камера, Кирлиан прибор фирмы "Biomed", аппарат "Инфорай" и прибор РЭК-1 - регистратор эффекта Кирлиан.

Использование разработки

В перспективе мы хотим усовершенствовать конструкцию нашего прибора для оценки состояния воды в нашем регионе, учитывая тенденцию обращения общественного внимания на проблемы экологического характера. Также русско-корейская фирма «Нуга-Бест» проводит оценку состояния воды (рисунок 9).

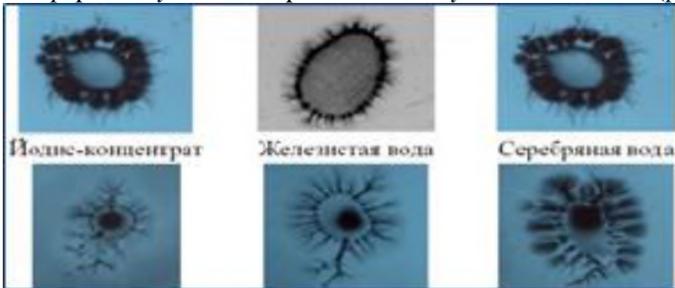


Рисунок 9 – Примеры Кирлиан-свечения воды, различных по минеральному составу

С помощью нашего прибора можно оценивать действие на организм человека контактирующих с ним объектов, проводить мониторинг состояния здоровья школьников в медицинских кабинетах школ. В России в Центре информационной медицины «АИРМед» производится диагностика и экспресс-оценка энергосостояния организма с помощью прибора РЭК – (регистратор эффекта Кирлиан) с фиксацией изображения на рентгеновской или цветной фотопленке.

Время доведения разработки до действующего образца – 1 год.

Необходимое оборудование: электронный микроскоп или фото (видео) камера высокого разрешения.

Заключение

Выявлены области применения прибора, работающего на Кирлиан-эффекте: ранняя диагностика человека и животных, оценка психоэмоционального состояния человека, выявление рецидива болезни, оценка терапевтического действия препаратов, оценка состояния воды.

В результате экспериментов выявлена взаимосвязь между энергоинформационным полем человека и функциональным состоянием организма человека на основе Кирлиан-эффекта. Разрядный процесс находится в зависимости не только от болезненного, но и от эмоционального состояния объекта. Сопоставляя фотографические снимки одних и тех же листьев растений или одного и того же участка нашей кожи, заметно, что на повторных снимках некоторые детали иногда или меняют свое местоположение, или совсем исчезают, а иной раз, наоборот, появляются новые детали, что свидетельствует о движении, о каких-то процессах, происходящих в живом организме. Эта динамика деталей связана с процессами жизнедеятельности.

Рассчитаны параметры и созданы две модификации Кирлиан-прибора для исследования изображений предметов и биологических объектов в школьной лаборатории.

С помощью собранных приборов в школьной лаборатории была проведена серия экспериментов. Представлены фото и видеоматериалы (<https://yadi.sk/i/FvUQKnCh32FaYp>) свечения некоторых предметов (крестик, цепочка, лист растения) и пальцев рук, полученных с помощью созданных приборов.

В ходе экспериментов неожиданно выяснилось, что лампа вблизи работающего прибора может зажигаться без проводов. Этот интересный эффект мы будем изучать в следующих исследованиях.

Бизнес-привлекательность разработки

Люди всегда стремились увидеть и исследовать энергетическое поле человека [6]. Метод Кирлиан позволяет распознать болезни на ранней стадии. В России эти работы были надолго засекречены, до недавнего времени эффект Кирлиан широко использоваться только за рубежом [4].

Немецкий врач Петер Мандель, анализируя снимки свечения пальцев пациентов, разработал таблицы, которые позволяют определить состояние определенных органов и систем по характеристикам "свечения" пальцев рук и ног. В настоящее время в клиниках профессора Манделя в Германии, Швейцарии, Австрии, Голландии при помощи энергетической коррекции (цветопунктуры) успешно лечатся больные и проводятся дальнейшие научно-исследовательские работы [8].

В России можно также применять наш прибор для Кирлиан-диагностики. Также с помощью данного прибора можно оценивать действие на организм человека контактирующих с ним объектов, проводить мониторинг состояния здоровья школьников в медицинских кабинетах школ.

Учитывая мировую тенденцию обращения общественного внимания на проблемы экологического характера, прибор можно применить для оценки состояния воды.

Список литературы:

1. Иванов, Э.В. и др. О свечении биологических объектов в импульсном высоковольтном разряде // Сверхслабые свечения в биологии / под ред. А.И. Журавлёва. М., 1972 г.
2. Эффект Кирлиан в изучении биоэнергетических свойств воды и биологических объектов [электронный ресурс] — URL: <http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/14944.html> (дата обращения: 02.03.2018).
3. Адаменко, В.Г. Об исследовании биологических объектов в высокочастотных электрических полях // Вопросы биоэнергетики / под редакцией Б.А. Домбровского и др. – Алма-Ата, 1969.
4. Научные исследования ауры [электронный ресурс] — URL: <http://treat.narod.ru/k.html> (дата обращения: 04.12.2016).
5. Брага Ньютон С. Электронная мистика: Пер. с англ. – М.: ДМК Пресс, 2009.
6. Что такое эффект Кирлиана [электронный ресурс] — URL: <http://meandr.org/archives/19343> (дата обращения: 04.12.2016).
7. Иванов, Э.В., Шестерин И.С., Телигченко М.М. О механизме получения изображения в импульсном высоковольтном разряде // Биол. Науки. – 1971. – Т. 14, № 6. – С. 133.
8. Работы доктора П. Манделя по Кирлиан – диагностике [электронный ресурс] — URL: <http://chakraalbum.ru/kirlian/raboty-doktora-p-mandelya-po-kirlian-diagnostike> (дата обращения: 02.03.2018).

УДК 617.3

«ЯРКО» – ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС КОРРЕКЦИИ ОСАНКИ ДЛЯ ПОДРОСТКОВ

Яроцкая Ольга Антоновна

Мурманская область, г. Мурманск,

МБОУ «Мурманский академический лицей», 8 класс

e-mail: antir@list.ru

Аннотация. Проблема нарушения осанки является одной из актуальных проблем подросткового возраста.

Цель нашей работы – создание программно-аппаратного комплекса коррекции осанки для подростков «ЯРКО»² на основе использования оптически связанных фоторезистора и светодиода, а также микроконтроллера.

Мы предлагаем в одной конструкции прибора совместить грудной и электронный корректор. На спину подростка надевается грудной корректор, подобранный под его рост ортопедом. В промежутках между ребрами жесткости корректора закрепляются эластичные трубки. На одной стороне трубки крепится светодиод, на другой – фоторезистор. Правильное положение спины фиксируется микроконтроллером путем запоминания значения на фоторезисторе. При отклонении положения спины ребенка от нормального трубка изгибается и значение на фоторезисторе меняется, после чего подается сигнал для привлечения внимания ребенка в целях выпрямления спины.

В ходе работы над проектом созданы и апробированы три действующие модели устройства, в том числе собрана автономная действующая модель на основе Arduino NANO и Bluetooth модуля HC-06. Мы работаем над приложением для мобильных устройств на базе Android с возможностями звуковой и визуальной индикации. Приложение собирает и предоставляет пользователям (ребенку и его родителям) разнообразную

² «ЯРКО» – «Яроцкой корректор осанки».

информацию, например, о том, когда и какой период времени в течение дня ребенок сутулился, сколько раз позвоночник был в искривленном положении.

Практическая значимость работы состоит в создании программно-аппаратного комплекса коррекции осанки для подростков. Наше устройство рекомендовано к внедрению Мурманским областным центром лечебной физкультуры и спортивной медицины.

Ключевые слова: осанка, грудной корректор, электронный корректор, реклинатор, программно-аппаратный комплекс, микроконтроллер, фоторезистор, светодиод, Android, Bluetooth модуль.

Место выполнения работы. Работа выполнена на базе ФГБОУ ВО «Мурманский государственный технический университет». Научные руководители: Яценко Виктория Владимировна, канд. техн. наук, проректор по инновационной деятельности и международному сотрудничеству ФГБОУ ВО «Мурманский государственный технический университет»; Яроцкий Сергей Антонович, студент 4 курса ФГБОУ ВО «Мурманский государственный технический университет». Научный консультант: Ожегов Григорий Андреевич, аспирант ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана».

Описание инновационной разработки

Проблемы с позвоночником увеличиваются у человека с каждым годом развития технологий. Раньше человеку приходилось много двигаться, чтобы сохранить свою жизнь, добыть еду, но с расцветом цивилизации создавались предметы, облегчающие человеку жизнь, в т.ч. стулья, кресла, мягкая мебель. Итог такого совершенствования – всё больше людей находят длительный период жизни в сидячем положении. Люди сидят в транспорте, многие работают сидя, приходя домой, также стараются уютно устроиться на диване или в комфортном кресле. Такое положение стало естественным, однако оно влечет за собой неприятные последствия в виде проблем с позвоночником.

Для того чтобы определить, насколько проблема нарушения осанки у детей и подростков актуальна, мы обратились с запросом в Медицинский информационно-аналитический центр ГОБУЗ «МОКБ им. П.А. Баяндина» Министерства здравоохранения Мурманской области с просьбой предоставить статистические данные по итогам проведённых профилактических осмотров детей и подростков-школьников в Мурманской области. Нам предоставили данные за 2015 год, и, проанализировав их, мы можем сделать следующие выводы: в 2015 году в Мурманской области были обследованы 118 852 ребенка в возрасте до 17 лет, обучающиеся в образовательных организациях региона, из них детей в возрасте до 14 лет – 105 602 человека, в возрасте от 14 до 17 лет – 13250 человек, из обследованных детей 1172 ребенка (около 1%) имеют диагноз «сколиоз», 12229 человек (10,3%) имеют диагноз «нарушение осанки». Если сравнить показатели у обследованных детей в возрасте до 14 лет (1) и детей в возрасте от 15 до 17 лет (2), то мы видим следующую картину: в процентном соотношении в первой группе обследованных 658 человек (0,6%) имеют диагноз «сколиоз» и 9368 человек (8,9%) имеют диагноз «нарушение осанки»; во второй группе 514 человек (3,9%) имеют диагноз «сколиоз» и 2861 человек (21,6%) имеют диагноз «нарушение осанки». Таким образом, очевидно, что проблема нарушения осанки у детей и подростков в настоящее время актуальна, и к концу окончания школы ситуация с состоянием здоровья детей явно ухудшается.

Для того чтобы определить, насколько актуальность проблемы осознают люди разных возрастных групп, мы также провели исследование с помощью Google-формы в соцсетях.

Цель работы – создание программно-аппаратного комплекса коррекции осанки для подростков «ЯРКО» на основе использования оптически связанных фоторезистора и светодиода, а также микроконтроллера.

Задачи:

1. Изучить существующие модели корректоров осанки человека, в том числе для детей и подростков.
2. Проанализировать достоинства и недостатки существующих моделей корректоров осанки.
3. Изучить типы датчиков, которые можно применить при создании модели корректора осанки.
4. Разработать принципиальную схему модели корректора осанки для подростков.
5. Создать оптимальную по размеру и удобству использования действующую модель корректора осанки для подростков, провести её испытания.

Гипотеза: эффективнее решать проблемы коррекции осанки у подростков поможет совмещение в одной конструкции грудного корректора и электронного корректора.

Объект исследования – корректоры осанки человека.

Предмет исследования – комбинированные корректоры осанки для подростков (с использованием фоторезистора и микроконтроллера).

Методы исследования: изучение литературы по теме работы, сравнительный анализ, моделирование, экспериментальный метод.

Работа над созданием программно-аппаратного комплекса коррекции осанки для подростков «ЯРКО» начата в декабре 2016 года, в 2017-2018 гг. мы продолжаем наше исследование в целях создания удобного и практичного комбинированного корректора осанки для подростков, соединяющего в себе обычный и электронный корректор.

Проблема нарушения осанки человека

Проблема нарушения осанки является одной из актуальных проблем состояния здоровья в детском и подростковом возрасте. Те нарушения, которые появились в период формирования опорно-двигательного аппарата, в дальнейшем приводят к заболеваниям позвоночника, хроническим заболеваниям сердечно-сосудистой и дыхательной систем, неврологическим заболеваниям [1]. Нарушение осанки на ранних стадиях гораздо эффективнее поддается щадящим методам лечения, чем его запущенные формы. Нарушения осанки связаны в основном с ухудшением работы мышц туловища. Свободная осанка принимается человеком автоматически, без особого мышечного напряжения.

Один из наиболее частых механизмов нарушения – статический: односторонняя нагрузка на мышцы спины и живота от систематического пребывания в неудобной рабочей позе, неправильной позе за партой или за столом, ношении тяжести в одной руке или на плече. На ранней стадии происходит нарушение распределения нагрузки на мышцы, которые удерживают позвоночник в правильном положении. В результате развитие мышц, расположенных с разных сторон оси позвоночника, происходит неравномерно, сила и тонус одних мышц повышается, других – понижается, что вызывает искривление оси.

Страдает связочный аппарат, начинается деформация тел позвонков, происходит их смещение. Постоянное напряжение мышц вызывает усталость и боли. Происходит деформация ребер, уменьшается объём дыхания, развивается склонность к хроническим заболеваниям внутренних органов, неврологическим

заболеваниям. Для лечения и профилактики нарушений осанки и статических деформаций показан специальный комплекс гимнастических упражнений [2]. Назначается массаж, плавание, использование специальных приспособлений для сна, отдыха и лечебной физкультуры, санаторно-курортное лечение. В комплекс лечения выраженных деформаций также входит ношение корректора осанки.

Корректоры осанки разработаны таким образом, чтобы исключить нежелательное воздействие при максимально возможном положительном эффекте. Эластичность рассчитана так, что при их использовании сохраняется необходимый физиологический объем движений и нормальная работа мышечного аппарата. Происходит разгрузка мышц, испытывающих напряжение и смещающих ось позвоночника. В то же время ослабленные, «перерастянутые» мышцы начинают сокращаться в новом, правильном положении, напряжение их нормализуется. Формируется собственный нормальный мышечный корсет, удерживающий позвоночник в правильном положении. Стихают боли, увеличивается объем движений. При ношении фиксатор побуждает больного самостоятельно удерживать туловище в правильном положении. Нормальная осанка становится привычной [3]. Корректоры осанки практически не имеют осложнений и противопоказаний.

Виды корректоров осанки человека

В зависимости от целей, преследуемых при лечении искривлений, и от тяжести заболевания применяют различные виды ортопедических устройств: реклинаторы, грудопоясничные корсеты, грудные корректоры.

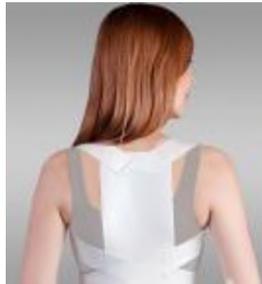


Рисунок 1 – Реклинатор

Электронный прибор для коррекции осанки. Кроме механических корректоров осанки, существует электронный (рис. 2).

Работают они очень просто – достаточно закрепить прибор в удобном месте, стоя с максимально правильной осанкой. При нажатии кнопки в этом положении прибор зафиксирует правильность осанки и всякий раз при искривлении спины будет подавать сигнал [8].

Первая и вторая рабочие модели корректора осанки для подростков, созданные на основе Arduino UNO

Устройство состоит из платы Arduino UNO, RGB светодиода, белого светодиода внутри трубки, фоторезистора, дисплея Nokia 5110, батареи на 9В. Схема данного устройства представлена на рисунке 3.

На спину ребенка одевается корсет с прикрепленной к его середине черной непрозрачной термоусадкой. На одном конце её закреплён фоторезистор, подключенный через аналоговый порт A0, 5В и порт GND, на другом – белый светодиод, подключенный через 7 цифровой порт и порт GND. При искривлении ребенком позвоночника термоусадка сгибается, и количество света, поступающе-

го со светодиода на фоторезистор, уменьшается, изменяется его сопротивление, что регистрируется микроконтроллером. Экспериментально получено, что показания, поступающие с фоторезистора «в норме» – при прямой спине ребенка – принимают значения около 900. В случае искривления позвоночника ребенок видит на устройстве (в форме коробочки) изменение цвета RGB-светодиода с зеленого на красный, и на экране появляется надпись «Оля, спина», при этом показания будут ниже 850 (рис. 4).



Рисунок 2 – Электронный корректор осанки

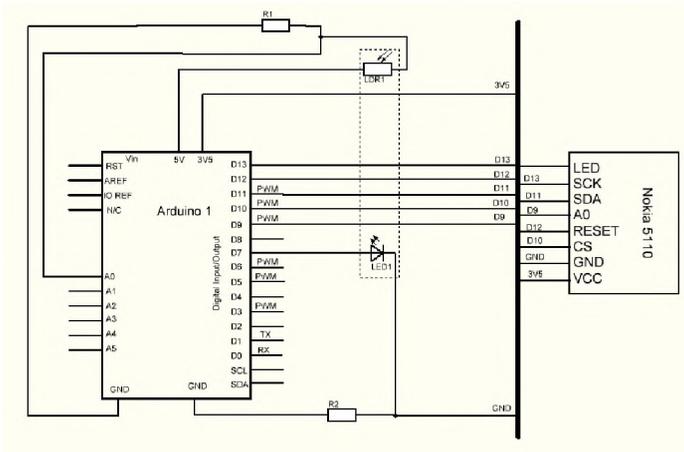


Рисунок 3 – Схема корректора осанки на основе Arduino UNO

В проведении эксперимента по апробации устройства приняли участие учащиеся Мурманского академического лицея. По итогам проведённых испытаний и замеров данных средние полученные значения были отражены в графиках.

Для обеспечения работы устройства была написана программа на C-образном языке программирования.

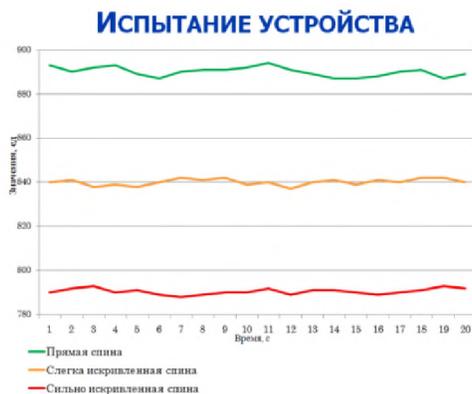


Рисунок 4 – Графики испытаний корректора осанки на основе Arduino UNO

Сравнение двух первых действующих моделей устройства

В январе 2017 года была собрана первая действующая модель устройства, проведены её испытания. Модель выполняла свои функции, но имела ряд недостатков. Размер устройства был достаточно большим (10 см x 10 см x 7 см). Основным недостатком модели было отсутствие её автономности. Устройство в ходе испытаний приходилось держать в руках (рис. 5). Были проблемы с индикацией при помощи светодиода из-за отсутствия возможности его фиксации, отмечались общие недостатки сборки, в том числе из-за использования макетной платы вместо печатной.



Рисунок 5 – Первая действующая модель корректора осанки

Мы приступили к конструированию второй модели устройства, в которой постарались устранить недостатки первой действующей модели. В марте 2017 года была собрана вторая действующая модель устройства, в апреле – мае 2017 года проведены её испытания. Данная модель имеет значительно меньшие размеры (8,5 см x 7 см x 3 см) по сравнению с первой.

Она выполнена в виде компактного блока, который крепится на пояс ребёнка. Устройство работает автономно от батареи 9 Вольт. Для изготовления дан-

ной модели использована печатная плата. Проблемы с индикацией устранены благодаря жесткому металлическому фиксатору (рисунки 6, 7).

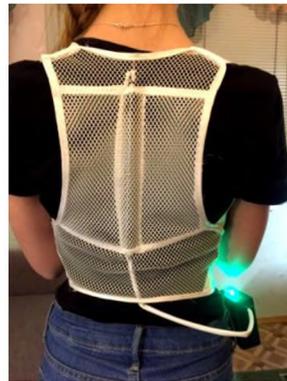
Рабочая модель корректора осанки для подростков, созданная на основе Arduino NANO

Принимая во внимание актуальность проблемы нарушения осанки у подростков, мы не остановились на создании двух имеющихся и ранее описанных действующих моделей, а решили продолжить наши разработки, чтобы усовершенствовать наше устройство.

Благодаря тестированию школьников и их родителей мы определили основные качества и внешние характеристики создаваемого корректора – удобный, легкий, простой, недорогой, имеющий связь с телефоном, автономный.

Мы поставили перед собой новые задачи:

- 1) еще уменьшить размер и вес устройства;
- 2) добавить звуковую и визуальную индикацию искривления осанки;
- 3) создать приложение для операционной системы Android для связи устройства с телефоном.



Рисунки 6, 7 – Фото второй действующей модели корректора осанки

Новое устройство состоит из платы Arduino NANO, белого светодиода внутри трубки, фоторезистора, аккумулятора на 11,1В, Bluetooth модуля HC-06. Схема данного устройства изображена на рисунке 8.

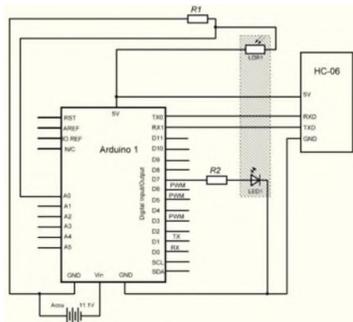
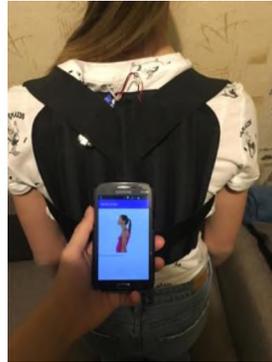


Рисунок 8 – Схема корректора осанки на основе Arduino NANO

Связь с телефоном осуществляется с помощью Bluetooth модуля HC-06. Для подключения модуля использовались материалы сайта <http://arduino-project.net>.

С помощью программы Android Studio мы разработали приложение для мобильных устройств на базе Android с возможностями звуковой и визуальной индикации.

Принцип работы прибора заключается в следующем. Устройство каждую секунду отправляет на Android (в нашем случае – телефон) данные о положении спины и в случае искривления осанки приложение сразу же оповещает ребенка вибрацией о том, что спину нужно выпрямить. Также в приложении реализованы push-уведомления – в случае искривления спины приложение напишет «Скорее выпрямляйтесь! У вас сейчас очень вредная поза», а в случае с прямой спиной – «Так держать (спину)! У вас хорошая осанка». Устройство питается от двух аккумуляторов Rabiton на 3,7В каждый, суммарное подаваемое напряжение составляет 7,4В (рисунки 9, 10).



Рисунки 9, 10 – Фото третьей действующей модели корректора осанки

По сравнению со второй моделью устройство обладает меньшими размерами и весом, большей автономностью и значительно большим функционалом за счет возможностей мобильного приложения.

Сравнение с действующими аналогами

Существующие в настоящее время электронные корректоры обладают рядом серьезных недостатков: они могут срабатывать, когда человек принимает горизонтальное положение, при попытке завязать шнурки или поднять предмет с пола, ошибаются и подают сигналы во время сидения с наклоненной спиной. Имеющиеся электронные устройства лишь предупреждают о неправильной позе человека.

С нашей точки зрения, наиболее практично совместное использование классической и электронной моделей корректоров. Так, время носки ортопедического грудного корректора обычно не превышает 4 часов, далее из него можно удалить ребра жесткости и переложить контроль осанки на наше электронное устройство. Поэтому мы предложили в одной конструкции прибора совместить грудной корректор (или ре-клинатор) и разработанный нами электронный корректор.

Использование разработки

Практическая значимость работы состоит в создании программно-аппаратного комплекса коррекции осанки для подростков «ЯРКО» («Яроцкой корректор осанки»).

В ходе работы над проектом мы посетили Мурманский областной центр лечебной физкультуры и спортивной медицины, где встретились с его руководителем – главным врачом центра, кандидатом медицинских наук Анатолием Андреевичем Назарьевым. Очень важно, что наша работа была положительно оценена. Применение нашего устройства совместно со средствами лечебной физкультуры, физиотерапии и массажем, с точки зрения специалистов центра, даст положительный эффект. Наша разработка рекомендована ими для внедрения.

Бизнес-привлекательность разработки

Стоимость разработанного нами программно-аппаратного комплекса коррекции осанки для подростков «ЯРКО» складывается из стоимости его основных комплектующих: обычный корректор осанки приобретен за 950 рублей; Arduino NANO – 600 руб.; аккумулятор 200 руб. x 2 = 400 руб.; Bluetooth модуль HC-06 – 350 руб.; провода, трубка, фоторезистор, светодиод – 100 руб.; итого – 2400 руб.

В России, и в Мурманской области в частности, по данным Мурманского областного центра лечебной физкультуры и спортивной медицины, очень много ребят именно с нарушением осанки в детском и подростковом возрасте. Согласно проведенному нами тестированию школьников, а в особенности – их родителей, они осознают важность сохранения правильной осанки для будущего здоровья и хотели бы воспользоваться созданным нами устройством. Таким образом, можно сделать вывод, что производство данного продукта будет отличаться стабильностью благодаря регулярному спросу.

Список литературы

1. Гукасова, Н. А. Реабилитация детей со сколиозом. Учебное пособие / Рос. мед. акад. последипломного образования. – М., 1998. – С. 3-20.
2. Кон, И. Н. Реабилитация больных сколиозом позвоночника. – М.: Медицина, 2001. – 145 с.
3. Котешева, И. А. Сколиоз позвоночника: лечение и профилактика. – М.: Эксмо, 2004. – 272 с.
4. Потапчук, А. А. Лечебная физическая культура в детском возрасте. – СПб.: Речь, 2007. – 464 с.
5. Энциклопедия для детей. Т. 14. Техника / Гл. ред. М.Д. Аксёнова. – М.: Аванта+, 2000. – 688 с.
6. Энциклопедия для детей. Т. 16. Физика / Гл. ред. В.А. Володин. – М.: Аванта+, 2000. – 448 с.
7. Ортопедия. Особенности использования корректора осанки [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.dobrota.ru/page/page574.html>.
8. Обзор корректоров осанки с отзывами врачей, ценами и противопоказаниями [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://prokoksartroz.ru/obzory/korrektor-osanki-kakoj-luchshe-otzyvy-vrachej-protivopokazaniya>.
9. Корректор осанки. Как исправить осанку [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://polzavred.ru/kak-ispravit-osanku-korrektor-osanki.html>.

10. Как и сколько носить корректор осанки (инструкция) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.osanka.biz/stat/kak-i-skolko-nosit-korrektor-osanki-instruktsiya.php>.

УДК 621.36

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НИЗКОИНТЕНСИВНОЙ ФОТОТЕРАПИИ ДЛЯ БОРЬБЫ С АЛЛЕРГИЧЕСКИМИ РЕАКЦИЯМИ ОРГАНИЗМА

Орестова Полина Маратовна

Московская область, г. Реутов, МАОУ «Лицей», 11 класс, e-mail: orestovap@mail.ru

Аннотация. Каждый пятый человек на земле страдает тем или иным видом аллергии. Лечение аллергии как таковое фактически отсутствует, т.к. в большинстве случаев, аллергическая реакция является отображением отношения организма конкретного человека к конкретному аллергену [1]. При низкоинтенсивном облучении крови больных с иммунодефицитом наблюдается трансформация иммуноглобулинов из низкоавидного состояния в высокоавидное, и тем самым уменьшается аллергическая реакция [2, 3]. Влияние низкоинтенсивного облучения на состояние пораженных участков кожи может определяться по измерению коэффициента диффузного отражения. Коэффициент диффузного отражения можно с высокой точностью и воспроизводимостью определять посредством интегрального фотометра, представляющего собой сферу с ламбертовским покрытием внутренней поверхности и помещенным туда фотоприёмником [4]. В результате многократного отражения света от покрытия фотоприемник регистрирует среднюю интенсивность излучения, попавшую внутрь сферы через небольшое отверстие. Поскольку аллергия на поверхности кожи обычно проявляется в виде воспаления, в качестве модельных образцов были взяты куски бумаги различных цветов, наиболее похожих на цвет кожи; ярко-розового цвета, напоминающий воспаленную кожу, а также черный и белый, чтобы определить диапазон регистрируемых интенсивностей диффузно отраженного сигнала. На модельных экспериментах показано, что предложенная методика контроля состояния поверхностных кожных покровов может применяться в медицинской практике.

Ключевые слова: Биомедицина, аллергические реакции, авидность антител, низкоинтенсивная фототерапия, интегральный фотометр.

Место выполнения работы. Работа выполнена на базе МГТУ им. Н.Э. Баумана. Научный руководитель: Змиевской Григорий Николаевич, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры БМГ1 МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Описание разработки

Введение

Основными элементами иммунной системы организма являются белые клетки крови – лимфоциты (Т- и В-клетки). Прошедшие через тимус (вилочковую железу) лимфоциты известны как Т-лимфоциты, или Т-клетки. Антитела, вырабатываемые В-клетками и поступающие в кровь и другие жидкости организма, относят к факторам гуморального иммунитета. Защита организма, осуществляемая с помощью Т-клеток, называется клеточным иммунитетом, так как в ее основе лежит взаимодействие отдельных клеток с антигенами [1].

Антиген может вызывать оба типа иммунного ответа. Более того, в организме происходит определенное взаимодействие между Т- и В-клетками, причем Т-клетки осуществляют контроль над В-клетками. Т-клетки могут подавлять В-клеточный ответ на безвредные для организма чужеродные вещества или, наоборот,

рот, побуждать В-клетки вырабатывать антитела в ответ на вредные вещества с антигенными свойствами. Повреждение или недостаточность данной контролирующей системы может проявляться в виде аллергических реакций на вещества, обычно безопасные для организма.

При низкоинтенсивном облучении крови больных с иммунодефицитом наблюдалась трансформация иммуноглобулинов из низкоавидного состояния в высокоавидное (авидность — прочность связи между антигеном и антителом) [1, 2]. Иммуноглобулины ответственны за отклик организма на антиген (раздражитель) и в низкоавидном состоянии при неправильной работе Т-клеток они являются причиной аллергической реакции. Если перевести их из низкоавидного состояния в высокоавидное, это ослабит аллергическую реакцию.

Цель работы: исследование возможностей контроля фототерапевтического воздействия на иммунные реакции путём измерения коэффициента диффузного отражения лазерного излучения от кожных покровов, окраска которых меняется при аллергических проявлениях.

Задачи, решаемые для достижения поставленной цели:

- изучить механизм появления аллергических реакций;
- изучить принцип работы интегрального фотометра;
- собрать установку для проведения измерений;
- провести измерения коэффициента диффузного отражения объектов разных цветов;
- провести облучение кожных покровов до и после нанесения аллергена и на основе полученных данных дать рекомендации к процедуре контроля облучения участков поверхности тела, на которых проявляется аллергическая реакция.

Методика измерений

Для достижения поставленной цели требовалось найти критерий, по которому будет определяться влияние низкоинтенсивного облучения на состояние пораженных участков кожи. Таким критерием послужил коэффициент диффузного отражения. Чтобы установить, меняется ли вышеуказанная характеристика с изменением цвета объекта, мне понадобилось следующее оборудование: неон-гелиевый лазер, интегральный фотометр, обтюратор (прерыватель потока от лазера для создания переменного сигнала, доступного высокочувствительному приёму с последующим усилением); оптическая скамья с набором оптических столиков.

Интегральный фотометр представляет собой полую сферу, выбеленную изнутри и с помещенным внутрь фотодиодом, регистрирующим многократно отражённое внутренней поверхностью сферы излучение. Вводится оно внутрь сферы через небольшое отверстие, площадь которого мала по сравнению с поверхностью сферы. В результате многократного отражения излучения попадающая на площадку фотоприемника интенсивность не зависит от расположения приёмника и тем самым не требуется дополнительной юстировки, кроме прикладывания отверстия фотометра к исследуемой поверхности объекта [4]. Т.к. аллергия на коже обычно проявляется в виде воспаления, в качестве образцов были взяты куски бумаги различных цветов, наиболее похожих на цвет кожи: ярко-розового цвета (напоминающий цвет воспаленной кожи), а также черный и белый, чтобы определить граничные значения (рисунок 1).



Рисунок 1 – Модельные объекты для измерения диффузно отражённого сигнала

Установка для проведения необходимых измерений, включающая неон-гелиевый лазер, работающий на длине волны 632,8 нм, обтюратор (прерыватель потока излучения от лазера для создания переменного сигнала с фотоприёмника, регистрируемого измерительным усилителем), интегральный фотометр, отверстие которого улавливает отраженное от образца лазерное излучение, измерительный усилитель, принимающий сигнал с фотоприемника, показана на рисунке 2.



Рисунок 2. Экспериментальная установка. Пояснения в тексте

Результаты измерений

Полученные результаты приведены в таблице 1. Из них следует, что наименьший коэффициент диффузного отражения имеет кусок черного цвета, наибольший – белого, а остальные выходят за диапазон погрешностей друг друга; следовательно, мы можем достаточно определенно различить изменение цвета, основываясь на коэффициенте диффузного отражения.

Таблица 1. Результаты измерений интенсивности диффузного отражения от поверхности фантомных объектов
(в таблицу внесены показания измерительного усилителя, напряжение на входе которого пропорционально интенсивности, попадающей на площадку фотодиода)

Цвет фантома	Показание прибора, мВ	Абсолютная погрешность, мВ	Относительная погрешность, %
Черный	0,58	0,12	20
Темно-бежевый	2,05	0,15	7
Светло-бежевый	2,6	0,5	19
Бежевый	2,18	0,52	20
Темно-розовый	1,75	0,05	2
Ярко-розовый	1,7	0,2	10
Белый	2,93	0,23	8

Далее было проведено исследование непосредственно на коже. В качестве аллергенов были взяты: раствор люголя, иод, раствор бриллиантового зеленого (зеленка), жидкое мыло, моющее средство (рисунок 3).

Сначала был измерен коэффициент диффузного отражения кожи без воздействия аллергена. Результаты представлены в таблице 2.



Рисунок 3 – Используемые образцы аллергенов

Таблица 2. Значения коэффициента диффузного отражения от поверхности кожи без воздействия аллергенов

Место измерения		Показание прибора, мВ	Абсолютная погрешность, мВ	Относительная погрешность, %
Указательный палец, первая фаланга	Тыльная сторона	2,7	0,3	10
	Подушечка	2,9	0,1	3
Запястье		2,5	0,5	20

Затем в область запястья были по очереди нанесены аллергены (рисунок 4). Результаты измерений приведены в таблице 3.



Рисунок 4 – Нанесение аллергенов на кожу запястья

Таблица 3. Результаты измерений коэффициента диффузного отражения кожи запястья в присутствии аллергенов

Аллерген	Показание прибора, мВ	Абсолютная погрешность, мВ	Относительная погрешность, %
Раствор люголя	2,5	0,5	20
Иод	1,6	0,4	20
Зеленка	0,5	0,05	10
Жидкое мыло	2,6	0,4	15
Моющее средство	2,5	0,5	20

Как видно из таблицы, только зеленка и иод существенно изменили коэффициент диффузного отражения объекта. Это объясняется тем, что они имеют характерный цвет, в отличие от остальных аллергенов. Аллергической реакции не наблюдалось в силу индивидуальных особенностей иммунной системы объекта, а также из-за малого времени воздействия аллергена.

Чтобы удостовериться, что коэффициент диффузного отражения действительно меняется при сильном изменении цвета объекта, был сделан прокол указательного пальца и его облучение (рисунок 5).



Рисунок 5 – Прокол безымянного пальца с выступившим пятном крови

Результаты измерений (таблица 4) показали, что пятнышко крови сильно влияет на коэффициент диффузного отражения.

Таблица 4. Измерение коэффициента диффузного отражения от пятнышка крови на поверхности кожи

	Показание прибора, мВ	Абсолютная погрешность, мВ	Относительная погрешность, %
Без прокола	2,9	0,1	3
С проколом	0,7	0,2	20

Обсуждение результатов и выводы

Коэффициент диффузного отражения лазерного излучения от поверхности кожи может служить характерным показателем аллергической реакции организма. Измерение этого коэффициента с помощью интегрального фотометра обеспечивает необходимую чувствительность и воспроизводимость результатов. При фототерапевтическом воздействии измерение коэффициента отражения в зонах проявления аллергических реакций позволит контролировать динамику изменения иммунных реакций и тем самым определять необходимую для оптимального ослабления аллергических реакций дозу облучения. Доза облучения учитывает индивидуальные особенности объекта исследования и может определяться как в ходе отдельного сеанса облучения, так и в течение всего курса лечения.

Сравнение с существующими аналогами

В настоящий момент аналогичных аппаратов, которые бы ослабляли и снимали симптомы аллергических реакций, как таковых, не существует. Имеют место приборы, так же основанные на использовании низкоинтенсивного излучения, которые предназначены для воздействия *на патологический очаг в фазе обострения воспалительного процесса*. Одним из таких аппаратов является прибор производимый Томским Научно-исследовательским институтом "Геска-Универсал".

Таблица 5. Сравнение приборов низкоинтенсивной терапии

Название прибора	Интегральный фотометр + лазер	Аппарат "Геска-Универсал"
Длина волны, нм	632,8	660+-15
Мощность излучения, мВт	11	10
Площадь облучения, см ²	5	10
Цена, руб.	8 570	4300

Из Таблицы 5 видно, что оба прибора примерно одинаковы по показателем, но разработанный аппарат дороже "Геска-Универсал" примерно в два раза. Это вызвано тем, что "Геска" – портативный прибор без мощного лазера, тогда как разработанный аппарат стационарный и нуждается в лазере. Но разработанный аппарат можно перевести на менее мощный лазер без ущерба для функциональности. Преимуществом же разработанного аппарата является то, что он не только может ослаблять воспаление на коже, но и с его помощью можно следить за динамикой изменений аллергической реакции и в соответствии с этим определять курс лечения.

Использование разработки

Разработанная система будет применяться в медицине для ослабления аллергических реакций организма, восстановления поврежденных покровов и уменьшения воспаления тканей.

Бизнес-привлекательность разработки

По статистике, каждый пятый человек на земле страдает тем или иным видом аллергии. Она может проявляться как высыпаниями на коже и зудом, так и привести к более серьезным последствиям – отеку Квинке или анафилактическому шоку. Лечение аллергии как таковое фактически отсутствует, т.к. в большинстве случаев аллергическая реакция является отображением отношения организма конкретного человека к конкретному аллергену. Низкоинтенсивная фототерапия позволяет ослаблять аллергическую реакцию. Уже более 20 лет назад доказано положительное влияние низкоинтенсивной фототерапии на организм человека. В частности, в ряде работ отражено повышение авидности антител [2, 3].

Таким образом, данный проект позволит упростить и ускорить лечение больных с аллергией, позволит разработать удобный курс реабилитации. Также данный проект имеет большие перспективы развития в будущем, т.к. серьезно облегчит жизнь людям с аллергиями.

Список литературы:

1. Органы иммунной системы. Функции иммунной системы. URL: <http://fb.ru/article/158744/organyi-immunnoy-sistemyi-funktsii-immunnoy-sistemyi> (дата обращения: 07.03.2017).
2. Капустина, Г. М. Внутривенная лазеротерапия, основные вехи научных изысканий / Г. М. Капустина // Медтехника и медизделия. – 2003. № 2 (13). – С. 2-4.
3. Лазеры в клинической медицине / Ред. С. Д. Плетнев. – М.: Медицина, 1996. – 432с.
4. Фриш, С. Э. Курс общей физики. Том 3 : Учебник / С. Э. Фриш, А. В. Тиморева. – М.: Гос. изд-во физико-математической литературы, 1962. – 608 с.

УДК 617.7-76

СОЗДАНИЕ БИОНИЧЕСКОГО ПРОТЕЗА ПРЕДПЛЕЧЬЯ И КИСТИ

Секачёв Артём Дмитриевич

г. Москва, ГБОУ школа № 2089, 11 класс

e-mail: artem.sekachev@inbox.ru

Аннотация: В данной статье представлен вариант создания бионического протеза предплечья на базе микроконтроллера Arduino. Описаны принципы работы данной модели, в основу которых входит получение с помощью датчиков биосигналов мышц и преобразование его в электрический сигнал. Также описаны способы производства протеза. Указаны отличия разработанного протеза по сравнению с современными аналогами.

Ключевые слова: Бионический протез, анатомия, электрофизиология, бионика, Arduino, протез, 3D-моделирование.

Место выполнения работы: Работа была проведена на базе кафедр «БМТ1» и «БМТ2» в Московском государственном техническом университете имени Н.Э. Баумана. Научный руководитель: Кобелев Александр Викторович, ассистент кафедры БМТ2 МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Описание разработки

В теле человека более 600 скелетных мышц, общая масса которых составляет у женщин до 28-35% от массы тела, у мужчин – до 40-45%, у спортсме-

нов – 45-55%. Примерно 50% общей массы скелетных мышц приходится на нижние конечности, до 30% – на верхние конечности и до 20% – на мышцы головы и туловища. У большинства мышц имеются *брюшко*, *venter*, и *головка*, *caput*. Головкой мышцы считают конец ее, обращенный к проксимальному отделу тела. Головка и брюшко прочно сращены концами с *сухожилиями*, *tendae*, посредством которых мышца прикрепляется к кости. Связь с костью осуществляется чаще за счет волокон сухожилия, проникающих через надкостницу в костную ткань (прободающие волокна). Большинство мышц имеет одно брюшко и два сухожилия и соответственно две точки прикрепления: проксимальную – начало мышцы и дистальную – прикрепление мышцы. При анализе положений и движений тела человека важно различать так называемые подвижную и неподвижную точки. Неподвижная точка часто совпадает с точкой начала мышцы, подвижная – с точкой прикрепления. Однако в трудовой и спортивной деятельности человека нередко подвижная и неподвижная точки меняются местами, следовательно, такое деление условно [1]. Мышцы предплечья делятся на две группы: переднюю (сгибатели) и заднюю (разгибатели). К первой относятся *семь сгибателей кисти и пальцев* и *два пронатора*³. Сгибатели пальцев осуществляют чрезвычайно тонкие и высококодифференцированные движения, которые свойственны лишь человеку разумному. Благодаря специальным упражнениям можно достигнуть необычайной точности и сложности движений. Во вторую группу входит *девять разгибателей кисти и предплечья* и один *супинатор*. Все они располагаются в несколько слоев. В жизнедеятельности каждого человека кисть в целом, и особенно пальцы, играют первостепенную роль, так как они непосредственно выполняют движения и соприкасаются с предметами. Все эти движения осуществляют большое количество мышц предплечья и кисти. Последние располагаются только на ладонной поверхности, на тыльной стороне лишь проходят сухожилия мышц-разгибателей, лежащих на предплечье. Мышцы кисти делятся на три группы: мышцы возвышения большого пальца и возвышения V пальца, осуществляющие движения каждого из этих пальцев; средняя группа осуществляет движения II-IV пальцев. Мышцы большого пальца наиболее развиты у человека разумного по сравнению с другими приматами, так как они изначально приспособлены для трудовых процессов [2].

