



**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Э.
БАУМАНА**



ЦЕНТР ДОВУЗОВСКОЙ ПОДГОТОВКИ



«ШАГ В БУДУЩЕ, МОСКВА»

**НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ СОРЕВНОВАНИЕ
МОЛОДЫХ ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ
*«ШАГ В БУДУЩЕ, МОСКВА»***

СБОРНИК ЛУЧШИХ РАБОТ

**Москва
2016**

ДОРОГИЕ ДРУЗЬЯ!

Вы держите в руках сборник, в который вошли лучшие статьи участников Научно-образовательного соревнования молодых исследователей «Шаг в будущее, Москва», проходившего 15-20 марта 2016 года в МГТУ им. Н.Э. Баумана. Статьи подготовлены школьниками в рамках конкурса проектных работ и публикуются в авторской редакции.

Основной задачей научно-образовательного соревнования «Шаг в будущее, Москва» является выявление и вовлечение в научно-исследовательскую работу, в сферу инженерного творчества учащихся образовательных учреждений, организация сотрудничества исследователей и ученых разных поколений, создание специальных условий в стенах МГТУ им. Н.Э. Баумана для воспитания профессионально-ориентированной, склонной к научной работе молодежи, осуществление комплексного подхода к оценке интеллектуального и творческого потенциала будущего студента. «Шаг в будущее, Москва» является уникальным методом профессиональной подготовки, которая осуществляется круглогодично в научно-исследовательских лабораториях школьников, созданных на базе кафедр Университета и ведущих предприятий Москвы, и индивидуально с преподавателями МГТУ им. Н.Э. Баумана, которые выступают в качестве научных руководителей в течение одного, двух и более лет.

Результатом такой подготовки становится научно-исследовательская работа, оформленная в соответствии с требованиями, соизмеримыми с требованиями на курсовые работы и отчеты по НИР, и представляемая для публичной защиты на научных секциях конференции, которые проводятся на кафедрах МГТУ им. Н.Э. Баумана при участии ведущих преподавателей, ученых и специалистов. Научными направлениями конференции являются: Машиностроительные технологии; Информатика и системы управления; Радио-опто-электроника; Биомедицинская техника; Специальное машиностроение, Энергетика и экология, Автоматизация, робототехника и механика; Инженерный бизнес и менеджмент; Фундаментальные науки; Образовательно-реабилитационные технологии.

В рамках ежегодного научно-образовательного соревнования проводится: Выставка-конкурс программных разработок, которая за многие годы своего существования стала традиционным смотром достижений школьников, увлеченных захватывающим процессом создания компьютерных программ, и доказала свою состоятельность оригинальностью и новизной программных продуктов, участвовавших в Выставке и использовавшихся в дальнейшем в научных работах, учебном процессе, коммерческой реализации. Также проводились региональные и окружные научные конференции, экскурсии на ведущие предприятия Москвы и в музей МГТУ им. Н.Э. Баумана, научно-методические совещания и

семинары для профессиональных работников, другие интеллектуальные и творческие мероприятия.

Благодаря научно-образовательной и профессионально-ориентированной подготовке на базе научно-исследовательской работы молодежи в стенах МГТУ им. Н.Э. Баумана, наша страна получает целеустремленных и энергичных молодых специалистов, способных создавать высокие технологии, новую технику, проводить фундаментальные научные разработки.

Научно-образовательное соревнование «Шаг в будущее, Москва» носит не только научный, образовательный и социальный характер, но представляет собой соревнование, на котором выбираются победители в различных номинациях. Всем участникам вручаются свидетельства участника научно-образовательного соревнования. Победители на торжественном закрытии награждаются дипломами и ценными подарками от МГТУ им. Н.Э. Баумана, промышленных предприятий и спонсоров.

Такая система непрерывных профессиональных образовательных технологий «школа-вуз» направлена на решение проблем, стоящих перед системой образования:

- устойчивая мотивация к приобретению профессиональных знаний в выбранной области, основанная на практической деятельности под руководством преподавателей вузов;
- ранняя активная и осознанная профессиональная ориентация;
- развитие сопровождающей научно-исследовательской и профессиональной подготовки в общеобразовательных учреждениях;
- разработка новых методик и новых обучающих технологий для развития современного образования.

В рамках мероприятий Центра довузовской подготовки проводится цикл научно-методических семинаров «Инженер – профессия творческая» для учителей, профессиональных работников, преподавателей, заместителей директоров образовательных учреждений по научной работе, представителей органов управления образованием и других заинтересованных лиц, занимающихся организацией научно-исследовательской деятельности молодежи.

Организаторы программы и составители данного сборника надеются, что такая форма работы заинтересует учителей и преподавателей учебных заведений Москвы и Московской области и поможет успешному развитию творческих возможностей довузовской молодежи в сфере научно-технической деятельности.

СОДЕРЖАНИЕ:

СЕКЦИЯ I. Образовательно-реабилитационные технологии	8
<i>Исмаилов Эльнур Бадал Оглы</i> Создание справочных иллюстративных материалов к курсу аналитической геометрии. Визуализация метода сечений для определения типа поверхности второго порядка.....	8
СЕКЦИЯ II. Машиностроительные технологии.....	14
<i>Гончарова Екатерина Александровна</i> Дизайн-проект устройства для транспортировки товаров в супермаркетах	14
<i>Попов Владимир Андреевич</i> Исследование зависимости отражательных свойств поверхностей из различных материалов от температуры.....	21
СЕКЦИЯ III. Информатика и системы управления... ..	27
<i>Абулов Хакан Гаджиахмед Оглы</i> Вычисление площади, находящейся под кривой $y=f(x)$, с помощью единичной функции в среде LabVIEW.	27
<i>Зобов Олег Валерьевич</i> Настольный робот-манипулятор для лаборатории цифрового производства Fab Lab	34
<i>Овчинникова Наталья Павловна</i> Система оценки лингвистических знаний	42
<i>Сушин Евгений Юрьевич</i> Модернизация датчика воздушной скорости	49
<i>Тупицын Антон Максимович</i> Мехатронная система поддержания равновесия на качающемся основании.....	56
СЕКЦИЯ IV. Системы безопасности.....	62
<i>Коновалова Светлана Владиславовна</i> Метод и алгоритм стеганографического сокрытия данных в QR – кодах.....	62
<i>Маковский Александр Николаевич</i> Технический канал утечки по радиоэффиру	72

СЕКЦИЯ V. Радио-оптико-электроника	84
<i>Чобан Татьяна Васильевна</i>	
Разработка оптической системы для лазерной аддитивной технологии	84
СЕКЦИЯ VI. Биомедицинская техника.....	96
<i>Ольховая Елизавета Дмитриевна</i>	
Разработка алгоритма цветовой коррекции изображений биомедицинских препаратов	96
СЕКЦИЯ VII. Специальное машиностроение	103
<i>Абузарова Екатерина Артемовна</i>	
Устройство, очищающее иллюминаторы.....	103
<i>Севастьянов Иван Витальевич</i>	
Разработка системы управления четырёхмоторного подводного робота дифференциального типа.....	108
<i>Смирнов Иван Алексеевич</i>	
Подводный аппарат с микропроцессорной системой управления	121
СЕКЦИЯ VIII. Энергетика и экология	132
<i>Власюк Павел Эдуардович</i>	
Реактор на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем. Пассивная фиксация ТВС в активной зоне.....	132
<i>Жиганов Даниил Олегович</i>	
Водородный двигатель. Система хранения водорода на борту транспортного средства	145
СЕКЦИЯ IX. Автоматизация, робототехника и механика	154
<i>Верещенко Глеб Олегович</i>	
Оценка влияния податливости элементов биговочного комплекса на точность изготовления бумажной упаковки	154
<i>Шипов Михаил Денисович</i>	
Разработка библиотеки пользовательских элементов в среде САТІА V5	166

СЕКЦИЯ X. Инженерный бизнес и менеджмент 172

Крючков Кирилл Валерьевич

Исследование проблем импортозамещения в энергомашиностроении и разработка предложений по использованию энергетического оборудования отечественного производства в электроэнергетике России (на примере компании ООО «Инженерный центр – газотурбинные технологии»)..... 172

Семенова Полина Андреевна

Совершенствование процессов управления запасами и распределения на примере ОАО «Компания «М.Видео»..... 181

Твердохлеб Елизавета Андреевна

Оптимизация бизнес-процессов торгового предприятия 189

Создание справочных иллюстративных материалов к курсу аналитической геометрии. Визуализация метода сечений для определения типа поверхности второго порядка.

ИСМАИЛОВ Эльнур Бадал Оглы,

г. Москва, ГБОУ СКОШИ №1501 (СП№22), 12 класс

Научный руководитель:

Мозговой Михаил Владимирович,

программист ГУИМЦ

МГТУ им. Н.Э. Баумана

Развитие пространственного мышления и воображения является очень важной составляющей инженерного образования, особенно инженерного образования лиц с особыми образовательными потребностями. Одной из дисциплин, способствующих развитию этих навыков, является аналитическая геометрия, изучаемая в 1 семестре технических специальностей.

Целью данной работы является разработка вспомогательных справочных иллюстративных материалов к курсу аналитической геометрии.

В процессе работы были решены следующие **задачи**:

1. На основе многолетнего опыта преподавателей аналитической геометрии Головного учебно-исследовательского и

методического центра профессиональной реабилитации лиц с ограниченными возможностями здоровья (ГУИМЦ) МГТУ им. Н.Э. Баумана была выбрана и изучена тема, из года в год вызывающая наибольшее количество трудностей у студентов-инвалидов – «Определение типа поверхности второго порядка методом сечений».

2. Проведен обзор программных решений для визуализации данной темы, и выбрано оптимальное решение.

3. По результатам обзора было решено создать набор видеороликов, представляющих собой моделирование процесса решения основных задач по этой теме. Для 3D моделирования было выбрано и изучено программное обеспечение Autodesk 3ds Max.

Выбранная для изучения тема - «Определение типа поверхности второго порядка методом сечений», изучается в I семестре технических специальностей в МГТУ им. Н.Э. Баумана и по отзывам преподавателей представляет большие сложности для студентов всех направлений подготовки. По моему мнению, многим школьникам сложно перестроиться от привычного двухмерного пространства с осями X и Y , к которым они так привыкли в школе, к серьезному изучению трехмерного пространства и его законов, которое для многих по-настоящему начинается только в университете. Не являются исключением и студенты-инвалиды по слуху, обучающиеся на факультете ГУИМЦ. Чтобы помочь студентам «вживую» увидеть и понять эту непростую тему, было решено создать с помощью 3D-моделирования и несложной анимации иллюстративные материалы. Я

считаю, что визуализация теоретических расчетов и рассуждений является очень важной составляющей процесса обучения, она помогает развить пространственное мышление и воображение.

В процессе подготовки работы были изучены свойства невырожденных поверхностей второго порядка (рис. 1), таких как: эллипсоид, эллиптический параболоид, гиперболический параболоид, однополостный гиперboloид и двуполостный гиперboloид, а также свойства конуса второго порядка и цилиндрических поверхностей (рис. 2) – эллиптического цилиндра, гиперболического цилиндра и параболического цилиндра.

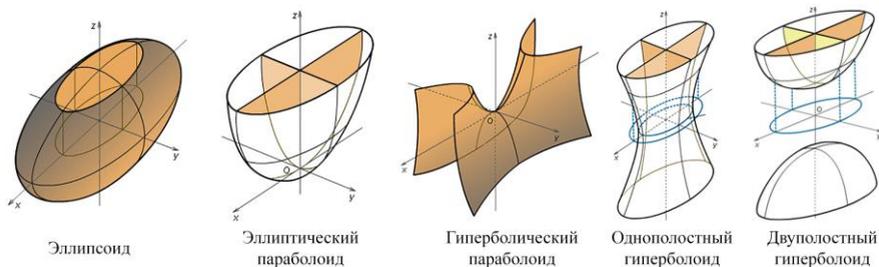


Рис. 1. Невырожденные поверхности второго порядка.

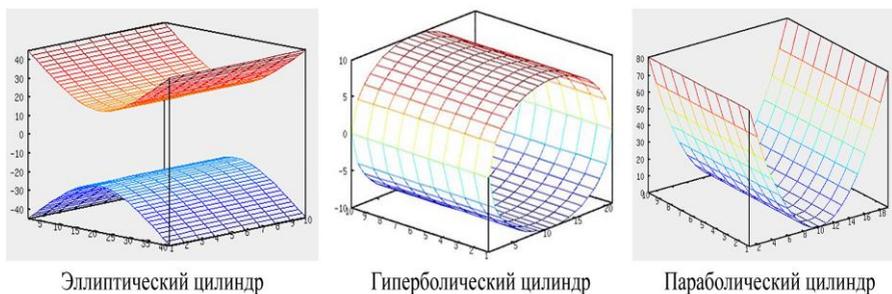


Рис. 2. Цилиндрические поверхности второго порядка.

Для выбора оптимального программного продукта для визуализации рассматриваемой темы, были изучены следующие программные пакеты:

1. Autodesk 3ds Max;
2. Autodesk Inventor;
3. Google Sketchup;
4. Autodesk Maya.

В результате анализа данных четырёх продуктов было решено остановить выбор на Autodesk 3ds Max, так как данный продукт позволяет не только строить трёхмерные модели объектов, но и имеет удобный функционал создания анимированных роликов любых форматов с большим набором настроек. Это важно в данной работе, так как одной из основных задач является создание таких иллюстративных материалов, которые могут использоваться на любом компьютере без установки дополнительных программ.

С помощью программы Autodesk 3ds Max были созданы анимационные видеоролики для изученных поверхностей второго порядка, наглядно демонстрирующие метод сечений (рис. 3).

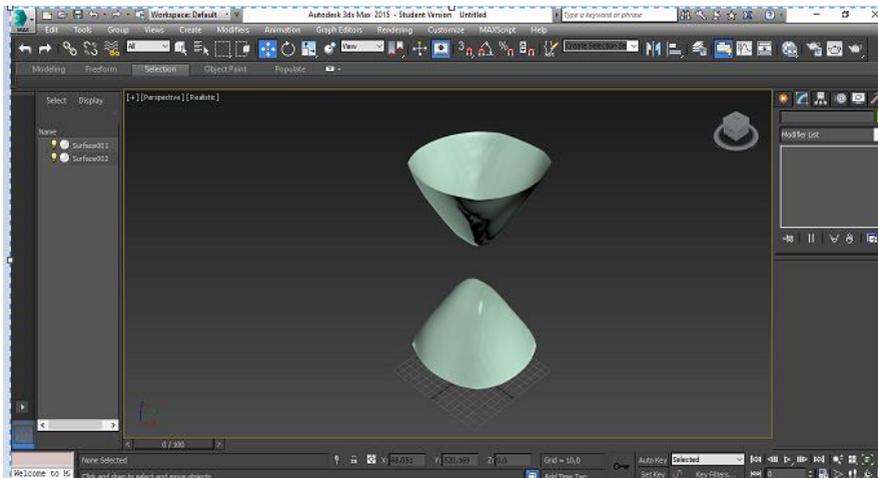


Рис. 3. Пример полученной модели поверхности второго порядка.

В результате работы был разработан набор иллюстративных материалов, представляющих собой видеоролики, доступные к воспроизведению на любом компьютере.

Данная работа может быть востребована преподавателями и студентами 1 курса, изучающими аналитическую геометрию. Результаты планируются к внедрению в рамках специальных основных образовательных программ для инвалидов по слуху на факультете ГУИМЦ МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Литература:

1. Канатников А.Н., Крищенко А.П. Аналитическая геометрия. 2-е изд. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. – 388 с.
2. Привалов И.И. Аналитическая геометрия/ И. И. Привалов.- М.: Наука, 2003, 2004 – 299с.
3. Клетеник Д.В. Сборник задач по аналитической геометрии: Учебное пособие для вузов – М.: СПб: «Специальная Литература», 1998. – 200с.
4. Иллюстрированный самоучитель по 3ds max 7. – URL: <http://3d.demiart.ru/book/3D-Max-7/menu.html> (дата обращения: 13.12.2015).
5. Тела вращения // Поверхности второго порядка – URL: <http://www.mathematics.ru/courses/stereometry/content/chapter5/section/paragraph7/theory.html#.Vru53Vnj9MG> (дата обращения: 15.11.2015).
6. Поверхности второго порядка в пространстве. Исследование поверхностей методом сечений. Цилиндрические и конические поверхности. Поверхности вращения. – URL: <http://studall.org/all-132859.html> (дата обращения: 18.11.2015).
7. Основные поверхности пространства и их построение. – URL: <http://www.mathprofi.ru/poverhnosti.html> (дата обращения: 12.11.2015).
8. Аналитическая геометрия / Поверхности второго порядка. – URL: http://a-geometry.narod.ru/theory/theory_46.htm (дата обращения: 18.01.2016).

Дизайн-проект устройства для транспортировки товаров в супермаркетах

ГОНЧАРОВА Екатерина Александровна,

г. Екатеринбург, МАОУ лицей №135, 11 класс

Научный руководитель:

Терехова Наталья Юрьевна,

зам. зав. кафедрой «Промышленный дизайн»

МГТУ им. Н.Э. Баумана

Проблема комфортной и удобной перевозки товара является актуальной для каждого современного покупателя. Ещё в середине 30-х годов прошлого века была изобретена первая продуктовая тележка, но до сих пор в её конструкцию не были внесены значительные изменения. Прогресс в современном мире не стоит на месте. В нашей жизни ежедневно появляется бесчисленное количество технологических нововведений, поэтому модернизация имеющихся или создание новых средств перевозки продукции в супермаркетах является важной проблемой в современном мире.

В связи с этим была поставлена следующая цель: разработать дизайн устройства для перевозки товаров в супермаркетах, которое бы удовлетворяло современным требованиям эргономики.

По результатам исследования рынка существующих на данный момент устройств была предложена их классификация.

Существующие виды тележек можно разделить на несколько основных видов:

1. Металлические тележки:

- однарусные различных объёмов (от 60 до 240 л),
- двухъярусные тележки.

2. Пластмассовые тележки:

- полностью пластиковые тележки,
- комбинированные.

После этого были выявлены основные недостатки существующих устройств. Для учёта пожеланий пользователей, а также для сопоставления общественного мнения с выявленными недостатками, был проведён соцопрос, в котором были опрошены 20 человек. Результаты данного опроса представлены на диаграмме, изображённой на рис. 1.

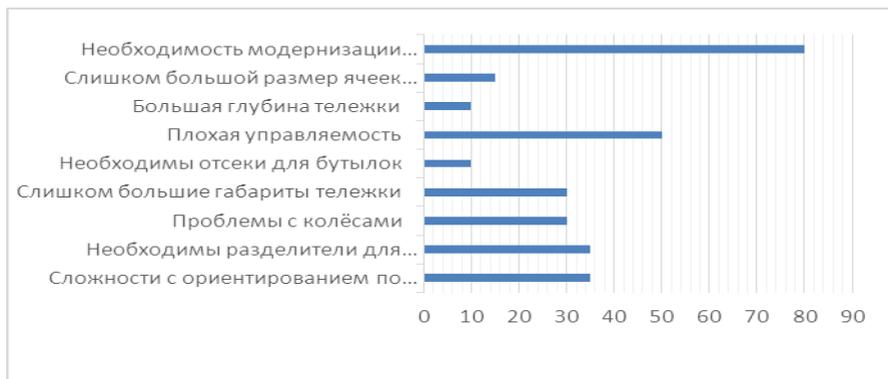


Рис. 1. Линейчатая диаграмма основных выявленных проблем продуктовых тележек.

По данным, полученным в результате проведённого опроса, наиболее важными факторами оказались плохая управляемость тележки, необходимость наличия отсеков, а также сложности с ориентированием по магазину и с поиском товара. Кроме того, стоит отметить, что 80% опрошенных считают модернизацию существующих продуктовых тележек необходимой.

Для решения выявленных проблем был предложен метод конструктивных изменений. Было установлено, что для улучшения управляемости тележки необходимо уменьшать её массу и расстояние от ручки до центра масс тележки, а также увеличивать ширину самой ручки. Опытным путём были подобраны оптимальные габариты проектируемого устройства.

Проблема с ориентированием по магазину и поиску товара была решена путём оснащения конструкции устройства информационным сенсорным дисплеем, дополненным сканером штрих-кода. Данное устройство будет расположено на ручке тележки на специальном поворотном механизме для обеспечения комфортного восприятия информации с экрана пользователем.

Данное устройство обеспечит покупателю:

- Поиск конкретного товара и его расположение в магазине по запросу покупателя;
- Вывод информации о продукте;
- Автоматический вывод на экран сопутствующих товаров;
- Счётчик стоимости купленных товаров;

- Электронный список покупок;
- Вывод рекламной информации.

Проблема транспортировки как бытовых, так и продовольственных товаров в одной корзине также является актуальной среди потребителей. Возможным решением этой проблемы может быть использование сеток-карманов в качестве дополнительных отсеков для различных продуктов. Такие сетки по своей конструкции подобны автомобильным сеткам-карманам и не будут препятствовать штабелированию тележек. Схематичное расположение отсеков можно увидеть на рис. 2.

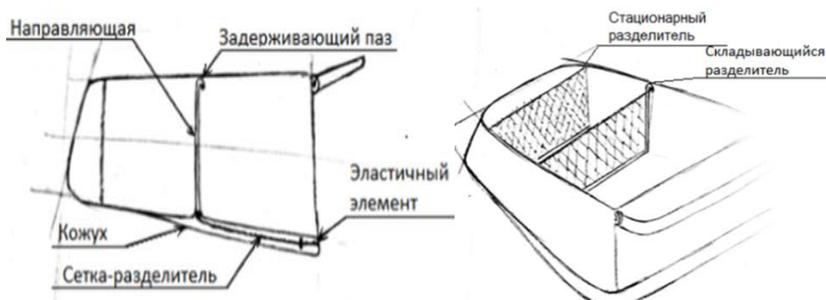


Рис. 2. Общий вид сетки-разделителя.

В ходе работы были рассмотрены не прямые аналоги продуктовых тележек. Таковыми, например, являются детские коляски. Проанализировав различные виды колясок, была выделена такая полезная конструктивная особенность, как регулируемая по высоте ручка, что затем было использовано при разработке дизайна устройства.

Разработка внешнего облика изделия проводилась по следующим направлениям: конструкция (форма), цвет и структура изделия.

В конструкцию тележки входят четыре основных части: рама, корзина, колёса, ручка тележки и крепящийся к ней экран (рис. 3). Корзина тележки будет выполнена из пластика, что позволит уменьшить её массу, а также изготавливать литьём любую форму корзины. Рама тележки представляет собой пространственную, тонкостенную деталь, которую можно отлить в одной многоразъёмной пресс-форме.

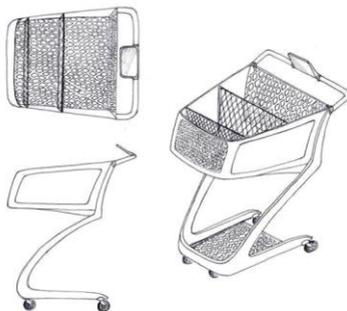


Рис. 3. Общий вид проектируемой тележки.

Опираясь на данные о психологическом зрительном восприятии цвета [1], было решено, что проектируемая тележка будет выполнена в сером и зелёном цвете (рис. 4.). При наличии у магазина своего бренда, выполненного в другом цвете, возможно иное цветовое решение.



Рис. 4. Вариант цветового решения.

Рассмотрено производство рам и корзин проектируемых тележек из ABS-пластика методом литья под давлением, что экономически целесообразно для крупносерийного производства. Такие стандартные узлы как колёса, элементы крепления, ручка тележки будут производиться по типовым технологиям. Стоит отметить, что большая часть материалов, используемых при изготовлении тележки, подвергается вторичной переработке.

Была рассмотрена эксплуатация данного устройства на различных этапах его эксплуатации, начиная с правил ухода до штабелирования и учёта потребностей персонала, обслуживающего данные устройства.

Результаты, полученные после проведённого исследования, позволяют сделать вывод, что существующая, наиболее распространённая конструкция тележки, не удовлетворяет потребностям покупателя и требует модернизации. Анализируя выявленные недостатки конструкции, требования пользователей и

продавцов, были предложены соответствующие меры по их устранению, используя которые был разработан дизайн устройства для перевозки товаров в супермаркетах.

Разработанный дизайн-проект устройства можно использовать для дальнейшей конструкторской и технологической проработки, в результате которой можно будет принять решение об экономической целесообразности производства и внедрения устройства в эксплуатацию.

Литература:

1. Стивен Джуан., Странности нашего тела. Занимательная анатомия. — Пер. с англ. Давыдова., 2010.;
2. Прокопенко В.Т., Трофимов В.А., Шарок Л.П «Психология зрительного восприятия», 2006
3. Папанек В. Дизайн для реального мира. М: Д.Аронов, 2004. - 416 с.;
4. Ульрих К. Промышленный дизайн: создание и производство продукта // Карл Ульрих, Стивен Эппингер; пер. с англ. М. Лебедева / под общ. ред. А. Матвеева, 2007. - 448 с.;
5. Рунге В. Ф., Сеньковский В. В. Основы теории и методологии дизайна. Учебное пособие. (3-е издание, перераб. и доп). М.: Архитектура - С, 2005. -268 с.

**Исследование зависимости отражательных свойств поверхностей
из различных материалов от температуры**

Попов Владимир Андреевич

г. Борисоглебск, МБОУ БГО СОШ №4, 11 класс

Научный руководитель:

Екешева Елена Васильевна,

учитель физики МБОУ БГО СОШ №4,

г. Борисоглебск

В настоящее время для наиболее эффективного применения различных материалов подробно исследуют не только химические, но и физические свойства веществ. Одним из таких свойств является отражательная способность материала. На взгляд автора интерес может представлять не только способность вещества отражать определённый вид излучения, но и исследование того, как эта способность зависит от температуры самого вещества. Если такая зависимость окажется существенной, т.е. при определённой температуре вещество будет максимально отражать один из видов излучения, а остальные максимально поглощать, то эта способность может быть использована для создания поглотителей или отражателей света, причём управлять этими свойствами можно будет, меняя температуру отражателя.

Цель работы: исследование зависимости отражательных свойств поверхностей из различных материалов от температуры.

Для проведения исследования зависимости отражательных свойств материалов от температуры отражательной поверхности, мною был сконструирован стенд (рис. 1), на который крепятся исследуемые образцы для выполнения необходимых измерений.

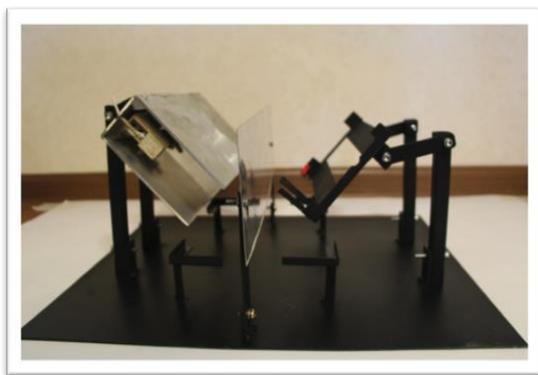


Рис. 1. Стенд для исследования требуемой зависимости.

Последовательность действий. Закрепить на стенде исследуемый образец, настроить и закрепить регистрирующее устройство (рис. 2) таким образом, чтобы на него не попадало излучение от источника света, а только отраженное от пластин. Включить нагревательный элемент и фиксировать температуру. Как только температура пластин достигнет нужного значения, выполнить измерения. Производя замеры, мы получаем суммарное излучение в определенном оптическом диапазоне. Для того, чтобы получить

значение только отраженного излучения, нужно из значения суммарного излучения вычесть собственное излучение поверхности. Чтобы получить собственное излучение поверхности нужно закоптить пластину (воссоздать модель абсолютно черного тела) и измерить ее излучение при той же температуре.



Рис. 2. Регистрирующее устройство.

Исследуемые материалы:

1. Стальная пластина (Сталь 12Х18Н10Т), 20х15 см.

Пластина (рис. 3) обработана наждачными бумагами Р220, Р340, Р600, Р1000, Р2000, затем полировочной пастой.

2. Медная пластина 20х15 см

Пластина (рис. 4) обработана наждачными бумагами Р220, Р340, Р600, Р800, Р1000, Р2000, затем полировочной пастой.



Рис. 3. Стальная пластина (12X18H10Т).

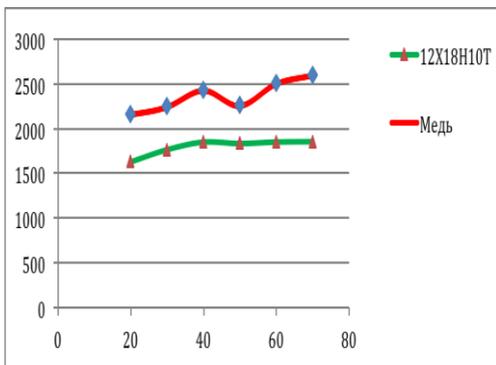


Рис. 4. Медная пластина.

Результаты:

В результате проведенных исследований были получены данные, которые занесены в таблицу 1. Также был составлен график требуемой зависимости.

Отражение в оптическом диапазоне		
t	12X18Н10Т	Медь
20	1633	2160
30	1770	2255
40	1854	2438
50	1839	2267
60	1856	2513
70	1860	2608



Выводы:

Анализ полученных результатов показывает наличие температурных зависимостей отражательной способности рассматриваемых поверхностей в оптическом диапазоне в интервале температур от 20 до 80 °С. На полученных кривых отчетливо выражен негладкий нелинейный характер данных зависимостей.

Литература:

1. Физический энциклопедический словарь /Гл. ред. А.М. Прохоров. – М.: Сов. Энциклопедия. 1983 г.

2. <http://ru.wikipedia.org>
3. «Теплообмен излучением», Р. Зигель, Дж. Хауэлл. – М.: «Мир» 1975 г.
4. «Теплопередача излучением в огнетехнических установках», А.Д. Ключников, Г.П. Иванцов. – М.: Энергия 1970 г.
5. «Температуροустойчивые неорганические покрытия», А.А. Аппен – Изд. 2-е, пер. и доп. Л. «Химия», 1976.
6. «Основы теплопередачи в авиационной и ракетно-космической технике», В.С. Авдуевский – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1992. — 528 с.: ил.
7. «Практическое применение инфракрасных лучей» М. Дербберг 1982 г.

Вычисление площади, находящейся под кривой $y=f(x)$, с помощью единичной функции в среде LabVIEW.

*АБУЛОВ Хакан Гаджиахмед Оглы,
г. Москва, ГБОУ лицей № 1580, 11 класс*

*Научный руководитель:
Петросян Олег Гарегинович,
к. т. н., доцент кафедры
«Информационные системы и
телекоммуникации»
МГТУ им. Н.Э. Баумана*

LabVIEW – это графический редактор, в среде которого имеется большой набор встроенных функций. В частности, единичная функция Impulse Pattern обладает свойством дискретного смещения (опция delay) под внешним воздействием. Таким образом, если смещать единичный импульс вдоль координатной оси с шагом Δx_i в интервале $x_{\min} \leq x \leq x_{\max}$, то площадь под кривой $y=f(x)$, будет определяться суммой $S=\sum y_i * \Delta x_i$ в задаваемых пределах. Число разбиений Δx_i ($i=n$) устанавливается опцией Samples, и оно должно быть достаточно большим ($n=500$), чтобы обеспечить требуемую точность. В качестве примера вычисляется площадь полукруга $S=\pi R^2/2$. В функции, которая описывает полукруг $y= \sqrt{1-x^2}$, «x» меняется от $-1 \leq x \leq +1$, и на экране осциллографа отображается

полуокружность с радиусом $R=1$. Перемещение единичной функции в структуре For Loop осуществляется с дискретным интервалом $\Delta x_i=1$ в автоматическом режиме с помощью итератора «i» и опции delay функции Impulse Pattern.

Принцип работы графической платформы для программирования основан на связанной работе «Лицевой панели» (Front Panel) и «Блок-Диаграммы» (Block Diagram). При этом установка каждого управляющего элемента или индикатора на лицевой панели сопровождается появлением соответствующего терминала на панели блок-диаграммы. Терминалы элементов управления представляют порты ввода информации в блок-диаграмму, а терминалы индикаторов – порты вывода информации из блок-диаграммы на лицевую панель.