Верхние конечности являются самыми подвижными звеньями аппарата движения тела человека. Наряду с этим они приспособлены к значительным силовым нагрузкам. Всё многообразие движений верхних конечностей в трудовой (или спортивной) деятельности человека схематически можно представить в виде следующих основных форм: перекладывание и перенос предметов; поднятие или удержание предмета на весу; отталкивание (движение от себя); поднятие (опускание) верхней конечности с последующими манипуляциями кистью; ударные движения; пронаторно-супинаторные движения; вращение; давление на предмет в вертикальном направлении.

Перекладывание и перенос предметов – наиболее распространенная форма движений свободной верхней конечностью; при этом предплечье и кисть в большинстве случаев полупронированные. Работа мышц направлена на сгибание

³ Пронатор – мышца, поворачивающая предплечье до положения, при котором кисть обращена ладонью вниз. В этом положении лучевая и локтевая кости перекрещиваются. Супинатор – мышца, поворачивающая предплечье до положения, при котором кисть обращена ладонью вверх.

локтевого, разгибание и приведение (реже сгибание) лучезапястного и разгибание и приведение (реже отведение) плечевого суставов. В данном случае сокращаются, преодолевая большее или меньшее сопротивление, следующие мышцы: поверхностный и глубокий сгибатели пальцев, лучевой сгибатель и лучевые разгибатели запястья, плечелучевая мышца, двуглавая мышца плеча, надостная, подостная, подлопаточная мышцы, и в некоторых случаях – широчайшая мышца спины.

Поднятие или удержание предмета требует, как правило, полупронируемого (реже пронированного) положения предплечья и кисти. При этом основная работа мышц направлена на сжатие пальцев и сгибание локтевого (иногда и плечевого) сустава и преимущественная нагрузка падает на сгибатели пальцев, плече-лучевую мышцу, лучевой сгибатель и лучевые разгибатели запястья, двуглавую мышцу плеча и отчасти большую грудную и переднюю часть дельтовидной мышцы. При удержании предмета (ношение груза в вытянутой руке), помимо сокращения сгибателей пальцев, в значительной мере напряжены все мышцы свободной верхней конечности, что препятствует перерастяжению связочного аппарата. При слабом развитии мышц верхних конечностей (у детей, подростков, истощенных людей) ношение тяжестей может привести к травмированию связочного аппарата.

В функциональном отношении наиболее важной частью верхней конечности является кисть. Большая сложность и значительное разнообразие движений, совершаемых кистью, обеспечивается главным образом следующими обстоятельствами: наличием наиболее совершенных форм противопоставления большого пальца; дифференцированность движений каждого из пальцев; большой подвижностью лучезапястного сустава; четкой координацией всех видов движения кисти и конечности в целом, обусловленной функцией центральной нервной системы (ЦНС) [3, 4].

Данный протез работает по принципу считывания биопотенциала мышц. За основу были взяты несколько уже созданных протезов:

1. Протез английской компании «BeBionic». Найджел Экланд, известный владелец подобной бионической руки, родом из Англии. Он лишился своей настоящей руки вследствие несчастного случая. Но теперь Найджел живет полноценной жизнью. Данный протез имеет огромную степень свободы, предназначен для людей с любой степенью инвалидности: начиная от ампутированных конечностей выше локтя, заканчивая парализованными частями тела. Принцип работы довольно прост. Датчики улавливают минимальные сокращения мышц и передают импульсы на моторы, которые в свою очередь приводят в действие протез [5].
2. Еще один протез, но на этот раз из России. Компания «Моторика», известная своими тяговыми бюджетными протезами, создала бионический протез, который полностью напечатан на 3D-принтере. Его принцип работы очень схож с вышеупомянутым биопротезом [6].

Моя разработка работает на базе платформы Arduino. Было два варианта: Arduino Nano или Arduino Uno. Разница их в нескольких вещах: это формфактор и мощность процессора. Но так как их характеристики в основном схожи, например тип процессора, я выбрал Nano потому, что формфактор довольно компактен относительно Uno (1,85 см x 4,2 см против 6,9 см и 5,3 см).[7]. На рисунке 1 показана платформа Nano на специальной Shield-плате. Данная плата расширения

используется для увеличения количества подключаемых сервоприводов к контроллеру и минимизированию скачков напряжения.

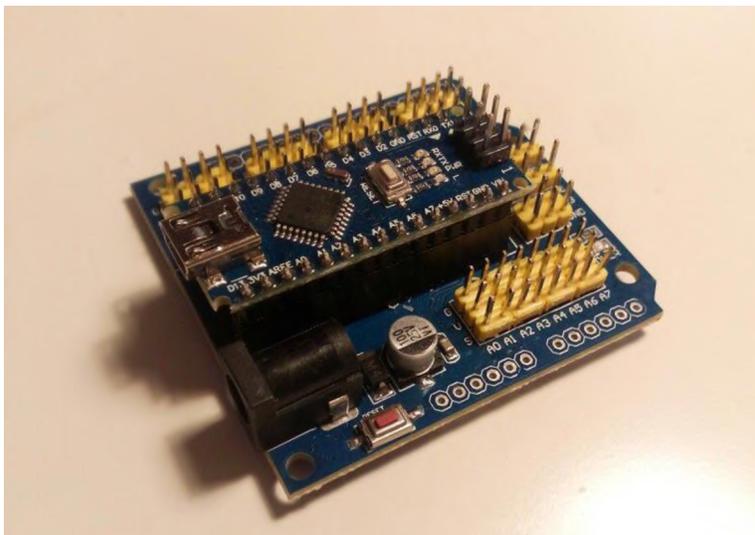


Рисунок 1 – Shield – плата для Arduino



Рисунок 2 – EMG – sensor

Данный контроллер позволяет считать микросокращения мышц и преобразует в сигнал для Arduino. Схема подключения датчиков, приемника, отдельного источника питания и Arduino показаны на рисунке 3.

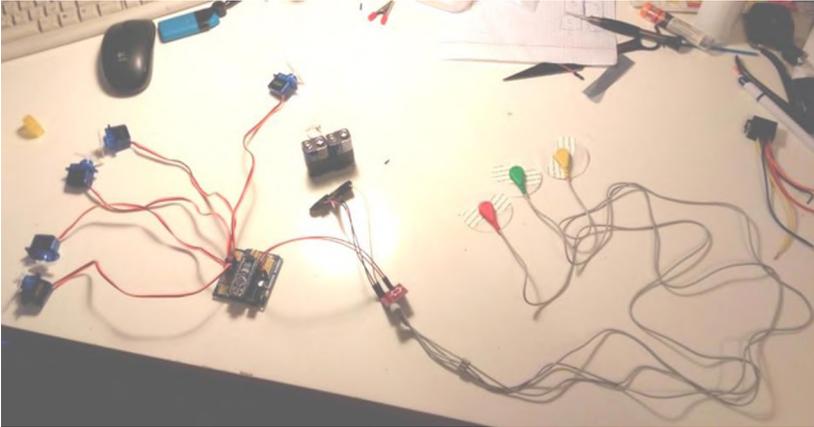


Рисунок 3 – Схема подключения

Также ниже представлен пример прошивки для Arduino, связывающей работу датчиков и сервоприводов [9].

```

emg_control | Arduino 1.8.4
Файл Правка Сервис Инструменты Помощь
emg_control
//EMG sensor robotic hand controller
//This code is for controlling a robotic hand with
//an EMG sensor.
//
//© Au Robots 8.4.2017

//Necessary for controlling the servos
#include <Servo.h>

const int x = 100; //This is the reference value and it
//will depend on your setup. You have to find it out
//yourself by looking at the serial monitor and finding
//a value between the maximum and minimum value.

//Setting the servos
Servo servo1;
Servo servo2;
Servo servo3;
Servo servo4;
Servo servo5;
Servo servo6;

void setup()
{
  //Starting the serial monitor
  Serial.begin(9600);

  //Configuring servo pins
  servo2.attach(10); //pinky
  servo3.attach(11); //ring
  servo4.attach(8); //middle
  servo5.attach(4); //index
  servo6.attach(5); //thumb
}

void loop()
{
  //Printing the EMG data
  Serial.println(analogRead(S));

  //If the EMG data is greater than a the hand closes
  if(analogRead(S) > x) {
    servo2.write(180);
    servo3.write(180);
  }
}

```

Рисунок 4 – Программа для прошивки микропроцессора

В будущем планируется добавить в сеть два радиомодуля, чтобы не зависеть от длины проводов. Данный протез можно считать модульным, так как каждую часть можно напечатать на 3D-принтере и если будет поломка, то сразу можно заменить. Для этого можно использовать разные 3D-дизайнеры, такие как Autodesk 3D maks, Catia и SolidWorks. На следующем рисунке представлен вариант 3D- модель протеза.



Рисунок 5 – Вариант протеза.

Сравнение с существующими аналогами

Данный протез в основном будет конкурировать в некоторых аспектах с протезом от компании «Моторики». Например, модульность и бюджет. Каждый элемент, вплоть даже до аппаратной части, можно заменить без особых затрат. А бюджет данной разработки примерно 2-4 тысячи, однако, самым дорогим оказался миоэлектрический датчик (стоимость начинается от 1 тысячи и более) из-за своей редкости.

Использование разработки

Спектр применения данной разработки достаточно велик: начиная от радиоэлектроники и 3D-моделирования, заканчивая коммерческим протезированием и протезостроением.

Бизнес-привлекательность разработки

Этот протез очень дешевый и подходящий для повседневной нужды, то есть он может функционировать почти как здоровая рука. Если поставить на конвейерное производство, то это принесет хорошую прибыль, так как данная отрасль протезостроения на сегодняшний день не очень развита и можно сделать небольшой прорыв, плюс дешевизна производства.

Список литературы:

1. Учение о мышцах (Миология – Miologia). [2009-2015]. – Режим доступа: <http://spina.pro/anatomy/myshcy/> (дата обращения 5.10.17).

2. Билич, Г. Л. Анатомия человека: русско-латинский атлас / Г. Л. Билич, Е. Ю. Зигалова. – 2 е изд. – М. : Издательство «Э», 2016. – 704 с.
3. Биомеханика движения верхних конечностей [2017]. – Режим доступа: <http://worldofscience.ru/biologija/8809-biomekhanika-dvizhenij-verkhnikh-konechnostej.html>. (дата обращения 6.10.17).
4. Дубровский, В. И. Биомеханика : Учеб. для сред. и высш. учеб. заведений / В. И. Дубровский, В. Н. Федорова. – М. : Изд-во ВЛАДОС-ГРЕСС, 2003 – 672 с.
5. Статья про протез ВеBionic [2017]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Vebionic>. (дата обращения 7.10.2017).
6. Виды протезов. Моторика. [2017 год]. – Режим доступа: <http://motorica.org/vidy-protetov-ruk/> (дата обращения 07.10.2017).
7. Виды печатных плат Arduino. – Режим доступа: <http://arduino.ru/Hardware/ArduinoBoardNano>. (дата обращения 7.10.17).
8. Датчик EMS-sensor for Arduino [2017]. – Режим доступа: <https://ru.aliexpress.com/item/Free-shipping-Muscle-signal-sensor-EMG-Sensor-for-arduino/32711631399.html?spm=a2g0v.search0304.4.1.kU5yRF> (дата обращения 6.10.17).
9. Скетчи для Arduino [2017]. – Режим доступа: <https://github.com/aurobots/Arduino-EMG-sensor>. (дата обращения 7.10.17).

ИЗУЧЕНИЕ ДИСБАЛАНСА ВРАЩАЮЩИХСЯ ТЕЛ ПРИ ПОМОЩИ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Сутягин Алексей Максимович

г. Москва, ГБОУ Многопрофильный лицей № 1501, 11 класс

e-mail: alexsut12@rambler.ru

Аннотация. В работе методом компьютерного эксперимента изучены динамические особенности движения вращающихся тел для случаев, когда ось вращения совпадает и не совпадает с одной из главных центральных осей инерции. Рассмотрена проблема балансировки вращающихся тел. Проанализированы особенности статического, моментного и динамического дисбаланса.

Ключевые слова: компьютерный эксперимент, момент инерции, главные центральные оси инерции, балансировка вращающегося тела, статический дисбаланс, моментный дисбаланс, динамический дисбаланс.

Место выполнения работы. Работа выполнена на базе Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, кафедры РК-6. Научный руководитель: Белоножко Павел Петрович, Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, кафедра РК-6, доцент кафедры РК-6, кандидат технических наук.

Описание разработки

Введение

Эффективным современным инструментом компьютерного исследования механических систем являются пакеты моделирования динамики систем твердых тел. Каждый пакет нацелен на решение определенных задач, в зависимости от сложности, характера и цели исследования [1, 2].

При выполнении работы был использован пакет “Универсальный механизм”(UM). UM предназначен для автоматизации процесса исследования механических объектов, которые могут быть представлены системой абсолютно твердых тел, связанных посредством кинематических и силовых элементов. К подоб-

ным объектам можно отнести локомотив, вагон, манипуляторы, различные машины и механизмы [2].

При использовании лишь абсолютно твердых тел накладываются определенные ограничения на класс задач, решаемые с помощью УМ. Но даже с наложенными ограничениями этот класс достаточно велик. С использованием УМ решаются прямые и обратные задачи кинематики, динамики и управления. Практически неограниченно число тел в системе. Комплекс УМ позволяет полностью автоматизировать операции с использованием большого числа тел, что значительно повышает производительность труда исследователя [2].

Программный комплекс «Универсальный механизм» может быть полезен всем, кого интересуют проблемы исследований динамического поведения машин и механизмов. Универсальный механизм имеет в своем составе и некоторое количество дополнительных модулей, которые расширяют функциональность комплекса, например, железнодорожный модуль, модуль связи с Matlab/Simulink и многие другие [2].

Основная часть

В [3] рассмотрены особенности экспериментального определения момента инерции твердого тела относительно некоторой фиксированной в теле оси, расположение которой в общем случае произвольно.

Приведены примеры, иллюстрирующие сложности, возникающие при проведении измерений в ходе натурального эксперимента.

Показано, что использование компьютерного эксперимента позволяет глубже понять суть эксперимента натурального, более тщательно разработать методику его проведения.

Важно отметить, что при моделировании динамики систем твердых тел средствами пакетов, подобных УМ, кинематические и динамические характеристики движения, подлежащие измерению в случае натурального эксперимента, вычисляются и доступны для анализа в процессе моделирования.

В ряде случаев натурные измерения недоступны, а возможности натурального эксперимента по сравнению с компьютерным ограничены. Таким образом, можем говорить о компьютерном эксперименте, как о расширяющем возможности эксперимента натурального [3, 4].

В подтверждение сказанного рассмотрим более подробно описанный в [3] компьютерный эксперимент, иллюстрирующий важное понятие тензора инерции и дающий представление о главных центральных осях инерции твердого тела, а также о проблеме дисбаланса вращающихся тел.

Балансировка вращающихся тел – процесс уравнивания вращающихся частей машины – роторов электродвигателей и турбин, коленчатых валов, шкивов, колёс автомобиля и др. Балансировка выполняется как при помощи балансировочных станков, так и непосредственно во время эксплуатации. Балансировка включает в себя определение значений и углов дисбаланса и установку корректирующих масс для уравнивания ротора.

В любом теле можно выделить три главные центральные оси инерции, пересекающиеся в центре масс, ортогональные друг другу. Несовпадение оси вращения ротора с одной из главных центральных осей инерции приводит к появлению нескомпенсированных центробежных сил, моментов и возникновению соответствующих реакций со стороны оси вращения. Несбалансированная деталь вызывает вибрацию машины, приводит к износу, уменьшению срока службы и возможности аварии [5].

В зависимости от взаимного расположения оси вращения и главной центральной оси инерции $x-x$, различают следующие виды неуравновешенности роторов (рис. 1): а – статическую, когда эти оси параллельны; б – моментную, когда оси пересекаются в центре масс ротора S ; в – динамическую, когда оси либо пересекаются вне центра масс, либо не пересекаются, а перекрещиваются в пространстве [6].

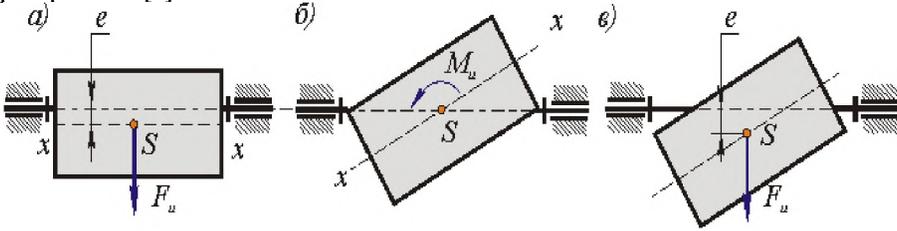


Рисунок 1 – Виды дисбаланса

В реальных технических устройствах для выявления различных видов дисбаланса проводят натурные эксперименты. Для обнаружения статического дисбаланса достаточно статического эксперимента. Расположив ось вращения горизонтально, легко обнаружить, что тело будет находиться в равновесии только в положении, когда центр масс расположен в вертикальной плоскости, проходящей через ось вращения. В случае моментного дисбаланса при горизонтально расположенной оси вращения положение равновесия тела будет безразличным. Выявить моментный дисбаланс можно только путем динамического эксперимента.

Однако при динамическом эксперименте для определения сил реакции со стороны оси вращения требуется сложное дорогостоящее оборудование. На рисунке 2 представлен станок, использующийся для балансировки колес в шиномонтажных цехах.

Важным преимуществом рассматриваемого компьютерного эксперимента по сравнению с аналогичным натурным является:

- Возможность произвольно задать требуемые кинематические параметры движения (в рассматриваемом случае – произвольную скорость вращения тела относительно произвольной оси);
- Возможность обеспечить приложение внешних сил (силы и момента реакции) к телу в одной произвольно выбранной точке на оси вращения;
- Возможность легко измерить силу и момент реакции.

Исследуем рассмотренные выше виды дисбаланса при помощи компьютерного эксперимента. Моделируем вращение с постоянной угловой скоростью тела цилиндрической формы с равномерным распределением плотности по объему. Положение оси вращения фиксировано и в теле, и в инерциальном пространстве. При этом тело закреплено на оси вращения лишь в одной точке. Данная модель, не реализуемая в натурном эксперименте, позволяет непосредственным моделированием получить значения силы и момента реакции со стороны оси вращения в точке закрепления.



Рисунок 2 – Балансировочный станок

Рассмотрим случай отсутствия дисбаланса. На рис. 3 изображены оси неподвижной инерциальной системы координат, вертикальная ось является осью вращения. Положение оси вращения в теле совпадает с осью симметрии цилиндра, которая, при сделанных выше предположениях, является одной из главных центральных осей инерции тела. Центр масс тела закреплен в шарнирной точке, совпадающей с началом координат. При вращении тела с постоянной угловой скоростью, действующие на него сила и момент реакции в шарнирной точке равны нулю. В этом легко убедиться непосредственным моделированием. На рис. 3 изображен фрагмент анимации, предполагающей отображение действующих на тело силы и момента реакции в шарнире в виде вращающихся векторов с началом в шарнирной точке (начале координат). Сила и момент реакции отсутствуют, соответствующие векторы не отображаются. На рис. 4 приведены графики проекций силы и момента реакции на горизонтальную ось неподвижной системы координат, для любого момента времени равных нулю.

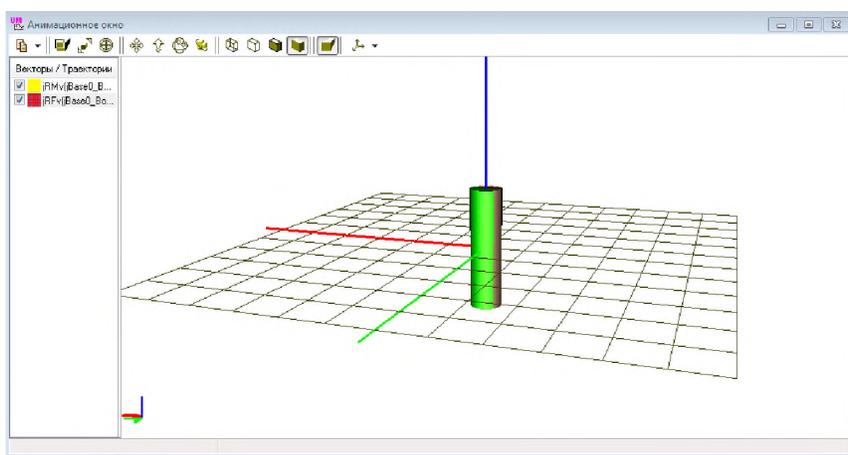


Рисунок 3 – Ось вращения совпадает с осью симметрии цилиндра. Тело закреплено в начале координат и вращается с постоянной угловой скоростью.

Сила и момент реакции отсутствуют

Рассмотрим случай статического дисбаланса (рис. 1 а). Ось вращения в теле параллельна главной центральной оси инерции, но не совпадает с ней, а смещена на некоторую величину, меньшую радиуса цилиндра. Центр масс тела, таким образом, не совпадает с началом координат – шарнирной точкой – и равномерно движется по окружности, расположенной в горизонтальной плоскости, проходящей через начало координат. В этом случае сила реакции в шарнире представляет собой вектор постоянной длины, проходящий через начало координат и центр масс тела, т.е. равномерно вращающийся с угловой скоростью, равной угловой скорости вращения тела. На рис. 5 представлен кадр анимации, наглядно иллюстрирующей вращение вектора силы реакции в шарнире. На рис. 6 представлены графики проекции векторов силы и момента реакции на горизонтальную неподвижную ось. Момент реакции отсутствует, проекция силы реакции изменяется по гармоническому закону, что соответствует равномерному вращению вектора постоянной длины.

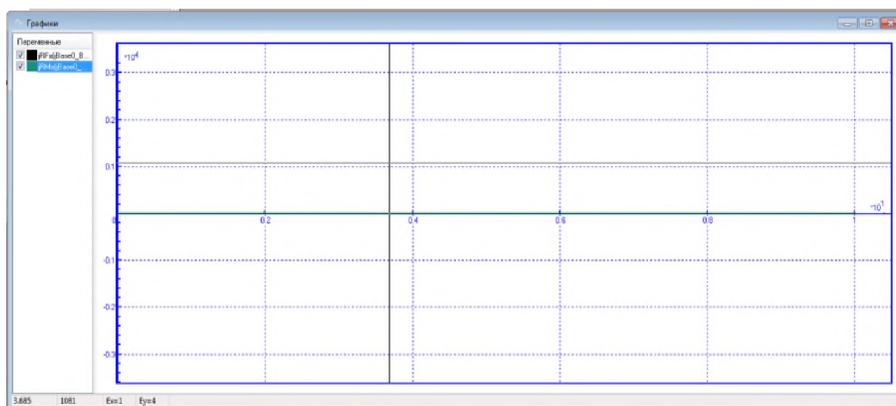


Рисунок 4 – Проекции силы и момента реакции на горизонтальную ось неподвижной системы координат, равные нулю для любого момента времени

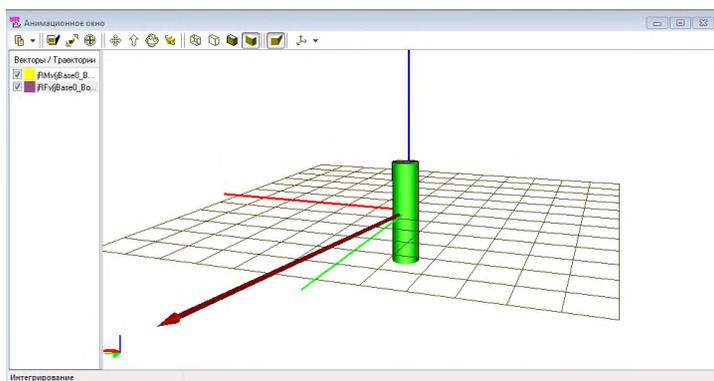


Рисунок 5 – Статический дисбаланс. Ось вращения параллельна оси симметрии цилиндра. Центр масс смещен относительно начала координат в горизонтальной плоскости. Тело закреплено в начале координат и вращается с постоянной угловой скоростью. Сила реакции в шарнире – постоянный по величине вектор, равномерно вращающийся в горизонтальной плоскости

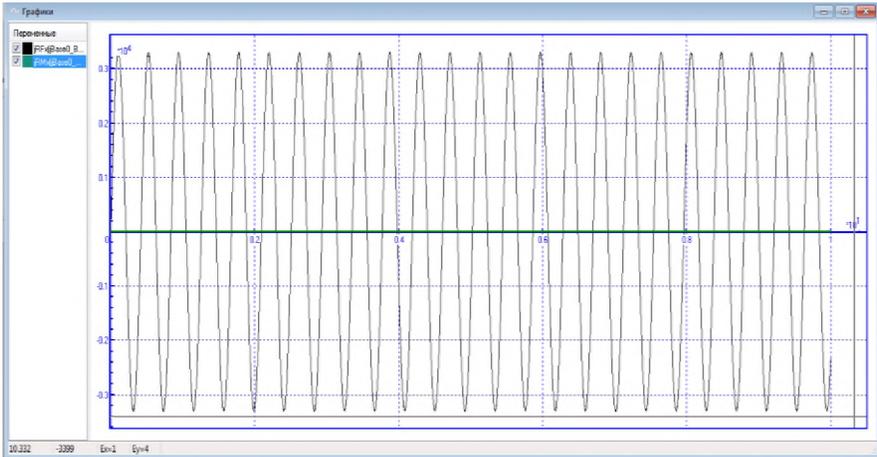


Рисунок 6 – Проекция силы реакции на неподвижную горизонтальную ось изменяется по гармоническому закону. Вектор силы реакции имеет постоянную длину и осуществляет равномерное вращение в горизонтальной плоскости. Момент реакции равен нулю

Рассмотрим случай моментного дисбаланса (рис. 1 б). Центр масс тела совпадает с началом координат – шарнирной точкой – и при вращении тела неподвижен. Ось вращения в теле составляет с главной центральной осью инерции некоторый угол. В этом случае момент реакции в шарнире представляет собой вектор постоянной длины, равномерно вращающийся с угловой скоростью, равной угловой скорости вращения тела. На рис. 7 представлен кадр анимации, наглядно иллюстрирующей вращение вектора момента реакции в шарнире. На рис. 8 представлены графики проекции векторов силы и момента реакции на горизонтальную неподвижную ось. Сила реакции отсутствует, проекция момента реакции изменяется по гармоническому закону, что соответствует равномерному вращению вектора постоянной длины.

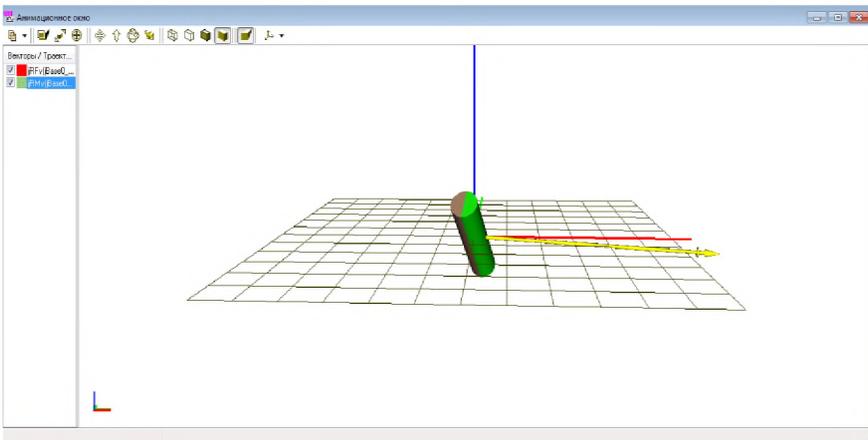


Рисунок 7 – Моментный дисбаланс. Ось вращения не параллельна оси симметрии цилиндра. Центр масс совпадает с началом координат. Тело закреплено в начале координат и вращается с постоянной угловой скоростью. Момент реакции в шарнире – постоянный по величине вектор, равномерно вращающийся в горизонтальной плоскости

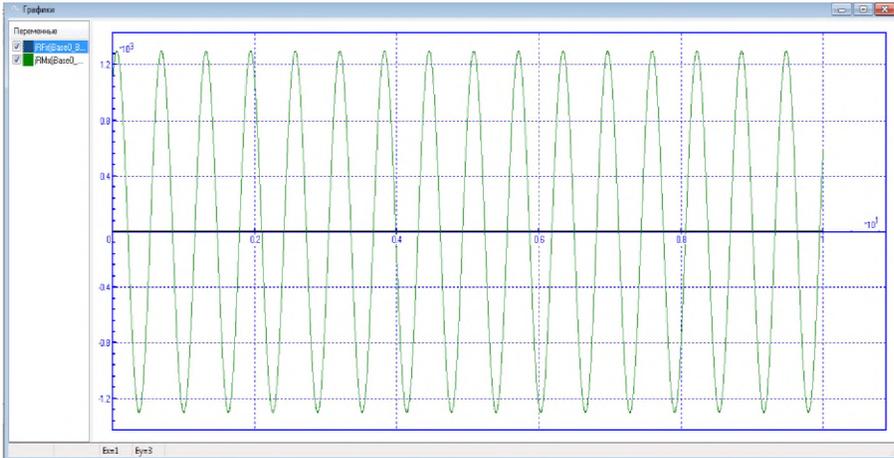


Рисунок 8 – Проекция момента реакции на неподвижную горизонтальную ось изменяется по гармоническому закону. Вектор момента реакции имеет постоянную длину и осуществляет равномерное вращение в горизонтальной плоскости. Сила реакции равна нулю

Результаты моделирования для случая динамического дисбаланса (рис. 1 в) представлены на рис. 9 и рис. 10. Взаимное положение оси вращения и оси симметрии цилиндра таково, что сила реакции и момент реакции сонаправлены.

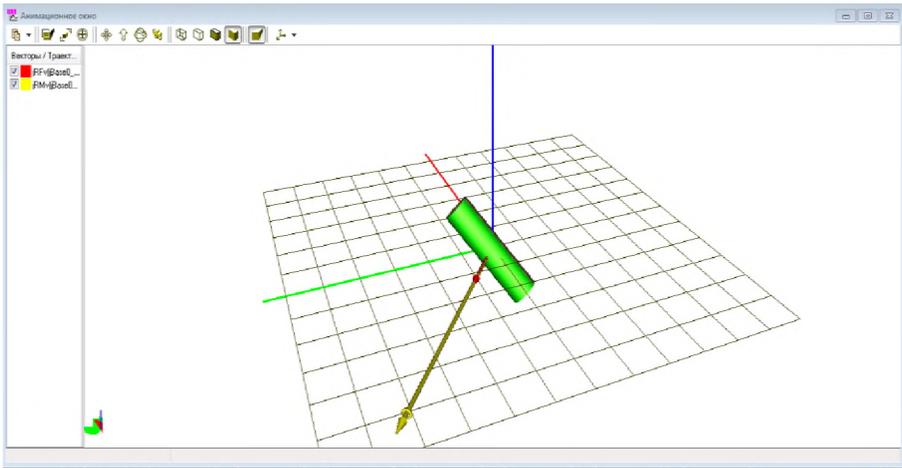


Рисунок 9 – Динамический дисбаланс. Ось вращения и ось симметрии цилиндра – скрещивающиеся прямые. Векторы силы реакции в шарнире и момента реакции в шарнире имеют постоянную длину и вращаются с постоянной угловой скоростью

Выводы

Компьютерное моделирование динамики механических систем средствами пакетов, подобных UM, имеет не только прикладное (решение практических задач), но и методическое (компьютерная имитация натуральных экспериментов, способствующая более глубокому пониманию сущности сложных понятий теоретической механики) значение.

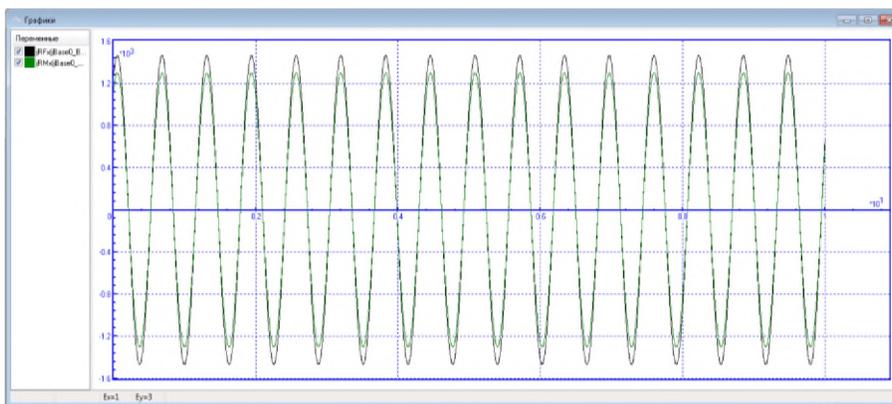


Рисунок 10 – Проекция силы и момента реакции на неподвижную горизонтальную ось изменяются по гармоническому закону. Векторы имеют постоянную длину и осуществляют равномерное вращение в горизонтальной плоскости. Совпадение фаз соответствует случаю сонаправленности векторов

Сравнение с существующими аналогами

Отличается от существующих аналогов более полным использованием возможностей современных компьютерных инструментов.

Использование разработки

Может быть применена в учебном процессе, либо при самостоятельном изучении курсов “физика”, “теоретическая механика”, “компьютерное моделирование”.

Бизнес-привлекательность разработки

Может быть использована в дистанционных интерактивных обучающих системах.

Список литературы:

1. Колупаева, С. Н. Математическое и компьютерное моделирование. Учебное пособие / С. Н. Колупаева— Томск : Школьный университет, 2008. – 208с.
2. Программный комплекс Универсальный механизм [Электронный ресурс]. – <http://www.umlabor.ru/pages/index.php?id=1>
3. Сулягин, А. М. Исследование качественных особенностей динамики механических систем методом компьютерного эксперимента / А.М. Сулягин // Каталог инновационных разработок Московского молодежного научного форума (г. Москва, 21-24 ноября 2017 г.). – М. : НТА «АПФН», 2017. – С. 25-40.
4. Гернет, М. М. Определение моментов инерции / М.М. Гернет, В.Ф. Ратобильский. – М. : Машиностроение, 1969. – 246 с.
5. Ремонтно-балансировочные работы [Электронный ресурс], – http://www.compressor-service.ru/balansirovka_rotorov/.
6. Уравновешивание механизмов и балансировка роторов [Электронный ресурс], – http://tmm-umk.bmstu.ru/lectures/lect_5.htm.

УДК 004.942

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТА МАГНУСА ПУТЕМ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОЛЕТА ФУТБОЛЬНОГО МЯЧА В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ SOLIDWORKS

Намлеев Валентин Вадимович
г. Москва, ГБОУ Школа № 417, 11 класс
e-mail: vlnnmlv@gmail.com

Аннотация. Эффект Магнуса – одно из интересных физических явлений, которое можно наблюдать при полете закрученного футбольного или теннисного мяча, шарообразных снарядов и пр. Силы, возникающие в результате закручивания, могут изменять траекторию движения объектов, приводить к изменению места их приземления и даже придавать объектам дополнительную движущую силу. В работе поставлена задача изучения эффекта Магнуса путем моделирования полета футбольного мяча. Для решения поставленной задачи в программном комплексе SolidWorks создана динамическая модель, в которой учитываются аэродинамические силы, вызывающие эффект Магнуса. На основании разработанной модели выполнено параметрическое моделирование определения зависимости сил аэродинамики от поступательной скорости и частоты вращения мяча.

Ключевые слова: эффект Магнуса, сила сопротивления, моделирование, траектория полета, SolidWorks, Flow Simulation, аэродинамические силы, хоп-ап.

Место выполнения работы. Работа выполнена на базе кафедры систем автоматизированного проектирования (ПК-6) Московского государственного технического университета имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет) (МГТУ им. Н.Э. Баумана). Научный руководитель: Кузьмина Инна Анатольевна, кафедра систем автоматизированного проектирования, старший преподаватель, канд. техн. наук.

Введение

Эффект, связанный с искривлением траектории полета закрученного объекта, был впервые исследован и обоснован немецким ученым Генрихом Магнусом, в честь которого явление и получило свое название. Он исследовал траектории полетов пушечных ядер с измененными центрами тяжести, траектория и дальность полета которых менялась в зависимости от размещения центров тяжести ядер в момент выстрела.

Впоследствии знания особенностей возникновения и воздействия силы Магнуса были положены в основу изобретения нового вида парусного судна (роторное судно Флеттнера), прибора стабилизации полета сферических пуль Хоп-апа и пр.

В данной работе в качестве предмета исследования эффекта Магнуса выбран полет футбольного мяча в воздушном пространстве. Основанием такого выбора является высокая изученность данной физической модели и относительная простота, которая позволяет исследовать физику процесса без учета усложняющих факторов.

Полученные результаты исследования могут быть использованы для изучения эффекта Магнуса в других физических системах (полет сферических пуль, движение тел в водных средах и пр.).

Описание разработанной модели

Для решения поставленной задачи в системе автоматизированного проектирования SolidWorks была создана модель, имитирующая удар ноги по футболному мячу. В состав модели входят 4 взаимосвязанных компонента: мяч, фрагмент футбольного поля, ворота и «нога». Изображение компонентов модели приведено на рисунке 1.

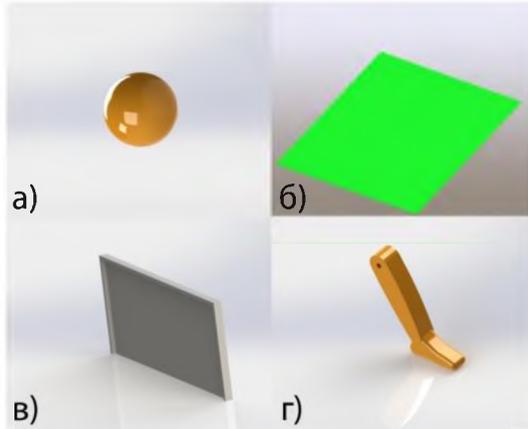


Рисунок 1. Элементы модели полета футбольного мяча
а) мяч; б) фрагмент футбольного поля; в) ворота; г) «нога»

Характеристики элементов модели представлены в таблице 1.

Таблица 1. Характеристики элементов модели

Элемент модели	Масса (кг)	Размеры (м)	Материал
Мяч	0,41	R=0,11	Резина, плотность $41 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$
Фрагмент поля	-	45×45	-
Ворота	-	2.64×7.52	-
Нога [1]	7	L=0,42	Резина, плотность $1036 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

Заметим, что модель ноги представлена в виде элемента, вращающегося вокруг оси, находящейся в «коленном суставе». Это позволяет рассматривать модель ноги, как рычаг.

Так как в SolidWorks нет возможности создать полый элемент с внутренним давлением, было принято решение уменьшить плотность материала мяча и сделать его сплошным.

Модель исследования динамики полета футбольного мяча приведена на рисунке 2.

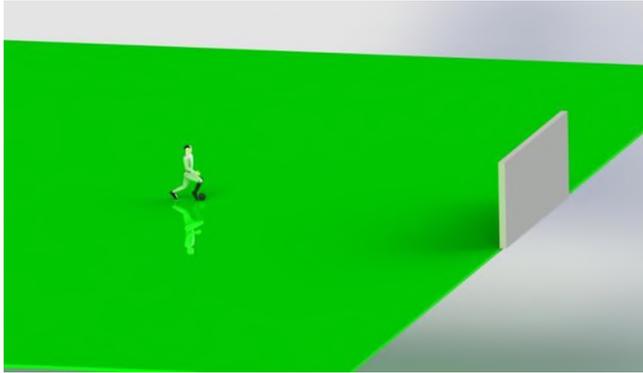


Рисунок 2. Модель исследования динамики полета футбольного мяча

В начальном состоянии мяч располагался на расстоянии 11 метров от ворот, удар происходит под углом 30 градусов между вектором скорости и плоскостью поля, с начальной скоростью 25 м/с и частотой вращения 5 оборотов в секунду

Определение начальных условий моделирования

На начальном этапе моделирования рассматривается полет мяча под воздействием силы тяжести ($9,8 \text{ м/с}^2$) в безвоздушной среде.

Частота вращения детали, представляющей «ногу», определяет силу удара по мячу, и его начальную скорость. Чтобы определить частоту вращения, воспользуемся законом сохранения импульса:

$$\begin{aligned} MV &= mv \\ M2\pi Rn &= mv \\ n &= \frac{mv}{M2\pi R} \end{aligned}$$

где M – масса ноги, кг; V – скорость точки на конце рычага; R – расстояние от центра масс до центра вращения, м; n – частота вращения ноги, об/мин; m – масса мяча, кг; v – скорость мяча, м/с.