Постановка задачи.

В декартовой системе координат непрерывная функция $y = f(x)$ в интервале $x_{\min} \leq x \leq x_{\max}$ ограничивает находящуюся под ней площадь S . Если разбить этот интервал на n равные отрезки Δx так, чтобы $\Delta x * n = x_{\max} - x_{\min}$, а затем вычислить в точке x_i ($i=1,2,\dots,n$) произведение ординаты на единичную функции $y_i * 1$, то мы получим дискретный ряд чисел, который, после суммирования можно охарактеризовать как площадь $S \approx \sum y_i$.

Реализация программы.

Вход «задержка» (delay) задаёт задержку единичного по длительности импульса относительно начала сигнала. Samples (выборки) – это число m , которое определяет сколько раз будет

генерировать импульс в единицу времени. Между числом итераций N и числом выборки m существует следующее соотношение. Число итераций N устанавливает размер по оси абсцисс. Если $N > m$, то генерация импульса прекращается на отметке m , если $m > N$, то генерация единичного импульса прекращается на отметке N (рис. 1).

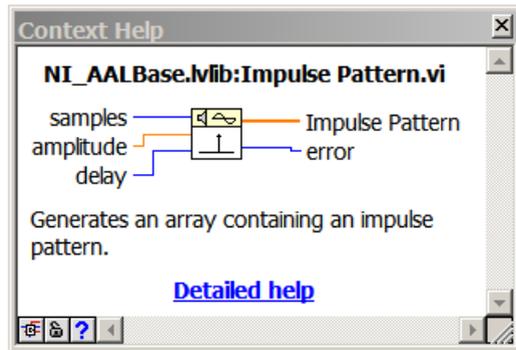


Рис. 1. Входные и выходные характеристики функции Impulse Pattern.

Если поместить Impulse Pattern в структуру For Loop - цикл с фиксированным числом итераций (рис. 2), а к каналу «задержка» подключить инкремент « i », то по мере возрастания $i = 0, 1, 2, \dots, N$, единичный импульс будет сдвигаться в сторону возрастания оси абсцисс. Для синхронизации окончания процесса устанавливаем $N+1 = m$.

Функция Impulse Pattern проявляет свои свойства в той точке, в которой она находится в данный момент, т. е. произведения $y_i * 1$ фиксируется только в момент, когда единичная функция находится в точке x_i .

Чтобы запомнить и воспроизвести $\Sigma(y_i*1)$ во всех n точках, необходимо фиксировать пребывание единичной функции в каждой i -ой точке с помощью сумматора Σ , который в данном случае выполняет функции одномерного массива, все элементы которого равны 1.

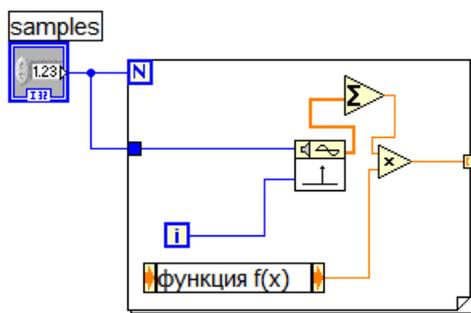


Рис. 2. Подключения единичной функции в структуре For Loop.

В противном случае в произведении y_i*1 вместо единицы будет произведение Σy_i*0 .

В разработанном проекте предусмотрена визуальная демонстрация вычисления площади полукруга с использованием функции Impulse Pattern в динамическом режиме.

Для вывода уравнения полуокружности $y^2 = (1 - x^2)$ на плоскость декартовой системы координат графопостроителя значения аргумента « x » должны определяться интервалом $-1 \leq x \leq +1$. Для этого в структуру For Loop помещаем функцию Expression Node (Узел Выражения). Узел Выражения используется для расчёта выражений или уравнений, которые содержат единственную переменную. Введём в поле этой функции выражением $(1 - x^2)$, с последующим

извлечением квадратного корня внутри структуры, как показано на рис. 3.

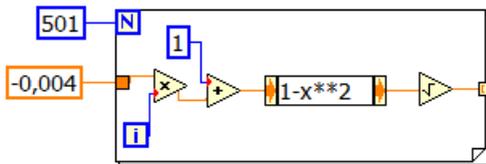


Рис. 3. Структура вычисления координат полуокружности.

Произведение Множителя «-0,004» на инкремент i выдаёт отрицательные числа. При $i=0$ $x=1$, Узел Выражения принимает значение, равное нулю. При $i=250$ x становится равным нулю и Узел Выражение принимает максимальное значение, равное единице. При $i=500$ переменная $x=1$ и Узел Выражение вновь принимает значение, равное нулю. Математические функции (т. е. операции «умножение», «сложение», «извлечение квадратного корня» и др.) находятся в подпалитре Numeric.

Циклы с фиксированным числом итераций автоматически создают массивы, аккумулируя данные на границе структуры путём добавления одного нового элемента в каждом повторении цикла.

Схема включения единичного импульса, встроенного в структуру в связке со структурой генерации полуокружности, представлена на рис. 4. Числовой «Индикатор» в структуре фиксирует текущие значения ординаты. За пределы структуры выведены «Сумматор», делитель и числовой индикатор «Среднего значения» высоты площади полуокружности.

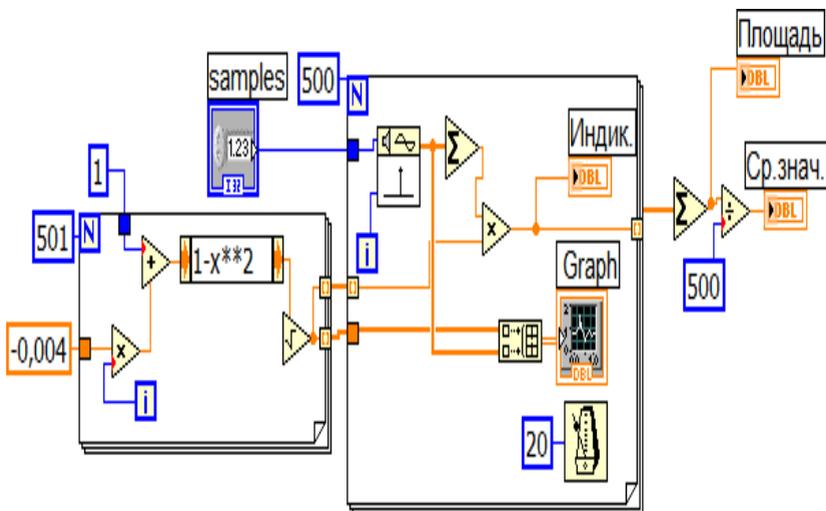


Рис. 4. Блок-диаграмма построения на графопостроителе полуокружности и динамического перемещения вдоль неё единичного импульса.

Таймер «Millisecond multiple» используется в цикле для управления скоростью выполнения программы.

Функция Build Array разделяет массивы данных по перемещению импульса и построению окружности и подаёт их на вход графопостроителя. На рис. 5 изображён график полуокружности в момент прохождения единичного импульса через максимум в точке $x_i = 250$.

Ср.знач.
0,785324

Площадь
392,662

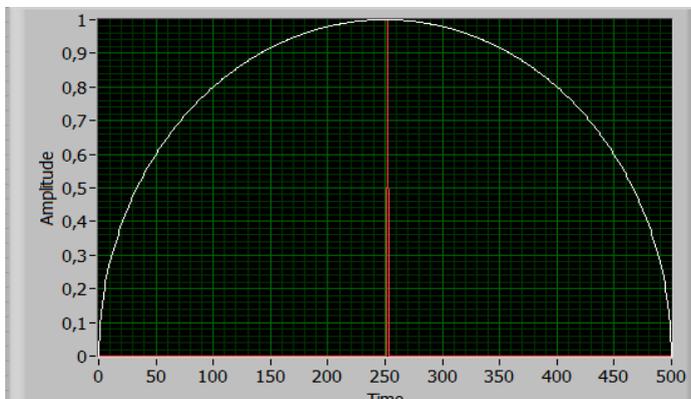


Рис. 5. График полуокружности и единичного импульса.

На Лицевой панели числовые индикаторы отображают выходные данные: среднее значение высоты полуокружности ($h=0,785324$). Площадь $S = 392,662 \text{ мм}^2$, которая в данном случае находится под линией полуокружности, есть произведение

$$S = h \cdot (x_{\max} - x_{\min}) = 0,785324 \cdot 500 = 392,662.$$

С другой стороны площадь полуокружности с радиусом $R = 1$ есть $\pi/2$ и, если умножить основание $2R$ на высоту h , то $S = 2 \cdot 0,785324 = 1,570648$. Для данного числа выборки (500) ошибка не превышает $\Delta = 1,5 \cdot 10^{-4}$. При увеличении числа выборки до 2000 ошибка уменьшается на порядок.

Литература:

1. Суранов А. Я. LabVIEW 8.2: справочник по функциям – ДМК. – Москва. 2007.
2. Дж. Тревес, Дж. Кринг LabVIEW для всех – ДМК. – Москва. 2008.

НАСТОЛЬНЫЙ РОБОТ-МАНИПУЛЯТОР ДЛЯ ЛАБОРАТОРИИ ЦИФРОВОГО ПРОИЗВОДСТВА FAB LAB

*ЗОБОВ Олег Валерьевич,
г. Москва, ГБОУ Лицей №1502 при МЭИ,
11 класс*

*Научный руководитель:
Юдин Антон Владимирович,
ведущий инженер кафедры
"Проектирование и технология
производства электронной аппаратуры"
МГТУ им. Н.Э. Баумана*

Целью работы является проектирование и изготовление 6-ти осевого робота-манипулятора. Части робота изготавливаются на 3D-принтере, что делает его удобным в изготовлении и модификации. Помимо разработки робота, был сконструирован блок управления роботом и рабочим инструментом, написано программное обеспечение.

Характеристики станка:

- Компоновка: станок с подвижным рабочим столом.
- Технология печати: FDM.
- Материалы: ABS и PLA

- Рабочая зона: 200x200мм.
- Точность: 0.1мм.

Станок был целиком спроектирован в CAD-системе Autodesk Inventor. В качестве материала станины был выбран плексиглас толщиной 6 мм.

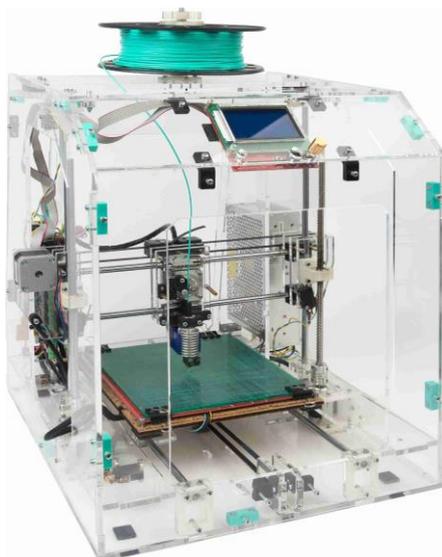


Рис. 1. Общий вид изготовленного 3D принтера.

Проектирование 6-осевого робота-манипулятора (Рис. 2).
Средой разработки выбрана CAD-система Autodesk Inventor.

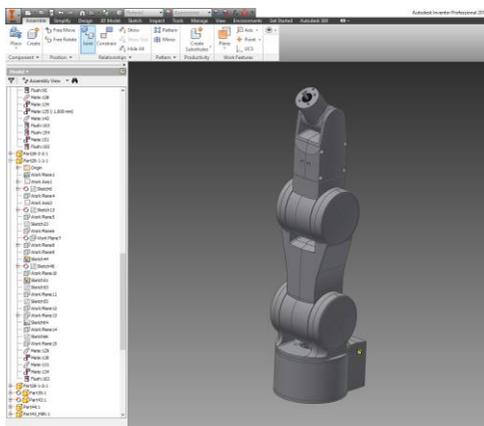


Рис. 2. Общий вид спроектированного робота-манипулятора.

Для приведения сочленения в движение используется биполярный шаговый двигатель типоразмера Nema 17 или Nema 8 с редуктором. В качестве ограничителя движения по осям используются механические и оптические концевые микропереключатели.

Весь робот был начерчен в CAD-системе Autodesk Inventor. В конце процесса проектирования были проанализированы прочностные характеристики узлов робота с целью оптимизации конструкции при помощи CAE системы Autodesk Simulation Mechanical.

Платы управления роботом.

Комплект из двух плат представляет собой программно-аппаратную платформу для управления роботом-манипулятором. Первая плата изготовлена на базе микроконтроллера STM32F205RBT6 и представляет собой систему управления роботом, которая формирует и выдает на исполнительные устройства приводов

управляющие сигналы. Вторая плата - на базе микроконтроллера ATmega328P, была разработана и изготовлена для управления схватом робота. Платы спроектированы в CAD-системе Altium Designer.

Плата на базе микроконтроллере STM32F205RBT6.

Данная плата предназначена для управления 6-осевым роботоманипулятором и внешними контроллерами дополнительной периферии (рис. 3).

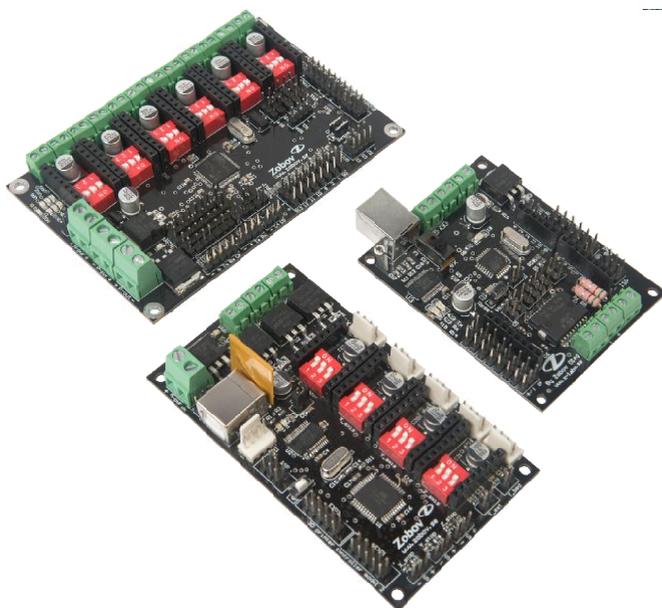


Рис. 3. Общий вид разработанных печатных плат. Вверху – плата на STM32F205. Справа – плата управления инструментом кисти на ATmega 328. Внизу – плата управления 3Д-принтером на ATmega1284P.

Математические расчеты. Для того чтобы робот мог манипулировать объектом, нужно чтобы он самостоятельно рассчитывал необходимые присоединенные углы в своих сочленениях (рис. 4), то есть правильно ориентировал кисть со схватом или инструментом относительно манипулируемого тела.

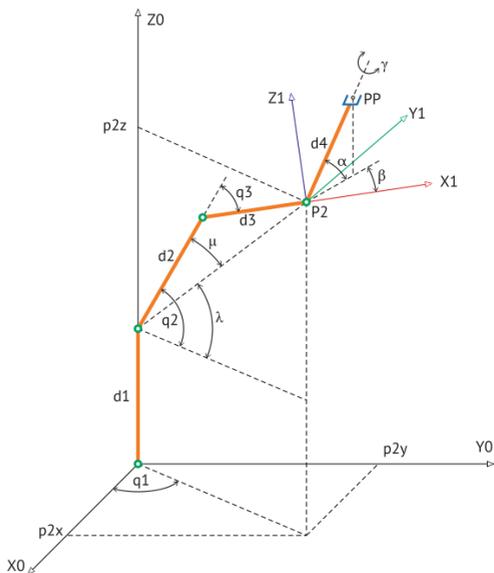


Рис. 4. Геометрическое представление робота.

Проверка математической модели робота.

Для независимой проверки математической модели робота было решено написать уравнения решения прямой задачи кинематики. Решая прямую и обратные задачи на одних и тех же углах, и сопоставляя графические представления робота при помощи математической программы Matlab, можно выяснить, правильно ли

ведет себя математическая модель (рис. 5). Был сделан вывод о работоспособности модели.

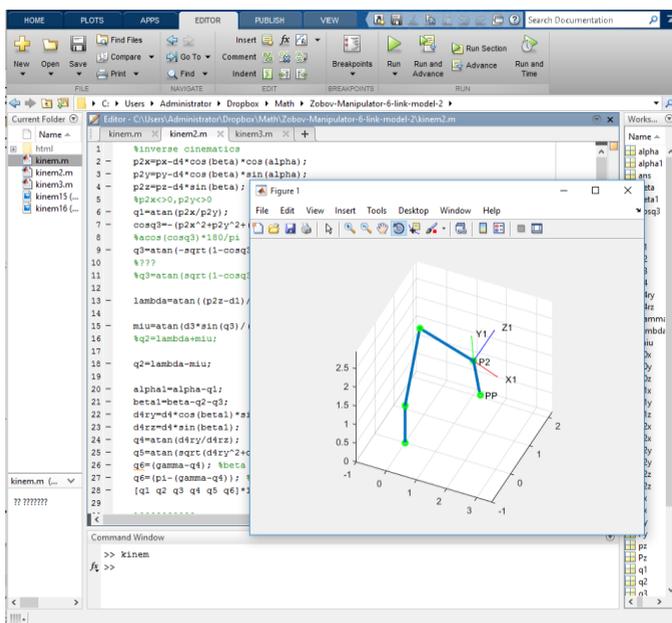


Рис. 5. Симуляция в математической программе Matlab.

Программирование.

Разработка структуры и алгоритмов программы

Для повышения доступности и удобства использования было разработано API, предоставляющее доступ к созданию и управлению основными компонентами системы, а также интерфейсы для создания пользовательских модификаций конечных систем.

Для поддержки реконфигурируемости и модифицируемости системы, структура программы была разработана с широким применением полиморфизма и наследования.

Для достижения достаточного быстродействия программы активно используются прерывания. Это позволяет рационально использовать ограниченные ресурсы микроконтроллера. Также для возможности использования прерываний одновременно с полиморфизмом была создана подсистема управления прерывания на основе базовой.

Для повышения устойчивости системы с программной стороны была использована инкапсуляция, применены соответствующие паттерны (например, singleton). Для упрощения отладки код был усилен с помощью assert'ов.

Выбор средств разработки

Для разработки программного кода было выбрано IDE Eclipse с Open OCD debugger. Для удобства работы с периферией робота была использована стандартная периферийная библиотека от производителя микроконтроллера STMicroelectronics.

Заключение

Спроектирован и изготовлен 6-ти осевой робот манипулятор. Сконструирован и изготовлен 3D-принтер для изготовления робота. Создан легко модифицируемый блок управления роботом. Написано программное обеспечение робота. Подготовлена техническая документация для изготовления робота и блока управления.

Литература:

1. Bejczy A. K., Robot Arm Dynamics and Control, 33-669, 1974
2. Lee C.S.G., Ziegler M., Geometric Approach in Solving Inverse Kinematics, 695-706, 1984
3. M. Brady, J. M. Hollerbach, T. L. Johnson, T. Lozano-Perez, and M. T. Mason, Robot Motion: Planning and Control. Cambridge, MA: The MIT Press, 1982.
4. Paul R.P., Robot Manipulators: Mathematics, Programming and Control. Cambridge, MA: MIT Press, 1981.
5. Zielinski, "Object-Oriented Robot Programming", Robotica, Vol.15, 1997, pp. 41–48.
6. Craig, J.J., Adaptive Control of Mechanical Manipulators. Reading, MA: Addison-Wesley, 1988.
7. Asada, H., and J.-J.E. Slotine, Robot Analysis and Control, New York: Wiley, 1986.
8. Lewis, F.L., "Robotics," in Handbook of Mechanical Engineering, F. Kreith ed., , CRC Press, 1998.

Система оценки лингвистических знаний

ОВЧИННИКОВА Наталья Павловна

г. Москва, ГБОУ лицей «Вторая школа», 11 класс

Научный руководитель:

Васильев Михаил Андреевич,

учитель информатики,

ГБОУ лицей «Вторая школа», г. Москва

В настоящее время очень востребованным навыком любого человека является знание иностранных языков. Особое внимание уделено изучению английского языка. В частности, это связано с тем, что 80% информации в Интернете опубликовано именно на английском языке. С другой стороны, около полутора миллиарда людей говорят на английском, а, следовательно, возникает необходимость общаться на данном языке. Важной частью процесса изучения языка является определение уровня освоения, при этом требуется получить качественную оценку лингвистических знаний человека.

Исследования позволили выявить следующие проблемы:

- очень большое количество времени затрачивается на тестирование обучающихся;
- объективно оценить знания человека практически невозможно;
- возможность оценки качества освоения языка почти отсутствует.

В связи с вышесказанным актуальной является задача автоматизации процесса оценки лингвистических знаний.

Цель работы - создать систему оценки лингвистических знаний, которая позволяла бы структурировать и хранить знания экспертов-лингвистов с целью использования их для качественной и объективной оценки знаний пользователей, изучающих иностранный язык.

В результате обзора существующих программных систем для решения задач, связанных с проверкой лингвистических знаний, было выявлено, что создание интеллектуальной системы оценки лингвистических знаний (далее СОЛЗ), которая позволила бы взять на себя функции оценки знаний по различным частям с учетом уровня освоения, является актуальной задачей.

На первом этапе проектирования была создана структурная схема СОЛЗ, представленная на рисунке 1.

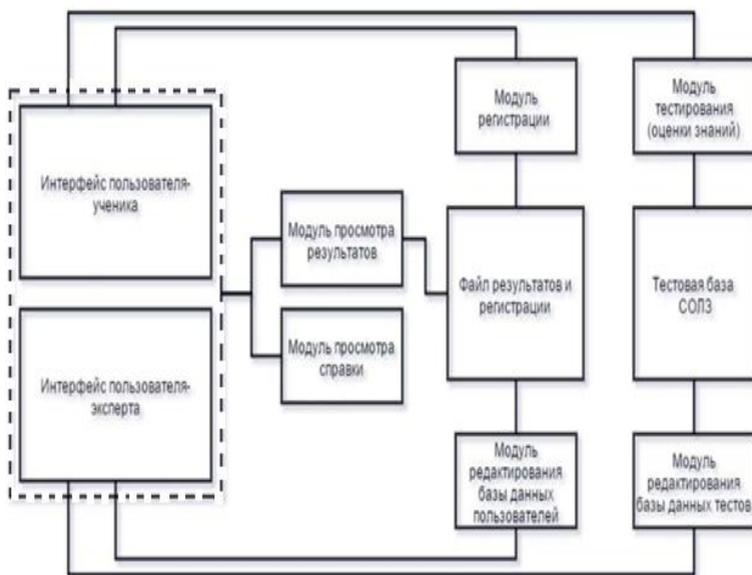


Рис. 1. Структурная схема СОЛЗ.

После исследования предметной области было выявлено, что для реализации программы необходимо визуальное средство программирования, которое поддерживает и объектный, и процедурный подходы. К СОЛЗ были представлены такие требования: процедурно-объектный подход, наличие визуальной библиотеки и большого количества различных типов данных, а также возможность создавать пользовательский тип данных. В результате проведенных исследований был выбран язык Pascal и среда разработки Delphi7. Среда разработки является визуальной, что заметно облегчает создание простого пользовательского интерфейса, поддерживает как процедурный, так и объектный подход программирования. Одним из

основных структурных компонентов системы (рис.1) является общий интерфейс, разделенный на интерфейс ученика и эксперта. Он отвечает за обмен информацией с пользователем. Доступ к интерфейсу пользователя-эксперта осуществляется посредством ввода заранее установленных логина и пароля.

В рамках работы был также разработан ряд алгоритмов:

- регистрации пользователя;
- редактирования тестовой базы;
- редактирования базы пользователей;
- сортировки и упаковки списка пользователей;
- тестирования и др.

На рисунках 2 и 3 представлены основные схемы алгоритмов: схема алгоритма тестирования и схема алгоритма сортировки и упаковки данных пользователей:

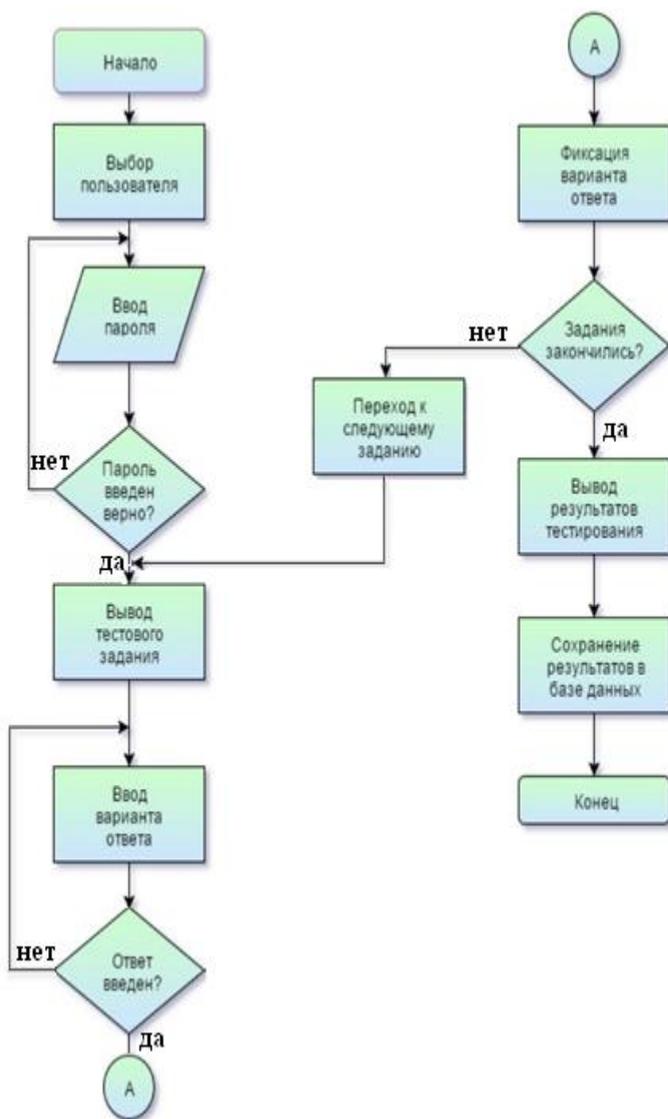


Рис. 2. Схема алгоритма тестирования.

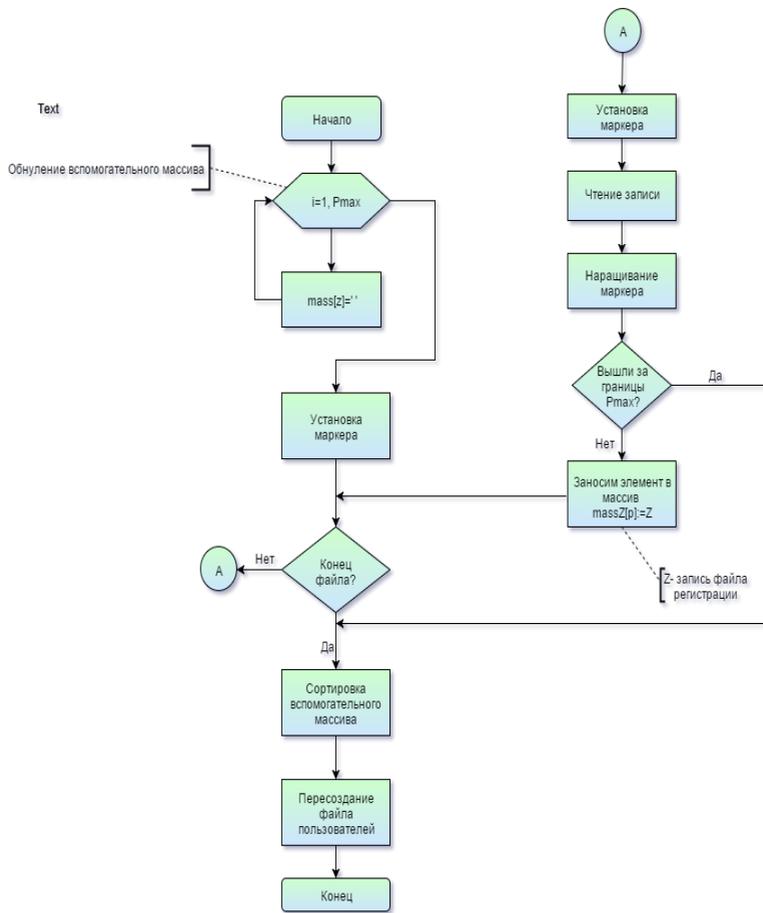


Рис. 3. Схема алгоритма сортировки и упаковки данных пользователей.

Во время тестирования СОЛЗ использовался метод просмотра за столом, который относится к методам ручного контроля. Также, после

того, как система была полностью реализована, было проведено оценочное тестирование.

В результате проделанной работы был создан прототип системы оценки лингвистических знаний, который позволяет проводить регистрацию пользователей, тестирование лингвистических знаний в части грамматики, редактирование тестовой базы и базы пользователей. В итоге созданный прототип состоит из 10 модулей, которые в целом состоят из более, чем тысячи строк кода.

В перспективе система может быть доработана и функционально расширена. Для этого дополнительно необходимо сделать следующее:

- разработать алгоритмы тестирования других этапов оценки знаний: аудирования, письма, чтения и говорения;
- расширить сервисные функции;
- отслеживание процесса освоения знаний.

Литература:

1. Соломатин Н.М. Информационные семантические системы. М.: Высшая школа. 1989. 127 с.
2. Тестирование иностранных языков. Материалы сайта // LTI LanguageTestingInternational ["Международное Тестирование Языков"]. Режим доступа: <http://www.languagetesting.com/>
3. Иванова Г.С., Ничушкина Т.Н., Пугачев Е.К. Объектно-ориентированное программирование: Учебник для вузов / ред. Иванова Г. С. 3-е изд., стер. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2007. 368 с.

Модернизация датчика воздушной скорости

СУШИН Евгений Юрьевич,

г. Москва, ГБОУ Лицей №1535, 11 класс

Научный руководитель:

Фащевский Николай Николаевич,

к.т.н., доцент кафедры «Приборы и системы ориентации, стабилизации и навигации»

МГТУ им. Н.Э. Баумана

Приборы и установки для измерения параметров полета, используемые сегодня в авиационной технике, при определенных условиях могут давать значительные погрешности. В работе предложено усовершенствование конструкции одного из таких приборов, которое позволяет уменьшить некоторые ошибки.

Согласно уравнению Бернулли, воздушную скорость можно вычислить из динамического давления по формуле:

$$V = \sqrt{\frac{2 \times Q}{\rho}}, \quad \text{м/с}$$

где Q – динамическое давление (Н/м^2), ρ – плотность воздуха (кг/м^3).

Динамическое давление не может быть измерено отдельно, потому что при нахождении в атмосфере всегда присутствует

статическое давление. Полное давление равно сумме статического и динамического.

Термином «приборная скорость» принято обозначать скорость тела, рассчитанную из динамического давления при плотности воздуха $\rho = 1,225 \text{ кг/м}^3$. Значения аэродинамических сил, действующих на летательный аппарат, прямо пропорциональны динамическому давлению воздуха. Именно поэтому приборную скорость удобно использовать в качестве величины, характеризующей динамическое давление.

Приемник воздушного давления, или трубка Пито, – это герметичная трубка с открытым передним концом, расположенная параллельно продольной оси летательного аппарата. Приемник статического давления – одно или несколько отверстий, расположенных перпендикулярно набегающему потоку. К трубкам Пито и статическим приемникам подведены линии для передачи давления к измерителям.

Позиционная погрешность возникает из-за расположения входов приемников давления под углом к набегающему потоку воздуха. При полете с большими углами атаки и скольжения позиционная погрешность может значительно возрастать.

Рассмотрим различные типы конструкции приемников.

1) Трубка Прандтля (рис. 1). Полное давление попадает в центральное отверстие, а отверстия по бокам принимают статическое давление. Такая конструкция проста и имеет небольшой вес. При

расположении параллельно набегающему потоку трубка Прандтля позволяет измерять давление с большой точностью.

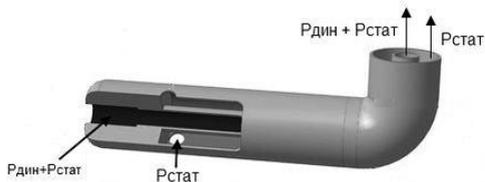


Рис. 1. Трубка Прандтля.

Однако при полете с большим углом атаки трубка Прандтля не позволяет вычислять точные значения из-за неоднородного распределения давления и вызванной этим турбулентности (рис. 2).

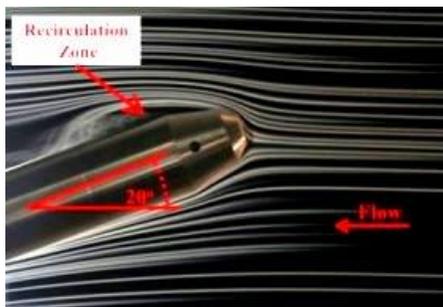


Рис. 2. Трубка Прандтля на больших углах атаки.

2) Трубка Пито и система статических портов. По позиционную погрешность можно уменьшить за счет отдельного расположения статических приемников на фюзеляже в тех местах, где давление наиболее приближено к атмосферному. Однако система статических портов не позволяет избежать ошибки при измерении полного давления.

3) Трубка с большим количеством отверстий в передней части. За счет вычисления абсолютного давления и дифференциального давления между различными отверстиями возможно рассчитать полное, статическое давление и угол атаки. Из-за большой сложности, ненадежности и высокой стоимости эта система не получила широкого распространения.

ЭКСПЕРИМЕНТ.

Цель: исследование зависимости позиционной погрешности от расположения трубки Прандтля относительно набегающего потока.

Оборудование: садовый пылесос-воздуходув Skil (расход воздуха – 13 м³/мин, максимальная скорость воздушного потока на выходе – 270 км/ч), дифференциальный манометр Venetech GM510 (погрешность ± 0,5 Па), трубка Прандтля с держателем, трубки для передачи воздушного давления, транспортер.

Ход эксперимента (рис. 3). Трубка Прандтля закреплена на держателе и соединена с манометром. Воздуходув установлен напротив трубки. За счет поворота держателя расположение приемника давления относительно воздуходува может быть разным. Эксперимент проведен для различных углов установки приемника (режим работы воздуходува был одинаковым в каждом случае). Результаты эксперимента представлены в таблице 1.

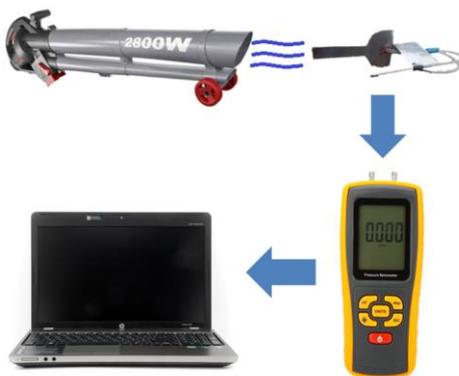


Рис. 3. Схема эксперимента.

Таблица 1. Результаты эксперимента.

Угол атаки (α), °	5		0	5	0	0	5
Отклонение давления от значения при $\alpha=0^\circ$ (ΔP), Па	5	1	9	37	72	48	151

Эксперимент показал, что с увеличением угла атаки ошибка в измерении давления возрастает (табл. 1). Это значит, что увеличивается ошибка и в расчете приборной скорости.

МОДЕРНИЗИРОВАННЫЙ ДАТЧИК ВОЗДУШНОЙ СКОРОСТИ

Модернизированный датчик воздушной скорости (рис. 4) представляет собой традиционный датчик угла атаки к нижней поверхности которого с помощью двух полухомутов, установленных на заклепках, прикреплен трубка Прандтля. Линии передачи давления проходят внутри корпуса флюгера через два отверстия. Через полую ось вращения флюгера линии выведены от датчика к измерителям. Передняя от оси вращения часть флюгера имеет металлические грузы для балансировки датчика.

Прибор позволяет получить информацию о статическом, полном давлении и об углах атаки. Преимущества трубки Прандтля (точное измерение статического давления, простота конструкции) и флюгера (расположение параллельно набегающему потоку) вместе позволяют минимизировать позиционную погрешность. Кроме того, за счет отказа от отдельных статических портов и трубок Пито возможно уменьшение веса летательного аппарата.

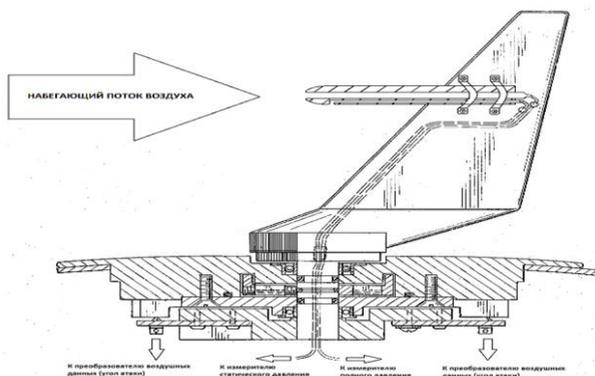


Рис. 4. Схема модернизированного датчика.

Литература:

1. Oxford Aviation Services JAA ATPL Instrumentation book. – Франкфурт, Германия: Jeppesen GmbH, 2001;
2. Oxford Aviation Services JAA ATPL Principles of Flight book. – Франкфурт, Германия: Jeppesen GmbH, 2001;
3. William Gracey Wind-tunnel investigation of a number of total-pressure tubes at high angles of attack. - США, NASA: технический отчет 1303, 1957;
4. Edward A. Haering Airdata Measurement and Calibration. – США, NASA: технический меморандум 104316, декабрь 1995;
5. Robert Geenen, Bryan Moulton и Edward Haering, Jr. A system for testing airdata probes at high angles of attack using a ground vehicle. – 29-ая Конференция аэрокосмических наук в Рино (Невада, США), 1991;
6. Руководство по технической эксплуатации семейства Airbus A320.

Мехатронная система поддержания равновесия на качающемся основании.

*ТУПИЦЫН Антон Максимович,
г. Москва, ГБОУ лицей №1580, 11 класс*

*Научный руководитель:
Жильцов Александр Иванович,
начальник отдела НИИ ИСУ
МГТУ им. Н.Э. Баумана*

Мехатронные системы предполагают наличие встроенных систем управления. Все системы управления, в свою очередь, не могут обойтись без внутренних систем регулирования, поддерживающих равновесные режимы функционирования.

Цель работы: Разработка мехатронной системы, поддерживающей равновесие на качающемся основании.

Постановка технической задачи требовала создания действующего макета с системой управления на базе платформы Arduino для изучения и приобретения практических навыков по решению задач управления и регулирования. Предельная простота разрабатываемой системы не должна была исказить ее основные свойства, характерные для системы управления любым движущимся объектом. В результате была создана система управления, поддерживающая равновесие механического макета (рис. 1) на

наклоненном основании при помощи изменения положения его центра масс за счет перемещения сервоприводами открывающегося груза.

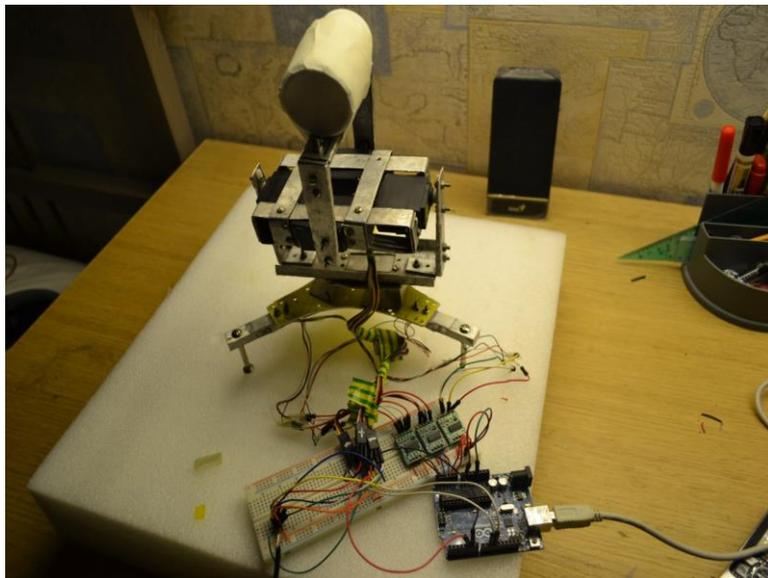


Рис. 1. Фотография мехатронного макета.

Эта система содержит внутренние скоростные контуры обратной связи (рис. 2), которые регулируют угловые скорости сервоприводов и работают по принципу пропорционально-интегрального регулятора (ПИ-регулятора).

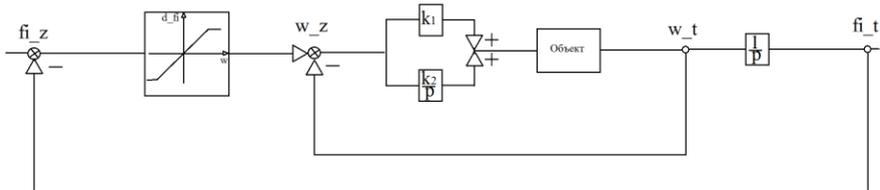


Рис. 2. Схема контура управления.

Внутренний скоростной контур необходим для поддержания заданной скорости перемещения проекции центра масс макета, то есть поддерживает равновесное состояние системы (рис. 3, 4).

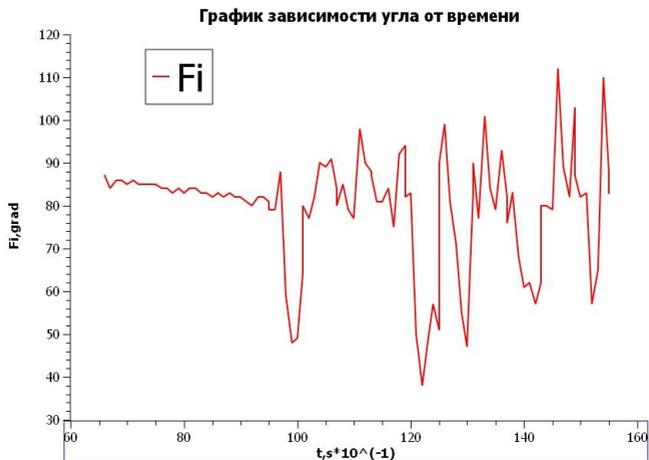


Рис. 3. Поведение системы без внутреннего скоростного контура.

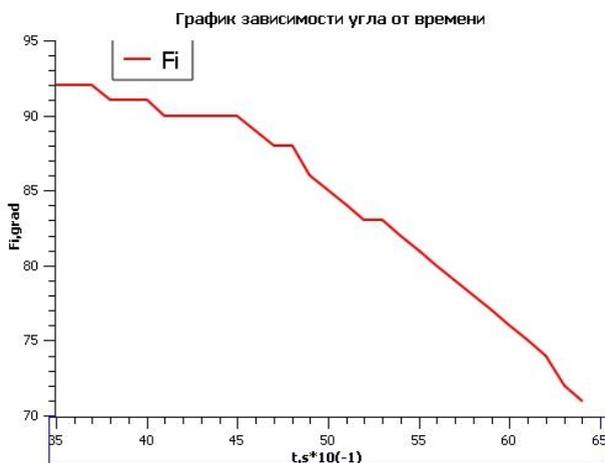


Рис. 4. Поведение системы с внутренним скоростным контуром.

Пропорциональная составляющая регулятора изменяет скорость в соответствии с сигналом ошибки (разница между заданной скоростью и текущей). Интегральная составляющая регулятора исправляет статическую ошибку, возникающую при использовании пропорциональной составляющей регулятора.

Для определения положения проекции центра масс используются тензодатчики, опоры которых составляют равносторонний треугольник. При помощи геометрических правил, находится проекция центра масс на опорный треугольник. Для применения тензодатчиков необходимо использовать АЦП и усилитель сигнала. В работе использовался АЦП с усилителем НХ-711 (рис. 5, 6, 7).

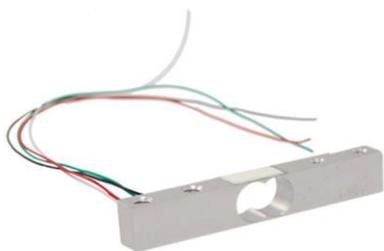


Рис. 5. Точечный тензодатчик.

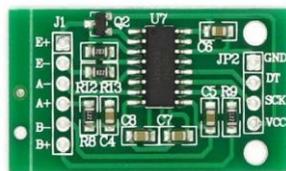


Рис. 6. АЦП NH-711.

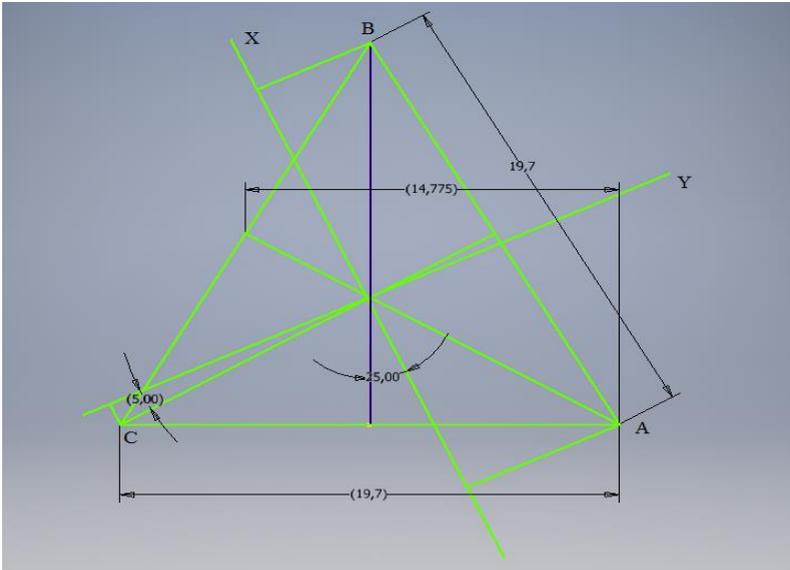


Рис. 7. Опорный треугольник.

Для управления системой был выбран микроконтроллер Arduino UNO на базе процессора ATmega 328p и среда разработки Arduino IDE.



Рис. 8. Микроконтроллер Arduino UNO.

Метод и алгоритм стеганографического сокрытия данных в QR – кодах

*КОНОВАЛОВА Светлана Владиславовна
г. Балашиха, МАОУ Гимназия №1, 11 класс*

*Научный руководитель:
Чичварин Николай Викторович,
к.т.н., доцент кафедры
"Информационная безопасность"
МГТУ им. Н.Э. Баумана*

Введение

Актуальность защиты данных и сообщений от несанкционированного доступа и повышения информационной безопасности в условиях развернутой информационной войны постоянно возрастает. Как известно, возможны два вида шифрования данных для защиты от несанкционированного доступа – криптографический и стеганографический. Последний вид, стеганографический, зачастую опирается на стеганографию цифровую. Преимуществом стеганографического кодирования, как известно, является сохранение в тайне самого факта передачи. Для передачи и хранения сведений, составляющих государственную тайну, применяются криптографические средства. Их применение жестко регламентируется нормативными документами. Для хранения и

передачи таких данных, как эпикриз и диагноз пациента, проектная документация и продукция, составляющих коммерческую тайну, краткие биографические сведения и прочее, удобно и доступно применение стеганографических методов и алгоритмов. Таким образом, исследования, результаты которых приведены в публикации, представляются актуальными.

Цель и задачи разработки и исследований.

Целью исследований явилась разработка стеганографического алгоритма с повышенной криптоустойчивостью. Для достижения поставленной цели последовательно решены следующие задачи:

- Аналитический обзор открытых публикаций, отвечающих тематике работы;
- Разработка и обоснование робастного метода сокрытия данных;
- Проведение численных экспериментов.

Как известно, криптоустойчивость стеганографических алгоритмов существенно зависит от выбора контейнера. Анализ доступных публикаций [1-8] показал, что возможность применения изображений QR – кодов в качестве контейнера исследована не в полной мере. Общим недостатком методов, основанных на сокрытии данных непосредственно в изображениях, является их низкая криптоустойчивость. Так, применяя программу WinHex, можно определить факт сокрытия.

Алгоритм стегоанализа с применением программы WinHex заключается в следующем:

- «подозрительное» изображение QR-кода декодируется стандартной программой декодирования;
- восстановленный текст шифруется той же стандартной программой в виде QR – кода;
- «подозрительный» и восстановленный файлы обрабатываются стандартной программой WinHex.

Как известно, WinHex относится к категории HEX-редакторов, позволяющих редактировать и отображать все, что содержится в файле, в виде шестнадцатиричного кода. Даже визуальное сравнение изображений содержимого сравниваемых «пустого» и заполненного контейнера покажет их резкое отличие. На рис. 1 показан результат синхронизированного по адресам содержимого двух отличных файлов. Черными метками выделены несовпадающие шестнадцатиричные коды.

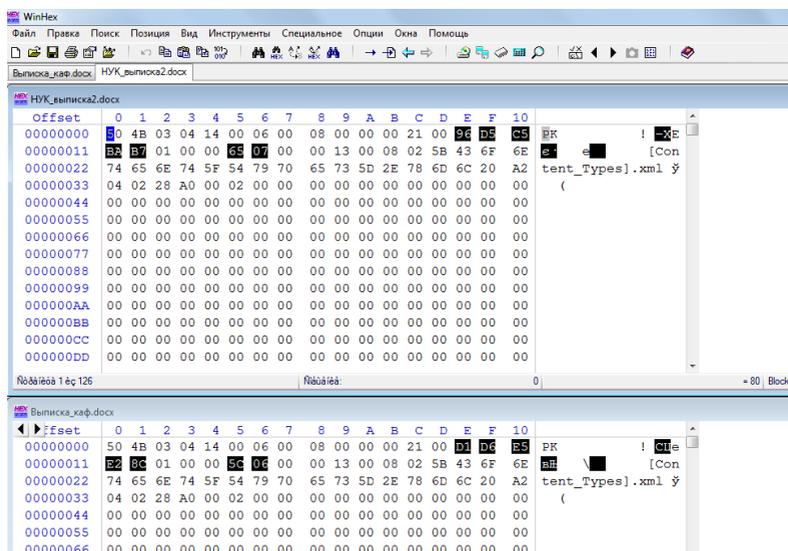


Рис. 1. Сопоставление двух файлов, отличных друг от друга.

Описание предлагаемого алгоритма.

Для выявления наиболее рационального подхода к стеганографии в QR-кодах были рассмотрены уже известные методы. За основу были взяты результаты, опубликованные в [2], описывающие метод стеганографической защиты с использованием алгоритмов Коча и алгоритмов Бенхама. Стеганография данными методами недостаточно эффективна, так как есть прямая зависимость размера закрытого сообщения от размера открытого. Кроме того, факт сокрытия обнаружим с помощью WinHex.

Исследования позволили разработать метод и алгоритм генерации и декодирования QR-кода со скрытым блоком данных, свободные от недостатков известных методов. В качестве основных недостатков можно выделить существенное ограничение объемов

закрытого сообщения и низкую криптоустойчивость. Реализована гипотеза о внесении данных в стеганографический QR-код. Данные должны были быть внесены после символов «0000», определенных в англоязычной версии стандарта кодирования, как «терминальные символы». Позже, при изучении исходного кода эти данные были подтверждены. Символы «0000» являлись «сигналом» конца строки и были дополнением строки до количества символов, кратных 8, чтобы оставалось возможным корректное образование блоков данных. После терминальных символов следуют незначащие чередующиеся байты, которые могут быть заменены на скрытое сообщение. На основе проведенных исследований принято решение о внесении закрытого сообщения и данных о его длине сразу после открытого с соответствующим разделением их терминальными «0000». После чего строка дополняется нулями до длины, кратной 8, а далее заполняется резервированным стандартом JIS X 0510:2004 незначащими чередующимися байтами.

Алгоритм, реализующий предлагаемый метод:

1) На вход подается открытое и закрытое сообщение. Обработка скрытой информации происходит параллельно и аналогично открытой, то есть кодируется определенным образом, анализируется, добавляются служебные данные.

2) Версия QR-кода выбирается в соответствии с размером закрытого и открытого сообщений.

3) Создание и обработка массивов данных. В строку вносятся 12 или 20 бит служебных данных в зависимости от версии QR-кода, где

первые 4 бита – информация о типе кодирования; следующие 8 или 16 бит – информация о длине открытых данных. Далее вносится открытое сообщение, терминальные 8 нулей, после него в 8 или 16 битах вносится длина закрытого сообщения. Затем производится внесение непосредственно самого закрытого сообщения, далее «0000» для сохранения кратности и, наконец, заполняющие байты.

4) Далее строки обрабатываются согласно стандарту кодирования.

Алгоритм декодирования стеганографического QR-кода:

1) Длина открытого сообщения вычисляется на этапе обработки строки данных как массива байт. По этим данным определяется начало закрытого сообщения.

2) Массив данных перестраивается следующим образом: 4 бита, определяющие способ кодирования, 8 или 16 бит, определяющие суммарную длину открытого и закрытого сообщения, далее 8 бит для символа, отделяющего сообщения; открытое сообщение, символ-разделитель для удобства восприятия, закрытое сообщение, «0000» и заполняющие байты. Нужно добавить, что для символа-разделителя всегда найдется место, ведь в процессе обработки за ненужностью исчезают 8 или 16 бит, информирующих о длине закрытого сообщения.

3) Далее строки обрабатываются согласно стандарту кодирования. По результатам проведения исследования было принято решение об усовершенствовании библиотек ZXing, т.к. данный проект является открытым для общего доступа и полностью соответствует стандарту JIS X 0510:2004. Более того, библиотека ZXing поддерживает

кодирование и генерацию множества типов баркодов (PDF 417, EAN, UPC, Aztec, Data Matrix, Codabar), в том числе и нужный нам формат QR Code.

Для реализации формальных алгоритмов генерации и декодирования QR-кодов со скрытым стеганографическим сообщением выбраны исходные открытые коды ZXing, объектно-ориентированный язык программирования C# и интегрированная среда разработки модульных кроссплатформенных приложений Microsoft Visual Studio 2012.

Основные результаты численного эксперимента.

Проведено тестирование на предмет анализа криптоустойчивости QR-кодов со скрытым блоком данных различными известными декодерами. Тесты были пройдены успешно. Таким образом, была доказана работоспособность реализованных алгоритмов.

Пример сопоставления приведен на рис. 2. В WinHex сравнивались файлы с двумя разными текстами. Как видно из рис. 2, выделенных черными метками шестнадцатиричных кодов нет.

The figure shows two screenshots of the WinHex application. The top screenshot displays a hex dump for a file named 'Контейнер_co_стега.jpg'. The bottom screenshot displays a hex dump for a file named 'Контейнер.jpg'. Both screenshots show a table with columns for 'Offset' (0-10) and hex values. The data in both screenshots is nearly identical, with a few differences in the values at offsets 03, 04, 05, 06, 07, 08, 09, 0A, 0B, 0C, 0D, 0E, 0F, and 10.

Offset	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10
00000000	FF	D8	FF	E0	00	10	4A	46	49	46	00	01	01	01	00	60	00
00000011	60	00	00	FF	DB	00	43	00	02	01	01	02	01	01	02	02	02
00000022	02	02	02	02	02	03	05	03	03	03	03	06	04	04	03	05	02
00000033	07	06	07	07	07	06	07	07	08	09	0B	09	08	08	0A	08	07
00000044	07	0A	0D	0A	0A	0B	0C	0C	0C	0C	07	09	0E	0F	0D	0C	0E
00000055	0B	0C	0C	0C	FF	DB	00	43	01	02	02	02	03	03	06	03	03
00000066	03	06	0C	08	07	08	0C										
00000077	0C																
00000088	0C																
00000099	0C	0C	0C	0C	0C	FF	C0	00	11	08	02	AA	03	91	03	01	22
000000AA	00	02	11	01	03	11	01	FF	C4	00	1F	00	00	01	05	01	01
000000BB	01	01	01	01	00	00	00	00	00	00	00	00	01	02	03	04	05
000000CC	06	07	08	09	0A	0B	FF	C4	00	B5	10	00	02	01	03	03	02
000000DD	04	03	05	05	04	04	00	00	01	7D	01	02	03	00	04	11	05

Рис. 2. Пример сравнения контейнера со стега (вверху) и пустого контейнера (внизу) с помощью WinHex

Заключение

В работе показано, что сокрытие данных - не в изображении кода, а в собственно QR-коде с возможностью полного восстановления открытого и скрытого сообщений кодами Рида-Соломона отличается от всех известных методов и обладает более высокой криптоустойчивостью.

Разработка может быть применена на практике во многих сферах общественной жизни. Она может упростить работу государственных

служб, в определенной степени автоматизировав документооборот. Также может использоваться при шифровании личных данных студентов и школьников, например, во время проведения государственных экзаменов или олимпиад. Аналогично может применяться для автоматизации почтовых отправок и добавлению к ним дополнительной личной скрытой информации от «адресанта» к «адресату». В промышленности алгоритм может применяться для нанесения специальных скрытых данных об экспортной продукции.

Литература:

1. Грибунин В.Г., Оков И.Н., Туринцев И.В. Цифровая Стеганография. М.: СОЛОН-Пресс, 2002. – 272с. Rotation scale and translation invariant spread spectrum digital image watermarking. IEEE Int. Conf. on Image Processing, 1998. P. 4.
2. Чичварин Н.В. Двухэтапный алгоритм защиты данных в САПР. 3-я Международная научно-техническая конференция «Безопасные информационные технологии – 2013». С130.
3. Чичварин Н.В. Сопоставительный анализ областей применения характерных стеганографических алгоритмов. 3-я Международная научно-техническая конференция «Безопасные информационные технологии – 2012». С 65.
4. Ремизов А.В., Филиппов М.В., Чичварин Н.В. Оценка необнаружимости стеганографических алгоритмов. Труды десятого

международного симпозиума «Интеллектуальные системы», Россия, Вологда. 25-29 июня, 2012, - С.487.

5. Денисов А.В., Волосатова Т.М. Защита проектной документации от несанкционированного доступа. 9 международная конференция «Эффективные методы автоматизации подготовки и планирования производства», сборник трудов, с141-145. М. -2012.

6. Денисов А.В., Волосатова Т.М. Метод сохранения данных с использованием искусственной дефокусировки. 9 международная конференция «Эффективные методы автоматизации подготовки и планирования производства», сборник трудов, М. -2012. с141-145.

7. Чичварин Н.В. – «Стеганографический метод маскирования данных с использованием цифровых голограмм»// 2 сборник тезисов докладов ВНТК «Безопасные информационные технологии. – 2011 – С 11-12.

8. Т.М. Волосатова, Н.В. Чичварин «Исследование и разработка алгоритма защиты проектной документации в CAD/CAM/CAE от несанкционированного доступа» Инженерный журнал: наука и инновации, 2014, вып. 2.

Технический канал утечки по радиоэфиру

МАКОВСКИЙ Александр Николаевич

г. Москва, ГБОУ Лицей №1550, 11 класс

Научный руководитель:

Троицкий Игорь Иванович,

к.т.н., доцент кафедры

«Информационная безопасность»

МГТУ им. Н.Э. Баумана

Проблема утечки информации через побочные электромагнитные излучения (ПЭМИ) с технических устройств, а вместе с тем и потенциальная возможность перехвата этой информации существует ещё с XIX века, когда был обнаружен факт прослушивания телеграфных передач одной сети в телефонных аппаратах другой сети. В дальнейшем выяснилось, что причиной данного явления оказалось улавливание проводами телефонной сети ПЭМИ от телеграфной сети.

В настоящее время существует множество технических средств, которые создают нежелательные ПЭМИ. Одним из них является ПЭВМ, в состав которой входят устройства ввода и вывода информации, такие, как монитор и клавиатура. Эти устройства создают относительно мощное побочное излучение, достаточное для перехвата информации с них.

Целью работы является исследование возможности перехвата ПЭМИ цифровыми методами обработки сигналов. В качестве исследуемого объекта утечки информации была выбрана проводная клавиатура.

Чаще всего для перехвата ПЭМИ используются радиоприёмные устройства (РПУ), которые позволяют настраиваться на интересующую частоту. В данной работе не будет применяться РПУ. Вместо него предполагается использование эффекта аналого-цифрового преобразования – алиасинга (наложение спектра). Основным средством перехвата является аналого-цифровой преобразователь (АЦП) с частотой дискретизации 80МГц и полосой пропускания 250МГц. Так как частота ПЭМИ клавиатуры неизвестна, мы можем лишь предполагать, что она входит в полосу пропускания АЦП. Если это действительно так, то в соответствии с теоремой Котельникова в итоговой полосе 40МГц (половина частоты дискретизации АЦП) будет находиться и ПЭМИ клавиатуры. Тогда мы можем выделить интересующий нас сигнал и произвести его дальнейший анализ.

Все цифровые преобразования возможно организовать полностью программным способом, но часто для увеличения производительности используются специальные микросхемы.

В данной работе используется микросхема так называемого Цифрового Приёмника (DDC) CLC5903, который позволяет настраиваться на заданную частоту с точностью 0,02Гц, имеет на борту каскадный интегрально-гребенчатый фильтр (СIC-фильтр) 5-го порядка с

возможными значениями коэффициента децимации от 8 до 2048, два фильтра с конечной импульсной характеристикой (КИХ-фильтры).

Таким образом, с помощью данного устройства можно настраиваться на любую частоту из полосы 40МГц (половина частоты дискретизации АЦП) и выделять сигнал полосой до 2МГц.

В результате преобразований на выходе устройства получается интересующий сигнал в цифровом комплексном виде. Дальнейшая обработка сигнала (демодуляция сигнала, выделение данных, распознавание скан-кодов символов) осуществляется программным способом.

Поиск компрометирующего излучения осуществляется посредством изучения спектра сигнала, оцифрованного АЦП (рис. 1).

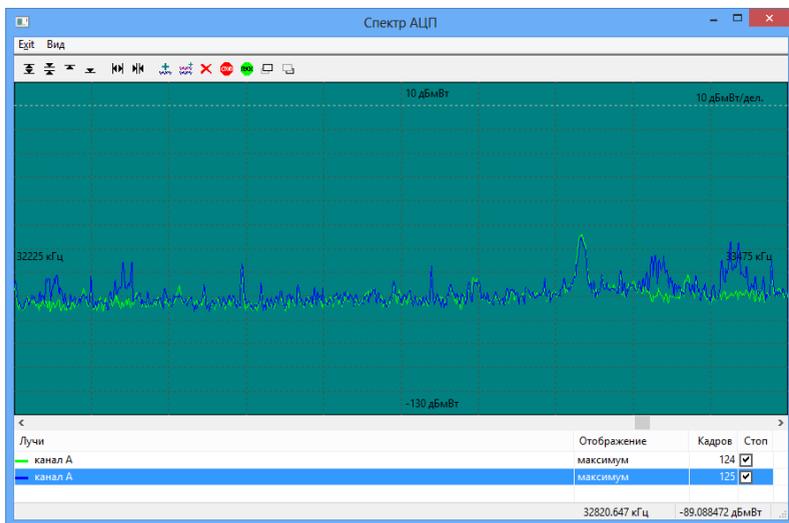


Рис. 1. Спектр с выхода АЦП.

Производится сравнение амплитуд двух выборок: проходимся по всему спектру и ищем превышение амплитуд второй выборки над первой. Если такое условие выполняется, значит, мы нашли частоту, на которой потенциально возможна утечка информации с клавиатуры за счёт побочного излучения, следовательно, добавляем в список числовое значение частоты, на которой это произошло.

Анализ временных реализаций.

Для дальнейшей работы используется другая программа, в которой реализована возможность анализа графиков временных реализаций амплитуд и фаз, а также спектра, полученного после DDC.

На данном этапе производится выделение интересующего сигнала, выявленного на предыдущем шаге, из всей полосы спектра. Для этого используется DDC, который позволяет настроиться на требуемую частоту и отфильтровать сигнал в требуемой полосе. В результате на выходе образуется комплексный сигнал в виде отсчётов I (Re, I, In-Phase - синфазный канал) и Q (Im, Q, Quadrature - квадратурный канал).