Расстояние между центром вращения и центром масс R можно найти по координатам модели «ноги», где O_1 – точка, являющаяся осью вращения ноги, а O_2 – центр ее масс (рисунок 3):

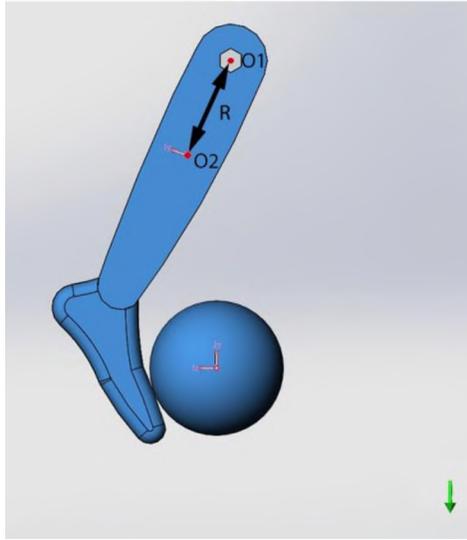


Рисунок 3. Система мяч-«нога»

$$\begin{aligned}x_1 &= 114 & x_2 &= 114 \\y_1 &= -931,675, & y_2 &= -785,421; \\z_1 &= -150,437, & z_2 &= -239,142.\end{aligned}$$

Здесь x_1, y_1, z_1 – координаты центра вращения модели ноги; x_2, y_2, z_2 – координаты центра масс модели ноги.

$$\begin{aligned}R &= \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2} = \\&= \sqrt{(114 - 114)^2 + (-785,421 + 931,675)^2 + (-239,142 + 150,437)^2} \\R &= \sqrt{21390,233 + 7868,577} \approx 171 \text{ мм} = 0.171 \text{ м}.\end{aligned}$$

Значение параметра $V=25$ м/с выбрано как среднее значение скорости ноги при ударе футболиста [2].

$$n = \frac{0.41 \cdot 25}{7 \cdot 2\pi \cdot 0.171} \approx 1.36 \text{ об/с} \approx 81.77 \text{ об/мин}.$$

После расчетов движения мяча в SolidWorks Motion, была получена параболическая траектория, изображенная на рисунке 4. Так как мяч является физическим объектом, то можно рассматривать его полет как движение любого другого тела, начавшего свое движение под углом к горизонту. Рассмотрим движение пушечного ядра в безвоздушном пространстве [3]. Можно увидеть, что траекторией его полета, также является парабола (рисунок 5).

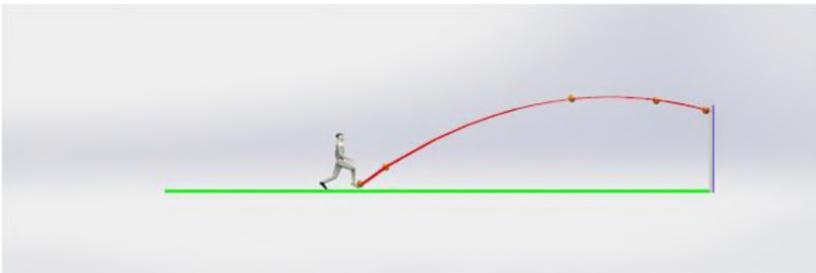


Рисунок 4. Траектория полета мяча полученная в SolidWorks

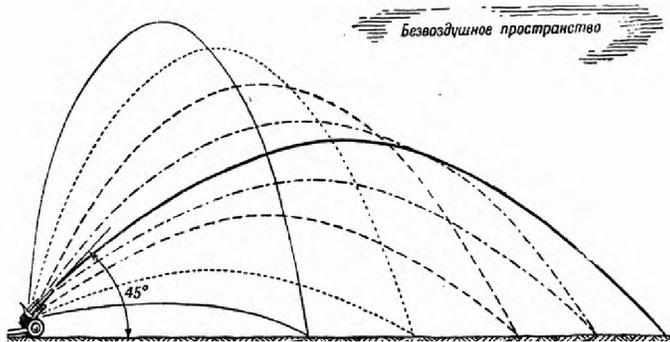


Рисунок 5. Траектория полета ядра полученная теоретически

На основании проведенного анализа и сравнения результатов с теоретическими расчетами, сделано заключение об адекватности созданной в программном комплексе SolidWorks модели.

Для повышения точности разработанной математической модели (например, точного задания точки удара и направления начальной скорости), вместо элемента «нога» в состав модели были введены начальные поступательная скорость и частота вращения мяча (рисунок 6). После замены траектория полета мяча не изменилась, что подтверждает эквивалентность произведенной замены.

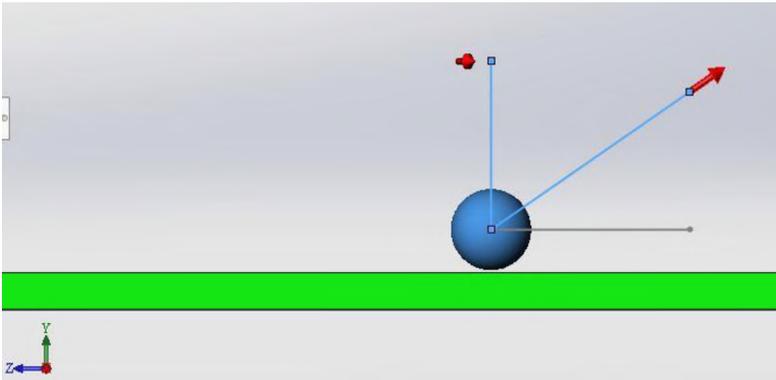


Рисунок 6. Замена элемента ноги на совокупность сил
Учет аэродинамических сил

Представленная выше модель процесса удара ноги по футбольному мячу имеет существенное допущение, связанное с отсутствием учета таких аэродинамических сил, таких как сила Магнуса и сила сопротивления.

Сила Магнуса проявляется при вращении движущегося тела в текучей среде. Из-за разности давлений образуемой вращением, сила Магнуса смещает тело в сторону вращения, что показано на рисунке 7, где V – скорость потока текучей среды относительно мяча, U – поступательная скорость точек на поверхности мяча, а F - сила Магнуса. В большинстве случаев данный эффект проявляется из-за неровностей на поверхности вращающегося тела [4].

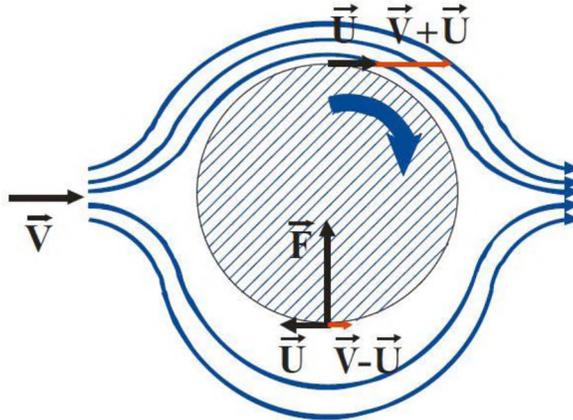


Рисунок 7. Сила Магнуса

Силу сопротивления можно обозначить как силу трения между движущимся телом и соприкасающимся с ним слоем текучей среды [5].

Для анализа движения объектов в воздушных и жидких средах в САПР SolidWorks имеется модуль газогидродинамического анализа Flow Simulation. Модуль позволяет симулировать движение потоков текучих веществ и рассчитывать их действие на твердые тела [6].

Модель состоит из мяча радиусом 0,11 м, который обдувается направленным потоком, с заданной скоростью. Имитация эффекта Магнуса, реализуется путем вращением всей системы вокруг одной из осей координат (рисунок 8).

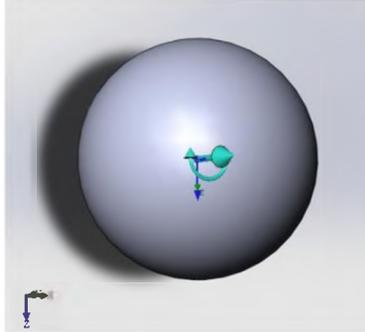
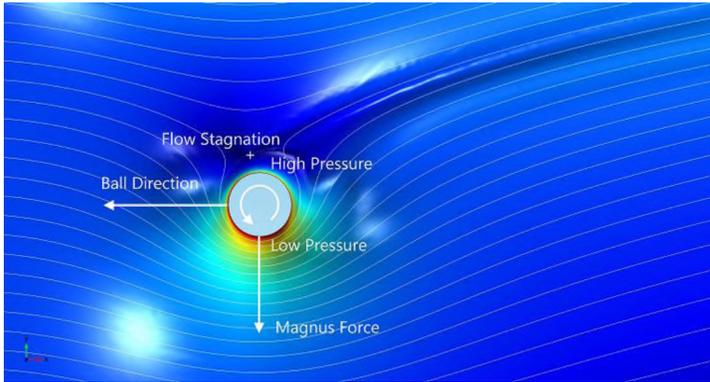
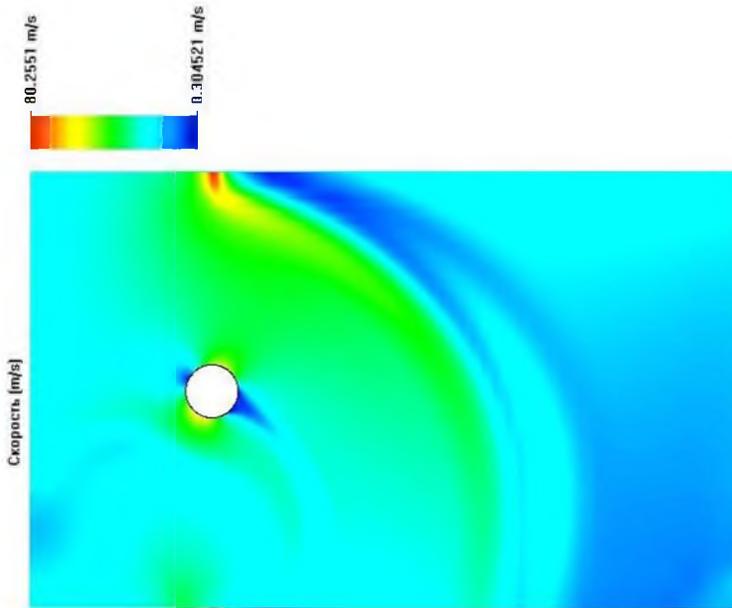


Рисунок 8. Модель мяча для исследования в модуле Flow Simulation
Результат моделирования полета мяча с учетом сил аэродинамики приведен на рисунке 9б.



а)



б)

Рисунок 9. Скорость полета мяча в сечении
 а) теоретически-полученная карта скорости полета мяча в сечении [7];
 б) полученная в Flow Simulation карта скорости в сечении

Сравнение полученных результатов моделирования с данными статьи Эда Фонтеса [7], показало, адекватность разработанной модели: на карте скоростей видно, что вращающийся мяч в потоке воздуха образует за собой полосу, в которой скорость воздуха минимальна, а со стороны вращения образуется зона пониженного давления (рисунок 9а).

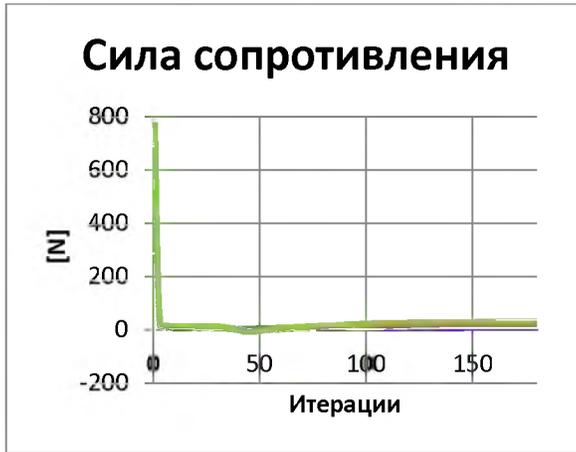
Введение в систему аэродинамических сил

С целью определения зависимости аэродинамических сил от поступательной скорости и частоты вращения мяча, в вышеописанной модели было про-

ведено параметрическое исследование с двумя изменяющимися параметрами: поступательной скоростью и частотой вращения.

В рамках исследования была выполнена серия из 25 расчетов с различными значениями поступательной скорости полета мяча и его частоты вращения. Значения частоты n варьировались в диапазоне от 5 до 9 об/сек, а линейной скорости V – от 22 до 33 м/с.

Указанные диапазоны величин выбраны на основании данных из статьи доцента кафедры физики в Юго-Восточном университете Луизианы, Рэта Алэйна [2]. Графики зависимости сил Магнуса и сопротивления от итераций (1 секунда равняется 20 итерациям), приведены на рисунке 10.



а)



б)

Рисунок 10. Графики зависимости сил от поступательной и вращательной скоростей

а) сила сопротивления; б) сила Магнуса

По данным, изображенным на графиках, были составлены таблицы, отображающие зависимость аэродинамических сил, от поступательной скорости и частоты вращения мяча (таблицы 2 и 3).

Так как в SolidWorks Flow Simulation моделируется полет мяча параллельно земле (только в этом случае направление движения, параллельно плоскости вращения), значения в таблице являются средними арифметическими всех значений на графиках.

Таблица 2. Сила Магнуса

ν (об/с) \ V(м/с)	5	6	7	8	9
22	-4.73	-12.80	-23.40	-17.00	-16.40
25	-6.04	-10.00	-17.70	-28.52	-21.90
27	-2.50	-6.90	-21.20	-28.56	-29.50
30	0.53	-7.90	-10.30	-25.30	-36.80
33	4.19	-2.90	-9.30	-20.10	-29.20

Таблица 3. Сила сопротивления

ν (об/с) \ V(м/с)	5	6	7	8	9
22	4.94	10.00	17.70	13.00	12.50
25	6.33	8.80	13.90	21.70	16.90
27	5.40	7.26	16.00	21.60	22.40
30	5.94	8.66	9.80	19.10	27.80
33	6.03	7.74	10.20	16.00	22.50

В модели поток направлен по оси Z, вращение происходит вокруг оси Y по часовой стрелке. Если опираться на теорию, то сила Магнуса должна действовать по оси X, но результаты показывают обратное направление.

Согласно исследованиям студентов Шеффилд Холлэмского университета, представленным в работе [8], поведение силы Магнуса описывается так: для вращающихся шаров наблюдался эффект Магнуса, и было обнаружено, что обратные эффекты Магнуса возможны при низких числах Рейнольдса. Также в целом результаты показали обратное поведение силы Магнуса при высоком числе Рейнольдса и скорости вращения.

По полученному набору точек выполнена интерполяция полиномом с использованием онлайн-системы математических расчетов WolframAlpha [9]. В результате расчетов получены коэффициенты полиномов четвертой степени.

$$F_m = \frac{x^4}{8} - \frac{35x^3}{12} + \frac{195x^2}{8} - \frac{1111x}{12} + 138 \quad (1)$$

$$F_c = \frac{x^4}{4} - \frac{15x^3}{2} + \frac{331x^2}{4} - \frac{787x}{2} + 686 \quad (2)$$

Результаты интерполяции приведены на рисунке 11.

Заметим, что выражения 1 и 2 показывают зависимость аэродинамических сил только от одной переменной (частоты вращения), при этом вторая переменная (поступательная скорость) зафиксирована и имеет среднее значение из

всех опытов ($25^M/c$). Из-за этого введение силы Магнуса и сопротивления в модель Motion посредством этих выражений будет не правильным, и введенные силы не окажут верного действия, так как они зависят и от частоты вращения, и от поступательной скорости, которые изменяются во времени.

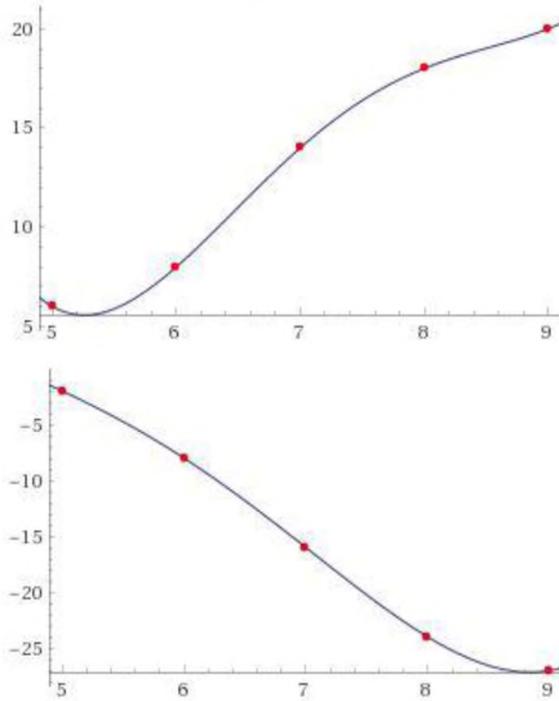


Рисунок 11. Графики аэродинамических сил в зависимости от частоты вращения
а) сила сопротивления; б) сила Магнуса

В связи с этим было принято решение, ввести силу сопротивления посредством формулы Стокса: $F_c = \frac{c\rho_v S v^2}{2}$, в которой c - коэффициент сопротивления, ρ_v - плотность воздуха, S - площадь взаимодействующей поверхности, v - скорость мяча.

Сила Магнуса будет введена в модель Motion с помощью метода точек данных (введение точечных значений силы в конкретные моменты времени) соответствующих начальным параметрам удара, полученных после расчетов сил в Flow Simulation (рисунок 10б).

В ходе создания модели Motion, была обнаружена проблема, связанная с вводом в систему векторных величин (начальных скоростей, сил и т.п.), которая не позволяла корректно приложить необходимые силы к модели мяча. Сила прилагалась не к центру масс, а по касательной к сфере, что создавало ненужное вращение.

Заметим, что приложение Motion рассчитывает движение тел, учитывая их массу, начальный импульс и действующие на них внешние силы, при этом форма тела не влияет на расчет. Исходя из этого, для решения вышеописанной проблемы

была создана модель мяча с усеченными с помощью плоскостей (Plane3, Plane 4 и т.д.) сторонами (рисунок 12), позволившая корректно ввести силы в SolidWorks Motion.

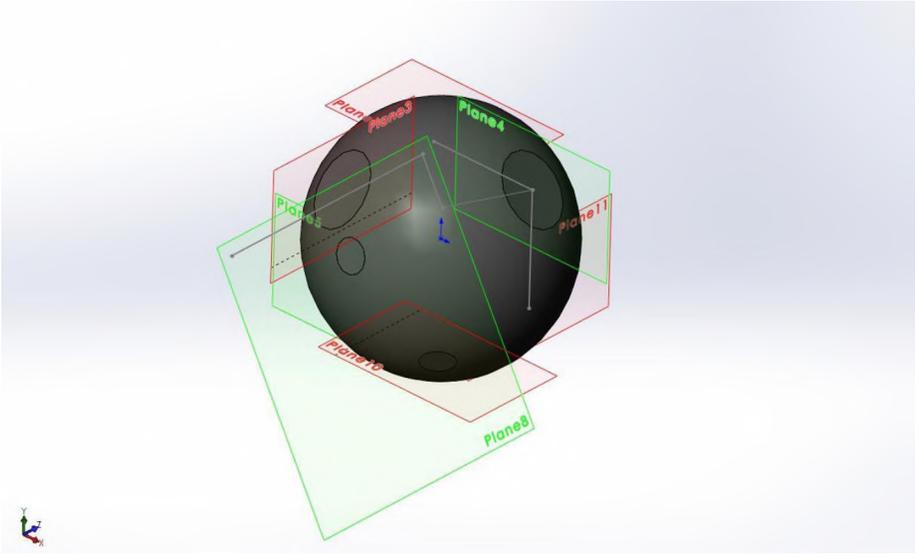


Рисунок 12. Модель мяча

Так как сила сопротивления меняет своё направление во время движения мяча, и из-за невозможности создания в SolidWorks изменяющейся по вектору силы, было принято решение разложить ее на проекции, на оси OY и OX, что будет описано ниже. После расчета движения мяча без учета аэродинамических сил был получен график изменения величины скорости мяча (рисунок 13) и значение ее проекции на ось OX, равное 22 M/c . Ее значение остается постоянным, так как величина скорости меняется из-за изменения в свою очередь ее вертикальной составляющей (проекции на ось OY), на которую действует ускорения свободного падения $g = 9,806 \text{ M/c}^2$.

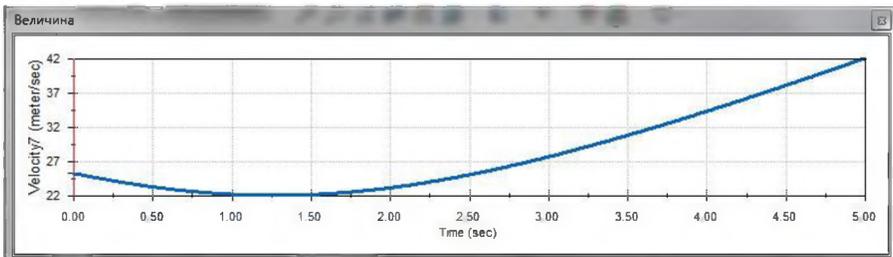


Рисунок 13. график изменения величины поступающей скорости мяча;

Так как вектор силы сопротивления направлен противоположно вектору скорости, то зная значения скорости мяча и ее проекции на ось по формуле 3 можно рассчитать косинус Угла вектора скорости относительно оси OX отношения между проекциями и величиной силы сопротивления.

$$\cos \alpha = \frac{V_x}{V} \quad (3)$$

$$F_{cx} = \cos \alpha \frac{C\rho_B S v^2}{2} = \frac{V_x}{V} \frac{C\rho_B S v^2}{2} \quad (4)$$

$$F_{cy} = \sin \alpha \frac{C\rho_B S v^2}{2} = \sqrt{\left[1 - \left[\frac{V_x}{V}\right]^2\right]} \frac{C\rho_B S v^2}{2} \quad (5)$$

По формулам 4 и 5 были рассчитаны и введены в Motion проекции силы сопротивления.

На рисунке 14 изображена модель мяча с приложенными к нему силами (стрелки синего цвета) и начальной скоростью (красная стрелка).

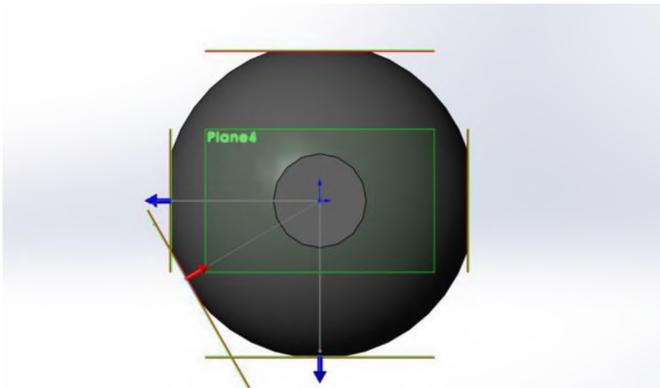


Рисунок 14. Модель Motion

График силы Магнуса введенный методом точек данных, представлен на рисунке 15.

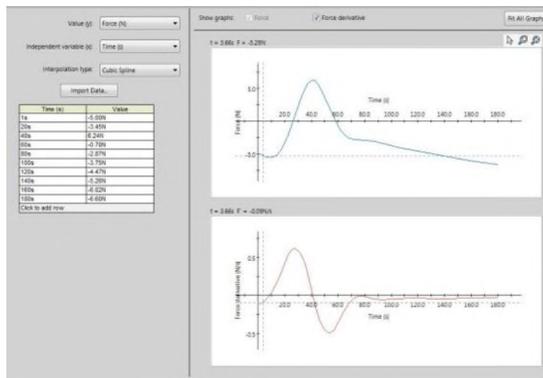


Рисунок 15. Сила Магнуса

После расчета движения мяча с учетом силы Магнуса и сопротивления, была получена траектория полета мяча, указанная на рисунке 16.

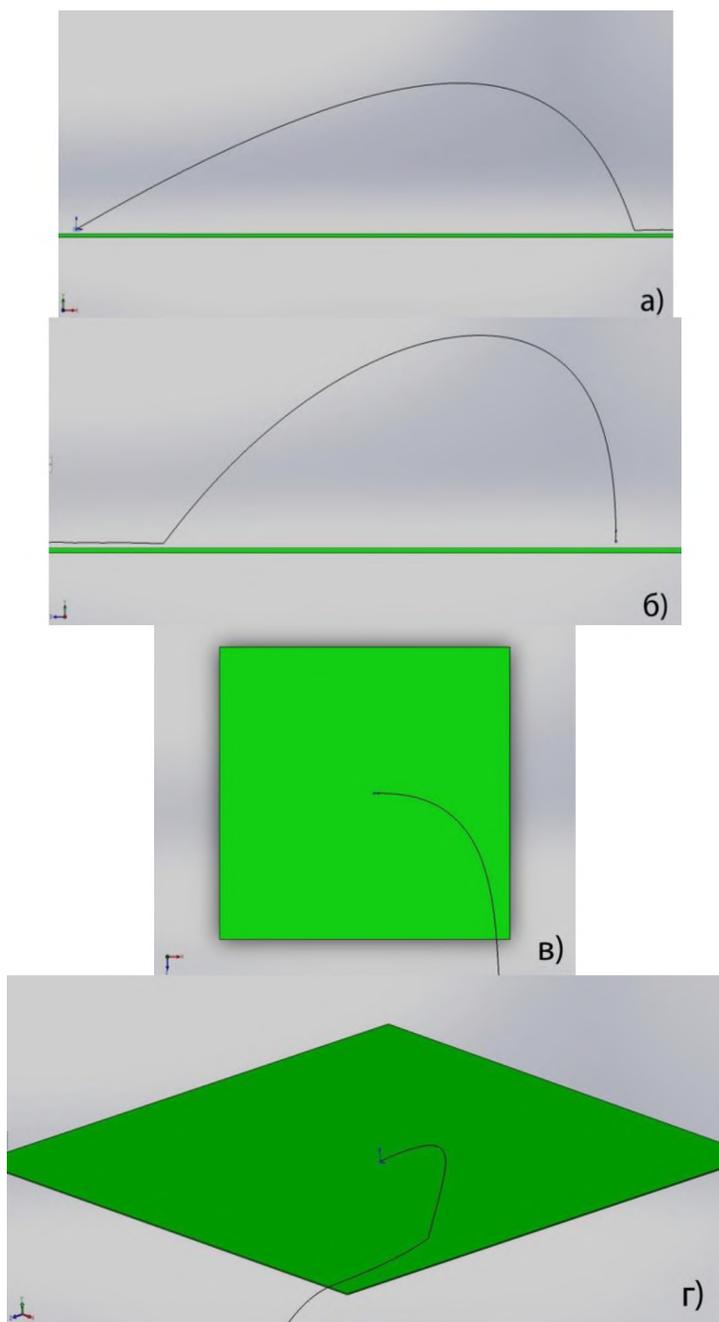


Рисунок 16. Траектория полета мяча с учетом аэродинамических сил; а) вид сбоку; б) фронтальный вид; в) вид сверху; г) вид в изометрии;

Сравнение с существующими аналогами

Изучение эффекта Магнуса являлось предметом исследования многих ученых с момента его открытия. Этому вопросу посвящено много научно-технических работ. Так в работе [10] описаны результаты исследования подъемной силы Магнуса сферических тел, выполненного при помощи специального модельного устройства запуска. В значительном числе работ приведены математические модели исследования эффекта Магнуса в виде алгебраических зависимостей с последующим построением графиков с применением пакетов MathCAD, Matlab [11] и пр.

Достоинством разработанной в рамках исследования модели в программном комплексе SolidWorks в сравнении с существующими аналогами являются:

- простота изменения параметров модели (веса мяча, начальной скорости и частоты вращения и пр.);
- возможность параметрического анализа – исследования зависимости параметров траектории, скоростей и сил от начальных условий;
- наглядность полученных результатов моделирования;
- широкий спектр исследуемых параметров (скорости, силы, давления и пр.);
- возможность учета большинства известных внешних условий исследуемого процесса;
- разработанная модель может служить основой создания новой модели, например, модели полета пули.

Использование разработки

Воздействие силы Магнуса на различные объекты можно наблюдать в большом числе физических процессов, окружающих нас в повседневной жизни. Важность исследования этого явления не вызывает сомнений. Особую практическую значимость исследования эффекта Магнуса имеют следующие системы:

1. Системы пуска сферических снарядов. Сегодня одним из приоритетных направлений усовершенствования приводов запуска шарообразных снарядов является разработка так называемых модулей хоп-ап, обеспечивающих стабилизацию полета снаряда за счет искусственного закручивания и создания силы Магнуса (рисунок 17) [12].

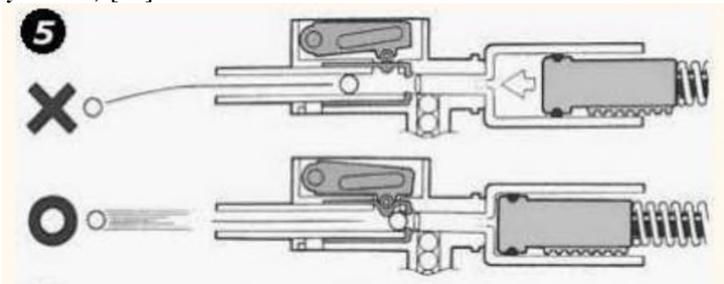


Рисунок 17. Применение модулей хоп-ап для стабилизации полета сферических снарядов

2. Парусные суда. В 1922 году Антон Флеттнер изобрел роторное судно (рисунок 18), основанное на использовании эффекта Магнуса [13]. Особая кон-

струкция ротора позволила увеличить движущую силу судна в несколько раз. Попытки создания аналогов такого двигателя производятся и по сей день.
3.

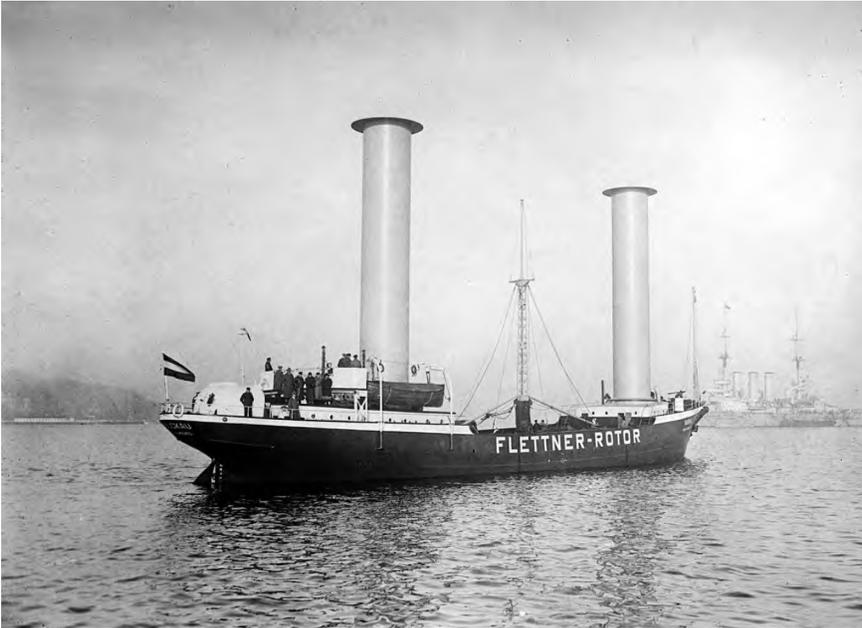


Рисунок 18. Парусное судно «Букау» с установленными на нем роторами Флеттенера

4. Системы запуска мячей. Популярные в настоящее время машины по запуску мячей широко используются на тренировках спортсменов (рисунок 19). Правильные параметры запуска мячей с учетом силы Магнуса позволят разнообразить варианты траекторий полета и тем самым улучшить качество тренировок.

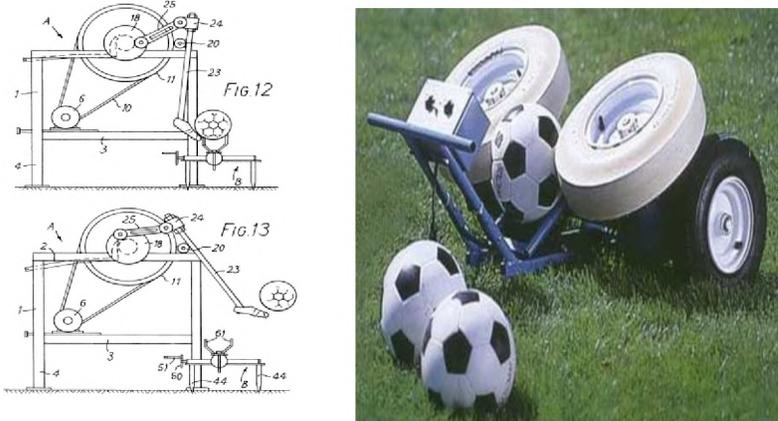


Рисунок 19. Машины запуска мячей

Разработанная модель может быть использована для проектирования описанных выше устройств, а также других систем, в которых требуется определение зависимости сил аэродинамики от исходных параметров системы.

Бизнес-привлекательность разработки

Разработанная модель полета футбольного мяча, позволяющая учитывать силы аэродинамики, может быть легко модифицирована для определения зависимостей движения тел с другими характеристиками (пуля, теннисный мяч и пр.) и с учетом другого набора внешних условий. Такая гибкость позволяет использовать модель в процессе проектирования машин запуска мячей, модулей стабилизации для оружия, парусных судов, самолетов и пр. Это позволит сократить сроки и повысить качество проектирования, снизить трудозатраты этапа моделирования и затраты на создание натуральных моделей.

Список литературы:

1. Герман, И. Физика организма человека / И. Герман ; Пер. А.М.Мелькумянц, С.В.Ревенко. – ИЛ «Интеллект», 2011. -994с.
2. Алэйн, Р. Вращение футбольного мяча. – 2010 – [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.wired.com/2010/09/the-curving-soccer-ball/> .
3. Никифоров, Н.Н. Артиллерия / Н.Н. Никифоров, П.И. Туркин, А.А. Жеребцов, С.Г.Галиенко ; под общ. ред. М.Н.Чистякова. – М.:Воениздат МО СССР, 1953. – 480 с.
4. Краснов, Н.Ф. Аэродинамика тел вращения / Н.Ф. Краснов – М.: Машиностроение, 1964 г. – 572 стр.
5. Китайгородский, А.И. Введение в физику / А.И.Китайгородский. М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1973. – 684 с.
6. SolidWorks – [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.solidworks.ru/products/447/>
7. Фонгес, Э. Эффект Магнуса а и мячи чемпионата мира по футболу. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.comsol.ru/blogs/magnus-effect-world-cup-match-ball/>
8. Карре, М.Д. Понимание аэродинамики вращающегося футбольного мяча / М.Д.Карре, С.Р.Гудвил, С.Д.Хаке ; под ред. М.Хубард, Д.М. Халлис, Р.Д. Мехта / Международная ассоциация спортивной инженерии – 2004 – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://shura.shu.ac.uk/2212/>.
9. Wolfram Alfa – [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.wolframalpha.com>
10. Корсуков, В.С. Экспериментальные исследования подъемной силы Магнуса у сферических тел / В.С.Корсуков, В.И.Штейер // Ученые записки ЦАГИ. – 1992 – Т. XXIII, №4. – С.100-102
11. Корякина М. С. Моделирование полета мяча с учетом эффекта Магнуса / Математическое моделирование в естественных науках. –2016 – Т.1 – с. 155-160
12. Клубков, И. Ликбез: хоп-ап глазами технически подкованного владельца / И. Клубков. – 2015 – [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://nutsboltman.blogspot.ru/2015/01/blog-post_12.html
13. Паруса в виде колонн: эффект Магнуса. – 2016 – [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://integral-russia.ru/2016/07/19/parusa-v-vide-kolonm-effekt-magnusa/>

ОТКРЫТИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ НОВОЙ КАТАКЛИЗМИЧЕСКОЙ ПЕРЕМЕННОЙ ЗВЕЗДЫ

Панов Данил Андреевич

*Алтайский край, г. Рубцовск, МБОУ «Лицей «Эрудит», 10 класс
e-mail: panov135@mail.ru*

Аннотация. Переменные звезды представляют собой интересный класс космических объектов, в настоящее время темп открытий новых переменных звезд возрос, данные этих открытий важны для анализа поведения, планирования наблюдений некоторых звезд с наземных и космических обсерваторий, компьютерных моделей. В работе предпринята попытка обнаружить и провести исследование переменной звезды в этом заключается актуальность и новизна. Особенностью исследования является то, что для изучения фрагментов звездного неба были выбраны снимки его южного полушария. Цель работы – поиск и обнаружение новой переменной звезды, и исследование её характеристик: блеска, класс звезды, периодичности. Методы исследования: экспериментальный; эмпирический. В ходе проведенных наблюдений удалось обнаружить переменную звезду в южном полушарии в созвездии Стрельца, исследовать ее характеристики, зарегистрировать ее на официальном сайте и внести в Международный реестр переменных звезд AAVSO VSX.

Ключевые слова: переменная звезда, катаклизмическая переменная, кривая блеска, звездная величина, период звезды, блеск звезды, белый карлик.

Место выполнения работы. Работа выполнена на базе: МБОУ «Лицей «Эрудит»; ООО «Лаборатория научного творчества» – летний научный лагерь «ЛАНАТ», организуемый лабораторией научного творчества специализированного учебно-научного центра Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова); Государственного астрономического института имени П.К. Штернберга. Научный руководитель: Булгакова Ольга Михайловна, МБОУ «Лицей «Эрудит», учитель физики. Консультант: Денисенко Денис Владимирович, ведущий инженер Государственного астрономического института им. П.К. Штернберга МГУ имени М.В. Ломоносова.

Описание инновационной разработки

В 21 веке бурное развитие новых технологий сделали возможным и простым то, на что раньше уходили годы кропотливого труда. Доступное многим оборудование – телескоп и современный персональный компьютер – даёт возможность открывать и исследовать сотни и тысячи новых переменных звезд. Можно ли в этом случае сказать, что область астрономии, связанная с поиском и исследованием звездной переменности, уже исчерпана или хотя бы близка к этому? На данный момент, нет, и особенно это относится к нашей Галактике. Основная проблема заключается в сложности и дороговизне изготовления снимков звездного неба. Соответственно, исследователь, часто вынужден ограничиться изысканиями в относительно небольших по площади участках небесной сферы [1]. Глядя на небо, полное мерцающих звезд, понимаешь, что жизнь на Земле – это только начало пути, многое нужно понять, исследовать и изучить.

Переменная звезда – звезда, блеск которой изменяется со временем в результате происходящих в её районе физических процессов. Строго говоря, блеск любой звезды меняется со временем, в той или иной степени. Например, величина выделяемой Солнцем энергии изменяется на 0,1 % в течение одиннадцатилет-

него солнечного цикла, что соответствует изменению абсолютной звёздной величины на одну тысячную. Переменной называется звезда, изменения блеска которой были надёжно обнаружены на достигнутом уровне наблюдательной техники. Для отнесения звезды к разряду переменных достаточно, чтобы блеск звезды хотя бы однажды претерпел изменение [2].

Причинами изменения блеска звёзд могут быть: радиальные и нерадиальные пульсации, хромосферная активность, периодические затмения звёзд в тесной двойной системе, процессы, связанные с перетеканием вещества с одной звезды на другую в двойной системе, катастрофические процессы, такие как взрыв сверхновой. Не следует путать переменность звёзд с их мерцанием, которое происходит из-за колебаний воздуха земной атмосферы. При наблюдении из космоса звёзды не мерцают [2].

Яркость, точнее, блеск звёзд астрономы измеряют в звёздных величинах.

Видимая звёздная величина – мера яркости небесного тела (точнее, освещённости, создаваемой этим телом) с точки зрения земного наблюдателя. Обычно используют величину, скорректированную до значения, которое она имела бы при отсутствии атмосферы. Чем ярче объект, тем меньше его звёздная величина [3, с. 29].

Различные причины переменности приводят к различным наблюдательным проявлениям, т.е. кривым блеска. Кривая блеска – функция изменения блеска астрономического объекта во времени. Данное понятие применимо как к самосветящимся объектам (звёздам), так и к объектам, отражающим свет близлежащего светила (Солнца, звезды). В роли таких объектов могут выступать планеты, их спутники, астероиды и другие [4, с. 111]. Выявление для переменной звезды изменений периода может многое сказать о ней. Так, к изменениям периода приводит движение пульсирующей звезды вокруг спутника; движение затменной пары вокруг третьего тела; вращение линии апсид затменной системы; изменение структуры пульсирующей звезды, которое может, в частности, непосредственно отражать ее эволюцию [5].

Все переменные звёзды меняют свой блеск по разным причинам, поэтому была разработана классификация по этому признаку. Сейчас в классификации переменных звезд выделено несколько больших групп, каждая из которых содержит в себе подгруппы, куда относятся звезды с одинаковыми причинами переменности. Рассмотрим затменно-переменные звёзды – это системы из двух звёзд, суммарный блеск которых периодически изменяется с течением времени. Причиной изменения блеска могут быть затмения звёзд друг другом, или изменение их формы взаимной гравитацией в тесных системах, то есть переменность связана с изменением геометрических факторов, а не с физической переменностью. Звезда с большей светимостью – главная, с меньшей светимостью – спутник [6].

Затменные переменные типа Алголя (EA) – кривые блеска позволяют фиксировать начало и конец затмений; в промежутках между затмениями блеск остаётся практически постоянным.

Затменные переменные типа β Лиры (EB) – Двойные звёзды с эллипсоидальными компонентами, непрерывно меняющими блеск, в том числе и в промежутке между затмениями. Обязательно наблюдается вторичный минимум. Периоды, как правило, больше 1 дня.

Затменные переменные типа W Большой Медведицы (EW) – контактные системы звёзд спектральных классов F и более поздних. Имеют периоды менее 1 дня и амплитуды обычно меньше 0,8m. [2]

Катаклизмические переменные – класс астрономических объектов, относящихся к переменным звёздам и проявляющие катаклизмическую (вспышечную) активность. Представляют собой тесные двойные системы, состоящие из белого карлика (главная звезда) и компаньона, роль которого чаще всего исполняет маломассивная слабо проэволюционировавшая звезда главной последовательности, то есть красный карлик.

Иногда роль компаньона может исполнять и другой объект – например, субгигант или красный гигант. Катаклизмические (взрывные и новоподобные) переменные звёзды. Переменность этих звёзд вызвана взрывами, причиной которых являются взрывные процессы в их поверхностных слоях (новые) или глубоко в их недрах (сверхновые) [2].

Белые карлики – проэволюционировавшие звёзды с массой, не превышающей предел Чандрасекара (максимальная масса, при которой звезда может существовать как белый карлик), лишённые собственных источников термоядерной энергии.

Белые карлики представляют собой компактные звёзды с массами, сравнимыми или большими, чем масса Солнца, но с радиусами в 100 раз меньшими и, соответственно, болометрическими светимостями в ~10 000 раз меньше солнечной. Температура может достигать от 100.000К-200.000К [7].

Наблюдения и методы исследования переменной звезды.