Математически комплексный сигнал $S(t)$ можно представить следующим образом:

$$S(t) = Re(t) + iIm(t) \quad (1)$$

$$I(t) = A(t) * \sin(\Phi(t)) \quad (2)$$

$$Q(t) = A(t) * \cos(\Phi(t)) \quad (3)$$

Из формул (2) и (3) следует:

$$A(t) = \sqrt{Re(t) * Re(t) + Im(t) * Im(t)} = \sqrt{I^2(t) + Q^2(t)}$$

$$\Phi(t) = \arctg(Im(t)/Re(t)) + C = \arctg(Q(t)/I(t)) + C,$$

$C = 0$ или π

Таким образом, из отсчётов I и Q вычисляются временные реализации амплитуды (рис. 2), полной фазы (рис. 3) и спектр сигнала (рис. 4).

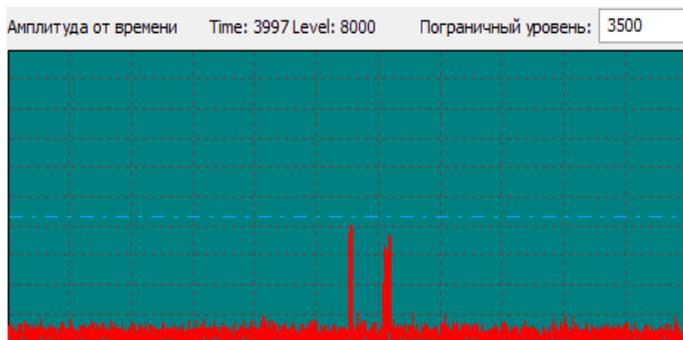


Рис. 2. Временная реализация амплитуды.

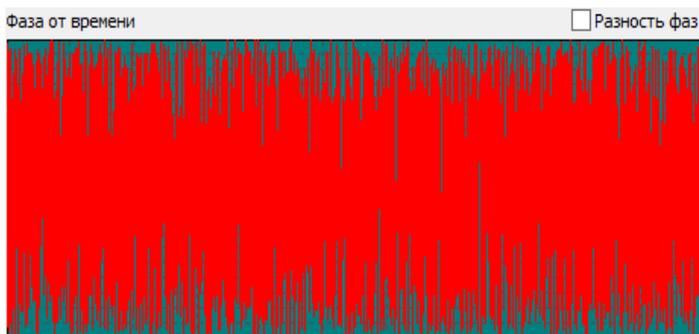


Рис. 3.Временная реализация фазы.

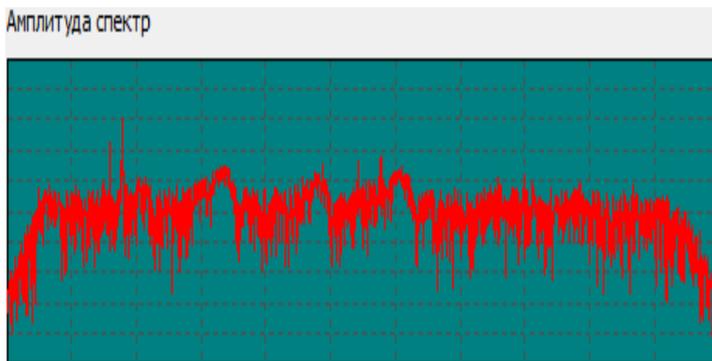


Рис. 4. Спектр с выхода DDC.

Определение битовой скорости.

Для дальнейшего правильного распознавания необходимо определить битовую скорость передачи данных скан-кодов клавиатуры.

Анализируя график амплитуды, подбираем такое значение коэффициента децимации, при котором расстояние в отсчётах между передними фронтами сигнала (длина импульса логического значения – бита) было бы равным на всей выборке (рис. 5) и имело определённое значение N , равное, например, 4.

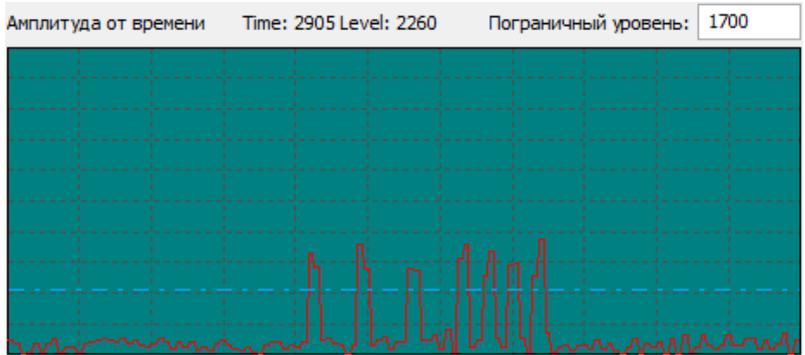


Рис. 5. Полезный сигнал на графике амплитуды.

В таком случае, битовую скорость можно рассчитать по следующей формуле:

$$V_{br} = \frac{F_{ADC}}{dec * 4 * N}$$

где V_{br} – битовая скорость, F_{ADC} – частота дискретизации АЦП, равная 80 МГц, dec – коэффициент децимации СИС-фильтра, N – число отсчётов на бит.

Таким образом, скорость поступления отсчётов от DDC становится кратной битовой скорости.

Выделение полезного сигнала.

Выделение полезного сигнала осуществляется исходя из следующего критерия. Сигнал считается полезным, если на выборке заданной длины он превышает пороговое значение определённое количество раз (рис. 5).

Эта длина рассчитывается на основе длины импульса и размера пакета, передаваемого клавиатурой. Он составляет 11 бит. Таким образом, если на выборке длиной $11 * N$ отсчётов, где N – число отсчётов на один бит, сигнал превышает пороговое значение не менее k раз, то он передаётся на дальнейшую обработку. Началом выборки является отсчёт, значение которого превышает заданный порог.

Детерминирование выделенной части сигнала.

Под процессом детерминирования будем понимать процесс восстановления логических уровней сигнала. Ключевым значением данного сигнала является амплитуда. Как видно на графике (рис. 6), амплитуда, соответствующая одному и тому же логическому уровню, не является постоянной и изменяется на всей выборке.

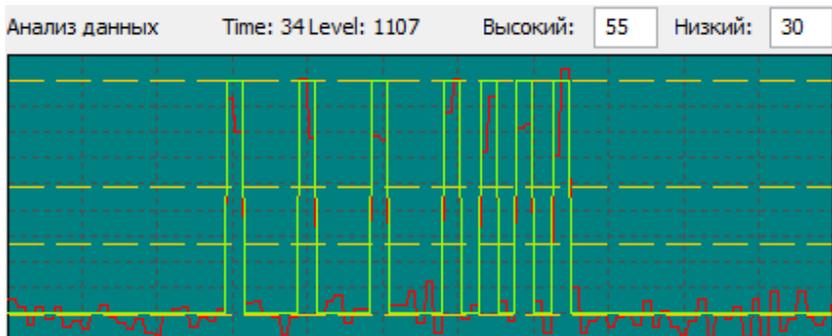


Рис. 6. Детерминированный сигнал.

Это связано с наличием помех, шумов. Для того, чтобы точно производить распознавание, нам нужно чётко определить амплитуду сигнала, соответствующую уровням логического “0” и логической “1”. Процесс детерминирования происходит следующим образом. По

всей поступившей на обработку выборке осуществляется поиск экстремумов (локальных максимумов) на участках выборки, превышающих некоторое заданное пороговое значение. Среднее значение этих локальных максимумов будет соответствовать уровню логической “1”. Уровень логического “0” определяется как среднеарифметическое значений отсчётов, амплитуды которых меньше этого же порогового значения.

Для определения логического уровня каждого из отсчётов выборки будем использовать элемент цифровой логики – полосу неопределённости. Переход из одного уровня в другой сопровождается переходом через полосу неопределённости.

Таким образом, на выходе данного этапа мы имеем обработанный сигнал, который представлен в виде логических уровней “0” и “1”.

Распознавание детерминированного сигнала.

На данном этапе происходит последняя стадия работы с полезным сигналом. При нажатии клавиши на клавиатуре компьютеру отправляется соответствующая информация, представленная следующим образом (рис. 7):

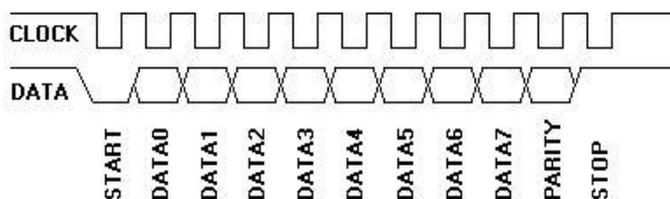


Рис. 7. Протокол PS/2.

Она состоит из 11 бит: стартовый бит (всегда 0), 8 бит данных (порядок LSB), бит чётности, стоповый бит (всегда 1).

После распознавания все биты подлежат инверсии, в соответствии с протоколом PS/2. Условиями правильности распознавания пакета являются: наличие стопового бита и корректность бита чётности. Если все условия выполняются, то с достаточно большой вероятностью 8 бит данных являются скан-кодом одной из клавиш. В дальнейшем эти данные сравниваются со списком всех известных скан-кодов, и если найдено совпадение, то в окне вывода отображаются символ и соответствующий ему скан-код (рис. 8).

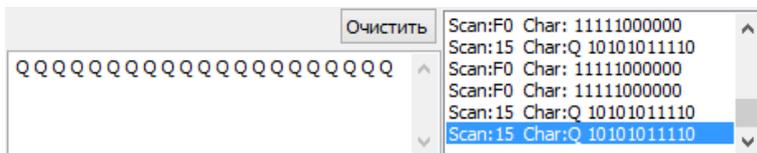


Рис. 8. Окно вывода.

Заключение.

В результате получена система, которая способна обеспечивать перехват побочного излучения проводной клавиатуры с расстояния 1-2 метра даже в условиях сильного загрязнения эфира побочными сигналами, такими как FM-радио, телевидение.

Как показал эксперимент, качество распознавания скан-кода напрямую зависит от отношения сигнал/шум (ОСШ). При достаточно

большом ОСШ наблюдается уверенное распознавание скан-кодов, при малом – возможны ситуации как их пропусков, так и их неверных определений.

Вместе с тем, наличие в эфире различных легальных сигналов снижает вероятность обнаружения ПЭМИ клавиатуры, так как спектры этих сигналов могут перекрывать спектр ПЭМИ клавиатуры. Кроме того, эффект алиасинга ещё больше повышает вероятность такого перекрытия.

На основе вышесказанного можно выделить несколько путей развития системы:

- а) Использовать предусилитель перед входом АЦП и направленную антенну, эффективную для частоты ПЭМИ клавиатуры, с целью увеличения ОСШ;
- б) Использовать полосовые фильтры для уменьшения (устранения) влияния эффекта алиасинга.

Литература:

- 1 Ярочкин В.И. Я76. Информационная безопасность: Учебник для студентов вузов. — М.: Академический Проект; Гаудеамус, 2-е изд.— 2004. — 544 с.
- 2 Побочные электромагнитные излучения и наводки – <http://www.intuit.ru/studies/courses/2291/591/lecture/12702>
- 3 Wim van Eck – Electromagnetic Radiation from Video Display Units: An Eavesdropping Risk? – Computers & Security:

- журнал. — Elsevier Advanced Technology Publications, 1985. — Vol. 4, fasc. 4. — P. 269—286. — ISSN 01674048
- 4 Перов А. И. Статистическая теория радиотехнических систем. — М.: Радиотехника, 2003. — 400 с. — ISBN 5-93108-047-3.
 - 5 Амплитудная модуляция –
<http://www.dsplib.ru/content/am/am.html>
 - 6 Сигналы с угловой модуляцией –
<http://www.dsplib.ru/content/pmfm/pmfm.html>
 - 7 Полосовые радиосигналы. Комплексная огибающая и универсальный квадратурный модулятор –
<http://www.dsplib.ru/content/quadmod/quadmod.html>
 - 8 Выделение комплексной огибающей полосового радиосигнала. Квадратурный гетеродин –
<http://www.dsplib.ru/content/quadosc/quadosc.html>
 - 9 Steven W. Smith. The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing, 1997. – 640 с.
 - 10 Лукин А. С. Введение в цифровую обработку сигналов (математические основы) – Учебное пособие Факультета ВМК МГУ, 2007. - 54 с.
 - 11 CLC5903 Dual Digital Tuner Datasheet –
<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/clc5903.pdf>
 - 12 LTC2206 16-bit, 80MSPS ADC Datasheet –
<http://cds.linear.com/docs/en/datasheet/22076fc.pdf>

Разработка оптической системы для лазерной аддитивной технологии

*ЧОБАН Татьяна Васильевна,
г. Москва, ГБОУ СОШ №2109, 11 класс*

*Научный руководитель:
Ширанков Александр Фёдорович
к.т.н., начальник отдела НИИРЛ
МГТУ им. Н.Э. Баумана*

На сегодняшний день услуги по лазерной обработке различных материалов чрезвычайно востребованы. Именно лазерные аддитивные технологии считаются самыми современными и передовыми в области обработки материалов и изготовления деталей. Они могут быть использованы в машиностроении, медицине, приборостроении, оптической связи и других областях науки и техники, как для обработки, так и для создания различных изделий и макетов с целью изучения и подтверждения эффективности различных технических решений [1].

Процесс изготовления деталей с помощью аддитивных технологий заключается в компьютерном трёхмерном моделировании образцов, программировании системы управления оборудования и формировании изделий с применением различных материалов. Ключевой элемент аддитивной технологии, значительно их

улучшающий, - это использование лазерного излучения с возможностью перестраивать размер сфокусированного лазерного пятна.

При этом, во многих случаях при наплавлении или обработке материала, необходимо иметь возможность изменять диаметр лазерного пучка в заданной плоскости установки, что значительно упрощает работу и повышает эффективность аддитивных технологий. Причем предельные возможности лазерных аддитивных технологий определяются не только наличием высокомоощного лазера, но и конструкцией лазерной оптической системы (ЛОС), оптимальные параметры которой должны быть рассчитаны по теории лазерных пучков с учётом свойств лазера.

В настоящее время нет адекватной методики расчета конструктивных параметров лазерных оптических систем, позволяющих изменять диаметр рабочего лазерного пучка в текущей плоскости наплавления материала для аддитивной технологии.

Цель работы – разработка методики и алгоритма расчета оптимальных конструктивных параметров одно- (1К) и двухкомпонентных (2К) ЛОС, позволяющих изменять диаметр выходного лазерного пучка (ЛП) в требуемое число раз в заданной плоскости наплавления материала выращиваемой детали.

Для расчета параметров 1К и 2К ЛОС применены формулы, приведенные в [2].

Основные формулы для однокомпонентной (1К) ЛОС:

$$\alpha = \frac{f^2}{(z_p^2 + z_k^2)}; \quad h' = \sqrt{\frac{I_{\text{лаз}}(z_k'^2 + \Delta z_p'^2)}{z_k'}}; \quad d = f - z_p, \quad d' = f' + z_p', \quad L = d + d';$$

$$h'_p = h_p \sqrt{\alpha}; \quad z'_p = \alpha z_p; \quad z'_k = \alpha z_k; \quad D_{cv} = 2K_d h_p \sqrt{(1 + (f - z_p)^2 / z_k^2)};$$

$$N_d = \frac{f}{D_{cv}}; \quad J = h_p \sin \theta_p = \frac{h_p^2}{z_k} = z_k \sin^2 \theta_p = M^2 \lambda / \pi$$

Основные формулы для двухкомпонентной (2К) ЛОС: $\alpha = \frac{f_2^2}{f_1^2}$;

$$P = \frac{\Delta^2(z_p^2 + z_k^2)}{f_1^4} + \frac{2\Delta \cdot z_p}{f_1^2} + 1; \quad \Delta = \alpha_1 \left(-z_p + \text{sign} \sqrt{P z_p^2 + z_k^2 (P - 1)} \right);$$

$$L = 2(f_1 + f_2) - z_p(1 + \alpha_1) + \text{sign}(\alpha + \alpha_1) \sqrt{P(z_p^2 + z_k^2) - z_k^2};$$

$$\alpha_1 = \frac{f^2}{(z_p^2 + z_k^2)};$$

Для изменения диаметра выходного пучка на заданном удалении от лазера нужно изменять дефокусировку (z_p) компонента системы относительно входной перетяжки лазера.

На первом этапе исследования было установлено, что в 1К ЛОС (рис. 1) решение возможно в случае формирования в плоскости установки произвольного сечения ЛП, но не его перетяжки. В 2К ЛОС (рис. 2) конструктивных параметров намного больше (Δ, z_p, f_1, f_2, L). Это позволило обеспечить изменение размера именно выходной перетяжки в заданной плоскости. Для 2К ЛОС был получен закон перемещения компонентов системы $d_2(d_1)$, обеспечивающий

формирование лазерного пучка с переменным диаметром перетяжки на заданном удалении от лазера (рис. 3).

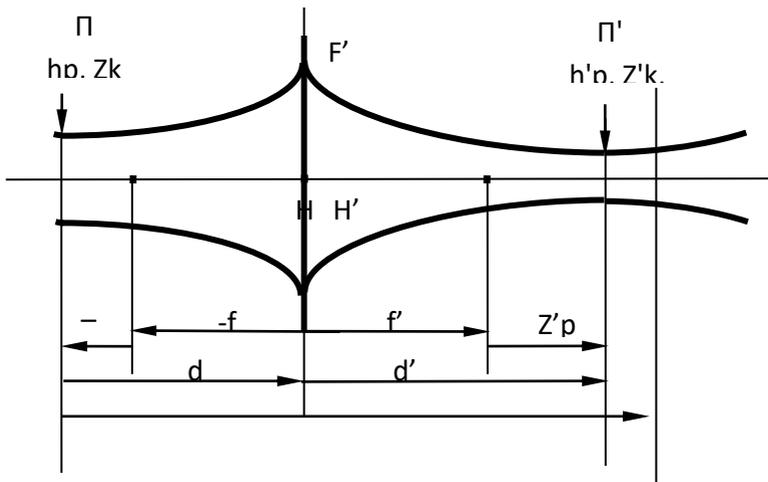


Рис. 1. Однокомпонентная ЛОС

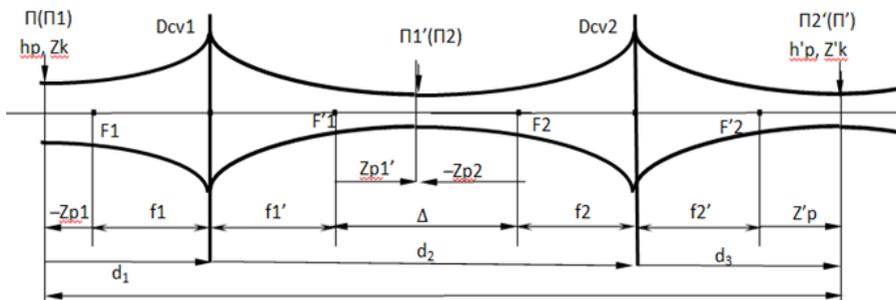


Рис. 2. Двухкомпонентная ЛОС

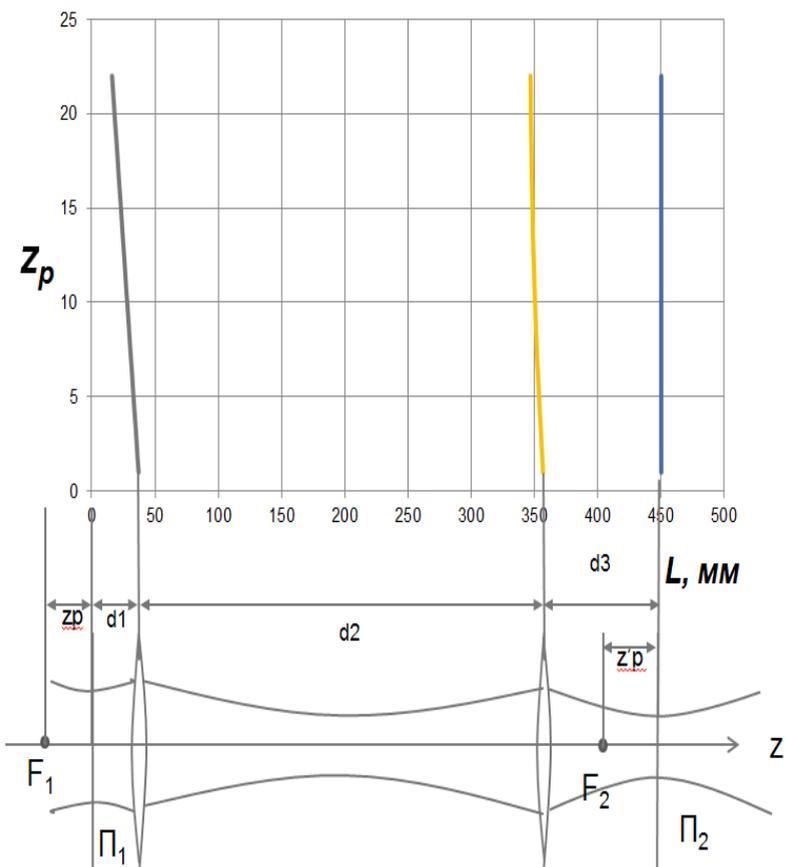


Рис. 3. Закон перемещения компонентов 2К ЛОС для обеспечения изменения диаметра ЛП в заданной плоскости

В ходе исследования второго этапа были разработаны детальные методики расчета 1К и 2К ЛОС для изменения диаметра выходного лазерного пучка в заданной плоскости для следующих исходных данных:

- параметры лазера: $\lambda=1,07$ мкм; $h_p=0,10$ мм; $M_2=1,50$
- $K_d=2,5$; $z_{k0}=29,4$ мм
- Переменные: f' ; h'_{pmin}

Методика расчёта для 1К ЛОС:

1. Рассчитываем первоначальное продольное увеличение ближней зоны входного пучка α_0 . Из него находим исходные значения дефокусировки входной и выходной перетяжки: z_{p0} , z'_{p0} . Затем рассчитываем исходное расстояние от перетяжки входного пучка (от лазера) до компонента системы, от компонента системы до перетяжки выходного пучка, а также исходную длину оптической системы d_0 , d'_0 , L_0 . Далее организуем цикл по изменению положения компонента системы с заданным шагом - Δz_p .

2. Находим текущие параметры ЛП: $(\alpha, z_p, z'_p, z'_k, h')$, положение входной и выходной перетяжек относительно компонента (d, d') , длину ЛОС (L) , её изменение (ΔL) , а также D_{cv}, N_d .

3. Вычисляем коэффициент изменения диаметра выходного пучка относительно исходной выходной перетяжки: $K_h = h'/h'_{pmin}$.

4. Производим проверку физической реализуемости: $d > 0$, $d' > d'_{зад}$; $D_{cv} < D_{cvmax}$ а также по параметру K_h .

Методика расчёта для 2К ЛОС:

Представлено соотношение для текущей длины 2К ЛОС, откуда видно, что L текущая является функцией от следующих конструктивных параметров ЛОС:

$$L_T = 2(f_1 + f_2) - z_p(1 + \alpha_1) + \text{sign}\left(\frac{f_1 f_2}{P} + \alpha_1\right) \sqrt{P(z_p^2 + z_k^2) - z_k^2},$$

т. е. L_T = функция (K, z_p, P), $K - f_1, f_2, L_0$.

1. Задавая f_1, f_2, L_0 и организовав цикл по z_p , решаем кубическое уравнение. Находим 1 или 3 корня P и выбираем один для дальнейшего решения.

2. Рассчитываем конструктивные параметры 2К ЛОС:

$$\Delta = \alpha_1 \left(-z_p + \text{sign} \sqrt{P z_p^2 + z_k^2 (P - 1)} \right), \quad \text{причём если}$$

$P z_p^2 + z_k^2 (P - 1) < 0$, то переходим на следующий шаг цикла по z_p

$$z'_p = \alpha \left(z_p + \frac{\Delta}{\alpha_1} \right);$$

$d_1 = f_1 - z_p; d_2 = f_1 + f_2 + \Delta; d_3 = f_2 + z'_p$; Если $d_2 < 0$ или $d_3 < d'_{\min}$, то при этом P ЛОС не компоуется.

$$h'_p = h_p \sqrt{\alpha}; z'_k = \alpha z_k$$

$$H_{1cv} = K_d \cdot h_{ор1}; \quad H_{2cv} = K_d \cdot h'_{ор2}; \quad N_{d1} = f_1 / 2H_{1cv};$$

$$N_{d2} = f_2 / 2H_{2cv}$$

Отбор решений по условию $h'_p \geq h'_{p\min}$ и $h'_p \leq h'_{p\max}$

Для определения оптимальных параметров ЛОС вводим целевую функцию:

$$F_z = \frac{p_1 \Delta z_{\text{ртреб}}}{Z_m} + \frac{p_2 L_0}{L_m} + \frac{p_3}{N_{\text{dmin}}} + \frac{p_4 \Delta h'_{\text{рдеф}}}{H_m}$$

- p_1, p_2, p_3, p_4 - веса слагаемых целевой функции для учета специфики данной задачи в результате исследований определены:
$$p_1 = 1, p_2 = 0,5, p_3 = 50, p_4 = 1$$
- Z_m, L_m, H_m - размерные масштабы. Выбираем их значения:
$$Z_m = 150, L_m = 100, H_m = 1.$$
- $\Delta z_{\text{ртреб}}$ - необходимая величина перемещения компонента ЛОС для обеспечения требуемого изменения размера пучка.
- L_0 - заданная величина расстояния от лазера до плоскости формируемого пятна.
- N_{dmin} - минимальное значение диафрагменного числа компонента во всем диапазоне перемещений $\Delta z_{\text{ртреб}}$.

$\Delta h'_{\text{рдеф}}$ - приращение полу диаметра перетяжки выходного пучка из-за неточности установки плоскости обработка на заданном расстоянии $L_{\text{зад}}$.

В качестве примера работы методики и алгоритма приведены варианты расчета параметров 1К и 2К ЛОС для заданного лазера и следующих исходных данных и ограничениях на ЛОС:

$$\lambda = 1.070 \text{ мкм}, h_p = 0.100 \text{ мм}, z_{k0} = 29.4 \text{ мм};$$

U_{gr} (по ур. $J=1/e^2$) = 0.195;

$J=0.341$ мкм; $M2=1.50$; $K_d=2,50$; $h'_{\text{треб}}$: 0.250E-01 мм; $K_h=7.90$

Ограничения на ЛОС:

$D_{cvmax}=10.00$; $S_{pmin}=1.00$; $L_{задmax}=280.0$ мм

Для каждого варианта в 1К ЛОС приведены значения начальной дефокусировки входного пучка, длины ЛОС, величины требуемого перемещения компонента в зависимости от направления, значения диафрагменных чисел, световых диаметров, коэффициенты изменения диаметра выходного пучка, а также значение целевой функции для перемещения компонента соответственно влево и вправо (табл. 1).

Для каждого из трех вариантов расчёта 2К ЛОС представлены значения длины ЛОС и величины требуемого перемещения, минимальное значение положения выходной перетяжки относительно 3-го компонента, максимальные и минимальные значения диафрагменных чисел и световых диаметров компонентов, значения величины выходной перетяжки и коэффициента изменения её диаметра в заданной плоскости, а также значение целевой функции (табл. 2-4).

Наилучшее решение с наименьшим значение целевой функции выделено красным.

Таблица 1. Результат расчета для 1К ЛОС

f_1	h'_{pmin}	z_{po}	L_0	$\Delta z_{\text{трреб}}$ влево – вправо	N_d влево – вправо	D_{cv} влево–вправо	Kh	Fz
10.0	0.025	-27.2	48.9	11.50-18.00	10.33 - 12.40	0.97-0.81	7.6 - 8.0	13.0.- 11.5
15.0	0.025	-52.3	85.6	12.50-21.00	10.36 - 11.99	1.45-1.25	7.9 - 8.1	13.1- 11.8
20.0	0.025	-74.4	119.1	13.00-20.00	10.55 - 11.88	1.90-1.68	7.9 - 8.1	13.1- 12.1
25.0	0.025	-95.6	151.6	13.50-19.00	10.69 - 11.83	2.34-2.11	8.0 - 8.1	13.2- 12.3
30.0	0.025	-116.4	183.6	13.50-18.00	10.84 - 11.80	2.77-2.54	7.8 - 7.9	13.3- 12.5
35.0	0.025	-136.9	215.4	14.00-17.50	10.92 - 11.79	3.20-2.97	8.0 - 7.9	13.3- 12.7
40.0	0.025	-157.3	247.1	14.00-17.50	11.01 - 11.78	3.63-3.40	7.9 - 8.0	13.4- 12.9
45.0	0.025	-177.6	278.7	14.00-17.00	11.08 - 11.77	4.06-3.82	7.8 - 7.9	13.6- 13.1

$f_1 = 50.0$ $L_0 = 310.2 > L_{\text{задmax}}$

Таблица 2. Первый вариант расчета для 2К ЛОС

$f_1 = 40.00$ мм; $f_2 = 35.00$ мм

L	$\Delta z_{\text{трреб}}$	d_{3min}	$N_{d1.2min}$	$D_{cv1.2max}$	$h'_{p min, max}$	Kh	Fz
200.0	104.40	2.53	21.7 - 11.8	1.85 - 2.98	0.027 - 0.204	7.69	8.5
210.0	116.00	2.08	19.6 - 10.9	2.04 - 3.21	0.024 - 0.238	9.90	8.7
220.0	127.60	1.82	17.9 - 10.2	2.23 - 3.44	0.022 - 0.272	12.34	9.1
230.0	139.20	1.50	16.5 - 9.6	2.42 - 3.66	0.020 - 0.306	15.03	9.7
240.0	150.80	1.06	15.3 - 9.0	2.62 - 3.88	0.019 - 0.340	17.96	10.4
250.0	160.47	2.25	14.4 - 8.5	2.78 - 4.10	0.018 - 0.368	20.82	11.3
260.0	172.07	1.57	13.5 - 8.1	2.97 - 4.32	0.017 - 0.402	24.22	12.3
270.0	181.73	2.58	12.8 - 7.7	3.13 - 4.54	0.016 - 0.431	27.51	13.4
280.0	193.33	1.70	12.0 - 7.4	3.33 - 4.76	0.015 - 0.465	31.38	14.7

Таблица 3. Второй вариант расчета для 2К ЛОС

$$\underline{f_1 = 45.00 \text{ мм}; f_2 = 40.00 \text{ мм}}$$

L	$\Delta z_{\text{треб}}$	$d_{3\text{min}}$	$N_{d1,2\text{min}}$	$D_{cv1,2\text{max}}$	$h'_{p\text{min,max}}$	\underline{Kh}	\underline{Fz}
230.0	121.93	2.00	21.1 - 11.9	2.14 - 3.36	0.027 - 0.244	9.14	8.4
240.0	133.73	1.83	19.3 - 11.2	2.33 - 3.58	0.025 - 0.279	11.38	8.6
250.0	145.53	1.62	17.8 - 10.5	2.53 - 3.80	0.023 - 0.314	13.82	9.0
260.0	157.33	1.27	16.5 - 10.0	2.73 - 4.02	0.021 - 0.349	16.47	9.5
270.0	167.17	2.50	15.6 - 9.5	2.89 - 4.23	0.020 - 0.379	19.05	10.1
280.0	178.97	1.85	14.6 - 9.0	3.09 - 4.45	0.019 - 0.414	22.11	10.7

Таблица 4. Третий вариант расчета для 2К ЛОС

$$\underline{f_1 = 67.00 \text{ мм}; f_2 = 62.00 \text{ мм}}$$

L	$\Delta z_{\text{треб}}$	$d_{3\text{min}}$	$N_{d1,2\text{min}}$	$D_{cv1,2\text{max}}$	$h'_{p\text{min,max}}$	\underline{Kh}	\underline{Fz}
190.0	147.93	39.52	26.1 - 24.5	2.57 - 2.53	0.027 - 0.219	8.03	6.4
200.0	158.50	37.96	24.4 - 22.9	2.75 - 2.70	0.025 - 0.213	8.50	6.7
210.0	169.07	36.13	22.9 - 21.6	2.92 - 2.88	0.023 - 0.206	8.86	7.1
220.0	169.07	33.94	22.9 - 24.2	2.92 - 2.56	0.025 - 0.196	7.85	7.0

На основании проведённых исследований получены следующие результаты:

1. Разработана методика и алгоритм для расчета оптимальных габаритных и конструктивных параметров 1К и 2К ЛОС, позволяющих изменять диаметр выходного пучка в требуемое число раз в заданной плоскости.

2. Для повышения эффективности методики расчета ЛОС введена целевая функция, которая позволяет учитывать специфику условий решения конкретной задачи. Организован перебор параметров ЛОС и определено их сочетание с минимальным значением целевой функции.

3. При выбранных параметрах целевой функции наилучший результат дает 2К ЛОС при следующих габаритных параметрах компонентов: $f_1 = 67.00$ мм; $f_2 = 62.00$ мм.

Литература:

1. Чобан Т.В. Разработка оптической системы для лазерной обработки материалов // «Сборник аннотаций (Том 1) восемнадцатой научной конференции молодых исследователей «Шаг в будущее, Москва». М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. - С. 208-209.
2. Пахомов И.И., Цибуля А.Б. Расчет оптических систем лазерных приборов. М.: Радио и связь, 1986. 152 с.

Разработка алгоритма цветовой коррекции изображений биомедицинских препаратов

ОЛЬХОВАЯ Елизавета Дмитриевна

г. Москва, ГБОУ Пушкинский лицей № 1500, 11 класс

Научный руководитель:

Добролюбова Дарья Александровна,

*аспирант кафедры «Биомедицинские
технические системы»*

МГТУ им. Н.Э. Баумана

В настоящее время широко внедряются автоматизированные системы для микроскопических исследований биомедицинских препаратов. Внедрение таких систем повышает точность микроскопического исследования, снижает нагрузку на врачей.

Результаты автоматизированных исследований зависят от цветовых особенностей регистрируемых изображений. Например, в онкологии важно определять интенсивность окрашивания ядер клеток коричневым красителем. Такое окрашивание помогает врачу определить, будет ли в будущем эффективна гормональная терапия при лечении опухолей органов эндокринной и репродуктивной систем. В данной работе для исследования используются изображения препарата рака молочной железы.

В автоматизированных системах для микроскопических исследований на цвет регистрируемых изображений оказывают влияние параметры осветительной системы микроскопа, а также характеристики и настройки цифровой камеры. Поэтому перед проведением автоматизированного анализа необходимо проводить цветовую калибровку таких систем. Цветовая калибровка позволит определить параметры для последующей коррекции цвета изображений.

В данной работе предложен алгоритм цветовой коррекции изображений биомедицинских препаратов, основанный на применении цветных калибровочных мер. В качестве калибровочной меры использовался набор цветных оптических стекол с известными спектральными и цветовыми характеристиками (число стекол в наборе – 31) [1].

Для создания алгоритма из научно-технической литературы было выбрано три метода коррекции (калибровки) [2] и выполнено их сравнительное исследование.

Уравнения коррекции для выбранных методов представлены в таблице 1. В таблице указаны RGB-координаты с индексом «1» – это RGB-координаты пикселя, зарегистрированные при помощи камеры; RGB-координаты с индексом «2» – RGB-координаты пикселя после коррекции; a_{ij} – коэффициенты уравнений коррекции, определяемые при помощи калибровочной меры.

Общая суть методов, использующих калибровочную меру, заключается в определении коэффициентов a_{ij} по зарегистрированным

изображениям меры, для которой известны действительные значения RGB-координат. После определения a_{ij} выполняется коррекция изображений биомедицинских препаратов, зарегистрированных в тех же условиях (освещение, настройки камеры), что и калибровочная мера.

Таблица 1. Методы и уравнения коррекции.

№	Метод коррекции	Уравнение коррекции
1	Комбинацией 1-ой степени	$\begin{cases} R_2 = a_{11} \cdot R_1 + a_{12} \cdot G_1 + a_{13} \cdot B_1 \\ G_2 = a_{21} \cdot R_1 + a_{22} \cdot G_1 + a_{23} \cdot B_1 \\ B_2 = a_{31} \cdot R_1 + a_{32} \cdot G_1 + a_{33} \cdot B_1 \end{cases}$
2	Полиномами 2-ой степени	$\begin{cases} R_2 = a_{11} \cdot R_1^2 + a_{12} \cdot R_1 + a_{13} \\ G_2 = a_{21} \cdot G_1^2 + a_{22} \cdot G_1 + a_{23} \\ B_2 = a_{31} \cdot B_1^2 + a_{32} \cdot B_1 + a_{33} \end{cases}$
3	Комбинацией 3-ей степени	$\begin{cases} R_2 = a_{11} \cdot R_1 + a_{12} \cdot G_1 + a_{13} \cdot B_1 + a_{14} \cdot R_1 \cdot G_1 \cdot B_1 + a_{15} \\ G_2 = a_{21} \cdot R_1 + a_{22} \cdot G_1 + a_{23} \cdot B_1 + a_{24} \cdot R_1 \cdot G_1 \cdot B_1 + a_{25} \\ B_2 = a_{31} \cdot R_1 + a_{32} \cdot G_1 + a_{33} \cdot B_1 + a_{34} \cdot R_1 \cdot G_1 \cdot B_1 + a_{35} \end{cases}$

Коэффициенты уравнений коррекции находятся при помощи следующей формулы:

$$\mathbf{A} = \left[\left(\tilde{\mathbf{C}}_{in}^T \cdot \mathbf{C}_{in} \right)^{-1} \cdot \tilde{\mathbf{C}}_{in}^T \cdot \tilde{\mathbf{C}}_{out}^T \right]^T,$$

где \mathbf{A} – матрица коэффициентов уравнений коррекции,

\mathbf{C}_{in} – массив зарегистрированных координат меры (3×31),

\mathbf{C}_{out} – массив действительных значений (3×31).

Сравнительное исследование выполнялось на базе данных, включающей изображения цветных оптических стёкол и биомедицинских препаратов, зарегистрированных при разных условиях с помощью микроскопа Meiji Techno с увеличением объектива 20X и камеры PixeLINK. Различные условия достигались варьированием настроек камеры и освещенности.

В качестве критерия для сравнительного исследования был выбран показатель цветовых отличий, определяемый по серии изображении цветных оптических стекол [3]:

$$\Delta E_{ab} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \sqrt{(L_{2i} - L_{1i})^2 + (a_{2i} - a_{1i})^2 + (b_{2i} - b_{1i})^2},$$

где L_1 , a_1 , b_1 – действительные координаты стекол в цветовом пространстве Lab,

L_2 , a_2 , b_2 – координаты стекол после коррекции в цветовом пространстве Lab,

N – число стекол в калибровочной мере ($N = 31$).

Результаты исследования приведены в таблице 2.

По данным результатам было решено, что алгоритм коррекции комбинацией третьей степени наилучшим образом подходит для коррекции изображений биомедицинских препаратов, так как имеет наименьшее значение показателя цветового отличия для двух серий изображений.

Таблица 2. Результаты сравнительного исследования.

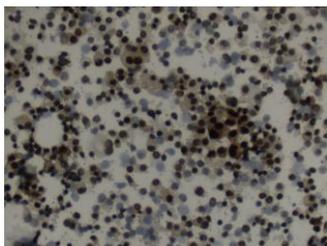
Номер метода	Серия изображений	Показатель цветового отличия ΔE_{ab} , отн.ед.
1	1 серия	6,04
1	2 серия	5,55
2	1 серия	6,75
2	2 серия	6,15
3	1 серия	5,92
3	2 серия	5,51

На основе выбранного метода коррекции в среде Matlab был разработан алгоритм цветовой коррекции биомедицинских изображений, использующий калибровочные меры. В данном алгоритме производится пиксельная коррекция изображения, то есть цветовые координаты R, G, B каждого пикселя умножаются на коэффициенты в соответствии с выбранным методом коррекции – метод коррекции комбинациями 3-ей степени.

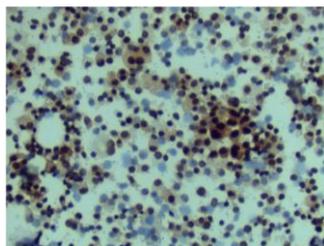
Работа алгоритма была визуально оценена на двух сериях изображений препаратов рака молочной железы, зарегистрированных при тех же условиях, при которых регистрировались цветные оптические стекла. Результаты коррекции представлены на рисунке 1.

После коррекции изображения приобретают одинаковый голубоватый оттенок, соответствующий стандартному источнику D65, который был выбран в качестве идеального источника света при определении действительных RGB-координат цветных оптических

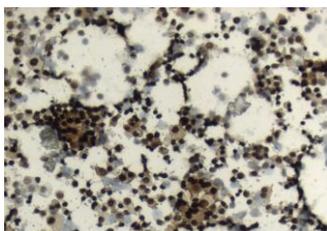
стекло. Это является доказательством того, что разработанный алгоритм работает.



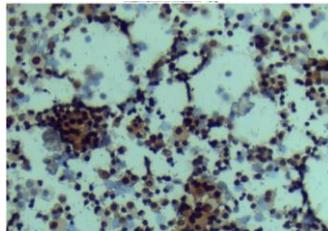
*Изображение из первой серии
до коррекции*



*Изображение из первой серии
после коррекции*



*Изображение из второй
серии до коррекции*



*Изображение из второй серии
после коррекции*

Рис. 1. Пример работы алгоритма цветовой коррекции изображений биомедицинских препаратов.

Таким образом, в результате работы над проектом был разработан алгоритм цветовой коррекции изображений биомедицинских препаратов, устраняющий влияние осветительной системы микроскопа, спектральных характеристик и настроек камеры.

Литература:

1. Источники света для измерения цвета. Типы. Технические требования. Маркировка. ГОСТ 7721-89 / под ред. В.М. Лысенкина. М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1989 г.

2. Кравцова Т.А., Добролюбова Д.А., Самородов А.В. Сравнительное исследование методов цветовой коррекции изображений для задач цветовой калибровки автоматизированных комплексов микроскопии биомедицинских препаратов // Наука и образование: электронное научно-техническое издание. 2016. № 2.

3. Домасёв М.В. Цвет, управление цветом, цветовые расчеты и измерения / под ред. И.В. Пеновой. Санкт-Петербург, 2007 г.

Устройство, очищающее иллюминаторы

АБУЗАРОВА Екатерина Артемовна

г. Челябинск, МАОУ СОШ №130, 8 класс

Научный руководитель:

Назаров Алексей Владимирович,

зам. директора по НИР,

МАОУ СОШ №130, г. Челябинск

Иллюминатор космического аппарата обеспечивает работу оптического прибора или визуального наблюдения. Для этого он должен иметь соответствующий диапазон и уровень пропускания и отражения электромагнитного излучения. Изначально рассчитывалось, что космонавт будет управлять кораблем, исходя из того, что ему видно.

Иллюминатор устроен просто: два или три слоя стекла (от 80 до 490 мм) закрепляются на обойме из титанового или алюминиевого сплава. Перед стартом пространство между слоями заполняют сухим воздухом или сухим азотом. На стекле распыляется слой фотохрома или специальные светоотделительные покрытия, не пропускающие ультрафиолет и вредное излучение.

При длительной эксплуатации иллюминаторов на борту космического аппарата возрастает вероятность их повреждения. На

внешней поверхности стекол под воздействием микрометеоритов, космической пыли и мусора образуются кратеры, выемки, царапины различных размеров и форм. Мусора и грязи скапливается более чем достаточно, чтобы нарушить работу бортовой фотоаппаратуры.

Цель работы - создание защищающего и очищающего иллиминаторы устройства. Одним из решений этой проблемы являются уже существующие ныне изобретения. Анализируя их, необходимо выявить недостатки, а также разработать новый вариант очищающего иллиминаторы устройства.

Существуют защитные крышки для зеркал телескопов и иллиминаторов, установленных на борту космической станции "МКС". Их недостаток заключается в том, что они защищают стекла только в нерабочем состоянии.

Прозрачное многослойное покрытие, разработанное томскими учеными, обладает высокой релаксационной способностью, что позволяет защитить стекло от ударов высокоскоростных твердых микрочастиц. Его недостатком является то, что очистку иллиминатора от пыли оно не воспроизводит.

Существует еще одно устройство, содержащее установленный соосно иллиминатору постоянный кольцевой магнит с осевой намагниченностью, создающий поле, ослабленное в районе апертуры и усиленное к периферии, благодаря чему снижается интенсивность бомбардировки иллиминатора частицами. Частицы обладают собственным магнитным полем, намагничиваются от кольцевого

магнита или электризуются под действием космической среды и отклоняются в этих случаях от центра иллюминатора к его периферии. Это изобретение имеет тот же недостаток, что и вышеописанное устройство томских ученых.

Таким образом, в результате анализа существующих путей решения было определено, что оптимальным вариантом решения проблемы является создание устройства, состоящего из варьирующегося количества слоев пленки. Был взят прототип иллюминатора, закрепленный между двумя листами дерева. Пространство между фанерами было заполнено теплоизоляционным материалом. Все необходимые материалы заменили на легкодоступные материалы, аналогичные по своему внешнему виду. На иллюминатор было наклеено 3 слоя самоклеющейся полиэтиленовой пленки. Количество слоев определяется опытным путем, пока обеспечивается достаточная прозрачность иллюминатора. Накладываемое количество слоев зависит от выполняемых иллюминатором задач. По мере необходимости слои будут удаляться один за другим автоматически или вручную космонавтами во время выхода в открытый космос. На время старта иллюминаторы закрываются крышкой для безопасности. После вывода космического корабля на орбиту космонавт снимает защитную крышку. С этого момента начинается эксплуатация иллюминатора. Как только иллюминатор загрязняется, космонавт при очередном выходе в открытый космос снимает загрязненный слой. Данное устройство

должно повысить эксплуатационные характеристики космических аппаратов в части фото и видеонаблюдения (рис. 1).

При выборе материала защитного элемента очень важно учитывать не только физические характеристики материала, но и его оптические свойства. В процессе изучения всех материалов, соответствующих по параметрам, был выбран акрил как самый подходящий по физическим характеристикам. Акриловый материал обеспечивает большую прочность, легкость, морозо- и влагоустойчивость, прозрачность. Вполне возможно создание нового, композиционного материала, более подходящего по своим техническим характеристикам.

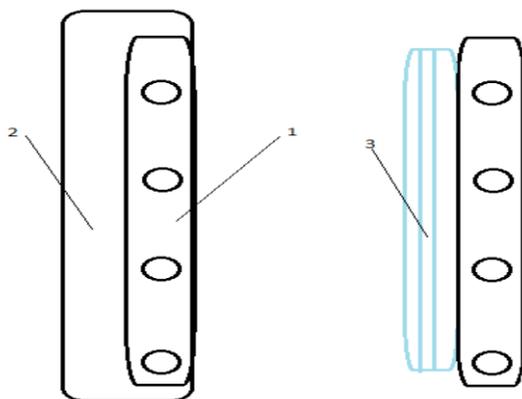


Рис. 1. Схема предлагаемого устройства: 1 - металлическое кольцо, 2 - защитная крышка, 3 - слои пленки.

Недостатком данного устройства является количество слоев. Большое количество слоев может ухудшить светопрозрачность и оптические свойства иллюминатора. Однако, если слоев пленки будет

мало, устройство не сможет эксплуатироваться достаточно долгое время. Для этого необходимо создание сменных блоков, но их проектирование и изготовление в данный момент довольно затруднительно. Эта проблема может стать основой для следующей научной работы.

Литература:

1. Собираемая информация об иллюминаторах - <http://www.sunhome.ru/journal/125924>
2. Статья Марии Горынцевой, «НВС» - <http://www.ict.nsc.ru/win/elbib/hbc/hbc.phtml?10+586+1>
3. «Стеклянный взгляд самолетов» - <http://cosmopark.ru/glass.htm>

Разработка системы управления четырёхмоторного подводного робота дифференциального типа

СЕВАСТЬЯНОВ Иван Витальевич,

г. Балашиха, МБОУ «Школа № 27», 9 класс

Научный руководитель:

Катунин Андрей Владимирович,

педагог Центра дополнительного

образования «Истоки», г. Балашиха.

Ребята клуба юных техников часто принимают участие в скоростных соревнованиях по судомодельному спорту на открытых водоёмах. Иногда модели тонут из-за столкновений и ошибок спортсменов. Найти утонувшую скоростную модель бывает очень сложно. Основной проблемой является обширная зона поиска модели на дне.

Для решения проблемы был создан недорогой робот для поиска затонувших моделей. С его помощью оператор на экране ноутбука может осматривать дно водоёма через обычную web-камеру. Робот имеет четыре мотора (рис. 1). Каждый мотор через редуктор вращает свой ходовой винт.



Рис. 1. Робот для поиска затонувших моделей.

При создании робота самой интересной и сложной была разработка системы управления. Для реализации всех способов движения устройства понадобилась система управления с двумя джойстиками. Один джойстик отвечает за перемещения робота в горизонтальной плоскости, другой – в вертикальной (рис. 2).

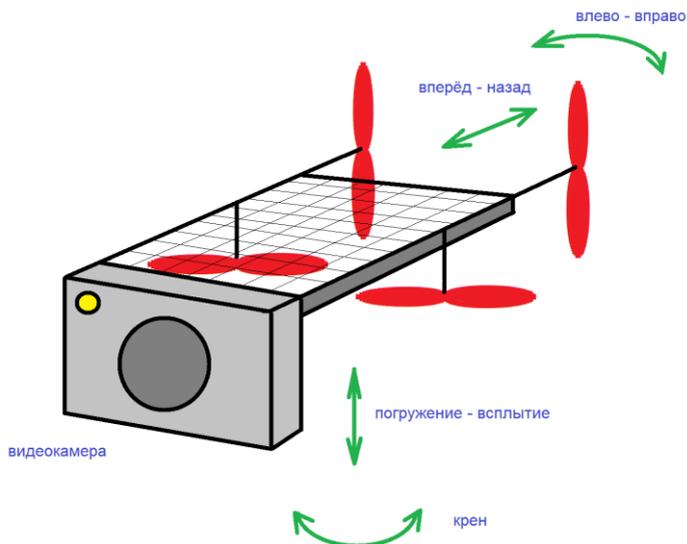


Рис. 2. Схема дифференциального управления четырёхмоторного подводного робота.

Дифференциальное управление для колёсного робота (танковое управление, бортовая схема поворота) подразумевает изменение направления движения не поворотом колеса, а с помощью разной скорости вращения левого и правого колёс устройства. Согласно принципам дифференциального управления, два ходовых винта по горизонтали будут отвечать за движение робота вперёд-назад и влево-вправо, а два винта по вертикали будут обеспечивать погружение-всплытие и крен устройства.

Электронная часть системы управления.

За основу пульта управления взяты аналоговые джойстики, имеющие по два потенциометра, расположенных по осям X и Y. Каждое произвольное положение джойстика характеризуется показаниями напряжений потенциометров U_y и U_x (рис. 3). В устройстве применено 2 микроконтроллера Arduino Nano [2][4]: один установлен в пульте управления, другой – в работе. Связь между микроконтроллерами происходит по двухпроводному протоколу передачи данных I²C [6]. Это позволяет передавать сигналы шести каналов джойстиков всего по двум проводам (рис. 4).

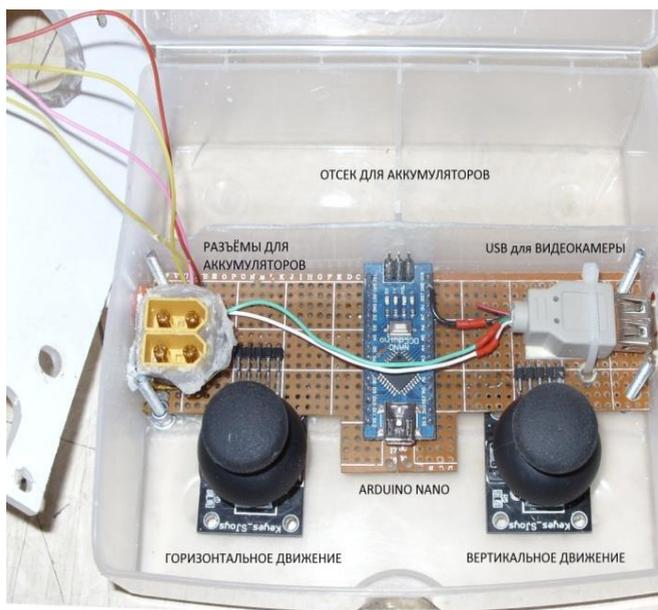


Рис. 3. Пульт с джойстиками и платой Arduino Nano.

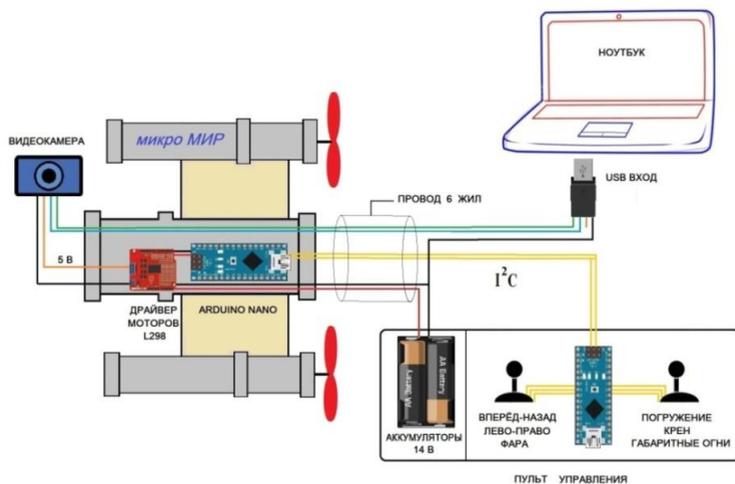


Рис. 4. Сокращённая схема соединений робота.

Цель работы: поиск оптимальной системы управления, т. е. определение закона, по которому сигналы джойстиков будут преобразовываться в сигналы скорости вращения моторов.

Разработку системы управления будем проводить для горизонтальных перемещений робота. Далее применим те же принципы и для вертикальных движений.

Система управления по точкам.

Разработку системы управления начали с простого варианта, который применяется в двухколёсных игрушках. Положения рукоятки джойстика были разбиты на крайние точки (рис. 5).

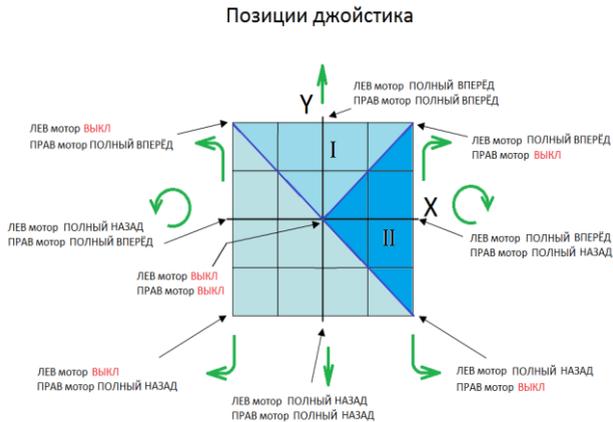


Рис. 5. Разбиение диапазона перемещений джойстика на крайние точки с конкретными значениями скоростей моторов.

Пусть V_L и V_R - требуемые скорости вращения левого и правого винтов соответственно[1]. При этом определены их минимальное и максимальное значения $V_{L,R} \in [V_{min}, V_{max}]$. По значениям напряжения U_y и U_x на потенциометрах джойстика можно однозначно определить его отклонение x и y . Значение x_{max} равно максимальному значению отклонения джойстика влево (вправо).

$$\begin{cases} V_R = \frac{(y - x)(V_{max} - V_{min})}{x_{max}} + V_{min} \\ V_L = \frac{(y + x)(V_{max} - V_{min})}{x_{max}} + V_{min} \end{cases}$$

На испытаниях робота в воде проявился недостаток такого управления. Двигаться вперёд и осуществлять повороты можно

только при положениях джойстика в переднем секторе I (рис. 5). Если джойстик попадает в боковой сектор, например II, то робот переходит к повороту на месте. Вращение на месте начинается при положении джойстика под углом $\pi/4$. При работе удобнее иметь более широкий сектор I и малый сектор II, поэтому была рассмотрена другая система.

Пропорциональная система управления по углу.

Пусть положение ручки джойстика определяет требуемое направление движения робота – угол α . Тогда необходимо определить скорости вращения левого и правого ходовых винтов так, чтобы робот двигался согласно этому углу (рис. 6).

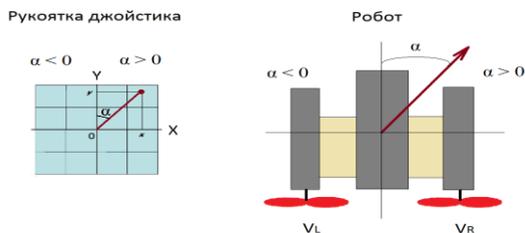


Рис. 6. Необходимое направление движения робота при отклонении джойстика.

Изначально принцип системы управления по углу заключается в том, что в зависимости от угла α происходит притормаживание того или иного ходового винта [1], а другой винт продолжает вращаться с максимальной постоянной скоростью. Это притормаживание может

осуществляться как линейно, т.е. пропорционально углу α (пропорциональная система), так и нелинейно (косинусная система).

Рассмотрим формулу пропорционального управления:

$$\begin{cases} V_R = \frac{(\alpha_{\max} - \alpha)(V_{\max} - V_{\min})}{\alpha_{\max}} + V_{\min} ; \text{ при } 0 \leq \alpha \leq \frac{\pi}{2} \\ V_L = V_{\max} \end{cases}$$

$$\begin{cases} V_L = \frac{(\alpha_{\max} - \alpha)(V_{\max} - V_{\min})}{\alpha_{\max}} + V_{\min} ; \text{ при } -\frac{\pi}{2} \leq \alpha < 0 \\ V_R = V_{\max} \end{cases}$$

Удобно иметь работа с изменяемой скоростью движения. Постоянная максимальная скорость одного винта не подходит для нашего случая. Примем, что скорость винтов работа будет зависеть от угла и длины вектора ОА (рис. 7). В формуле рассматриваются перемещения джойстика вперёд, т.е. $-\frac{\pi}{2} \leq \alpha \leq \frac{\pi}{2}$. При отклонениях джойстика назад будут вычисляться скорости аналогично отклонениям вперёд, только вращение моторов будет меняться на противоположное.

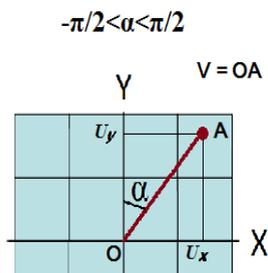


Рис.7. Полуплоскость позиций джойстика при движении вперёд.

В этом случае нет необходимости применять отрицательную минимальную скорость (полную скорость при движении назад), т.е. получаем $V_{\min}=0$. Ведущая скорость V_{\max} будет считаться величиной переменной, зависящей от длины вектора OA отклонения джойстика от нулевого положения, т.е. $V_{\max} = V$ и пропорционально $U_{oa} = \sqrt{U_x^2 + U_y^2}$ (рис. 7).

Получим формулы:

$$\begin{cases} V_R = \frac{(\frac{\pi}{2} - \alpha)V}{\frac{\pi}{2}}; & \text{при } 0 \leq \alpha \leq \frac{\pi}{2} \\ V_L = V \end{cases}$$

$$\begin{cases} V_L = \frac{(\frac{\pi}{2} - \alpha)V}{\frac{\pi}{2}}; & \text{при } -\frac{\pi}{2} \leq \alpha < 0 \\ V_R = V \end{cases}$$

При положении джойстика в правой позиции и немного вперёд ($\alpha \approx \pi/2$) скорость левого винта будет равна длине вектора отклонения джойстика от нулевого положения, а скорость правого винта меньше (винт притормаживает). Робот будет двигаться направо.

При $\alpha = \pi/2$ правый винт остановится, а левый будет двигаться со скоростью V , т.е. робот будет вращаться вокруг правого винта. Это более удобно для реальных условий эксплуатации, чем предыдущая система управления по точкам, где это происходило уже при $\alpha = \pi/4$.

Доработки пропорциональной системы управления.

1. Если при движении вперёд на постоянной скорости совершать плавный поворот, то скорость в повороте будет нарастать.

Робот начинает «ввинчиваться» в поворот. Это происходит из-за увеличения длины вектора OA , который пропорционален U_y при прямолинейном движении, а при повороте соответствует гипотенузе $U_{oa} = \sqrt{U_x^2 + U_y^2}$ (рис. 7). Для устранения этого недостатка ведущая скорость V была взята пропорционально только U_y , т.е. величине отклонения джойстика вдоль оси Y .

2. Вызывало неудобство ещё одно свойство данной системы. В крайней боковой позиции при переходе джойстика из верхней полуплоскости (движение вперёд) в нижнюю (движение назад), один винт, с учётом доработки 1, стоял на месте, тогда как другой резко менял своё вращение на противоположное (рис. 8).

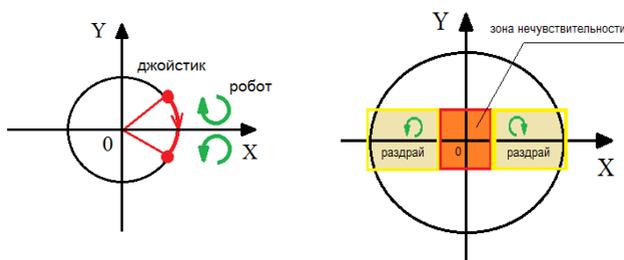


Рис. 8. Резкая смена направления вращения робота при переходе джойстика из верхней полуплоскости в нижнюю.

В систему была добавлена зона нечувствительности джойстика около нуля, облегчающая управление роботом, т.к. не нужно «ловить» точное нулевое положение джойстика. По бокам этой области были сделаны две дополнительные зоны вращения робота на месте (рис. 8). Разворот на месте называется в судомоделизме

«раздрай». Добавление боковых зон «раздрай» ограничило область резкого перехода и улучшило ощущения от управления.

Косинусная система управления по углу.

После успешной работы пропорциональной системы управления было решено попробовать косинусную систему [1]. Смысл этой системы заключается в том, что больший угол α вызывает большее управляющее воздействие в зависимости от косинуса этого угла:

$$\begin{cases} V_R = (V_{\max} - V_{\min})\cos(\alpha) + V_{\min} ; \text{ при } 0 \leq \alpha \leq \frac{\pi}{2} \\ V_L = V_{\max} \end{cases}$$
$$\begin{cases} V_L = (V_{\max} - V_{\min})\cos(\alpha) + V_{\min} ; \text{ при } -\frac{\pi}{2} \leq \alpha < 0 \\ V_R = V_{\max} \end{cases}$$

Робот был испытан, но из-за низкой чувствительности потенциометров джойстиков преимущества в управлении по сравнению с пропорциональной системой заметно не было.



Рис. 9. Испытания робота в бассейне.

Результат работы.

Наличие в программе вычислений косинуса заняло больше памяти микроконтроллера. Была возвращена пропорциональная система.

Итоговые испытания робота проводились как в бассейне (рис. 9), так и на открытой воде. Имитировалась работа по обнаружению модели подводной лодки, отрабатывались приёмы эксплуатации робота в темноте, осуществлялась видеозапись с камеры и передача изображения в интернет через Skype.

Манёвры робота были послушными и правильными как при вертикальных, так и при горизонтальных перемещениях. Получилось достичь стабильной и чёткой работы устройства.

Литература:

1. В. Карпов, Т. Волкова. Управление роботом при движении по вектору / Политехнический музей, Москва, 2010
2. У. Соммер. Программирование микроконтроллерных плат Arduino. / С.-Петербург, БХВ-Петербург, 2012
3. С. А. Филиппов. Робототехника для детей и родителей (стр. 178-192) / С.-Петербург, Наука, 2011
4. Б. Эванс. Arduino блокнот программиста./ 2007.

5. J.-D. Warren, J. Adams, H. Molle. Arduino robotics (стр. 1-51, 57-62)/ Apress, 2011

6. Phillips Semiconductors Co. The I2C-bus specification, version 2.1 / The Netherlands, 2000

Подводный аппарат с микропроцессорной системой управления

СМИРНОВ Иван Алексеевич,

г. Москва, ГБОУ гимназия №1517, 11 класс

Научный руководитель:

Вельтищев Виталий Викторович,

*к.т.н., доцент кафедры "Подводные
роботы и аппараты"*

МГТУ им. Баумана.