Для исследования были заказаны снимки с обсерватории Siding Springs, находящейся в Австралии. Так как северное полушарие уже достаточно хорошо изучено, соответственно шанс найти переменную звезду увеличится, если заказать снимки с телескопов, находящихся в южном полушарии. Площадка была выбрана исходя из благоприятных условий видимости во время наблюдений (август 2017 года) и большого количества звезд в поле. Телескоп, с которого были сделаны снимки, называется T31. Observatory: Siding Spring – Australia – MPC Q62. Характеристики: расположен на высоте 1122 м над уровнем моря. Минимальная высота наведения: примерно 25°, рефлектор + ПЗС матрица + фокальный редуктор.

Поиск и исследование производились в программах: MaximDL и Muniwin, с помощью которых, исследовалась окрестность созвездия Стрельца, на наличие звезд, заподозренных в переменности.

В программе MaximDL, предназначенной для обработки астрономических изображений, путём блинкования снимков, была сделана анимация для просмотра участков звездного неба. В результате наблюдения и изучения 8 разных площадок, на каждой из которых около 20.000 звёзд, удалось обнаружить переменную звезду на рисунке 1.

Проанализировав звезду, изменяющую блеск, приступили к детальному ее исследованию. Для проверки, переменности звезды, необходимо определив её координаты 19:21:27.38, -31:13:49.5 на звездном небе, проверить с помощью архивов, действительно ли это звезда, а не дефект камеры или мерцание, происходящее из-за колебаний воздуха земной атмосферы.

Дальнейшим этапом работы являлось определение периода изменения блеска.

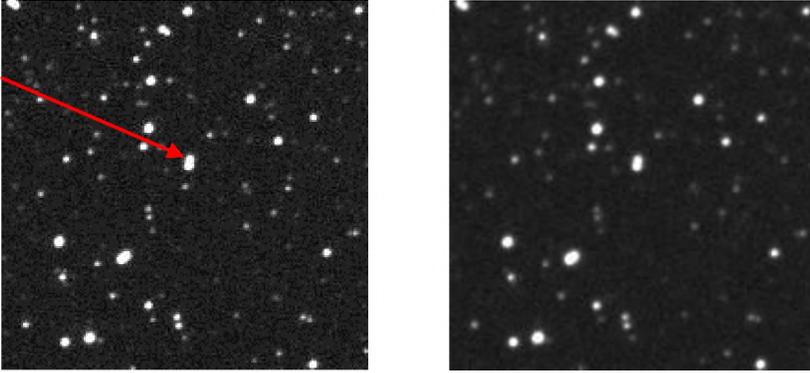


Рисунок 1 – Обнаруженная переменная звезда (в центре фото)

На снимках 15 августа 2017 года звезда с координатами 19:21:27.38, - 31:13:49.5 показала изменения яркости, заметные глазом. Было рассчитано, что звезда имеет блеск равный $-17,8^m$, а в затмении $-19,4^m$, то есть затмения составляют около $1,5^m$ звездной величины, что является амплитудой изменения блеска. Кривая блеска, построенная в программе MaxIm DL, выявила затмения глубиной около $1,5$ звездных величин ($17,8-19,4^m$).

Для вычисления периода изменения блеска потребовались дополнительные снимки повторного наблюдения звезды. В результате произведены исследования в программе Muniwin и с помощью расчетов программы WinEffect, определен период изменения блеска звезды равный $0,094277$ дней ($2,2626$ часа) на рисунке 2.

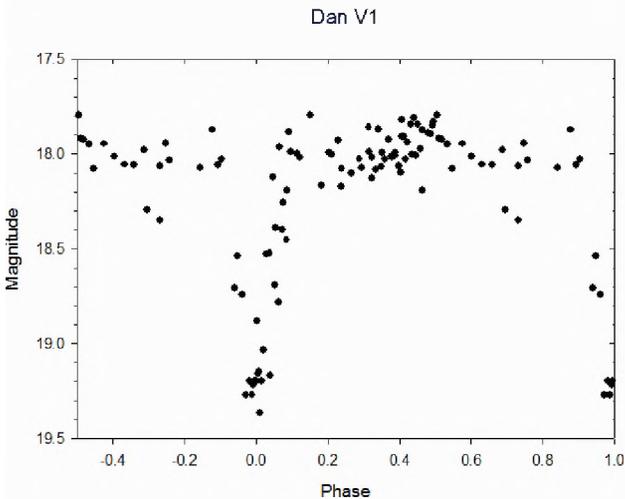


Рисунок 2 – Период изменения блеска переменной звезды

Для уточнения периода использовались архивные данные обзора NEAT за 2001-2002 года, собственные наблюдения на австралийском телескопе за 17,

19, 20 и 28 августа 2017 года и составлена кривая блеска за 15 августа 2017 года на рисунке 3.

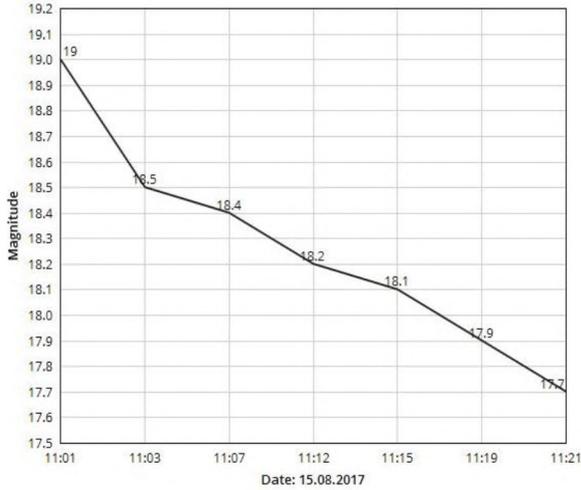


Рисунок 3 – Период изменения блеска переменной звезды 15.08.2017

После анализа полученных данных, сформулирован вывод о том, что звезда является ультрафиолетовым источником, а период меняется быстро и нерегулярно, значит обнаруженная переменная звезда принадлежит сразу к двум классам: катаклизмическая (CV взаимодействующая двойная система с белым карликом и вторичным компонентом) и затменная (E), что является редкостью, ведь из всех открытых переменных звезд (около 474 тысяч), катаклизмические составляют всего один процент.

Регистрация переменной звезды: по полученным координатам мы искали указанную звезду в каталоге AAVSO VSX (Международная ассоциация наблюдателей переменных звезд Variable Star Index). В этом каталоге данная звезда не была зарегистрирована.

На основании этого был сделан вывод, что данная звезда является новой переменной. Звезду считают переменной и включают в соответствующие каталоги, если ее заатмосферный блеск в ультрафиолетовом, видимом или инфракрасном диапазоне меняется (менялся) в масштабах, обнаружимых при достигнутой точности наблюдений за интервал времени, охваченный наблюдениями такой точности на рисунке 4.

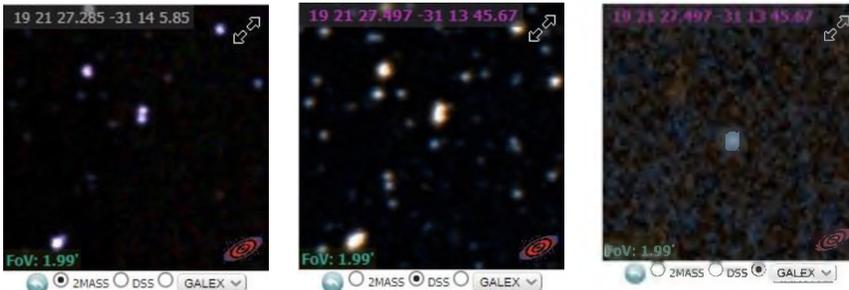


Рисунок 4 – Снимки участка неба с переменной звездой в разных спектральных диапазонах: инфракрасном, видимом и ультрафиолетовом

В каталоги переменных звезд принято включать лишь объекты, у которых выявлены изменения блеска в ультрафиолетовом, видимом или инфракрасном диапазоне. Переменность в радиодиапазоне или в рентгеновском диапазоне, безусловно, делает поиск оптической переменности звезды весьма перспективным, но переменной звездой такой объект будет объявлен лишь после успешного завершения этого поиска [1].

После этого можно было отправлять звезду для регистрации на официальном сайте в Международном реестре переменных звёзд AAVSO VSX [8]. Звезда зарегистрирована под названием Dan V1 [8] на рисунке 5.

Details for Revision 1			
Log in to retrieve additional aliases from SIMBAD.			
Name	V Dan V1		
AAVSO UID	--		
Constellation	Sagittarius		> Sequence
J2000.0	19 21 27.38 -31 13 49.5 (290.36408 -31.23042)		> Search nearby
B1950.0	19 18 15.50 -31 19 31.7		
Galactic coord.	7.094 -19.622		
Other names (Internal only)	GALEX J192127.3-311349	GALEX J192127.4-311350	SSS_J192127.4-311349
	USNO-A2.0 0525-40560552	USNO-B1.0 0587-0835138	(Not logged in) > Add name
Variability type	CV+E		?
Spectral type	--		
Mag. range	17.8 - 19.2: CV		?
Discoverer	Danil Panov		
Epoch	15 Aug 2017 (HJD 2457990.957)		> Ephemeris
Outburst	--		
Period	0.094277 d (2.2626 h)		
Rise/clipse dur.	--		
Remarks			
Some references may be clicked to view in new window. Roll over index number to view submission details.			
1	Denisenko, FUV= 19.86, NUV= 19.76 (GALEX). Discovered by 10th grade student Danil Panov during LANAT Denis summer school on Telescope Net T31 images.		

Рисунок 5 – Регистрация переменной звезды на официальном сайте AAVSO VSX

Проанализировав полученные результаты, можно прийти к ряду выводов: в ходе проведенных наблюдений космических объектов с помощью снимков телескопа T31 с обсерватории Siding Springs, в Австралии, в южном полушарии в созвездии Стрельца удалось обнаружить переменную звезду. В результате анализа фотометрических данных электронных архивов и проведения исследований: удалось построить кривую блеска, определить звездную величину, период звезды. Открытая переменная звезда была зарегистрирована на официальном сайте и внесена в Международный реестр переменных звёзд AAVSO VSX.

Сравнение с существующими аналогами

Звёзд класса CV+E (затменная, переменная, катаклизмическая), внесённых в Международный реестр переменных звёзд AAVSO VSX, всего 15. При

рассмотрении в поле созвездия Стрельца находится только две: открытая нами звезда Dan V1 с периодом 0,094277 и еще одна с именем OGLE-IV BLG501.24 34934, но её период 0,3587 отличается, а так же различны у них звездные величины 17,8 – 19,2: CV и 19,0 – 20,3 r'. Из этого следует, что открытая звезда Dan V1, не имеет аналогов среди подобных открытых и зарегистрированных звезд класса CV+E.

Использование разработки

Практическая и теоретическая значимость: результаты проведенного исследования могут быть использованы для решения задач звездной статистики, так же материал может быть полезен для уточнения теории переменных звёзд. Дан материал для установления статистической зависимости одних параметров звезд от других и внесен вклад в развитие теории внутреннего строения и эволюции звезд.

В ходе проведения работы получен ряд новых результатов: открытая переменная звезда, исследована по всему доступному фотографическому материалу, что позволило однозначно классифицировать переменную, определить элементы изменения блеска, построить кривую блеска.

Бизнес-привлекательность разработки

Материалы по открытию и исследованию новой переменной звезды Dan V1 можно использовать в коммерческих целях при открытии консультационно-практического центра для астрономов-любителей. В центре можно оказывать следующие услуги, в том числе интернет услуги: предоставление материалов, обучение приёмам астрономических наблюдений, создание обучающих программ для школы, или вуза, предоставление возможности клиенту самостоятельного исследования звездного неба на предмет обнаружения переменной звезды с помощью имеющегося в наличии телескопа Sky-Watcher BK P1145AZGT от компании SynScan GOTO. Данную деятельность можно сопровождать распространением сувенирной продукции (авторучки, футболки, пакеты, календари, магниты и прочее) с изображением фрагмента звездного неба переменной звезды Dan V1 и логотипом центра, что является разновидностью имиджевой рекламы. Эти предметы будут выступать не только в качестве носителей информации, но и агентов воздействия на аудиторию, коммуникацию с которой необходимо выстроить. Сувенирная реклама эффективно повысит узнаваемость за счет того, что носитель является функциональным предметом и используется в быту.

Список литературы:

1. Антипин, С. В. Открытие и исследование новых переменных звезд по пластинкам Московского архива астрофотографий / С.В. Антипин. – М., 2000. – 125 с.
2. Переменная звезда // Всё о Космосе / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://aboutspacejournal.net/>
3. Гоффмейстер, К., Рихтер, Г., Венцель, В. Переменные звёзды / К. Гоффмейстер, Г. Рихтер, В. Венцель. – М.: Наука, 1990. – 360 с.
4. Цесевич, В. П. Переменные звезды и их наблюдение / В.П. Цесевич. – М.: Наука, 1980. – 176 с.
5. Самусь, Н.Н. Переменные звезды: учеб. пособие / Н.Н. Самусь. Астрономия. – М.: Изд-во ГАИШ МГУ, 2005.

6. Astro-World.ru (Астрономия и космос) / Переменные звёзды — что это и какие они бывают / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://astro-world.ru/peremennye-zvyozdy-chto-eto-i-kakie-oni-byvayut/#i-4>
7. Шкловский, И.С. Звезды: их рождение, жизнь и смерть / И.С. Шкловский. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1984. – 384 с.
8. Официальный сайт Международного реестра переменных звёзд AAVSO VSX. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.aavso.org>.

УДК 616-093

РАЗРАБОТКА ИММУНОХРОМАТОГРАФИЧЕСКОГО МЕТОДА РАННЕЙ ДИАГНОСТИКИ КАРИЕСА ЗУБОВ У ДЕТЕЙ

Степанова Мария Александровна

*Кировская область, г. Киров, КОГОУ «Лицей естественных наук», 10 класс
e-mail: mary31337@mail.ru*

Аннотация. В данной работе рассматривается вопрос конструирования тест-системы для иммунохроматографического метода диагностики кариеса зубов. Иммунохроматографический метод необходим для раннего выявления кариеса зубов у детей. Указанный метод является неинвазивным. При исследовании используется ротовая жидкость (слюна). В результате работы были изучены качественные и количественные характеристики микроорганизмов, участвующих в механизме развития поражения зубов. Определены кариесогенные бактерии на всех этапах болезни. В результате применения иммунохроматографического метода будут своевременно оказаны лечебные мероприятия и сохранены зубы.

Ключевые слова: трансиллюминация, иммунохроматография, кариес зубов, микроорганизмы, стрептококк, лактобациллы, коллоидное золото, стоматология медицина.

Место выполнения работы. Работа выполнена на базе кафедры микробиологии и вирусологии ФГБОУ ВО «Кировский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации. При выполнении работы были использованы реактивы и оборудование иммунохимической и микробиологической лаборатории. Научный руководитель: Колеватых Екатерина Петровна, заведующий кафедрой микробиологии и вирусологии ФГБОУ ВО Кировский ГМУ Минздрава России, доцент, кандидат медицинских наук.

Описание инновационной разработки

По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) заболеваемость кариесом зубов в разных странах составляет 80 – 98%: 1-3%– в странах Западной Европы, 80-97%– в регионах Африки, Азии, СНГ [1]. Существуют кариесогенные бактерии родов *Streptococcus*, *Lactobacillus*, *Actinomyces*. Наибольшую роль играет *Streptococcus mutans*. Для диагностики кариеса применяются многочисленные методы: визуализация, зондирование эмали, перкуссия, термометрия, электроодонтометрия, трансиллюминация, кислотоустойчивость эмали, окрашивание, рентгенограмма, фиссуротомия и т.д. [2]. Ни один из перечисленных методов в домашних условиях выполнить невозможно. Поэтому разработка экспрессного доступного для населения способа ранней диагностики кариеса зубов является актуальной.

Цель исследования: разработка иммунохроматографического теста для ранней диагностики кариеса зубов у детей.

Задачи исследования:

1. Изучить частоту вегетации кариесогенных микроорганизмов на пораженных зубах у детей 3-4 лет.
2. Сконструировать тест-систему для иммунохроматографического анализа (ИМХА).
3. Сравнить эффективность и чувствительность ИМХА с трансиллюминацией.

В современной медицинской практике с каждым годом возрастает роль лабораторной диагностики как основного инструмента постановки диагноза и мониторинга терапии. Одним из бурно развивающихся и востребованных методов лабораторной диагностики является иммунохроматографический анализ [3, 4, 5].

ИММУНОХРОМАТОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ (ИХА) – метод определения наличия определенных концентраций веществ в биологических материалах (моча, цельная кровь, сыворотка или плазма крови, слюна, кал и т.д.). Данный вид анализа осуществляется при помощи индикаторных полосок, палочек, панелей или тест-кассет, которые обеспечивают быстроту проведения тестирования. ИХА – сравнительно молодой метод анализа, он часто обозначается в литературе также как метод сухой иммунохимии, стрип-тест, QuikStripcassette, QuikStripdipstick, экспресс-тест или экспресс-анализ. Эти названия связаны с быстротой проведения этого метода анализа.

Принцип действия иммунохроматографического теста состоит в том, что при погружении теста в физиологическую жидкость она начинает мигрировать вдоль полоски по принципу тонкослойной хроматографии. Подвижной фазой в данном случае является физиологическая жидкость. Вместе с жидкостью движутся и антитела с красителем. Если в этой жидкости присутствует исследуемый антиген (гормон, инфекционный или онкологический маркер), то происходит его связывание, как с первым, так и со вторым типом антител, что является уже иммунологическим методом анализа. При этом происходит накопление антител с красителем вокруг антител, жестко иммобилизованных в тест-зоне ИХА-полоски, что проявляется в виде яркой темной полосы. Несвязавшиеся антитела с красителем мигрируют далее вдоль полоски и неизбежно взаимодействуют со вторичными антителами в контрольной зоне, где и наблюдается вторая темная полоса. Взаимодействие (и темная полоса) в контрольной зоне должны проявляться всегда (если анализ проведен правильно), независимо от присутствия исследуемого антигена в физиологической жидкости. Результаты определяются визуально или компьютерной обработкой отсканированного изображения.

Имунологический метод анализа основан на реакции между антигеном и соответствующим ему антителом. Антиген – вещество, которое чужеродное для организма человека и которое может запустить иммунную систему (защитную реакцию). Антитела – это белки, которые выделяются клетками нашего организма при внедрении в него антигена. Метод иммунной хроматографии основан на особенном свойстве антител связываться с антигеном специфическим (то есть избирательным) образом. Это означает, что каждое антитело узнает и связывается только с определенным антигеном. На этой уникальной особенности антител и основаны все иммунологические методы анализа в том числе и ИХА. Причем определяемым «антигеном» в данном методе анализа может служить и определяемое в биоматериале антитело к инфекционному агенту или аутоантитело, тогда

остальные используемые в тесте антитела будут являться антиантителами. В ИХА-тестах используется три типа антител.

1. Растворимые моноклональные антитела к исследуемому антигену или антителу, конъюгированные ("сшитые") с коллоидным золотом – красителем, который можно легко идентифицировать даже в самых малых концентрациях. Эти антитела нанесены вблизи участка погружения тест-полоски в физиологическую жидкость (мочу, кровь).

2. Поликлональные антитела к исследуемому антигену или антителу, жестко иммобилизованные в тест-зоне полоски.

3. Вторичные антитела к моноклональным антителам, жестко иммобилизованные в контрольной зоне тест-полоски.

Принцип работы тестов на наркотиках несколько отличается от других тест-систем. Устройство ИХА-полоски отличается тем, что в тест-зоне иммобилизованы искусственные антигены, способные специфически связываться со свободными антителами. Если исследуемый антиген (наркотик) НЕ присутствует в физиологической жидкости, участки связывания антител (эпитопы) остаются свободными, и они способны связываться с искусственными антигенами в тест-зоне, образуя темную полосу за счет конъюгированного красителя. Соответственно если исследуемый антиген присутствует в жидкости, то антитела, связавшись с ним, уже не могут взаимодействовать с антигенами в тест-зоне и образования темной полосы там не происходит. Но в обоих случаях (если анализ проведен правильно) происходит связывание "окрашенных" антител со вторичными антителами в контрольной зоне и образование там темной полосы. Возможные варианты при проведении анализа: одна полоса – отрицательный результат, две полосы – положительный результат, нет полос - анализ проведен неправильно.

Основными преимуществами использования иммунохроматографических тест-полосок являются:

1) Простота и удобство – позволяет получить результат (анализ и первичное представление о причине заболевания) без оборудования и специальных навыков

2) Надежность– достоверность тестов достигает 92-99,8%, при этом каждый тест имеет встроенный внутренний контроль

3) Экономичность– минимальные затраты на приобретение теста и экономия времени на проведение обследования. В рознице стоимость одного ИФА-исследования в 5-10 раз дороже ИХА и получение результата минимум на следующий день

4) Анонимность – что особенно важно при выявлении заболеваний, передаваемых половым путем, других инфекционных заболеваний, а также выявления фактов употребления наркотических веществ

5) Независимость – не требует предварительной медицинской консультации и рецепта врача.

Являясь эффективным средством диагностирования, экспресс-тесты позволяют визуально в течение нескольких минут определить и оценить содержание антигенов, антител, гормонов и других диагностически важных веществ в организме человека. Экспресс-тесты отличаются высокой степенью чувствительности и точности, обнаруживая более 100 видов заболеваний, включающих такие распространённые болезни как туберкулёз, сифилис, гонорею, хламидиоз, различные виды вирусных гепатитов, и др., а также всю гамму применяемых наркотических веществ при высокой достоверности определения. Важным преимуще-

ством данного вида тестов является их применение в диагностике *in vitro*, не требующей непосредственного присутствия обследуемого пациента.

Однако иммунохроматографические тест-полоски не лишены недостатков. Касается это надежности, чувствительности и экономичности тестов. Надежность и чувствительность зависит, во-первых, от качества используемых в тесте моноклональных антител и, во-вторых, от концентрации антигена в биоматериале. Качество моноклональных антител зависит от способов их получения, очистки и фиксации на носителе. Концентрация антигена – от стадии заболевания и количества биоматериала. Количество биоматериала особенно важно при использовании цельной крови. При этом существенную роль играет гематокрит, т.е. соотношение плазмы и форменных элементов. При высоком гематокрите снижается количество плазмы с антигеном, мигрирующей вдоль полоски. Температура, от которой зависит скорость взаимодействия антитела с антигеном, важна только для времени постановки теста [6, 7].

Исследовали зубы детей в возрасте 3–4 лет, внешний осмотр проводил врач-стоматолог. Первую группу составили дети без кариозного процесса (15 человек), вторую группу – пациенты с начальной стадией кариеса (15 человек). Стерильным коммерческим тампоном брали мазок с поверхности зубов в транспортную среду Кэри-Блэр, ротовую жидкость, доставляли в микробиологическую лабораторию, высевали на питательные среды: Колумбийский агар для культивирования стрептококков, желточно-солевой агар (ЖСА) – для стафилококков, ЛактобакАгар – для лактобацилл, АнаэроАгар – для бактерий рода *Actinomyces*. Идентифицировали в биохимических тестах *Lachema* (Чехия) [3]. Морфологические свойства изучали при приготовлении фиксированных препаратов с окрашиванием методом Грама. В условиях стоматологической поликлиники врачи методом фиброоптической трансиллюминации определяли раннюю стадию кариеса. Ротовую жидкость использовали в иммунохроматографическом методе (ИХМ) для выявления антигенов *Streptococcus mutans* с пропитанной специфическими противострептококковыми антителами полоской из хроматографической бумаги. Анализируя результаты бактериологического исследования, необходимо отметить преобладание бактерий рода *Streptococcus* у пациентов второй группы (таблица 1).

Таблица 1. Частота вегетации кариесогенных микроорганизмов на поверхности зубов у детей 3 – 4 лет

№ п/п	Группы обследуемых	<i>Streptococcus</i> spp.	<i>Lactobacillus</i> spp.	<i>Actinomyces</i> spp.
1	1 группа (n=15)	6 (40%)	8 (53,3%)	4 (26,6%)
2	2 группа (n=15)	11 (73,3%)	10 (66,6%)	10 (66,6%)

Среди стрептококков лидирует вид *Streptococcus mutans* у детей, страдающих кариесом (таблица 2).

Таблица 2. Частота распространения *Streptococcus mutans*

Группы обследованных	<i>Streptococcus mutans</i>	<i>Streptococcus salivarius</i>
1 группа	5 (33,3%)	6 (40%)
2 группа	13 (86,6%)	10 (66,6%)

При разработке тест-модели ИХМ использовали хроматографическую бумагу, на которую с помощью электрофореза нанесли подвижные моноклональные антитела к исследуемому антигену *Streptococcus mutans*, конъюгированные ("шитые") с коллоидным золотом – красителем, который можно легко идентифицировать даже в самых малых концентрациях. Эти антитела нанесены вблизи участка погружения тест-полоски в физиологическую жидкость (ротовая жидкость). При избыточном содержании кариесогенного *Streptococcus mutans* в ротовой жидкости ребенка происходит окрашивание хроматографической полоски. При сравнении с фиброоптическим трансиллюминированием установлено подтверждение диагноза в 61% случаев (табл. 3).

Таблица 3. Сравнительная характеристика методов ранней диагностики кариеса зубов

Группы обследованных	Иммунохроматографический метод	Фиброоптическое трансиллюминирование
1 группа	2 (13,3%)	4 (90%)
2 группа	9 (60%)	13 (86,6%)

Таким образом, при дальнейшем усовершенствовании предлагаемого метода можно применять его в домашних условиях, так как проводится вне организма человека, исследуемый материал от больного – ротовая жидкость.

Выводы

1. В полости рта у пациентов с кариозным поражением зубов чаще вегетируют бактерии родов *Streptococcus*, *Lactobacillus*, *Actinomyces*.
2. Среди стрептококков лидирует *Streptococcus mutans*.
3. Иммунохроматографический метод подтверждает диагноз в 60% случаев.

Практические рекомендации

1. Необходимо продолжить разработку создания иммунохроматографического метода диагностики кариеса зубов на ранних стадиях.
2. ИХМ нужно использовать один раз в месяц с целью обнаружения повреждения зубов в начальном периоде.

Сравнение с существующими аналогами

Сравнивали с фиброоптической трансиллюминацией, которая применяется в практической стоматологии. Фиброоптическое трансиллюминирование основано на освещении зуба ярким светом. При этом пораженные кариесом участки оказываются более темными и создают хорошо заметную полусферу на фоне здоровой эмали. Такое обследование проводят в темной комнате и используют холодный свет. Люминесцентная диагностика заключается в освещении зуба ультрафиолетовым светом. Обычно луч света пропускается через специальный фильтр (фильтр Вуда). В таком свете язык кажется оранжевым, здоровые зубы имеют снежно белый оттенок, а кариозные – более темные. Границы пораженных участков здесь очень хорошо заметны и поэтому легко распознаются. Существует также метод лазерно-индуцированной флуоресценции. В нем зуб освещается лазерным лучом, и по спектру его собственного излучения делается вывод о целостности эмали зуба. Приборы для такой диагностики невелики и являются хорошим подспорьем в изучении кариесогенной ситуации в полости рта.

Иммунохроматографический анализ – метод, основанный на разделении частиц методом парной связки и реакции между антигеном и соответствующим ему антителом в биологических материалах (моча, слюна, цельная кровь, сыворотка или плазма крови и т.п.). Данный вид анализа проводится с помощью специальных экспресс-тестов, тест-полосок или тест-кассет. При использовании в качестве объекта ротовую жидкость тест может быть использован для раннего выявления кариеса в домашних условиях.

Использование разработки

В данной работе определены условия конструирования иммунохроматографического метода для определения антигенов возбудителя кариеса (*Streptococcus mutans*). Представленная разработка может быть использована гражданским населением в домашних условиях и в стоматологических учреждениях с целью выявления кариеса зубов на ранних стадиях. Метод неинвазивный, безболезненный. В качестве исследуемого материала используется ротовая жидкость (слюна), которую удобно собирать в контейнеры или непосредственно наносить на полоску в зависимости от вида дизайна.

Бизнес-привлекательность разработки

В настоящее время количество пациентов, страдающих кариесом зубов неуклонно возрастает, по данным ВОЗ составляет 76% всего населения. При несвоевременном обращении к стоматологам к 2030 году заболеваемость составит 90%. Фиброоптическая трансиллюминация достаточно дорогостоящий метод диагностики поражения зубов, выполнить который можно только в условиях специализированной поликлиники. Опытные образцы ИХМ пока имеют себестоимость 437 рублей. Разработанный иммунохроматографический тест ранней диагностики кариеса зубов при промышленном производстве и массовом применении будет иметь низкую себестоимость от 20 рублей до 200 рублей в зависимости от дизайна упаковки (сравнивали с тестом для определения беременности). Опытные образцы имеют себестоимость 437 рублей.

Таким образом, можно сделать вывод, что производство данного продукта будет отличаться стабильностью из-за регулярного спроса всех слоев и возрастов населения.

Список литературы

1. Микробиология и иммунология для стоматологов / Под ред. Р.Дж. Ламонта; пер. с англ. под ред. В.К. Леонтьева. – М.: Практическая медицина, 2010. – 504 с.
2. Антитела. Методы. В 2-х кн. Кн. 2: Пер. с англ. / Под ред. Д.Кэйти. – М.: Мир, 1991. – 384 с.
3. Иммуноферментный анализ: Пер. с англ. / Под ред. Т. Нго и Г. Ленхоффа. – М.: Мир, 1988. – 446 с.
4. Манолов, А. Твердофазные радиоиммунные методы для количественного экспресс-анализа в микробиологии // ЖМЭИ. – 1985. – № 4. – С. 100-107.
5. Теория и практика иммуноферментного анализа / А.М. Егоров, А.П. Осипов, Б.Б. Дзантиев, Е.М. Гаврилова. – М.: Высш. шк., 1991. – 288 с.
6. Тертон М., Бангхем Д.Р., Колкотт К.А. и др. Новые методы иммуноанализа: Пер с англ. – М.: Мир, 1991. – 280 с.
7. Microarrayed recombinant allergens for diagnosis of allergy / Harwanegg C., Laffer S., Hiller R et al. // Clin. Exp. Allergy 2003, 33: 7 – 13.

УДК 621.341.572

ПРИНТЕР ДЛЯ СЛЕПЫХ И СЛАБОВИДЯЩИХ ЛЮДЕЙ, ПЕЧАТАЮЩИЙ ШРИФТОМ БРАЙЛЯ

Курочкин Семён Артемович

*г. Тюмень, Тюменское президентское кадетское училище, 11 класс
e-mail: sema.kurochkin@mail.ru*

Аннотация. Цель работы: создать принтер в приемлемом ценовом диапазоне, который будет печатать текст шрифтом Брайля. Для увеличения скорости печати разработать новый механизм, стоимость создания которого будет значительно меньше, чем у принтеров от компаний производителей.

Методы и приёмы: в основе принципов печати шрифтом Брайля лежит идея "набивания толстой иглой" рельефа, соответствующего шрифту Брайля. Для каждой буквы разработана процедура, которая "накальвает" определённый рисунок. Для реализации данной идеи в программе для 3D моделирования были разработаны модули [1], а затем они были распечатаны на 3D-принтере. В качестве "мозга" устройства использовался микроконтроллер Arduino.

Вывод: Реализация данной идеи создания принтера Брайля позволит значительно уменьшить стоимость по сравнению с промышленными образцами, а также увеличит скорость печати, то есть повысит производительность принтера.

Ключевые слова: принтер для слепых, принтер Брайля, шрифт Брайля, стоимость принтера Брайля, библиотека для слепых.

Место выполнения работы. Работа выполнена на базе Тюменского президентского кадетского училища. Во время создания проекта использовалась радиоэлектроника, микроконтроллер Arduino и неисправный струйный принтер. Для создания моделей печатных модулей использовалась программа AutoCAD и 3D-принтер.

Описание разработки

В эпоху бурного развития науки и техники появляется множество различных нововведений в самых различных областях. Все привычное старое стремительно сменяется на необыкновенное, новое, к которому так не просто привыкнуть. Научно-технический прогресс формирует новый образ всего того, что окружает человека и на передовых рубежах этих изменений стоит новая отрасль – робототехника [2]. Закономерно предположение, что если робототехника так бурно развивается в России, да и во всем мире, то наверняка, с использованием потенциала роботов можно придумать, как помочь и решению современных проблем слепых и слабовидящих людей.

Как же современные технологии, и, в частности, робототехника – решает эти проблемы?

Вот примерные типичные анонсы статей в области медицинской робототехники:

«...Робототехническое направление в хирургии сейчас активно развивается во всём мире. Исследования и практические попытки создания робототехнических хирургов идут уже свыше 20 лет...»

«...5-летнее дарование при помощи недорогого 3D-принтера и своих дизайнерских навыков создал чехол для iPhone, с помощью которого смартфон превращается в полноценный медицинский стетоскоп...»

«...Разработала новый протез команда ученых из Швейцарской высшей технической школы Цюриха (ETHZ), которые кроме обычного протеза применили новое имплантированное устройство, обеспечивающее обратную связь с нервными окончаниями в руке человека...»

Удивительно, но большая часть медицинских статей, связанных с робототехникой, лежат в области дорогих технологий [3]. Отдельно можно рассматривать роботов поисковиков-сортировщиков (поиск, сортировка и выдача лекарств), но к медицине они относятся постольку-поскольку, так как могут искать и сортировать что угодно от канцелярии до пророщенных саженцев в теплицах, остальные роботизированные проекты можно классифицировать по следующим направлениям: хирургия и имплантаты; ортопедия и протезирование; тренажеры и симуляторы – и очень редко встречаются узконаправленные, единичные случаи каких-либо изобретений, облегчающих жизнь нездоровым людям. К подобным роботизированным инструментам и относится мой принтер, печатающий шрифтом Брайля.

Азбука Брайля представляет собой рельефно-точечный тактильный шрифт, предназначенный для письма и чтения незрячими и плохо видящими людьми.

Луи Брайль (1809-1852 гг.) является автором этого алфавита. Он сам был слепым, однако этого недостатка не было у него при рождении: будучи сыном сапожника, в возрасте 3 лет он играл с отцовскими инструментами и случайно поранил глаза, причем настолько сильно, что полностью лишился зрения.

Несмотря на это, Луи Брайль тянулся к знаниям, и уже в подростковом возрасте он задумался о том, каким образом он будет получать информацию из книг. Вскоре ему в голову пришла идея создания специального шрифта для слепых, а за основу он взял «ночной шрифт», который использовали военные для передачи сообщений в темное время суток. Впоследствии он усовершенствовал свою первоначальную разработку и в 1829 году опубликовал небольшую брошюру, в которой описал основные принципы пользования своей азбукой. В 1837 году вышла первая книга, которая была напечатана шрифтом Брайля. Это была история Франции, однако она не получила признания, потому что не все люди понимали возможности использования азбуки Брайля. Свой окончательный вид азбука Брайля обрела только к 1937 году.

Грамматические особенности письма по Брайлю: из-за особенностей шрифта Брайля в письме на его основе сделаны некоторые изменения правил набора текста. В результате чего человек, обучавшийся по системе Брайля, которого также принято называть «брайлистом», впоследствии может допускать ряд характерных ошибок при написании обычного текста, например, если незрячий человек будет вводить текст на адаптированном для работы без помощи зрения компьютере.

В целом можно выделить следующие отличия Брайлевского письма:

- частое игнорирование заглавных букв;
- отсутствие знака пробела после запятой;
- отсутствие знака пробела перед тире;
- отсутствие пробела между знаком номера и числом;
- использование одного и того же символа для обозначения похожих пунктуационных знаков, например, тире и дефиса, так как в Брайле существует лишь один-единственный символ подобного рода.

Без специального дополнительного обучения незрячий человек всегда допускает подобные ошибки, набирая обычный текст, так как в системе Брайля они являются стандартными правилами.

Принтер Брайля

Цель проекта – создание доступного устройства для слепых и слабовидящих людей, которое печатает шрифтом Брайля. Цена промышленных образцов принтера Брайля колеблется от 126 000 рублей до 4 200 000 рублей. Высокая стоимость обусловлена сложным механизмом печати. Разработав новый метод печати, можно в разы снизить стоимость принтеров. Принтер Брайля предназначен для нанесения рельефно-точечного шрифта Брайля для слепых и слабовидящих на бумагу формата А4. Для того, чтобы изобразить букву, в шрифте Брайля используются шесть точек. Точки расположены в два столбца. При печати точки прокалываются, и поскольку читать можно только по выпуклым точкам, печатать текст приходится с обратной стороны листа. Текст печатается справа налево, затем страница переворачивается, и текст читается слева направо. Разработан действующий прототип устройства. Он представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Действующий прототип устройства

Преимущества:

- Низкая стоимость по сравнению с промышленными образцами. Цена прототипа составляет 5000 рублей.
- Данный принтер рассчитан на стандартную бумагу формата А4. Для принтеров компаний-производителей необходима специальная плотная бумага
- Открытый доступ к программному обеспечению. Пользователь может изменять расстояние между точками для изучения шрифта Брайля

- Динамик и LCD экран 8x8 позволяют использовать принтер в качестве устройства для изучения шрифта Брайля. Принтер выводит напечатанные буквы на экран и проговаривает их
- Небольшой вес и размер устройства делают его практичным

Недостатки:

- Принтер не поддерживает двухстороннюю печать
- Скорость прототипа низкая, так как он печатает по одной точке. Для решения данной проблемы будет использована идея скоростной печати шрифтом Брайля

Апробация

Для проверки простоты чтения на шрифте Брайля была собрана группа из 20 кадет. Лист формата А4 включал в себя 100 символов. Этот лист был скрыт от глаз кадет. Также кадетам давалась расшифровка шрифта Брайля для того, чтобы они могли почувствовать букву и назвать её. За проведение исследования максимальное количество ошибок, зарегистрированное у кадеты, равнялось четырём символам. Можно сделать вывод, что вероятность допущения ошибки при чтении на шрифте Брайля равна 4%.

Перспективы развития

- Поддержание контакта с целевой аудиторией
- Обеспечение простого способа использования принтера
- Запись инструкции в звуковом формате
- Поиск иных методов печати
- Увеличение скорости печати
- Создание мобильных приложений для печати сообщений
- Создание компьютерной программы для удобства печати
- Добавление символов математики
- Подключение дополнительной периферии (клавиатура со шрифтом Брайля)
- Увеличение количества языков для печати шрифтом Брайля
- Возможность печати на листах разного формата
- Создание полной 3D модели принтера для общего доступа
- Совершенствование модулей скоростной печати
- Внедрение продукта нуждающимся организациям

Решение проблемы скорости печати

Решение проблемы скорости печати заключается в использовании микромоторов (рисунок 2) и специальных модулей, напечатанных на 3D принтере [4]. В одном модуле будет расположено 6 отверстий, в каждом из которых будет находиться мотор, отвечающий за выдвижение одной иглы (рисунок 3). Соединив эти модули, мы получим целую строку, которая сможет за 3 секунды напечатать 16 символов (рисунок 4).



Рисунок 2 – Микромоторы

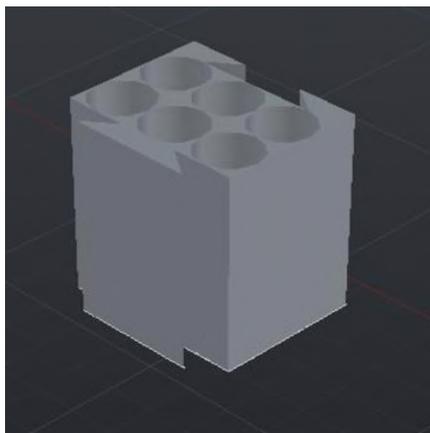


Рисунок 3. Модель одного модуля

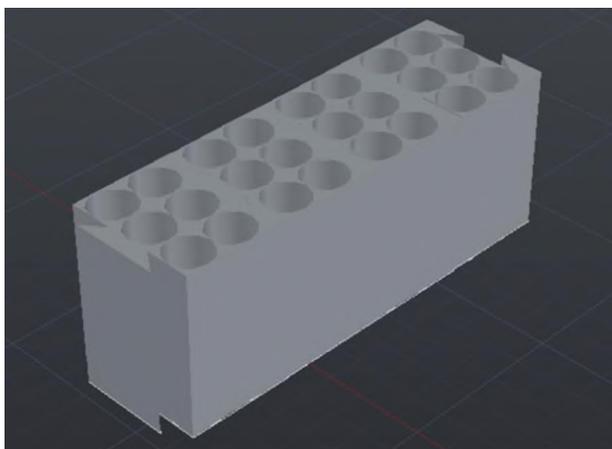


Рисунок 4 – Строка модулей

Сравнение с существующими аналогами

Компании ViewPlus удивляет стоимостью своих принтеров. Технология печати компании уникальна! Но данный вариант принтеров доступен не каждому. Стоимость принтеров от ViewPlus колеблется от 128 000 рублей (рисунок 5) до 4 220 000 рублей (рисунок 6).

Решением данной проблемы занимались команды молодых изобретателей. Техника печати у нас отличались. Они предлагают набивать символы по одной точке, а данный проект предлагает печатать целую строку символов. Если сравнить стоимость проектов, то в цене данный проект тоже выигрывает. Некоторые пункты развития проектов совпадают. Последние результаты развития проекта этих двух команд были опубликованы в 2015 году. Можно сделать вывод, что решением данной проблемы перестали заниматься. Цель данного проекта – решить эту проблему до конца.



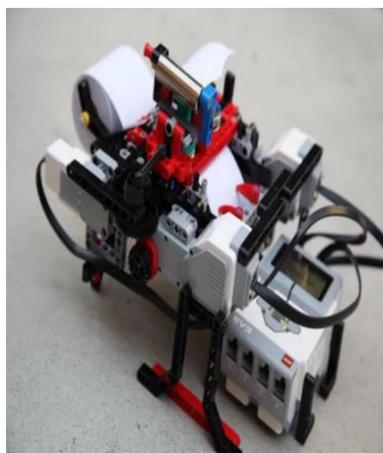
Рисунок 5 – EmBraile ViewPlus



Рисунок 6 – Emfuse ViewPlus



BlindBot. Создатель Привалов Сергей



Braigo. Создатель Шубхам Банерджи

Использование разработки

Во время поездки на форум «ПроеКТОрия» удалось пообщаться с человеком, потерявшим зрение. Им оказался Руслан Витрянюк. По его словам, изучение шрифта Брайля является актуальной проблемой для слепых и слабовидящих людей, а печать литературы тем более. Реабилитационным центрам необходимо данное устройство. С его помощью люди, потерявшие зрение, смогут практиковать навыки чтения на шрифте Брайля, а также смогут сами печатать необходимые документы. Руслан Витрянюк поддержал идею создания доступного принтера Брайля, печатающего с максимальной скоростью.