В данной статье рассмотрены этапы проектирования и создания опытного образца подводного аппарата (ПА). В основу проекта легла идея создания автономно работающего устройства, запрограммированного на выполнение алгоритма действий в условиях автономного управления.

Целью данной работы являлось изучение возможностей использования цифровой системы управления движением подводного аппарата, а также рассмотрение и анализ физических аспектов проекта.

Описание конструкции.

Созданный аппарат является прототипом так называемого «глайдера» (рис. 1).

Глайдер (или подводный планер) - это автономный подводный аппарат, приводимый в движение за счёт изменения плавучести. Вертикальный импульс всплытия или погружения преобразуется в

горизонтальный изменением относительного положения центров тяжести, плавучести (рис. 2).



Рис. 1. Глайдер (Подводный планер)

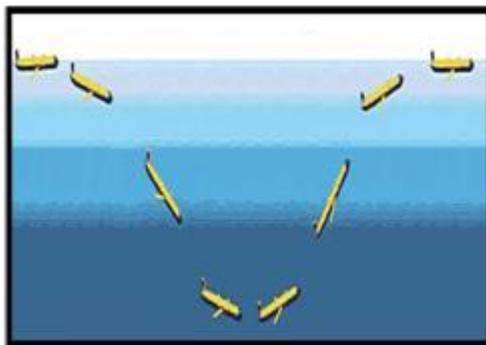


Рис. 2. Принцип работы глайдера.

Указанный принцип движения позволяет резко сократить расход энергии, что позволяет принципиально увеличить дальность плавания, хотя и с небольшой скоростью. В настоящее время глайдеры могут использоваться для решения широкого круга задач. Подводные планеры могут вести разведку и анализ окружающей

обстановки, осуществлять противоминную и противолодочную борьбу, искать затонувшие объекты и охранять акватории. Кроме того, они могут вести различные гидрологические и научные исследования.

Вопросы теории движения глайдера.

Из курса физики известно, что на тело, погруженное в воду и находящееся в относительном покое (по отношению к воде), действуют две силы (рис. 3):

- сила тяжести тела \mathbf{P} ($m\mathbf{g}$), действующая вниз;
- выталкивающая сила воды \mathbf{F}_A , направленная вверх.

Разность между ними \mathbf{Q} определяет плавучесть ПА.

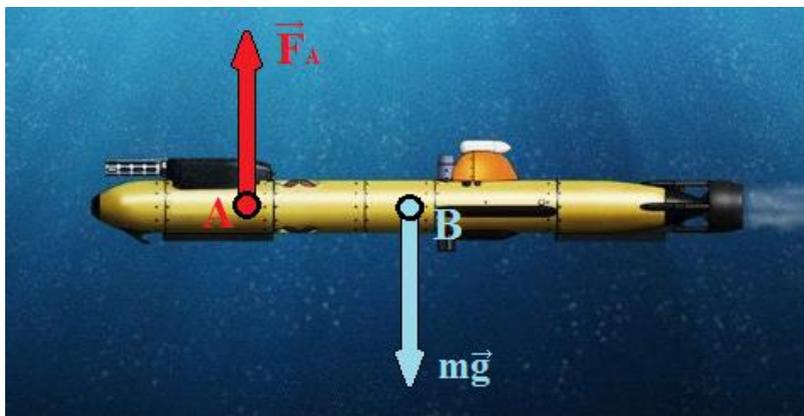


Рис. 3. Силы, действующие на ПА.

Если $\mathbf{F}_A > \mathbf{P}$, то тело всплывает. \mathbf{Q} имеет положительное значение и называется плавучестью, или подъемной силой.

$$Q = FA - P$$

Это означает, что тело не только плавает само, но и в состоянии поддержать в воде груз, равный Q .

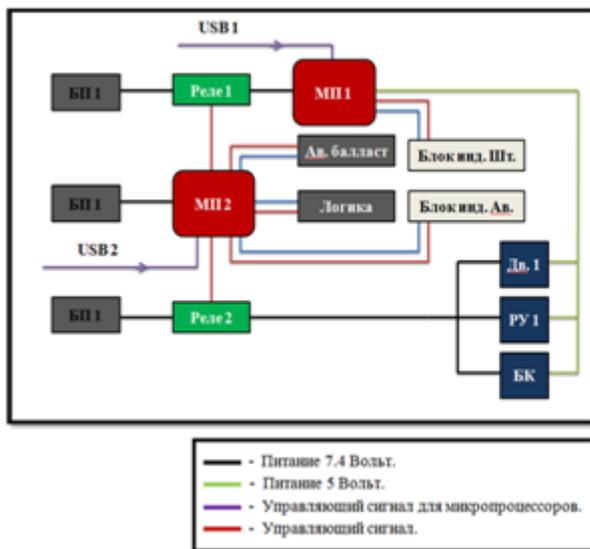
Если $FA < P$, то тело тонет. Q приобретает в этом случае отрицательное значение, называется потопляемостью, или потопляющей силой и обозначается $Q1$.

При $FA = P$ тело находится в равновесии.

Состояние равновесия было достигнуто изготовлением основания для монтажа элементов ПА, а также аварийного балласта из свинца.

Двигательно-рулевой комплекс (ДРК).

Устройство приводится в движение при помощи двух моторов-редукторов (маршевый двигатель, балластная камера) и сервопривода (вертикальный руль). Аппарат работает от трех блоков питания, два из которых питают микропроцессоры, а третий подает питание на маршевый двигатель, вертикальный руль и балластную камеру. Первый микропроцессор управляет маршевым двигателем, вертикальным рулем и балластной камерой, а также штатным блоком индикации. Второй микропроцессор отвечает за сброс аварийного балласта, работу аварийного блока индикации, датчика протечки и двух электромеханических реле, которые, в случае затекания воды в отсек ПА, размыкают цепь первого блока питания с первым микропроцессором и третьего блока питания с элементами управления, тем самым спасая ПА (рис. 4).



- Условные обозначения:
- БП (1,2,3) – Блок питания.
 - МП (1,2) – Микропроцессор.
 - Реле (1,2) – Электромеханическое реле.
 - Блок инд. Штг. – Блок индикации штатный.
 - Блок инд. Ав. – Блок индикации аварийный.
 - Дв.1 – Маршевый двигатель.
 - РУ1 – Рудевое управление.
 - БК – балластная камера.

Рис. 4. Блок-схема работы ПА.

Цифровая система управления.

Система управления (СУ) – это систематизированный набор средств сбора сведений о подконтрольном объекте и средств воздействия на его поведение, предназначенный для достижения определённых целей. Схема системы управления движением описывает все элементы и связи, участвующие в управлении ПА, а именно, объект управления, движители, бортовой компьютер (контроллер), пульт управления с задающими органами, датчики, окружающая среда.

Системы управления бывают двух типов: с обратными связями и без обратных связей.

Контур управления.

ПА зачастую имеют несколько СУ, каждая из которых отвечает за выполнение своей задачи. Каждый из таких узлов называется контуром. Контуров тоже бывает двух типов: комплексированные и сепаратные. Обычно встречаются комплексированные, т.е. связанные друг с другом контуры. Независимые или сепаратные используются реже.

В созданном ПА представлены 3 контура без обратной связи, а именно, линейные контуры глубины и марша, а также угловой контур дифферента (рис. 5).

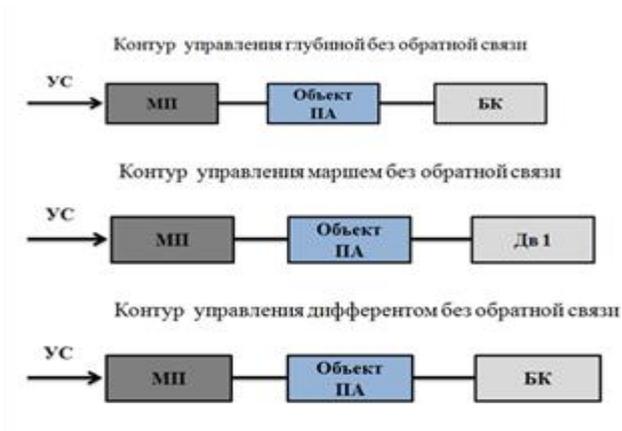


Рис. 5. Контур управления без обратной связи

В перспективе, каждый из контуров будет оснащен системой обратной связи и датчиковым оснащением (рис. 6).

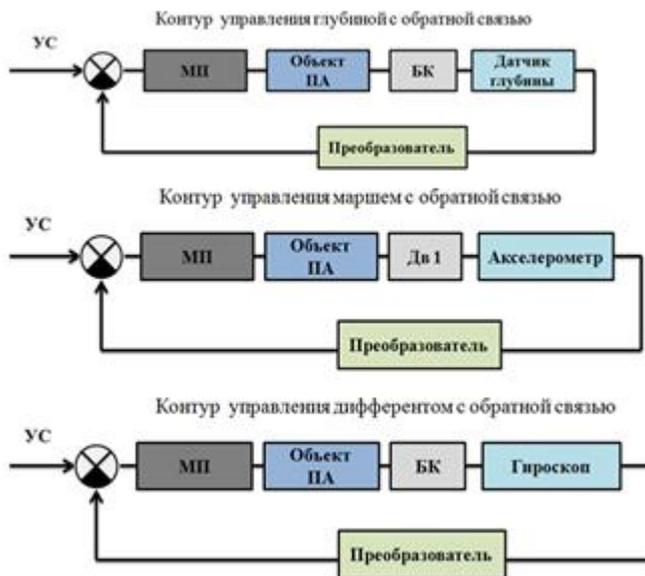


Рис. 6. Контур управления с обратной связью.

Программы.

Для реализации идеи автономной и независимой работы ПА необходимо было решить вопрос о создании определенного алгоритма действий. Предполагаемая последовательность действий включала в себя: погружение, движение вперед, всплытие. Конечная версия алгоритма включает в себя: погружение, маневрирование, всплытие. Помимо основного режима работы в ПА предусмотрен аварийный. Его включение происходит при затекании воды в корпус ПА. Программа рассчитана на реагирование в течение 1мс, что позволяет спасти ПА до его полного затопления.

Стоит отметить, что система управления движением ПА и аварийная система связаны друг с другом только посредством электромеханического реле, что дает возможность ПА оставаться в надводном положении даже при выходе из строя микропроцессора, отвечающего за передвижение аппарата.

Технические данные созданного аппарата:

- Вес – 2850 гр.
- Время работы – 30 мин.
- Скорость в воде – 0,5 м/с.
- Глубина погружения – 30 см.

Перспективы.

Поскольку созданный ПА является типовым устройством, его дальнейшее усовершенствование предполагает большую специализацию, а именно:

- выполнение одной конкретной задачи (доставка грузов на дно, патрулирование акваторий);
- установка гироскопа, акселерометра.

Перспективные проекты подразумевают усложнение конструкции уже созданного ПА. За счет установки датчикового оснащение функциональные возможности созданного аппарата существенно увеличатся, что даст ему неоспоримое преимущество по сравнению с бездатчиковым ПА.

В результате выполненного исследования могут быть сделаны следующие выводы.

- 1) Изучены теоретические материалы по глайдеру и ПА [1].
- 2) Разработан и собран опытный подводный аппарат.
- 3) Реализовано автономное выполнение заложенного алгоритма действий.
- 4) Разработано ПО для стабильной работы аппарата.
- 5) Реализована автономная система аварийного всплытия устройства.
- 6) Рассмотрены и проанализированы перспективы развития проекта.

- 7) Произведены испытания аппарата в реальных условиях (рис. 7).

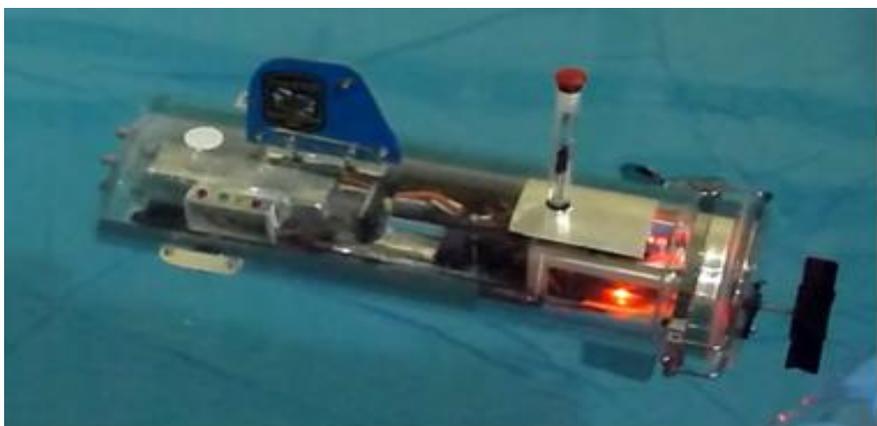
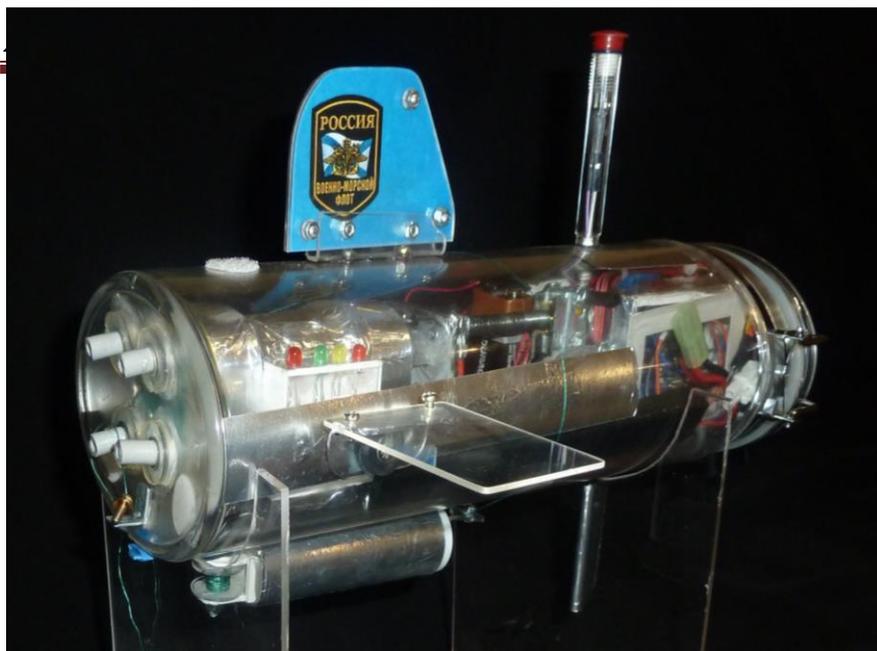


Рис. 7. Созданный ПА и его испытания.

Литература:

1. Подводный планер (варианты). [Электронный ресурс]. Адрес:
<http://www.findpatent.ru/patent/249/2490164.html>

2. Вельтищев В.В. Методы имитационного моделирования систем управления движением подводного аппарата, Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2015 год, 95 стр.

3. Подводный планер. [Электронный ресурс]. Адрес:
https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%B4%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D0%BD%D1%91%D1%80

4. Глайдер: подводный разведчик и торпедоносец. [Электронный ресурс]. Адрес:
http://www.armsexpo.ru/news/perspektivnye_razrabotki/glyayder_podvodny_y_razvedchik_i_torpedonosets/

Реактор на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем. Пассивная фиксация ТВС в активной зоне

*ВЛАСЮК Павел Эдуардович,
г. Москва, ГБОУ Лицей № 1581, 11 класс*

*Научный руководитель:
Солонин Владимир Иванович,
д.т.н., профессор кафедры
«Ядерные реакторы и установки»
МГТУ им. Н. Э. Баумана*

Введение

Среди различных типов ядерных реакторов, рассматриваемых для производства энергии в XXI, важное место занимают реакторы на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем (РБН). Основными преимуществами РБН являются их высокая безопасность, возможность наиболее эффективного сжигания в них не только ядерных материалов, но радиоактивных отходов, накопленных в предыдущие годы; высокий КПД (40-45%), что способствует решению важных экологических проблем.

Технологической особенностью РБН являются большие удельные тепловыделения в активной зоне при сокращении доли

теплоносителя, вследствие чего увеличивается скорость теплоносителя в активной зоне до 6-8 м/с.

Как результат, усложняются задачи надежной фиксации ТВС, исключения их всплытия под влиянием потока теплоносителя, которые следует решать без использования специальных элементов для закрепления ТВС в активной зоне.

Задача и объект исследования.

Задачей исследования является поиск технического решения, исключающего всплытие ТВС в активной зоне РБН.

Объектом исследования является совокупность сил, действующих на ТВС и предложение способа создания «прижимающей» силы, удерживающей ТВС.

Возможные решения.

Для создания удерживающей силы предложено использовать разность давлений в контуре натриевого теплоносителя. Давление после циркуляционного насоса РБН на ~0,5 МПа выше, чем после промежуточного теплообменника. Если создать площадку площадью 10см², то на нее будет действовать сила 500Н, которая будет удерживать ТВС от всплытия. Реализация этой идеи связана с конструкцией хвостовика ТВС.

Важную роль в создании прижимающей силы выполняют уплотнения хвостовика. В связи с тем, что при гидравлической разгрузке ТВС, обеспечивающей удерживающую силу, полость высокого давления напорного коллектора должна сообщаться с

полостями низкого давления, необходимо свести к минимуму протечки теплоносителя, используя уплотнения хвостовика ТВС.

В настоящее время используются несколько видов уплотнения хвостовиков ТВС:

- лабиринтные (Phenix, Super- Phenix),
- посадка гладких цилиндрических поверхностей (PFR),
- шар по конусу (Phenix – верхнее уплотнение),

и, рассмотренный в проектной работе, вариант:

- с помощью спиралей из круглой проволоки, уложенных в канавки, нарезанные на хвостовике ТВС (БН-350, БН-600, БН-800).

Конструкция уплотнений для ТВС БН-350 и БН-600 обеспечивает небольшие протечки теплоносителя через уплотнения (0,3...0,6 м³/ч) [1].

Схема уплотнений приведена на рисунке 1.

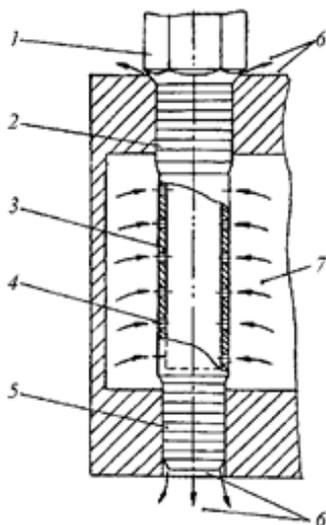


Рис. 1. Крепление ТВС от осевых перемещений путем гидравлической разгрузки: 1. ТВС; 2. верхнее уплотнение; 3. хвостовик ТВС; 4. запиточные отверстия в хвостовике ТВС; 5. нижнее уплотнение; 6. полости низкого давления (слив протечек через уплотнения); 7. полость высокого давления напорного коллектора. Стрелками показано движение теплоносителя в напорной камере.

Баланс сил, действующих на ТВС.

Составим уравнение равновесия сил, действующих на ТВС в процессе функционирования. На ТВС действуют (рис. 2) сила тяжести (G), выталкивающая сила Архимеда ($F_{арх}$), сила сопротивления движению натрия ($F_{сопр}$).

Уравнение равновесия запишем в виде:

$$F_{арх} + F_{сопр} - G - R = 0 \quad (1),$$

где R - искомая удерживающая сила, обеспечивающая невсплытие ТВС.

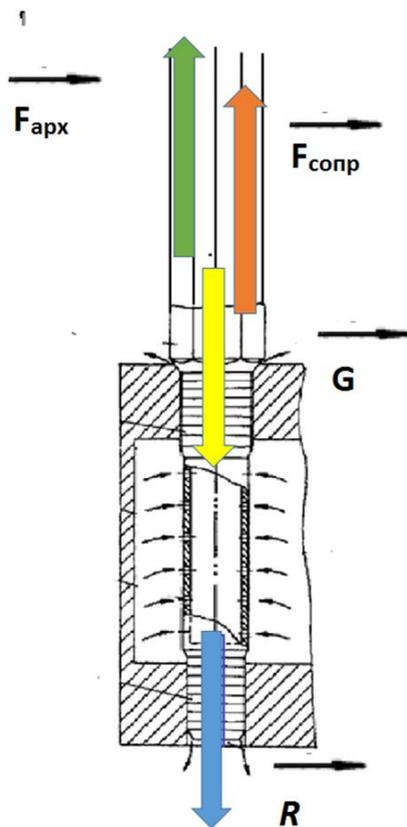


Рис. 2. Совокупность сил, действующих на ТВС в процессе функционирования.

Величина силы Архимеда равна произведению объёма материалов ТВС на плотность натрия при рабочих температурах (736,5 К) и на ускорение свободного падения:

$$F_{\text{арх}} = (V_{\text{хв}} + 127 \cdot V_{\text{ТВЭЛ}} + V_{\text{чехл}} + V_{\text{гол}}) \cdot \rho \cdot g,$$

где

$F_{\text{арх}}$ – выталкивающая сила, Н

$V_{\text{хв}}$ - объем хвостовика, м³

$V_{\text{чехл}}$ – объем чехловой трубы, м³

$V_{\text{гол}}$ – объем головки, м³

ρ - плотность натрия при рабочих температурах (736,5 К), кг/м³

g – ускорение свободного падения, м/с²

В результате вычислений $F_{\text{арх}} = 575,75$ Н

Для расчёта силы сопротивления жидкости выполнены гидравлические расчеты потерь давления (напора) в ТВС с использованием источников [2] и [3].

Потери давления (рис. 3) складываются из:

- потерь на местное сопротивление запиточных отверстий ($\Delta p_{\text{вх1}}$);
- потерь на местное сопротивление при переходе от хвостовика к чехловой трубе ($\Delta p_{\text{вх2}}$);
- потерь на местное сопротивление при сужении проходного сечения канала чехловой трубы ($\Delta p_{\text{суж}}$);
- потерь на сопротивление по длине чехловой трубы ($\Delta p_{\text{тр}}$);

- потерь на местное сопротивление при расширении проходного сечения канала чехловой трубы ($\Delta p_{\text{рас}}$);
- потерь на местное сопротивление при переходе от чехловой трубы к головке ($\Delta p_{\text{вых1}}$);
- потерь на местное сопротивление выходных отверстий головки ТВС ($\Delta p_{\text{вых2}}$).

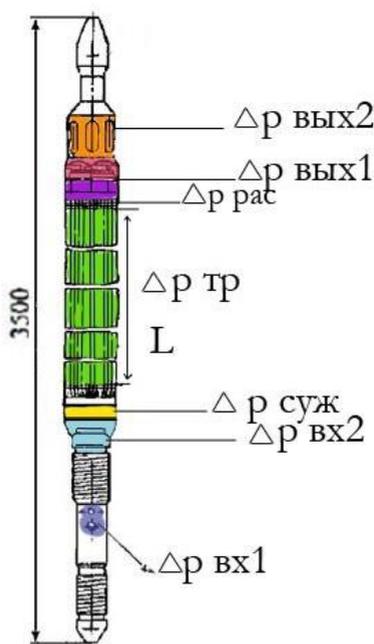


Рис. 3. Составляющие потери давления в ТВС.

Составляющие потери давления в ТВС определены при расходе натрия 18,15 кг/с, что соответствует скорости натрия в пучке ТВЭЛов 8,08 м/с при различном числе отверстий в хвостовике ТВС.

Результаты расчетов приведены в таблице 1.

Таблица 1. Полная потеря напора натрия в ТВС.

Таблица 1		Полная потеря напора натрия в ТВС						
		Составляющие потери напора						
Наименование показателя	Число запиточных отверстий	Потери напора на местное сопротивление при переходе от хвостовика к чехловой трубе, Па	Потери напора на местное сопротивление при входе в пучок ТВЭЛов, Па	Потери напора по длине чехловой трубы, Па	Потери напора на местное сопротивление при выходе из пучка ТВЭЛов, Па	Потери напора на местное сопротивление при переходе чехловой трубы к головке, Па	Потери напора на местное сопротивление с выходных отверстий головок ТВС, Па	Полная потеря напора, Па
		$\Delta P_{\text{м2}}$	$\Delta P_{\text{сж}}$	$\Delta P_{\text{тр}}$	$\Delta P_{\text{рас}}$	$\Delta P_{\text{вх1}}$	$\Delta P_{\text{вх2}}$	
1)	1	93274,48	8837,45	530246,95	6350,64	10,24	127,96	640004,32
2)	5	3730,98	8837,45	530246,95	6350,64	10,24	127,96	550460,82
3)	10	932,74	8837,45	530246,95	6350,64	10,24	127,96	547662,58
4)	20	233,19	8837,45	530246,95	6350,64	10,24	127,96	546963,03

Значение силы сопротивления движению жидкости ($F_{\text{сопр}}$) определено по формуле:

$$F_{\text{сопр}} = \Delta p_{\text{тр}} * S_{\text{чехл}},$$

где

$\Delta p_{\text{тр}}$ – потеря напора на сопротивление по длине чехловой трубы, Па

$S_{\text{чехл}}$ – площадь сечения чехловой трубы, м²

$$F_{\text{сопр}} = 4242 \text{ Н}$$

С учетом $\Delta p_{\text{суж}}$ и $\Delta p_{\text{рас}}$:

$$F_{\text{сопр}} = (\Delta p_{\text{тр}} + \Delta p_{\text{суж}} + \Delta p_{\text{рас}}) * S_{\text{чехл}}$$

$$F_{\text{сопр}} = 4364 \text{ Н}$$

Сила тяжести рассчитывалась как произведение массы конструкции ТВС на ускорение свободного падения:

$$G = (M_{\text{ТВС}} + 127 * M_{\text{ТВЭЛ}} + 127 * M_{\text{U}}) * g,$$

где $M_{\text{ТВС}}$ – масса конструкции ТВС, кг

$M_{\text{ТВЭЛ}}$ – масса оболочки ТВЭЛа, кг

M_{U} – масса урана в ТВЭЛе, кг

g – ускорение свободного падения, м/с²

$$G = 2229,3 \text{ Н}$$

Определение необходимого поперечного сечения (диаметра хвостовика) для создания прижимающей силы.

Прижимающая ТВС сила возникает за счёт разности давлений на донышко хвостовика со стороны напорной камеры $p_{\text{хв}}$ и со стороны области низкого давления $p_{\text{низ}}$, создаваемой циркуляционным насосом, перекачивающим натрий, и зависит от площади сечения хвостовика $S_{\langle\text{хв}\rangle}$.

$$R = (p_{\text{хв}} - p_{\text{низ}}) * S_{\langle\text{хв}\rangle},$$

где R – прижимающая ТВС сила, Н

$p_{\text{хв}}$ - давление натрия в хвостовике, Па

$p_{\text{низ}}$ – давление в полости низкого давления под хвостовиком, Па

$S_{\langle\text{хв}\rangle}$ - площадь сечения хвостовика, м²

Согласно выполненным расчетам:

$$(p_{\text{хв}} - p_{\text{низ}}) = 554,54 \text{ КПа.}$$

Используя уравнение (1) и вычисленные значения $F_{\text{арх}}$, $F_{\text{сопр}}$, G , определяем $R = 2588,43$ Н. Соответственно, площадь поперечного сечения хвостовика $S_{\langle\text{хв}\rangle} = R / (p_{\text{хв}} - p_{\text{низ}}) = 0,00467$ м², а диаметр хвостовика $d_{\langle\text{хв}\rangle} = 0,077$ м.

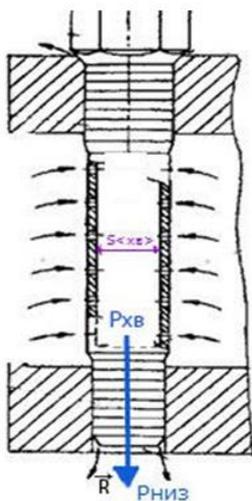


Рис. 4. Разница давлений на доньшко хвостовика ТВС.

Заключение.

Результаты расчетов, сделанных в данной проектной работе, показывают, что удерживающая ТВС сила зависит от площади поперечного сечения хвостовика, разности давлений на доньшко хвостовика и числа отверстий на хвостовике, через которые к ТВС подается натрий.

Получено значение площади поперечного сечения и диаметра хвостовика, необходимые для создания удерживающей ТВС силы к посадочной поверхности, предотвращающие всплытие ТВС под напором теплоносителя.

Выводы.

В настоящей проектной работе обосновано решение практически важной задачи удержания ТВС с топливом диоксид урана в теплоносителе натрий, когда без расхода теплоносителя ТВС «тонет» в натрии, а при его расходе, необходимом для снятия энерговыделения в топливе, появляется необходимость в удерживающей ТВС силе. Эта сила создаётся за счёт разности давлений на доньшко хвостовика, обеспечиваемой напором насоса ($p_{\text{хв}}$) и конструкцией хвостовика ($p_{\text{низ}}$).

Для обеспечения расхода натрия в ТВС пропорционального ее мощности предлагается изменять гидравлическое сопротивление ТВС за счет изменения гидравлического сопротивления входа в ТВС через запиточные отверстия в хвостовике путем изменения их числа. При этом согласно таблице 1 гидравлическое сопротивление можно изменить на 20%, что соответствует изменению величины расхода на 10%.

Для активной зоны реактора характерно неравномерное тепловыделение, вследствие чего для ТВС аналогичных конструкций возникает необходимость изменения расхода теплоносителя в зависимости от тепловой мощности ТВС. Используя способ изменения гидравлического сопротивления ТВС, появляется возможность удерживать ТВС, расположенные в различных участках активной зоны, отличающиеся по параметру тепловой мощности, в диапазоне 10%.

Литература:

1. Адамов Е. О., Драгунов Ю. Г., Орлов В. В. «Машиностроение. Энциклопедия. Том IV-25. Машиностроение ядерной техники. Книга 1». Издательство «Машиностроение», 2001, 960 стр.
2. Бугаев Д. А., Калмыкова З. А., Подвидз Л. Г., Попов К. Н., Рождественский С. Н., Яньшин Б. И. «Задачник по гидравлике для машиностроительных вузов» под редакцией проф. И. И. Куколевского Государственное Энергетическое Издательство, 1956, 343 стр.
3. Угинчус А. А., Чугаева Е. А. «Гидравлика» Издательство литературы по строительству, 1971, 351 стр.

**Водородный двигатель. Система хранения водорода на борту
транспортного средства**

ЖИГАНОВ Даниил Олегович,

г. Москва, ГБОУ СОШ №2090 (сн2), 11 класс

Научный руководитель:

Зеленцов Андрей Александрович,

к.т.н., доцент кафедры

«Поршневые двигатели»

МГТУ им. Н.Э. Баумана

В современном мире существуют четыре самых широко распространенных вида двигателей: дизельные, бензиновые, электродвигатели и атомные. Дизельные двигатели отличаются повышенной мощностью, моторесурсом, возможностью применения на силовых установках и экономичностью, так же есть возможность использования на судоходных транспортных средствах. Бензиновые двигатели отличаются повышенными скоростными качествами, возможностью использования на электрогенерирующих установках, способны развивать высокие обороты. В сравнении с дизельными они имеют меньшую массу при примерно равных показателях мощности. Бензиновые двигатели широко использовались в авиации. Электродвигатели применяются в бытовых приборах всех типов и во

многих типах строительного оборудования, могут применяться в силовых установках при определенных показателях. На данный момент электродвигатели считаются самыми экологичными из используемых. Атомные двигатели применяются на судоходных транспортных средствах, существуют варианты атомных ракетных двигателей. У всех этих двигателей есть существенные недостатки, у одних слишком вредные продукты сгорания, у других производство топлива уже слишком вредно для экологии, третьи при малейшей неполадке могут взорваться и оставить после себя долговременное заражение местности. Все эти виды двигателей имеют очень мощные факторы пагубного воздействия на окружающую среду, и со временем человек стал задумываться, что же сделать, чтобы получать столько же или больше энергии, но при этом сохранить собственную среду обитания. Были придуманы электродвигатели, работающие на солнечных батареях, некоторые бензиновые и дизельные электростанции были заменены на более экологичные гидроэлектростанции, начали применять ветряные установки и установки, преобразующие геотермальную энергию, энергию приливов и отливов. Но этого мало, чтобы обеспечить нашей окружающей среде здоровое существование и процветание. Более 1 миллиарда автомобилей прямо сейчас выделяют колоссальное количество вредных веществ в атмосферу, только в 2000 г в атмосферу поступило 11824,2 тыс. т. вредных веществ [2]. Решением данной проблемы может стать новый вид двигателя, который имел бы

мощность дизельного, скоростные качества бензинового, высокую степень экологичности и мог бы использоваться во многих сферах работы человека. Таким двигателем способен стать двигатель, работающий на водороде. После сгорания водорода остается только водяной пар, который можно сконденсировать и снова преобразовать в водород, так же при сгорании водорода, из-за высокой температуры, и из-за того, что в цилиндре находится воздух, а не чистый кислород, происходит взаимодействие азота и кислородом, в ходе которого образуется оксид азота. В основе работы системы водородного двигателя лежат принципы преобразования воды в водород при помощи электролиза, а после этого - образование гремучего газа, который и будет передавать свою внутреннюю энергию в кинетическую энергию поршня в камере сгорания. Так как мы знаем, что гремучий газ имеет высокую теплотворную способность, можно сделать вывод, что при меньшем количестве топлива мы сможем получать большее количество энергии.