Также мы обращались во Всероссийское общество слепых в Тюмени. Именно там был опробован принтер Брайля версии 2.0. Целевой аудитории понравилась идея проекта. Помимо этого, им понравилась идея использования стандартных листов формата А4 для печати. Единственный минус, на который обратили внимание – скорость печати. Я подробно рассказал о перспективах раз-

вития проекта и про то, как я собираюсь ускорить процесс печати. Было также рекомендовано нанесения рельефной инструкции на корпус принтера. В ней должен быть описан подробный алгоритм использования.

Есть люди, которые на грани потери зрения. Они заранее изучают шрифт Брайля для того, чтобы в будущем им было проще ориентироваться в пространстве и получать информацию из печатных источников. Для них рекомендовали добавить светодиодную матрицу 8x8. На ней будет отображаться буква, которую печатает принтер в настоящий момент. Дополнить проект также можно и LCD экраном для того, чтобы зрячие люди могли понять, что печатает принтер.

Сейчас идёт процесс настройки звуковых сигналов. Принтер будет проговаривать каждый символ, который будет печатать.

Идея проекта заинтересовала ВОС города Тюмени. Они надеются, что данный проект будет успешно закончен и станет доступным для покупки. Они согласились сотрудничать, проводить апробацию новых версий, делать замечания и помогать совершенствовать его. В ближайшее время они напишут рекомендательное письмо, в котором будут указаны все плюсы и минусы данной версии.

Для того, чтобы научиться читать по Брайлю, многие специалисты предлагают воспользоваться специальной настенной азбукой (1800 руб.) или тактильными буквами для обучения (2000 руб.). Благодаря нашему проекту люди смогут самостоятельно вносить изменения в часть программы, которая отвечает за расстояние между точками и символами. Это облегчит изучение азбуки Брайля.

Средняя стоимость книги, напечатанной азбукой Брайля, доходит до 2000 рублей. С помощью нашего проекта и ресурсов интернета люди смогут самостоятельно распечатать себе различные литературные произведения.

Бизнес-привлекательность разработки

Данным проектом заинтересованы центры реабилитации (75 региональных отделений ВОС, 7 специализированных центров, 69 библиотек для слепых), а также индивидуальные пользователи и их семьи (45 000 ежегодно становятся инвалидами из-за нарушения зрения).

Стоимость проекта

Прототип "Принтер 2.0"	Старый струйный принтер	1 000 рублей
	Моторы (2 шаговых мотора, 1 сервомотор)	1300 рублей
	Arduino Uno	500 рублей
	Дополнительные детали (модули, провода)	800 рублей
Общая стоимость проекта: 3 600 рублей (в 35,5 раза дешевле самого дешёвого принтера от компаний производителей)		

При создании принтера использовался неисправный струйный принтер, Arduino и модули, представленные в таблице выше.

Список литературы:

1. Предко, М. 123 Эксперимента по робототехнике, 2007.
2. Вильямс, Джефф: «Робот своими руками» 1 и 2 вып. 2006.
3. Филиппов, С. А. Робототехника для детей и родителей. 2013.
4. Юевич, К. И. Основы робототехники. 2003

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ

АВТОМОБИЛЬ НА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ПОДВЕСКЕ

Щукин Андрей Игоревич

Ханты-Мансийский автономный округ-ЮГРА, г. Сургут,

МБОУ СОШ № 46 с УИОП, 9 класс

Аннотация. Существует несколько видов автомобильных подвесок, обладающих рядом недостатков (недостаточный комфорт при передвижении, высокая стоимость, плохая ремонтпригодность). Недавно появилась идея создания электромагнитной подвески, послужившая поводом к данному исследованию.

Целью работы является разработка электромагнитной подвески для модели автомобиля и выявление её преимуществ и недостатков. Изготовление модели автомобиля с перспективной электромагнитной подвеской, а также проверка его в действии. В ходе исследования были изучены разные типы подвесок (их физические и технические аспекты устройства).

Для достижения цели были поставлены следующие *задачи*:

- Исследование различных типов автомобильных подвесок
- Разработка и описание устройства электромагнитной подвески
- Изготовление действующей модели
- Определение основных параметров модели.

Работа относится к прикладным методам исследования. Доработка работоспособности электромагнитной подвески производилась экспериментальным методом, путём подбора резиновых амортизаторов.

1. Виды подвесок

Однажды, проезжая по кочкам, я задумался, а почему же машина едет ровно по плохой дороге. Ответ нашёлся в интернете. Оказывается, для того, чтобы машина ехала ровно и устойчиво, существует определенная система, которая называется автомобильная подвеска. Широко известны 3 вида автомобильных подвесок – гидромеханическая, пневматическая, гидравлическая. Самая распространенная – гидромеханическая, устанавливается на большинство современных автомобилей. Она состоит из механической части и гидравлического амортизатора. Механическая часть делится на 3 вида:

- а. Пружинная
- б. Рессорная
- в. Торсионная

1.1. Гидромеханическая подвеска

Гидромеханическая подвеска состоит из амортизатора и пружины. Амортизатор состоит из цилиндра, внутри которого находится поршень. На поршне есть клапаны с разным проходным сечением и с различной пропускной способностью. В одну сторону, при сжатии, масло через клапаны будет проходить быстро. В другую сторону, при растяжении, клапаны будут пропускать масло медленно, проявляя сопротивление растяжению. (Рис. 1).

Достоинства:

1. Невысокая стоимость
2. Надёжность

Недостатки:

1. Сложность при регулировке клиренса

2. Недостаточный комфорт при передвижении



Рисунок 1 – составляющие гидромеханической подвески

1.2. Пневматическая подвеска

Более комфортной является пневматическая подвеска, она устанавливается на большинство автомобилей премиум-класса (Mercedes-benz, Audi, Volkswagen) (Рис. 2)



Рисунок 2 – Пневматическая подвеска

В пневматической подвеске пружинные амортизаторы заменяются пневматическими. Пневматические баллоны представляют собой резиновые подушки, в которые с помощью компрессора из ресивера нагнетается определенное давление воздуха.

Достоинства:

1. Возможность регулировки клиренса и жесткости отдельных стоек в движении.
2. Плавный ход и отсутствие шума.

Недостатки:

1. Низкая ремонтпригодность.
2. Плохо переносит низкие температуры и дорожные реагенты.

1.3. Гидравлическая подвеска

При изготовлении шоу-каров широко применяется гидравлическая подвеска. (Рис. 3).

В гидравлической подвеске вместо амортизаторов используются гидростойки или гидроподъемники с очень большим рабочим ходом. На верхний ко-

нец каждой стойки навинчиваются особые шары или гидросферы, которые выполняют роль пружин. Устроены они предельно просто: полость внутри сферы разделена на две части упругой мембраной, с одной стороны сфера заполнена азотом (давление от 35 до 60 атмосфер), а с другой стороны мембрану подпирает специальное масло.



Рисунок 3.

Достоинства:

1. Долговечность.
2. Очень плавный ход, мягче ведет себя на ямах, нежели пневматическая.
3. Менять клиренс можно на любой скорости и даже на поворотах.

Недостатки:

1. Низкая ремонтпригодность.
2. Высокая цена за ремонт.
3. Высокая стоимость.

- Каждый из представленных видов подвесок не обеспечивает оптимальный баланс между управляемостью и комфортом. Процесс решения этих задач конфликтует друг с другом.

- В представительских седанах подвеска изначально проектируется для комфортного передвижения, но в результате автомобиль приобретает значительные крены в поворотах и раскачку на волнистых дорогах.

- В спортивных автомобилях ситуация прямо противоположная — управляемость обеспечивается жёсткостью подвески, за счёт чего страдает комфорт.

С решением этих задач справляется электромагнитная подвеска. (Рис. 4) Современное автомобилестроение стремится к внедрению электромобилей. И чтобы не использовать лишних систем в подвеску, лучше всего использовать электромагнитную подвеску.

1.4. Электромагнитная подвеска

В 1980-х годах американская компания BOSE разработала уникальную автомобильную подвеску, которая обеспечивает оптимальный баланс между управляемостью и комфортом.

Процесс решения этих задач конфликтует друг с другом, в результате чего конструкторы вынуждены идти на компромисс.

В представительских седанах подвеска изначально проектируется для комфортного передвижения, но в результате автомобиль приобретает значительные крены в поворотах и раскачку на волнистых дорогах.



Рисунок 4 – Электромагнитная подвеска

В спортивных автомобилях ситуация прямо противоположная – управляемость обеспечивается жёсткостью подвески, за счёт чего страдает комфорт. Компания BOSE, известный производитель акустических систем, попробовала решить эту проблему нестандартным образом. Инженеры сконструировали подвеску на основе традиционной конструкции громкоговорителя. Звуковой динамик акустической системы работает за счёт перемещения звуковой катушки с медным проводом в магнитном поле. Под действием электрического тока катушка совершает линейные колебания, имеющие амплитуду в зависимости от мощности тока в витках катушки.

Данный эффект применили к автомобильному амортизатору и в результате на свет появилась электромагнитная подвеска, бескомпромиссно решающая извечную проблему баланса комфорта и управляемости. В основе, разработанной «Bose» системы находится линейный электромагнитный мотор, усилитель мощности на каждое колесо и набор алгоритмов управления.

В качестве демпфирующего элемента в ней работает линейный электродвигатель в соответствии с алгоритмами управляющего контроллера. Электромотор заменяет стандартный амортизатор, его шток представляет собой постоянный магнит, в корпус встроена обмотка, а катушка представляет собой статор. Магнитный шток совершает возвратно-поступательные движения по длине обмотки статора под действием управляемых электрических сигналов, которые генерируются специальными усилителями. Управляет этим линейным электродвигателем специальный контроллер. Например, когда подвеска Bose попадает в яму, мотор вытягивает амортизатор, чтобы автомобиль не провалился. Когда автомобиль выходит из ямы, мотор сокращает выход амортизатора с

помощью усилителя. Таким образом, подвеска Bose требует менее тридцати процентов энергии, потребляемой обычным автомобильным кондиционером.

Подвеска Bose управляется системой математических алгоритмов, полученных благодаря 24-летним исследованиям. Данные алгоритмы работают, отслеживая измерения сенсорных датчиков, посылая команды на силовые усилители, расположенные во всех углах автомобиля. Оборудованный такой подвеской автомобиль почти лишён кренов в поворотах и при этом гибко адаптируется под дорожные условия, демонстрируя высочайший уровень комфорта для пассажиров. Такая конструкция не только эффективно гасит колебания, но и обеспечивает невероятные возможности для настройки управляемости. К примеру, если перед автомобилем появится препятствие, то специальные датчики определяют его высоту, дадут команду электромагнитной подвеске и машина просто перелетит через препятствие, при чем приземление будет столь мягким что ни водитель, ни пассажиры этого практически не почувствуют. Система была испытана, но в серийное производство, к сожалению, так и не попала.

Революции в автопроме не случилось по вполне банальной причине: сверхсовременная и сложнейшая система оказалась слишком дорогой для использования на серийных автомобилях и проект был заморожен. Однако инженеры компании «Bose» рассчитывают снизить себестоимость и вполне возможно новые автомобили представительского класса будут оснащены электромагнитной подвеской, ну а в последующем она появится и на обычных городских машинах [1].

2. Устройство и принцип действия электромагнита

Простейший электромагнит представляет из себя катушку с сердечником из ферромагнитного материала. В нем также присутствует якорь, который служит для передачи механического усилия. Например, в реле, якорь притягивается к электромагниту, и одновременно замыкает контакты.

Так как линии магнитного поля замыкаются на якоре, это еще больше усиливает это магнитное поле.

При протекании тока через проводник, вокруг него создается магнитное поле. Это магнитное поле можно усилить, если придать проводнику форму катушки. Но все же это еще не электромагнит. Вот если в эту катушку поместить сердечник из ферромагнитного материала (например, железа), тогда он станет электромагнитом.

Когда ток протекает по обмотке электромагнита, он создает магнитное поле, линии которого пронизывают сердечник, то есть ферромагнитный материал. Под действием этого поля, в сердечнике, мельчайшие области, которые образуют миниатюрными магнитными полями, называющиеся доменами, принимают упорядоченное положение. В результате, их магнитные поля складываются, и образуется одно большое и сильное магнитное поле, способное притянуть большие предметы. Причем, чем сильнее ток, тем сильнее магнитное поле, которое образуется электромагнитом. Но так будет происходить только до магнитного насыщения. Затем при увеличении тока, магнитное поле будет увеличиваться, но незначительно.

Если ток в электромагните убрать, то домены снова примут без упорядоченное положение, но часть их все же останется направленными одинаково. Эти

оставшиеся направленными домены, будут создавать небольшое магнитное поле. Это явление называется магнитным гистерезисом [2].

Ещё со времён Максвелла и Фарадея, основоположников теории применения электромагнитного поля в практических целях, конструкторы и инженеры постоянно пытаются расширить границы использования таких явлений как сверхпроводимость и магнитная индукция. Ведь это открывает широчайшие возможности перед человечеством. Но только в 80-х годах 20 века явление электромагнетизма начали применять с практическими целями. В 1982 году был построен первый поезд, который передвигался на магнитной подушке и достигал скорости 501 км/час. Это и положило начало новых разработок, в том числе и в автомобилестроении [3].

2.1. Практическое применение теории электромагнитного поля в автомобилестроении

Но разработки, полученные в ходе конструирования магнитопланов, на данный момент абсолютно не пригодны для автомобиля. Магнитная подушка, сулящая такие преимущества, как отсутствие трения качения, малое потребление энергии и отсутствие амортизирующих узлов, требует:

- устройства специальных дорог;
- сводит на нет основное преимущество колесного транспорта – универсальность.

На данный момент основные усилия конструкторов направлены на усовершенствование ходовой части автомобиля путем введения электромагнитных управляющих элементов.

По замыслу исследователей, магнитная подвеска, управляемая сигналами бортового компьютера, обеспечит небывалую мягкость хода, надежное удержание на дороге, тем самым существенно повысит комфорт и уровень безопасности транспортного средства.

2.2. Формулы для расчета индуктивности катушки

Я решил изготовить модель автомобиля с электромагнитной подвеской и проверить, действительно ли электромагнитная подвеска так хороша, как ее описывают.

Возможно, мне удастся изготовить детали электромагнитной подвески небольшой стоимости. В основе электромагнитной подвески, как следует из названия, являются электромагниты.

Первоначально я решил изготовить электромагниты самостоятельно, рассчитать элемент довольно просто, рассчитывается по определенной формуле и зависит от некоторых обстоятельств:

От её геометрических размеров, числа витков и способа намотки катушки. Чем больше диаметр, длина намотки и число витков катушки, тем больше её индуктивность.

Если катушка наматывается плотно виток к витку, то индуктивность её будет больше по сравнению с катушкой, намотанной неплотно, с промежутками между витками. Когда требуется намотать катушку по заданным размерам и нет провода нужного диаметра, то при намотке её более толстым проводом надо несколько увеличить, а тонким — уменьшить число витков катушки, чтобы получить необходимую индуктивность [4].

Все приведенные выше соображения справедливы при намотке катушек без ферритовых сердечников.

Расчёт однослойных цилиндрических катушек производится по формуле:

$$L = \frac{\left(\frac{D}{10}\right)^2 \times n^2}{4,5D + 10l}$$

Где L — индуктивность катушки, мкГн; D — диаметр катушки, мм; l — длина намотки катушки, мм; n — число витков катушки. При расчёте катушки могут встретиться два случая:

а) по заданным геометрическим размерам необходимо определить индуктивность катушки;

б) при известной индуктивности определить число витков и диаметр провода катушки.

В первом случае все исходные данные, входящие в формулу, известны, и расчёт не представляет затруднений.

Пример. Определим индуктивность катушки, изображенной на рисунке; для этого подставим в формулу все необходимые величины:

$$L = \frac{\left(\frac{18}{10}\right)^2 \times 20^2}{4,5 \times 18 + 10 \times 20} = 4,6 \text{ мкГн}$$

Во втором случае известны диаметр катушки и длина намотки, которая, в свою очередь, зависит от числа витков и диаметра провода. Поэтому расчет рекомендуется вести в следующей последовательности. Исходя из конструктивных соображений определяют размеры катушки, диаметр и длину намотки, а затем рассчитывают число витков по формуле:

$$n = \frac{\sqrt{5L \times (9D + 20l)}}{D}$$

После того как будет найдено число витков, определяют диаметр провода с изоляцией по формуле

$$d = \frac{l}{n}$$

Где d — диаметр провода, мм; l — длина обмотки, мм; n — число витков [5, 6]. Но, изготовленный мною электромагнит получился довольно громоздким и не обладал необходимой мощностью, поэтому пришлось покупать электромагниты в магазине.

3. Программная часть

Чтобы управлять электромагнитами я решил использовать программируемую плату Arduino (Рис. 5).



Рисунок 5 – Программируемая плата Arduino

Я подключил к плате ультразвуковой датчик расстояния (Рис. 6) и реле (Рис. 7), которое будет включать соленоиды (Рис. 8). В результате я собрал электрическую цепь, которая удовлетворяет все мои требования на данном этапе. (Рис. 9).

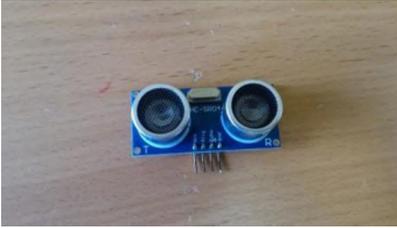


Рисунок 6 – Ультразвуковой датчик расстояния

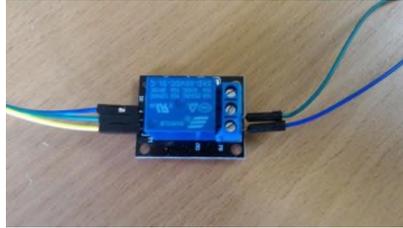


Рисунок 7 – Реле



Рисунок 8 – Соленоиды

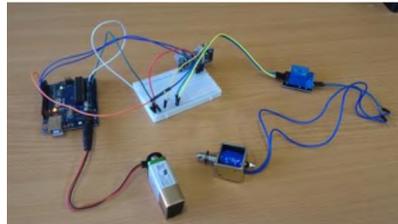


Рисунок 9 – Собранная электрическая цепь

Затем я написал программу, которая будет управлять всеми элементами.

```
int Relay = 4;
int trigPin = 9;
int echoPin = 8;
void setup()
{
  pinMode(Relay, OUTPUT);
  Serial.begin (9600);
  pinMode(trigPin, OUTPUT);
  pinMode(echoPin, INPUT);
  pinMode(Relay, OUTPUT);
}
void loop()
{
  long duration, distance;
  digitalWrite(trigPin, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(trigPin, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(trigPin, LOW);
  duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
  distance = (duration/2) / 29.1;
  if (distance < 20)
  {
    digitalWrite(Relay, HIGH);
  }
  else
  {
    digitalWrite(Relay, LOW);
  }
  delay(500);
}
```

В итоге, когда перед датчиком появляется препятствие на определенном расстоянии, он подает сигнал на реле, которое будет замыкать цепь с соленоидами, приподнимая подвеску автомобиля. После проезда препятствия автомобиль принимает первоначальное положение.

4. Технология изготовления

Технология изготовления действующей модели довольно проста. Я купил достаточно большой автомобиль на радиоуправлении. Для того, чтобы электронные схемы не конфликтовали между собой, я удалил электронику по радиоуправлению. Установил на корпус автомобиля собранную мною цепь, из алюминия (для уменьшения веса) изготовил дополнительные крепежные элементы соленоидов. И с помощью этих крепежных элементов установил соленоиды на корпус автомобиля. Первоначально я планировал установить два соленоида: один на переднюю подвеску, второй на заднюю, но их мощности не хватило для подъема автомобиля, и мне пришлось установить три соленоида. (Рис. 10-12) Внутри автомобиля я установил электронику, источник питания. Получился действующий образец автомобиля с электромагнитной подвеской (рисунке 13.)

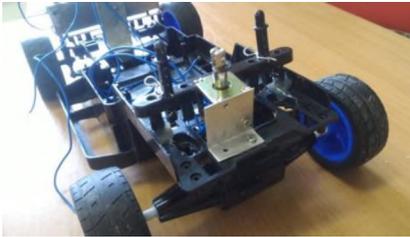


Рисунок 10

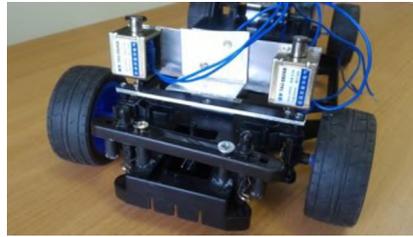


Рисунок 11



Рисунок 12



Рисунок 13 – Действующий образец автомобиля в электромагнитной подвеске

5. Расчет экономических затрат

Модель автомобиля на радиоуправлении – 3000 руб.

Соленоиды 3 шт. – 378 руб.

Плата Arduino UNO – 162 руб.

Ультразвуковой датчик – 47 руб.

Реле – 32 руб.

Итого – 3619 руб, из которых 619 руб. затрачено на изготовление под-

вески.

6. Заключение

Мне удалось изготовить опытный образец модели автомобиля с электромагнитной подвеской. Подвеска пока только реагирует на препятствия, поднимая и опуская корпус автомобиля. В дальнейшем я планирую запрограммировать подвеску для более сложных дорожных условий.

Параметры действующей модели:

1. Быстродействие 0,5 с
2. Увеличивание клиренса на 50%

Электромагнитная подвеска, при сохранении таких достоинств как:

1. Возможность регулировки клиренса и жесткости отдельных стоек в движении.
2. Очень плавный ход и отсутствие шума.
3. Надежность.
4. Высокая ремонтпригодность.

Устраняет все недостатки представленных сегодня в продаже подвесок.

Список литературы:

1. Уникальная автомобильная подвеска автомобиля. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://www.popmech.ru/vehicles/236038-video-unikalnaya-elektromagnitnaya-podveska-dlya-avtomobiley/>
2. Электромагнит [Электронный ресурс] – режим доступа <http://electroandi.ru/elektrichestvo-i-magnetizm/elektromagnit.html>
3. Электромагнитная подвеска _ как она устроена [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://auto.today/bok/3108-elektromagnitnaya-podveska-kak-ona-ustroena.html>
4. Как произвести расчет катушек индуктивности [Электронный ресурс] – режим доступа http://the-mostly.ru/misc/how_to_calculate_inductors.html
5. Храмов, Ю.А. Библиографический справочник «Физики». – М. : Наука, 1983.
6. Элементарный учебник физики / под ред. Г. С. Ландсберга. – Т. I-III. – М.: Наука, 1972.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ИОНИСТОРОВ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ ГОРОДСКОГО ТРАНСПОРТА

Иоакиманский Евгений Тарасович

Красноярский край, Емельяновский район, п. Солонцы,

МБОУ Солонцовская СОШ, 11 класс

Научные руководители:

Иоакиманский Н.Н., учитель черчения, руководитель научно-технического клуба «Панголина», МБОУ Солонцовская СОШ

Иоакиманская Н.Б., учитель физики МБОУ Солонцовская СОШ

Аннотация. Современная электронная техника широко использует в качестве перезаряжаемых источников тока энергонакопительные электрические конденсаторы – ионисторы. При использовании в качестве источников тока энергонакопительные электрические конденсаторы имеют ряд преимуществ перед аккумуляторами: они могут эксплуатироваться в широком интервале температур (от -60 до $+125$ °С и выше) без обслуживания и замены в течение всего срока службы (до 20 лет и более); имеют большое количество циклов в режиме «зарядка-разрядка» ($> 10^6$ циклов) без заметного ухудшения

параметров; имеют высокую удельную мощность (десятки кВт/кг); заряжаются очень быстро (практически мгновенно).

Уникальное сочетание удельной энергии, удельной мощности и большого количества циклов в режиме «зарядка-разрядка» ионисторы весьма эффективно используются в новых разработках электромобилей. Основным источником электроэнергии в этих изделиях, обеспечивающий требуемую величину пробега, — батарея топливных элементов или аккумуляторов — защищен от перегрузок модулем из последовательно соединенных ионисторов. Благодаря этому модулю удается решить сразу несколько проблем: проблему старта и ускорения в течение нескольких секунд до необходимой скорости движения; проблему рекуперации электроэнергии при торможении; проблему увеличения срока службы основного источника электроэнергии.

Цель проекта: показать возможность использования ионисторов как средства реализации автономного хода для обычных троллейбусов и автобусов с электродвигателем.

Задачи: провести литературный обзор об ионисторах; создать принципиальную схему питания электродвигателя автомобиля на основе ионисторов; создать опытную установку для зарядки ионисторов на электромобиле; смоделировать работу автономного хода электромобиля на макете.

В ходе была разработана модель электромобиля для городского общественного транспорта с внешней подзарядкой ионисторов.

Назначение и область применения ионисторов

Ионисторы – это энергонакопительные конденсаторы с двойным электрическим слоем [1]. Термин «ионистор» (аналог – суперконденсатор) относится к молекулярным накопителям энергии и впервые зарегистрирован в ОАО «НИИ Гириконд» [2]. Они превосходят аккумуляторные батареи в части ресурса, быстродействия, диапазона рабочих температур, удельной мощности в режиме разряда [3]. Ионисторы экологичны, экономичны, не требуют обслуживания. Появление на отечественном рынке промышленно освоенных ионисторов позволяет приступить к созданию портативных автономных источников электропитания с улучшенными энергетическими характеристиками. Главное достоинство ионисторов это – на несколько порядков большая ёмкость, чем у любых других классов конденсаторов. Ионисторы по удельной энергии и удельной мощности занимают промежуточное положение между химическими источниками тока (аккумуляторами) и электролитическими конденсаторами, но в отличие от аккумуляторов сохраняют работоспособность в широком температурном диапазоне от -50 до $+85^{\circ}\text{C}$ при числе циклов заряд – разряд до 106. Их ёмкость составляет до нескольких тысяч фарад при напряжении от 2,3 до 5 В [4]. В отличие от аккумуляторов ионисторы не нуждаются в обслуживании в течение всего срока эксплуатации. В иностранной литературе ионисторы известны под названиями: *supercapacitor*, *ultracapacitor*, *ultrasar* и варианты сочетания этих терминов. В качестве электродов в ионисторах чаще всего применяются микропористые электронные проводники с высокой удельной пористостью, например, различные активированные углеродные материалы. Они содержат большое количество пор с размерами порядка 10^{-9}м (область наноразмеров) и имеют удельную поверхность более $106\text{ м}^2/\text{кг}$ [5]. Ионисторы являются продуктом высоких технологий, в их работе нашли применение квантовые эффекты и эффекты межмолекулярных взаимодействий. Этим объясняются их высокое быстродействие, высокая удельная ёмкость и другие свойства, отличающие ионисторы от электролитических конденсаторов и аккумуляторных батарей (АБ). По сравнению с литий-ионными АБ,

нашедшими применение в космической аппаратуре, ионисторы обладают уникальной комбинацией эксплуатационных характеристик:

- на порядок большей плотностью мощности;
- быстрым зарядом и глубоким разрядом;
- возможностью работы в жёстких климатических условиях (от -50 до $+85^{\circ}\text{C}$);
- большим количеством циклов заряда – разряда (до 106);
- сроком службы до 20 лет.

Уникальным свойством ионистора является длительное время сохранения заряда из-за нелинейной зависимости тока саморазряда от напряжения. Так, после снижения напряжения на ионисторе до $\sim 70\%$ от номинального по причине саморазряда, срок хранения оставшегося заряда резко увеличивается от нескольких месяцев до нескольких лет [2]. Потери энергии при зарядке, разрядке и выделении тепла минимальны. Ионисторы отличаются высокой устойчивостью к превышению напряжения, а по завершению срока службы их можно утилизировать без ущерба окружающей среде, они соответствуют стандартам RoHS согласно директиве Евросоюза 2002/95/ЕС. Например, в бортовых космических системах традиционно используются аккумуляторные батареи, однако происходящие в них химические процессы могут привести к их отказу, который невозможно предвидеть заранее. В связи с этим в структуре системы электропитания должен быть предусмотрен резервный источник, запуск которого производится в течение $10\text{--}15$ мс после отключения основного. Для этой цели идеально подходят ионисторы, которые мгновенно компенсируют провалы в электропитании и совместно с аккумуляторами могут обеспечить непрерывную работу бортовой сети. Типы ионисторов представлены на рисунке 1.



Рисунок 1 – Типы ионисторов

На рисунках 2 и 3 представлены принцип работы ионистора и схема соединения ионисторов.

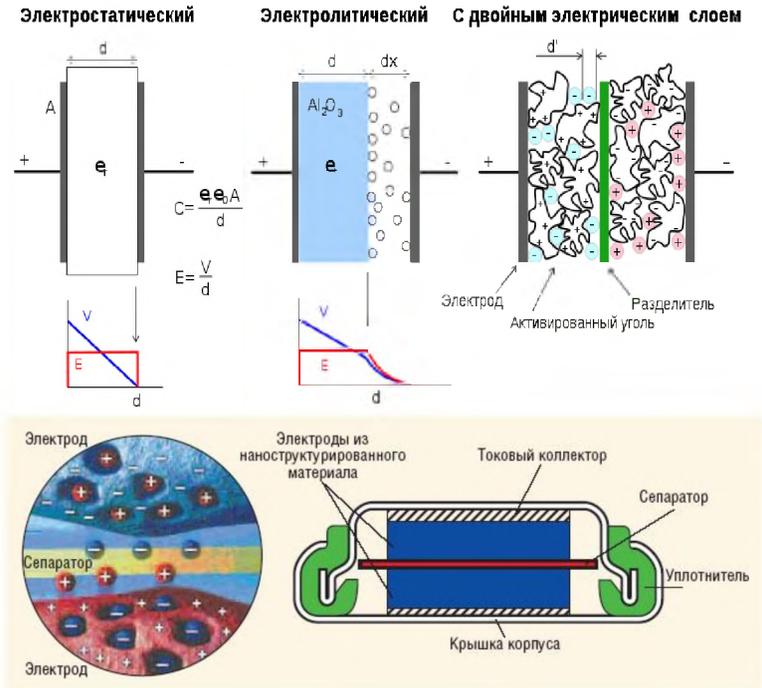
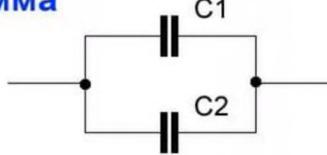


Рис.2. Принцип работы ионистора

Параллельное соединение конденсаторов

сумма

Собщ. = C1 + C2



Последовательное соединение конденсаторов
произведение делённое на сумму

Собщ. = $\frac{C1 * C2}{C1 + C2}$

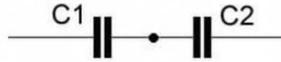


Рисунок 3 – Соединение ионисторов

Технические характеристики ионисторов

В таблице 1 приведены сравнительные характеристики ионисторов и аккумуляторов.

Блок-схема опытного образца комбинированного источника питания приведена на рисунке 4.

Таблица 1. Сравнительные характеристики ионисторов и аккумуляторов

Показатели	Аккумуляторы			Ионисторы
	Кислотные	Щелочные	Литий-ионные	Промышленные
Удельная энергия, Вт ч/кг	20 ... 40	15 ... 80	80 ... 220	2 ... 10
Удельная мощность, Вт/кг	100 ... 300	500 ... 1300	800 ... 3000	1200 ... 1500
Количество циклов	100 ... 400	300 ... 2000	300 ... 500	1 000 000
Рабочие температуры, °С	-20 ... +40			-50 ... +85

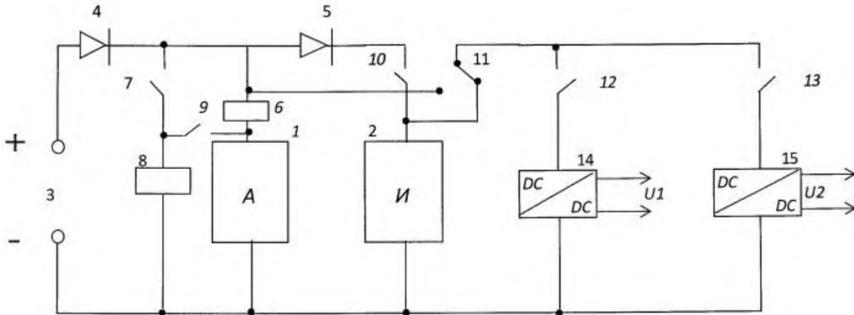


Рисунок 4 – Блок-схема опытного образца комбинированного источника питания

Аккумулятор 1, например, литий-ионный типа 4ЛИА-2 и блок ионисторов 2, например, типа РСКО650Э027 соединены параллельно и подключены к клеммам 3 для соединения с зарядным устройством от внешнего источника питания (например от солнечной батареи) через диоды развязки 4, 5, например, типа КД203М. При этом в цепь заряда аккумулятора включено токовое реле 6, например, типа РСТ14-1, а через его нормально открытый контакт 7 подключено реле напряжения аккумулятора 8, например, типа РЭВ-820 (полные схемы подключения реле 6 и 8 на рисунке не показаны).

Нормально открытые контакты (НОК) указанных реле 7, 9, 10 включены в цепь заряда соответственно аккумулятора 1 и ионистора 2. Дополнительный перекидной контакт 11 реле напряжения аккумулятора введён в общую цепь питания стабилизированных преобразователей напряжения 12, 13 с выходным напряжением 28 и 5 В, например, типа МТС15028S28 ($U_{вх} = 10 - 40$ В, $U_{вых} = 28$ В, 150 Вт) и К7803Т-500 ($U_{вх} = 4,5 - 28$ В, $U_{вых} = 5$ В, 2,5 Вт), в входной цепи которых установлены управляемые ключи 14, 15, например, транзисторы КТ710А. Работа описанного источника питания осуществляется следующим образом. В исходном состоянии при подключении внешнего зарядного устройства 3 происходит заряд аккумулятора через обмотку реле тока заряда 6 по цепи: +3 – 4 – 6 – 3. Большой начальный ток заряда аккумулятора 1 приводит к срабатыванию реле 6 и замыканию его НОК 7. При этом срабатывает реле напряжения аккумулятора 8, замыкает свой НОК 9 и подключается на зажимы аккумулятора 1 для контроля его напряжения заряда. Кроме того, реле напряжения аккумулятора 8 замыкает свой НОК 10 в цепи заряда ионистора 2, а также переводит свой перекидной контакт 11 на подключение цепи нагрузки к аккумулятору 1. Диод развязки 5 препятствует передаче энергии от ионистора 2 в аккумулятор 1. По мере уменьшения тока аккумулятора 1 в процессе заряда происходит отпадание реле тока заря-

да 6 и размыкание его НОК 7. Контроль напряжения на аккумуляторе 1 осуществляется с помощью реле напряжения 8. При уменьшении напряжения заряда аккумулятора 1 ниже заданного допустимого уровня (уход в «тьень» солнечной батареи, большое потребление нагрузкой) происходит отпадание реле напряжения 8 и его перекидной контакт 11 переводит цепь питания нагрузки на заряженный ионистор 2. При снижении температуры корпуса аккумулятора 1 ниже заданного допустимого уровня его напряжение заряда уменьшается, что также приводит к срабатыванию реле напряжения 8 аккумулятора 1 и переключению его перекидного контакта 11 на питание нагрузки от ионистора 2. При достижении нормальных температурных условий аккумулятор 1 вновь вводится в схему и его заряд может пополняться от внешнего источника 3. Передача энергии в нагрузку происходит путём замыкания управляемых электронных ключей 12, 13 на входе стабилизированных преобразователей напряжения 14, 15. Управление ключами 12, 13 осуществляется по специальной логической схеме. Эта схема предусматривает постоянное проводящее состояние ключей при разряде аккумулятора 1 и невозможности приёма управляющего сигнала на эти ключи с земли. В этом случае происходит автоматический перевод питания нагрузки от заряженного ионистора 2. Длительность питания нагрузки в таком аварийном режиме, например, током до 2А может составлять несколько десятков минут. Как пример, предлагаемый стабилизированный комбинированный источник электропитания может быть выполнен на основе: – литий-ионной аккумуляторной батареи 29,2В в составе двух элементов типа 4ЛИА-2, 14,6 В, 2400 мА·ч, соединённых последовательно;

– блока ионисторов 27 В, 65 Ф в составе десяти элементов РСКО650Э027, 650 Ф, 2,7 В, соединённых последовательно; – преобразователей напряжения DC/DC типа МТС15028S28 ($U_{вх} = 10 - 40$ В, $U_{вых} = 28$ В) и К7803Т-500 ($U_{вх} = 4,5 - 28$ В, $U_{вых} = 5$ В). Изобретение относится к комбинированным источникам электропитания и, в частности, может быть использовано в качестве бортового источника питания космического аппарата, выполненного на базе двух накопителей энергии - ионисторе и аккумуляторе [1].

Схему опытного образца комбинированного источника питания [1] мы применили на электропитании модели электромобиля.

В ходе работы были проведены эксперименты с ионисторами, в ходе которых была проведена их зарядка при помощи солнечной батареи и линейного генератора (рисунки 4-5).



Рисунок 4 – Зарядка ионисторов от солнечной батареи



Рисунок 5 – Зарядка ионистора от линейного генератора

На рисунке 6 представлены графики зависимости времени горения светодиода от времени заряда. На рисунке 7 показан график саморазряда ионистора.

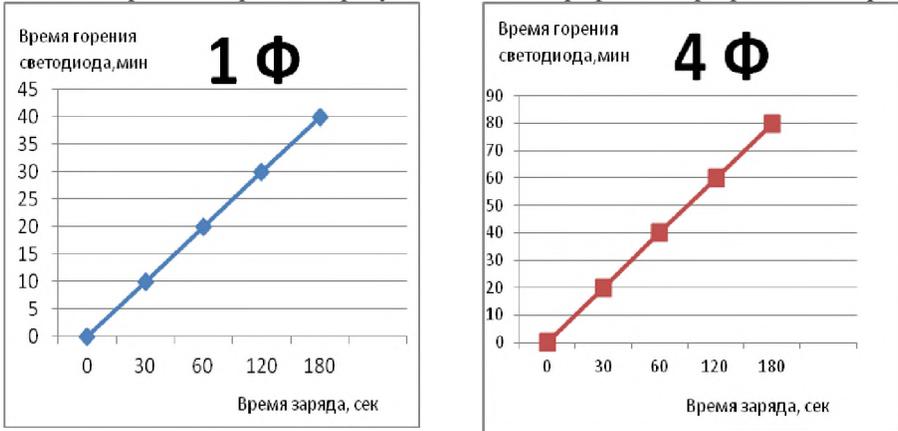


Рисунок 6 – Графики зависимости времени горения светодиода от времени заряда



Рисунок 7 – График саморазряда ионистора

Исследуя графики, убедились, что время горения зависит от времени зарядки и ёмкости ионисторов. Если зарядить ионистор до номинального напряжения, то в первые минуты наблюдается небольшое падение напряжения. А в дальнейшем напряжение сохраняется несколько суток.

В ходе работы была спроектирована модель электромобиля (рис. 8), разработана модель электромобиля с ионисторами (рис. 9) и пульт управления (рис. 10).

Модель автобуса (рисунки 11 и 12) представляет собой раму с установленными на ней двумя электродвигателями напряжением 4,5-5 В. Один из двигателей приводит в движение модель, а другой поднимает и опускает пантограф (контактную вилку) для зарядки ионисторов. На раме так же установлен ионистор ёмкостью 1Ф и напряжением 5,5 В, радиоприёмник для управления моделью, который питается от ионистора. Ионистор заряжается от внешнего источника питания постоянного тока через адаптер. Пульт управления предназначен для управления моделью и контроля зарядки ионистора. На пульте установлено 2-х

канальное радиоуправление. При зарядке ионистора в течение 10 сек модель движется в течение 2-х минут, проходя путь 6 метров. Вес модели автобуса 120 г.

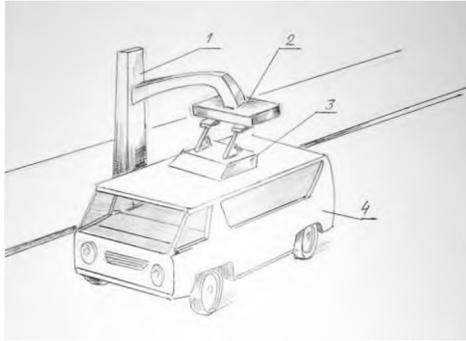


Рисунок 8 – Общий вид разрабатываемой модели электромотобиля на ионисторах
Подзарядка электромотобиля на автобусной остановке. 1 – столб автобусной остановки; 2 –
контактная коробка; 3 – пантограф; 4 – корпус электромотобиля



Рисунок 9 – Электромотобиль с ионистором



Рисунок 10 – Пульта управления



Рисунок 11 – Общий вид
электромотобиля с пантографом



Рис.12. Общий вид модели электромотобиля
на ионисторах. Подзарядка электромотобиля
на автобусной остановке

С 2012 года партнёры тестируют на одной из коммерческих линий в Шанхае 17 опытных образцов суперконденсаторных автобусов (Ultracap Bus) (рис. 13). Когда такая машина подъезжает к остановке, водитель нажимает на кнопку и над крышей поднимается токоприёмник. Он подключается к двум проводам, висящим над землёй словно провода троллейбуса (но по длине не выходящим за территорию остановки). Чтобы принять порцию энергии, достаточную

для броска к следующему пункту на маршруте, Ultracap Bus требуется всего две минуты: это происходит, пока пассажиры выходят и входят в автобус. Апробация технологии в Шанхае показала выгоду «суперавтобусов». Во-первых, и это едва ли не главное, они по оценке партнёров оказались примерно на 40% дешевле, чем автобусы с литиево-ионными аккумуляторами. По сравнению с троллейбусом они вышли экономичнее (тут сполна используется рекуперация энергии при торможении, поясняют инженеры).



Рисунок 13 – Суперконденсаторные автобусы в г. Шанхае

Заключение

Изучив литературу и, взяв за основу принципиальную схему комбинированного источника питания, мы создали проект электромобиля для городского общественного транспорта с внешней подзарядкой ионисторов.

Список литературы:

1. Галушко, А. И. Исследование свойств ионисторов и эффективности их применения в системах электропитания космических аппаратов / А.И. Галушко, Ю.И. Гром, А.Н. Лазарев, Р.С. Салихов (ОАО «НИИЭМ»).
2. Панкрашкин, А. Ионисторы Panasonic: физика, принцип работы, параметры // Компоненты и технологии. – 2006. – № 9.
3. Блохин, А. В. Электротехника / А. В. Блохин. – М. : Машиностроение, 2014.
4. Проппин, В. М. Электротехника / В. М. Проппин. – М. : Машиностроение, 2013.
5. Русский инженерный портал. <http://www.russianengineering.ru/>-русский инженерный портал.

ВОЗМОЖНОСТИ ОЦЕНКИ УТОМЛЯЕМОСТИ ШКОЛЬНИКОВ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ПУЛЬСА, ОКСИГЕНАЦИИ КРОВИ КИСЛОРОДОМ И АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ

Беззубов Артём Романович,

Самарская область, г. Самара,

МАОУ «Самарский медико-технический лицей» г.о. Самара, 11 класс

Научный руководитель: Белоконов Владимир Иванович, д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой хирургических болезней ФГБОУ ВО СамГМУ Минздрава РФ

Аннотация. Обоснование критериев, направленных на выявление ранних признаков утомляемости у школьников и разработка профилактических мероприятий,

направленных на их предупреждение имеет важное значение. В работе приведены результаты оценки возможности использования показателей частоты пульса (ЧСС), оксигенация крови кислородом (SpO₂) и артериальное давление (АД) для выявления ранних признаков утомляемости у школьников старших классов. В исследовании принимала участие одна и та же группа школьников из 5 человек 2000 года рождения, у которых осенью 2016 и 2017 в течение 1 месяца проводили замеры указанных показателей до начала уроков и после окончания занятий. Статистический анализ данных проводили с помощью пакета прикладных программ SPSS 21, критериев Стьюдента и однофакторного дисперсионного анализа. В качестве описательных статистик в работе приведены среднее арифметическое (M) и среднеквадратическое отклонение (SD): $M \pm SD$.

В возрасте 16 лет у исследуемых по данным двухфакторного дисперсионного анализа повторных измерений установлено влияние дня недели на ЧСС и на насыщение крови кислородом, которое достоверно снижалось к концу недели ($p < 0,001$). У школьников в возрасте 17 лет к концу учебной недели отмечается достоверное повышение АД, что наряду со снижением SpO₂ и тахикардией свидетельствует об их повышенной утомляемости. Следовательно, показатели ЧСС, SpO₂ и АД, объективно отражающие физиологическое состояние организма, могут быть использованы в качестве критериев оценки утомляемости учеников во время учебного процесса.

Ключевые слова: школьники, оценка утомляемости, критерии ЧСС, SpO₂, АД.

1. Нарушение взаимодействия организма с внешней средой приводит к функциональным сдвигам, к физиологическим и морфологическим отклонениям, приводящим к заболеваниям. У школьников с нарушениями сердечно-сосудистой системы отмечается раздражительность, повышенная утомляемость, низкая работоспособность, ослабление памяти и как следствие снижение успеваемости. Могут возникать головные боли, боли в области сердца, одышка, плохой сон [1]. Основной объективный признак утомления – снижение работоспособности. Утомление – сложное явление, развивающееся во всем организме. Исследования отечественных физиологов — И.М. Сеченова, И.П. Павлова, Н.Е. Введенского, А.А. Ухтомского, Л.А. Орбели, Г.В. Фольборга и др. – убедительно показали, что в возникновении и развитии утомления нервная система играет ведущую роль [2]. Нервная система наиболее чувствительна к изменениям внешней среды. Такие факторы утомления, как накопление в крови продуктов жизнедеятельности клеток, уменьшение содержания в крови сахара, недостаток при некоторых условиях кислорода в крови, понижают работоспособность организма не прямо, а главным образом опосредствованно – через центральную нервную систему. Все эти факторы встречаются при обучении школьников, поэтому разработка методов, направленных на уменьшение их влияния на организм, имеет важное практическое значение.

Известно несколько подходов, с помощью которых можно оценить степень утомляемости организма при физической и умственной нагрузке. Так, Н.К. Смирнов [3] предлагает пробы для определения адаптационных возможностей организма путем оценки в баллах частоты пульса учащегося в положении «сидя», в положении «сидя» с задержкой дыхания, при выходе из положения «на корточках» в вертикальное положение, после 20 приседаний и 20 наклонов туловища. В итоге баллы суммируются, и проводится сравнительный анализ результатов динамики этих показателей у каждого школьника.

Изучение возможности использования для этих целей нескольких физиологических показателей состояния организма, таких как частота пульса (ЧСС), оксигенация крови кислородом (SpO₂) и артериальное давление (АД),

позволит провести многофакторный корреляционный анализ и с большей степенью достоверности оценить уровень утомляемости школьников.

Цель исследования – установить возможность оценки утомляемости организма у школьников старших классов по показателям пульса, оксигенации крови кислородом и артериального давления и закономерности их изменений.

Материал и методы

Исследование проведено с участием одной и той же группы школьников из 5 человек 2000 года рождения, у которых осенью 2016 проводили замеры частоты пульса и оксигенации крови кислородом, а в 2017 исследовали те же показатели плюс артериальное давление. Измерения проводили до начала уроков и после окончания занятий. Пульс и оксигенацию крови кислородом измеряли с помощью пульсоксиметра модели Fingerpulsoxymeter OXY10, а артериальное давление с помощью тонометра Omron R1.

Статистический анализ данных проводили с помощью пакета прикладных программ SPSS 21. Сравнения показателей кардиореспираторной системы утром и днем выполняли с помощью парного критерия Стьюдента. Сравнения показателей по дням недели проводили с помощью однофакторного дисперсионного анализа. В качестве описательных статистик в работе приведены среднее арифметическое (M) и среднеквадратическое отклонение (SD): $M \pm SD$. На графиках представлены средние и их 95% доверительные интервалы. Критическое значение уровня значимости (p) принимали равным 0,05.

Результаты и их обсуждение

В возрасте 16 лет у исследуемых по данным двухфакторного дисперсионного анализа повторных измерений установлено влияние дня недели на ЧСС (таблица 1): на последних уроках ЧСС возрастает с $67,8 \pm 3,3$ (здесь и далее $M \pm SD$) в начале недели до $74,1 \pm 3,7$ уд/мин в конце ($p < 0,001$), и отмечается отсутствие влияния номера урока на ЧСС ($p = 0,218$) (рисунок 1). В возрасте 17 лет не выявлено влияние дня недели как на ЧСС ($p = 0,477$), так и на изменение ЧСС до начала и после окончания уроков ($p > 0,05$) (рисунок 2).

Таблица 1. Абсолютные показатели частоты пульса в зависимости от урока и дня недели (2016 г.)

Пульс	День недели						p
	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	
Урок	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	
1	69,7±3,4	69,0±2,2	72,1±3,4	72,0±2,6	–	–	0,001
2	70,7±3,2	72,4±3,0	71,8±2,8	71,4±3,6	70,8±2,5	72,8±3,0	0,164
3	69,7±3,4	73,2±2,6	72,1±2,2	72,7±3,2	72,2±3,6	73,6±3,5	0,002
4	69,3±4,0	70,4±4,1	71,3±1,9	72,8±2,9	73,1±2,6	72,6±2,5	0,001
5	67,5±3,6	68,6±3,9	73,1±2,3	72,6±3,1	74,2±3,4	74,0±3,5	<0,001
6	67,8±3,3	67,7±4,0	73,9±2,3	72,0±3,6	72,4±3,0	74,1±3,7	<0,001

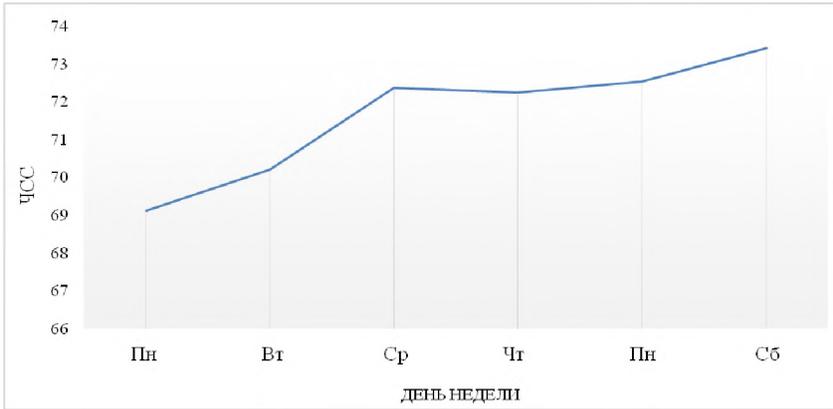


Рисунок 1 – Динамика пульса у школьников в течение недели (2016 г.)

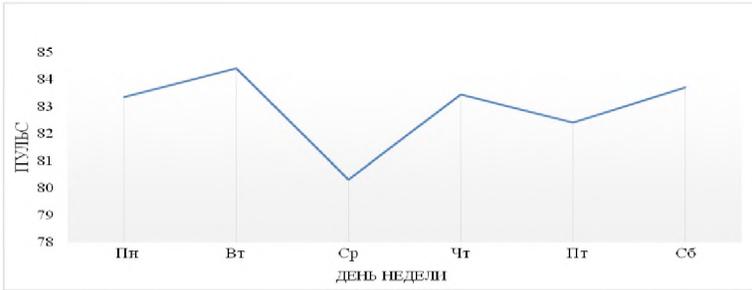


Рисунок 2 – Динамика пульса у школьников в течение недели (2017 г.)

В возрасте 16 лет у исследуемых по данным двухфакторного дисперсионного анализа повторных измерений установлено влияние дня недели на насыщение крови кислородом ($p=0,018$) и отсутствие влияние номера урока на SpO_2 ($p=0,636$) (таблица 2). Так, если на первых уроках во все дни недели насыщение крови кислородом оставалось на неизменно высоком уровне, то после 5-6 уроков в начале недели оно было $98,9 \pm 1\%$, а к концу недели снижалось до $97,1 \pm 1,5\%$ ($p < 0,001$), коэффициент корреляции $r = -0,25$ ($p=0,001$) (рисунок 3). В модели множественной линейной регрессии установлена положительная зависимость ЧСС от дня недели и отрицательная от насыщения крови кислородом (коэффициент детерминации модели = 15%).

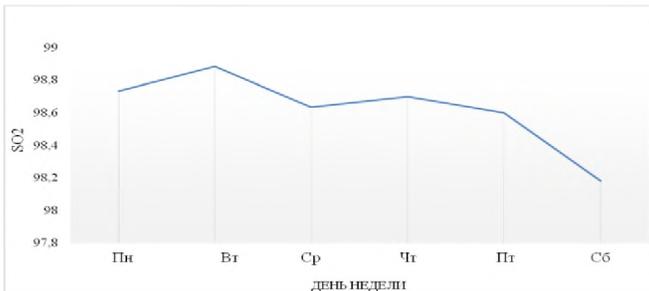


Рисунок 3 – Динамика оксигенации у школьников в течение недели (2016 г.)

Таблица 2. Абсолютные показатели SpO_2 в зависимости от урока и дня недели (2016 г.)

SpO2	День недели						p
	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	
Урок	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	
1	98,6±1,2	99,2±0,8	98,9±0,8	98,7±1,1	—	—	0,192
2	98,4±1,3	98,0±1,5	98,7±1,4	98,9±1,1	98,8±1,2	98,6±1,2	0,265
3	98,9±0,9	98,5±1,2	98,6±1,1	98,7±1,1	98,5±1,4	98,5±1,4	0,871
4	98,3±1,4	99,0±1,0	98,6±1,2	98,8±1,1	98,7±1,1	98,4±1,1	0,366
5	98,9±1,0	99,3±0,8	98,4±1,3	98,7±1,1	98,6±1,4	97,1±1,5	<0,001
6	99,3±0,7	99,3±0,9	98,6±1,5	98,4±1,4	98,4±1,2	98,3±1,5	0,020

Следовательно, динамику пульса и SpO2 у школьников 10 класса можно рассматривать не как реакцию сердечно-сосудистой системы на гипоксическую гипоксию, а как реакцию на утомление с включением высших нервных центров в регуляцию ритма сердца.

У исследуемых в возрасте 17 лет (таблица 3) выявлены достоверные изменения оксигенации крови кислородом, систолического и диастолического артериального давления в течение учебного дня: к окончанию занятий АД стало выше на 7% ($p < 0,001$), а SpO2 снизилась на 1% ($p < 0,001$). Хотя изменения оксигенации минимальны, они статистически значимы, так как у всех испытуемых отмечен однонаправленный характер изменений. Данная реакция была одинаковой во все дни недели. ЧСС у 17-летних не претерпевала существенных изменений в течение учебного дня или учебной недели, однако была на 21% выше аналогичных данных в утренние часы у этих же испытуемых в 16-летнем возрасте и составляла $82,0 \pm 10,4$ уд/мин ($p < 0,001$ по сравнению с прошлым исследованием). У половины 17-летних обследованных в начале учебного дня отмечена тахикардия от 80 до 105 уд/мин, хотя в прошлогоднем исследовании ЧСС 80 уд/мин отмечалась в 1-3% случаев, а более высокие значения не зарегистрированы (рисунок 3).

При анализе графиков на рисунках 4, 5 и 6 видно, что достоверно изменились оксигенация, систолические и диастолическое АД — к концу дня оно стало выше, а оксигенация снизилась. Хотя изменения оксигенации и кажутся минимальными, они все равно статистически значимы, поскольку у всех испытуемых в подавляющем большинстве случаев произошел однонаправленный характер изменений (парные тесты очень чувствительны). Необходимо отметить, что все происходящие изменения сатурации кислородом были в физиологических пределах — SpO2 ни разу не снижался до уровня менее 95%.

Таблица 3. Абсолютные показатели пльса, SpO2, АДС, АДД и АД пульсового в зависимости от дня недели (2017 г.)

День недели	Показатель	Утро	День	Разность, абс	Разность, %	p
Пн	Пульс	81,7±11,5	85,0±8,3	3,4±12,8	4%	0,256
	Оксигенация	98,6±0,9	97,3±1,2	-1,3±1,3	-1%	<0,001
	АДС	119,6±12,2	126,2±10,9	6,6±14,1	6%	0,051
	АДД	71,0±7,1	77,4±9,9	6,4±11,5	9%	0,024
	АД пульсовое	48,6±14,0	48,9±8,3	0,3±12,7	1%	0,931
Вт	Пульс	84,1±7,9	84,7±6,3	0,6±11,2	1%	0,813
	Оксигенация	98,8±0,7	97,2±1,0	-1,6±1,5	-2%	<0,001
	АДС	114,7±8,9	120,6±9,4	5,9±12,5	5%	0,050
	АДД	69,2±7,7	73,0±9,3	3,8±11,2	5%	0,150
	АД пульсовое	45,5±7,6	47,6±7,4	2,1±9,7	5%	0,345
Ср	Пульс	78,3±12,1	82,3±8,0	4,0±12,5	5%	0,167
	Оксигенация	98,2±0,8	97,2±1,0	-1,0±1,3	-1%	0,002
	АДС	117,9±7,4	126,3±9,1	8,4±11,2	7%	0,003
	АДД	71,9±3,9	79,2±7,4	7,3±9,9	10%	0,004
	АД пульсовое	46,0±6,8	47,1±8,7	1,1±11,1	2%	0,663
Чт	Пульс	84,2±10,1	82,7±8,8	-1,5±13,2	-2%	0,617
	Оксигенация	98,3±1,2	97,3±1,0	-1,0±1,4	-1%	0,005
	АДС	114,2±10,0	122,0±10,7	7,8±14,2	7%	0,024
	АДД	73,3±7,1	76,8±10,7	3,6±11,0	5%	0,165
	АД пульсовое	41,0±8,5	45,2±8,7	4,3±13,3	10%	0,168
Пт	Пульс	81,9±8,3	82,9±7,7	1,0±13,5	1%	0,757
	Оксигенация	98,8±0,9	97,1±0,8	-1,7±1,1	-2%	<0,001
	АДС	117,7±7,1	125,9±10,9	8,2±13,1	7%	0,011
	АДД	72,0±5,3	77,5±8,0	5,5±9,6	8%	0,020
	АД пульсовое	45,7±8,7	48,4±8,5	2,7±11,5	6%	0,308
Сб	Пульс	82,0±12,0	85,4±7,0	3,4±12,7	4%	0,253
	Оксигенация	98,2±1,1	97,5±1,1	-0,7±1,5	-1%	0,049
	АДС	115,3±8,3	125,4±11,8	10,2±11,0	9%	0,001
	АДД	72,8±8,2	82,3±11,5	9,5±12,4	13%	0,003
	АД пульсовое	42,5±10,6	43,1±10,3	0,7±11,2	2%	0,798

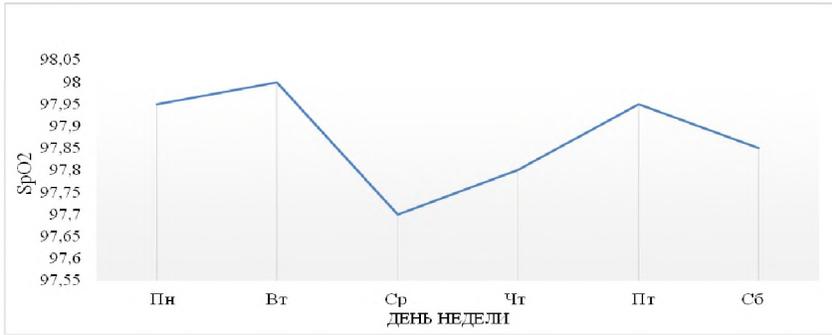


Рисунок 4 – Динамика оксигенации у школьников в течение недели (2017 г.)

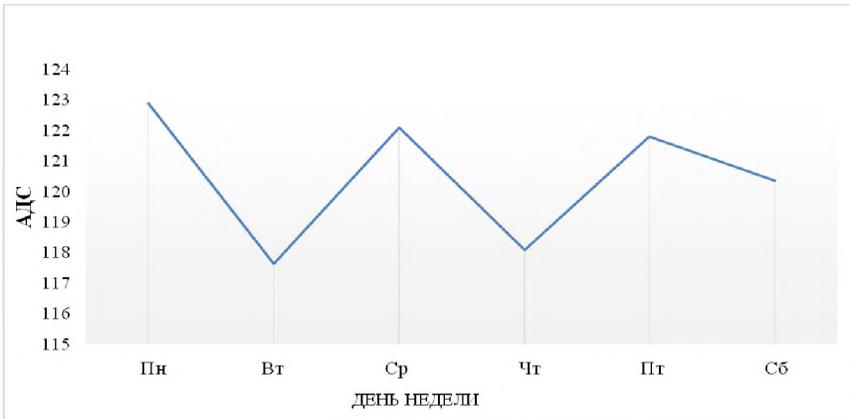


Рисунок 5 – Динамика АДС у школьников в течение недели (2017 г.)

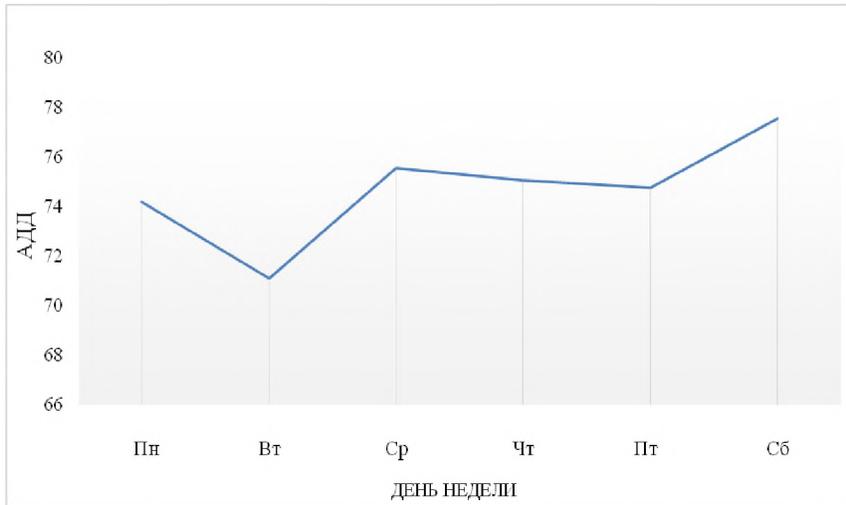


Рисунок 6 – Динамика АДД у школьников в течение недели (2017 г.)

На рисунке 7 показан график динамики АД пульсового у школьников в течение недели (2017 г.)

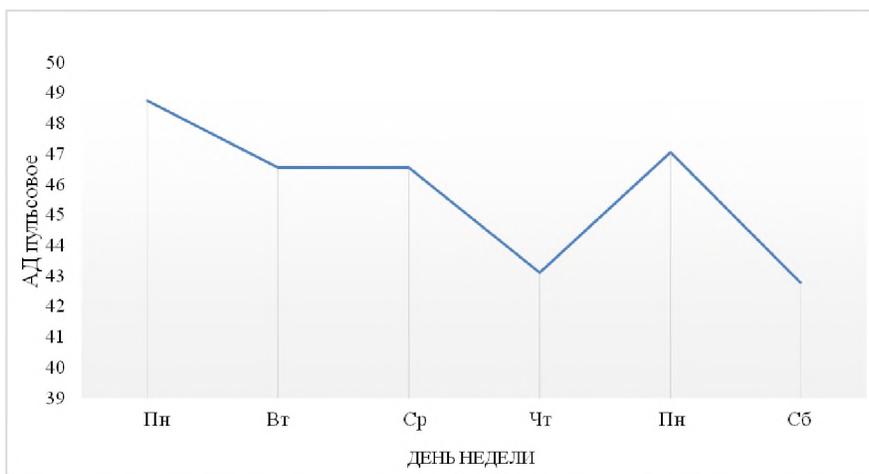


Рисунок 7 – Динамика АД пульсового у школьников в течение недели (2017 г.)

Обсуждение

Среди школьников, обучающихся в профильных классах, сохраняются негативные тенденции в состоянии здоровья подростков. Выделяют 5 групп здоровья. К I группе относят практически здоровых детей. К II относят детей с незначительными отклонениями в здоровье, функциональными или морфологическими отклонениями. К III – со скрытыми, не проявляющимися хроническими заболеваниями, либо с врожденной патологией. IV группу – выставляют у детей с низкой сопротивляемостью организма, с хроническими заболеваниями на стадии субкомпенсации. В V группу входят дети с инвалидностью, тяжелыми пороками развития и онкологическими заболеваниями [4, 5].

По различным данным, число подростков, входящих в первую группу здоровья, колеблется от 2,5% до 15%; во вторую группу здоровья – от 25% до 52,2%; в третью группу здоровья – от 40% до 65,5% [6]. Эти данные свидетельствуют о значительном нарушении здоровья у школьников. Проведенное исследование показало, что у школьников в возрасте 17 лет к концу учебной недели отмечается достоверное повышение АД, что наряду со снижением SpO2 и тахикардией свидетельствует об их повышенной утомляемости. Следовательно, эти показатели можно использовать в качестве критериев оценки факторов, способствующих развитию заболеваний.

Выводы

1. У школьников в возрасте 17 лет к концу учебной недели отмечается повышение АД, снижение SpO2 и учащение пульса, что достоверно свидетельствует о развитии у них утомляемости.
2. Показатели ЧСС, SpO2 и АД, объективно отражающие физиологическое состояние организма, могут быть использованы в качестве критериев оценки утомляемости учеников во время учебного процесса.

Список литературы:

1. Белецкая В. И., Громова З. П., Егорова Т. И. Школьная гигиена: Учеб. пособие для студентов биол. спец. пед. ин-тов / М.: Просвещение, 1983.—160 с., ил.
2. Выготский Л.С. Педагогическая психология. - М., 1991
3. Смирнов Н.К. Здоровье сберегающие образовательные технологии в современной школе. М.: АПК и ПРО, 2002. - 121с.
4. Общая патофизиология: учеб. пособие / Фролов В.А., Благоднаров М.А.,
5. Зилбернагель С. Клиническая патофизиология: атлас/ Зилбернагель С., Ф. Ланг; пер. с англ. Под ред. Литвицкого П.Ф.- М.: Практическая медицина, 2016.-448с.-Доп. тит. л. англ.
6. Сердюков А. В. Оценка состояния здоровья учащихся старших классов в условиях профильного обучения. Автореф. канд. дис. Саратов, 2011. 21 с.

**УЧЕБНЫЙ ФРЕЗЕРНО-СВЕРЛИЛЬНЫЙ СТАНОК С ЧПУ
ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ МЕХАНИЧЕСКИХ
КОНСТРУКЦИЙ И ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ СХЕМ**

Украшин Максим Алексеевич

Костромская область, г. Кострома,

*МБУ ДО Центр естественнонаучного развития города Костромы «ЭКОсфера»,
объединение «Радиотехническое конструирование»*

Научный руководитель:

Шестаков Александр Александрович, МБУ ДО Центр естественнонаучного развития
города Костромы «ЭКОсфера», педагог дополнительного образования,
Педагог-новатор Российской научно-социальной программы «Шаг в будущее»

Аннотация. В любительской или учебной радиотехнической лаборатории есть основные проблемы: изготовление элементов механических конструкций и изготовление электротехнических плат. Эти процессы требуют выполнения двух видов работ: фрезерования и сверления. Проблемы при данных работах возникают в связи с миниатюрностью изготавливаемых элементов и их большой плотностью на изделиях, это делает неудобным и опасным проводить данные работы вручную. В результате проведенной научно-практической работы разработан и собран фрезерно-сверлильный 2D станок с ЧПУ для изготовления элементов механических конструкций и электротехнических плат. Разработано программное обеспечение для управления спроектированным и собранным оборудованием через LPT порт или USB-LPT преобразователь от персонального компьютера или ноутбука.

В любительской или учебной радиотехнической лаборатории есть основные проблемы, это:

- изготовление элементов механических конструкций;
- изготовление электротехнических плат.

Эти процессы требуют выполнения двух видов работ: фрезерования и сверления. Проблемы при данных работах возникают в связи с миниатюрностью изготавливаемых элементов и их большой плотностью на изделиях, это делает неудобным и опасным проводить данные работы вручную. Научно-практическая работа по проектированию и конструированию станка с ЧПУ направлена на решение данных проблем. Станок позволит производить сверление и фрезерование

не вручную, а с использованием ЧПУ, то есть удалённо. Это исключает любую вероятность опасности для учащихся при применении данного оборудования в учебной или любительской лаборатории.

Цель работы: решение проблемы изготовления элементов механических конструкций и электротехнических плат в условиях любительской или учебной радиотехнической лаборатории.

Задачи работы:

- проектирование конструкции учебного малогабаритного фрезерно-сверлильного 2D станка с ЧПУ;
- проектирование и сборка схем: схема управления через LPT порт компьютера двигателями и исполнительными элементами станка; схема для контроля обратной связи аппаратной части станка с его модулем числового программного управления на персональном компьютере; схема USB-LPT адаптера на основе AVR микроконтроллера.
- написание программ: программа для управления станком; программа для контроля обратной связи аппаратной части станка с его модулем числового программного управления; прошивка AVR микроконтроллера для схемы USB-LPT адаптера.

В процессе работы над проектом были использованы следующие методы исследования:

Теоретический.

Анализ возможных решений данных проблем с использованием оборудования, предлагаемого сейчас промышленностью. Рассмотрена возможность конструирования и сборки оборудования для оптимизации процессов изготовления механических конструкций и электротехнических плат. Изучена возможность управления аппаратной частью станка через LPT порт компьютера. Изучены возможности драйвера LPT порта `lptwdmio.sys`.

Проектный.

Спроектирована конструкция учебного малогабаритного фрезерно-сверлильного 2D станка с ЧПУ. Спроектирована схема управления через LPT порт компьютера двигателями и другими исполнительными элементами аппаратного модуля станка.

Практический.

Собрана конструкция учебного малогабаритного фрезерно-сверлильного 2D станка с ЧПУ. Собранна схема управления через LPT порт компьютера двигателями и другими исполнительными элементами аппаратного модуля станка. Написана программа для управления станком. Собрана схема для контроля обратной связи аппаратной части станка с его модулем числового программного управления. Написана программа контроля обратной связи станка с его модулем числового программного управления. Собрана схема USB-LPT адаптера на основе AVR микроконтроллера. Написана прошивка AVR микроконтроллера для схемы USB-LPT адаптера.

Экспериментальный.

Проведена апробация разработанного и собранного станка при изготовление механических конструкций для лабораторных работ технической направленности по программам «Радиотехническое конструирование» и «Юные Кулибины», реализуемых в центре «ЭКОсфера», а также при изготовлении электротехнических плат из фольгированного стеклотекстолита, применяемых при сборке стандартных радиотехнических устройств по тематическим планам программ.

Основное содержание

При обучении в секции научно-технического творчества на занятиях в объединениях «Радиотехническое конструирование» и «Юные Кулибины» наблюдается ряд проблем. Главными из них являются: изготовление элементов механических конструкций и изготовление электротехнических плат.

Проблемы при данных работах возникают в связи с миниатюрностью изготавливаемых элементов и их большой плотностью на изделиях, это делает неудобным и опасным проводить данные работы вручную.

Перед началом работы по научно-техническому проекту я провёл теоретическое исследование, изучив то, как данные проблемы могут быть решены с использованием оборудования, предлагаемого сейчас промышленностью. Изготовить элементы механических конструкций, а также электротехнические платы для занятий научно-техническим творчеством, в частности радиотехническим конструированием можно отдельно с применением сверлильных и фрезерных станков.

Станки могут быть применены как ручные, так и с числовым программным управлением. Ручные станки имеют ограничения использования в детских объединениях в соответствии с правилами техники безопасности для различных возрастных категорий учащихся. Кроме этого на ручных станках сложно изготовить данные элементы в связи с большим количеством их типов и спецификаций. Кроме ручных станков изготовить данные элементы можно на программируемых станках с числовым программным управлением. Данные станки не имеют ограничений по технике безопасности, так как работа на них происходит удалённо. Ученик работает за компьютером, а станок выполняет его команды, но данные станки имеют слишком большую стоимость, которая неприемлема для детских объединений технического творчества, к тому же при выходе таких станков из строя их ремонт очень дорогостоящ.

Исходя из проведенного анализа, объединения «Радиотехническое конструирование» и «Юные Кулибины» из секции научно-технического творчества решили объединить свои усилия и попытаться спроектировать и собрать свой фрезерно-сверлильный станок с числовым программным управлением. Станок должен иметь тот же набор функций, что и промышленные станки, не иметь ограничений по технике безопасности. Проект станка должен учитывать технические условия лабораторий объединений, а так же их материальные возможности.

Учитывая имеющийся опыт по проектированию элементов механических конструкций [1, 2, 3], было решено применить в станке конструкцию, которая спроектирована в программе «КОМПАС-3D Учебная версия» (бесплатная) и дает представление о механической компоновке станка. На несущей конструкции-станине параллельно друг другу закреплены две направляющие, на которые установлена каретка, обеспечивающая перемещение рабочего инструмента в горизонтальной плоскости вдоль станка, то есть вдоль рабочей плоскости (по оси «X»). Рабочая плоскость закреплена над этой парой направляющих. На каретке, перемещающейся вдоль станка, закреплена вторая пара направляющих, так же с кареткой. Эта каретка движется вверх-вниз и обеспечивает перемещение рабочего инструмента в вертикальной плоскости (по оси «Z»). На каретке вертикального перемещения расположена третья пара направляющих так же со своей кареткой. Она установлена поперек станка и обеспечивает перемещение рабочего инструмента в горизонтальной плоскости по оси «Y». На каретке оси поперечного

перемещения рабочего инструмента (ось «Y») расположен двигатель рабочего инструмента с патроном для его установки. В патрон может устанавливаться фреза или сверло в зависимости от поставленной задачи.

После того, как конструкция станка была спроектирована мы стали решать задачу по его числовому программному управлению.

В большинстве блоков ЧПУ, предлагаемых промышленностью для учебных или любительских целей, управление происходит через СОМ порт компьютера. Для реализации данного интерфейса управления требуется большее количество деталей и усложняется схема блока. Самым легким для управления внешними устройствами является LPT порт компьютера. При его использовании упрощается схема драйверов управления двигателями перемещения рабочего инструмента фрезерно-сверлильного станка.

После определения конструкции станка и интерфейса управления параллельно стали решаться две задачи: написание программного обеспечения для блока ЧПУ и проектирования эклектической схемы блока ЧПУ.

Программное обеспечение мы решили реализовать в виде двух программ: программы для реализации возможности построения и последующего фрезерования графических изображений и программы для автоматического перемещения сверлильного инструмента.

Программное обеспечение написано в среде Delphi с использованием драйвера LPT порта `lptwdmio.sys`.

На экране появляется окно с размеченной координатной плоскостью.

В этом окне размечаются линии для последующего их изображения (фрезерования) на заготовке. После того как на виртуальную координатную плоскость нанесены линии, нажимается кнопка «Фрезерование» и станок начинает свою работу.

Данная программа может использоваться для фрезерования токопроводящих дорожек на фольгированном стеклотекстолите, для изготовления механических элементов учебных роботизированных конструкций, для декоративного фрезерования.

Во второй программе, в программе сверления, на виртуальную плоскость вместо линий наносятся точки.

В обеих программах присутствует опция сохранения файла с размеченной виртуальной плоскостью и последующей загрузкой этого файла. Эта опция может быть применена при необходимости одинакового фрезерования или сверления на нескольких заготовках. Также в программе (в меню) имеется опция остановки процесса фрезерования, которая может быть применена, если в процессе произошел какой-либо сбой.

После того как мы определились, что станок будет управляться от LPT порта компьютера и управляемыми в станке будут три двигателя, которые обеспечивают перемещение резца по трём координатным осям, пришло время приступить к проектированию электронной части станка, а именно блока числового программного управления.

В предлагаемых промышленных блоках ЧПУ перемещение осуществляется за счет шаговых двигателей. Схемы управления шаговыми двигателями довольно сложные из-за этого сложно и программное управление ими. В станке было решено применить электродвигатели постоянного тока, так как управлять ими легче, работают они без рывков, в отличие от шаговых двигателей, и они в большом количестве имеются у нас в объединении. Соответственно, при исполь-

зовании электродвигателей постоянного тока вместо шаговых двигателей сокращаются расходы на сборку фрезерно-сверлильного станка. После того как была разработана схема блока числового программного управления, можно было приступить к разработке компоновки механических элементов фрезерно-сверлильного станка, то есть к проектированию самой конструкции станка.

Далее решалась задача по подбору материала и деталей для сборки нашего фрезерно-сверлильного 2D станка с ЧПУ. Для сборки механической основы станка было решено использовать легкодоступные малогабаритные металлические изделия хозяйственных нужд (уголки, профили, рейки, шпильки, болты и др.).

В электрической части станка и блоке ЧПУ воспользоваться теми деталями, которые есть в наличии в объединении «Радиотехническое конструирование». В станке применены электродвигатели постоянного тока с целью удешевления его стоимости (они в большом количестве имеются в объединении «Радиотехническое конструирование»). Для обеспечения стабильного перемещения рабочего инструмента двигателя установлены вместе со стандартными схемами стабилизации частоты вращения. Перемещение кареток по осям осуществляется за счет винтовых шпилек, соединенных с роторами двигателей.

Электрическая часть станка состоит из основного рабочего двигателя и блока числового программного управления [4, 5]. Блок ЧПУ должен обеспечивать передвижение по трём координатным осям. Схема блока работает следующим образом: разработанная в процессе проектирования станка программа управления выдает на выходы LPT порта логические уровни «0» и «1». К соответствующим выводам порта подключены базы транзисторных ключей VT1 – VT7. Транзисторы VT1 и VT2 управляют электромагнитными реле K1 и K2, к контактом которых подключен двигатель поперечной подачи инструмента в горизонтальной плоскости. С помощью переключения электромагнитных реле осуществляется коммутация питающего напряжения (12В) с контактами электродвигателя M1. При включении реле K1 двигатель M1 начинает крутиться вправо, при включении K2 – влево. Когда оба реле выключены – двигатель находится в положении покоя, так как на оба его контакта подается отрицательный потенциал. Управление двигателями продольной подачи в горизонтальной плоскости и подъёмом и опусканием инструмента в вертикальной плоскости осуществляется по тому же принципу. Двигатель продольной подачи M2 управляется транзисторами VT3 и VT4 и реле K3, K4. Двигатель подъема и опускания инструмента в вертикальной плоскости (M3) управляется транзисторами VT5 и VT6 и реле K5, K6. Включение основного рабочего двигателя M4 осуществляется с помощью транзисторного ключа VT7, коллекторной нагрузкой которого, является двигатель.

После того как станок и схема блока ЧПУ были собраны, появилась возможность измерить конкретные характеристики:

- размер рабочей координатной плоскости;
- масштаб координатной плоскости;
- скорости перемещения фрезы по координатным осям
- дискретность передвижения фрезы.
- возможная глубина точения.

В связи с выявлением этих характеристик программное обеспечение приняло уже законченный вид.

Теперь при запуске программы открывается не окно с координатной плоскостью, а окно настроек. В этом окне можно установить следующие

параметры: скорость движения кареток по осям продольного и поперечного перемещения инструмента в горизонтальной плоскости и по оси подъема и опускания инструмента в вертикальной плоскости; размер рабочей координатной плоскости; масштаб координатной плоскости.

После того как настройки установлены нажимается кнопка «Начать фрезерование» или «Начать сверление» в зависимости какая из программ запущена. После нажатия на кнопку на экране появляется окно с размеченной координатной плоскостью. Работа продолжается по описанному ранее алгоритму.

Далее решались задачи по проектированию и сборке схемы, а также по написанию программы контроля обратной связи станка с компьютером.

Для контроля точности выполнения фрезерования и сверления собрано контрольное устройство «Миллиметр».

Устройство инициализируется в операционной системе на компьютере как USB HID и, соответственно, не требует драйверов. Принципиальная схема устройства выполнена на основе AVR микроконтроллера AT tiny45. На аналоговые входы поступают сигналы с двух датчиков, которые в инфракрасном диапазоне измеряют расстояние от устройства до отражателей по двум координатным осям – X и Y. Микроконтроллер с помощью написанной на языке «С» прошивки оцифровывает эти сигналы и отправляет в виде двух блоков по 10 бит каждый на USB порт компьютера. На ножки выводится цифровой сигнал с последующей отправкой на USB порт компьютера. Питание микроконтроллера напряжением 5 вольт осуществляется также от USB порта («-» и «+»). Числа с микроконтроллера обрабатываются программой на компьютере. Программа написана на языке C#. Из программы библиотеке USB Score передаются идентификаторы устройства. Она считывает данные, приходящие с микроконтроллера, соответствующего переданным идентификаторам, и пересылает эти данные в программу. С первым блоком данных, то есть с теми данными, которые приходят от первого АЦП, к которому подключен датчик измерения расстояния по оси «X», программа работает так: при сдвигании датчика относительно отражателей меняется напряжение от 0 до 2,5 вольт, которое приходит на АЦП микроконтроллера. Микроконтроллер, в свою очередь, отправляет в программу на компьютере числа от 0 до 1023, пропорционально изменениям напряжения. В окне программы отображается изменение расстояния от датчика до отражателя в миллиметрах, а также изменяется положение оси «X» датчика относительно виртуальной рабочей плоскости в окне программы. Размер плоскости и масштаб отображения задаются предварительно в окне настроек, в зависимости от того, на каком оборудовании применяется контрольное устройство. Со вторым блоком данных, то есть с данными со второго АЦП, программа работает так же как с первым, только отображение происходит относительно оси «Y».

Таким образом, в программе отображается реальное положение рабочих инструментов на учебном малогабаритном фрезерно-сверлильном 2D станке с ЧПУ, а не положение, заданное программно. При критическом отклонении реального положения инструмента от положения, заданного программно, станок прекратит работу. Допуск на отклонение задается в настройках программы. После сборки станка, электронных схем для управления и контроля и написания программного обеспечения можно было провести экспериментальный запуск всего комплекса в полном объеме. При этом была выявлена проблема, связанная

с тем, что управление станком происходит от LPT порта, который имеется далеко не на всех современных компьютерах.

Для решения этой проблемы мы собрали простую схему преобразователя интерфейса USB-LPT на основе AVR микроконтроллера. Наш преобразователь обладает следующими возможностями:

- инициализация полноценного LPT порта при подключении переходника к персональному компьютеру;
- четыре режима работы, как то ECP, EPP 1.9, SPP и ECP+EPP;
- возможность выбора адреса порта (378h, 278h либо 3BCh);
- можно управлять непосредственно выходными и входными пинами порта, используя стандартные драйверы LPT-порта.

В преобразователе применен микроконтроллер AT Mega8, использующий стандартный для всех микроконтроллеров этой серии протокол обмена данными с персональным компьютером через USB интерфейс.

Заключение

Таким образом, по итогам проведённой научно-практической работы разработан и собран фрезерно-сверильный 2D станок с ЧПУ для изготовления элементов механических конструкций и электротехнических плат. Разработано программное обеспечение для управления спроектированным и собранным оборудованием через LPT порт или USB-LPT преобразователь от персонального компьютера или ноутбука.

Апробация станка и программного обеспечения для управления им, была проведена на практических занятиях в лаборатории объединения «Радиотехническое конструирование» центра «ЭКОсфера» при изготовлении элементов механических конструкций и электрических плат для занятий научно-техническим творчеством.

Результаты работы над проектом

Спроектировано и собрано:

1. Конструкция учебного малогабаритного фрезерно-сверильного 2D станка с ЧПУ.
2. Схема управления через LPT порт компьютера двигателями и исполнительными элементами станка.
3. Схема для контроля обратной связи аппаратной части станка с его модулем числового программного управления на персональном компьютере.
4. Схема USB-LPT преобразователя на основе AVR микроконтроллера.

Написаны программы и прошивка:

1. Программы для управления учебным малогабаритным фрезерно-сверильным 2D станком с ЧПУ.
2. Программа для контроля обратной связи аппаратной части станка с его модулем числового программного управления.
3. Прошивка AVR микроконтроллера для схемы USB-LPT преобразователя.