На пути к созданию водородного двигателя лежат некоторые проблемы, одной из которых является проблема хранения водорода на борту транспортного средства. Эта работа была посвящена решению данной проблемы.

Цель: создание системы, способной эффективно сохранять водород на борту транспортного средства в течение продолжительного времени.

Прежде чем начать разработку данной системы было необходимо понять, какой расход будет иметь среднестатистический автомобиль с водородным двигателем, а также понять, на сколько такой автомобиль эффективней и экономичней нежели автомобиль на бензине.

Нами был выбран автомобиль Skoda Octavia 2000г. Этот автомобиль вполне можно назвать среднестатистическим. На базе этого автомобиля и проводились все расчеты.

В ходе расчетов была получена диаграмма, отражающая изменение давления во время работы двигателя (рис. 1).

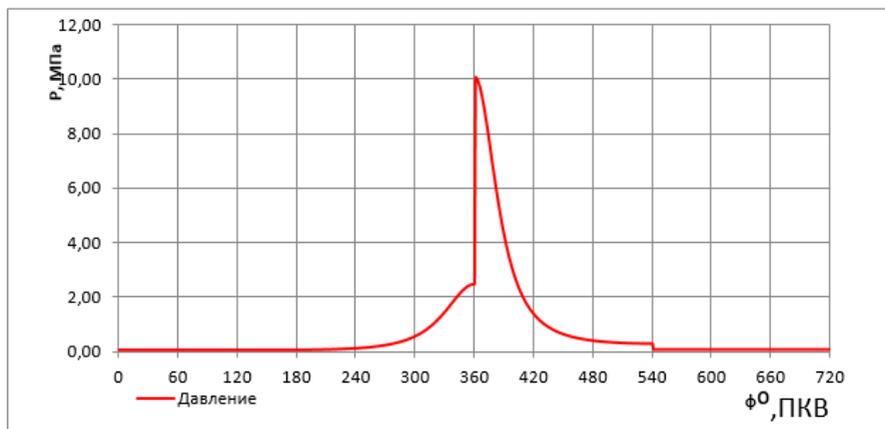


Рис. 1. Индикаторная диаграмма.

После получения всех необходимых данных, а также после расчета максимально возможного объема баллона с водородом, были получены следующие данные (таблица 1).

Таблица 1. Сравнительная таблица полученных результатов.

Бензин	Водород
$n = 2500 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$	$n = 2500 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$
$N_e = 14,81 \text{ кВт}$	$N_e = 21,73 \text{ кВт}$
$g_e = 274,3 \frac{\text{г}}{\text{кВт ч}}$	$g_e = 134,6 \frac{\text{г}}{\text{кВт ч}}$
$G_{T6} = 4,062 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$	$G_{Tв} = 2,9 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$
$t = 5 \text{ ч}$	$t = 7 \text{ ч}$
$S = 450 \text{ км}$	$S = 630 \text{ км}$

$G_T = g_e * N_e$ – масса водорода, которая необходима для работы двигателя на n об/мин.

Эта таблица очень хорошо демонстрирует насколько автомобиль на водороде эффективней автомобиля на бензине.

После получения всех необходимых результатов начался второй этап нашей работы, посвященный разработке системы хранения водорода на транспортном средстве (ТС).

Для начала были установлены некоторые принципы и законы работы данной системы.

Первый принцип – это основной принцип работы системы хранения сжиженного водорода. Для хранения сжиженного водорода необходимо охладить его до температуры ниже 20К. Получение такой низкой температуры в искусственных условиях может обеспечить только криогенная система. Физические явления, лежащие в основе работы системы:

1) смешение двух масс одного и того же вещества при различных внутренних энергиях;

2) адиабатное расширение газа, при котором он совершает работу, теряя энергию.

Второй принцип – это принцип изготовления сосуда, в котором будет находиться водород, а также по этому принципу будут изготавливаться трубы, по которым будет протекать водород. Этот принцип называется «принцип слоеного торта». Баллон, в котором находится водород, будет изготавливаться из нескольких слоев металлов, имеющих определенные свойства.

Основным результатом нашей работы стала система, объединившая эти два принципа таким образом, что нормальная работа первого обеспечивает нормальную работу второго.

Система хранения водорода (рис. 2, таблица 2) располагается в задней части автомобиля и занимает пространство под пассажирским сидением и под багажным отделением.

В конструкцию баллона будут внесены изменения в виде четвертого слоя. Он несет функцию изолятора, он герметизирует внутреннее пространство от внешней энергии атмосферы, чтобы избежать возможности конденсата, а также нагрева водорода внутри баллона.

Из баллона будет отходить трубка в систему охлаждения. Система охлаждения состоит из поршневой холодильной машины (возможно двух); труб, изготовленных по технологии слоеного торта; распределительного клапана, который будет установлен на выходе из баллона. Клапан выполняет функцию дозатора, отделяя именно ту

порцию массой m , которая нужна для того, чтобы установить температуру T , являющуюся нормальной температурой, в баллоне. Помимо функции дозатора клапан несет функцию направления потока, то есть пропускает водород либо из баллона в систему, либо обратно.

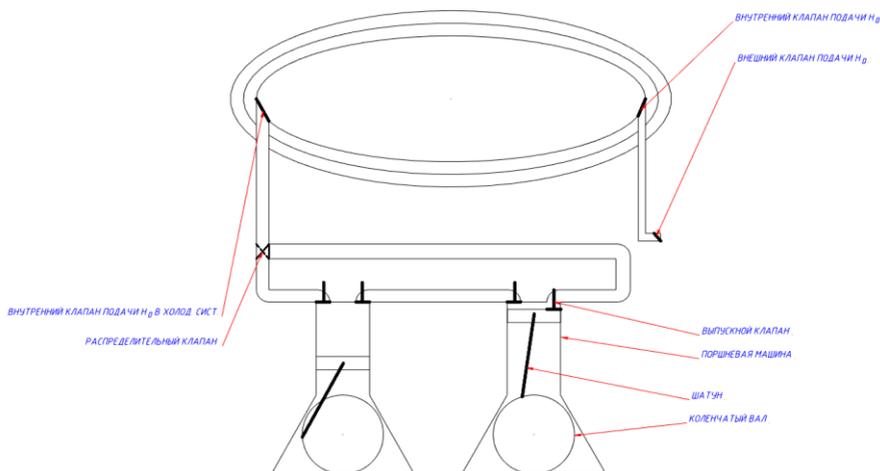


Рис. 2. Схема системы хранения водорода на борту ТС.

Механизм охлаждения является отдельно сконструированным элементом общей системы.

Таблица 1. Параметры системы охлаждения.

Параметры системы охлаждения			
Обозначение	Число	Единица измерения	Описание
T_2	19	К	Верхняя границе температуры в баллоне, при которой включается система.
T	15	К	Нормальная температура в баллоне.
T'	14	К	Температура после цикла охлаждения.
m	16,5	кг	Масса части водорода, которая участвует в цикле.
$V_{\text{цил}}$	200	см ³	Объем цилиндра холодильной машины.
V'	1	см ³	Объем всасываемого водорода.
$P_{\text{балл}}$	10^8	Па	Давление внутри баллона и на входе в холодильную машину.
P_A	10^5	Па	Давление на выходе.
k	2	шт.	Кол-во машин.
n	1	шт.	Кол-во циклов.

В результате проведенной работы для автомобиля Skoda Octavia 2000г были определены параметры его конвертации на водород, рассчитана его необходимая масса на борту транспортного средства и предложена конструкция системы хранения водорода, позволяющая длительное время поддерживать его в сжиженном состоянии при температуре 15 К.

Литература:

1 Жиганов Д. О. Работа «Шаг в будущее» 2015 «Проект водородный двигатель. Система хранения водорода на тс (часть 1)».

2 <http://biofile.ru/bio/22260.html>

3

http://www.abitura.com/modern_physics/hydro_energy/hydro_energy4

4 <http://www.lasmet.ru/steel/mark.php?s=74>

<http://www.avglob.org/splav-03n18k8m5t-vd.html>

5 http://metallischekiy-portal.ru/marki_metallov/stk/65G

6 Skoda Octavia инструкция по эксплуатации, руководство по техническому обслуживанию и ремонту. Под редакцией А. П. Китаевич, М. П. Сизов.

7 Автомобильные двигатели: курсовое проектирование под редакцией М. Г. Шатрова.

Оценка влияния податливости элементов биговочного комплекса на точность изготовления бумажной упаковки

ВЕРЕДЧЕНКО Глеб Олегович

г. Москва, АНО СОШ «Феникс», 11 класс

Научный руководитель:

Дружинин Павел Владимирович,

ст. преподаватель кафедры

«Прикладная механика»

МГТУ им. Н.Э. Баумана

В современном мире с бурно развивающейся экономикой уровень конкуренции между производителями сходных товаров весьма высок. Это приводит как к погоне за общим высоким качеством товара, так и к всевозможным ухищрениям маркетингового характера. Поэтому в рамках одной ценовой группы немаловажен внешний вид товара, в частности, его упаковка.

В рамках данной работы объектом исследования является бумажная упаковка в форме пакета. Подобные пакеты используются для хранения сыпучих продуктов (специй, семян, солей и т.д.) Важным потребительским свойством бумажной упаковки является

внешний вид, определяемый как оформлением, так и геометрической точностью и качеством склейки самого пакета.

Для анализа причин, влияющих на потерю качества таких пакетов при их формировании, рассмотрим процесс изготовления пакета (рис. 1).



Рисунок 1.
Последовательность изготовления пакета

Формирование осуществляется на специальном, настроенном под размер пакета, оборудовании (фальцесклеивная машина), которое выполняет следующие функции:

1. Биговка - операция нанесения надреза по местам последующего складывания. Это облегчает процесс дальнейшей фальцовки пакетов из плотных материалов и сохраняет лакокрасочный слой от повреждений типа трещин и сколов.

2. Фальцовка, т.е. придание пакету окончательной формы путем сгибания заготовки.

3. Склейка - образование неразъемного соединения стыков пакета с применением клея.

Исходная заготовка и конечный вид пакета при отсутствии погрешности формы представлены на рис. 2а и рис. 2б.

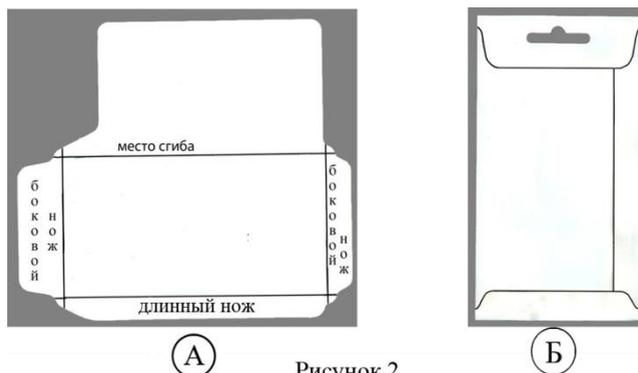
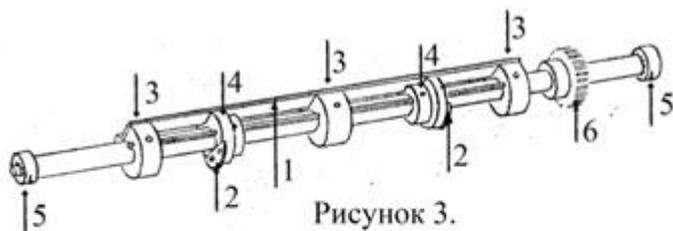


Рисунок 2.

Исходная заготовка (А) Готовая продукция (Б)

Из анализа работы фальцесклеющей машины следует, что основными принципами, приводящими к потере точности формы, являются неточность биговки и перекося заготовки при ее поступлении на биговочную операцию. Последняя причина, однако, в значительной мере устранена вакуумными присосками машины фальцесклейки, выполняющими автоматическое выравнивание.

Рассмотрим подробнее процесс биговки. Она выполняется в биговочном узле, основная часть которого – вал с биговочными ножами (рис. 3).



Вал биговочного узла

1-длинный нож, 2-боковые ножи, 3-опоры крепления
длинного ножа, 4-опоры крепления боковых ножей,
5-опоры вала, 6-привод вала

При биговке вал вращается таким образом, чтобы режущая часть ножей двигалась навстречу заготовкам, перемещающимся по линии фальцесклейки. Боковые ножи выполняют боковые насечки (см. рис. 2а), а длинный – поперечную. Глубина насечки составляет 0,35мм, ширина 0,5мм.

Проводя геометрическое моделирование возможных дефектов, нетрудно убедиться (рис. 4), что изменение расположения вала или ножей приводит к типовым искажениям геометрии биговочных

надрезов, что в процессе фальцесклейки приведет к искажению геометрии пакета в целом, его «жеванности», а в предельном случае – к образованию щелей и попросту к невозможности склейки.

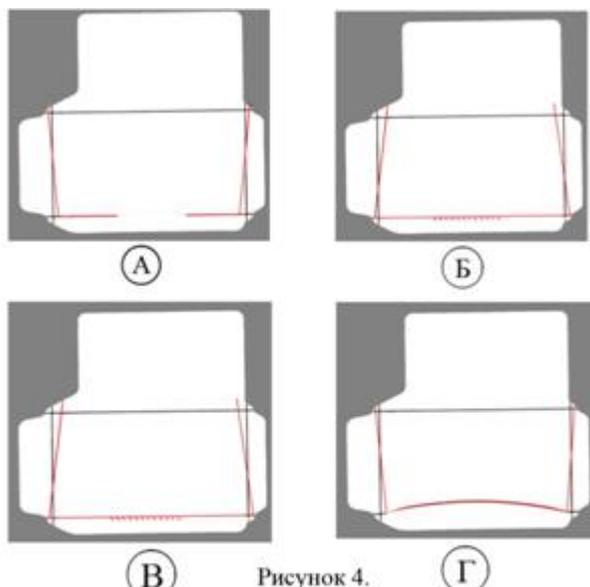


Рисунок 4.
 Возможные искривления геометрии пакета:
 А) поворот боковых ножей в вертикальной плоскости
 Б) поворот боковых ножей в горизонтальной плоскости
 В) перемещение боковых ножей в гор плоскости
 Г) прогиб длинного ножа

Целью работы является анализ влияния деформирования вала в процессе биговки на геометрическую точность бумажного пакета. При этом влияние деформирования самих ножей не учитывается из-за их достаточной массивности.

Для построения расчетной схемы деформирования биговочного вала сначала определялись силы резания (рис. 5). Задаваясь

номинальной глубиной надреза $d = 350$ мкм и принимая коэффициент $k = 220$ Н/м, находим $F = 70,7$ Н. При заданной геометрии ножей передний угол $\alpha = 1,05$ рад, угол, определяющий направление силы резания $M = 1,68$ рад, откуда

$$\psi = 0,63$$

$$F_x = 41,7 \text{ Н}, F_y = 57,2 \text{ Н}$$

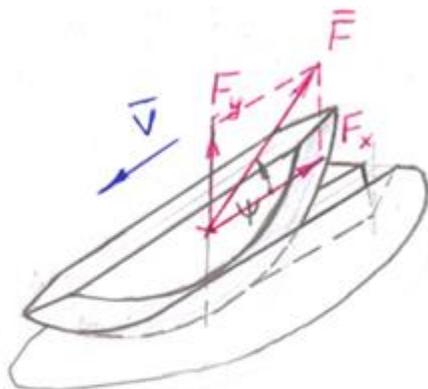


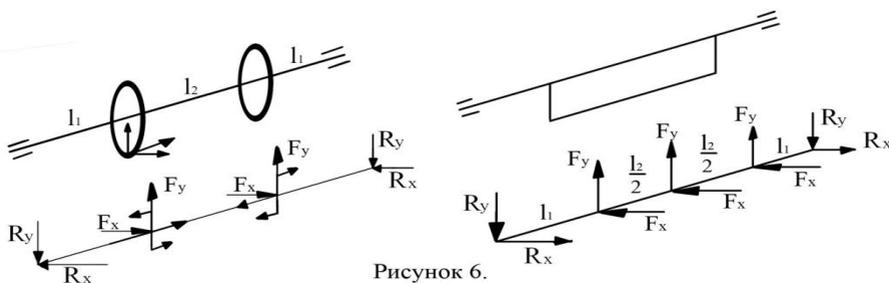
Рисунок 5.
Силы резания, действующие
на нож

При построении расчетной схемы биговочного вала предполагается, что усилия на вал передаются в местах крепления самих ножей. Кроме того, предполагалось, что силы, действующие на правый и левый биговочные ножи, а также на длинный нож по его длине одинаковы, продольные силы F_z пренебрежимо малы по

сравнению с остальными составляющими, а моменты сил резания, препятствующие вращению вала, парируются приводным двигателем. Расчетные схемы биговочного вала и соответствующие внешние силы (активные и силы реакций) при работе боковых ножей представлены на рис. 6а, при работе длинного ножа – на рис. 6б. Опорные реакции, действующие на вал, найдены методами статики и представлены в таблице 1.

Таблица 1. Значения опорных реакций, действующих на вал.

Схема работы вала	F_x , Н	F_y , Н	R_x , Н	R_y , Н
Работают боковые ножи	41,7	57,2	41,7	57,2
Работает длинный нож	13,9	19,1	41,7	57,2



Расчетная система биговочного вала

А) - при работе боковых ножей

Б) - при работе длинного ножа

Для определения величин прогибов и поворотов вала предполагалось, что основной причиной их возникновения является

возникновение изгибающих моментов в поперечных сечениях, что оправдано для длинных валов. Для определения соответствующих перемещений в каждом расчетном случае была построена эпюра изгибающих моментов $M_{изг}$, а перемещение (поворот) рассчитывалось методом Мора с использованием правила «перемножения эпюр» Верещагина.

При изучении работы боковых ножей наиболее неприятны прогибы вала в вертикальной плоскости. Построения, необходимые для расчета прогиба и поворота вала в точках установки боковых ножей, представлены на рис. 7а и 7б соответственно.

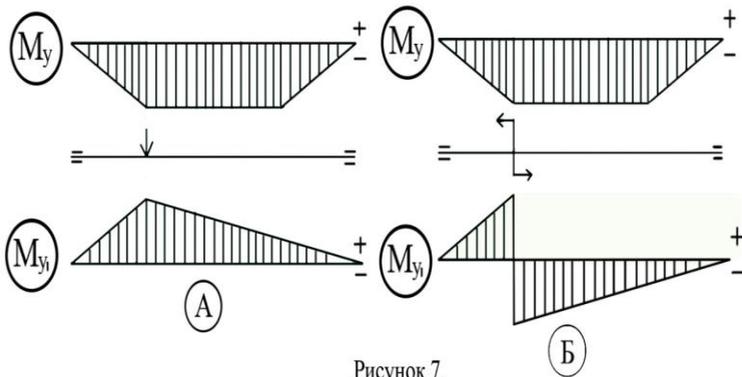


Рисунок 7.
Расчет перемещений боковых ножей в вертикальной плоскости
А) прогиба Б) поворота

Прогиб:

$$v = -\frac{1}{6} \frac{F_y l_1^2}{EI_y} \frac{4l_1^2 + 8l_1 l_2 + 3l_2^2}{2l_1 + l_2} = 0,23 \text{ мм}$$

Поворот:

$$\theta = \frac{F_y l_1 l_2}{2EI_y} = 0,027 \text{ рад}$$

При изучении работы длинного ножа наиболее значимой является оценка перемещений, но при этом необходимо, вообще говоря, рассматривать перемещения как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскости.

Построения, необходимые для расчета прогибов в точках крепления длинного ножа в горизонтальной плоскости, представлены на рис. 8.

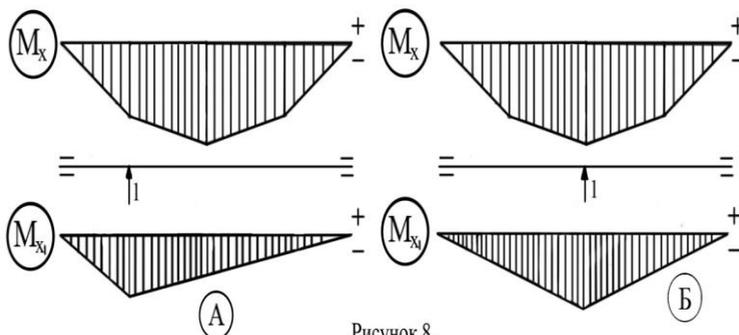


Рисунок 8.

Расчет перемещения точек крепления длинного ножа в горизонтальной плоскости: А) крайних точек, Б) средних точек

Прогиб в крайних точках

$$H_1 = \frac{F_y l_1 (l_2 (\frac{3}{4} l_2 + 3l_1) + l_1^2)}{4EI_y} = 0,312 \text{ мм}$$

Прогиб в средней точке

$$H_2 = \frac{F_y (\frac{3}{2} l_1 l_2 (l_2 + \frac{1}{4} l_2) + \frac{1}{4} l_2^2 (l_1 + \frac{1}{3} l_2) + l_1^3)}{EI_y} = 0,651 \text{ мм}$$

Расчет показывает, что из-за неравномерности перемещений боковой нож искривится, и линия биговки также будет искривлена.

Проследим, как искажение геометрии вала отразится на искажении геометрии пакета. На рис. 9а показано искажение формы линии биговки из-за поворота боковых ножей в горизонтальной плоскости. Характерные погрешности составили

$$\theta = 0,027 \text{ рад}$$

$$\Delta l = l\theta = 4,1 \text{ мм}$$

Погрешность линии биговки из-за смещения точек крепления длинного ножа представлена на рис. 9б и может с достаточной точностью аппроксимирована параболой.

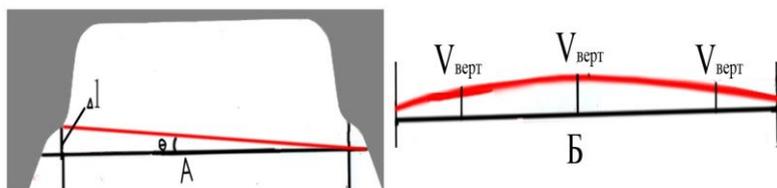


Рисунок 9.

Определение геометрии деформирования заготовки пакета:

А - вследствие поворота боковых ножей, Б - вследствие искривления длинного ножа

По результатам проведенного геометрического моделирования на рис. 10 представлена искаженная форма пакета с указанными характерными размерами.

Моделирование показало, что даже небольшие на вид перемещения и повороты в узлах машины могут привести к видимым искажениям формы.

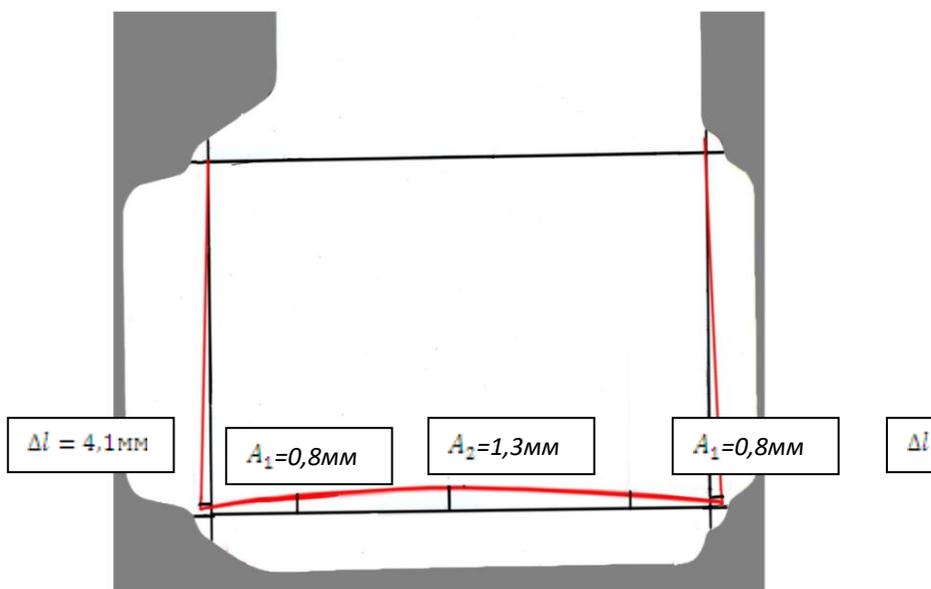


Рисунок 10.

Предельные погрешности формы пакета, обусловленные деформированием биговочного вала.

Для уменьшения прогибов вала можно рекомендовать:

1. Заменить биговочный вал на вал идентичной конструкции, но большего диаметра (более 25 мм).

2. Усилить среднюю часть вала кольцами толщиной около 2 мм для повышения его жесткости.

3. Уменьшить силу резания за счет применения оптимальной геометрии ножей и снижения плотности бумаги заготовки.

Дальнейшее развитие работы связано с исследованием перечисленных выше направлений совершенствования биговочного узла, а также исследование влияния на геометрическую точность деформации ножей (особенно длинного ножа, который является наименее жестким).

**Разработка библиотеки пользовательских элементов
в среде САТІА V5**

ШИПОВ Михаил Денисович

г. Балашиха, МБОУ гимназия №1, 11 класс

Научный руководитель:

Берчун Юрий Валерьевич,

старший преподаватель кафедры

*"Системы автоматизированного
проектирования"*

МГТУ им. Н. Э. Баумана

В настоящее время работа конструктора обязательно связана с проектированием изделия в трехмерной среде моделирования, основанном на более чем 30-летней истории развития систем автоматизированного проектирования. При этом чаще всего используется стандартный набор функциональных элементов применяемого пакета, не раскрывающий полный потенциал заложенных возможностей, не позволяющий достичь максимальной эффективности при работе в применяемых системах, а также не позволяющий осуществлять безошибочно сложные операции построения, приводящие в последующем к дополнительным исправлениям или вообще к браковке конечного изделия.

Настройка дополнительных элементов и шаблонов для конкретных предприятий с целью уменьшения общего числа человеческих ошибок и времени на разработку является основной стратегией развития систем автоматизированного проектирования.

Целью проекта является показать, как использование дополнительных пользовательских элементов в системе автоматизированного проектирования позволяет сократить трудоемкость конструктора для создания трехмерного изделия за счет сокращения объема человеческого труда при построении модели.

В настоящее время современные системы автоматизированного проектирования позволяют создавать пользовательские функции и элементы конструкций, основанные на применении и комбинировании заложенных в базовый набор простых элементов.

Для эффективного использования систем необходимо разработать и произвести интеграцию сложных, разработанных непосредственно для конкретной задачи, пользовательских функций и элементов, что обеспечит максимальную эффективность при дальнейшем проектировании. Исходя из этого, основная задача для данного научного исследования заключается в ознакомлении с работой системы автоматизированного проектирования, разработке и создании сложных пользовательских элементов, ускоряющих процесс создания трехмерных моделей.

В качестве системы автоматизированного проектирования выбран программный комплекс CATIA V5, занимающий лидирующее положение в мире среди программ трехмерного моделирования.

За исследуемую трехмерную модель, обладающую не примитивной, но простой формой, был выбран вал турбодетандерного агрегата (рис. 1), использующийся, например, в воздухоразделительных установках (ВРУ) для охлаждения газового потока.

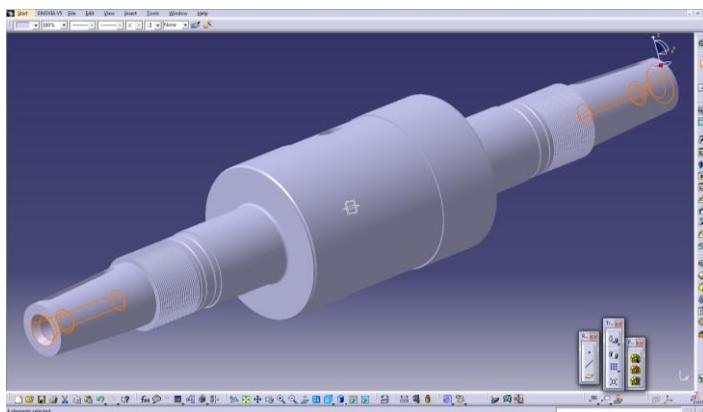


Рис. 1. Модель вала турбодетандерного агрегата.

Оптимизация процесса проектирования выполнена при помощи пользовательской библиотеки заготовок (User Feature).

Результатом оптимизации процесса проектирования является проведенный расчет уменьшения затраченной трудоемкости для исследуемой трехмерной модели.

Алгоритм исследования представлен на рис. 2.

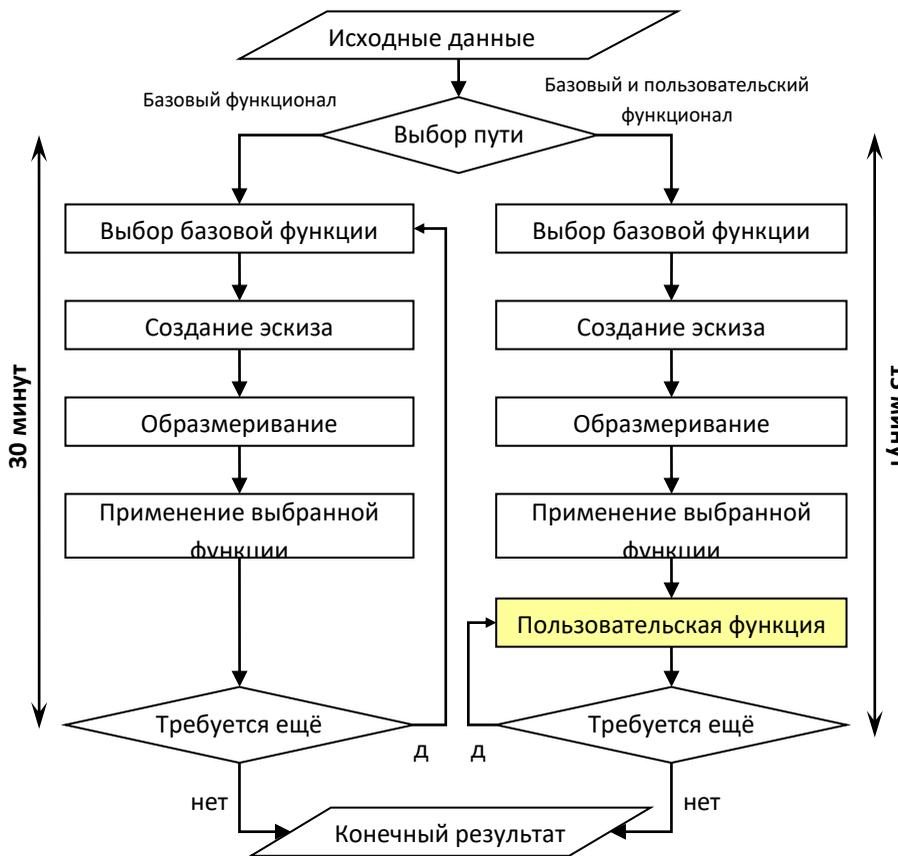


Рис. 2. Алгоритм исследования.