Список литературы:

1. Архангельский, А. Я. Разработка прикладных программ для Windows в Delphi5.-М.: БИНОМ, 1999

2. Горнаков, С.Г. DirectX 9 – Уроки программирования на C++.-Спб.: БХВ, 2005.
3. Никитин, В.А. Книга начинающего любителя. – М : NT Press, 2005.
4. Изготовление печатных плат простым УФ методом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://shemopedia.ru/izgotovlenie-pechatnyih-plat-prostyim-uf-metodom.html>
5. Программа моделирования радиотехнических схем [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://falstad.com/circuit/circuitjs.html>.

ПРИБОР ДЛЯ ПРОВЕРКИ РАБОТЫ КАРДИОГРАФА

Алексеев Сергей Владимирович

*Воронежская область, г. Воронеж, Естественно-технический колледж
Воронежского государственного технического университета,
студент 4 курса*

Научные руководители:

Лавлинская Светлана Ивановна, Стародубцева Елена Ивановна
Преподаватели высшей квалификационной категории
естественно-технического колледжа
Воронежского государственного технического университета

В последние годы быстро развивается кардиология в области диагностики и лечения сердечно-сосудистых заболеваний. Как оказывается, биоэлектрические процессы в организме являются источником диагностической информации о состоянии и деятельности тканей и органов. Регистрация потенциалов, возникающих на поверхности и внутри тела, может производиться длительно и многократно без каких-либо болезненных ощущений или вредного воздействия на организм.

В диагностике сердечных заболеваний нельзя обойтись без электрокардиографического исследования, представляющего собой анализ регистрирования кривой изменения биопотенциалов сердца [1].

Электрокардиограф является прибором, предназначенным для измерения напряжений и временных интервалов в виде электрокардиограммы. Наиболее важным требованием к такому прибору является предоставление врачу объективной, достоверной и точной информации об интересующих параметрах или характеристиках диагностируемого биообъекта. Получение недостоверной информации может привести к нанесению вреда здоровью человека. Поэтому для повышения точности электрокардиограммы необходимо периодически проводить метрологическую поверку работы электрокардиографа. Одним из наиболее важных испытательных приборов в сервисной мастерской по обслуживанию медицинской техники является прибор для проверки работы кардиографа (тестер ЭКГ или симулятор пациента) [2]. Спроектированный прибор подключается к электрокардиографу и подает типичный сигнал ЭКГ или какой-либо другой сигнал. Такие симуляторы обычно стоят дорого, а предлагаемый вариант будет отличаться ценой, качеством, надежностью конструкции и простотой в работе за счет меньшего количества элементов. Электрорадиоэлементы, входящие в проектируемую схему – современные, малогабаритные, их можно найти в любом магазине или на старых платах.

Проектируемый прибор предназначен для проверки работы кардиографов и кардиомониторов. У него предусмотрена возможность подключать кабель пациента (4 мм), DIN 3.0 (Pro версия) и контакты типа «кнопка» или «зажим».

Прибор для проверки работы кардиографов генерирует сигналы как прямоугольной формы с длительностью импульса равной длительности паузы (скважность равная 2), так и сигналы, имитирующий работу сердца (кардиоподобный сигнал), рисунок 1.

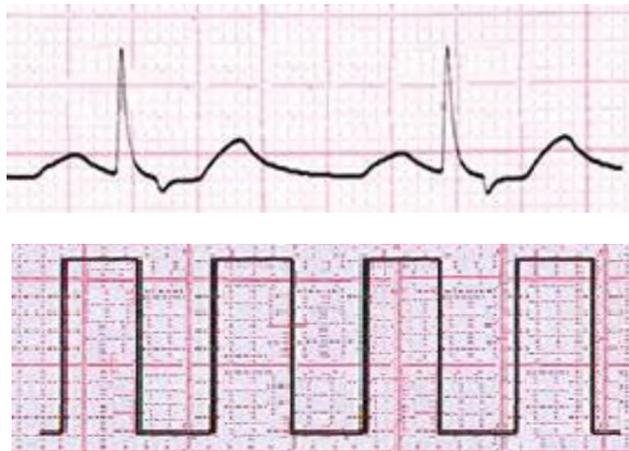


Рисунок 1 – Кардиоподобный сигнал, прямоугольный сигнал

Прибор может быть использован для:

- проверки амплитуды записи со всех отведений. Для этого на выбранную группу отведений подается П-образный сигнал амплитудой 1 мВ и частотой 1 Гц (60 уд/мин) или 2 Гц (120 уд/мин).
- проверки общей функциональности электрокардиографов, прибор формирует кардиоподобный сигнал частотой 1 Гц (60 уд/мин) по всем отведениям одновременно или на выбранную группу отведений.

Общий вид прибора представлен на рисунке 2.

Основные характеристики прибора для проверки работы кардиографов [3]:

- сигнал прямоугольной формы амплитудой 1.0 мВ, и частотой 1 Гц (60 уд/мин) и 2 Гц (120 уд/мин);
- сигнал, имитирующий работу сердца, имеет ненормированную амплитуду (порядка 1.0 мВ) и фиксированную частоту 1 Гц (60 уд/мин);
- режимы выхода - сигнал на выбранную группу отведений или сигнал одновременно по всем отведениям;
- частота сигнала стабилизирована кварцем, амплитуда - встроенным стабилизатором напряжения;
- напряжение питания, 3В ;
- ток потребления, 20 мА;
- габаритные размеры, 180x100x40мм;
- рабочий диапазон температур, 0...+50°C;
- диапазон температур хранения, 30...+50°C;
- относительная влажность воздуха, не более 85%.



Рисунок 2 – 3D модель прибора для проверки работы кардиографа

Ставилась задача, чтобы прибор был портативным (малогабаритным, легким), питался от встроенного аккумулятора и имел контакты для подключения как кардиографов, так и кардиомониторов. Для простоты конструкции решено обойтись без микроконтроллера, так как генерируемая микроконтроллером серия ЭКГ сигналов, необходима лишь для проверки автоматической постановки диагноза кардиографами.

Структурная схема проектируемого прибора для проверки работы кардиографов и кардиомониторов представлена на рисунке 3.



Рисунок 3 – Структурная схема прибора для проверки работы кардиографа

Работа прибора на основании структурной схемы:

«Задающий генератор» задает частоту (32,768кГц), далее частота подается на «делитель частоты», где частота разделяется. Получаются сигналы с частотой 1 Гц (60 уд/мин) и 2 Гц (120 уд/мин), так же при переключении (S2) делитель частоты подает сигнал на «схему формирования кардиоподобного сигнала», впоследствии формируется сигнал, имитирующий работу сердца с фиксированной частотой 1 Гц (60 уд/мин).

Переключатель S1 служит для переключения между частотами прямоугольного импульса (1 Гц (60 уд/мин) и 2 Гц (120 уд/мин)), а переключатель S2 нужен для переключения между кардиоподобным и прямоугольным сигналами. Далее сигнал поступает на коммутатор отведений, где впоследствии подается по всем отведениям одновременно или на выбранную группу отведений.

Исходя из технического задания на проектирование прибора, за основу взяли схему электрическую принципиальную, представленную на рисунке 4.

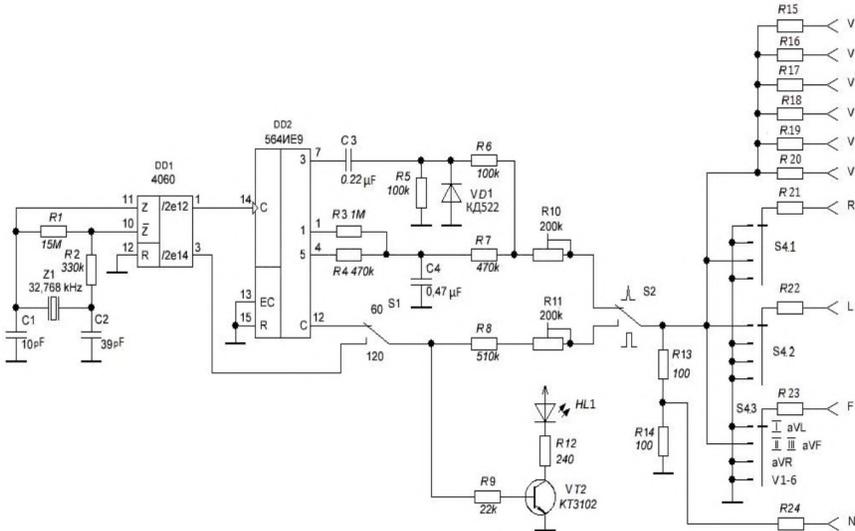


Рисунок 4 – Схема электрическая принципиальная прибора для проверки работы кардиографа

Для уменьшения электропотребления в схеме применены КМОП микросхемы [5]. Кварцевый генератор и делитель частоты собраны на элементах DD1, Z1, R1, R2, C1, C2. Чтобы улучшить эксплуатационные характеристики, в схему был введен простой формирователь кардиосигнала на микросхеме DD2.

Для простоты переключения частоты между 1 Гц (60 уд/мин) и 2 Гц (120 уд/мин) выполнено только для прямоугольных импульсов.

Схема формирования кардиоподобного сигнала собрана на элементах DD2, C3, C4, R3...R7, VD1. Подстроечными сопротивлениями R10 и R11 регулируется выходная амплитуда сигнала в режиме кардиоподобного сигнала и в режиме прямоугольных импульсов.

Светодиод HL1 питается от батареи и является самым энергопотребляемым элементом. Поэтому на него будет подаваться не постоянный ток, а прямоугольные импульсы, что позволит сократить его энергопотребление и обеспечить контроль максимального количества функций:

- индикация включения питания;
- индикация выхода прямоугольных импульсов;
- индикация работоспособности кварцевого генератора и делителя частоты.

Для упрощения конструкции прибора для проверки работы кардиографа и в то же время, чтобы обеспечить селекцию сигнала по разным отведениям (для

локализации неисправного отведения) был применен механический переключатель S4.

Резисторы R15...R24 имеют постоянное сопротивление 4,7 кОм, что сопоставимо с сопротивлением тела человека. С ними по искажениям записи электрокардиограммы выявляются такие неисправности, как утечки на экран в кабели пациента и в защитных диодах входных цепей кардиографов и кардиомониторов. Выполнена трассировка печатной платы, которая представлена на рисунке 5.

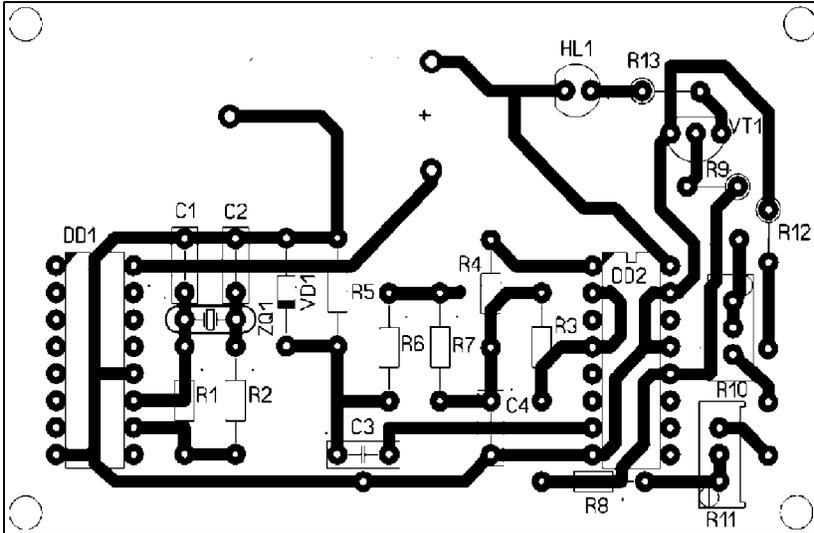


Рисунок 5 – Печатная плата прибора для проверки работы кардиографа

Изготавливается плата химическим методом с нанесением рисунка методом шелкографии. Плата односторонняя из стеклотекстолита марки СФ1-50-1,5 и имеет размеры 80 x 50 x 1,5 мм. Также на плате располагается отсек с батареей. Плата крепится к корпусу с помощью винтов М3.

Первый pin микросхемы DD1 согласно электрической принципиальной схеме соединяется с 14 pin микросхемы DD2 [6]. На плате же это соединение выполняется с помощью перемычки из провода. Имеется также еще одно соединение с помощью перемычки это R3, R4 с подстроечным резистором R10. Такое решение не требует дополнительного прокладывания проводников. Также при проектировании прибора для проверки работы кардиографа была собрана 3D модель проектируемой печатной платы, которая представлена на рисунке 6. Все остальные детали: переключатели, выключатели, «имитаторы кожи» (резисторы R15-R24), будут припаяны навесным монтажом к гнездам.

Собранная схема будет работать сразу после подачи питания, но для получения соответствующих характеристик необходимо провести несложную наладку. Она включает в себя регулировку подстроечными резисторами заданной амплитуды на выходах прибора для проверки работы кардиографа [7]. А полученного выходного прямоугольного сигнала с несколькими фиксированными значениями амплитуды и частоты хватает для большинства метрологических проверок.

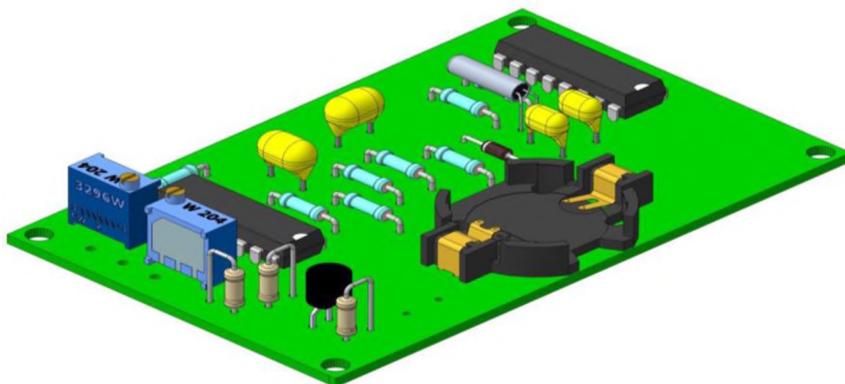


Рисунок 6 – 3D модель печатной платы прибора для проверки работы кардиографа

Учитывая функциональность прибора, точность воспроизведения сигнала, а также по-настоящему малые размеры и вес, можно утверждать, что данный прибор для проверки работы кардиографов и кардиомониторов может быть использован как основной «инструмент» инженеров и метрологов, работающих в «полевых условиях».

Список литературы:

1. Агаханян, Т. М., Никитаев, В. Г. Электронные устройства в медицинских приборах: Учебное пособие. М.: НИЯУ МИФИ, 2010. – 480 с.
2. ГОСТ Р 50.2.009-2011 ГСИ. Электрокардиографы, электрокардиоскопы и электрокардиоанализаторы. Методика поверки. – М.: Госстандарт России: Стандартинформ.
3. Барановский А.Л., Немирко А.П. Кардиомониторы. Аппаратура непрерывного контроля: Учебное пособие для ВУЗов. – М.: Радио и связь, 1993. – 248 с.
4. Козюра, А.В. Проблемы метрологического обеспечения электрокардиографической техники // Сборник трудов молодых ученых Всероссийской научной школы по биомедицинской инженерии БМИ-2009. – СПб.: СПбГЭ-ТУ. – 2009.
5. Мурашко В.В., Струтынский А.В. Электрокардиография. - М.: МЕДпрессинформ, 2001.- 307 с.
6. Микросхема 4060. – Электрон. дан. – Режим доступа <https://lib.chipdip.ru/205/DOC000205332.pdf>
7. ГОСТ ИЕС6 0601-2-51-2011. Изделия медицинские электрические. Часть 2-51. Частные требования безопасности с учетом основных функциональных характеристик к регистрирующим и анализирующим одноканальным и многоканальным электрокардиографам. М.: Стандартинформ, 2013.

УФ СЕНСОР НА ОСНОВЕ ПОРИСТОЙ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ ПЛЕНКИ ZNO

Мирзоев-Шовкринский Рамзи Мурадovich

Республика Дагестан, г. Махачкала, МБОУ «Лицей № 8», 11 класс

В последние три десятилетия в связи с требованиями медицины, биотехнологий, экологии, космической и военной техники ультрафиолетовая (УФ) фо-

тоэлектроника является интенсивно развивающимся направлением материаловедения и приборостроения. Главной особенностью УФ фотоэлектроники является необходимость регистрировать слабые сигналы, лежащие в ультрафиолетовом диапазоне (10 – 380 нм), на фоне мощного видимого и инфракрасного излучения. Безусловно, полупроводниковые фотоэлектропреобразователи (ФП) имеют высокую эффективность, малые вес и габариты, не чувствительны к магнитным полям, имеют большую надежность, чем стеклянные вакуумные фотоэлементы. В настоящее время наибольшее развитие получили УФ ФП на базе кремния, фосфида галлия, арсенида галлия-алюминия и карбида кремния. Недостатком ФП на основе Si и GaP является малая ширина запрещенной зоны данных материалов, т.е. они чувствительны не только к УФ, но и к более длинноволновому излучению, что требует использования достаточно сложных систем светофильтров. ФП на основе широкозонных оксидов GaN-AlGaN и SiC лишены данного недостатка и они являются основой современной прецизионной и экстремальной фотоэлектроники («солнечно-слепые» приборы мониторинга военного, космического, противопожарного и экологического назначения). Основным недостатком данного вида ФП является сложность и дороговизна технологии их изготовления [1].

Перспективным материалом для изготовления УФ чувствительных приборов, лишенным многих вышеперечисленных недостатков, является оксид цинка (ZnO). Высокий потенциал этого материала в оптоэлектронной промышленности связан с такими свойствами, как высокая радиационная стойкость, большая подвижность электронов, размер запрещенной зоны (3,3 эВ при комнатной температуре) [2]. Кроме того, сильное влияние поверхностных состояний ZnO на его электрофизические параметры [3], а также относительная простота технологий формирования тонких наноструктурных пленок и массивов упорядоченных и неупорядоченных микро- и наноструктур на основе ZnO с аномально развитой поверхностью, делают оксид цинка одним из основных материалов для активного слоя УФ и газовых датчиков [4, 5]. Наиболее простым методом получения нанокристаллического слоя ZnO с развитой поверхностью является двухстадийный способ, заключающийся в предварительном нанесении на подложку тонкой пленки цинка и последующем окислении этой пленки в кислородсодержащей атмосфере [6, 7].

Как было показано ранее, при магнетронном распылении мишени металлического цинка при повышенном давлении рабочего газа аргона в результате газофазной агрегатизации продуктов распыления (паров цинка) на подложке формируются коралловидные массивы неупорядоченных структур цинка с аномально развитой поверхностью (Рисунок 1). Проведенный рентгенофазовый анализ показал, что данные слои цинка являются аморфными.

Известно, что для повышения чувствительности тонкопленочных сенсоров на основе ZnO следует увеличивать площадь их активной поверхности, а также улучшать кристалличность образующих чувствительный слой оксидных нанозерен. В связи с этим была предпринята попытка получения пористого слоя ZnO путем термического отжига на воздухе предварительно синтезированного на подложке коралловидного аморфного слоя цинка в кислород содержащей атмосфере. Исследования показали, что полное окисление цинка с образованием прозрачного слоя ZnO происходит при температуре отжига $T_{отж} \geq 400^\circ\text{C}$. На рисунке 2 представлены микрофотографии поверхности и поперечного скола слоев ZnO, полученных при температуре отжига цинкового слоя 400 и 450 $^\circ\text{C}$. Можно видеть, что термоокисление при 400 $^\circ\text{C}$ не приводит к существенному изменению морфо-

логии поверхности по сравнению с исходной цинковой пленкой, однако пленка становится немного более плотной. На поверхности и поперечном сколе различимы отдельные зерна размером не более 20 нм, которых образует выпуклые скопления диаметром до 500 нм.

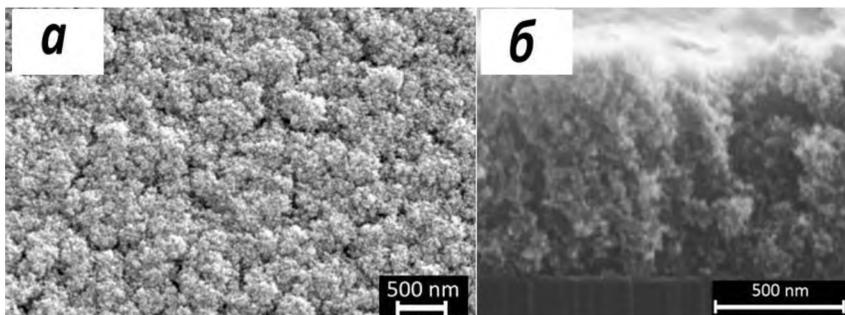


Рисунок 1 – Микрофотография поверхности (а) и поперечного скола (б) слоя Zn, полученного методом магнетронного распыления цинковой мишени при повышенном давлении рабочего газа ($P_{Ar} = 5$ Па)

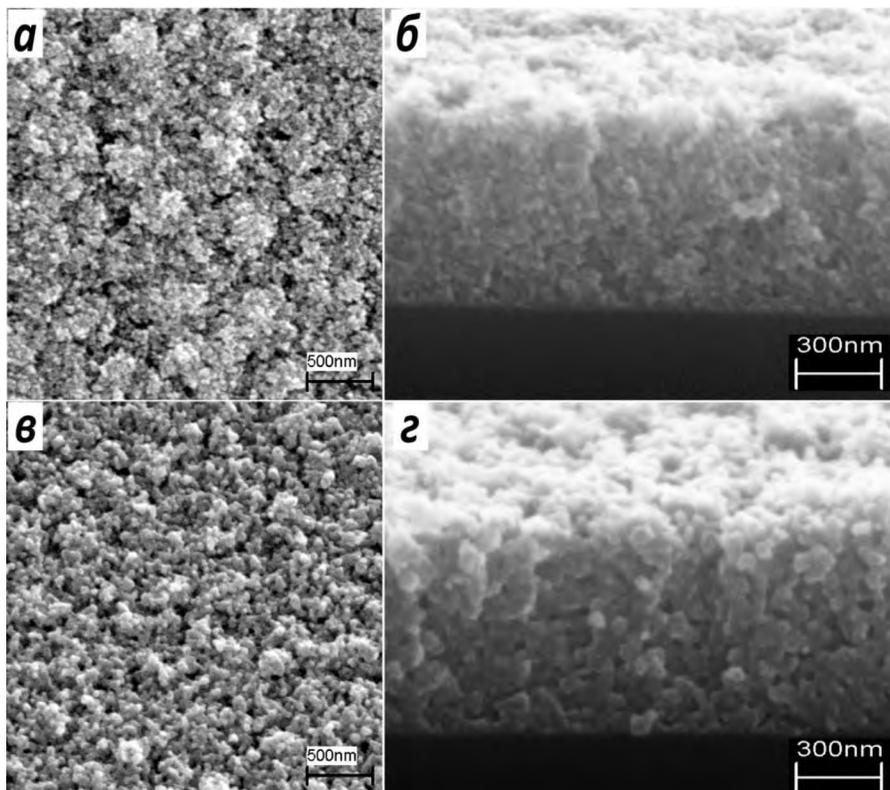


Рисунок 2 – Микрофотографии поверхности (а, в) и поперечного скола (б, г) слоев ZnO, полученных при окислении слоев Zn на воздухе при $T = 400$ (а, б) и 450°C (в, г)

Окисление Zn до ZnO при более высокой температуре (450°C) приводит к более существенному изменению структуры пленки. В результате отжига формируется пористая нанокристаллическая пленка ZnO с развитой поверхностью, состоящая из зерен округлой формы с характерным размером ~ 60 нм. Размер пор (межзеренное пространство) был примерно таким же.

Проведенный рентгенофазовый анализ показал, что в результате термоокисления аморфного цинкового слоя при температуре 450°C образуется нанокристаллическая пленка ZnO с гексагональной структурой вюрцита (Рисунок 3). При этом на дифрактограмме слоя полностью отсутствуют рефлексы, соответствующие металлической фазе. Оценка дисперсности фазы ZnO по формуле Селякова–Шеррера показала, что средний размер нанокристаллитов ZnO в сформированной оксидной пленке составлял 27 нм.

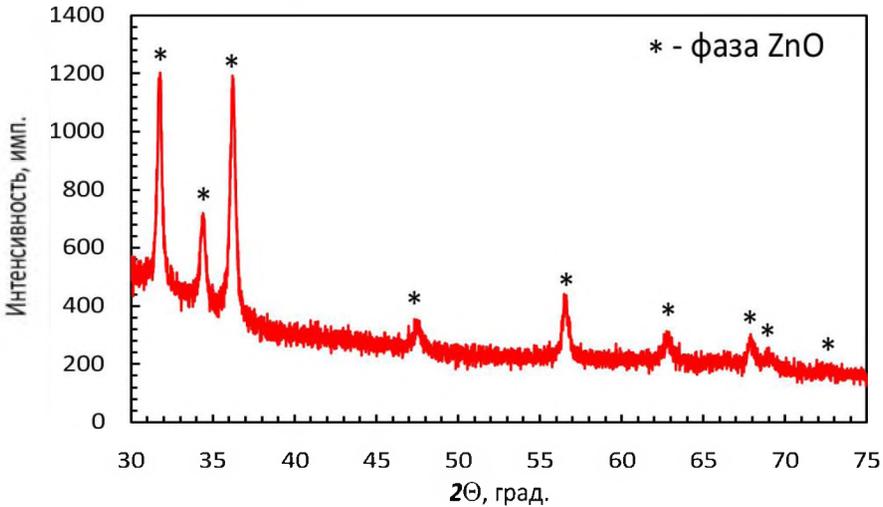


Рисунок 3 – Дифрактограмма пленки ZnO, полученной на при окислении слоя Zn на воздухе при $T = 450^\circ\text{C}$

Полное окисление цинка и формирование оксидной пленки также подтверждалось результатами исследования прозрачности окисленных слоев. На рисунке 4 представлен спектр оптического пропускания пленки ZnO, полученной путем окисления цинкового слоя при 450°C. Можно видеть, что в результате отжига изначально непрозрачная пленка цинка становится прозрачной в видимой и инфракрасной областях спектра ($\lambda > 380$ нм). Суммарный средний коэффициент прозрачности пленки и стеклянной подложки Corning 2947 в видимом диапазоне спектра составлял $T > 78\%$. Край поглощения пленки ZnO находится на границе УФ и видимого диапазонов, т.е. синтезированная пленка эффективно поглощает падающее УФ излучение с энергией кванта $E > 3.25$ эВ. Внешний вид спектра также свидетельствует о развитом рельефе поверхности пленки и ее пористости.

Таким образом, исследования морфологии, микроструктуры и оптических свойств пленок ZnO, полученных окислением кораллоподобного массива неупорядоченных структур цинка, показали, что при температуре отжига $T_{\text{отж}} \geq 400^\circ\text{C}$ цинк окисляется полностью, при этом формируется пористая пленка ZnO с

нанокристаллической структурой, имеющая высокий коэффициент поглощения в УФ области спектра.

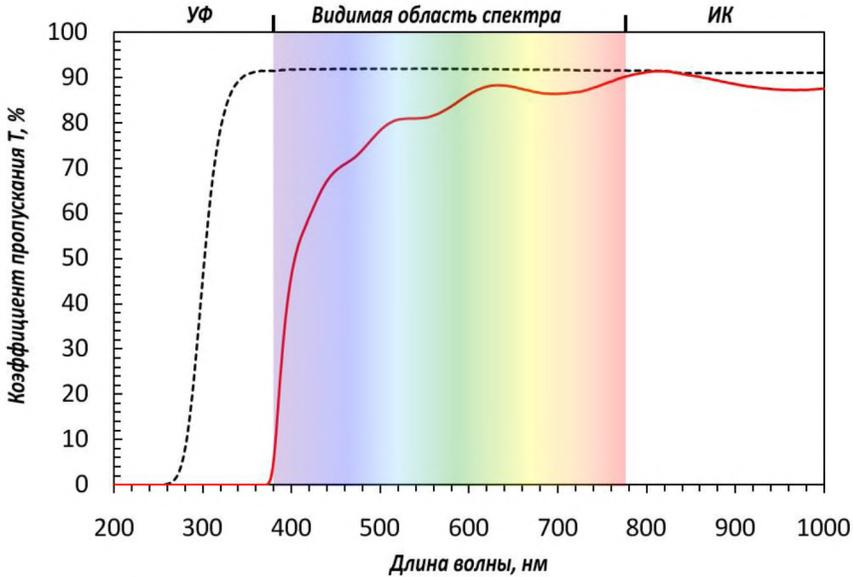


Рисунок 4 – Спектр оптического пропускания пленки ZnO (красная линия), полученной на стеклянной подложке Coming 2947 (черная штриховая линия) при окислении слоя Zn на воздухе при $T = 450^{\circ}\text{C}$

Далее синтезированные слои были использованы в качестве активного слоя фоторезистивного датчика УФ-диапазона (ФРД). Для этого предварительно на подложке поликор (2×3 см) с помощью масок методом магнетронного распыления была сформирована система встречно-штырьковых электродов из платины. Топология электродов представлена на рисунке 5. Ширина отдельного штырька составляла 2 мм, а расстояние между соседними штырьковыми электродами 0,5 мм. Затем поверх сформированных электродов наносился аморфный слой цинка с коралловидной структурой. Далее проводили окисление сформированного слоя Zn путем получасового термического отжига в открытой атмосфере с использованием трубчатой печи при температурах 400 (ФРД №1) и 450 °C (ФРД №2).

Измерения вольт-амперных и временных характеристик проводились на мультиметре Keithley2000; в качестве источника УФ применялся светодиодный источник AvaLED-340 мощностью 40 мВт и длиной волны 340 нм. Измерения проводили при комнатной температуре 25°C (± 2).

На рисунке 5е представлены вольт-амперные характеристики обоих ФРД. Сопротивление при выключенной УФ подсветке обоих образцов было высоким и находилось за пределами измерений мультиметра ($R > 125$ МОм). При включенной УФ подсветке сопротивление обоих образцов значительно уменьшалось, вольтамперные характеристики при этом были линейными. Из наклона можно сделать вывод, что сопротивление образца ФРД №1, полученного при 400°C, при включенной УФ подсветке меньше сопротивления ФРД №2, полученного при 450°C.

На рисунке 6а представлены временные зависимости изменения сопротивления фоторезистивных датчиков №1 и №2 при включении и выключении УФ подсветки. По оси ординат представлен параметр R_0/R , где за R_0 принят предел измерения сопротивления мультиметра Keithley2000 (125 МОм), а R – текущее значение измеряемого сопротивления фоторезистивного датчика. Можно видеть, что сопротивление ФРД №1 при включенной УФ подсветке за 1 минуту уменьшается в 24 раза, тогда как сопротивление ФРД №2 за это же время уменьшается примерно в 15 раз. Это можно объяснить тем, что удельная поверхность активного слоя ZnO, полученного при 400°C, выше, чем в случае синтеза ZnO пленки при 450°C (Рисунок 2). Однако при отключении УФ подсветки образец ФРД №1 ($t > 3$ минут) характеризуется значительно более длительным процессом восстановления по сравнению с ФРД №2 ($t \approx 50$ секунд), что может быть объяснено с точки зрения кристалличности формируемых пленок ZnO – в случае отжига при более высокой температуре уменьшается плотность поверхностных состояний, служащих центрами захвата свободных носителей заряда.

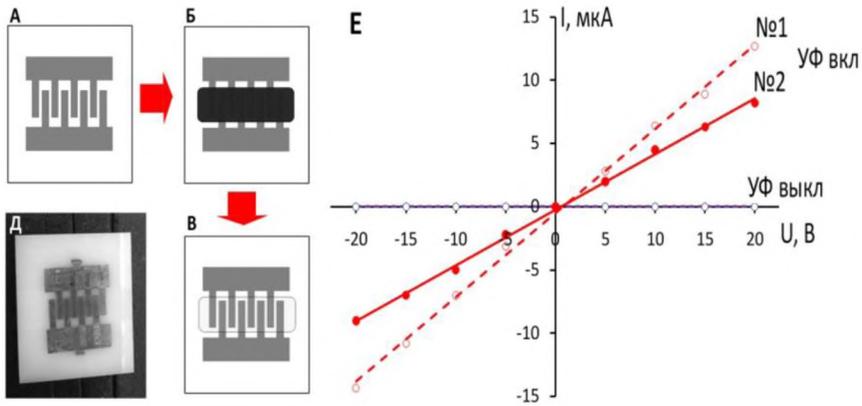


Рисунок 5 – Схема создания макета фоторезисторного датчика

(А – нанесение платиновых встречно-пштырьковых электродов методом магнетронного распыления; Б – нанесение аморфного слоя Zn методом магнетронного распыления; В – термоокисление слоя цинка до оксида цинка в трубчатой печи; Д – фотография полученного макета фоторезистивного датчика) и вольтамперные характеристики изготовленных фоторезистивных датчиков № 1 и № 2 в условиях УФ подсветки

На рисунке 6б представленная временная зависимость изменения параметра R_0/R для образца ФРД № 2 при включении и отключении УФ подсветки для различных расстояний D между исследуемым датчиком и источником УФ излучения. Можно видеть, с ростом D (уменьшением дозы падающего на датчик УФ излучения) параметр R_0/R соответственно уменьшается, при неизменной длительности процесса восстановления до исходного состояния ($t \approx 50$ секунд), что может быть использовано при создании датчиков, работающих в режиме дозиметров.

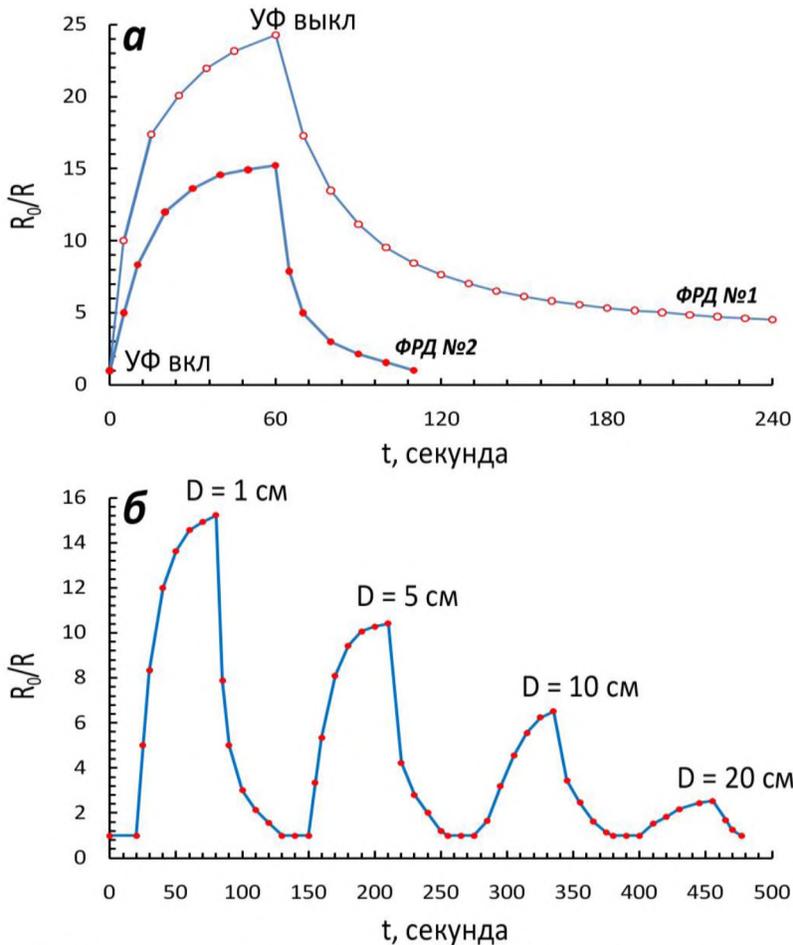


Рисунок 6 – Спектр оптического пропускания пленки ZnO (красная линия), полученной на стеклянной подложке Corning 2947 (черная штриховая линия) при окислении слоя Zn на воздухе при $T = 450^\circ\text{C}$

Выводы

Таким образом, в ходе выполнения работы был оптимизирован процесс изготовления макета фоторезистивного датчика УФ-диапазона на основе нанокристаллической пористой пленки ZnO. Изучены характеристик отклика изготовленного фоторезистивного датчика на воздействие ультрафиолетового излучения. Показано, что для получения оптимальных характеристик датчика процесс окисления исходного аморфного слоя Zn необходимо проводить при температуре 450°C , обеспечивающего полную трансформацию аморфного цинка в нанокристаллическую фазу ZnO с сохранением приемлемой степени пористости формируемого оксидного слоя.

Список литературы:

1. Бланк, Т. В. Полупроводниковые фотоэлектродпреобразователи для ультрафиолетовой области спектра / Т.В. Бланк, Ю.А. Гольдберг // ФТП. – 2003. – Т. 37, № 9. – С. 1025—1055.

2. Пашкевич, Г. А. и др. Сенсоры ультрафиолетового излучения на основе монокристаллических наноструктур оксида цинка на подложках ниобата лития / Пашкевич Г. А., Ропот П. И., Ульянова В. А., Загерин А. И. // Доклады Национальной академии наук Беларуси. 2015. Т. 59. В. 2. С. 34–40.
3. Ghosh S.P., Das K.C., Tripathy N. et al. Ultraviolet photodetection characteristics of Zinc oxide thin films and nanostructures // IOP Conf. Series: Mat. Sci.&Eng. 2016. V. 115. P. 012035.
4. Пташник В.В., и др. ФОТОРЕЗИСТОР БЛИЗНЕГО УФ-ДИАПАЗОНА НА ОСНОВЕ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ ПЛЁНКИ ZNO / Пташник В.В., Замбург Е.Г., Варзарев Ю.Н., Джушлин В.Н., Шорников Р.С. // Фундаментальные исследования. 2012. В. 11. С. 1206-1209.
5. Hsueh T.-J., Hsu C.-L. // Sensors and Actuators B. 2008. № 131. P. 572.
6. Lamberti A., Sacco A., Laurenti M. et al. // J. Alloys Compds. 2013. V. 615. P. S487.
7. Hsueh T.-J., Hsu Ch.-L. // Sensors and Actuators B. 2008. V. 131. P. 572.

РОБОТ – ПОЖАРНЫЙ

Намсараев Амгалан Ринчиндоржиевич

*Забайкальский край, Могойтуйский район, с. Цаган-Ола,
МАОУ «Цаган-Ольская средняя общеобразовательная школа», 10 класс*

Аннотация. Идеей к созданию данного проекта послужило то, что за последние годы в стране происходит большое количество стихийных бедствий. Страдают люди. Ежегодно в нашей стране в результате пожаров погибают люди.

Цель проекта: создать модель-прообраз робота-пожарного, который служил бы для обнаружения, предупреждения и локализации пожара до прибытия пожарной команды.

Данная цель достигается последовательным решением следующих задач:

- сконструировать модель робота, выполняющего функции помощника пожарного для локализации пожаров.
- создать программу для робота, которая позволила бы ему двигаться в определенном направлении, при обнаружении очага пожара предупредить службу охраны объекта и локализовать его до прибытия пожарных.

Сегодня занятия наукой и техникой пользуются популярностью у молодёжи. Участие в технической деятельности помогает развить интерес в этой области, активизировать освоение новых технологий, выбрать будущую профессию. В связи с введением в школе предмета «Робототехника», меня заинтересовал конструктор LEGO MINDSTORMS EV3. Это не просто детская игра, а целая наука, объединяющая в себя физику, математику, информатику, английский язык. Я решил изучить данную науку, чтобы воплощать в роботах свои проекты. Методы проведенных исследований: конструирование, моделирование и программирование. Основные результаты научного исследования: разработана модель-прообраз робота-пожарного на основе LEGO MINDSTORMS EV3.

В последние годы в стране происходит большое количество стихийных бедствий. Страдают люди. Особое место занимают пожары. Ежегодно в нашей стране в результате пожаров погибают люди. Этим бедствиям сопутствуют большие экономические потери, выбросы в атмосферу большого количества мелкодисперсных частиц сажи и углекислого газа, поглощение кислорода. Особенно опасны пожары в больших торговых центрах, спортивных комплексах и т.д., где большие скопления людей.

Отсутствие технических возможностей, невысокий уровень организации охраны осложняют задачу борьбы с пожарами.

Наиболее сложной и трудоемкой является локализация пожара. Для предотвращения гибели людей очень важным фактором является раннее обнаружение очага пожара и его локализация. При локализации пожара осуществляется остановка распространения пожара путём непосредственного воздействия на его горящую кромку с целью исключения возможности возобновления его распространения.

Задачи проекта:

- сконструировать модель робота, выполняющего функции помощника пожарного для локализации пожаров.
- создать программу для робота, которая позволила бы ему двигаться в определенном направлении и при обнаружении очага пожара предупредить и локализовать пожар до прибытия пожарных.

Предмет исследования: процесс обнаружения и локализации пожара с помощью автоматических автономных перемещающихся устройств.

Гипотеза: если будет создана модель-проброобраз робота-пожарного на основе LEGO MINDSTORMS EV3, то возможно в будущем сконструировать реальное автоматическое автономное перемещающееся устройство для предупреждения о возникновении пожара и его локализации, а также организовать производство робота-пожарного в промышленных масштабах.

Ожидаемые результаты

- умение программировать в среде LEGO MINDSTORMS EV3;
- умение конструировать различные модели роботов
- применение роботов.

Основные методы реализации проекта – моделирование, конструирование и программирование нашей модели с помощью конструктора LEGO MINDSTORMS EV3 и дополнительных датчиков.

Материальные ресурсы

- конструктор с программным обеспечением Lego Mindstorms EV3– 2 набора;
- компьютер.

Этапы разработки проекта

I. Организационный этап

- знакомство с конструктором LEGO EV3;
- изучение основ программирования в среде LEGO MINDSTORMS EV3;

II. Этап реализации проекта

- разработка механизма робота на основе конструктора LEGO EV3.
- составление программы для управления роботом в среде LEGO MINDSTORMS EV3;
- тестирование модели робота, устранение дефектов и неисправностей.

III. Заключительный этап

- защита проекта
- демонстрация модели робота

Практическая часть

Продумав все конструкционные элементы, я приступил к конструированию модели.

Для создания модели робота – помощника я использовал:

- программное обеспечение LEGO Mindstorms EV3
- набор LEGO Mindstorms EV3:
- модуль EV3 – служит центром управления и энергетической станцией для робота;
- большой мотор – позволяет осуществить движение робота;
- датчик цвета – организует движение по линии;
- температурный датчик – определяет изменения температуры окружающей среды;
- ультразвуковой датчик – генерирует волны и считывает их отражения для обнаружения и измерения расстояния до объекта.

Модель изображена на рисунке 1.

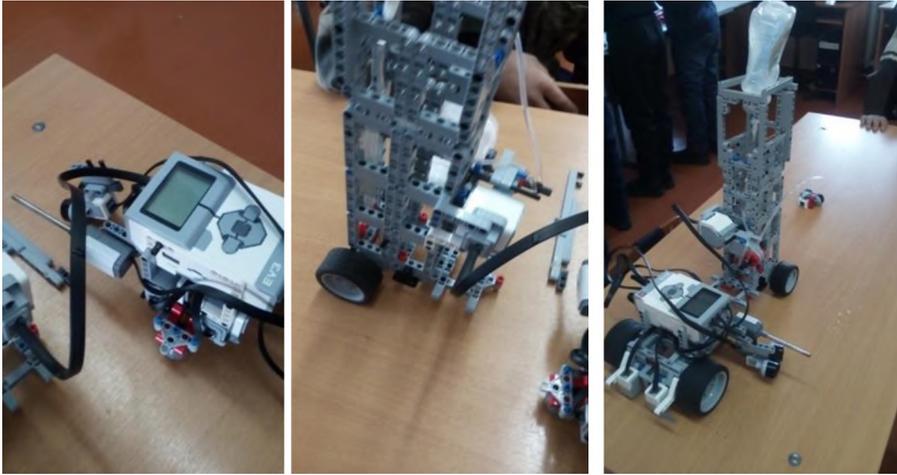


Рисунок 1 – Модель робота – пожарника на основе LEGO MINDSTORMS EV3

Модель робота – пожарника на основе LEGO MINDSTORMS EV3

Сборку робота я начал с ходовой части, которую я решил собрать на основе базовой модели робота. Движение робота осуществляется по линии. Слегка пришлось помучиться над процессом подачи воды и его прекращения. Для решения данной задачи была использована система для переливания растворов в медицине. Принцип работы робота-пожарного в следующем: с помощью датчиков цвета движется по линии, которая задает траекторию движения робота, при повышении температуры, температурный датчик определит это и даст команду «подать воду» при уменьшении температуры поступит команда «прекратить подачу воды». При обнаружении очага пожара робот отправит сообщение – предупреждение например, дежурному в пожарную часть или в службу охраны объекта через Bluetooth.

Далее я создал программу для управления роботом в среде программирования LEGO MINDSTORMS EV3 (Приложение 1).

Испытания робота показаны на фотографиях (рисунки 2, 3 и 4).

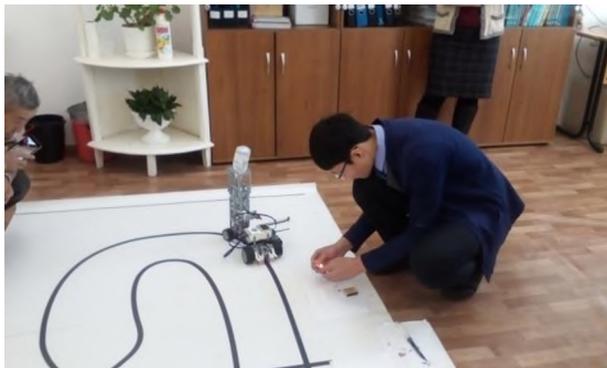


Рисунок 2 – Испытания робота-пожарного



Рисунок 3 – Испытания модели робота-пожарного



Рисунок 4 – Испытания робота-пожарного

Заключение

1. В ходе реализации проекта я научился:

– самостоятельно решать технические задачи в процессе конструирования роботов (планирование предстоящих действий, самоконтроль, применять

полученные знания [1, 2, 3, 4], приемы и опыт конструирования с использованием специальных элементов и т.д.);

- создавать действующие модели роботов на основе конструктора LEGO;
- создавать программы на компьютере на основе компьютерной программы MINDSTORMS EV3;
- передавать (загружать) программы в EV3;
- корректировать программы при необходимости;
- демонстрировать технические возможности роботов;
- излагать логически правильно действие своей модели (проекта).

2. В начале данной работы была выдвинута гипотеза: возможности создания робота пожарного, если будет создана его модель-пробораз робота-пожарного на основе LEGO MINDSTORMS EV3 [5, 6, 7].

3. Испытания показывают, что создание требуемой модели возможно. Цель работы достигнута. Гипотеза доказана экспериментальным путем. Создать робота пожарного возможно. Реализация подобного робота пожарного, даст возможность его использования в спасательных операциях, в военных целях.

4. Перспективы дальнейших доработок. Внести изменения в конструкцию робота: заменить систему для переливания растворов в медицине на электрическую помпу для бутилированной воды.

Список литературы:

1. Первый шаг в робототехнику: практикум для 5-6 классов / Д.Г. Копосов. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 87 с.
2. Первый шаг в робототехнику: рабочая тетрадь для 5-6 классов / Д.Г. Копосов. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012.
3. Филиппов, С. А. Робототехника для детей и родителей / С.А. Филиппов. – СПб.: Наука, 2010. – 195 с.
4. Образовательная робототехника в дополнительном образовании школьников: Метод. пособие / Гинзбург Е.Е., Винокурова А.В. – Йошкар-Ола: ОАНО «Инфосфера», 2011. – 32 с.
5. Программное обеспечение MINDSTORMS EV3.
6. A Continuum of Making and Learning [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.lego.com/education/>
7. Роботы и робототехника [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.prorobot.ru/>

Описание алгоритма (к приложению 1)

1. Создаем непрерывный цикл 01.
2. В тело цикла записываем программу движения с помощью пропорционального управления с двумя датчиками.
3. Анализируем состояние температурного датчика и результат заводим в блок сравнения. Если текущее значение больше заданного, то выходной параметр блока будет равна Истина, в любых других случаях будет равна Ложь.
4. Полученное значение заводим в структуру варианта. Если значение истинно, то останавливаемся, через Bluetooth передаем сообщение в пожарную охрану об обнаружении очага пожара, включается мотор, подключенный к порту D с мощностью +20 (подается вода), если текущее значение температурного датчика становится меньше заданного, то снова включается мотор, подключенный к порту D с мощностью -20 (подача воды прекращается). Вторую ветку структуры варианта оставляем пустой.

5. Возвращаемся в цикл.



ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ХРИЗОТИЛЦЕМЕНТНОЙ ПЫЛИ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Бутурлак Валерия Александровича

Белгородская область, г. Белгород,

ГБОУ «Белгородский инженерный юношеский лицей-интернат», 11 класс

Научные руководители:

Кристалова Наталья Анатольевна, учитель биологии;

Наумова Людмила Николаевна, доцент, канд. техн. наук,
кафедра неорганической химия БГТУ им. В.Г. Шухова

На настоящий момент в Белгородской области хорошо развивается индивидуальное жилищное строительство, и хризотилсодержащие изделия можно встретить повсеместно – это термоизоляционные, теплоизоляционные и строительные асбестоцементные изделия и смеси. В процессе их производства на Белгородском асбестоцементном заводе и при дальнейшей эксплуатации образуется хризотилцементная пыль, обладающая биологической агрессивностью вследствие высвобождения хризотилловых волокон, обладающих канцерогенными свойствами. Экологическая оценка эффективности применения хризотилсодержащих изделий включает оценку экологической безопасности производства [1, 2], оценку эксплуатационных характеристик [3]. Вопрос биологической агрессивности хризотилцементной пыли интересует современных ученых давно. Активно изучается влияние асбестоцементной пыли на дыхательную систему человека в результате ее попадания во время вдоха [4]. Однако, вопрос действия хризотилцементной пыли на организм человека по-прежнему остается открытым, так как пыль попадает в организм человека не только через дыхательную, но и через пищеварительную систему в результате проглатывания.

Проблема: При производстве и эксплуатации хризотилцементных изделий в окружающую среду попадает хризотилцементная пыль, обладающая биологической агрессивностью вследствие высвобождения хризотилловых волокон с

неизменными (канцерогенными) свойствами. Следовательно, большое внимание необходимо уделять профилактике хризотилобусловленных заболеваний.

Актуальность проблемы: В России 80% хризотила используется для производства хризотилцементных изделий и вопрос биологической агрессивности хризотилцементной пыли продолжает оставаться открытым. Поэтому представляет интерес изучение пути расщепления пучков хризотила на единичные волокна как в модельных экспериментах, так в живом организме.

Гипотеза: Пребывание хризотилцементной пыли в кислой среде приводит к структурным изменениям в кристаллической решетке волокнистой составляющей.

Объект: образцы хризотилцементной пыли, собранной в месте распиловки хризотилцементных изделий на шиферном производстве № 1 ОАО «БелАЦИ».

Предмет: Изучение вещественного, в том числе и химического состава, структурных изменений в кристаллической решетке волокнистых частиц хризотилцементной пыли в кислой среде.

Цель: Экспериментально изучить вещественный и химический состав, структурные изменения в кристаллической решетке волокнистых частиц хризотилцементной пыли с помощью физико-химического моделирования процессов, происходящих в организме человека.

Задачи:

- изучить научную литературу по теме исследования;
- подобрать методики для изучения вещественного, химического состава, структурных изменений исследуемых образцов;
- провести эксперимент по изучению состава и количества пучков хризотила в образцах асбестоцементной пыли в зависимости от pH среды и времени экспозиции;
- определить зависимость между высвобождением свободных пучков хризотила от времени и pH среды;
- изучить степень влияния pH среды на структуру асбестоцементной пыли.

Методы исследования: Эксперимент, наблюдение, описание, измерение, математический.

Характеристика работы: прикладное исследование.

Значимость: Хризотилцементные изделия включены в перечень веществ, продуктов производственных процессов и бытовых факторов, канцерогенных для человека [5]. Несмотря на важность вопроса, до сих пор не достаточно изучены последствия попадания хризотилцементной пыли в организм человека, которые могут привести к хризотилобусловленным заболеваниям. Если в ходе работы будет установлено, что в кислой среде хризотилевоы пучки распадаются на волокна, то это может послужить критерием для оценки экологической безопасности асбестоцементной пыли.

Характеристика объекта исследования - асбест и хризотил-асбест

Асбест является уникальным видом неметаллического сырья. Широкое применение асбеста объясняется наличием у него комплекса уникальных полезных свойств. В частности, хризотил-асбест характеризуется высоким пределом прочности на разрыв, достигающим 300 кгс/мм². Для сравнения предел прочности на разрыв стали 110...120 кгс/мм², стекловолокна – 130, капрона – 60, медной проволоки – 40 кгс/мм². Именно высокий предел прочности на разрыв волокон

асбеста и обусловил широкое использование его в производстве асбестоцементных изделий.

Хризотил-асбест – $Mg_6(OH)_8[Si_4O_{10}]$ – волокнистый минерал группы серпентина, образует обычно субпараллельные агрегаты, легко расщепляющиеся на весьма тонкие волокна [6, 7]. Хризотил-асбест огнестойкий и щелочепорный; в отличие от амфиболовых асбестов разлагается в соляной кислоте, оставляя волокнистый скелет кремнезема. В асбестоцементных изделиях хризотил-асбест выполняет роль не только армирующего материала; в результате его коллоидных свойств асбестоцементная смесь представляет собой систему, в которой протекают сложные физико-химические процессы.

Характеристика предмета исследования – хризотилцементная пыль

В настоящее время признано, что идеальная структура хризотила состоит из двух элементарных сеток – одна построена из кремнекислородных тетраэдров, вторая является бруситоподобной октаэдрической. Две трети ионов гидроксида в бруситоподобной сетке замещены кислородом кремнекислородных тетраэдров. Размер кремнекислородной сетки Si_2O_5 меньше, чем размер бруситоподобной сетки, что обеспечивает искривление и закручивание слоя. Обнаружено, что волокна хризотила упакованы в пучки и промежутки между ними заполнены аморфным или мелкокристаллическим материалом [10]. В процессе эксплуатации асбестоцементных изделий волокна асбеста не могут выделяться с поверхности асбестоцемента в первоначальном «чистом» виде, без оболочки из продуктов гидратации портландцемента. Это относится как к влиянию на волокна хризотил-асбеста составляющих воздуха окружающей среды, так и внутренней среды организма человека. По данным исследований окружающей среды в воздухе промышленных городов присутствуют агрессивные газы и дисперсные вещества. Понятно, что все химические составляющие этих веществ адсорбируются поверхностью асбестовых волокон и могут в той или иной степени повлиять на их поверхностные, физико-химические, а также биологические свойства.

Одним из критериев оценки волокнистых материалов является изучение биологических свойств. В связи с этим, представляет интерес изучение механизма воздействия биологического фактора (кислая среда) на пыль, содержащую волокна асбеста, потому как они являются канцерогенными. Максимальная кислотность в желудке человека может составлять 0,86 рН. Минимально возможный показатель поддерживается на уровне 8,3 рН. Однако данное значение напрямую зависит от отдела органа (в просвете тела органа – 1,5-2,0 рН; на поверхности эпителия – 1,5-2,0 рН; в глубине эпителия – примерно 7,0 рН; в антруме – 6,0-7,0 рН; луковице двенадцатиперстной кишки – 5,6-7,9 рН)[8].

Методики изучения вещественного, химического и структурных изменений в исследуемом материале. Работа проводилась на кафедре общей и неорганической химии БГТУ им. В.Г. Шухова. Объектами исследований были образцы хризотилцементной пыли, собранной в месте распиловки хризотилцементных изделий на шиферном заводе № 1 ОАО «БелАЦИ», хризотилцементная пыль, взятая с того же завода, обработанная соляной кислотой.

Исследования проводили на рентгеновском дифрактометре ДРОН-3,0; с помощью микроскопа NU-2E и трансмиссионного электронного микроскопа JEM-100C. Отбор пыли и ее изучение проводились по ГОСТ «Изделия технические. Методы лабораторных испытаний на химический и вещественный состав хризотилцементной пыли».

Опыт № 1. Исследование исходного образца пыли

Для определения исходного образца пыли были проведены рентгенофазовый и петрографический анализы [8]. Рентгенофазовый анализ выполняли на рентгеновском дифрактометре ДРОН-3,0. Для проб асбестоцементной пыли большую часть съёмок производили в следующем режиме: предел измерения – 4000 имп/с; постоянная времени – 1 с.

Для получения более четкой дифракционной картины проводили съёмку с вращением кристаллов пыли, участвующих в отражении. Эту часть съёмок проводили в монохроматическом рентгеновском излучении с вращением образцов в различных режимах: предел измерения 1000-2000 имп/с; постоянная времени 0,5; 1; 2,5 с; скорость поворота счетчика 1;2;4 °/мин; щель № 3 – 0,5; 0,25 мм [11]. Петрографический анализ выполняли на большом универсальном микроскопе NU-2E в проходящем свете с анализатором и без анализатора при увеличениях 625^x и 1250^x.

Опыт № 2 Влияния кислой среды на химический состав хризотилцементной пыли

Для исследования влияния кислотности среды на химический состав волокнистых частиц хризотилцементной пыли были приготовлены растворы соляной кислоты с pH=3; pH=4; pH=6. Методика заключалась в следующем [12]:

1. Хризотилцементную пыль в количестве 1 г помещали в пробирку и приливали 20 мл раствора соляной кислоты.
2. Растворы готовили следующим образом: к 60 мл дистиллированной воды приливали 10 мл 0,1М раствора соляной кислоты получали кислый раствор pH=3; к 60 мл дистиллированной воды приливали 5 мл 0,1М раствора соляной кислоты получали кислый раствор pH=4; к 60 мл дистиллированной воды приливали 2,5 мл 0,1М раствора соляной кислоты получали кислый раствор pH=6.
3. Пробы хризотилцементной пыли выдерживали в каждом растворе в течение 2ч, 1 сут., 3 сут., 1 нед при температуре 36°С.
4. По истечении вышеуказанного срока пробы промывали дистиллированной водой. Далее исследуемые пробы изучали в растровом ионно-электронном микроскопе при увеличении 200^x, 500^x, 5000^x, 10000^x.
5. Анализировали их химический состав.
6. По полученным электронномикроскопическим снимкам проводили визуальный подсчет количества волокон и пучков.

Опыт № 3. Химический анализ проб после пребывания в кислой среде

Для определения химического состава продуктов обработки ХЦ-пыли был проведён энергодисперсионный микроанализ. Исследования осуществляли в японском (трансмиссионном) просвечивающем электронном микроскопе JEM-100С с устройством наклона объекта на ± 60°. Микроскоп оснащен приставкой «KEVEX-5100», позволяющей определять элементный состав объектов размером от 25 нм. Препараты для исследований приготавливали из водных суспензий изучаемых материалов.

**Результаты опыта № 2. Влияния кислой среды на химический состав
хризотилцементной пыли**

В результате установлена прямая зависимость между продолжительностью нахождения хризотилцементной пыли в растворах кислоты с pH среды 2,4,6. При увеличении pH и времени нахождения в растворе увеличивается количество свободных волокон вследствие разрушения хризотиловых пучков, количество которых уменьшается. Результаты опыта указаны в Таблице 1 и диаграммах 1 и 2.

Таблица 1. Результаты опыта № 2. Количество пучков и волокон хризотила в зависимости от времени экспозиции и pH среды

Время инкубации	Волокна			Пучки		
	pH раствора			pH раствора		
	3	4	6	3	4	6
Исходное кол-во	1800	1800	1800	1200	1200	1200
2 часа	1503	12002	9005	601	603	302
24 часа	2407	24004	15003	305	304	304
72 часа	18005	15007	15004	303	602	0
7 суток	27010	27009	45002	0	301	0

Диаграмма 1. Результаты опыта № 2

Количество волокон хризотила в хризотилцементной пыли

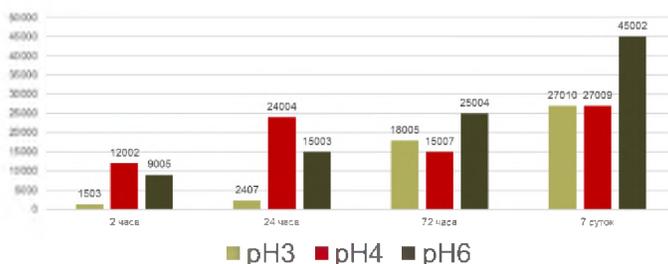
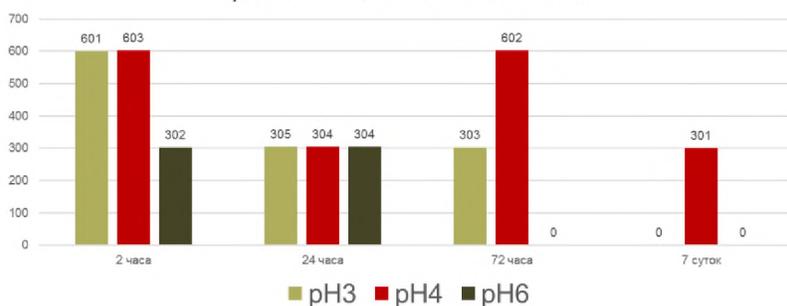


Диаграмма 2. Результаты опыта № 2

Количество пучков хризотила в хризотилцементной пыли



Результаты опыта № 3. Химический анализ проб после пребывания в кислой среде

В химическом составе продуктов обработки ХЦ-пыли по данным энергодисперсионного микроанализа обнаружено уменьшение количества оксида железа и оксида магния (входящих в арагонит) и увеличение количества оксида кальция и оксида кремния, входящих в хризотил. Результаты опыта представлены в Таблице 2.

Таблица 2. Результаты опыта № 3. Химический состав продуктов обработки ХЦ-пыли по данным энергодисперсионного микроанализа

№	Кислотность среды	Время экспозиции	Содержание оксидов, %			
			MgO	SiO ₂	CaO	Fe ₂ O ₃
1.	pH4	2 часа	19,82	33,75	3,18	0,39
2.	pH4	1 неделя	5,67	46,06	4,79	0,21

Выводы:

1. Образцы хризотилцементной пыли по данным петрографического анализа содержат 1-2% хризотила (диаметр 1-2 мкм, длина 15 мкм, редко до 20-60 мкм. Вследствие того, что канцерогенность волокон зависит от соотношения длины и диаметра волокон (в норме 3:1 и пропорционально увеличивается при соотношении 10:1), можно предположить, что исходная пыль обладает канцерогенными свойствами.

2. После кислотной обработки увеличивается число волокон в образце и уменьшается количество пучков (параллельно – волокнистых агрегатов) хризотила вследствие разрушения цементной оболочки вокруг агрегатов волокон и следовательно, высвобождения более тонких пучков хризотила, что дополнительно увеличивает канцерогенность.

3. Анализ энергодисперсных спектров хризотилцементной пыли показывает уменьшение количества в структурообразующих волокнах хризотила элементов железа и магния, напротив – значительное увеличение кальция и кремния, которые заменяют железо и магний в кристаллической решетке хризотила.

4. После обработки хризотилцементной пыли раствором соляной кислоты на волокнах зафиксированы следы коррозионного процесса, контур волокон и самой поверхности размыт.

5. Микродифракционные картинки продуктов обработки хризотилцементной пыли раствором соляной кислоты свидетельствуют о структурных изменениях кристаллической решетки, особенно после выдержки ее в течение недели.

6. Наибольшую опасность для человека представляют высвободившиеся из пучков хризотилевоые волокна, которые вероятнее всего, будут иметь неизменные (канцерогенные свойства).

Список литературы:

1. Баринаова, Л. С. О позиции Российской Федерации по вопросу использования хризотилового асбеста / Л.С. Баринаова, С.В. Коляда // Международная конференция "Без-

- опасность и здоровье при производстве и использовании асбеста и других волокнистых материалов”. – Екатеринбург, 2002. – С. 32-38.
2. Шкаредная, С. А. Маркетинговая политика асбестовой ассоциации // Использование современных асбестоцементных строительных материалов и изделий. – Красноярск, 1999. – С. 47-54.
 3. Сутункова, М. П. Оценка эффективности комплекса средств биологической профилактики вредного действия пыли хризотил-асбеста. Современные технологии обеспечения биологической безопасности // Материалы III научно-практической школы-конференции молодых ученых и специалистов Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. 31 мая-2 июня 2011, Оболенск / под ред. акад. РАМН Г.Г. Онищенко, д.м.н., проф. И.А. Дятлова. – М., 2011. – С. 377-379.
 4. Яценко, А.С. и др. Экспериментальная оценка фиброгенного действия асбестосодержащих пылей / Яценко А.С., Коган Ф.М., Ельничных Л.Н., Мальшева Л.Г., Ремизова И.Н. // Гигиена и санитария. – М., 1993. - № 8. – С. 35-38.
 5. Перечень веществ, продуктов, производственных процессов и бытовых факторов, канцерогенных для человека // Медицина труда и промышленная экология. – 1994. – № 4. – С. 43-46.
 6. Татаринцов, П. М. Генезис жил хризотил-асбеста и его месторождений / П.М. Татаринцов // Записки Всесоюзного минералогического общества СССР. – 1966. – Ч. 14, вып. 2. – С. 212-132.
 7. Башта, К.Г. Особенности строения и механизм формирования жил хризотил-асбеста / К.Г. Башта // Труды ВНИИ проект асбеста. – 1980. – Вып. 22. – С. 3-24.
 8. Дубинская, Т.К. и др. Кислотопродукция желудка и методы её определения. Учебное пособие / Дубинская Т.К., Волова А.В., Разживина А.А., Никипина Е.И. – М.: РМА-ПО, 2004. – 28 с. ISBN 5-7249-0789-5.
 9. Брегг У.Л., Кларинбулл Г.Ф. Кристаллическая структура минералов. – М.: Мир, 1967. – 390 с.
 10. Пылев Л.Н. Роль модифицирующих факторов в канцерогенном действии асбеста и асбестосодержащих пылей. – 1987.
 11. Наумова Л.Н. Влияние кислой среды на свойства хризотил-цементной пыли // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2011. – № 2. – С. 24-27.
 12. Пылев Л.Н. Канцерогенная активность хризотил-асбеста при внутриплеуральном введении крысам // Вопросы онкологии. – 1974. – № 4. – С. 47-53.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ СНИЖЕНИЯ ВЕЛИЧИНЫ СТАТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА И АРКТИКИ

Ком Полина

Ямало-Ненецкий округ, г. Новый Уренгой, МБОУ Гимназия, 10 класс

Научный руководитель: Пермяков Сергей Михайлович,
г. Новый Уренгой, МБОУ Гимназия, учитель физики

Введение

Согласно данным ведущих фирм по созданию микроэлектроники, ежегодно фиксируются значительные материальные и финансовые потери из-за недостаточного соблюдения мер предосторожности от воздействия статического электричества (ESD). На производствах, после внедрения программы по ESD – защите и контролю, производителям телекоммуникационного оборудования удалось значительно снизить потери от брака на конвейере. Сервисные технические

службы так же стремятся применять в процессе работы меры защиты от ESD.

Восприимчивые к электростатическим зарядам полупроводниковые приборы и схемы подвергаются опасности не только в процессе изготовления и ремонта, но и эксплуатации. В интенсивно развивающемся мире технологий и разработок человек с каждым днем стремится все больше использовать различные технические средства: в профессиональной деятельности, обучении, быту. Зачастую, недостаточно грамотное обращение с устройствами, несоблюдение технических условий при работе аппаратуры могут стать причинами выхода из строя микросхем изделий.

Представляет немалый интерес исследование методов защиты от электростатических зарядов на территориях Крайнего Севера и Арктики, имеющих особые климатические характеристики.

В связи с этим, необходимо определять оптимальные условия эксплуатации технических устройств, с применением методов снижения величины статического заряда.

Объект исследования: статическое электричество.

Предмет исследования: способы снижения величины статического электричества.

Гипотеза: повышение относительной влажности воздуха в жилых и учебных помещениях способствует снижению величины статического заряда.

Цель исследования: выявить эффективность увлажнения воздуха как способа снижения величины статического заряда.

Задачи исследования:

1. Изучить сведения о статическом электричестве и причинах его появления;
2. Собрать модель электрометра;
3. Определить методику оценки показаний электрометра;
4. Изучить приборы для измерения относительной влажности воздуха и температуры окружающей среды; устройство и принцип работы гигрометра психрометрического ВИТ-2;
5. Провести сбор практических данных;
6. Проанализировать полученные результаты.

Методы: изучение теоретических источников по теме; экспериментальное практическое исследование; обработка и анализ полученных данных; описание результатов исследования.

Глава 1

В промышленном производстве товаров народного потребления зачастую преобладает использование «материалов, обладающих низкой электропроводностью и способных, поэтому длительно сохранять электрические заряды. Диэлектрики в результате взаимодействий между собой или с металлами в определенных условиях способны электризоваться, то есть приобретать заряды статического электричества того или иного знака» [1, 2].

Под статическим электричеством принято понимать электрические заряды, находящиеся в состоянии относительного покоя, распределенные на поверхности или в объеме диэлектрика, или на поверхности изолированного проводника. Перемещение зарядов статического электричества в пространстве обычно происходит вместе с наэлектризованными телами.

По физико-химическому строению все тела электрически нейтральны, то есть обладают равным количеством положительных и отрицательных зарядов.

Тело является наэлектризованным, если содержит избыток электрических зарядов какого-либо знака. Процесс электризации заключается в том, что одно тело приобретает или отдает другому электрические заряды преимущественно одного знака. Обмен зарядами между взаимодействующими телами происходит на границе их соприкосновения или вблизи нее за счет сложных физико-химических процессов. Мерой электризации является количество электрического заряда, перешедшего с одного тела на другое в ходе их взаимодействия.

Электризация в значительной мере зависит от природы материалов, их электропроводности, характера взаимодействия. «Заряды статического электричества могут быть распределены на поверхности диэлектрика или в его объеме в зависимости от структуры, фазного состояния диэлектрика и т.п.» [1, 2]. Общая величина заряда на диэлектрике зависит непосредственно от количества наэлектризованного продукта и его размеров.

Выделяют три основных процесса электризации материалов: добавление зарядов, удаление зарядов и разделение зарядов.

Как таковое, наличие и накопление заряда на любой поверхности, в частности полупроводниковой техники, обычно, не ведет к его повреждению или изменению характеристик до тех пор, пока через это изделие не произойдет электростатический разряд, возникающий при соединении тел с различными электростатическими потенциалами.

Так, на Воронежском заводе полупроводниковых приборов в 1966 году во время серийного выпуска первых отечественных кремниевых интегральных схем (ИС) диодно-транзисторной логики серии 104 с диэлектрической изоляцией элементов зафиксирован многочисленный выход из строя схем радиоэлектронной аппаратуры, вызванный отрицательным воздействием электростатических зарядов.

В момент касания проводящего тела, происходит импульсный разряд, который может полностью или частично повредить прибор. Характер воздействия разряда на полупроводниковые изделия от ряда факторов: емкости, величины накопленного заряда, сопротивления тела человека.

В качестве способов защиты от статического электричества, разрабатывают меры предотвращения возникновения статических зарядов и ускорения их стекания на землю, а также защиты приборов от опасных воздействий заряда: увеличение поверхностной и объемной проводимости материалов, заземление, ионизация воздуха (генерация ионов обеих полярностей). Такие ионизаторы используются для локальной нейтрализации зарядов непосредственно на рабочих местах или же ими дополняют вентиляционные системы, чтобы поток отфильтрованного воздуха ионизировался, и происходила нейтрализация зарядов на стенах, потолках, поверхностях оборудования (рисунок 1).

Как один из методов подавления статического электричества, при затруднении в обеспечении заземления, следует рассмотреть увеличение влажности воздуха в помещении.

Такое предположение обусловлено особенностями показателей влажности воздуха в районах Крайнего Севера и Арктики. Только в конце 80-х годов XX века был выявлен этот фактор природной среды, в такой же мере характерный для высоких широт, как и холод, и стремительные перепады температур. Это – низкое среднегодовое абсолютное содержание водяных паров в атмосфере, так как при сильном морозе влага вымерзает. В холодном климате северных регионов такая абсолютная влажность характерна не только для открытого простран-

ства, но и для жилых, служебных и производственных помещений. Так как, в связи с преобладанием, зачастую, экстремальных температур окружающего воздуха, температура сетевой воды в системе отопления помещений поддерживается на максимальных значениях, что и влечет за собой постоянное снижение влажности воздуха.



Рисунок 1 – Способы защиты приборов от опасных воздействий заряда

Глава 2

В ходе практической части исследования использовалось вспомогательное оборудование: гигрометр, электрометр и увлажнитель воздуха.

Для измерения относительной влажности воздуха и температуры окружающей среды был использован школьный гигрометр психрометрический ВИТ-2, применяемый на уроках физики.

Определение показаний относительной влажности воздуха в помещении осуществляется на основании сравнения показаний двух термометров. Один из термометров остаётся сухим, капилляр другого термометра – влажный. Утолщение капилляра «влажного» термометра, где находится основной объём термометрической жидкости, толуола, вложен специальный трубчатый тканевый материал (фитиль), который хорошо впитывает воду. Второй конец этого материала помещен на несколько сантиметров в открытый конец изогнутой стеклянной трубки (питатель), в которую налита обычная вода (предпочтительно, дистиллированная). Весь материал оказывается смоченным и, под воздействием циркуляции воздуха, вода испаряется и охлаждает колбу капилляра. За счёт этого показания «сухого» и «влажного» термометров отличаются. Это и является ключевым моментом для определения относительной влажности воздуха. Далее остаётся только считать показания «сухого» термометра и определить разницу показаний между «сухим» и «влажным» термометром. Относительную влажность воздуха определяют по психрометрической таблице, прикреплённой на корпусе прибора, в точке пересечения текущей температуры «сухого» термометра и разницы температур между «сухим» и «влажным» термометром.

Для увлажнения воздуха в помещении был использован паровой увлажнитель воздуха Polaris, оснащённый двухлитровым резервуаром для воды. Этого объёма достаточно для 6 часов непрерывного использования устройства. Принцип действия увлажнителя воздуха заключается в непрерывной работе двух электродов, нагревающих воду в аппарате до кипения и которые преобразуют ее в пар. Мобильный и устойчивый – этот вид увлажнителя является очень распространенным аппаратом. Данная модель прибора имеет регулировку интенсивности увлажнения.

Для оценки величины заряда статического электричества был собран электрометр (Рисунок 2, Рисунок 3) [3, 78]. Основа электрометра – это полевой транзистор 3EV5. «Полевыми называют транзисторы, управляемые электрическим полем. Их работа обусловлена в основном носителями одной полярности, поэтому их называют иногда униполярными» [4, 486].

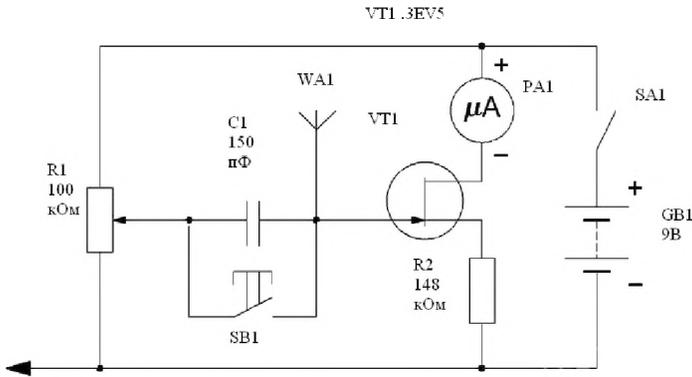


Рисунок 2 – Схема электрометра

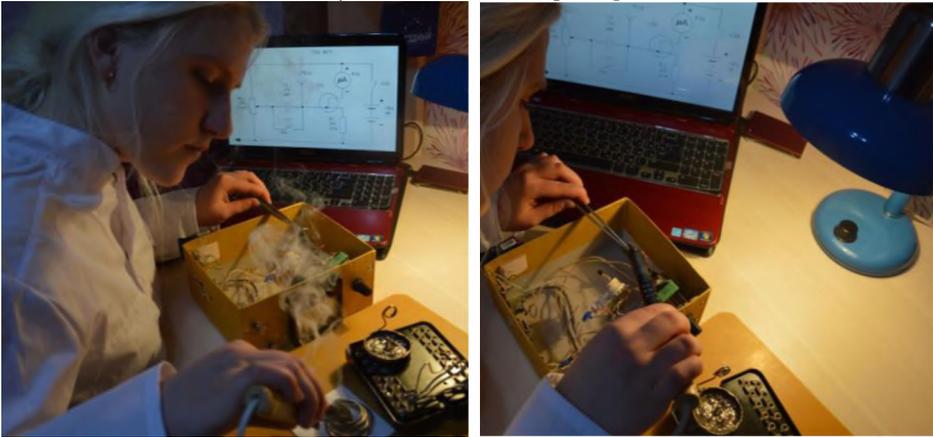


Рисунок 3 – Сборка электрометра

Конденсатор $C1$ имеет малый ток утечки и рабочее напряжение 1000 В, его емкость в пределах 100-1000 пФ. Резистор $R2$ ограничивает максимальный ток через микроамперметр с током полного отклонения 50 мкА. На лицевую панель выведена ручка потенциометра установки нуля, кнопка «обнуления» $SB1$, выключатель питания $SA1$, а также заземляющие винты. В качестве антенны используется оцинкованная стальная пластина.

После сборки прибора производится настройка. Для этого, нажав кнопку $SB1$, следует вывести потенциометром $R1$ стрелку на середину шкалы и отжать кнопку $SB1$. Теперь по отклонению стрелки можно судить об изменении электрического поля вокруг прибора. При отпущенной кнопке конденсатор $C1$ сохраняет потенциал затвора, но если на антенну действуют электрические поля, то напряжение на затворе изменяется, что приводит к отклонению стрелки. Нажатие кнопки «обнуления» должно возвращать стрелку к середине шкалы (рисунок 4).

При приближении наэлектризованного тела к антенне, происходит отклонение стрелки миллиамперметра в ту или иную сторону от середины шкалы, в зависимости от знака заряда. Для оценки величины заряда условно приняты значения: низкий, средний и высокий. Перед каждым опытом вновь производится повторная настройка.



Рисунок 4 – Гигрометр и электрометр

Для проведения исследования выбраны периоды времени с обычными для регионов Крайнего Севера низкими температурами окружающего воздуха: январь (2016г.), ноябрь и декабрь. В качестве участников практической части исследования привлекались учащиеся Гимназии. Опытные площадки – стандартные кабинеты школы, площадью 32-35 м², оборудованные микропроцессорной техникой (Рисунок 4 – см. выше, Рисунок 5).



Рисунок 5 – Работа с индикатором

В результате установлено, что величина электризации нарастает при температуре окружающего (наружного) воздуха -28°C и ниже.

Так же выявлено, что наибольшая частота накопления заряда статического электричества среднего и высокого значения фиксируется при относительной влажности воздуха ниже 51% и температуре воздуха +24°C в помещении. Результаты практического этапа исследования представлены в таблице 1.

Для оценки эффективности повышения влажности воздуха в помещении произведен анализ данных, полученных опытным путём. Изменение величины заряда статического электричества определено на основании показаний индикатора, условно разделенных на три уровня: низкий – от 0 до 7, средний – от 8 до 16, высокий – от 17 до 25 (µA). Расчет эффективности (после увлажнения воздуха) выполнен на основании сравнения суммарной частоты случаев среднего и высокого уровня.

При применении увлажнителя воздуха относительная влажность воздуха повышается до 63-65%, при этом степень электризации тел снижается от 60 до 100% (Рисунок 6 диаграмма 1).

Выводы

В ряду мер защиты от статического электричества, предупреждающих возможность возникновения электростатического заряда и снижающих величину потенциала заряда до безопасного уровня, наиболее доступно увлажнение воздуха в помещении.

Таблица 1. Изменение величины заряда статического электричества

Дата	Температура окр. воздуха, °C	Температура в помещении, °C	До увлажнения			После увлажнения			Эффективность, %		
			Влажность воздуха, %	Показания индикатора, µA			Влажность воздуха, %	Показания индикатора, µA			
				0-7	8-16	17-25		0-7		8-16	17-25
16.01.16	-30	+24	50	1	2	2	62	4	1	-	75
17.01.16	-32	+24	49	-	2	3	57	3	2	-	60
18.01.16	-32	+25	48	-	4	3	58	5	2	-	71,4
19.01.16	-32	+24	53	1	3	3	61	6	1	-	83,3
26.11.16	-27	+24	51	-	3	6	62	7	2	-	77,8
27.11.16	-32	+22	55	2	4	-	63	6	-	-	100
28.11.16	-32	+23	50	-	3	7	61	8	2	-	80
29.11.16	-29	+24	51	-	4	4	62	7	1	-	87,5
06.12.16	-21	+22	56	3	3	-	65	6	-	-	100
07.12.16	-35	+25	48	-	4	5	56	6	3	-	66,7
08.12.16	-33	+24	57	3	3	1	64	6	1	-	75
09.12.16	-36	+23	55	5	4	-	63	8	1	-	75
10.12.16	-38	+24	47	-	3	7	56	6	4	-	60

Итак, гипотеза исследования подтвердилась: повышение относительной влажности воздуха в учебных помещениях способствует снижению величины статического заряда.

Оптимальное значение влажности воздуха составляет от 57 до 65%. Эффективность общего увлажнения воздуха как способа снижения величины стати-

ческого заряда, особенно в продолжительные периоды преобладания низких температур окружающего (наружного) воздуха в регионах Крайнего Севера, составляет от 60 до 100%, что может служить рекомендацией к их повсеместному использованию.

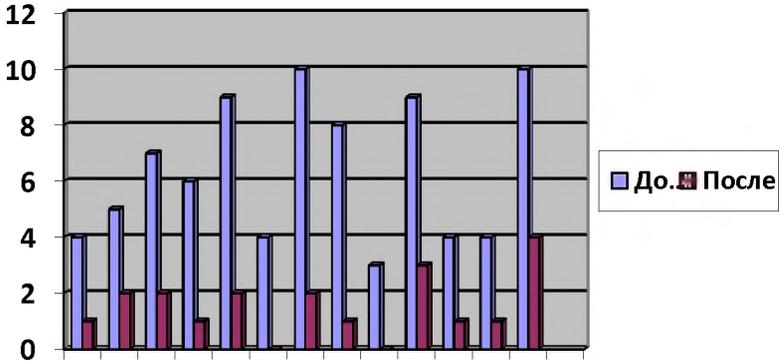


Рисунок 6 – Оценка эффективности повышения влажности воздуха в помещении

Применение увлажнителей и ионизаторов воздуха в помещениях, в том числе школьных кабинетах, оборудованных микропроцессорной техникой, позволяет снизить вероятность электростатического разряда, обеспечить соответствующие технические условия и грамотную эксплуатацию, надежную и бесперебойную работу дорогостоящей аппаратуры.

Список литературы:

1. Максимов Б.К., Обух А.А. Статическое электричество в промышленности и защита от него (библиотека электромонтера) □ М.: Энергия. 1978. □ 80 с.
2. Энциклопедия для детей. Том 16. Физика. Ч.2. Электричество и магнетизм. Термодинамика и квантовая механика. Физика ядра и элементарных частиц/ ред. коллегия: М. Аксёнова, А.Элинович, В.Санюк. М.: Мир энциклопедий Аванта+, 2007. – 432с.
3. «Юный техник» №1,2008. – 86с.
<http://zhurnalko.net/=sam/junyj-tehnik/2008-01--num78> (дата обращения 04.01.2016)
4. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи. – М.: Высшая школа, 1996. – 580с.

Каталог
инновационных разработок участников
Российской бизнес-школы-выставки
(г. Москва, 19-23 марта 2018 г.)

Тираж 1500 экз.

Издательство НТА АПФН
105005, г. Москва, ул. 2-я Бауманская, 5

Почтовый адрес: 105005, г. Москва,
ул. 2-я Бауманская, д. 5, стр. 1
Российское молодёжное политехническое
общество

Телефон:
(499) 263-62-82,
(499) 267-55-52

Электронная почта:
apfn@step-into-the-future.ru

Расположение: (для личных посещений)
г. Москва, ст. метро «Бауманская», пер. Гос-
питальный, 4/б, стр. 3, третий этаж стилобатной
части, левое крыло, каб. 307

WEB-страница в Интернете:
www.step-into-the-future.ru

Каталог инновационных разработок участников Российской бизнес-школы-выставки (г.
Москва, 19-23 марта 2018 г.). М.: НТА АПФН, 2018. 237 с.