Экономический эффект рассчитывается по следующей формуле:

$$T_{\text{э}} = T_{\text{дет}} \cdot Q_{\text{дет}} \cdot V \cdot \eta$$

- $T_{\text{дет}} = 1,1$ - Экономия времени за счёт оптимизации процесса разработки одной детали (рабочих дней),
- $Q_{\text{дет}} = 10000$ - Общий объём деталей на 1 ВРУ (штук),
- $V = 4,5$ - Объём выпуска ВРУ(воздухоразделительная установка) в год (штук),
- $\eta = 7,5$ - Процент уникально разработанных деталей на 1 ВРУ.

$$T_{\text{э}} = 1,1 * 10000 * 4,5 * 0,075 = 3712,5 \text{ [чел./дней]}$$

По окончании работы можно подвести следующие итоги:

На основе проведенного сравнительного анализа применения базовых и пользовательских модулей (функция User Feature) в системе автоматизированного проектирования CATIA V5, доказана эффективность и существенное снижение трудоемкости при моделировании.

Выбранная система CATIA V5 позволяет интегрировать разработанные модули в библиотеку элементов (каталог) для простого

[Введите название документа]

переноса, сохранения и распространения наработанных инструментов моделирования.

Доказанная эффективность позволяет рекомендовать к повсеместному применению на производственных предприятиях системы внедрения пользовательских модулей для любых систем автоматизированного проектирования при разработке моделей на всех уровнях построения геометрии.

Литература:

1. Дендобренько Б. «Автоматизация конструирования РЭА» 1980г.;
2. Стешенко В. «Алгоритмы и программы автоматической трассировки печатных плат»;
3. Басов К.А. «САТІА V5 Геометрическое моделирование», 2008 г.;
4. Catia Training. Product Knowledge Template. Manuals, 2005;
5. Catia Training. User Features. Manuals, 2005;
6. Catia Training. PowerCopy. Manuals, 2005.

Исследование проблем импортозамещения в энергомашиностроении и разработка предложений по использованию энергетического оборудования отечественного производства в электроэнергетике России (на примере компании ООО «Инженерный центр – газотурбинные технологии»)

КРЮЧЕНКОВ Кирилл Валерьевич

г. Москва, ГБОУ «Гимназия №1257», 11 класс

Научный руководитель:

Киямова Лейсан Ильгамовна,

*ассистент кафедры «Предпринимательство
и внешнеэкономическая деятельность»*

МГТУ им. Н. Э. Баумана

Электроэнергетика является базовой отраслью экономики Российской Федерации. Ее надежное и эффективное функционирование является основой для развития экономики страны.

Целью работы является исследование проблем импортозамещения в электроэнергетической отрасли и разработка предложений по использованию энергетического оборудования отечественного производства (на примере компании ООО «Инженерный центр – газотурбинные технологии»). Для достижения поставленной цели был проведен анализ мировой и российской электроэнергетической отрасли, определены ведущие мировые производители энергетического оборудования,

разработано предложение по использованию оборудования отечественного производства на парогазовых электростанциях, выявлены основные проблемы отрасли и сформулированы дальнейшие перспективы развития электроэнергетики России.

В современных промышленно развитых государствах электроэнергетика считается важнейшей стратегической отраслью. За последнее десятилетие производство электроэнергии в мире выросло почти в 1,5 раза. В настоящее время для выработки электроэнергии используются органические виды топлива: уголь, уран, газ, мазут (рис. 1).

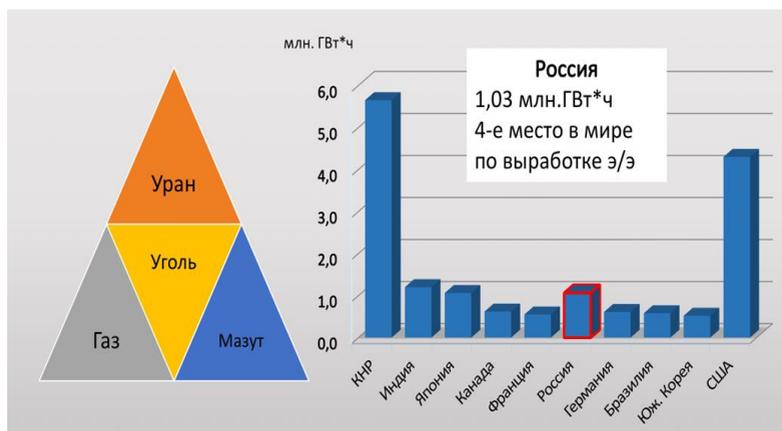


Рис. 1. Основные виды топлива и мировое производство электроэнергии в 2014 году.

Однако, из-за развития альтернативных источников электроэнергии доля органических видов топлива сократилась. По состоянию на 2015 год мировой рынок электроэнергетического машиностроения оценивается в 70 млрд. долларов. Крупнейшими

производителями электроэнергетического оборудования являются такие компании, как Alstom (Франция), General Electric (США) и Siemens (Германия). Доля всех российских компаний на мировом рынке электроэнергетического машиностроения составляет всего 2%.

Анализ состояния энергетики России показал, что за последние 4 года произошел прирост в выработке электроэнергии (около 36 млн. ГВт*ч). На территории РФ используются следующие виды электростанций: тепловые, гидравлические, атомные, ветряные и геотермальные.

Большинство оборудования на электростанциях России - отечественное. Однако электростанции, работающие на основе парогазовой технологии, обладают большой зависимостью от зарубежных партнеров, так как до 2000-х годов на отечественном рынке не производились газовые турбины для использования в электроэнергетике. В это же время европейцы активно развивали газотурбинные технологии, поэтому покупка газовых турбин зарубежных производителей была очень выгодным вложением. Таким образом, к 2015 году 57% электростанций России использовали зарубежные газовые турбины (рис. 2).

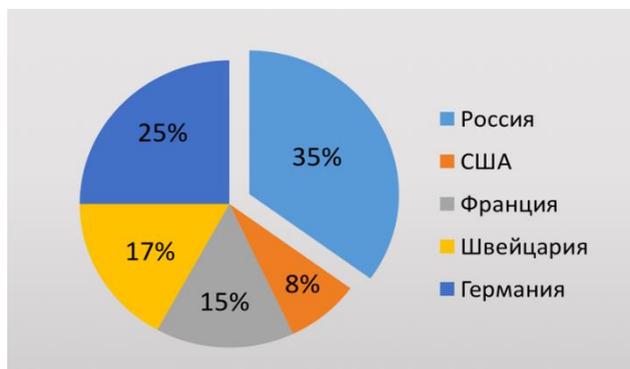


Рис. 2. Диаграмма основных поставщиков оборудования для российских электростанций.

В 2014 году со стороны США и стран ЕС были введены экономические санкции в отношении РФ для того, чтобы дестабилизировать экономическую обстановку России. Поэтому появились большие сложности с покупкой и обслуживанием зарубежного оборудования на заводах-изготовителях. Для решения данной проблемы предложен проект импортозамещения оборудования на парогазовых электростанциях (на примере инжиниринговой компании ООО «Инженерный центр – газотурбинные технологии»).

ООО «Инженерный центр – газотурбинные технологии» (ООО «ИЦ-ГТ») – инжиниринговая компания, которая занимается выполнением работ по проектированию, поставке и монтажу электроэнергетического оборудования.

В настоящий момент ООО «ИЦ-ГТ» занимается проектом по созданию парогазовой установки (ПГУ) малой мощности до 25МВт на базе старой ТЭЦ «ВТИ».

Электростанция успешно функционирует с 1925 года, используя паросиловую технологию. Сейчас ТЭЦ «ВТИ» используется для тестирования различных научных разработок, в том числе и в электроэнергетической отрасли. В 60-70х годах была произведена частичная модернизация оборудования. В настоящее время данные паросиловые технологии морально и физически устарели, поэтому в ближайшие несколько лет планируется полная замена всего оборудования (рис. 3). На данной станции будут использоваться новые парогазовые технологии, которые позволят достигнуть сравнительно высокого КПД (около 65%). Поэтому в составе оборудования появится газовая турбина. Согласно первоначальному проекту производителем и поставщиком газовой турбины являлась французская энергомашиностроительная компания Alstom, но из-за введенных санкций поставка оборудования стала невозможна.



Рис. 3. Проект импортозамещения электроэнергетического оборудования на примере ТЭЦ «ВТИ».

На сегодняшний день в России пока нет блоков, работающих только на основе отечественного оборудования. Поэтому предлагается использовать газовую турбину ОДК «Пермские моторы» типа ГТЭ-16ПА, разработанную совместно с Pratt&Whitney (США), для того, чтобы уменьшить расходы на обслуживание оборудования на электростанциях. Воплощение в жизнь данного проекта является первой ступенью на пути к ликвидации зависимости от зарубежных поставщиков. Таким образом, может быть разработан инновационный проект импортозамещения оборудования парогазовых электростанций.

Очевидно, что на сегодняшний день российская энергетика обладает рядом серьезных проблем: зависимость от импортных поставок газовых турбин для парогазовых электростанций,

устаревшие технологии выработки электроэнергии и недостаточное количество новых мощностей.

При достаточном объеме инвестиций в ближайшем будущем удастся практически полностью отказаться от зарубежного оборудования. На большинстве электростанций будут использоваться парогазовые установки, работающие только с использованием отечественного оборудования. Будет проведена модернизация всех электростанций, оборудование которых уже давно отработало свой ресурс. До 2030г., следуя плану «2000», в эксплуатацию будут введены ТЭС суммарной мощностью 250ГВт. Таким образом, электроэнергетика Российской Федерации продолжит свой стабильный рост.

Литература:

1. К вопросу об оценке потенциала энергосбережения / И.К. Киямов, Л.И. Киямова// Энергетика Татарстана. – 2016. - №2. – с. 21 –25.
2. Экономика и управление в современной электроэнергетике России: пособие для менеджеров электроэнергетических компаний / под редакцией А.Б. Чубайса. – М.: НП «КОНЦ ЕЭС», 2009. – 616 с.: ил.

3. Пути повышения технико-экономических показателей действующих ТЭС / Азат Салихов – Минск : Ковчег, 2009. – 512 с.: ил.
4. Основы современной энергетики: Учебник для вузов. В двух частях / Под общей редакцией чл.-корр. РАН Е.В. Аметистова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство МЭИ, 2004. – 376 с.: ил.
5. О целевом видении стратегии развития электроэнергетики России на период до 2030 года / под редакцией А.Е. Шейндлина. – М.: Российская Академия Наук, 2007. – 192 с.: ил.
6. Возобновляемые источники электроэнергии: учебное пособие / Б.В. Лукуткин. – Томск:Издательство Томского политехнического университета, 2008. – 187 с.: ил.
7. Физика: учебник для 9 класса/ А.В. Перышкин, Е.М. Гутник. - Москва: «Дрофа», 2009. – 298 с.: ил.
8. Возобновляемая энергетика / А.Б. Алхасов. - Москва: «Физматлит», 2010. – 256 с.: ил.
9. Возобновляемые источники энергии / А.А. Соловьев. - Москва: «МГУ», 2006. – 158 с.: ил.
10. Электроэнергетика мира [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mygeog.ru/elektroenergetika-mira/>. – (Дата обращения: 21.01.2016)
11. Статистические данные МЭА, выработка электроэнергии за различные периоды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.iea.org/statistics/monthlystatistics/monthlyelectricitystatistics/#d.en.34640/>. – (Дата обращения: 21.01.2016)

12. Тенденции развития мировой электроэнергетики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.perspektivy.info/oykumena/ekdom/tendencii_razvitiya_mirovoj_elektroenergetiki_ch_2_2013-11-22.htm/.– (Дата обращения: 21.01.2016)

13. Анализ глобального и российского рынков энергетического оборудования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ipem.ru/news/publications/404.html/>.– (Дата обращения: 21.01.2016)

14. Российская гидроэнергетика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rushydro.ru/industry/russianhydropower/>.– (Дата обращения: 21.01.2016)

15. Статистика выработки электроэнергии в России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://minenergo.gov.ru/activity/statistic>.– (Дата обращения: 21.01.2016)

16. Инвестиционная политика корпорации РосАтом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rosatom.ru/investor/investment/>.– (Дата обращения: 21.01.2016)

17. Экспериментальная ТЭЦ «ВТИ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://vti.ru/about/structural/eksperimentalnaya-tec/>.– (Дата обращения: 21.01.2016)

**Совершенствование процессов управления запасами и
распределения на примере ОАО «Компания «М.Видео»**

СЕМЕНОВА Полина Андреевна

г. Москва, ГБОУ лицей №1580, 11 класс

Научный руководитель:

Ляхович Дмитрий Геннадьевич,

старший преподаватель

кафедры "Промышленная логистика"

МГТУ им. Н.Э. Баумана,

Система управления запасами ОАО «Компании М.Видео» охватывает 20000 наименований, в том числе 5000 наименований основных товаров, 5000 наименований аксессуаров и 10000 наименований медиа-товаров и товаров для развлечений. Такое большое количество разнообразных наименований создает определенные неудобства при транспортировке товара в магазин или к клиенту. Поэтому целью моей работы является разработка организационно-функциональной модели совершенствования системы управления запасами предприятия, которая поможет избежать лишних издержек.

В ОАО «Компания М.Видео» принята централизованная конфигурация логистической сети. От поставщиков товар поступает на склад, с которого снабжаются магазины и региональные

платформы (рис. 1). Региональные платформы, по сути, являются дополнительным складом магазина для хранения крупнобытовой техники (КБТ). С региональных складов осуществляется пополнение витрины в магазинах КБТ и доставка товаров клиентам на дом.



Рис. 1. Схема распределения товаров в компании.

Основные преимущества текущей системы управления товарным запасом:

1. Налажены стандартизованные бизнес-процессы управления ассортиментом, жизненным циклом товара, шириной матрицы и пополнением магазинов.

2. В каждом магазине в зависимости от кластера жесткие товарные матрицы.

3. Каждый магазин жестко привязан к определенным центральным складам. Это минимизирует издержки на поддержание страховых запасов на всех складах.

4. Планирование продаж и желаемый уровень сервиса (уровень представленности товара на полке) прямо влияет на пополнение магазинов.

5. Товар резервируется под конкретный объект строго по графику поставок.

Основные недостатки текущей системы управления товарным запасом:

1. Высокая доля брака/порчи товара при обработке/приемке;
2. Порча товара жидкостями при транспортировке;
3. Низкая утилизация транспортных средств;
4. Высокая штучность куба, и в итоге высокая стоимость подбора товара;
5. Высокая частота поставок товаров в магазин.

При расчете товарного запаса магазина, робот автовозобновления учитывает резервы, сформированные для конкретного магазина, а также товарный запас в пути (транзит) для данного объекта. Схематично формула выглядит так, как показано на рис. 2.



Рис. 2. Формула расчета количества товара к пополнению.

Цель управления кратностью распределения материала (КРМ) вытекает из основной задачи управления товарным запасом и направлена на эффективное распределение товарного запаса по объектам компании посредством обеспечения наличия товара:

- a) в требуемом количестве,
- b) заданного качества,
- c) с оптимальными затратами.

Плюсы КРМ:

- снижение количества поставок в магазин конкретного SKU,
- снижение строк в заказе,
- снижение стоимости подбора и потенциально снижение ставки на обработку,
- снижение доли брака/порчи товара при обработке/перевозке/приемке в магазине.

Минусы КРМ:

При некорректной КРМ неизбежно завышение среднего уровня запаса, и, как следствие, увеличение покрытия, а значит снижение оборачиваемости запаса и эффективности использования рабочего капитала.

Рассмотрим эффективность КРМ на примере. Смоделируем одну из возможных ситуаций (рис. 3):

- 1 SKU – 1 магазин,
- Товар пополняется под целевой запас - 14 шт.,
- Остаток в магазине на начало периода - 14 шт.,
- Мастер-кейс и текущий КРМ=30 шт.,
- Минимальный презентационный запас, необходимый для выкладки - 9 шт.,
- Средние продажи в неделю - 5 шт.,
- Пополнение магазина с Центрального Склада (ЦС) осуществляется 1 раз в неделю (утро понедельника).

При новом КРМ = 15:

- Среднесуточный уровень остатков - 14 шт.,
- Среднее количество рейсов (машин) за неделю - 0,4.

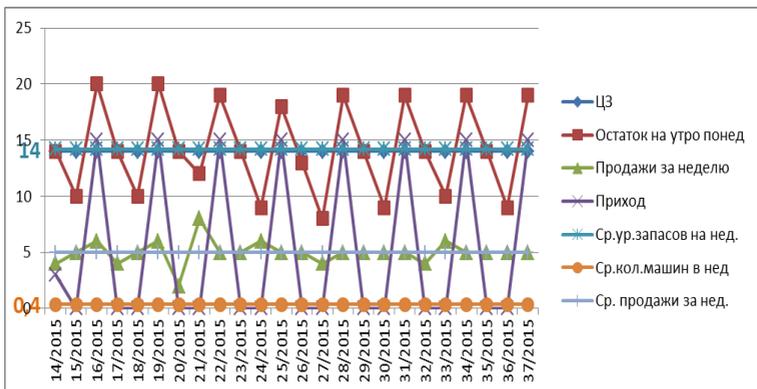


Рис. 3. Зависимость количества товара в магазине от времени.

При старом КРМ=30 средненедельный запас в магазине всегда более 30 штук. При предложенном новом КРМ=15 средненедельный остаток в магазине при прежних условиях (продажах, графике пополнения и требований к выкладке) не поднимается выше 20 штук и позволяет поддерживать оптимальную представленность товара.

Как видно из схемы для КРМ=15, такая кратность распределения материалов позволит, не увеличивая количество запасов, сократить операционные затраты.

Выводы:

- ✓ Затраты, связанные с запасами (закупка на склад, пополнение в магазины и содержание запасов), являются главной составляющей частью издержек на логистику. Затраты на содержание запаса в общем случае прямо пропорционально зависят от размера заказа: чем большими партиями пополняется запас, тем дороже стоит содержание запаса. 65% всех активов М.Видео составляют запасы.
- ✓ Увеличение кратности приводит к увеличению среднего уровня запаса в магазине, а, следовательно, к росту покрытия на уровне SKU/магазин. В свою очередь, рост покрытия снижает оборачиваемость позиции, что напрямую сказывается на эффективности использования рабочего капитала.

Увеличение кратности распределения влечет положительные моменты:

- снижение количества поставок в магазин конкретного товара,
- снижение строк в заказе,

- снижение стоимости подбора,
- снижение доли брака/порчи товара при обработке/перевозке/приемке в магазине.

И отрицательные:

- заведомое завышение запасов на объектах компании и, как следствие, увеличение покрытия,
- снижение оборачиваемости запаса.

Поэтому надо индивидуально подходить к использованию КРМ.

При внедрении КРМ компания получит надежный инструмент, позволяющий выполнить следующие операционные задачи:

1. В период высокого сезона снизить нагрузку на склад посредством снижения штучности и частоты отгрузки с ЦС;
2. В период низкого сезона снизить неравномерность распределения.

Литература:

1. Ганина Г.Э., Клементьева С.В. Управление инновационными проектами: Учеб. пособие. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. 40 с.
2. Инженерная логистика: логистически-ориентированное управление жизненным циклом продукции: Учебник / Под ред. Л.Б. Миротина, И.Н. Омельченко. М.: Горячая линия-Телеком, 2011. 644 с.

3. Анисимов С.Н., Ляхович Д.Г., Федорова Е.Н. Организация и управление деятельностью структур инновационного типа. Технология и инструменты реализации предпринимательских проектов: Учеб. пособие / Под ред. И.Н. Омельченко. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. 172 с.

Оптимизация бизнес-процессов торгового предприятия

*ТВЕРДОХЛЕБ Елизавета Андреевна,
г. Москва, ГБОУ Лицей № 1502, 11 класс*

*Научный руководитель:
Кокуева Жанна Михайловна,
к.т.н., доцент кафедры
"Менеджмент"
МГТУ им. Н.Э. Баумана*

Аннотация: Данная статья предлагает один из способов улучшения ведения учета товара и составления заказа для небольшого магазина косметической продукции путем использования доступных программных продуктов. Статья может быть интересна уже тем, что дает конкретное решение задачи, которое можно применить и в других торговых предприятиях.

Ключевые слова: Оптимизация бизнес-процессов, программное обеспечение, база данных, статистика продаж, прогноз продаж, анализ ожидаемого потребления, коэффициент спроса, оптимальный заказ.

В современных условиях сотрудникам предприятий приходится иметь дело с большим количеством быстро изменяющейся информации, которую невозможно обработать вручную. Сегодня

практически для любой области бизнеса имеется специальное программное обеспечение (ПО), автоматизирующее его работу.

Но проблема в том, что эти программные продукты представляют типовое решение для бизнеса и не всегда предлагают адекватные решения, так как не учитывают сезонность, волнообразный спрос (выходные, праздничные дни, рекламу). В связи с этим возникает необходимость использования дополнительных программных продуктов, которые позволяют решать управленческие задачи быстро, а главное, более корректно.

Данная работа посвящена усовершенствованию бизнес - процессов торгового предприятия. Объектом исследования является магазин «Yves Rocher», занимающийся продажей парфюмерно-косметической продукции. При изучении и анализе бизнес-процессов этого торгового предприятия была выявлена проблема: магазин работает по системе франчайзинга и, по соглашению, обязан использовать корпоративное программное обеспечение (КПО), предоставленное главным офисом. Но специфика магазина такова, что акции на товары меняются достаточно часто. В КПО нет такой функции, как «история» акций, т.е. нигде не фиксируется, в какое время и на какой продукт она проводилась. Результаты анализа этой информации помогли бы более рационально планировать заказы, чтобы избежать излишков товара или его недостатка. На сегодняшний день приходится интуитивно прогнозировать количество заказываемого продукта.

В связи с этим актуальным является создание ПО для торгового предприятия с учетом часто изменяющихся факторов.

Большинство магазинов имеют довольно стандартные ассортименты известных видов товаров, поставки которых повторяются, имеется «история» их продаж. В таких случаях необходимо формализовать процедуры расчета заказа [1].

В основу может быть положено ожидаемое потребление, которое прогнозируется по статистике сходных условий продаж.

Формула для расчета заказа будет иметь вид [2]:

$$Q_i = Z_s + ОП_i - Z_{Ti} - Z_{ci} \quad (1)$$

где Q_i - размер i -го заказа, шт;

Z_s - объем страхового запаса, шт;

Z_{Ti} –уровень текущего запаса при выдаче i -го заказа, шт;

Z_{ci} – объем запаса в пути, не полученного к i -му моменту выдачи заказа, шт;

$ОП_i$ –ожидаемое потребление товара за интервал времени между заказами, шт.

Для исследуемого торгового предприятия формула (1) будет выглядеть следующим образом:

$$Q_i = (МЖЗ + ОП_i * K) - Z_{Ti} - Z_{ci} \quad (2)$$

Поскольку в магазине нет склада и хранить излишки негде, то роль страхового запаса (Z_s) будет выполнять Минимально Желательный Запас (МЖЗ), который равен количеству товара на полках плюс страховой запас (2-4 шт. для самых востребованных артикулов).

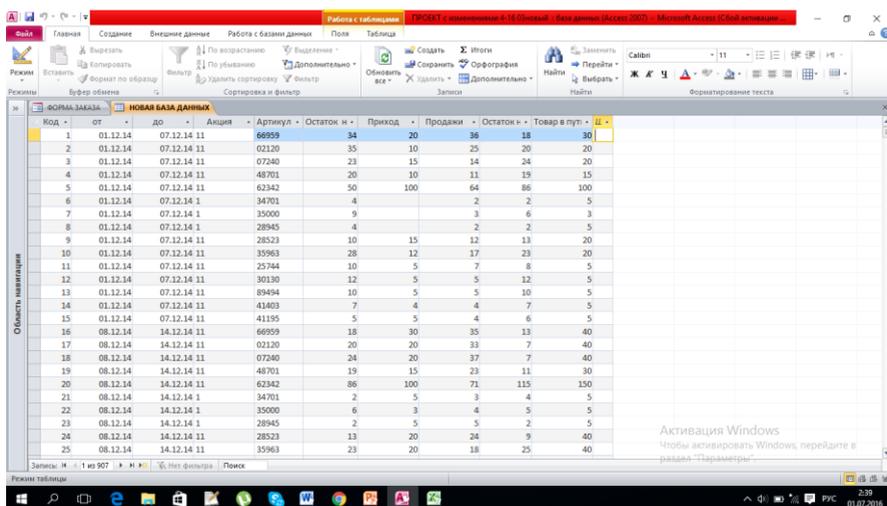
К – коэффициент спроса, т.е. ожидаемое увеличение (снижение) продаж, показывает, во сколько раз увеличились или уменьшились продажи относительно прошлого, схожего по условиям, периода.

Итак, оптимально необходимый заказ определяется по имеющимся запасам, товарам в пути и ожидаемому потреблению, который базируется на статистике сходных условий продаж с учетом увеличения / снижения продаж.

Оптимизация бизнес-процессов для розничного магазина будет осуществляться в среде Access путем сбора, хранения и дальнейшего анализа количества продаж. Для наполнения базы данных в Access необходимой информацией нам потребуется среда Excel, которая будет являться связующим звеном между корпоративной базой «1С» и Access.

Прогноз ожидаемого потребления в среде Access должен выполняться путем группировки информации по различным параметрам: по артикулам, по акциям, т.е. по «похожести продаваемости», по периодам времени. Для этого нам нужно создать статистику продаж, которая будет содержать не только информацию о продажах за каждую неделю, но и проходящие в эти дни акции. Для удобства будем использовать хранящиеся в базе «1С», сделанные ранее, заказы, которые содержат информацию о движении товара за неделю: приход товара, начальные и конечные остатки, продажи, товар в пути, количество заказов, сумма заказов.

Из базы «1С» все заказы за последний год выгружаются в среду EXCEL. Из каждого заказа в среде Excel удаляем лишнюю информацию и добавляем новую, а именно, период времени и номера акций, соответствующие этому периоду времени (рис. 1). Номера акций с их расшифровкой, а также минимально желательный запас (МЖЗ) мы формируем в среде Excel, а затем загружаем в Access.



Код	от	до	Акция	Артикул	Остаток н	Приход	Продажи	Остаток н	Товар в пуп.
1	01.12.14	07.12.14	11	66959	34	20	36	18	30
2	01.12.14	07.12.14	11	02120	35	10	25	20	20
3	01.12.14	07.12.14	11	07240	23	15	14	24	20
4	01.12.14	07.12.14	11	48701	20	10	11	19	15
5	01.12.14	07.12.14	11	62342	50	100	64	86	100
6	01.12.14	07.12.14	1	34701	4	4	2	2	5
7	01.12.14	07.12.14	1	35000	9	3	3	6	3
8	01.12.14	07.12.14	1	28945	4	2	2	2	5
9	01.12.14	07.12.14	11	28523	10	15	12	13	20
10	01.12.14	07.12.14	11	35963	28	12	17	23	20
11	01.12.14	07.12.14	11	25744	10	5	7	8	5
12	01.12.14	07.12.14	11	30130	12	5	5	12	5
13	01.12.14	07.12.14	11	89494	10	5	5	10	5
14	01.12.14	07.12.14	11	41463	7	4	4	7	5
15	01.12.14	07.12.14	11	41195	5	5	4	6	5
16	08.12.14	14.12.14	11	66959	18	30	35	13	40
17	08.12.14	14.12.14	11	02120	20	20	33	7	40
18	08.12.14	14.12.14	11	07240	24	20	37	7	40
19	08.12.14	14.12.14	11	48701	19	15	23	11	30
20	08.12.14	14.12.14	11	62342	86	100	71	115	150
21	08.12.14	14.12.14	1	34701	2	5	3	4	5
22	08.12.14	14.12.14	1	35000	6	3	4	5	5
23	08.12.14	14.12.14	1	28945	2	5	5	2	5
24	08.12.14	14.12.14	11	28523	13	20	24	9	40
25	08.12.14	14.12.14	11	35963	23	20	18	25	40

Рис. 1. Новая база данных в Access.

На рис. 2 показана форма составления заказа в среде Access. Верхняя часть - форма текущего заказа (в нашем случае от 14.12.15). Ниже необходимо выбрать интересующую нас акцию и период для сравнения для нужного артикула.

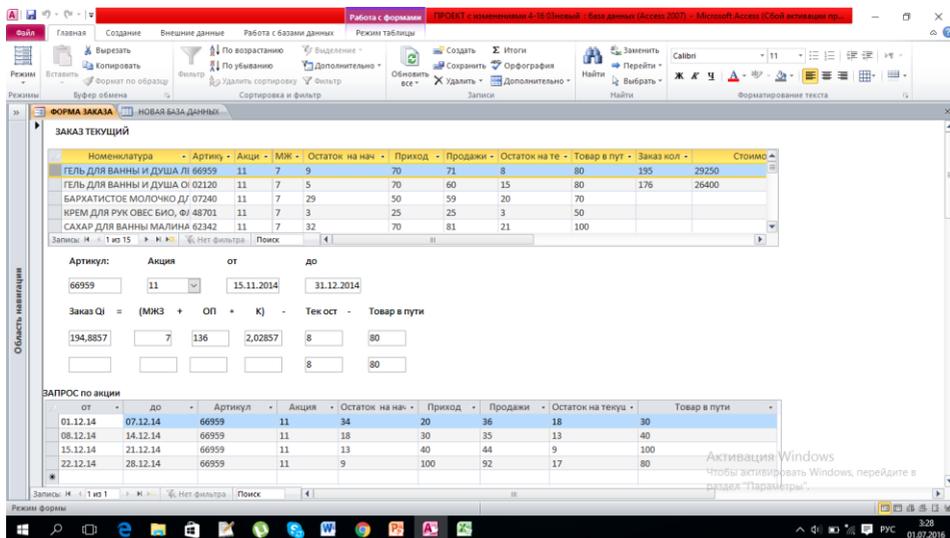


Рис. 2. Форма заказа в среде Access.

После анализа “истории продаж” мы можем задать уже конкретную дату, которая позволит выделить диапазон нужной информации из новой базы данных для расчета коэффициента К и ожидаемого потребления для выбранного артикула (рис. 3). Мы получаем рекомендованный оптимальный заказ выбранного артикула.

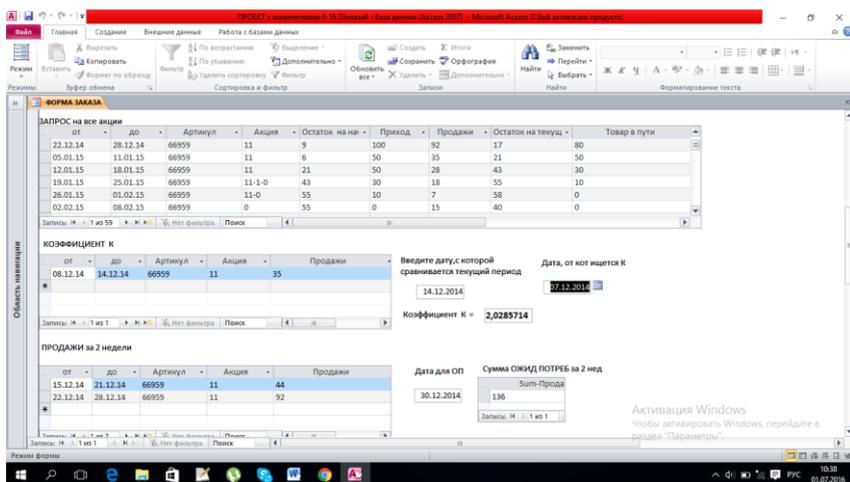


Рис. 3. Вычисление коэффициента К и ожидаемого потребления.

Таким образом, применяя дополнительные программные продукты и приспособив их к конкретным нуждам, мы смогли увеличить скорость составления заказа и его точность. Как следствие, повысилась эффективность труда сотрудников и рентабельность магазина.

Литература:

1. Крок Г., Сысоева С.В. Большая книга директора магазина/Спб.: Питер, 2009. -432с
2. Стерлигова А.Н. Управление запасами в цепях поставок/ М.: ИНФРА-М, 2008.-577с.